

UDK: 630\*3

ISSN 1845-8815

# NOVA MEHANIZACIJA ŠUMARSTVA



Nova meh. šumar. • Godište (Volume) 29

**2008**



 **HRVATSKE  
ŠUME**

# Razvoj i umjeravanje prijenosnoga sustava za mjerenje osovinskih opterećenja vozila – mjerenja na forvarderu

Andreja Bosner, Stjepan Nikolić, Zdravko Pandur, Davor Benić

## Nacrtak – Abstract

U radu je istražen prijenosni sustav vaga WLS 101/R2K korišten za izmjernu osovinskih opterećenja forvardera Valmet 840.2 radi što preciznijega utvrđivanja količine šumske biomase. Zbog uočenih odstupanja u izmjerenoj masi tereta prijenosnoga sustava vaga i kontrolnoga mjerenja (kolna vaga) istraženo je kako značajke tovara (zakrivljenost oblovine i količina drva), niveliranje osovina vozila te značajke podloge utječu na izmjeru mase vaganjem. Mjerenja su provedena u tri serije: 1) mjerenja iste vrste tovara na neravnoj i ravnoj podlozi, 2) mjerenja pet različitih vrsta tovara uz istodobno istraživanje utjecaja horizontalnosti osovina, 3) mjerenja iste vrste tovara uz korištenje metalnoga okvira za umetanje para prijenosnih vaga radi centriranja kotača forvardera na mjernu površinu vage.

Najmanja odstupanja mjernih vrijednosti ( $<2\%$  u odnosu na kontrolno mjerenje mase kolnom vagom) postignuta su korištenjem metalnoga okvira za umetanje para prijenosnih vaga. Također je utvrđeno da je neprecizno postavljanje kotača vozila na površinu vage uzrok najvećih pogrešaka u mjerenju mase tereta.

Ključne riječi: šumska biomasa, osovinsko opterećenje vozila, prijenosni sustav vaga, forvarder

## 1. Uvod – Introduction

Nakon gotovo dva desetljeća procjena količina, izrada raznih studija te održavanja okruglih stolova šumska biomasa za energiju polako, ali sigurno postaje proizvod hrvatskoga šumarstva. Svakako je tomu pridonijelo osnivanje 2007. godine »Šumske biomase« d.o.o., tvrtke u 100 %-tnom vlasništvu trgovačkoga društva »Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb. Tvrtka je osnovana radi organizacije prikupljanja i proizvodnje drva za energiju, odnosno plasmana na tržište.

Od osnivanja »Šumske biomase« d.o.o. najveći se dio proizvodnje odnosi na pridobivanje šumske biomase iz oplodnih sječa nizinskih šuma Hrvatske, i to kao posljedica uspostave šumskoga reda. Naime, 2006. godine hrast lužnjak obilno plodonosi te se u tom trenutku na području UŠP Vinkovci nalazi u obnovi preko 1100 ha sastojina. Velika površina, ali i količina šumskoga ostatka te donošenje novoga propisa sigurnosti pri radu (»Pravilnik o vrsti šumarskih

radova, minimalnim uvjetima za njihovo izvođenje te radovima koje šumoposjednici mogu izvoditi samostalno«, NN, 66/07) doveli su do nemogućnosti provođenja uspostave šumskoga reda na dotadašnji način, koji se oslanjao na lokalno stanovništvo u samoizradbi ogrjevnoga drva. S druge strane, istodobno se otvara tržište, tj. raste potražnja za drvnim iverjem u inozemstvu (Austrija i pogotovo Mađarska), ali se pojavljuje i nekoliko domaćih kupaca (Spačva d.o.o., Strizivojna Hrast d.o.o. i dr.).

Za ovodobni je sustav pridobivanja šumske biomase iz oplodnih sječa na području UŠP Vinkovci i UŠP Našice znakovito da se iz debala srušenih stabala izrađuje tehnička obloovina i višemetarsko prostorno drvo, a krošnje se stabala trupe s nekoliko rezova isključivo radi mogućnosti utovara dizalicom, odnosno poboljšanja iskorištavanja utovarnoga prostora forvardera pri transportu po šumskom bespuću (slika 1A). Nakon istovara forvardera neusitnjeno se drvo ostavlja da »odleži« na pomoćnom stovarištu 3



do 4 mjeseca radi isušivanja (slika 1B), nakon čega se usitnjava u drvenu sječku iveračima. Pri iveranju, ovisno o situaciji, koristi se otvoreni (slika 1C) ili zatvoreni (slika 1D) lanac proizvodnje drvnoga iverja (Stampfer i Kanzian 2006). Međutim, podaci o izvršenoj proizvodnji odnose se na otpremljene količine drvnoga iverja (~ 30 % vlažnosti), koji su isključivo dostupni od krajnjega korisnika (kupca), i to na osnovi izmjere mase tereta vananjem.

Tri su razloga za utvrđivanje količine (izmjeru mase) »zelene« šumske biomase odmah po završetku privlačenja:

- ⇒ Obujam izvezene šumske biomase za potrebe razduživanja stanja u sječini te zaduživanja stanja na pomoćnom stovarištu ne može se utvrditi izmjerom njezine duljine i promjera.
- ⇒ Uspostavljanje sustava normiranja izvoženja šumske biomase za energiju forvarderima ra-

di utvrđivanja proizvodnosti, odnosno troškova ove sastavnice proizvodnje.

- ⇒ Prikupljanje podataka o količinama šumske biomase za energiju, potrebnih za izradu sustava planiranja njezine proizvodnje. Naime, planiranje se proizvodnje drva (izrada planova sječa) zasniva na strukturi obujma krupnoga drva (>7 cm promjera s korom), koji je razdijeljen na tehničku oblovinu po namjenskim razredima, prostorno (višemetarski i metarski ogrjev) drvo i otpad. S druge strane šumska biomasa za energiju obuhvaća: drvo koje nije obuhvaćeno planom sječa (šumski ostatak – drvo <7 cm s korom) te drvo djelomično ili u potpunosti obuhvaćeno planom sječa (kompletno jednometarsko ogrjevno drvo, ali i dio otpada pri sječi i izradbi koji se ne odnosi na propisani način mjerenja tehničke oblovine). Dodatan problem predstavlja činjenica da su podaci u planu sječa iskazani u jedi-



**Slika 1.** Ovodobni sustav pridobivanja šumske biomase iz nizinskih šuma u Hrvatskoj

**Fig. 1** Current system of biomass harvesting from Croatian lowland forests

nicama obujma ( $m^3$ ), a šumsku je biomasu jedino moguće korektno mjeriti u jedinicama mase (kg, t), što dodatno nameće potrebu za utvrđivanjem pretvorbenih koeficijenata.

Cilj je ovoga rada istražiti mogućnosti utvrđivanja količine privučene šumske biomase prijenosnim sustavom vaga izmjerom mase osovinskih opterećenja forvardera. Korištenje je prijenosnoga sustava vaga korisno jer omogućuje neposrednu izmjeru po završetku privlačenja, tj. na pomoćnom stovarištu.

Budući da pri mjerenju (vaganju) osovinskih opterećenja prijenosnim sustavima postoji mogućnost pojave velikih odstupanja, istraživanje je provedeno da bi se utvrdilo kako značajke tereta (zakrivljenost oblovine, količina drva), horizontalnost osovina te značajke same podloge ispod vaga utječu na rezultat izmjere.

## 2. Materijal i metode – *Materials and methods*

Obujam je tovara parametar koji neposredno i značajno utječe na razinu proizvodnosti forvardera (Poršinsky 2002). Teorijska je nosivost forvardera određena tehničkim značajkama samoga vozila, dok praktičnu nosivost određuju terenski čimbenici (stanje podloge, nagib terena, površinske prepreke), koji najčešće umanjuju teorijsku mogućnost vozila (Por-

šinsky 2005). Osim terenskih čimbenika bitni su gustoća drva te dimenzije i oblik utovarene oblovine (oblovinu kraća od duljine utovarnoga prostora vozila, zakrivljenost i/ili nedovoljna obrađenost žilišta i kvrga umanjuju iskorištenost teorijske nosivosti). Danas se drvo transportira pretežno u sirovom stanju pa je gustoća drva ovisna o vrsti drva te sadržaju vlage u trenutku rušenja stabla.

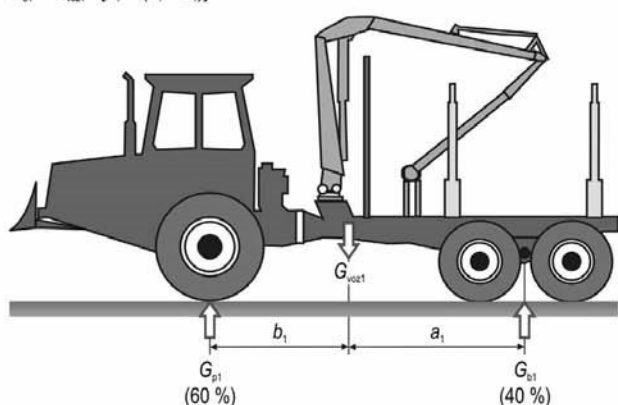
Saariilahti (2002) za potrebe izračuna faktora kretnosti vozila (faktori bruto i neto vuče te otpora kotrljanja) predstavlja jednostavan model za procjenu osovinskih opterećenja forvardera u mirovanju na osnovi dimenzija vozila, težine prednjega i stražnjega mosta vozila te udaljenosti težišta od prednje odnosno stražnje osovine (slika 2). Nažalost, ovaj pristup zahtijeva poznavanje podatka o udaljenosti točke težišta između prednje i stražnje osovine vozila, koji nije čitljiv iz podataka proizvođača forvardera. Isti autor navodi pravilo raspodjele osovinskih opterećenja nenatovarenoga vozila kod zadnje generacije forvardera: 60 % prednja osovina, 40 % stražnja osovina.

Poršinsky i Horvat (2005) za procjenu okolišne prihvatljivosti vozila za privlačenja drva rabe indeks kotača (bezdimenzijski parametar koji opisuje međudjelovanje opterećenoga kotača i tla), za čiji izračun upostavljaju teorijski model raspodjele osovinskih opterećenja, za slučaj vozila u mirovanju na rav-

Nenatovareni forvarder – *Unloaded forwarder*

$$G_{p1} = G_{voz1} \cdot [a_1 \div (a_1 + b_1)]$$

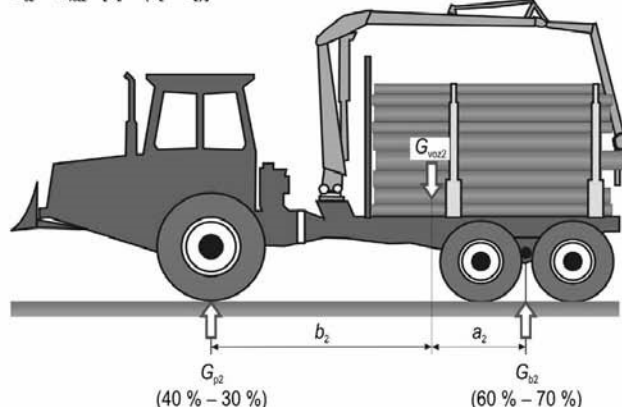
$$G_{b1} = G_{voz1} \cdot [b_1 \div (a_1 + b_1)]$$



Natovareni forvarder – *Loaded forwarder*

$$G_{p2} = G_{voz2} \cdot [a_2 \div (a_2 + b_2)]$$

$$G_{b2} = G_{voz2} \cdot [b_2 \div (a_2 + b_2)]$$



Kazalo – *Directory:*

$G_{voz}$  – Težina vozila – *Vehicle weight*

$G_p$  – Opterećenje prednje osovine – *First axle load*

$G_b$  – Opterećenje stražnje (bogi) osovine – *Rear (bogie) axle load*

$a$  – Udaljenost između položaja točke težišta i stražnje osovine – *Distance between centre of gravity and rear axle*

$b$  – Udaljenost između položaja točke težišta i prednje osovine – *Distance between centre of gravity and front axle*

Izvor – *Source:* Saariilahti (2002)

**Slika 2.** Raspodjela osovinskih opterećenja (ne)natovarenoga forvardera

**Fig. 2** Axle load distribution of unloaded/loaded forwarder



noj podlozi, u ovisnosti o masi i dimenzijama natovarene oblovine u tovarni prostor forvardera. Za navedeni model koriste podatke mjerenja osovinskih opterećenja neopterećenoga forvardera te podatke izmjere osnovnih dimenzija vozila, pri čemu pretpostavljaju da je teret (oblovinu) pravilna prizma određene mase i duljine uz zanemarivanje šupljina između utovarenoga obloga drva. Na osnovi dobivenih rezultata isti autori zaključuju da, ovisno o težini i duljini utovarene oblovine, raste ukupna težina vozila. Pri tome je znakovit porast opterećenja na stražnjoj osovini te beznačajan porast opterećenja na prednjoj osovini, što dovodi do premještanja točke težišta od prednje ka stražnjoj osovini.

Oba navedena teorijska pristupa zasnivaju se na podacima izmjera osovinskih opterećenja nenatovarenoga forvardera, ali i poznavanju podataka o udaljenosti točke težišta između prednje i stražnje osovine vozila, koji je teško mjerljiv parametar.

Za potrebe ovoga rada opterećenja su osovina šesterokotačnoga forvardera Valmet 840.2 mjerena pomoću prijenosnoga sustava vage WLS 101/R2K (BARK System-und Wiegetechnik GmbH & CO.KG), koji se primjenjuje za mjerenje osovinskoga opterećenja vozila s pneumatskim ili punim gumenim kotačima. Prijenosne vage WLS 101/R2K rade na električno-mehaničkom principu, podnose opterećenje od 10 t po vagi (ukupno 20 t), a otpornost na lomljenje iznosi 150 % najvećega opterećenja.

Istraživanje je provedeno u tri serije mjerenja osovinskih opterećenja forvardera.

Prva je serija mjerenja obuhvatila osovinska opterećenja (ne)natovarenoga forvardera na neravnoj i ravnoj podlozi uz postavljanje drvenih ploča na vage. Ploče su korištene da bi kotači vozila bili što

točnije postavljeni na vage jer dimenzije guma (prednje 600/65–34, stražnje 600/55–26,5) nadilaze mjerenu površinu vage (širina 420 mm, duljina 715 mm), što otežava precizno postavljanje kotača vozila te samim time dovodi do pogrešaka u mjerenju.

Druga je serija mjerenja obuhvatila vaganje pet različitih vrsta tovara radi utvrđivanja utjecaja značajki tovara na točnost mjerenja. Ujedno je istražen i utjecaj horizontalnosti osovinu forvardera (daske su podmetane pod kotače vozila radi niveliranja forvardera) na točnost izmjere osovinskih opterećenja.

Treća je serija mjerenja obuhvatila jednu vrstu tovara, ali su prijenosne vage bile postavljene u metalni okvir radi lakšega i točnijega postavljanja kotača vozila na mjernu površinu vage.

Podaci sve tri serije mjerenja osovinskih opterećenja (ne)natovarenoga forvardera uspoređeni su s podacima izmjera mase vozila na kolnoj vagi, koji su ujedno i predstavljali kontrolna mjerenja.

Sva su mjerenja osovinskih opterećenja forvardera prijenosnim sustavom vage provedena tijekom lipnja, srpnja i studenoga 2008. godine u mehaničkoj radionici šumarije Otok, dok su mjerenja ukupne mase forvardera provedena na kolnoj vagi Poljoprivredne zadruge Otok.

### 3. Rezultati – Results

U skladu s postavljenim ciljem istraživanja ostvareni su rezultati prikazani po serijama mjerenja.

#### 3.1 Prva serija mjerenja – First series of measurements

U prvoj se seriji mjerenja tovar sastojao od 14 trupaca hrasta lužnjaka obujma 6,60 m<sup>3</sup>, čiji su rezultati

**Tablica 1.** Mjerenja nenatovarenoga forvardera  
**Table 1** Measurements of unloaded forwarder

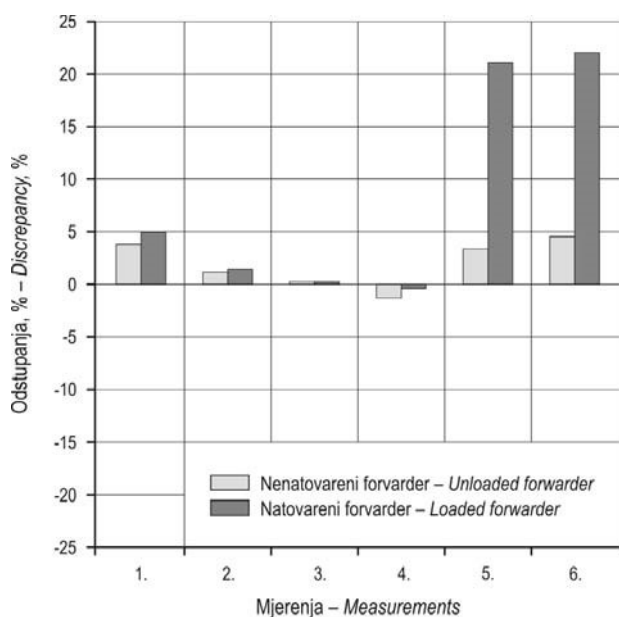
Mjerenje Measurement	Prijenosne vage - Mobile scales				Kolna vaga Weighbridge scale	Napomena Comment
	Osovina - Axle			Ukupna masa Total mass		
	Prednja Front	Prednji bogi Front bogie	Stražnji bogi Rear bogie			
	kg					
1.	8620	3900	3400	15 920	15 340	Neravna podloga - Uneven surface
2.	8940	3260	3320	15 520		Neravna podloga - Uneven surface
3.	8180	3960	3240	15 380		Ravna podloga - Even surface
4.	8180	3720	3240	15 140		Ravna podloga - Even surface
5.	8680	4000	3180	15 860		Ravna podloga* - Even surface*
6.	8600	4200	3240	16 040		Ravna podloga* - Even surface*

\* na vage su postavljene drvene ploče debljine 2,5 cm – wooden boards of 2.5 height were placed on scales

**Tablica 2.** Mjerenja natovarenoga forvardera**Table 2** Measurements of loaded forwarder

Mjerenje <i>Measurement</i>	Prijenosne vage – <i>Mobile scales</i>				Kolna vaga <i>Weighbridge scale</i>	Napomena <i>Comment</i>
	Osovina – <i>Axle</i>			Ukupna masa <i>Total mass</i>		
	Prednja <i>Front</i>	Prednji bogi <i>Front bogie</i>	Stražnji bogi <i>Rear bogie</i>			
1.	9580	8440	6900	24 920	23 740	Neravna podloga – <i>Uneven surface</i>
2.	9960	7000	7120	24 080		Neravna podloga – <i>Uneven surface</i>
3.	9160	7360	7280	23 800		Ravna podloga – <i>Even surface</i>
4.	9100	7120	7420	23 640		Ravna podloga – <i>Even surface</i>
5.	9380	10 380	8980	28 740		Ravna podloga * – <i>Even surface*</i>
6.	9340	10 560	9080	28 980		Ravna podloga * – <i>Even surface*</i>

\* na vage su postavljene drvene ploče debljine 2,5 cm – wooden boards of 2.5 height were placed on scales

**Slika 3.** Odstupanja mase vozila (razlika prijenosnih u odnosu na kolnu vagu)**Fig. 3** Discrepancy between vehicle mass (weighbridge and mobile scales)

prikazani za nenatovareni forvarder u tablici 1, a za natovareni u tablici 2.

Prvom serijom mjerenja uspoređivana su odstupanja mjerenja osovinskih opterećenja s obzirom na tri načina vaganja: 1) mjerenje osovinskih opterećenja na neravnoj podlozi, 2) mjerenje osovinskih opterećenja na ravnoj podlozi, 3) mjerenje osovinskih opterećenja na ravnoj podlozi uz postavljanje drvenih ploča debljine 2,5 cm na vage radi preciznijega postavljanja kotača vozila na samu površinu vage.

Slika 3 prikazuje odstupanja mase vozila utvrđenih mjerenjem osovinskih opterećenja prijenosnim vagama u odnosu na kontrolno mjerenje ukupne mase vozila kolnom vagom.

U 1. i 2. mjerenju vagalo se na neravnoj podlozi te su odstupanja iznosila do 5,0 % mase vozila. Postavljanje vozila (ali i vage) na ravnu podlogu (3. i 4. mjerenje) pridonijelo je smanjenju odstupanja, koje je najviše iznosilo do 0,25 % mase vozila. Radi lakšega postavljanja kotača vozila na površinu prijenosnih vage u 5. i 6. mjerenju na gornju su površinu vage postavljene drvene ploče visine 2,5 cm, što je povećalo odstupanje u odnosu na mjerenje kolnom vagom u iznosu do 22,07 % mase forvardera.

Tijekom mjerenja uočena je važnost što preciznijega postavljanja kotača forvardera na površinu prijenosnih vage te važnost pridržavanja pravilnoga postupka mjerenja.






### 3.2 Druga serija mjerenja – Second series of measurements

Druga je serija mjerenja obuhvatila izmjeru osovinskih opterećenja natovarenoga forvardera za pet različitih vrsta tovara (tablica 3). Cilj je bio istražiti kako značajke tovara (zakrivljenost oblovine, količina drva) i horizontiranje osovina vozila (podmetanjem kotača daskama) utječu na točnost izmjere prijenosnim vagama. Vage su također postavljene na ravnu metalnu ploču debljine 2 cm, a na vagama su postavljene daske debljine 2,5 cm (slika 4).

Niveliranje je vozila postignuto daskama visine 7,6 cm (slika 5) radi utvrđivanja da li takva podmetanja pod prednju osovину vozila, odnosno pod prednju i/ili stražnju bogi osovину izazivaju velika odstupanja u masi izmjerom osovinskih opterećenja



**Tablica 3.** Vrste tovara**Table 3** Load types

Vrste tovara – Type of loads				
1.	2.	3.	4.	5.
Oblovina izrađena iz 5 različitih stabala – pun tovar Roundwood processed from 5 different trees – full load	Zakrivljena oblovina – pun tovar Sweept roundwood – full load	Ravni trupci – pun tovar Straight logs – full load	Ravni trupci utovareni do 2/3 visine tovarnoga prostora Straight logs loaded up to 2/3 of loading area height	Ravni trupci utovareni do 1/3 visine tovarnoga prostora Straight logs loaded up to 1/3 of loading area height
				
21 komad – 21 pcs.	40 komada – 40 pcs.	17 komada – 17 pcs.	11 komada – 11 pcs.	5 komada – 5 pcs.
12,853 m <sup>3</sup>	11,524 m <sup>3</sup>	12,588 m <sup>3</sup>	8,429 m <sup>3</sup>	4,431 m <sup>3</sup>
0,612 m <sup>3</sup> /kom. – 0.612 m <sup>3</sup> /pcs.	0,288 m <sup>3</sup> /kom. – 0.288 m <sup>3</sup> /pcs.	0,740 m <sup>3</sup> /kom. – 0.740 m <sup>3</sup> /pcs.	0,766 m <sup>3</sup> /kom. – 0.766 m <sup>3</sup> /pcs.	0,766 m <sup>3</sup> /kom. – 0.766 m <sup>3</sup> /pcs.

**Slika 4.** Mjerenje prijenosnim vagama**Fig. 4** Mobile scales measurements



**Slika 5.** Daskе korištene za niveliranje vozila



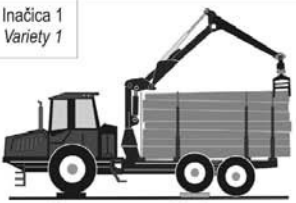



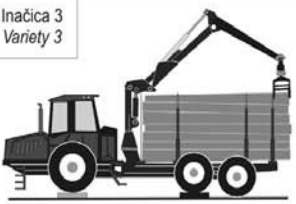



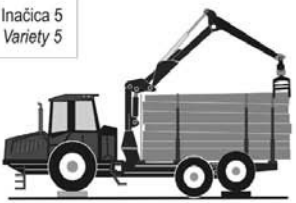
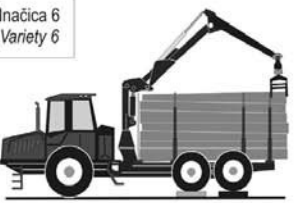
**Fig. 5** Boards used for vehicle levelling

prijenosnim vagama. Za jednu je vrstu tovara 12 puta vagano osovinsko opterećenje (slika 6): 1) bez podmetanja kotača daskama, 2) s podmetanjem daskama pod sve kotače vozila osim onih koji se važu, 3) naiz-

mjeničnim podmetanjem kotača daskama u 6 mogućih inačica. Uz izmjeru osovinskih opterećenja mjereni su i bočni nagibi (na prednjoj i stražnjoj strani vozila) te uzdužni nagib forvardera koji su se javljali prilikom podmetanja daskama pojedinih kotača.

Kao kontrolna vrijednost uzeta je masa vozila izmjerena na kolnoj vagi.

Uspoređene su vrijednosti ukupne mase forvardera (zbroj mase po osovinama) i mase vozila izmjerene kolnom vagom (slika 7). Masa po osovinama mjerena je bez podmetanja kotača daskama te s podmetnutim daskama pod sve kotače (kombinacije različitoga podmetanja dasaka pod različite kotače vozila nisu uključene u ovaj prikaz). Prilikom vaganja s podmetnutim daskama pod sve kotače dobivane su manje vrijednosti na prijenosnim vagama od onih na kolnoj vagi, dok su bez podmetanja kotača daskama u 2 slučaja vrijednosti na prijenosnim vagama bile veće od onih na kolnoj vagi (kod 1. i 4. vrste tovara). Kada se najveća razlika u masi vozila izmjerena kolnom i prijenosnom vagom (1500 kg) stavi u odnos, najveće odstupanje iznosi 5 % ukupne

Načini niveliranja forvardera – Types of forwarder's levelling			
Bez podmetanja kotača daskama Without heightening wheels by boards	Podmetanje svih kotača daskama Heightening all wheels by boards	Naizmjenično podmetanje kotača daskama – inačice 1 do 6 Interchangeable heightening of wheels by boards – varieties 1 to 6	
 Vaga Scale	 Vaga Scale      Daskе Boards	Inačica 1 Variety 1  Vaga Scale      Daska Board	Inačica 2 Variety 2  Vaga Scale      Daska Board
 Vaga Scale	 Daska Board      Vaga Scale      Daska Board	Inačica 3 Variety 3  Daska Board      Vaga Scale	Inačica 4 Variety 4  Vaga Scale      Daska Board
 Vaga Scale	 Daska Board      Daska Board      Vaga Scale	Inačica 5 Variety 5  Daska Board      Vaga Scale	Inačica 6 Variety 6  Daska Board      Vaga Scale

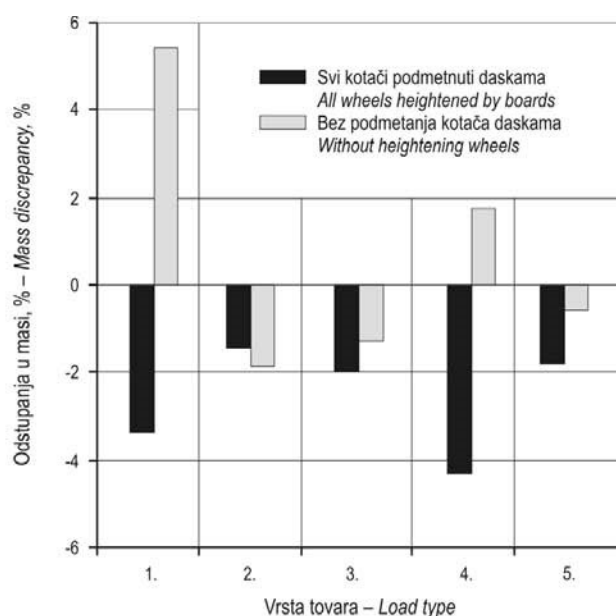
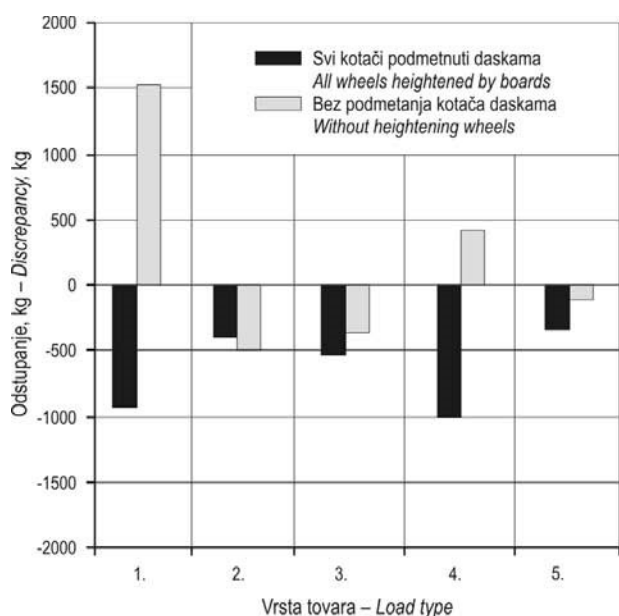
**Slika 6.** Skica vaganja osovinskih opterećenja forvardera

**Fig. 6** Draft of forwarder's axle load measurements



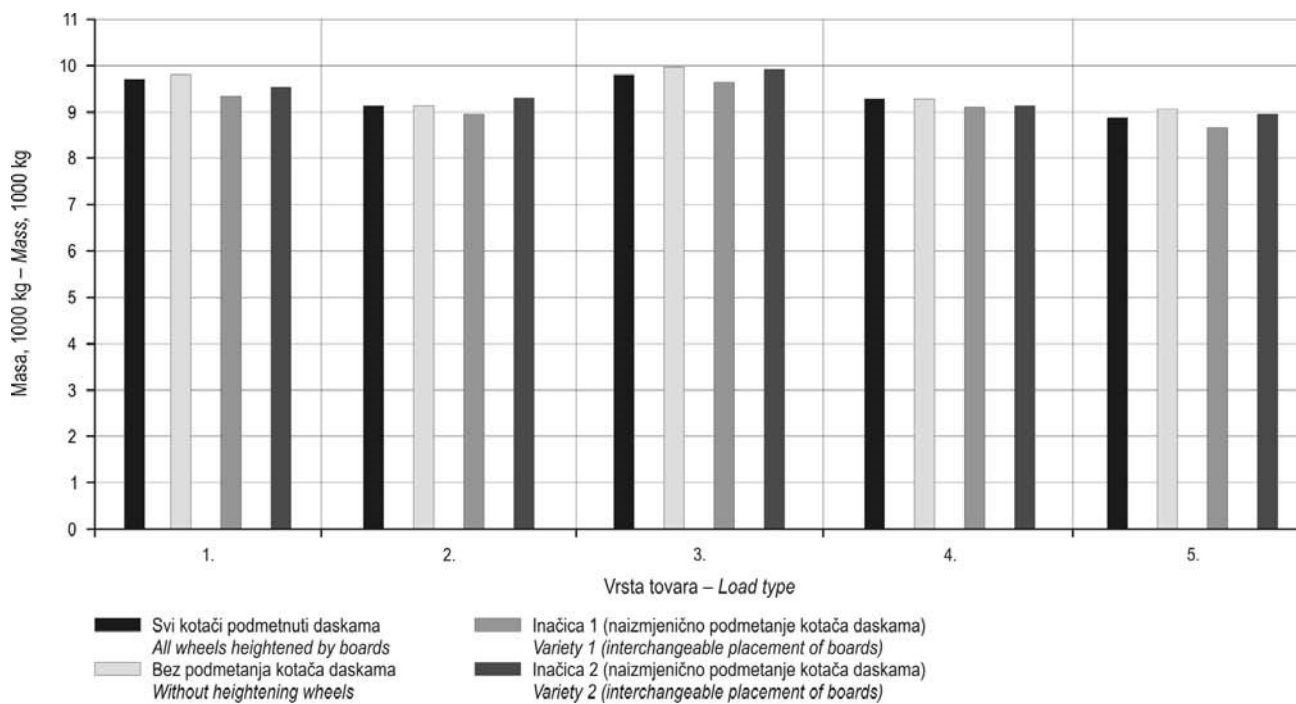
**Tablica 4.** Mjerenja pet različitih vrsta tovara**Table 4** Measurements of five different load types

Mjerenje <i>Measurement</i>	Tip tovara <i>Load type</i>	Prijenosne vage – <i>Mobile scales</i>				Kolna vaga <i>Weighbridge scale</i>	Napomena <i>Comment</i>
		Osovina – <i>Axle</i>			Ukupna masa <i>Total mass</i>		
		Prednja <i>Front</i>	Prednji bogi <i>Front bogie</i>	Stražnji bogi <i>Rear bogie</i>			
		kg					
1.	1.	9800	10 620	9020	29 440	27 920	Bez podmetanja kotača daskama <i>Without heightening wheels by boards</i>
2.		9700	8940	8340	26 980		Podmetanje svih kotača daskama <i>Heightening of all wheels by boards</i>
3.	2.	9140	8420	8580	26 140	26 635	Bez podmetanja kotača daskama <i>Without heightening wheels by boards</i>
4.		9140	8660	8440	26 240		Podmetanje svih kotača daskama <i>Heightening of all wheels by boards</i>
5.	3.	9980	8540	8620	27 140	27 500	Bez podmetanja kotača daskama <i>Without heightening wheels by boards</i>
6.		9800	8440	8720	26 960		Podmetanje svih kotača daskama <i>Heightening of all wheels by boards</i>
7.	4.	9280	7600	7000	23 880	23 470	Bez podmetanja kotača daskama <i>Without heightening wheels by boards</i>
8.		9280	6220	6960	22 460		Podmetanje svih kotača daskama <i>Heightening of all wheels by boards</i>
9.	5.	9060	5140	5340	19 540	19 650	Bez podmetanja kotača daskama <i>Without heightening wheels by boards</i>
10.		8880	5060	5360	19 300		Podmetanje svih kotača daskama <i>Heightening of all wheels by boards</i>

**Slika 7.** Odstupanja mase vozila (razlika prijenosnih u odnosu na kolnu vagu)**Fig. 7** Discrepancy between vehicle mass (weighbridge and mobile scales)

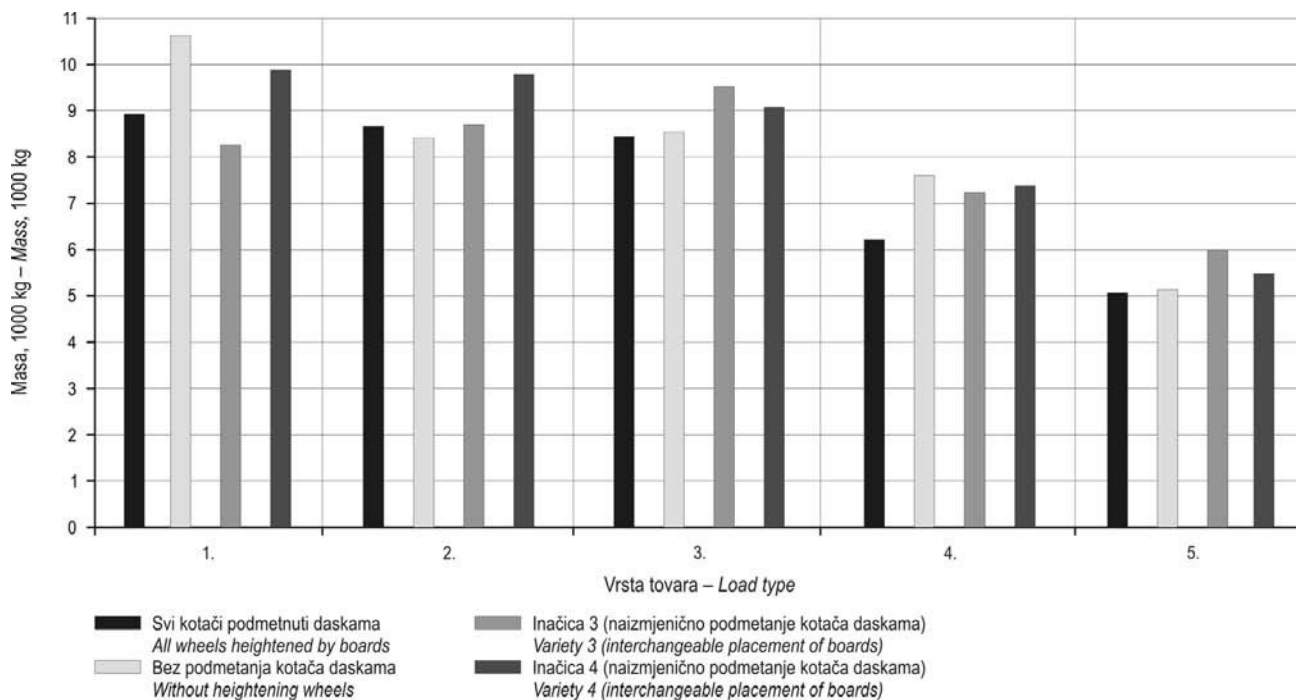
mase forvardera. Najmanja su odstupanja utvrđena kod najlakše (5) vrste tovara, gdje su utovareni trupci do 1/3 visine tovarnoga prostora.

Prilikom mjerenja opterećenja prednje osovine (slika 8) vidljivo je da su najveće vrijednosti izmjerene u dva slučaja vaganja: bez podmetanja kotača



**Slika 8.** Masa prednje osovine vozila

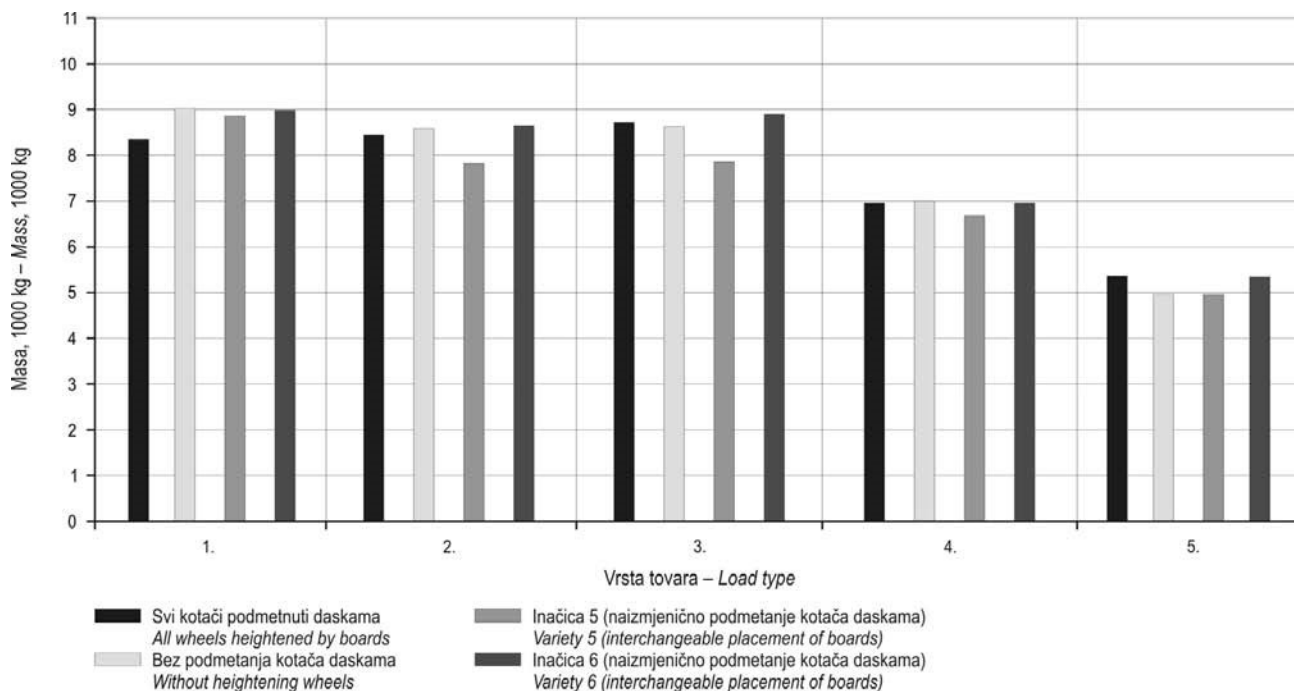
**Fig. 8** Mass of front vehicle axle



**Slika 9.** Masa prednje bogi osovine

**Fig. 9** Mass of front bogie axle





Slika 10. Masa stražnje bogi osovine

Fig. 10 Mass of rear bogie axle

daskama te u inačici br. 2 naizmjeničnoga podmetanja kotača (pri vaganju prednje osovine daskom su podmetnuti kotači stražnje bogi osovine).

Najmanje su dobivene vrijednosti u inačici 1 naizmjeničnoga podmetanja kotača daskama (pri vaganju prednje osovine vozila kotači prednje bogi osovine podmetnuti su daskama).

Pri mjerenju opterećenja na prednjoj bogi osovini (slika 9) vrijednosti su izmjerene i u sljedeća dva slučaja vaganja – bez podmetanja kotača daskama i u inačici 4 naizmjeničnoga podmetanja kotača daskama (pri vaganju prednje bogi osovine daskom su podmetnuti kotači stražnje bogi osovine). Najmanje su vrijednosti mjerenja osovinskih opterećenja dobivene prilikom podmetanja svih kotača daskama.

Pri mjerenju opterećenja na stražnjoj bogi osovini (slika 10) najviše su vrijednosti izmjerene u inačici br. 6 (pri vaganju stražnje bogi osovine daskom su podmetnuti kotači prednje bogi osovine), dok su najmanje vrijednosti vaganja ponovno izmjerene u inačici 5 naizmjeničnoga podmetanja daskama (pri vaganju stražnje bogi osovine prednji su kotači vozila podmetnuti daskama).

Ovi rezultati potvrđuju Saarilahtijevu (2000) pretpostavku da utovarom forvardera glavninu opterećenja vozila preuzima bogi osovina, dok opterećenja na prednjoj osovini vozila ostaju gotovo nepromijenjena.

Za prikaz relativnoga odstupanja vrijednosti pri mjerenjima osovinskih opterećenja svih triju osovinu za kontrolnu je vrijednost uzeto mjerenje mase bez podmetanja kotača daskama (1. način niveliranja forvardera). Najveća su odstupanja prilikom mjerenja osovinskih opterećenja prednje osovine primijećena kod inačica 1, 3 i 5 naizmjeničnoga podmetanja kotača daskama te su iznosila <5 % osovinskoga opterećenja.

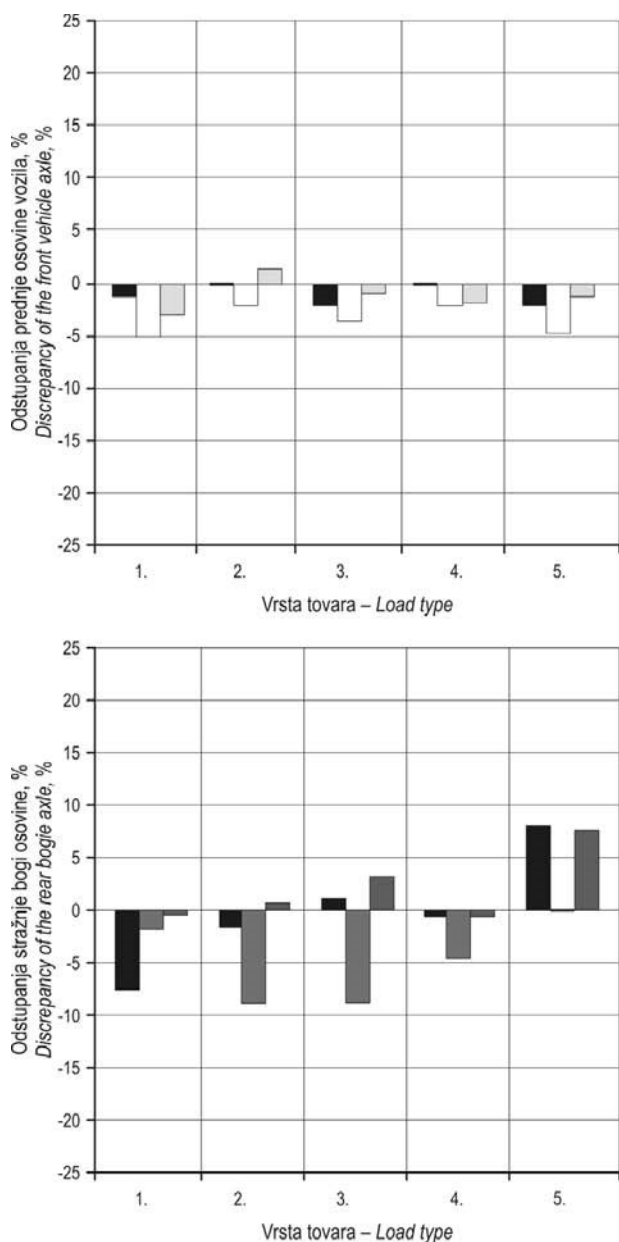
Pri usporedbi odstupanja po osovinama najmanja su na prednjoj osovini na kojoj najveće odstupanje iznosi 4,69 % (460 kg), dok su najveća odstupanja zabilježena na opterećenjima prednje bogi osovine s najvećom vrijednošću od 22,22 % (2360 kg).

Mjerenja bočnoga i uzdužnoga nagiba forvardera ukazala su na izrazito mali raspon izmjerenih podataka. Pri mjerenju bočnoga nagiba vozila najveća je vrijednost –2,9°, dok je najveći uzdužni nagib vozila bio 1,2°. 90 % svih izmjerenih vrijednosti uzdužnoga nagiba nalazilo se u intervalu od –0,5° do +0,5°.

Najvjerojatniji uzrok rasipanja vrijednosti u mjerenju osovinskih opterećenja jest točno postavljanje (centriranje) kotača na prienosne vage, što se pokušalo izbjeći u trećoj seriji mjerenja.

### 3.3 Treća serija mjerenja – Third series of measurements

Prva i druga serija mjerenja osovinskih opterećenja forvardera pokazala je velika odstupanja mjernih

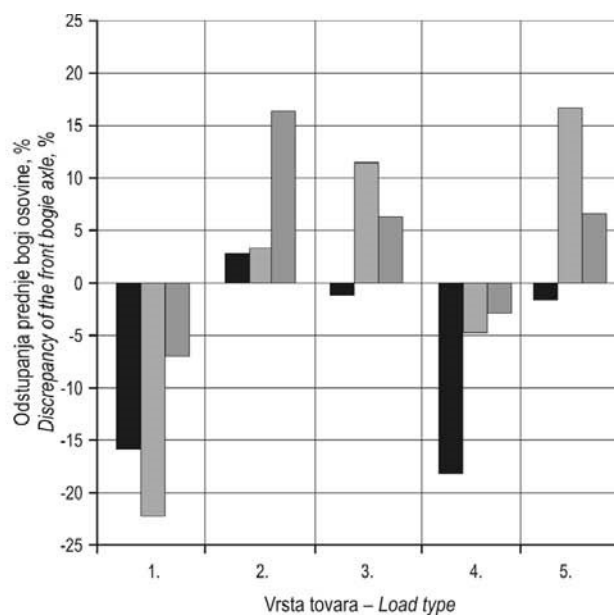


Slika 11. Odstupanja osovinskih opterećenja

Fig. 11 Discrepancy of axle masses

vrijednosti zbog nepreciznoga postavljanja kotača vozila na mjernu površinu prijenosnih vaga.

Da bi se izbjegla navedena odstupanja, napravljen je metalni okvir u koji su postavljene prijenosne vage (slika 13) te je time ostvaren preduvjet za treću seriju mjerenja osovinskih opterećenja vozila. Daske visine 76 mm stavljene su ispred i iza metalnoga okvira zbog lakšega i preciznijega navoženja forvardera na metalni okvir, tj. na prijenosne vage, međutim važno je napomenuti da daske više nisu imale namjenu niveliranja vozila.



1. vrsta tovara: oblovina izrađena iz 5 različitih stabala – pun tovar  
1<sup>st</sup> Load type: roundwood processed from 5 different trees – full load
2. vrsta tovara: zakrivljena oblovina – pun tovar  
2<sup>nd</sup> Load type: sweeped roundwood – full load
3. vrsta tovara: ravni trupci – pun tovar  
3<sup>rd</sup> Load type: straight logs – full load
4. vrsta tovara: ravni trupci utovareni do 2/3 visine tovarnoga prostora  
4<sup>th</sup> Load type: straight logs, loaded up to 2/3 of loading area height
5. vrsta tovara: ravni trupci utovareni do 1/3 visine tovarnoga prostora  
5<sup>th</sup> Load type: straight logs, loaded up to 1/3 of loading area height

Načini niveliranja forvardera (slika 6) – Types of forwarder's leveling (fig. 6):

■ Svi kotači podmetnuti daskama – All wheels heightened by boards

□ Inačica 1 – Variety 1

□ Inačica 2 – Variety 2

□ Inačica 3 – Variety 3

□ Inačica 4 – Variety 4

□ Inačica 5 – Variety 5

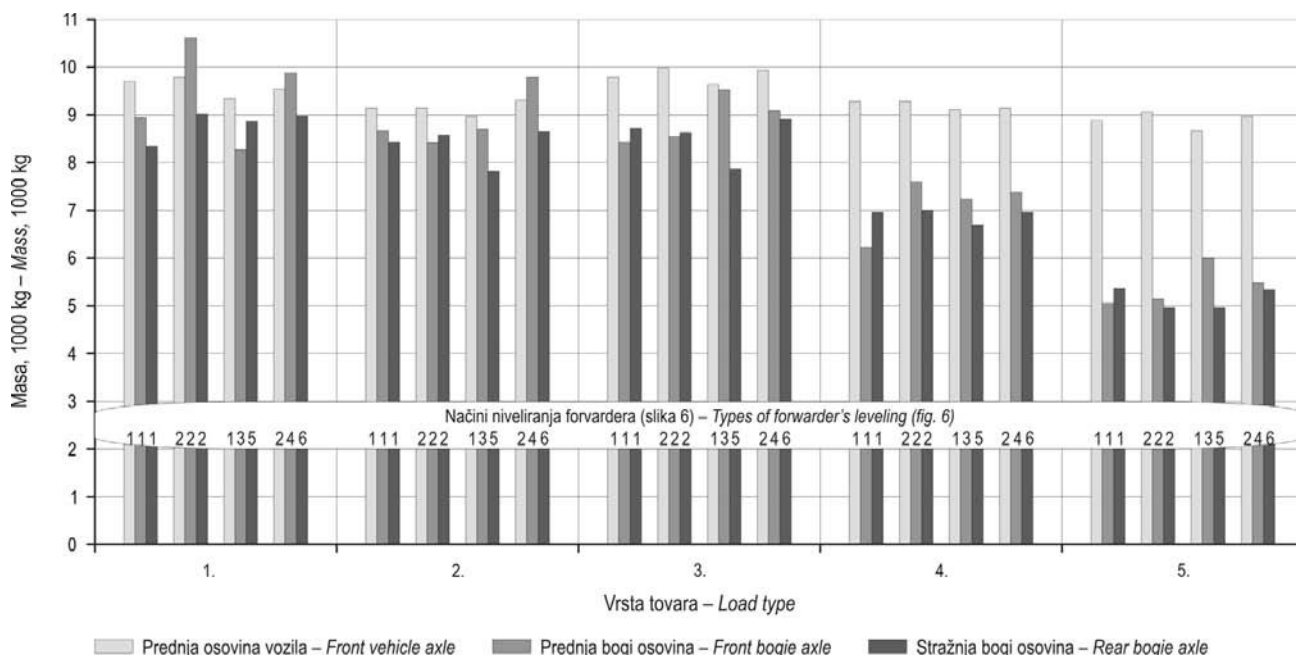
□ Inačica 6 – Variety 6

Pomoću metalnoga okvira izmjerena su opterećenja svih triju osovina forvardera s jednom vrstom tovara.

Mjerenja (ne)natovarenoga forvardera obavljena su u 10 ponavljanja (tablica 5). Za kontrolnu je vrijednost uzeto mjerenje ukupne mase forvardera na kolnoj vagi.

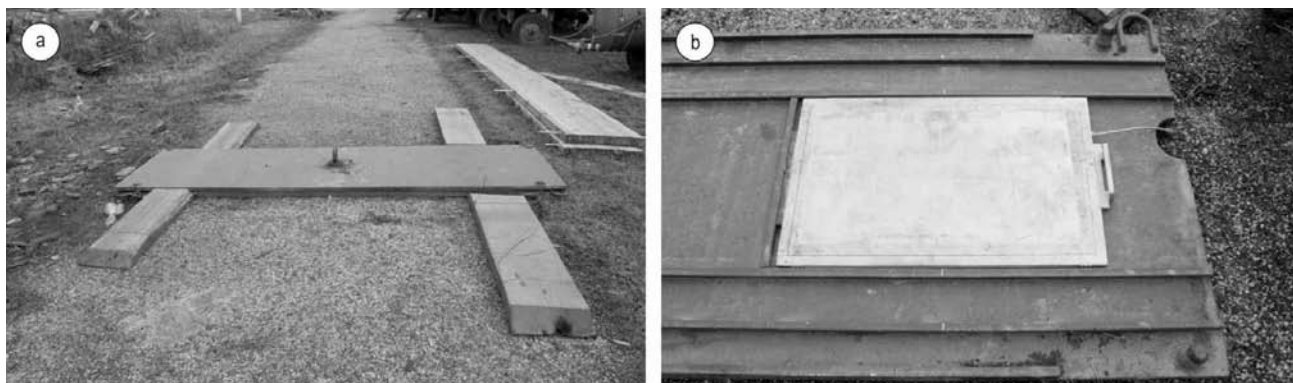
Pri korištenju metalnoga okvira s umetnutim prijenosnim vagama zabilježena su najmanja odstupanja u mjerenjima osovinskih opterećenja. Raspon se vrijednosti odstupanja kretao od –1,00 do 2,46 %





Slika 12. Masa svih osovina

Fig. 12 Mass of all axles

Slika 13. Metalni okvir za prijenosne vage<sup>a</sup> i prijenosna vaga u metalnom okviru<sup>b</sup>Fig. 13 Metal frame for mobile scales<sup>a</sup> and mobile scale inside the metal frame<sup>b</sup>

svih ponavljanja (slika 14). Najveće odstupanje pri vaganju nenatovarenoga forvardera iznosi 2,46 %, a pri vaganju natovarenoga forvardera 2,31 %.

#### 4. Zaključak – Conclusion

Već u prvoj seriji mjerenja osovinskih opterećenja forvardera zabilježena su odstupanja u vaganju istoga tovara s obzirom na ravninu podloge. Uočena odstupanja vrijednosti osovinskih opterećenja mjerenih prijenosnim sustavom vaga u odnosu na vrijednosti mjerene kolnom vagom (kontrolna izmjera) pokušale su se smanjiti postavljanjem dasaka na

mjernu površinu prijenosnih vaga. Time se pokušao smanjiti utjecaj nepreciznoga postavljanja kotača vozila na mjerne površine para prijenosnih vaga.

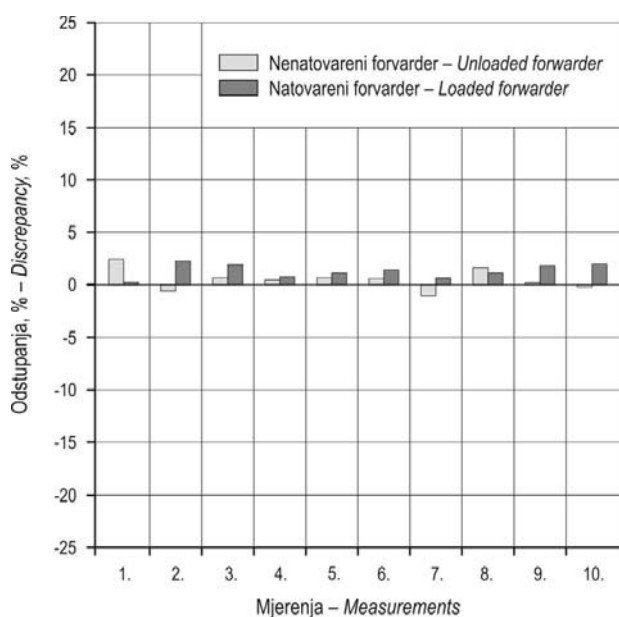
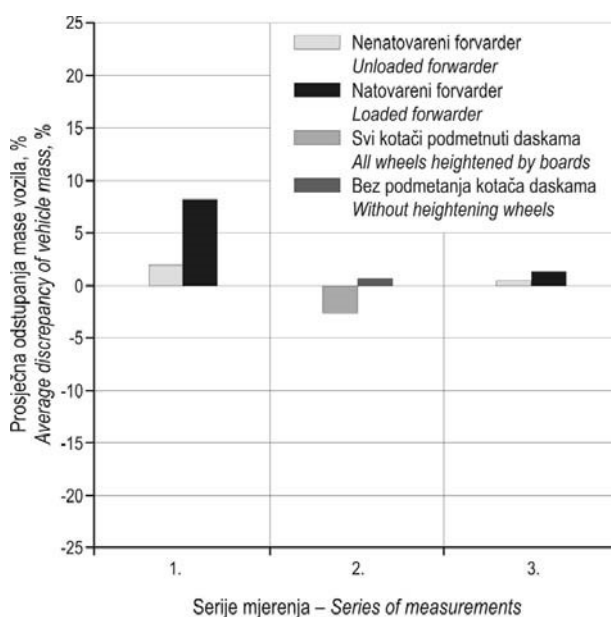
Da bi se istražio utjecaj značajki tereta te niveliranja forvardera na točnost vaganja, pristupilo se drugoj seriji mjerenja. U drugoj su seriji mjerena opterećenja osovina za pet različitih vrsta tovara, i to uza sve moguće inačice podmetanja kotača daskama radi niveliranja forvardera. Najmanja utvrđena odstupanja dobivena su pri mjerenju osovinskoga opterećenja prednje osovine vozila. Isto tako, nije primijećeno smanjenje odstupanja sa smanjenjem mase tovara ni s brojnim inačicama podmetanja kotača daskama.

**Tablica 5.** Mjerenja (ne)natovarenoga forvardera**Table 5** Measurements of unloaded/loaded forwarder

Mjerenje <i>Measurement</i>	Nenatovareni forvarder - <i>Unloaded forwarder</i>				Natovareni forvarder - <i>Loaded forwarder</i>					
	Prijenosne vage - <i>Mobile scales</i>			Kolna vaga <i>Weighbridge scale</i>	Prijenosne vage - <i>Mobile scales</i>				Kolna vaga <i>Weighbridge scale</i>	
	Osovina - <i>Axle</i>		Ukupna masa <i>Total mass</i>		Osovina - <i>Axle</i>			Ukupna masa <i>Total mass</i>		
	Prednja <i>Front</i>	Prednji bogi <i>Front bogie</i>			Stražnji bogi <i>Rear bogie</i>					
	kg									
1.	8480	3820	3120	15 420	15 050	8520	10 300	8980	27 800	27 720
2.	8580	3300	3080	14 960		8500	10 640	9220	28 360	
3.	8500	3600	3060	15 160		8560	10 660	9040	28 260	
4.	8580	3500	3040	15 120		8500	10 500	8940	27 940	
5.	8460	3540	3160	15 160		8480	10 660	8900	28 040	
6.	8520	3440	3180	15 140		8560	10 580	8980	28 120	
7.	8440	3380	3080	14 900		8460	10 400	9040	27 900	
8.	8580	3520	3200	15 300		8600	10 500	8940	28 040	
9.	8540	3440	3100	15 080		8600	10 620	9000	28 220	
10.	8400	3520	3100	15 020		8560	10 580	9140	28 280	

U zadnjoj su seriji mjerenja ostvarena najmanja odstupanja podataka osovinskih opterećenja mjernih prijenosnim vagama u odnosu na kontrolnu iz-

mjeru kolnom vagom zbog korištenja metalnoga okvira za umetanje para prijenosnih vaga. Upotreba je takve konstrukcije omogućila točnije postavljanje ko-

**Slika 14.** Odstupanja mase vozila (razlika prijenosnih u odnosu na kolnu vagu)**Fig. 14** Discrepancy between vehicle mass (weighbridge and mobile scales)**Slika 15.** Relativna odstupanja mase vozila u trima serijama mjerenja (razlika prijenosnih u odnosu na kolnu vagu)**Fig. 15** Relative discrepancy between vehicle mass in three measurement series (weighbridge and mobile scales)

tača forvardera na mjernu površinu vaga, a time je postignuto i točnije mjerenje osovinskih opterećenja (zabilježeno najveće odstupanje od 2,46 %).

Usporedbom prosječnih odstupanja između kolne i osovinskih vaga u svim trima serijama mjerenja (slika 15) vidljivo je da su najmanja odstupanja dobivena upravo korištenjem metalnoga okvira za umećanje para prijenosnih vaga. Metalni je okvir omogućio preciznije postavljanje kotača vozila na mjernu površinu prijenosnih vaga, pa su time i odstupanja vrijednosti pri mjerenjima smanjena. Važno je napomenuti da navoženje forvardera na prijenosne vage nije jednostavno jer su dimenzije kotača forvardera veće od mjerne površine vaga (420 x 715 mm) pa se izradba metalnoga okvira pokazala kao najbolje moguće rješenje za postizanje što točnijega centriranja kotača na površinu prijenosnih vaga. Odstupanje do 2 % ukupne mase forvardera smatramo zadovoljavajućim za operativna mjerenja, ali uz napomenu da i dalje treba voditi računa o pravilnom postupku mjerenja i točnom postavljanju kotača vozila na mjernu površinu prijenosnih vaga.

## 5. Literatura – References

- Anon., 2007: Korisnički priručnik za osovinsku vagu tipa WLS 101 / R2K, 1–12.
- Beuk, D., Ž. Tomašić, D. Horvat, 2007: Status and development of forest harvesting mechanisation in Croatian state forestry. *Croat. j. for. eng.*, 28(1): 63–82.
- Horvat, D., 1993A: Prilog proučavanju prohodnosti vozila na šumskom tlu. Disertacija, Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, 234 str.
- Horvat, D., 1993B: Prilog poznavanju dinamike bogie sustava kotača (A Contribution to comprehension of the bogie wheel system dynamics). *Meh. šumar.*, 18(3): 107–120.
- NN, 66/07: Pravilnik o vrsti šumarskih radova, minimalnim uvjetima za njihovo izvođenje te radovima koje šumoposjednici mogu izvoditi samostalno (dopuna NN, 29/08).
- Poršinsky, T., 2002: Čimbenici proizvodnosti forvardera Timberjack 1210 pri izvoženju obloga drva glavnoga prihoda hrvatskih nizinskih šuma (Productivity factors of Timberjack 1210 at forwarding the main felling roundwood in Croatian lowland forests). *Glasnik za šumske pokuse*, 38: 103–132.
- Poršinsky, T., 2005: Djelotvornost i ekološka pogodnost forvardera Timberjack 1710B pri izvoženju oblovine iz nizinskih šuma Hrvatske (Efficiency and Environmental Evaluation of Timberjack 1710B Forwarder on Roundwood Extraction from Croatian Lowland Forests). Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 170 str.
- Poršinsky, T., D. Horvat, 2005: Indeks kotača kao parametar procjene okolišne prihvatljivosti vozila za privlačenje drva (Wheel Numeric as Parameter for Assessing Environmental Acceptability of Vehicles for Timber Extraction). *Nova meh. šumar.*, 26: 25–38.
- SaariLahti, M., 2002: Soil interaction model. Project deliverable D2 (Work package No. 1) of the Development of a Protocol for Ecoefficient Wood Harvesting on Sensitive Sites (ECOWOOD). EU 5<sup>th</sup> Framework Project (Quality of Life and Management of Living Resources) Contract No. QLK5-1999-00991 (1999–2002), 87 str.
- Sever, S., 1988: Proizvodnost i performanse forvardera u radovima privlačenja drva (Productivity and performance of forwarders in hauling operations). *Meh. šumar.*, 18(5–6): 59–87.
- Stampfer, K., C. Kanzian, 2006: Current state and development possibilities of wood chip supply chains in Austria. *Croat. j. for. eng.*, 27(2): 135–145.

---

## Abstract

---

### Development and Calibration of Mobile Measuring System of Vehicle Axle Mass – Measurements on Forwarder

*The goal of this research was to establish an accurate mobile measuring system for measuring the mass of Valmet 840.2 forwarder's axles. Mobile measuring system will be used in future measurements of forest biomass as biomass today becomes more and more important in Croatian forestry. Analyses were made to determine the effect of load characteristics, horizontality of vehicle axles and ground characteristics (even and uneven surface) on measurements. Mobile measuring system consists of two mobile scales type WLS 101/R2K (BARK System-und Wiegetechnik GmbH & CO.KG), which were placed on a metal board (height of 2 cm) in all series of measurements. Mobile scales tolerate up to 10t/by platform, and resistance to fracture is 150% of maximum load. Measurements*



*on mobile scales were compared to measurements made on weighbridge scale.*

*Measurements were divided into three series:*

- ⇒ Measurements of unloaded/loaded forwarder with one type of load: on uneven surface, on even surface and on even surface along with placement of wooden boards (height of 2.50 cm) on mobile scale platforms.*
- ⇒ Measurements of five different loads along with the research of how heightening vehicle wheels with wooden boards (height of 7.60 cm) affect mass discrepancy. Wooden boards (height of 2 cm) were also placed on axle scale platforms. Load types:*
  - ⇒ Roundwood processed from five different trees, forwarder fully loaded.*
  - ⇒ Swept roundwood, forwarder fully loaded.*
  - ⇒ Straight logs, forwarder fully loaded.*
  - ⇒ Straight logs, loaded up to 2/3 of loading area height.*
  - ⇒ Straight logs, loaded up to 1/3 of loading area height.*
- ⇒ Measurements of unloaded/loaded forwarder with one type of load, but with mobile scales placed in a metal case.*

*In the first series of measurements, discrepancy was recorded between mobile scale and weighbridge measurements due to uneven surface (5.0%) and placement of wheels on the mobile scale platforms (22.07%). In the second series, boards were used for heightening vehicle wheels in the following combinations: 1) heightening all wheels with boards, 2) without heightening wheels with boards, 3) combinations of interchangeably heightening different wheels with boards. Discrepancy between mobile scales and weighbridge measurements was also recorded, but with less value. Relative mass discrepancy was from –4.30% (for measurements without heightening axles with boards) to +5.44% (measurements with heightening all wheels with boards). Load characteristics did not affect accuracy of the measurements, but placement of wheels on the mobile scale platforms did. Upon understanding how placement of wheels on the mobile scale platforms affects measurements, in the third series mobile scales were placed in a metal case. Use of a metal case provided the most accurate measurements (relative mass discrepancy was from –1.00% to 2.46%) which is satisfactory for field measurements, even though emphasis is still on careful placement of wheels on the mobile scale platforms.*

*Keywords: forest biomass, vehicle axle load, mobile scale system, forwarder*

---

*Adresa autorâ – Authors' addresses:*

Andreja Bosner, dipl. ing. šum.  
e-pošta: bosner@sumfak.hr  
Zdravko Pandur, dipl. ing. šum.  
e-pošta: pandur@sumfak.hr  
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije  
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
Svetošimunska 25  
HR–10 000 Zagreb

Stjepan Nikolić, dipl. ing. šum.  
e-pošta: stjepan.nikolic@hrsume.hr  
»Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb  
Uprava šuma Podružnica Vinkovci  
Kralja Zvonimira 1  
HR–32 100 Vinkovci

Davor Benić, dipl. ing. šum.  
e-pošta: davor.benic@email.t-com.hr  
»Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb  
Šumarija Vinkovci  
Trg Josipa Runjanina 1  
HR–32 100 Vinkovci

Primljeno (Received): 6. 10. 2008.  
Prihvaćeno (Accepted): 2. 12. 2008.

# Može li se na temelju »Pravilnika o zaštiti na radu pri ručnom prenošenju tereta« ocijeniti opterećenje radnika kopčša?

Zdravko Pandur, Marijan Šušnjarić, Hrvoje Gužvinec, Danko Horvat

## *Nacrtak – Abstract*

U ovom su radu prikazana istraživanja kojima je cilj bila ocjena opterećenja radnika kopčša koji izvlači čelično uže šumskoga vitla, na temelju izmjerenih ručnih sila i definiranja zakonitosti njihova ostvaraja, prema mjerilima sadržanima u Pravilniku o zaštiti na radu pri ručnom prenošenju tereta (NN, 42/05).

Na osnovi provedenih istraživanja zakonitosti ostvaraja sile za ručno izvlačenje čeličnoga užeta šumskoga vitla Hittner 2 x 35, montiranoga na skider Ecotrac 55 V u šumskoj sastojini na 5 različitih nagiba ( $-19^\circ$ ,  $-10^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $19^\circ$ ), mjerenja brzine kretanja radnika kopčša, izračuna ostvarene snage za taj rad, te primjenom jednadžbe predložene Pravilnikom, kojom je obuhvaćeno 6 faktora kojima se definiraju čimbenici koje treba uzeti u obzir pri ocjeni rizika za sigurnost i zdravlje radnika pri ručnom prenošenju tereta, rad radnika kopčša ocijenjen je kao rad s velikim opterećenjem. Na tu ocjenu nemaju bitan utjecaj činjenice da se ručna sila izvlačenja užeta povećava duljinom izvlačenja te da je pri kretanju uzbrdo ona mnogo veća nego pri spuštanju nizbrdo.

U istraživanju je zapaženo znatno veće ostvarenje snage (utrošak energije) tijekom izvlačenja užeta uzbrdo u odnosu na kretanje po ravnome, a pogotovo u odnosu na spuštanje nizbrdicom.

Na temelju iznesenoga može se zaključiti da su odrednice Pravilnika za ocjenjivanje opterećenja radnika kopčša tijekom izvlačenja užeta pogodne, pogotovo ako se ono radi samo zato da bi se utvrdilo postoji li opasnost da se oštete leđa. Ako se želi uzeti u obzir i fizičko opterećenje temeljem energijske potrošnje, koja je velika pri izvlačenju užeta uzbrdo, tada treba dopuniti Pravilnik. Kako bi se to obuhvatilo, kao i kretanje po sječini ili šumskoj sastojini u kojoj postoje izrazite prepreke, neravnine uz veliku opasnost od zapinjanja i klizanja, najjednostavnija je dopuna tablice faktora stanja radnoga mjesta.

*Ključne riječi:* zaštita na radu, ručno prenošenje tereta, kopčša

## 1. Uvod – Introduction

Ergonomska istraživanja koja se provode na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu osnovica su ostvarenja razvoja sredstava za rad i proizvodnih metoda u šumarstvu. Pri istraživanju fizičkoga opterećenja radnika procjenjuje se koliko je opterećenje na pojedinom poslu uz primjenu postojećih radnih

postupaka i sredstava za rad. Kako navodi Martinić (1994), spoznaja o ukupnom fizičkom opterećenju radnih aktivnosti koristi unapređenju postojećih i razvoju novih tehnologija, metoda i tehnika rada. Isti je autor u svom istraživanju procjenjivao fizičko opterećenje radnika kopčša na osnovi prosječnoga pulsa tijekom dnevnoga rada i pripadajuće, posredno izračunate energijske potrošnje. Na osnovi izmje-

renoga prosječnoga pulsa tijekom dnevnoga rada opterećenje kopčasa svrstava u razred srednjega opterećenja (prema Ronayevoj razredbi iz 1975), dok na osnovi energijske potrošnje u normalnom 8-satnom radnom vremenu rad kopčasa svrstava u razred najtežega rada (prema razredbi Kaminskoga iz 1971). Prema navedenom istraživanju kopčaš je u odnosu na ostale radnike, koji sudjeluju na privlačenju drva (traktorist, rukovatelj vitlom), najviše opterećen. Kako se godišnje u poduzeću »Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb (Beuk i dr. 2007) više od 70 % drva privuče šumskim vozilima opremljenih šumskim vitlima, istraživanje je opterećenja radnika kopčasa važan ergonomska zadatak.

Na zahtjev Službe zaštite na radu Direkcije poduzeća »Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb i Uprave šuma Podružnice Koprivnica, a u okviru znanstvenoistraživačkih zadataka »Strojne metode uspostave šumskoga reda« (voditelj: prof. dr. sc. Dubravko Horvat) i »Okolišno prihvatljive šumarske tehnike« (voditelj: doc. dr. sc. Marijan Šušnjar) te prema planu istraživanja znanstvenoistraživačkoga projekta MZOŠ-a Republike Hrvatske »Ekološko, energijsko i ergonomska vrednovanje šumskih strojeva i opreme« (voditelj: prof. dr. sc. Dubravko Horvat), obavljeno je mjerenje ručnih sila potrebnih za izvlačenje čelične užadi šumskih vitala. Istraživanje je provedeno na vitlima ugrađenim na svim vrstama vozila za privlačenje u UŠP Koprivnica – skiderima Ecotrac 55 V, Ecotrac 72 V i Ecotrac 120 V, LKT 81T te na brzo de/montažnim tzv. farmerskim vitlima na adaptiranim poljoprivrednim traktorima. U ovom će radu biti prikazani rezultati istraživanja samo za najbrojniji tip skidera u hrvatskom šumarstvu – proredni skider Ecotrac 55 V, s kojima je ostvaren prosječni obujam privučenoga drva u razdoblju 2002–2006. od 231 471 m<sup>3</sup> godišnje (Beuk i dr. 2007).

## 2. Problematika i cilj istraživanja *Problem and scope of research*

Cilj je ovih istraživanja bila ocjena opterećenja radnika kopčasa koji izvlači čelično uže šumskoga vitla na temelju izmjerenih ručnih sila i definiranja zakonitosti njihova ostvaraja, a prema mjerilima sadržanim u *Pravilniku o zaštiti na radu pri ručnom prenošenju tereta* (NN, 42/05). U tom se *Pravilniku* u članku 2. navodi da »ručno prenošenje tereta znači svaki fizički rad koji uključuje dizanje, prenošenje, spuštanje, guranje, vučenje ili nošenje tereta ljudskom snagom«. Time je obuhvaćen rad kopčasa pri izvlačenju čeličnoga užeta. *Pravilnikom* su (članak 9) predviđeni ovi čimbenici važni za ocjenjivanje rizika sigurnosti, ugrozu zdravlja te posebice za oštećenje leđa:

### 1. Značajke tereta:

- ⇒ njegova težina, oblik i dimenzije
- ⇒ položaj hvatišta
- ⇒ položaj težišta
- ⇒ mogućnost nehotičnoga i nepredviđenoga pomicanja.

### 2. Opterećenja radnika:

- ⇒ potrebno držanje ili pomicanje (gibanje) tijela, posebice zakretanje trupa u predjelu kralježnice te držanje tijela u pretklonu
- ⇒ udaljenost tereta od tijela radnika
- ⇒ vodoravna i/ili okomita udaljenost na koju je potrebno prenijeti teret
- ⇒ intenzitet, učestalost i trajanje potrebne tjelesne sile
- ⇒ uporaba odgovarajuće osobne zaštitne opreme
- ⇒ nametnuti ritam rada, na koji radnik ne može utjecati
- ⇒ raspoloživo vrijeme za odmor i mirovanje.

### 3. Značajke radnoga okoliša:

- ⇒ prostor koji je na raspolaganju radniku, posebice u vertikalnom smjeru
- ⇒ visinska razlika između pojedinih razina hoda, prihvaćanja i odlaganja tereta, te temperatura, vlažnost i brzina strujanja zraka u prostoru
- ⇒ osvijetljenost radnoga mjesta
- ⇒ vrsta površine po kojoj se prenosi teret
- ⇒ svojstva radne odjeće i obuće.

Na te čimbenike u biti nema puno zamjerki, ali ipak ostaje otvoreno pitanje kako su oni obuhvaćeni u postupku izračunavanja stupnja opterećenosti kako navodi članak 10. *Pravilnika*, a prema njegovu Prilogu II. U Prilogu I *Pravilnika* (tablica 1) navedena je najveća dopuštena masa koja se može prenositi (vući) s obzirom na spol i dob radnika, i to u »primjerenim« radnim uvjetima, kao što su ergonomska po-

**Tablica 1.** Najveća dopuštena nošena (vučena) masa (kg) glede spola i dobi

**Table 1** Maximum permissible carrying (pulling) mass (kg) according to age and sex

Dob, godine - Age, years	Muškarci - Males	Žene - Females
15-19	35	13
19-45	50	15
>45	45	13
Trudnice - Pregnant woman	-	5



voljan položaj tijela, zadovoljavajuće značajke prostora po kojem se radnik kreće (npr. ravno tlo koje nije sklisko), primjereno hvatište tereta. Zanimljivo je da je u tom prilogu navedeno da radnik dnevno smije prenijeti masu do 1000 kg, što je u nesuglasju s člankom 8. *Pravilnika*. To pak lijepo rješava članak 11, u kojem se navodi da se može prenositi i veći teret od onih navedenih u Prilogu I, ako postoje specifični zahtjevi.

Prilog II *Pravilnika* opisuje metodu ocjenjivanja ukupnoga opterećenja (UO) zdravih radnika prema jednadžbi:

$$UO = T_1 (T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6) \quad (1)$$

gdje su:

- $T_1$  – faktor vremenskoga opterećenja radnika
- $T_2$  – faktor težine tereta za prijam s obje ruke
- $T_3$  – faktor položaja tijela i tereta tijekom prenošenja
- $T_4$  – faktor stanja radnoga mjesta
- $T_5$  – faktor radnoga iskustva
- $T_6$  – faktor temperature radnoga okoliša.

Vrijednosti tih faktora mogu se, za različite uvjete, očitati u pripadajućim tablicama. Za rad kopčasa vrijednosti se faktora mogu relativno dobro procijeniti osim za faktor  $T_2$ , tj. faktor težine tereta. Razlog leži u tome što se teret (težina čeličnoga užeta) povećava kako se radnik udaljava od vozila. Istraživanja potrebnih sila za izvlačenje užeta na ravnoj, tvrdoj podlozi (Horvat i Sever 1983, Horvat 1983, Horvat i dr. 1999, Golja i Horvat 2002, Horvat i dr. 2004) potvrdila su tu očekivanu činjenicu. Upravo su zakonitosti ostvaraja sila potrebnih za izvlačenje užeta, i to na šumskom tlu različitih nagiba, te temeljem njih iskaz faktora tereta cilj ovih istraživanja.

### 3. Objekt, mjesto i metode istraživanja – *Object, place and methods of research*

Kao što je u uvodu rečeno, za objekt je izabran najbrojniji tip skidera koji se rabi u hrvatskom šumarstvu – proredni skider Ecotrac 55 V (slika 1) opremljen šumskim vitlom Hittner 2 x 35. Njegove temeljne tehničke značajke koje ga čine okolišno pogodnim za prorede opisuju Horvat i Sever (1995) te Sever i Horvat (1997). Usporedba vučnih i morfoloških svojstava toga skidera u odnosu na adaptirane poljoprivredne traktore s vitlom pokazala je njegovu izrazitu prednost (Horvat 1996). Osim tehničkih značajki dugogodišnja je evolucija toga skidera rezultirala i njegovim povoljnim ergonomskim značajkama (Horvat i dr. 2002, Horvat i dr. 2004). Povoljno djelovanje na tlo i raspodjelu opterećenja kotača skidera Ecotrac 55 V opisao je Tomašić (2007). Svaka-



**Slika 1.** Skider Ecotrac 55 V

**Fig. 1** Skidder Ecotrac 55 V

ko da je proizvodnja prorednoga skidera u Hrvatskoj pridonijela velikomu broju znanstvenih i razvojnih istraživanja obavljenih na Šumarskom fakultetu u Zagrebu. Treba napomenuti da je za zaštitu na radu važan certifikat za kabinu (FOPS i ROPS) te usuglašavanje konstrukcijskih tehničkih značajki skidera sa sigurnosnim i tehničkim značajkama normi ISO (Horvat i Šušnjar 2003).

Vitlo Hittner 2 x 35 ugrađeno na skider Ecotrac 55 V dvobubanjno je, nazivne vučne sile od 35 kN. Pogon je vitla mehanički. Vitlo je opremljeno čeličnim vučnim užetom promjera 10 mm i duljine 40 m po bubnju. Spojka je vitla frikcijska s jednom konusnom lamelom, a kočnica je vitla pojasna. Spojkom i kočnicom upravlja se elektrohidraulički preko elektrohidrauličkih ventila, razvodnika i hidrauličkih cilindra. Bubanj vitla u zakočenom položaju drže opruge. Uže je sigurnosno učvršćeno na bubanj i vođeno preko jednoga vodoravnoga i dvaju uspravnih valjaka. Vitlo montirano na taj skider također je razvijano i stalno unapređivano tako da je danas i ono usuglašeno s tehničkim i sigurnosnim zahtjevima normi ISO (Goglia i Horvat 2002). Ono je opremljeno čeličnim užetom izvedbe 6 x 36 s čeličnom jezgrom (Warrington – Seale – Machart), vlačne čvrstoće 1770 N/mm<sup>2</sup>. Duljinska je masa užeta 0,418 kg/m, izračunata prekidna sila 80,4 kN, dok je minimalna prekidna sila 63 kN.

Sila izvlačenja užeta mjerena je na terenu na području UŠP Koprivnica, Šumarije Sokolovac, u sastojnim uvjetima na pet različitih nagiba terena: –10°, –19°, 0°, +10° i +19°, s duljinom izvlačenja užeta do 42,5 m.



**Slika 2.** Mjerenje sile izvlačenja užeta  
**Fig. 2** Measuring of cable pulling force

Sila potrebna za izvlačenje užeta važan je ergonomske i tehnološke parametar jer preko zamora i opterećenja radnika koji izvlači užu djeluje i na učinak. Ona je važna tehničko-eksploatacijska značajka koja ovisi o izvedbi užeta, koeficijentu trenja između užeta i podloge, duljini užeta, trenju u ležajevima bubnja vitla i nagibu po kojem se kreće kopčoš.

Put je na terenu obilježen markerima postavljenim na međusobnu udaljenost od 5 m te se s dodatnim (ergo)dinamometrom bilježio prolazak radnika kopčoš pored svake oznake. Iznos je puta bitan za kasnije računanje brzine te na temelju brzine uložena snaga izvlačenja užeta.

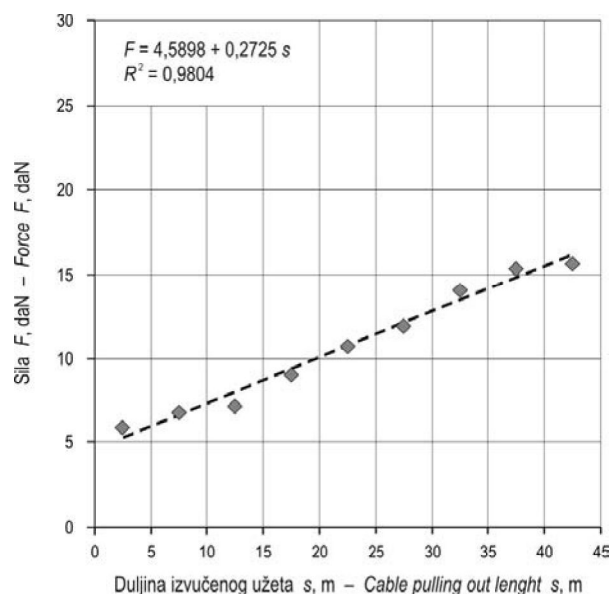
Sve sile u istraživanju (slika 2) mjerene su tenzometrijskom metodom s vlačno-tlačnim dinamometrom HBM 20 kN i pripadajućom opremom koja se sastoji od mjernoga pojačala HBM Spider 8 i terenskoga računala. Podaci su mjerenja bilježeni računalnim programom Catman 4.0 (Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH). Daljnja matematičko-statistička obrada podataka provedena je pomoću računalnoga programa Microsoft Excel.

#### 4. Rezultati istraživanja – Research results

Prema postavljenim je ciljevima utvrđivana zakonitost povećanja sile izvlačenja užeta na šumskom tlu različitih nagiba ( $10^\circ$ ,  $-19^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $+10^\circ$  i  $+19^\circ$ ) te ocjena opterećenja radnika prema faktorima iz Priloga II *Pravilnika*, a prvo su iskazani rezultati samo za jedan nagib.

##### 4.1 Mjerenje sile izvlačenja užeta – Measuring of cable pulling force

Mjerenjem dobivene vrijednosti sile izvlačenja užeta, u ovisnosti o udaljenosti izvlačenja, za svaki su pojedini nagib i bubanj vitla unesene u posebne dijagrame te su izjednačene regresijskom analizom kako to pokazuje dijagram na slici 3. Osim dobre korelacijske veze zapaža se povećanje ručne sile od 5 daN na početku do 15 daN na kraju (40 m) izvlačenja užeta. To utrostručenje sile koja se ostvaruje jednom rukom(!) (vidi sliku 2) značilo bi da se faktor težine tereta kreće od  $T_2 = 2$  na početku do  $T_2 = 4$  na kraju izvlačenja. Nažalost, kako tablica vrijednosti za taj faktor nema vrijednost 3, znači da je u ovom slučaju, za udaljenost privitlavanja do 20 m, faktor težine tereta 2, a za dulje izvlačenje užeta 4. Treba istaknuti da bi žene mogle izvlačiti užu u tim uvjetima samo do 7,5 metara od skidera.



**Slika 3.** Rezultati mjerenja sile izvlačenja užeta na nagibu od  $10^\circ$  za desni bubanj vitla

**Fig. 3** Results of measuring pulling cable force for the right winch drum on a  $10^\circ$  slope

##### 4.2 Ocjena ukupnoga opterećenja radnika Estimation of total chocker-man load

Ocjena je ukupnoga opterećenja kopčoš napravljena na temelju tablica u Prilogu II *Pravilnika* i jednadžbe (1). Faktor vremenskoga opterećenja radnika definira tablica u 5 koraka za kratkotrajno i dugotrajno prenošenje, gdje je za procjenu kopčoš jednostavnije tražiti vrijednost faktora preko ukupnoga vremena vuče užeta u radnom danu (dugotrajno opterećenje) nego preko broja izvlačenja užeta (krat-

kotrajno opterećenje). Tim bi se putem za izvlačenje užeta od 1 do 3 sata dnevno dobio faktor  $T_1 = 4$ .

Tablica faktora položaja tijela ( $T_3$ ) nudi stupnjevanje težine u 4 koraka, od kojih rad kopčasa najbolje opisuje 3. stupanj (tijelo u dubokom pretklonu ili jako nagnuto prema naprijed; manji pretklon, istodobno gornji dio tijela malo zakrenut, teret daleko od tijela ili u visini ramena, sjedeći ili stojeći položaj) s faktorom  $T_3 = 4$ .

Faktor stanja radnoga mjesta gradiran je u tri stupnja, a radu radnika kopčasa najviše odgovara srednji stupanj s faktorom  $T_4 = 1$  zbog neergonomskih uvjeta te neravnoga, nagnutoga ili skliskoga terena.

Faktor radnoga iskustva stupnjevan je samo u dva koraka i iznosi  $T_5 = 0$  za radno iskustvo veće od 12 mjeseci.

Faktor temperature u radnom okolišu pruža jako velik raspon od  $T_6 = 10$  za temperature ispod  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  i iznad  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a za prosječne je uvjete  $T_6 = 0$ , za temperature od  $-1$  do  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ . U tom je ocjenjivanju primijenjen faktor prosječnih uvjeta.

Na osnovi tako odabranih faktora ukupno bi opterećenje radnika kopčasa iznosilo:

⇒ za izvlačenje užeta do 20 metara:

$$\begin{aligned} \text{UO} &= T_1 (T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6) = \\ &= 4 (2 + 4 + 1 + 0 + 0) = 28 \end{aligned}$$

⇒ za izvlačenje užeta preko 20 m:

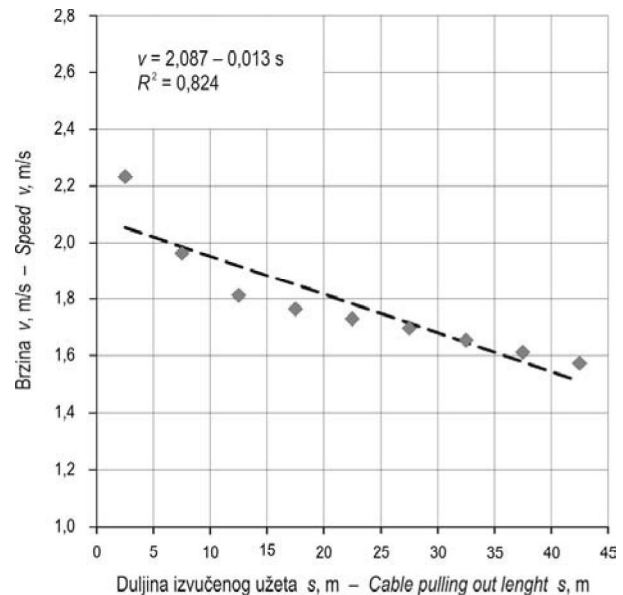
$$\begin{aligned} \text{UO} &= T_1 (T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6) = \\ &= 4 (4 + 4 + 1 + 0 + 0) = 36. \end{aligned}$$

Tako dobivenu vrijednost ukupnoga opterećenja treba usporediti s preporukom *Pravilnika* da bi se donijela konačna ocjena. Za opterećenje između 26 i 50 *Pravilnik* navodi da je to »veliko opterećenje – mogućnost prekomjernog opterećenja kod zdravih radnika. Potrebno je istražiti mogućnosti za smanjivanje opterećenja zbog ručnog prenošenja tereta«.

Kako se ukupno opterećenje preko 50 smatra da je »vrlo veliko opterećenje – velika mogućnost nastanka zdravstvenih oštećenja zbog ručnog prenošenja tereta. Nužna je uporaba odgovarajuće opreme ili drugih metoda rada za smanjivanje«, treba naglasiti da prethodni izračun – veliko opterećenje radnika, uz činjenicu da se vrijednost faktora temperature izvan područja od  $-1$  do  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$  jako povećava, vrijedi za rad od  $-14$  do  $26\text{ }^{\circ}\text{C}$  za izvlačenje užeta do 20 m te između  $-12$  do  $24\text{ }^{\circ}\text{C}$  za dulje izvlačenje.

### 4.3 Mjerenje brzine radnika – *Measuring of chocker-man speed*

Ogledni se prikaz mjerenja odvijao na nagibu od  $10^{\circ}$  pa je zanimljivo pogledati kako on djeluje na kretanje radnika, posebno na njegovu brzinu. Mjerenjem trenutaka prolaska pored, po 5 m udaljenih



**Slika 4.** Brzina kopčasa na nagibu od  $10^{\circ}$  za desni bubanj vili  
**Fig. 4** Chocker-man speed on a  $10^{\circ}$  slope for the right winch drum

markacija koje su bilježene pokretanjem dopunskoga ergonomskega dijagrama, označen je prijedeni put (duljina izvučenoga užeta), a uz računalno vrijeme izračunata je brzina kretanja kopčasa koju pokazuje slika 4. Uz zadovoljavajuću korelacijsku vezu zapaža se smanjivanje brzine kretanja (usporavanje) kopčasa s približno 2 m/s na početku do 1,6 m/s na kraju izvlačenja užeta.

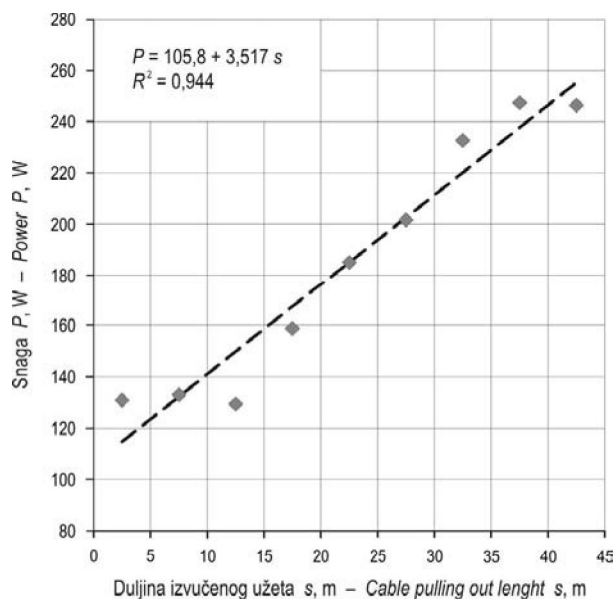
### 4.4 Ostvarena snaga radnika – *Chocker-man output power*

Za procjenu zakonitosti ulaganja energije tijekom vuče užeta poslužit će izračun ostvarene energije (snage) čiju ovisnost o udaljenosti izvlačenja užeta pokazuje slika 5. Iz slike 5 se, uz dobru korelacijsku vezu, zapaža stalno povećanje izlazne snage (pa prema tome i uložene) koja se na kraju izvlačenja udvostručuje. Uz stalno povećanje sile, koja je na 40 m izvlačenja užeta tri puta veća od početne te uz 30 %-tni pad brzine kretanja, uložena se snaga ipak udvostručuje.

### 4.5 Utjecaj nagiba terena – *Influence of terrain slope*

U prethodnom je oglednom prikazu rezultata mjerenja namjerno izabrano izvlačenje užeta uz nagib od  $10^{\circ}$  tako da bi se mogao analizirati njegov utjecaj na opterećenje radnika. Nagib, istina, nema važnoga utjecaja na opterećenje leđa, što je temeljna odrednica *Pravilnika*, ali ima jako bitan utjecaj na otpore kretanju pa time i na energijsko opterećenje radnika. Pri





**Slika 5.** Ostvarena snaga radnika na nagibu od  $10^\circ$  za desni bubanj vitla  
**Fig. 5** Choker-man output power on a  $10^\circ$  slope for the right winch drum

kretanju uzbrdo radnik mora, uz silu izvlačenja užeta, pomicati i svoju težinu uz nagib. Kako pokazuje slika 6, pri kretanju nizbrdo težina olakšava kretanje radnika.

Ako bi se ovim putem analiziralo opterećenja kopčaća mase 80 kg za kretanje uz nagib od  $10^\circ$ ,

ukupnu silu koju on svladava te ostvarenu snagu u ovisnosti o udaljenosti izvlačenja prikazuje slika 7. Ako se tijek sila uspoređi s dijagramom na slici 3, zapaža se znatno povećanje sile, tj. otpora kretanja kopčaća. Pri kretanju uzbrdo smanjuje se i povećanje otpora na kraju izvlačenja s trostrukoga (slika 3) na 50 %-tno (slika 7).

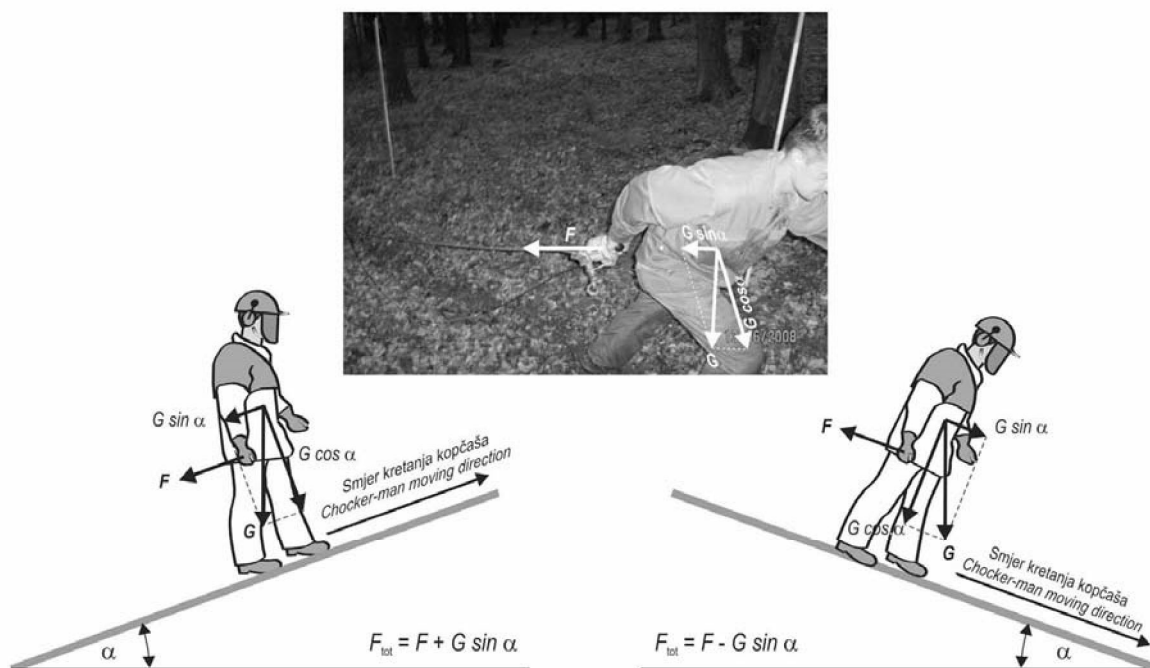
Pomoću vrijednosti ovoga ukupnoga otpora i brzine iz dijagrama njezine promjene sa slike 4 može se izračunati ostvarena snaga, dakle uloženi rad. Dijagram snage na slici 7 pokazuje neke bitne značajke:

- ⇒ ostvarena (uložena) ljudska snaga znatno je veća od snage potrebne za svladavanje samo otpora izvlačenja užeta
- ⇒ ostvarena se snaga tek neznatno povećava povećanjem duljine izvlačenja.

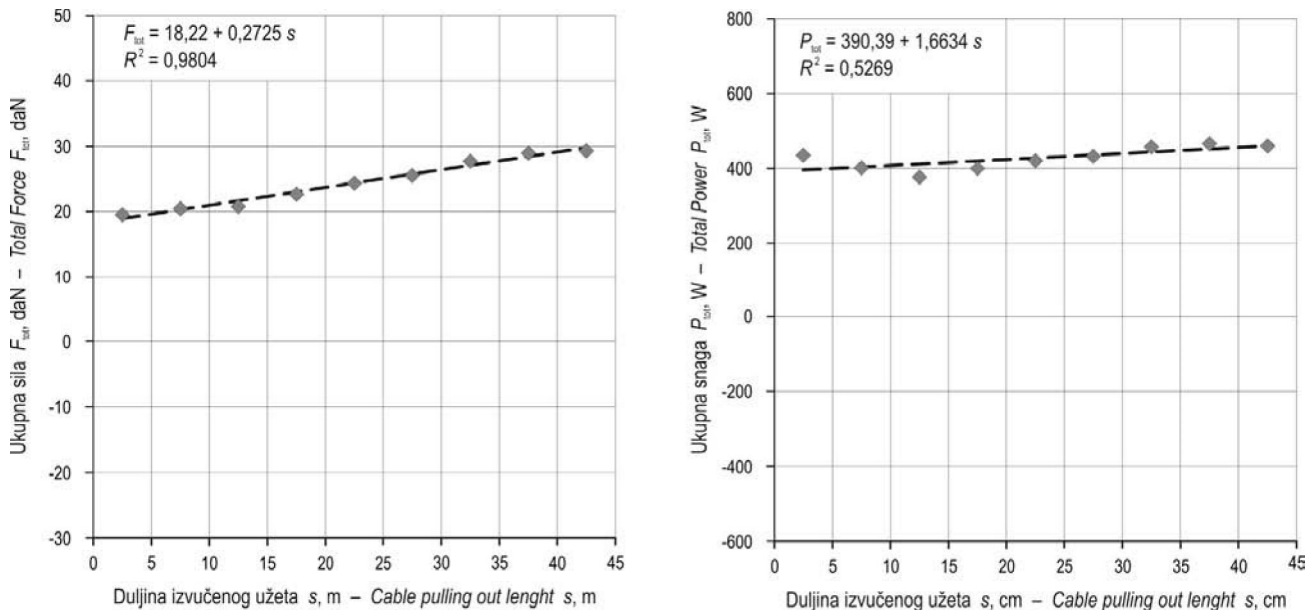
Takav tijek snage u ovisnosti o duljini izvlačenja užeta pokazuje da radnik nije povećavao uloženu snagu kako se činilo na temelju dijagrama 5, već da stalno ostvaruje snagu od približno 410 W tijekom cijeloga puta izvlačenja užeta.

## 5. Analiza ukupnih rezultata istraživanja – Analysis of total research results

Ukupnim su rezultatima istraživanja obuhvaćeni tijek sila izvlačenja užeta, brzina kretanja i ostvarenih snaga u ovisnosti o duljini izvlačenja za oba bub-



**Slika 6.** Sile koje djeluju na radnika u hodanju na nagibu  
**Fig. 6** Forces affecting choker-man during walking on slope



**Slika 7.** Ukupna sila i ostvarena snaga u kretanju uzbrdo na nagibu od  $10^\circ$  za desni bubanj vitla

**Fig. 7** Total force and output power for walking uphill on a  $10^\circ$  slope for the right winch drum

nja vitla te u kretanju kopčaća na 5 nagiba. Rezultati su prikazani na slici 8.

Iz dijagrama na slici 8 zapaža se da:

- ⇒ za sile: 1) tijek je sila podjednak za oba bubnja, 2) u kretanju uzbrdo ostvarene su veće sile nego pri kretanju nizbrdo, 3) povećanje sila na kraju u odnosu na početak izvlačenja užeta veće je pri kretanju uzbrdo, 4) ostvarene sile (osim u početku izvlačenja užeta nizbrdo za desni bubanj) odgovaraju najmanje vrijednosti faktora tereta  $T_2 = 2$ , kojim je i ocijenjeno opterećenje radnika u poglavlju 4.1.
- ⇒ za brzine: 1) tijek je brzina podjednak za oba bubnja, 2) povećanjem udaljenosti izvlačenja užeta kretanje je kopčaća sporije, 3) u kretanju nizbrdo kopčać hoda brže nego uzbrdo, 4) kopčać se najbrže kreće nizbrdo na nagibu od  $-10^\circ$  (!), a najsporije na usponu od  $19^\circ$ .
- ⇒ za snage: 1) tijek je snaga podjednak za oba bubnja, 2) za penjanje treba veća snaga nego za silaženje, 3) najviše je potrebno uložiti snage za izvlačenje užeta uzbrdo na nagibu od  $10^\circ$ , 4) najmanje se snage ulaže za izvlačenje užeta nizbrdo niz nagib od  $-19^\circ$ , 5) ostvarene su snage u rasponu od 100 W do 280 W.

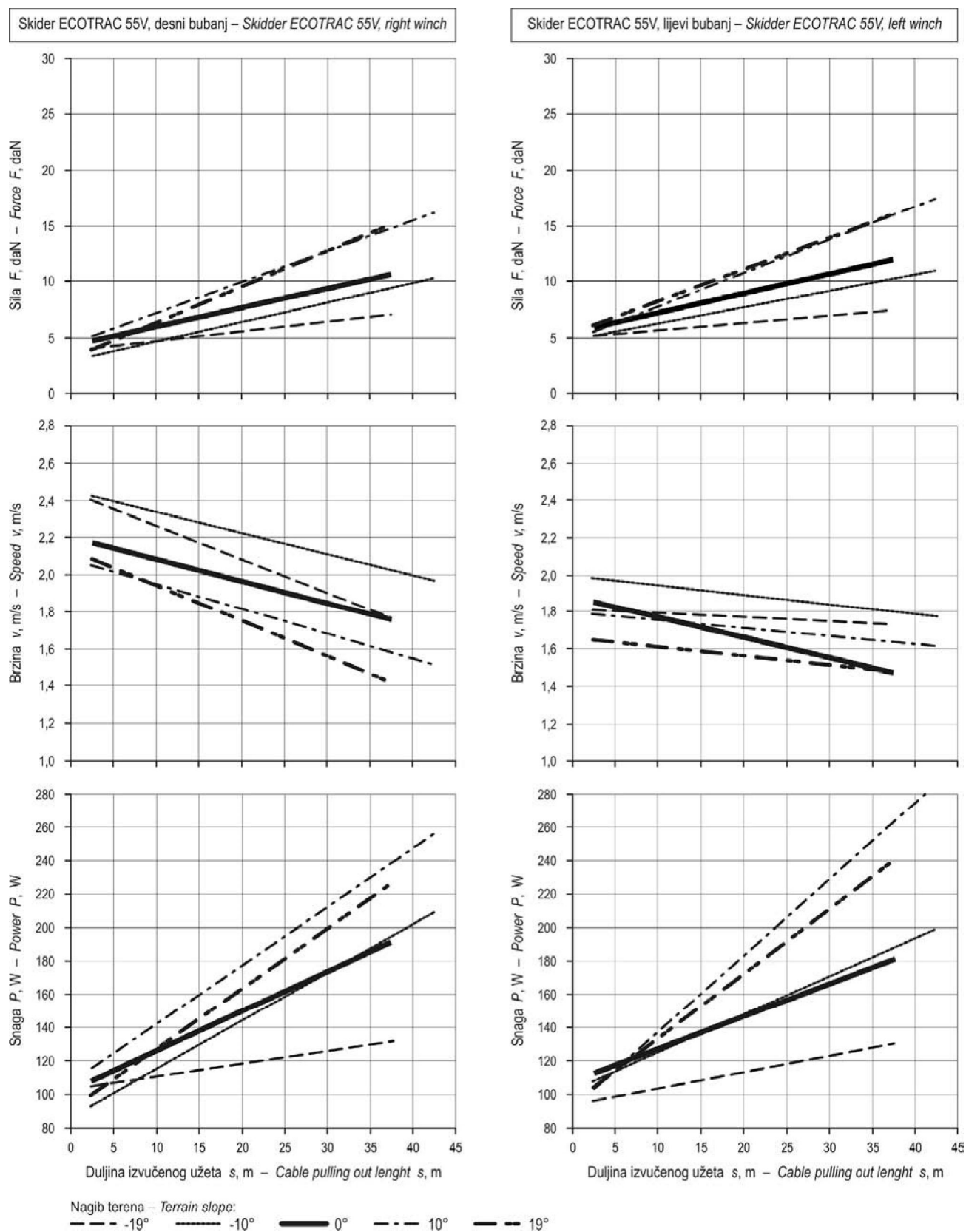
Temeljem ovih rezultata može se reći da ocjena opterećenja radnika prema odrednicama *Pravilnika* kao veliko opterećenje (poglavlje 4.1) ostaje u svim uvjetima nagiba terena i za oba bubnja.

Ipak, ostaje zapažena bitna razlika u ostvarenim snagama (utrošenim energijama) za kretanje nizbr-

do i uzbrdo. Zbog toga je, kao u poglavlju 4.5, analiziran utjecaj nagiba terena, što je prikazano u dijagramima na slici 9.

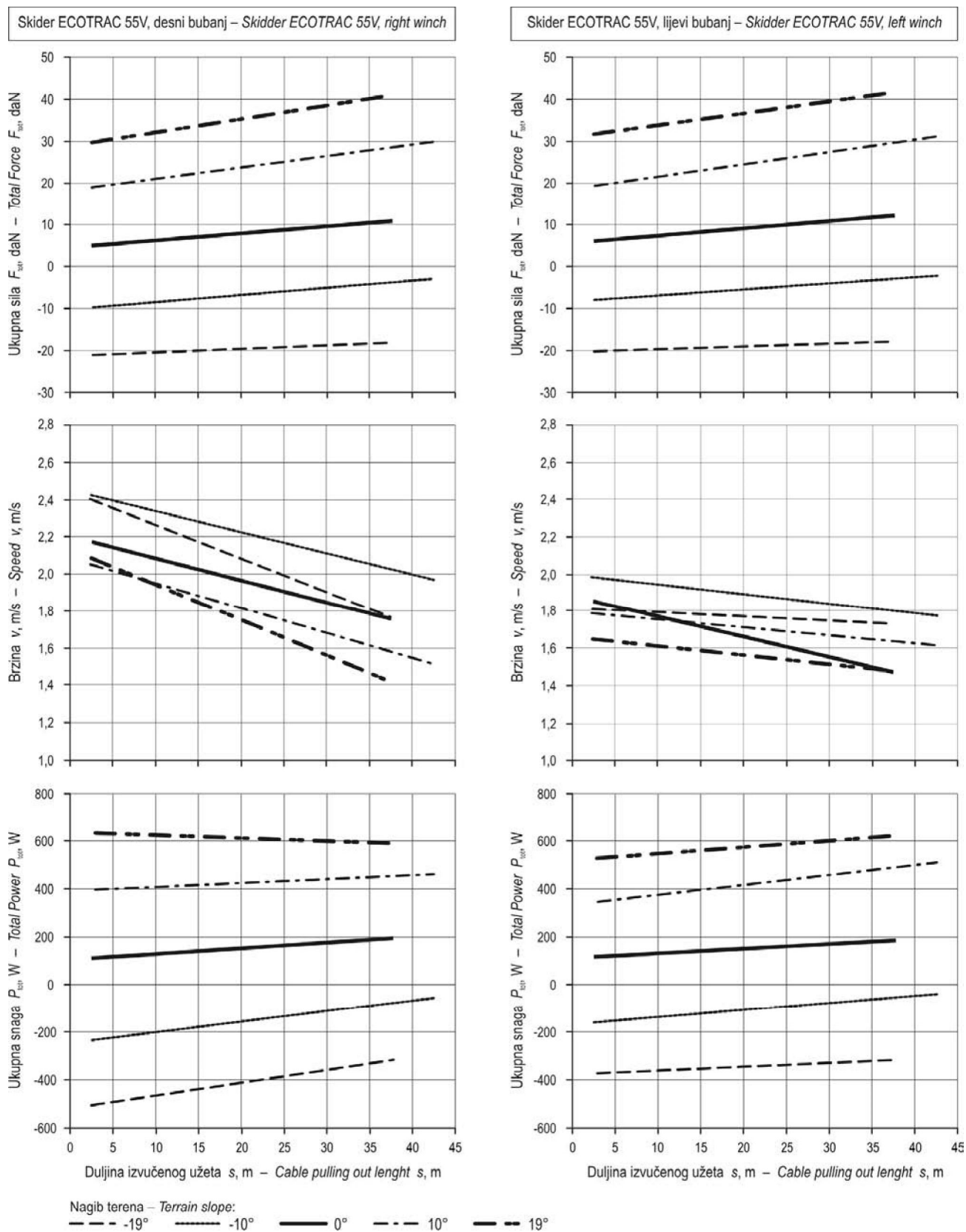
Usporedba tih dijagrama s osnovnima na slici 8 pokazuje da su sile (otpori) kao i ostvarene snage pravilnije raspoređene u rasponu od kretanja nizbrdo na najvećem nagibu do kretanja uzbrdo na najstrmijem terenu. Negativne vrijednosti sila i snaga za spuštanje nizbrdo treba shvatiti uvjetno jer se pri tom kretanju treba ulagati sila (snaga) za kočenje. I to što se kopčać nizbrdo na manjoj strmini kretao brže nego na većoj, pokazuje da je morao ulagati znatan napor da ne krene prebrzo, što bi na skliskoj i neravnoj podlozi moglo biti opasno. Ako se usporede sile i snage između ravnoga i najstrmijega terena, zapaža se da za kretanje uzbrdo treba svladiti tri puta veće otpore i ulagati od 3 do 5 puta veću snagu.

Metoda za ocjenjivanje opterećenja radnika predložena *Pravilnikom* ne uzima tu činjenicu u obzir (UO je jednako za oba ta slučaja) jer je i namjera *Pravilnika* da se preko ocjene ukupnoga opterećenja procijeni opasnost da se ozlijede leđa, koja su definirana kao »kralježnica sa svim mišićima, ligamentima, živcima i drugim djelovima tijela koji su opterećeni pri ručnome prenošenju tereta«. Postavlja se opravdano pitanje da li je, prema *Pravilniku*, dobra jednaka ocjena ukupnoga opterećenja za izvlačenje užeta po ravnome i uzbrdo, ako se ima na umu da je u penjanju radnik energijski višestruko opterećeniji. Već spomenuto Martinićevo (1994) istraživanje pokazalo je da se rad kopčaća prema energijskoj potrošnji svrstava u razred najtežega rada.



**Slika 8.** Ukupni rezultati istraživanja - regresijske krivulje  
**Fig. 8** Total research results - regression curves





**Slika 9.** Ukupni rezultati istraživanja s utjecajem kretanja na nagibu – regresijske krivulje  
**Fig. 9** Total research results with influence of walking on slope – regresion curves

Najjednostavnije bi bilo dopuniti tablicu faktora stanja radnoga mjesta kako bi se obuhvatilo i kretanje uzbrdo te kretanje po sječini ili šumskoj sastojini u kojoj postoje izrazite prepreke, neravnine i velika opasnost od zapinjanja i klizanja.

## 6. Zaključci – Conclusions

Na temelju provedenih istraživanja zakonitosti ostvaraja sile za ručno izvlačenje čeličnoga užeta šumskoga vitla Hittner 2 x 35 montiranoga na skider Ecotrac 55 V u šumskoj sastojini na 5 različitih nagiba ( $-19^\circ$ ,  $-10^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $19^\circ$ ), mjerenja brzine kretanja radnika kopčasa, izračuna ostvarene snage za taj rad, te prema odrednicama *Pravilnika o zaštiti na radu pri ručnom prenošenju tereta* ocijenjeno je ukupno opterećenje radnika kopčasa. Ujedno je analizirana pogodnost metode ocjenjivanja predložene tim *Pravilnikom*.

Primjenom jednadžbe predložene *Pravilnikom*, kojom je obuhvaćeno 6 faktora kojima se definiraju čimbenici koje treba uzeti u obzir pri ocjeni rizika za sigurnost i zdravlje radnika pri ručnom prenošenju tereta, rad radnika kopčasa ocijenjen je kao rad s velikim opterećenjem. Na tu ocjenu nemaju bitnoga utjecaja činjenice da se ručna sila izvlačenja užeta povećava duljinom izvlačenja te da je za kretanje uzbrdo mnogo veća od spuštanja nizbrdo.

U istraživanju je zapaženo mnogo veće ostvarenje snage (utrošak energije) tijekom izvlačenja užeta uzbrdo u odnosu na kretanje po ravnom i pogotovo u odnosu na spuštanje nizbrdicom.

Na temelju iznesenoga može se zaključiti da su odrednice *Pravilnika* za ocjenjivanje opterećenja radnika kopčasa tijekom izvlačenja užeta pogodne, pogotovo ako se ono radi samo zato da bi se utvrdilo postoji li opasnost da se oštete leđa. Ako se želi uzeti u obzir i fizičko opterećenje temeljem energijske potrošnje, koja je velika pri izvlačenju užeta uzbrdo, tada treba dopuniti *Pravilnik*. Kako bi se to obuhvatilo, kao i kretanje po sječini ili šumskoj sastojini u kojoj postoje izrazite prepreke, neravnine uz veliku opasnost od zapinjanja i klizanja, najjednostavnije je dopuniti tablicu faktora stanja radnoga mjesta.

## 7. Literatura – References

Beuk, D., Ž. Tomašić, D. Horvat, 2007: Status and development of forest harvesting mechanisation in Croatian state forestry. *Croat. j. for. eng.*, 28(1): 63–82.

Goglia, V., D. Horvat, 2002: Izvješće o ispitivanju nekih tehničkih i ergonomskih značajki šumskog vitla MS 2 x 35 montiranog na proredni skider ECOTRAC MS 33V. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 12 str.

Horvat, D., S. Sever, 1983: Prilog istraživanju metoda ispitivanja šumskih vitala na primjeru ispitivanja vitla RV–3 (RV 2 x 15), Rapid–Virovitica. Zbornik radova savjetovanja »Mehanizacija šumarstva u teoriji i praksi«, Opatija, str. 319–334.

Horvat, D., 1983: Jedan pristup problemu opremanja poljoprivrednog traktora šumskim vitlom. Zbornik radova savjetovanja »Mehanizacija šumarstva u teoriji i praksi«, Opatija, str. 149–165.

Horvat, D., S. Sever, 1995: Some Properties of the Skidders used in Mountain Forest Stand Thinning. Referat na XX. kongresu IUFRO-a, Tampere, Finska, str. 211–216.

Horvat, D., 1996: Tractive parameters of four skidders used for wood transportation in mountain forest thinning. ECE/FAO/ILO & IUFRO Seminar on environmentally sound foreds roads and wood transportation, Sinaia, Romania, 377–381.

Horvat, D., 1999: Izvješće o istraživanju značajki traktora Steyr 8090a i Steyr 9078a opremljenih vitlima Tajfun EGV – 1 x 60 AHK, Tajfun EGV – 2 x 50 AHK i Tajfun EGV – 2 x 60 AHK. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Požega – Zagreb, 29 str.

Horvat, D., V. Goglia, M. Šušnjar, 2002: Some technical and ergonomic characteristics of thinning skidder Ecotrac. International conference »Logistic of wood technical production in the carpathian mountains«, Zvolen, Slovakia, str. 80–93.

Horvat, D., M. Šušnjar, 2003: Temeljni sigurnosni i tehnički zahtjevi ISO normi za konstrukciju skidera, studija u okviru projekta »Razvoj, izrada i ispitivanje prototipa specijalnog šumskog vozila – skidera mase 7t«, programa TEST Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa RH, 98 str.

Horvat, D., M. Šušnjar, V. Goglia, I. Đukić, 2004: Izvješće o ispitivanju nekih tehničkih i ergonomskih značajki prorednog skidera »Ecotrac 55V«. Sažetak, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 13 str.

Martinić, I., 1994: Ocjena fizičkog opterećenja radnika na privlačenju drva. *Meh. šumar.*, 19(3): 151–160.

Sever, S., D. Horvat, 1997: Choosing and Application of Forest Soft Machines. 7th European ISTVS Conference, 7–10. October, 1997, Ferrara, Italy, str. 549–556.

Tomašić, Ž., 2007: Raspodjela opterećenja kotača skidera pri privlačenju drva. *Nova meh. šumar.*, 28: 27–36.

\*Pravilnik o zaštiti na radu pri ručnom prenošenju tereta, NN, 42/05.

\*www.hittner.hr

---

Abstract

---

## Can a Choker-Man Load be Assessed Based on »Regulations on Protection at Work during Manual Load Transfer«?

*This paper presents the research whose aim was to assess the load of the so-called choker-man, who pulls out the steel cable of the forest winch, based on measuring manual forces and defining their output patterns, all in accordance with the criteria contained in the »Regulations on Protection at Work during Manual Load Transfer« (Official Gazette »NN« 42/05).*

*Based on investigations of force output pattern for manual pulling out of the steel cable of the forest winch Hittner 2 x 35 installed on the skidder Ecotrac 55 V in the forest stand with 5 different slopes (-19°, -10°, 0°, 10°, 19°), as well as on measurement of choker-man speed, calculation of output power used for this operation, and application of the equation proposed by the Regulations, which involves 6 factors for defining the criteria that have to be taken into account in assessing the workers' safety and health risks in manual load transfer, the choker-man work was estimated as work under heavy load. This estimate was not significantly affected by the fact that the manual force of pulling out the cable is increased with pulling length and that when moving uphill it is considerably higher than when moving downhill.*

*During the research, a considerably higher output power (energy consumption) was recorded when pulling the cable uphill than when moving on flat terrain, not to mention moving downhill.*

*Further to the above said, it may be concluded that the criteria of the Regulations are suitable for the assessment of choker-man load during pulling of the cable, especially if it is performed for the purpose of estimating the risk of damaging the worker's back. If physical load is to be taken into account based on energy consumption, which is high when the cable is pulled uphill, then the Regulations require some amendments. In order to cover this, as well as moving on the felling site or forest stand with serious obstacles, on uneven ground with high risk of getting stuck or slipping, the easiest way is to amend the Table showing Job Factors.*

*Keywords: protection at work, manual load transfer, choker-man*

---

### Adresa autorâ – Authors' addresses:

Zdravko Pandur, dipl. ing. šum.  
e-pošta: pandur@sumfak.hr  
Doc. dr. sc. Marijan Šušnjar  
e-pošta: susnjar@sumfak.hr  
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije  
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
Svetošimunska 25  
HR-10 000 Zagreb

Hrvoje Gužvinac, dipl. ing. šum.  
e-pošta: hrvoje.guzvinac@hrsume.hr  
»Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb  
Uprava šuma Podružnica Koprivnica  
Ivana Meštrovića 28  
HR-48000 Koprivnica

Danko Horvat, ing.  
e-pošta: danko.horvat@zg.t-com.hr  
»Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb  
Uprava šuma Podružnica Zagreb  
Šumarija Velika Gorica  
Kneza Branimira 1  
HR-10 410 Velika Gorica

Primljeno (Received): 17. 10. 2008.  
Prihvaćeno (Accepted): 2. 12. 2008.



# Morfološka raščlamba farmerskih vitala

Marijan Šušnjar, Damir Borić

## Nacrtak – Abstract

*Rezultati ovoga rada prikazuju morfološku raščlambu 93 različita tipa farmerskih vitala koji se koriste za privlačenje drva postavljenjem na trozglobnu poteznicu poljoprivrednoga traktora. Morfološkom raščlambom određene su ovisnosti između pojedinih parova tehničkih značajki farmerskih vitala. Pri tome su odabrane ove značajke: masa vitla, nazivna vučna sila vitla, snaga motora traktora za rad s farmerskim vitlom, srednja brzina užeta vitla i promjer užeta vitla.*

*Na osnovi dobivenih rezultata možemo zaključiti da se farmerska vitla proizvode u širokom rasponu tehničkih značajki te su stoga primjenjiva za izvođenje radova privitlavanja i privlačenja drva u različitim eksploatacijskim uvjetima. Vrlo jednostavnim postavljanjem farmerskih vitala na trozglobnu poteznicu traktora dobiva se novo šumsko vozilo koje u potpunosti može zadovoljiti uvjete rada u proredama, tj. privlačenja manjih količina drva.*

*Uočena je velika raznovrsnost i nesustavnost tehničkih značajki farmerskih vitala koje prikazuju proizvođači. Razlog tomu leži u činjenici da farmerska vitla, kao oruđe koje se postavlja na poljoprivredni traktor, nisu specijalizirana za izvođenje šumskih radova te se u njihovu razvoju nalaze različita konstrukcijska rješenja.*

*Ključne riječi: farmersko vitlo, poljoprivredni traktor, morfološka raščlamba, tehničke značajke*

## 1. Uvod – Introduction

Poljoprivredni se traktori koriste u hrvatskom šumarstvu od početaka značajnijega mehaniziranja šumskoga rada 50-ih godina prošloga stoljeća. Zbog potrebnih tehničkih zahtjeva poljoprivredni se traktori opremaju zaštitnim konstrukcijama te šumskim vitlima za privlačenje drva u brdskim uvjetima ili šumskim poluprikolicama s dizalicama za izvoženje drva iz nizinskih sastojina.

Preneseni iz potpuno različitoga načina uporabe, bez obzira na prilagodbe, poljoprivredni traktori nisu mogli udovoljiti osnovnim zahtjevima koje trebaju imati za izvođenje šumskih radova: male dimenzije (posebno širinu), mali polumjer okretanja, dobru uzdužnu stabilnost i nosivost stražnjega mosta.

Zbog navedenih nedostataka za potrebe privlačenja drva poljoprivredni se traktori zamjenjuju specijaliziranim šumskim zglobnim traktorima – skiderima i forvarderima. Skideri se u hrvatskom šumarstvu počinju primjenjivati 1968. godine, a forvarderi 1971. godine. Uvođenje skidera i forvardera za pri-

dobivanje drva rezultiralo je smanjenjem uporabe poljoprivrednih traktora.

Poljoprivredni se traktori danas u šumarstvu upotrebljavaju za rasadničarske poslove, osnivanje šumskih plantaža i kultura, sastojinske uzgojne radove i radove na zaštiti šuma. Određeni se broj poljoprivrednih traktora oprema šumskim vitlima i još uvijek koristi za privlačenje drva, ali isključivo u proredama. Traktori s trajno postavljenim vitlom namijenjeni su samo privlačenju drva. Njihova je uporaba u druge svrhe ograničena te se dovodi u pitanje iskorštenost stroja i opreme (Zečić i dr. 2005). Uporaba je poljoprivrednih traktora za izvođenje različitih šumskih radova stoga imala ekonomsko opravdanje zbog povećanja godišnje zaposlenosti radnih sredstava. No, višenamjenska je primjena poljoprivrednih traktora nametnula izbor vitala, pa su odabrana brzomontažno-demontažna vitla, tzv. farmerska vitla (eng. *farmi winches*).

Farmerska su vitla namijenjena priključivanju na trozglobnu poteznicu traktora pa im se stoga bubnjevi nalaze u sidrenoj dasci. Vitlima se upravlja

hidraulički, a pogon im je mehanički od priključnoga vratila traktora preko kardanskoga vratila. Zatim se pužnim prijenosom u vitlu smanjuje broj okretaja. Upravljanje vitlom može biti i daljinsko čime se omogućuje rad na skupljanju drva bez kopčaša.

Postavljanje farmerskih vitala koja se potpuno nalaze ovješena na trozgloбној poteznici predstavlja izrazito nepovoljno tehničko rješenje opremanja poljoprivrednoga traktora za privlačenje drva. Budući da je cijelo farmersko vitlo ovješeno na trozgloбној poteznici, tj. udaljeno od stražnje osovine traktora, to je veći moment opterećenja na stražnju osovinu traktora, pogotovo nakon postavljanja tovara na uže vitla, čime se smanjuje uzdužna stabilnost traktora te ograničava veličina tovara.

S druge strane, istraživanja (Horvat 1999) nekih tehničkih značajki poljoprivrednih traktora Steyr 9078a i Steyr 8090a opremljenih s tri farmerska vitla (Tajfun EGV – 1 x 60 AHK, Tajfun EGV – 2 x 50 AHK i Tajfun 2 x 60 AHK) i s fiksno montiranim vitlom Tigar 2 x 50 kN pokazala su da traktor opremljen s farmerskim vitlom nema bitno narušenu stabilnost u odnosu na fiksno montiranom vitlu, jer se nakon

njihove montaže težište pomiče prema stražnjim kotačima, ali i snižava.

Cilj je ovoga rada istražiti tehničke značajke farmerskih vitala koje će utjecati na njihovu mogućnost primjene na adaptiranim poljoprivrednim traktorima za privlačenje drva. Pri tome će se koristiti morfološka raščlamba kojom će se prikazati ovisnosti između pojedinih tehničkih značajki farmerskih vitala. Ideja o izradi morfološke raščlambe farmerskih vitala potekla je iz potrebe za usporedbom njihovih tehničkih značajki koje se uvelike razlikuju s obzirom na tip i proizvođača.

## 2. Morfološka raščlamba – *Morphological analysis*

Jedna od metoda proučavanja strojeva koji se rabe u pridobivanju drva jest i morfološka raščlamba. Morfološkom raščlambom utvrđuje se trenutačno stanje, svojstva i zakonitosti, ali i mogući tijek razvoja strojeva u šumarstvu. Na temelju izabranih geometrijskih, masenih i drugih veličina izražavaju se ovisnosti i donosi sud o odabiru stroja, najpovoljnijoj



**Slika 1.** Steyr 8090 s farmerskim vitlom Tajfun 1 x 60

**Fig. 1** Steyr 8090 equipped with farmi winch Tajfun 1 x 60

uporabi stroja u raznim radnim uvjetima te određivanju parametara pri konstrukciji novih strojeva.

Horvat (2001) morfološkom raščlambom utvrđuje razlike između adaptiranih poljoprivrednih traktora s ugrađenim različitim izvedbama šumskih vitala. Horvat i Šušnjar (2001) prikazuju razvoj morfoloških značajki poljoprivrednih traktora, zaključujući da dostignuta raznovrsnost njihove konstrukcije omogućuje izbor pogodne inačice traktora za prilagodbu za šumske radove. Isti autori (2003) rabe morfološku raščlambu pri ocjeni pogodnosti opremanja traktora s farmerskim vitlima za uporabu u uzgoju.

Za potrebe ovoga rada izrađena je baza podataka osnovnih tehničkih značajki farmerskih vitala. Cijela se zamisao raščlambe zasniva na korelacijskoj ovisnosti između pojedinih parova tehničkih značajki farmerskih vitala. Regresijskim su analizama utvrđene stohastičke ovisnosti između nezavisnih i zavisnih varijabli. Krivulja izjednačenja odabrana je na osnovi sljedećih parametara: koeficijenta korelacije ( $R$ ), standardne devijacije zavisne varijable oko linije izjednačenja te  $t$ -varijable i vjerojatnosti greške prve vrste ( $p$ -value) regresijskih koeficijenata.

### 3. Rezultati istraživanja – *Research results*

Rezultati ovoga rada prikazuju morfološku raščlambu 93 različita tipa farmerskih vitala koji se koriste za privlačenje drva postavljenjem na trozglobovu poteznicu poljoprivrednoga traktora. Vitla su podijeljena s obzirom na broj bubnjeva te baza sadržava 75 tipova jednobubanjskih vitala i 18 tipova dvobubanjskih vitala.

Morfološkom raščlambom određene su ovisnosti između pojedinih parova tehničkih značajki farmerskih vitala. Pri tome su odabrane ove značajke: masa vitla  $m$ , nazivna vučna sila vitla  $F$ , najveća snaga motora traktora za rad s farmerskim vitlom  $P$ , srednja brzina užeta vitla  $v$ , promjer užeta vitla,  $d$ .

U bazi podataka nisu pronađene sve odabrane tehničke značajke za nekoliko tipova farmerskih vitala te su ovisnosti s tim tehničkim značajkama prikazane na manjem broju parova podataka. Razlog nepotpunosti podataka o svim odabranim tehničkim značajkama farmerskih vitala leži u nesustavnom prikazivanju osnovnih tehničkih značajki od različitih proizvođača. Budući da farmerska vitla nisu specijalizirano oruđe za šumarstvo, već su ponajprije namijenjena za poljoprivredno-šumarska privatna gospodarstva, tako je iskaz tehničkih značajki vrlo različit i ponekad nepotpun.

Odabirom navedenih tehničkih značajki farmerskih vitala nastojali smo prikazati samo najutjecajnije s

obzirom na primjenu na različitim adaptiranim poljoprivrednim traktorima te s obzirom na mogućnost primjene pri izvođenju radova privlačenja drva.

Masa farmerskoga vitla te njegova nazivna vučna sila smatraju se najvažnijim tehničkim značajkama te su u morfološkoj raščlambi odabrane kao neovisne varijable. Srednja brzina namatanja užeta na bubanj vitla utječe na učinkovitost rada s farmerskim vitlom te je stoga također odabrana za istraživanje.

Masa farmerskoga vitla utječe na uzdužnu stabilnost adaptiranoga poljoprivrednoga traktora u radu jer se cjelokupno vitlo nalazi na trozglobojnoj poteznici traktora, udaljeno od stražnje osovine traktora, te moment zbog mase vitla dodatno opterećuje stražnju osovinu i smanjuje stabilnost traktora. Pri privlačenju drva težina prednjega dijela tovara ovješena na užu vitla prebacuje se također na stražnju osovinu te dodatno narušava stabilnost traktora.

Nazivna vučna sila pokazuje i mogućnosti primjene farmerskoga vitla u određenim terenskim uvjetima. Pri određenom zakretnom momentu dovedenom na bubanj vitla može se ostvariti najveća (nazivna) vučna sila u užetu. Najveća se vučna sila vitla postiže kod praznoga bubnja vitla, tj. kada je užu potpuno izvučeno. Za potrebe privitlavanja trupca po tlu koristi se određena horizontalna sila manja od nazivne vučne sile. Veličina će horizontalne sile ovisiti o težini trupca i koeficijentu vitlanja (Horvat i dr. 2005).

Nazivna se vučna sila ne može ostvariti tijekom cijeloga vremena privitlavanja jer se uz maksimalni zakretni moment, doveden sustavom transmisije na bubanj vitla, namatanjem užeta povećava krak djelovanja sile, a smanjuje veličina vučne sile. Pri radu adaptiranoga poljoprivrednoga traktora opremljenoga farmerskim vitlom potrebno je trupac privitlati po tlu od mjesta sječe i izrade do stražnje zaštitne prihvatne sidrene daske vitla. Farmersko vitlo treba biti nazivne vučne sile da se omogući dovoljna horizontalna sila vuče pri velikom kutu nagiba užeta i pri gotovo potpuno namotanom užetu na bubnju za privitlavanje najvećih drvnih sortimenta.

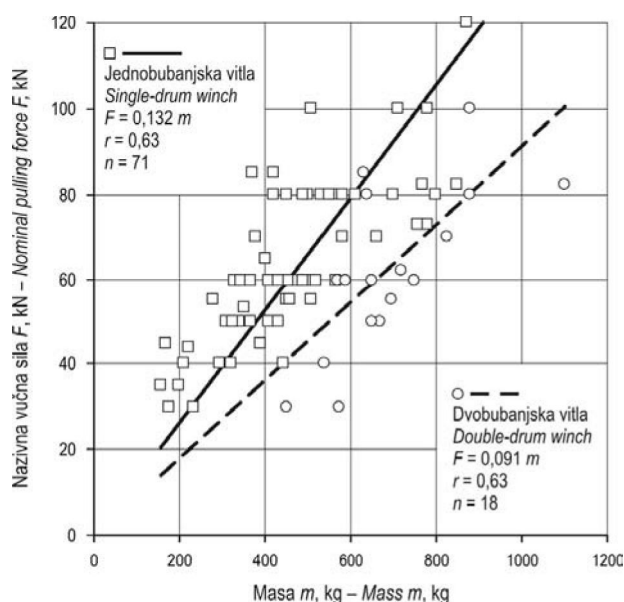
Šušnjar (2005) navodi da se vitlo kod skidera odabire na osnovi potrebne nazivne vučne sile i ukupne težine vozila. Nazivna vučna sila vitla u pravilu ne premašuje težinu vozila. Spuštanjem u tlo zadnje daske (sidrenje) moguće je ostvariti veće vučne sile vitla od težine skidera.

Osnovni statistički parametri istraživanih tehničkih značajki farmerskih vitala prikazani su u tablici 1. Uočeno je da jedino masa vitla ovisi o broju bubnjeva vitla. Kod jednobubanjskih vitala masa se

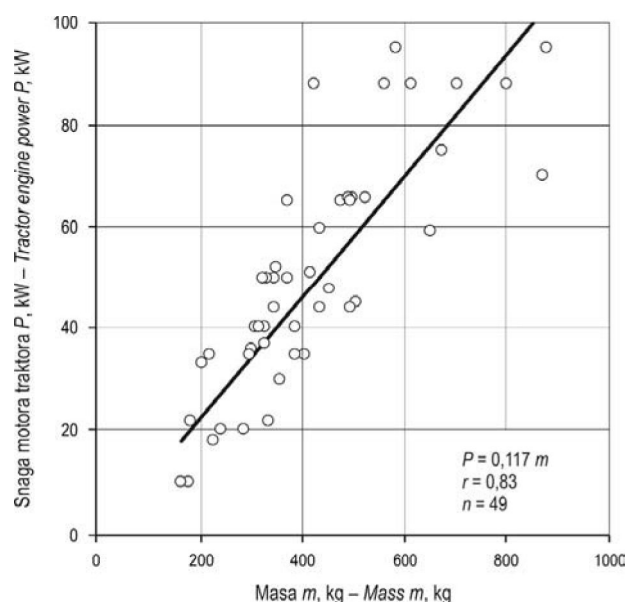


**Tablica 1.** Statistički pokazatelji istraživanih tehničkih značajki farmerskih vitla  
**Table 1** Statistical parameters of investigated technical characteristics of farm winches

Statistički pokazatelj <i>Statistical parameter</i>	Masa vitla - <i>Winch mass</i>		Nazivna vučna sila <i>Nominal pulling force</i>	Snaga motora traktora <i>Engine power of tractor</i>	Brzina užeta <i>Rope velocity</i>	Promjer užeta <i>Rope diameter</i>
	Jednobubanjsko <i>Single-drum</i>	Dvobubanjsko <i>Double-drum</i>				
	<i>m</i> , kg					
min.	155	450	30	10	0,26	8
maks.	870	1100	120	95	1,20	16
<i>n</i>	75	18	93	50	81	160



**Slika 2.** Ovisnost nazivne vučne sile o masi vitla  
**Fig. 2** Dependence of nominal pulling force on winch mass



**Slika 3.** Ovisnost snage motora traktora o masi vitla  
**Fig. 3** Dependence of tractor engine power on winch mass

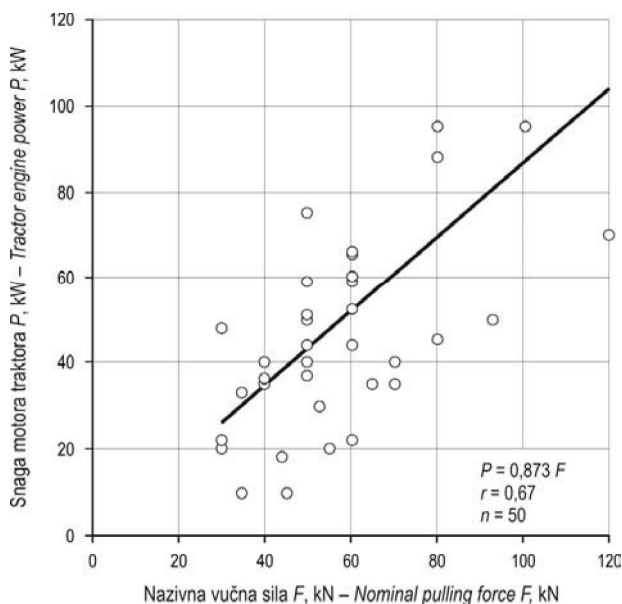
kreće od 155 kg do 870 kg. Najveća masa vitla od 1100 kg zabilježena je kod dvobubanjškoga vitla.

Na slici 2 prikazana je ovisnost nazivne vučne sile o masi farmerskoga vitla. Vidljivo je da dvobubanjška vitla imaju sporiji rast nazivne vučne sile s povećanjem mase vitla. Podaci su izjednačeni pravcem pri čemu je dobivena jaka združenost podataka (koeficijent korelacije od 0,63). Nazivne vučne sile farmerskih vitla kreću se od 25 kN do 120 kN, što ukazuje na mogućnost širokoga područja primjene farmerskih vitla s obzirom na eksploatacijske uvjete.

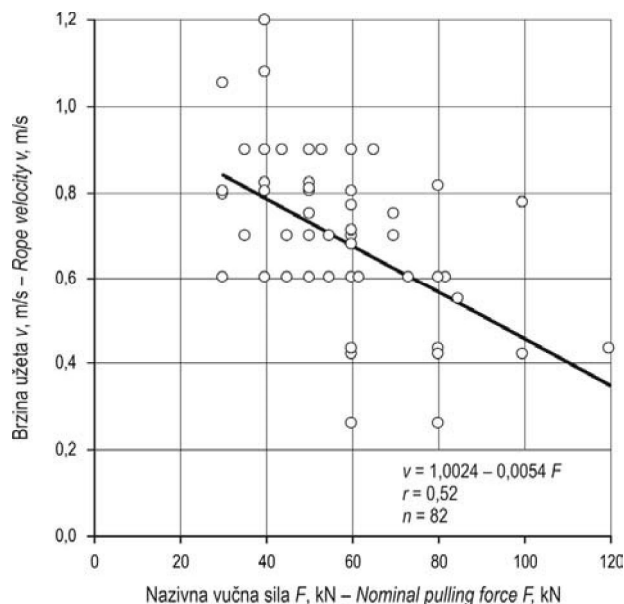
Istraživan je odnos potrebne snage motora traktora o masi farmerskoga vitla (slika 3). Koeficijent regresije ukazuje na vrlo jaku združenost podataka. S povećanjem mase farmerskoga vitla potreban je

traktor veće snage motora. Pri tome se za istraživane tipove farmerskih vitla mogu koristiti različiti tipovi poljoprivrednih traktora snage motora od 10 kW do 95 kW.

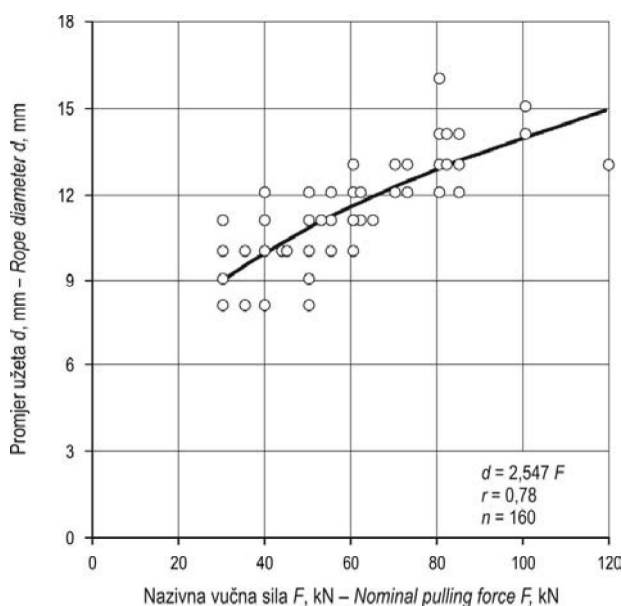
Horvat i Šušnjar (2001) prikazom morfološke raščlambe adaptiranih poljoprivrednih traktora pokazuju ovisnost snage motora i mase traktora te vrlo čvrstu vezu podataka, tj. da traktor veće snage ujedno predstavlja traktor veće mase. Usporedbom navedenih rezultata s prikazanom ovisnošću na slici 3 može se zaključiti da je za opremanje traktora farmerskim vitlima veće mase potreban i traktor veće mase. Zaključak je razumljiv ako uzmemo u obzir problem stabilnosti traktora opremljenoga farmerskim vitlom pri privlačenju drva. Veća masa traktora



**Slika 4.** Ovisnost snage motora traktora o nazivnoj vučnoj sili vitla  
**Fig. 4** Dependence of tractor engine power on nominal pulling force of winch



**Slika 6.** Ovisnost brzine namatanja užeta o nazivnoj vučnoj sili vitla  
**Fig. 6** Dependence of rope velocity on nominal winch pulling force



**Slika 5.** Ovisnost promjera užeta o nazivnoj vučnoj sili vitla  
**Fig. 5** Dependence of rope diameter on nominal winch pulling force

pridonijet će većoj stabilnosti traktora s farmerskim vitlom veće mase, a uz veću masu traktora dolazi i veća snaga motora.

Nadalje su istraživane ovisnosti tehničkih značajki farmerskih vitala gdje su za neovisnu varijablu

izabrana nazivna vučna sila vitla. Na slici 4 prikazana je ovisnost snage motora traktora o nazivnoj vučnoj sili vitla kako definiraju proizvođači. No, pri tome u podacima nije jasno naznačeno da li se pri naznačenoj snazi motora traktora ostvaruje najveći zakretni moment koji se preko priključnoga vratila traktora prenosi na farmersko vitlo. Jedino kod najvećega zakretnoga momenta dovedenoga na bubanj vitla može se ostvariti nazivna vučna sila. Upravo zbog navedenoga razmatranja dobiveno je znatno rasipanje podataka, ali je koeficijent korelacije ukazao na dobru čvrstoću veze.

Vrlo jaka veza postignuta je korelacijskom ovisnošću promjera užeta o nazivnoj vučnoj sili farmerskih vitala (slika 5). S povećanjem nazivne vučne sile farmerskoga vitla povećava se promjer užeta. Pri većim nazivnim silama vitla dolazi do većega naprezanja u užetu te se primjenjuje užad veće prekidne čvrstoće, što ujedno znači i užad većega promjera.

Na slici 6 utvrđena je ovisnost brzina namatanja užeta na bubanj vitla o nazivnoj vučnoj sili. Vidljivo je da s porastom nazivne vučne sile pada brzina namatanja užeta. Pri tome moramo istaknuti da su prikazane srednje brzine namatanja užadi na bubanj vitla prema navodima proizvođača te nije jasno naznačeno da li se brzine odnose na slučaj namatanja neopterećenoga užeta ili pri određenim radnim uvjetima.

Pad brzine namatanja užadi s porastom nazivne sile možemo objasniti promjerom užadi. U prethod-

nim je rezultatima uočeno da se pri većim nazivnim silama upotrebljava užad većeg promjera. Ova je užad ujedno i teža te se zbog toga sporije namata na bubanj vitla. Brzina je namatanja užeta na bubanj farmerskoga vitla važan eksploatacijski čimbenik koji ne govori o vremenu trajanja privitlavanja u radnom turnusu traktora te s tim o učinkovitosti radnoga sredstva.

#### 4. Zaključci – Conclusions

Na osnovi dobivenih rezultata može se zaključiti da se farmerska vitla proizvode u širokom rasponu tehničkih značajki te su stoga primjenjiva za privitlavanje i privlačenje drva u različitim eksploatacijskim uvjetima.

Uočena je velika raznovrsnost i nesustavnost tehničkih značajki farmerskih vitala koje prikazuju proizvođači. Razlog tomu leži u činjenici da farmerska vitla, kao oruđe koje se postavlja na poljoprivredni traktor, nisu specijalizirana za izvođenje šumskih radova te se u njihovu razvoju nalaze različita konstrukcijska rješenja.

Farmerska su vitla namijenjena u prvom redu privatnim vlasnicima šumskih i poljoprivrednih zemljišta jer omogućuju uporabu poljoprivrednih traktora u različite svrhe. Vrlo jednostavnim postavljanjem farmerskih vitala na trozglobnu poteznicu traktora dobiva se novo šumsko vozilo koje u potpunosti može zadovoljiti radne uvjete u proredama, tj. privlačenja manjih količina drva.

U suvremenom i profesionalnom šumarstvu, u kojem je potrebno privlačiti veće količine drva iz proreda, specijalizirani šumski zglobni traktori – skideri imaju zbog boljih tehničkih i dimenzijskih značajki veliku prednost u odnosu na poljoprivredne traktore opremljene farmerskim vitlima.

#### 5. Literatura – References

- Horvat, D., 1999: Izvješće o istraživanju značajki traktora Steyr 8090a i Steyr 9078a opremljenih vitlima Tajfun EGV – 1 x 60 AHK, Tajfun EGV – 2 x 50 AHK i Tajfun EGV – 2 x 60 AHK, ZIŠ, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 29 str.
- Horvat, D., 2001: Morfološke značajke adaptiranih poljoprivrednih traktora s ugradnjom različitih vitala (Morphological characteristics of adapted farming tractors equipped with different winches). U: Znanost u potrajnom gospodarenju hrvatskim šumama, Šumarski fakultet Zagreb, Šumarski institut Jastrebarsko, »Hrvatske šume« p.o. Zagreb, Zagreb, str. 525–533.
- Horvat, D., M. Šušnjar, 2001: Neke značajke poljoprivrednih traktora prilagođenih šumskim radovima (Some characteristics of farming tractors used in forest works). U: Znanost u potrajnom gospodarenju hrvatskim šumama, Šumarski fakultet Zagreb, Šumarski institut Jastrebarsko, »Hrvatske šume« p.o. Zagreb, str. 535–544.
- Horvat, D., M. Šušnjar, 2003: Comparison between some technical characteristics of STEYR farming tractor equipped with 3 variants of tajfun farmi winches and with fixed TIGAR winch, Proceedings of Joint FAO/ECE/ILO & IUFRO Workshop on operation improvements in farm forests, Logarska dolina, Slovenia, str. 83–95.
- Horvat, D., R. Spinelli, M. Šušnjar, 2005: Resistance coefficients on ground-based winching of timber. Croat. j. for. eng., 26(1): 3–11.
- Šušnjar, M., 2005: Istraživanje međusobne ovisnosti značajki tla traktorske vlake i vučne značajke skidera. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 146 str.
- Zečić, Ž., A. P. B. Krpan, D. Marčetić, 2005: Efektivno vrijeme farmerskih vitala Tajfun pri privlačenju drva traktorom Steyr 8090a. Nova meh. šumar., 26: 13–23.

---

#### Abstract

---

### Morphological Analysis of Farmi Winches

*This paper presents the results of morphological analysis of 93 different types of farmi winches intended for installation on three-point linkage farming tractors during timber skidding. Dependencies between certain pairs of technical characteristics of farmi winches were determined by morphological analysis. The following technical characteristics were chosen: winch mass, nominal pulling force, tractor engine power needed for work with farm winch, average rope velocity and rope diameter.*

*On the basis of the achieved results it may be concluded that farmi winches are produced in a wide range of technical characteristics and hence they are very suitable for timber winching and skidding in various working condi-*



*tions. A new forest vehicle could be easily obtained by installation of farmi winch on a three-point linkage tractor, which can fully meet the working requirements in thinnings, where a small amount of timber needs to be extracted.*

*According to the manufacturer data, there is a large variety of technical characteristics of farmy winches and they are not systematic. The main reason lies in the fact that farmi winches are not specially designed for professional forestry work and many different design solutions are used in their development.*

*Keywords: farmi winch, farming tractor, morphological analysis, technical characteristics*

---

Adresa autorâ – Authors' addresses:

Doc. dr. sc. Marijan Šušnjar  
e-pošta: susnjar@sumfak.hr  
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije  
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
Svetošimunska 25  
HR-10 000 Zagreb

Damir Borić, dipl. ing. šum.  
e-pošta: boric33@net.hr  
Rožman brdo 8  
HR-51 326 Vrbovsko

Primljeno (Received): 15. 9. 2008.  
Prihvaćeno (Accepted): 11. 11. 2008.

# Analiza životnoga ciklusa – izazov za šumarstvo

Andreja Bosner, Tomislav Poršinsky

## Nacrtak – Abstract

U radu je opisana analiza životnoga ciklusa kao metoda koja proučava utjecaj proizvoda na okoliš u svim razdobljima njegova života. Posebno je dan osvrt na primjenjivost analize životnoga ciklusa u šumarstvu, odnosno kao jednu od metoda utvrđivanja okolišne prihvatljivosti pri izvođenju šumskih radova radi odabira okolišno prihvatljivije inačice.

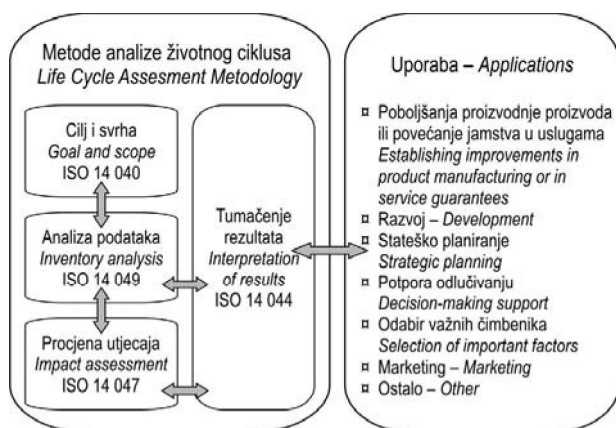
Za šumarstvo je analiza životnoga ciklusa posebno teška zbog dugoga vremenskoga procesa proizvodnje sirovina, u prvom redu drva (duljina ophodnje), te zbog velikoga prostorno-vremenskoga utjecaja koji šume imaju na okoliš. Da bi se uspješno izradila, potrebni su kvalitetni izvori podataka koji će sadržavati sve ulaze i izlaze materijala, utrošaka energije i količine onečišćavala nastalih tijekom: 1) pridobivanja sirovina, 2) postupaka nastajanja proizvoda, 3) vremena korištenja proizvoda, 4) moguće oporabe i ponovnoga korištenja, 5) konačnoga odlaganja otpada na deponije.

Zbog manjka kvalitetnih izvora podataka, ali i pretvorbe statičkoga karaktera analize životnoga ciklusa u dinamički, potrebna su daljnja istraživanja i unaprjeđenja ovoga, inače korisnoga, ali i vrlo složenoga alata procjene okolišne prihvatljivosti.

**Ključne riječi:** analiza životnoga ciklusa, okolišna prihvatljivost

## 1. Uvod – Introduction

Analiza životnoga ciklusa (eng. *Life Cycle Assessment – LCA*) bavi se proučavanjem utjecaja proizvoda na okoliš u svim razdobljima njegova života, od proizvodnje i upotrebe do recikliranja i odlaganja.



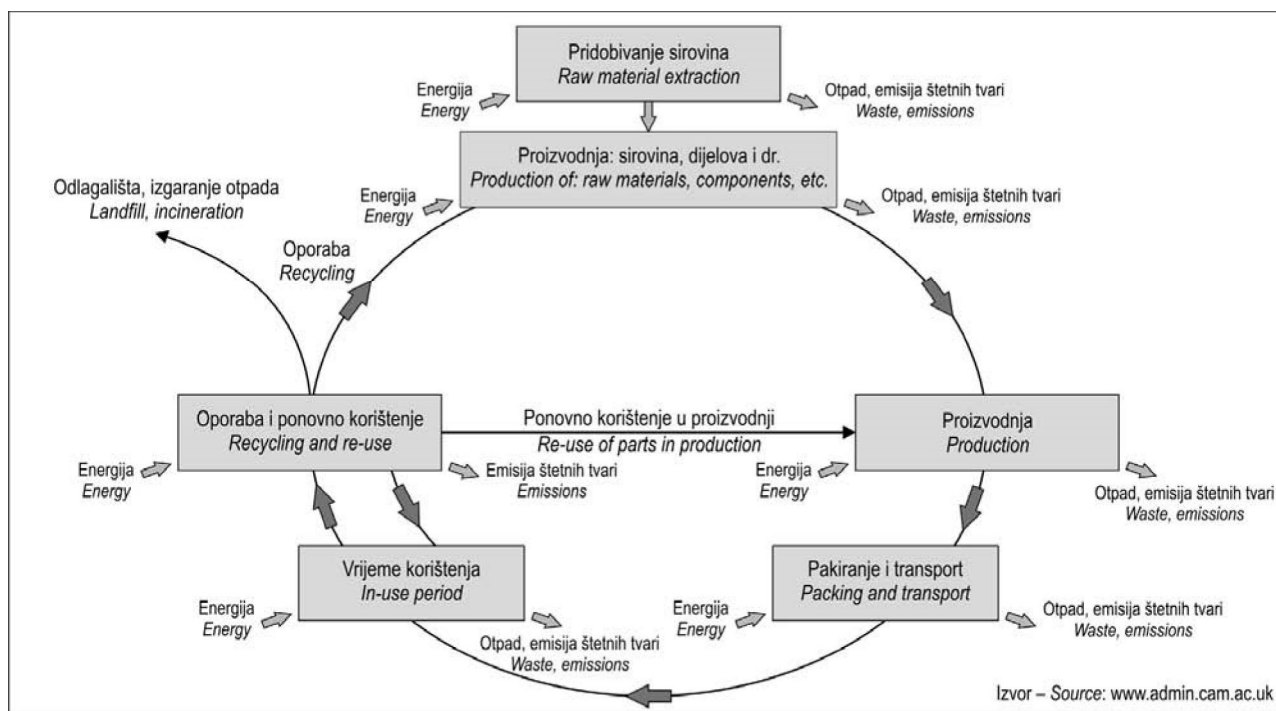
**Slika 1.** Koraci analize životnoga ciklusa prema normama ISO  
**Fig. 1** Phases in the LCA according to ISO standards

Prema normi ISO/EN 14040 analiza je životnoga ciklusa zbroj i procjena ulaznih i izlaznih parametara te mogućega utjecaja na okoliš nekoga proizvodnoga sustava u životnom vijeku proizvoda. Metodološki se analiza životnoga ciklusa sastoji od četiriju koraka: 1) određivanje cilja, 2) analiza podataka, 3) procjena utjecaja i 4) tumačenje rezultata (slika 1).

Glavni su razlozi za uvođenje i provođenje analize životnoga ciklusa u šumarstvu prema Memorandumu o razumijevanju COST E9 233/97 (»Analiza životnoga ciklusa za šumarstvo i šumske proizvode«):

- ⇒ pribavljanje kvantitativnih i kvalitativnih informacija radi određivanja utjecaja na okoliš te utvrđivanja prednosti šumskih proizvoda,
- ⇒ poboljšanje procesa proizvodnje i oporabe,
- ⇒ utvrđivanje proizvoda čiji utjecaj na okoliš još nije poznat,
- ⇒ omogućivanje usporedbe između različitih proizvodnih materijala, pod uvjetom da se koriste s istom svrhom.

Iako je analiza životnoga ciklusa znanstvena metoda u razvoju, do sada je uočena njezina važnost za



Slika 2. Životni ciklus proizvoda

Fig. 2 Product lifetime

procjenu utjecaja šumarstva i šumskih proizvoda na okoliš. Na primjer, kruženje ugljika započinje fotosintezom u šumi, uključuje pohranu ugljika u stojećim stablima, stvaranjem šumskih proizvoda te završava ispuštanjem CO<sub>2</sub> u atmosferu tijekom razgradnje ili izgaranja. Ponovno korištenje i oporaba produljuje ciklus života proizvoda. Prednosti drva kao obnovljive sirovine (izvora energije) neće biti potpuno vidljive sve dok se ne izradi analiza životnoga ciklusa proizvoda (materijala) i energije dobivene od drva (Karjalainen i Zimmer 2001).

Zbog sve veće potrošnje obnovljivih i neobnovljivih izvora energije te rastućega odlaganja otpada u čvrstom, tekućem i plinovitom stanju analiza životnoga ciklusa postaje naša svakodnevica (slika 2).

Osim norme ISO/EN 14040 područje analize životnoga ciklusa pokrivaju i norme:

- ⇒ ISO 14020: 2000 (Environmental labels and declarations – General principles)
- ⇒ ISO 14021: 1999 (Environmental labels and declarations – Self-declared environmental claims, Type II environmental labelling)
- ⇒ ISO 14024: 1999 (Environmental labels and declarations – Type I environmental labelling – Principles and procedures)
- ⇒ ISO 14025: 2006 (Environmental labels and declarations – Type III environmental declarations – Principles and procedures)

- ⇒ ISO 14040: 2006 (Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework)
- ⇒ ISO 14044: 2006 (Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines)
- ⇒ ISO/TR 14047: 2003 (Environmental management – Life cycle impact assessment – Examples of application of ISO 14042)
- ⇒ ISO/TS 14048: 2002 (Environmental management – Life cycle assessment – Data documentation format)
- ⇒ ISO/TR 14049: 2000 (Environmental management – Life cycle assessment – Examples of application of ISO 14041 to goal and scope definition and inventory analysis).

Cilj je ovoga rada približiti domaćoj šumarskoj javnosti analizu životnoga ciklusa općenito, ali i kao jednu od metoda za utvrđivanje okolišne prihvatljivosti izvođenja šumskih radova.

## 2. Izazovi za analizu životnoga ciklusa u šumarstvu – Challenges for life cycle assessment in forestry

Pri primjeni analize životnoga ciklusa za šumarstvo i šumske proizvode javljaju se određeni problemi, koji se očituju u sljedećemu (COST E9 233/97):



- ⇒ šumarstvo koristi velika prostorna područja,
- ⇒ šumski proizvodi nastaju relativno dugim razdobljem proizvodnje (ophodnja) te njihovi ciklusi započinju u šumi i završavaju odlaganjem, spaljivanjem ili truljenjem u šumi,
- ⇒ životni ciklus proizvoda u šumarstvu, ali i u drvenoj industriji, varira od relativno kratkoga ciklusa (npr. papir) do vrlo dugih ciklusa (npr. piljena građa),
- ⇒ postoji složena povezanost između glavnih i sporednih proizvoda.

## 2.1 Otpad i proizvodi – *Waste and products*

Iako je definicija otpada u kontekstu analize životnoga ciklusa dana u normi ISO 14040 (»izlazni rezultat iz procesa proizvodnje koji se više ne može koristiti«), sa šumarskoga stajališta otpad može dobiti i novo značenje. Tipičan primjer u šumarstvu, prelaska prvobitnoga otpada u proizvod, jest pridobivanje šumskoga ostatka (nusproizvod izradbe drva u tradicionalne drvene sortimente, a koji predstavlja otpad pri sječi i izradbi drva – granjevina, ovršine) za dobivanje energije od njega. U slučaju da se šumski ostatak ostavi da istrune u šumi, tj. na njemu se neće ostvariti dodatna zarada, on je i svojevrsan gubitak, odnosno otpad (Berg 2001). Osim naziva *otpad* dolazi i do komplikacije upotrebom naziva *proizvod*. Skupina normi, ISO 14000, daje definicije za glavni proizvod (*main product*), finalni proizvod (*final product*), nusproizvod (*by-product*) te sporedni proizvod (*co-product*), u kojima je jasno definirano što je proizvod (fizičke tvari s mjerljivim značajkama, kao što su dimenzije, boja, okus i dr., nastale u procesu proizvodnje ili usluge koje se nude potrošačima te su tražene od potrošača). Definicije ostalih podskupina proizvoda u potpunosti ovise o trenutačnim uvjetima na tržištu (Berg 2001).

## 2.2 Prostorno-vremenski aspekt – *Space-time aspect*

Analiza je životnoga ciklusa statičkoga karaktera, što predstavlja problem primjenjivosti u šumarstvu, koje je određeno izvođenjem radova u prostoru i vremenu pa je i samim time dinamičkoga karaktera. Postoji velika razlika između vremenskoga trajanja i prostornoga djelovanja između ciklusa stvaranja industrijskih proizvoda i proizvodnih lanaca u šumarstvu te je potrebno razvijanje pristupa modeliranja koji će omogućiti stvaranje i prikupljanje reprezentativnih podataka za što točniju analizu životnoga ciklusa. U modeliranju se mogu koristiti empirijski podaci (modeliranje se zasniva na analizi postojećih podataka) te razvojno modeliranje (predviđanje budućih događaja uzimajući u obzir sve promjene u procesu proizvodnje, u obzir se mogu uzeti i neli-

nearno djelovanje korištenjem modela produktivnosti) upotrebom hibridnih modela (Karjalainen i dr. 2001). Za modeliranje je bitno da se složeni dinamički modeli na odgovarajući način pojednostave i kao takvi koriste u analizi životnoga ciklusa. U ovisnosti o načinu gospodarenja šumama, razdoblje se određuje na dva načina:

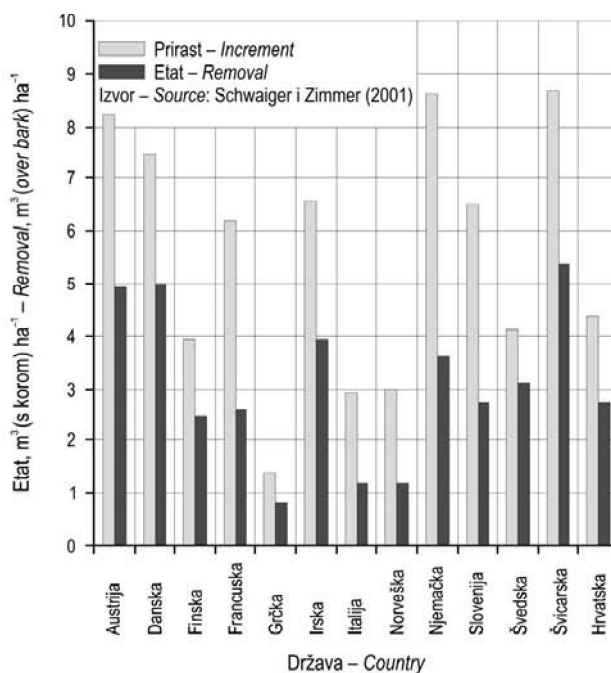
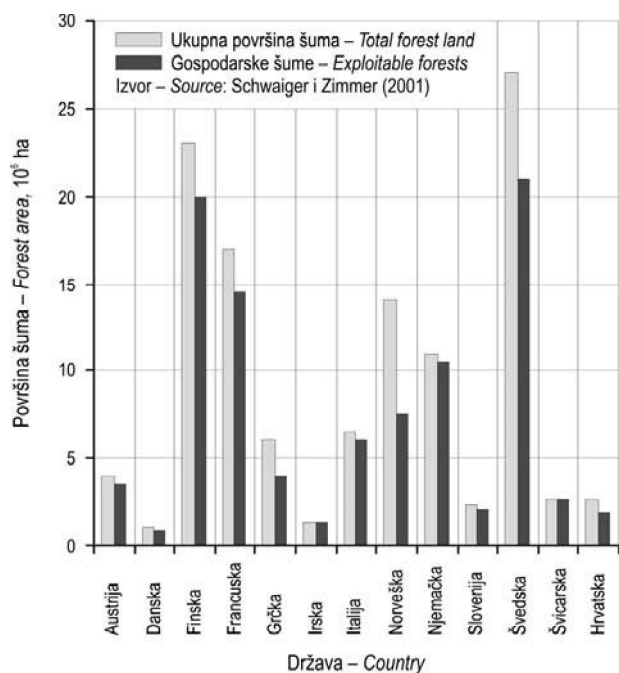
- ⇒ za regularne šume predlaže se modelirano razdoblje (određeno duljinom ophodnje),
- ⇒ za raznodobne šume predlaže se korištenje razdoblja od 120 godina.

Klasična analiza životnoga ciklusa sadrži statički pristup koji zanemaruje dimenziju vremena te se tokovi unutar ciklusa analize određuju emisijama tvari koje nastaju u nekom razdoblju, dok se trajanje samoga razdoblja ne uzima u obzir. Šumarstvo s druge strane upravo pomoću dinamičkih modela predviđa proizvodnju te je tako dimenzija vremena u potpunosti nužna za modeliranje. Nadalje, akumulacija se tvari u klasičnoj analizi životnoga ciklusa zanemaruju te se samo tokovi tvari između sustava proizvodnje i okoliša uzimaju u obzir, dok su u šumarstvu upravo zalihe osnovna informacija za modeliranje. Potrebno je naglasiti da statička analiza životnoga ciklusa za šumarstvo još nije izvedena zbog navedene dinamičnosti proizvodnih sustava u šumarstvu općenito. Karjalainen i dr. (2001) navode da je, kratkoročno gledajući, jednostavnije primjenjivati dinamičke modele u analizama za šumarstvo posebno u prikazu kruženja tvari ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_3$  i dr.).

FAO (2006) iznosi podatak da šume zauzimaju 30 % svjetske površine (40 mil.  $\text{km}^2$ ) i ta velika prostorna komponenta dodatno otežava analizu životnoga ciklusa šumskih proizvoda. Domino-efekt, koji uzrokuje korištenje zemljišta, započinje aktivnošću na njem prihranjivanjem tla, utjecajem vegetacije na tlo, utjecajem na hranjive tvari i vodu u tlu, zbijanje tla (vjerojatnost erozije, a time i gubitka plodnoga tla), pa sve do kraja ciklusa proizvoda, kroz koji se može vidjeti ukupan utjecaj proizvoda na okoliš (Guinée i dr. 2006). Cowell i Clift (2000) predlažu kako uklopiti problem erozije tla u analizu životnoga ciklusa. Oni smatraju da je ispiranje tla kategorija utjecaja, posljedica je erozije gubitak plodnoga tla ( $\text{kg/ha/god.}$ ), a pokazatelj su erozije globalne zalihe plodnoga tla. Globalne su zalihe plodnoga tla određene kao odnos ukupnoga gornjega sloja tla u svijetu ( $t$ ) i godišnjega gubitka gornjega sloja tla zbog djelovanja erozije ( $t/\text{god.}$ ).

## 2.3 Pridobivanje drva i dostupnost podataka *Harvesting operations and data bases availability*

Schwaiger i Zimmer (2001) daju prikaz podataka za 12 europskih zemalja za koje navode da količina i



Slika 3. Podaci o šumovitosti, prirastu i etatu nekih europskih zemalja

Fig. 3 Data of forest land, increment and removal of some European countries

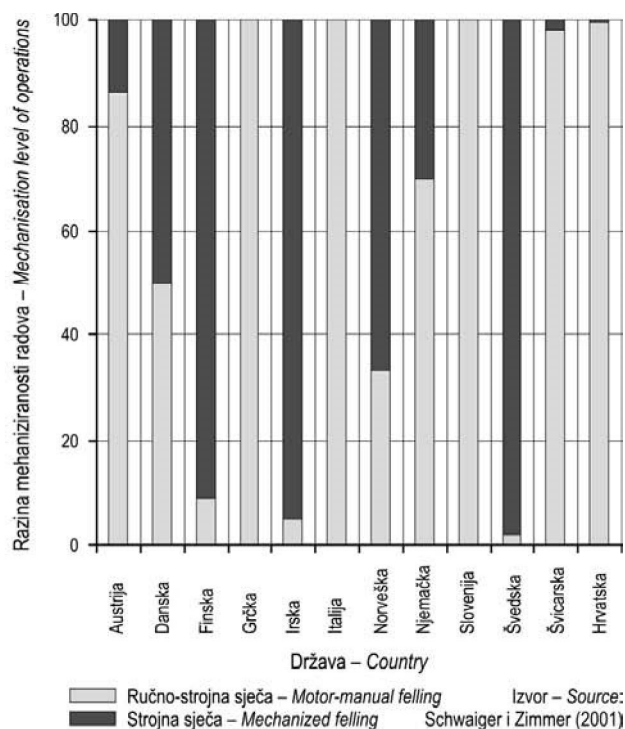
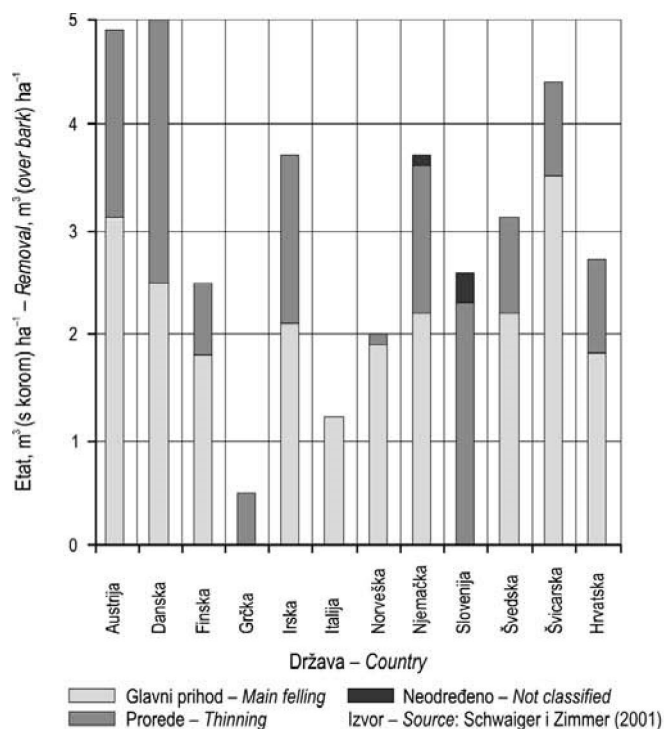
kakvoća dostupnih podataka znatno varira. Podaci, kao što su etat, prirast, površina šuma i dr., dostupni su u svim zemljama (slika 3), a za podatke o izvođenju šumskih radova navode da često nisu dostupni (npr. udaljenosti se daljinskoga transporta pretpostavljaju ...). U zemljama poput Austrije, Finske, Švicarske i

Švedske dostupna je veća količina podataka na nacionalnoj razini. Ipak, treba naglasiti da se ni u jednoj od analiziranih zemalja ne spominju sekundarni šumski proizvodi (u analizi životnoga ciklusa) te da se ne radi razlika između drva pridobivenoga proredama, odnosno dovršnim (čistim) sječama (slika 4).

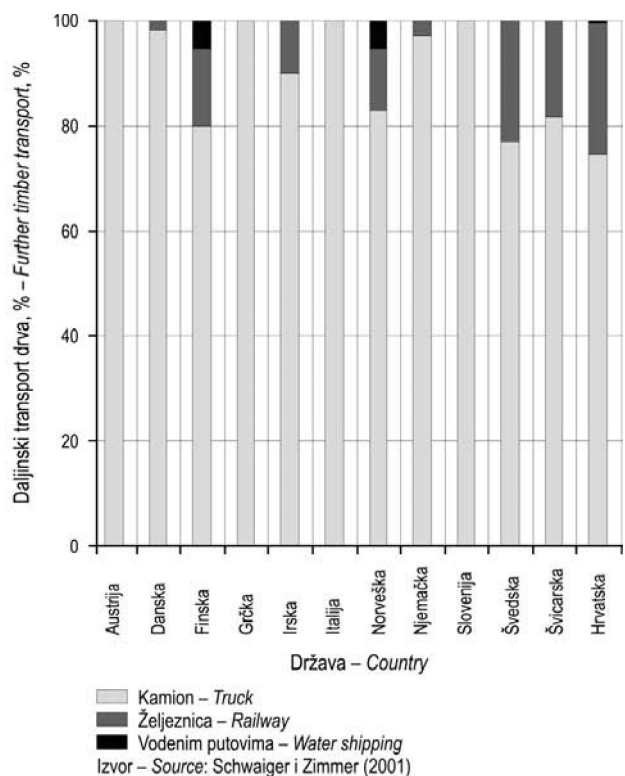
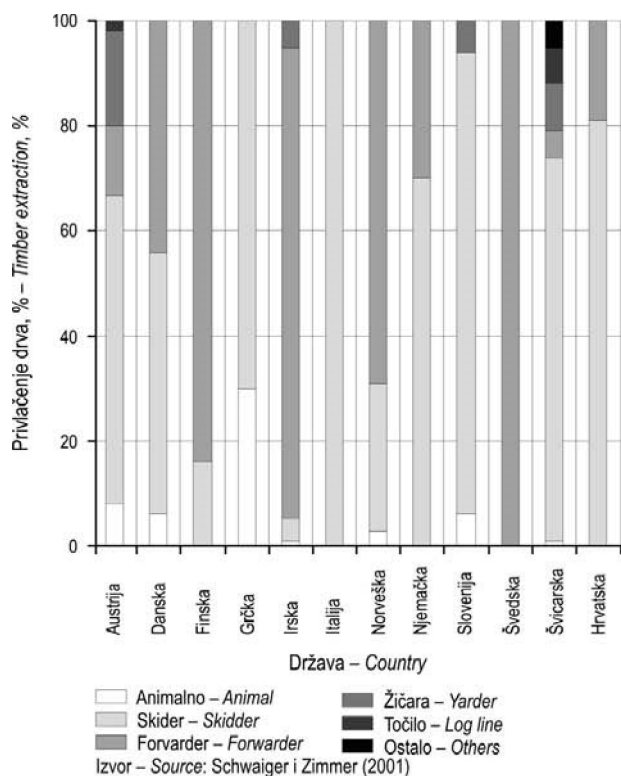
Tablica 1. Distribucija vlasništva nad šumskim zemljištem (Schwaiger i Zimmer 2001)

Table 1 Distribution of the forest ownership (Schwaiger and Zimmer 2001)

Država – State	Državne šume State forests	Savezne šume Federal forests	Šume u vlasništvu korporacija Corporation forests	Privatne šume Private forests	Šume u vlasništvu poduzeća Company forests
			%		
Austrija – Austria	17,0	3,5	9,8	69,7	-
Danska – Denmark	40,0	-	-	-	60,0
Finska – Finland	33,2	-	4,7	54,3	7,8
Francuska – France	10,2	-	16,2	73,6	-
Njemačka – Germany	4,3	29,6	26,1	40,0	-
Grčka – Greece	-	-	-	-	-
Irska – Ireland	-	-	-	35,0	65,0
Italija – Italy	7,6	-	27,4	59,9	5,1
Norveška – Norway	7,0	2,0	-	91,0	-
Slovenija – Slovenia	32,6	-	-	64,9	2,4
Švedska – Sweden	3,4	-	8,0	49,2	39,4
Švicarska – Switzerland	5,0	1,0	62,0	29,0	3,0
Hrvatska – Croatia	76,0	19,7	-	4,3	-



**Slika 4.** Struktura etata i razina mehaniziranosti sječe i izradbe drva  
**Fig. 4** Removal structure and mechanisation level of felling and processing



**Slika 5.** Struktura načina privlačenja i daljinskoga transporta drva  
**Fig. 5** Structure of timber extraction and further transport



Isti autori napominju da je dostupnost podataka odstupala u ovisnosti o vlasništvu nad šumskim zemljištem (tablica 1) zbog toga što su podaci od fizičkih i pravnih šumovlasnika često bili nepotpuni.

Radi stvaranja standardiziranih i reprezentativnih podataka pogodnih za međusobnu usporedbu radovi na pridobivanju drva razdijeljeni su na sječu i izradbu (slika 4), odnosno transport drva (slika 5). Transport drva dodatno je razdijeljen na privlačenje i daljinski transport.

Razinu mehaniziranosti sječe i izradbe drva među pojedinim europskim zemljama ponajprije treba uspoređivati s obzirom na udjel pojedinih vrsta u drvenoj zalihi, način gospodarenja šumama, prohodnost terena (utjecaj nagiba terena, površinskih prepreka i nosivosti podloge šumskoga bespuća na kretnost vozila) te na odnos prethodnoga i glavnoga prihoda drva u ostvarenom etatu (slika 4).

Na način i izbor korištenih sredstva privlačenja drva utječu također već spomenuti terenski čimbenici izvođenja šumskih radova te svakako razina otvorenosti šuma, što je dovelo do značajnih različitosti izvođenja primarnoga transporta drva među europskim zemljama (slika 5).

Daljinski transport drva svih europskih zemalja pretežito se oslanja na prijevoz drva kamionima (>75 %).

Udjeli željezničkoga i vodnoga transporta u pojedinim europskim zemljama vezani su uz postojanje mreže željezničkih pruga te njihove pripadnosti me-

đunarodnim transportnim koridorima, odnosno postojanju plovnih vodenih putova.

U analizi životnoga ciklusa, osim općenitih podataka vezanih uz pojedino šumarstvo (slike 3, 4 i 5), za procjenu utjecaja na okoliš potrebni su i podaci o proizvodnosti, potrošnji goriva te količinama ispuštenih onečišćavala sredstava za rad koja su sastavni dio pojedinoga sustava pridobivanja drva (tablica 2).

Prijevoz drva kamionima znakovito utječe na analizu životnoga ciklusa jer potrošnja goriva i količina ispušnih (stakleničnih) plinova ovise o udaljenosti transporta i tipu vozila. Svakako treba naglasiti da se zakonska ograničenja znatno razlikuju unutar europskih zemalja (tablica 3), te da na dopuštenu težinu vučnoga i priključnoga vozila utječe ukupan broj osovine. Potrošnja goriva po prijednom kilometru za kamione ovisi o tipu i dobi vozila, njegovoj ukupnoj težini i o samoj udaljenosti transporta. Međutim, zbog nedostatka podataka o strukturi prijeđenih udaljenosti, ovisno o vrsti prometnice (javne, šumske ceste), najveća je pažnja posvećena odnosu potrošnje goriva s obzirom na obujam prevezenoga drva (tablica 3).

Ukupna količina onečišćavala odloženih u okoliš tijekom izvođenja šumskih radova neposredno je povezana s potrošnjom fosilnih goriva. Tablica 4 prikazuje procijenjenu jediničnu potrošnju goriva u europskim zemljama po sastavnicama pridobivanja drva.

**Tablica 2.** Proizvodnost, potrošnja goriva te količina ispušnih plinova sredstava za rad u pridobivanju drva  
**Table 2** Productivity, fuel consumption and amount of exhaust gasses in harvesting operations

Sredstvo za rad (proizvođač) <i>Means of work (producer)</i>	Izvor podataka <i>Reference</i>	Proizvodnost <i>Productivity</i>	Potrošnja goriva <i>Fuel consumption</i>		Ispušni plinovi <i>Exhaust gasses</i>		
			CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>		
		m <sup>3</sup> /h	L/h	kg/m <sup>3</sup>	g/kg goriva - g/kg <i>fuel</i>		
Sječa i izradba drva - <i>Felling and processing</i>							
Motorna pila - <i>Chainsaw</i> (Stihl 026)	Fedrau (2000)	4,0	1,5	0,28	3150	0,02	6,91
Motorna pila - <i>Chainsaw</i> (Stihl 036)	Fedrau (2000)	8,0	2,4	0,23	3150	0,02	6,91
Motorna pila - <i>Chainsaw</i> (Stihl 026/036)	Fedrau (2000)	6,0	2,0	0,24	3150	0,02	6,91
Harvester - <i>Harvester</i> (Timberjack 1270)	Knechtle (1997)	13,0	11,3	0,77	3455	2,20	5,23
Transport drva - <i>Timber transport</i>							
Životinja (konj) - <i>Animal (horse)</i>	FPP(1991)	1,5	-	-	-	-	-
Skider - <i>Skidder</i> (Mahler Unifant)	Fedrau (2000)	7,0	6,0	0,64	3455	2,20	5,23
Forvarder - <i>Forwarder</i> (Timberjack 810B)	Knechtle (1997)	17,0	9,8	0,43	3455	2,20	5,23
Žičara - <i>Yarder</i> (Sincrofalke)	Winkler (1997)	6,0	7,2	0,90	3455	2,20	5,23
Točilo - <i>Log line</i> (Leykam)	Trzesniowski (1989)	1,5	-	-	-	-	-
Kamion - <i>Truck</i> (MAN)	Frischnecht (1995)	-	4,0	-	3180	0,10	0,20

Izvor - Source: Schwaiger i Zimmer (2001)

**Tablica 3.** Potrošnja goriva i dopuštena ukupna težina kamiona  
**Table 3** Fuel consumption and total allowed weight of trucks

Država Country	Potrošnja goriva Fuel consumption	Dopuštena težina Allowed weight
	kg/m <sup>3</sup> * 100 km	t
Austrija - Austria	1,47	38
Danska - Denmark	1,28	48
Finska - Finland	1,16	56
Njemačka - Germany	1,42	40
Grčka - Greece	1,47	24
Irska - Ireland	1,43	40
Italija - Italy	1,42	44
Norveška - Norway	1,28	50
Slovenija - Slovenia	1,42	40
Švedska - Sweden	1,14	60
Švicarska - Switzerland	1,42	40

Izvor - Source: Schwaiger i Zimmer (2001)

Berg (1999) navodi da velik utjecaj na analizu životnoga ciklusa imaju i načini prikupljanja podataka. Isti autor na primjeru švedskoga šumarstva uspoređuje dva pristupa u prikupljanju podataka za analizu:

- ⇒ Statistički podaci o posječenom drvu (m<sup>3</sup>/ha) i obavljenom transportu drva (t/km).
- ⇒ Podaci iz istraživanja (studij rada i vremena) koji se zasnivaju na proizvodnosti i potrošnji goriva po jedinici proizvoda (m<sup>3</sup>) ili jedinici

utrošenoga vremena. Podaci se prikupljaju tijekom radova na određenom području unutar jedne godine (kalendarsko vrijeme) te se razvrstavaju u 4 kategorije ovisno o podrijetlu:

- ⇒ Precizna kratkotrajna mjerenja – razrađena struktura utroška vremena, pridobivena količina drva i potrošnja goriva.
- ⇒ Praćenja izvršenja radova – podaci o količini drva i strojnom radnom vremenu uz praćenje potrošnje goriva.
- ⇒ Lokalni prosjeci – podaci koji se odnose na strojeve ili opremu korištenu na određenom području.
- ⇒ Opći prosjeci – npr. podaci o željezničkom transportu na razini cijele države.

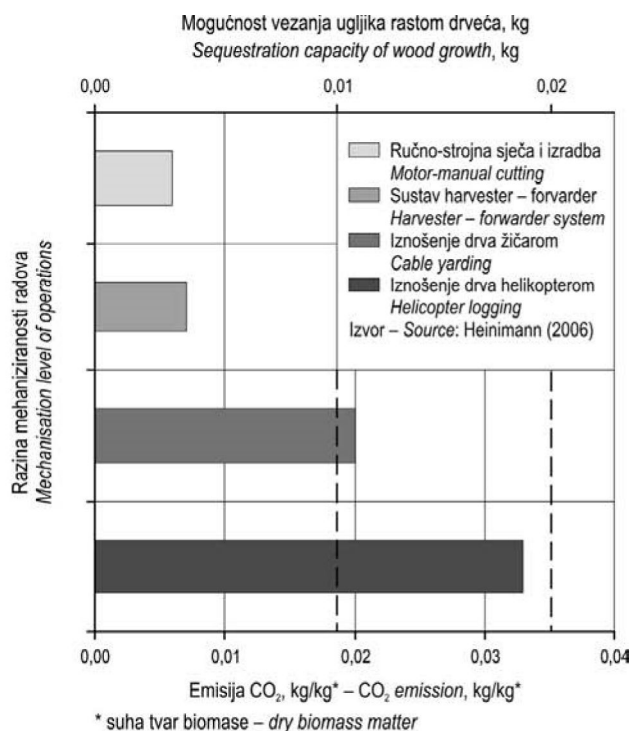
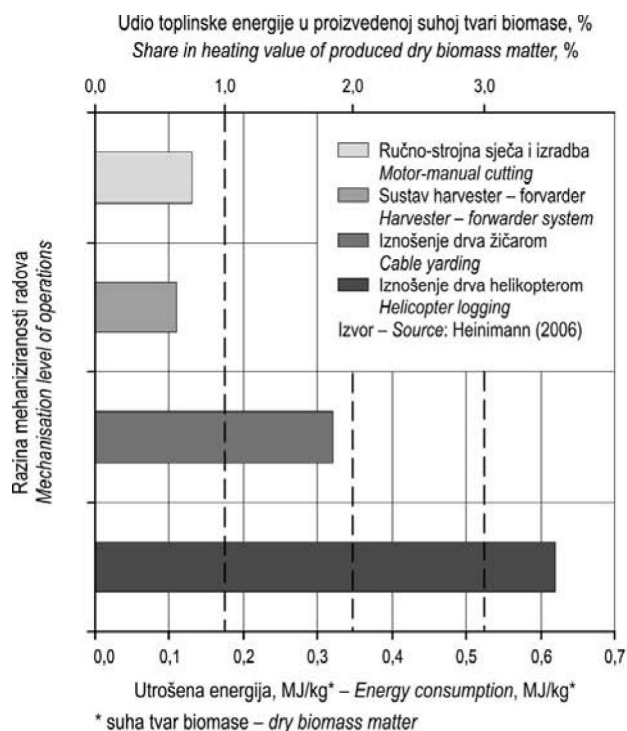
Pri prikupljanju podataka u švedskom šumarstvu najčešći je uočeni nedostatak neprikupljanje pojedine vrste podataka, čime su i daljnje analize djelomično ograničene. Isto tako, prisutan je širok raspon vrijednosti utvrđenih podataka zbog neprecizno određenih granica između pojedinih faza sječe i izradbe te transporta drva, ali i uzgojnih mjera. Prisutna su i odstupanja u podacima o djelotvornosti strojeva (proizvodnost i potrošnja energije) te u samoj kakvoći prikupljenih podataka (ovisno o njihovu podrijetlu). Podaci su od privatnih poduzetnika rijetko dostupni, posebno ako nisu certificirani normom ISO 14000, pa i stoga procjena emisije izgoranih plinova (na osnovi prethodnih mjerenja) nije moguća.

Berg i Karjalainen (2000) istražuju emisije CO<sub>2</sub> nastale tijekom pridobivanja drva (sječa i izradba,

**Tablica 4.** Procijenjena potrošnja fosilnih goriva pri pridobivanju drva  
**Table 4** Estimated fossil fuel input for harvesting operations

Država Country	Sječa i izradba Felling and processing	Privlačenje drva Timber extraction	Daljinski transport Further transport	Ukupno Total
	kg goriva/m <sup>3</sup> - kg fuel/m <sup>3</sup>			
Austrija - Austria	0,31	0,59	3,68	4,6
Danska - Denmark	0,51	0,46	1,28	2,3
Finska - Finland	0,73	0,36	2,08	3,2
Njemačka - Germany	0,40	0,58	1,42	2,4
Grčka - Greece	0,28	0,45	5,89	6,6
Irska - Ireland	0,75	0,48	1,98	3,2
Italija - Italy	0,24	0,64	0,86	1,7
Norveška - Norway	0,60	0,47	1,41	2,5
Slovenija - Slovenia	0,24	0,62	0,99	1,9
Švedska - Sweden	0,77	0,43	2,08	3,3
Švicarska - Switzerland	0,25	0,58	1,22	2,0

Izvor - Source: Schwaiger i Zimmer (2001)



**Slika 6.** Okolišna pogodnost pojedinih postupaka pridobivanja drva  
**Fig. 6** Environmental suitability of some harvesting technologies

privlačenje te prijevoz drva) u Švedskoj i Finskoj. Udio posječenoga drva u proredama i oplodnim (čistim) sječama, radni uvjeti, vrsta strojeva korištenih za sječu i izradbu slični su u obje zemlje, a razlika se pojavila jedino u kategoriji terena i stupnju mehaniziranosti radova u proredama. Autori su zaključili da je pri analizama vrlo bitno koristiti podatke prikupljene istom metodologijom (studij rada i vremena, kontinuirano praćenje rada strojeva). Miješanje podataka iz različitih izvora dovodi do krivih izračuna, posebice pri potrošnji energije.

Athanassiadis (2000) pri potpuno mehaniziranom pridobivanju kratkoga drva (sustav harvester – forvarder) utvrđuje jediničnu potrošnju energije ( $82 \text{ MJ/m}^3$ ), a za vrijednosti emisija ispušnih plinova navodi da značajno variraju u ovisnosti o korištenoj vrsti goriva. Procijenjena je i potrošnja ulja za podmazivanje reznoga uređaja harvesterske glave ( $35 \text{ L/1000 m}^3$ ), a prolijevanje je hidrauličnoga ulja pri pucanju uljnih vodova harvester i forvardera procijenjeno na  $20 \text{ L/1000 m}^3$ . Također je procijenjeno da će se tijekom normalnoga uporabnoga razdoblja zamijeniti 52 % (ukupne mase) dijelova forvardera, 56 % jednozahvatnoga harvester i 50 % dvo-zahvatnoga harvester.

Heinimann i dr. (2006) navode da se od uvođenja norme ISO 14030 sve više govori o mjerenju utjecaja na okoliš, ali da je ipak još malen broj izrađenih i/ili

objavljenih studija šumarske tematike. Isti autor istražuje okolišnu pogodnost pojedinih postupaka pridobivanja drva s obzirom na potrošnju energije, emisiju ugljičnoga dioksida, kao i mogućnost njegova vezanja tijekom rasta drveća. Utvrđuje potrošnju energije u rasponu od  $0,12$  do  $0,62 \text{ MJ/kg}$ , što je tek  $0,5 - 3,7 \%$  energije dobivene proizvodnjom šumske biomase. Emisija je  $\text{CO}_2$  iznosila  $0,005 - 0,032 \text{ kg/kg}$  šumske biomase, za što se mora proizvesti  $0,005 - 0,018 \text{ kg}$  šumske biomase da bi došlo do vezanja ispuštenoga ugljika. Iako se do sada smatralo da su sječa i izradba drva motornom pilom okolišno prihvatljivije, pokazalo se da potpuno mehanizirano pridobivanje kratkoga drva i ručno-strojna sječa i izradba zapravo imaju jednak utjecaj na okoliš.

McManus i dr. (2004) analiziraju životni ciklus mineralnoga ulja i bioulja (uljana repica) korištenih u mobilnim hidrauličnim sustavima. Autori navode kako je upotreba bioulja relativno nov proces te da je teško doći do preciznih ulaznih podataka. U većini emisija štetnih tvari nastalih pri proizvodnji obje vrste ulja, emisije onečišćavala kod bioulja nadmašuju one nastale proizvodnjom i korištenjem mineralnih ulja, osim u emisiji stakleničnih plinova. Autori nadalje zaključuju da iako nije uvijek bolje koristiti bioulja (negativan utjecaj na dijelove hidrauličnih sustava – brtve i uljne vodove), proizvodnja je mine-



ralnoga ulja nepostojana samim time što nastaje iz neobnovljivoga izvora energije.

Frühwald (2000) istražuje mogućnost iskaza pozitivnoga učinka šuma na ekosustav, za koji navodi da je teško iskazljiv. Nadalje izražava stav o presudnoj važnosti socijalnih i okolišnih učinaka šumarstva te smatra da se oni trebaju uvrstiti u analize životnoga ciklusa.

Wollenman (2006) istražuje vezanje ugljika i emisije plinova u kulturi eukaliptusa i prirodnoj bukvoj sastojini. Utvrđuje količinu akumuliranoga ugljika u kulturi od 85 kg/m<sup>3</sup> te 180 kg/m<sup>3</sup> u bukvoj sastojini. S obzirom na istraživanu površinu i izvršene radove mogućnost je vezanja ugljika 0,18 kg/m<sup>2</sup> u kulturi te 0,14 kg/m<sup>2</sup> u prirodnoj šumi. Ista autorica zaključuje da način gospodarenja određuje i buduće vezanje ugljika.

## 2.4 Podaci od proizvođača – *Manufacturers data*

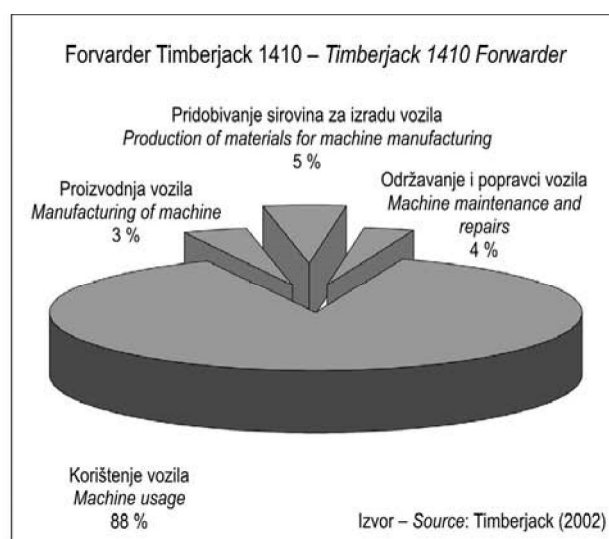
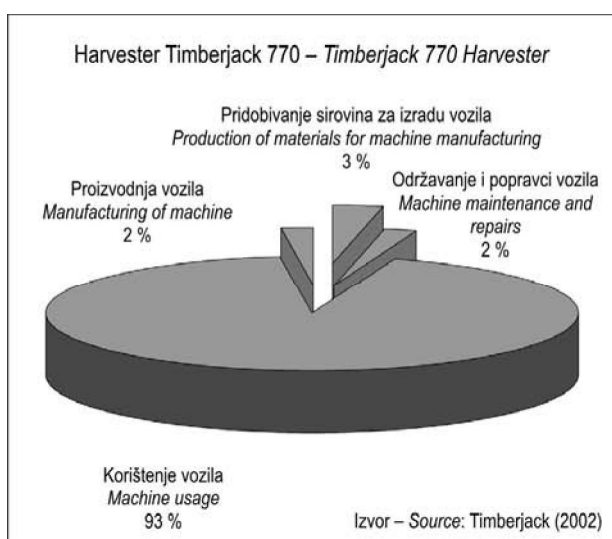
Podatke o životnom ciklusu strojeva koji se rabe u šumarstvu moguće je pribaviti i od nekih njihovih proizvođača. Timberjack (član grupacije John Deere) u svojoj »Okolišnoj deklaraciji« daje podatke o utjecaju na okoliš harvester Timberjack 770 i forvardera Timberjack 1410 tijekom njihova životnoga ciklusa (slika 7), koji je razdijeljen u pet razdoblja:

- ⇒ pridobivanje sirovina – utjecaj na okoliš pri proizvodnji čelika, lijevanoga željeza, gume ...
- ⇒ proizvodnja vozila – utjecaj na okoliš pri izradi i sastavljanju vozila (određen normom ISO 14001)

- ⇒ korištenje vozila – odlaganje onečišćavala u okoliš zbog potrošnje goriva i maziva
- ⇒ održavanje vozila i popravci – utjecaj na okoliš zbog zbrinjavanja i uporabe dotrajalih ulja, guma i drugih dijelova vozila
- ⇒ korištenje materijala po završetku životnoga ciklusa – uporaba materijala i ponovno korištenje dijelova te odlaganje neoporabljivih materijala.

Najveći utjecaj na okoliš tijekom životnoga ciklusa oba vozila ima razdoblje korištenja vozila (slika 7). Razdoblje korištenja vozila treba poimati preko dvaju parametara poznatija u kalkulacijama troškova strojnoga rada: 1) normalno vrijeme uporabe odgovara broju pogonskih sati tijekom kojih se trošak po pogonskom satu ne povećava zbog povećanja troškova održavanja (za harvester i forvarder iznosi 10 000 pogonskih sati), 2) vrijeme zastarijevanja stroja koje odgovara vremenski najvećemu razdoblju korištenja izraženom u godinama kada je uporaba stroja još ekonomična, a nakon koje dolazi do tehničkoga zastarijevanja (korozija, umor materijala) i smanjenja sigurnosti rada (za harvester i forvarder iznosi 10 godina).

U razdoblju korištenja vozila najveći je utjecaj na okoliš zbog potrošnje fosilnih goriva i maziva (tablica 5). Najznačajnija su onečišćavala ispušni plinovi. Ugljični je dioksid najznačajniji staklenički plin koji utječe na globalno zatopljenje. Dušični oksidi jedan su od uzroka kiselih kiša, a jednako tako i sumporni oksidi koji dodatno izazivaju i bolesti dišnoga sustava.



**Slika 7.** Utjecaj na okoliš tijekom različitih razdoblja životnoga ciklusa harvester i forvardera

**Fig. 7** Environmental impact throughout different life cycle phases of harvester and forwarder

**Tablica 5.** Emisija onečišćavala tijekom životnoga ciklusa harvesteri i forvardera**Table 5** Pollutions during harvester and forwarder life cycle

Vrsta vozila Vehicle type	Emisija plinova i štetnih tvari – Gaseous and particulate emission							
	CO <sub>2</sub>		NO <sub>x</sub> , NO <sub>2</sub>		SO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub>		Štetne tvari – Particulates	
	Ukupno Total	Tijekom korištenja During usage	Ukupno Total	Tijekom korištenja During usage	Ukupno Total	Tijekom korištenja During usage	Ukupno Total	Tijekom korištenja During usage
	kg							
Harvester – Harvester	499.000	451.400	5428	5.293	624	523	284	256
Forwarder – Forwarder	509.100	451.400	4356	4.206	713	523	232	209

Izvor – Source: Timberjack (2002)

Okolišna pogodnost pojedinoga proizvoda iskazuje se i u mogućnosti uporabe ili ponovnoga korištenja materijala na kraju njegova životnoga ciklusa. Postupak uporabe mora biti u prvom redu tehnološki izvediv, ali i ekonomski isplativ.

Stopa uporabe vozila na kraju razdoblja korištenja određena je odnosom mase materijala koju je moguće oporabiti i ukupne mase vozila. Prema Direktivi 2000/53/EC EU-a stopa uporabe na kraju razdoblja korištenja vozila mora iznositi najmanje 80 % (tj. 85 % kada se pribroji i stopa ponovnoga korištenja dijelova stroja). Do 2015. godine propisana će stopa uporabe iznositi 85 % (tj. 95 % kada se pribroji i stopa ponovnoga korištenja dijelova stroja).

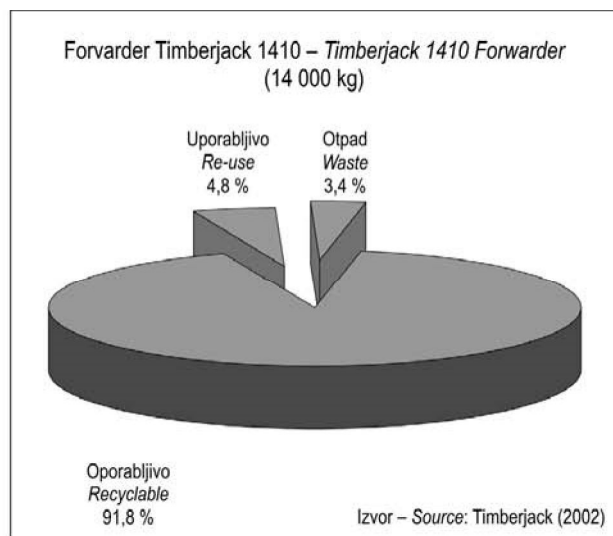
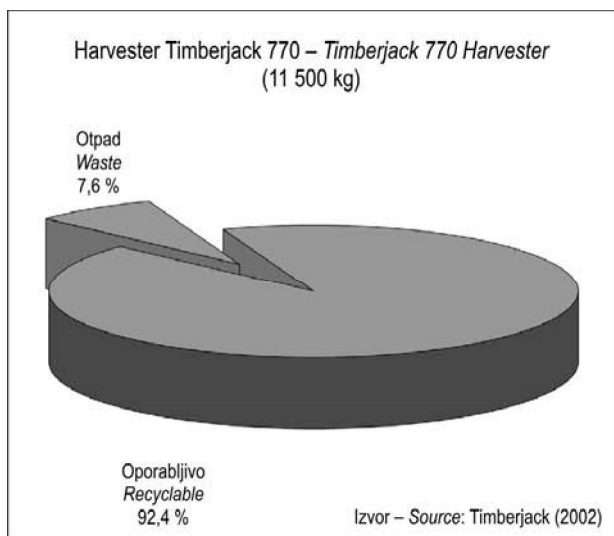
Na kraju razdoblja korištenja kod harvesteri otpad (neoporablivi materijal) iznosi < 8 % ukupne mase, a za forvarder otpad je manji od 4 % ukupne mase vozila (slika 8).

## 2.5 Šumske prometnice – Forest roads

Šumske prometnice omogućuju pristupnost šumi, a njihova gradnja predstavlja jednu od najvećih investicija u šumarstvu. Višenamjensko korištenje šumskih cesta stvara problem uključivanja postupaka izgradnje i održavanja šumskih prometnica u analizu životnoga ciklusa. Vijek prometnice teško je odrediti jer on ovisi o brojnim čimbenicima te se poopćava s vremenom njihove amortizacije.

Mroueh i dr. (2000) u studiji analize životnoga ciklusa u izgradnji šumskih prometnica navode brojne čimbenike na koje treba obratiti pozornost:

- ⇒ potrošnja energije i goriva (uključuje energiju koju troši stroj, vozilo tijekom obradbe sirovina te energiju sadržanu u organskim materijalima)
- ⇒ emisija štetnih plinova i prašine
- ⇒ zagađenje okoliša bukom

**Slika 8.** Stopa uporabe harvesteri i forvardera**Fig. 8** Harvester and forwarder recyclability rate

**Tablica 6.** Razina buke strojeva za rad\* (Mroueh i dr., 2000)**Table 6** Noise levels of work machines\* (Mroueh et al. 2000)

Stroj Machine	Raspon razine buke Noise level range	Pros. razina buke Average noise level
	dB(A)	
Bušilica – <i>Drilling rig</i>	98 – 101	100
Eksplozije – <i>Blasting</i>	125 – 136	130
Hidraulični čekić – <i>Hydraulic hammer</i>	87 – 92	90
Transporter s trakom – <i>Conveyor belt</i>	84	84
Kamenolom – <i>Crushing plant</i>	100	100
Hidraulični rovokopač – <i>Hydraulic excavator</i>	82 – 100	89
Strojevi za iskop tla – <i>Earth moving machines</i>	91	91
Kamion – <i>Lorry</i>	84	84
Buldožer – <i>Bulldozer</i>	80 – 89	84
Valjak – <i>Road roller</i>	84 – 101	92
Stroj za postavljanje asfalta – <i>Asphalt layer</i>	74 – 89	81
Grejder – <i>Road grader</i>	85 – 89	87

\* na udaljenosti 7 m od izvora – at a distance of 7m from the source

⇒ tvari koje se ispuštaju u tlo ovisno o tipu građevnoga materijala (npr. sulfatni spojevi, živa, arsen, krom, bakar, vanadij itd.).

Isti autori prema studiji Häkinnena i Mäkele (1996) procjenjuju okolišna opterećenja koja nastaju prilikom održavanja i popravaka prometnica u Finskoj u razdoblju od 50 godina. Učestalost je popravaka određena unaprijed donesenom strategijom.

## 2.6 Sekundarni šumski proizvodi – *Secondary forest products*

Drvo je primarni šumski proizvod, ali ne treba zaboraviti i sekundarne šumske proizvode (smola, pluto, gljive i dr.), koji se nisu spominjali u analizi životnoga ciklusa šumskih proizvoda sve do radionice COST E9 2001 (*Energy, carbon and other mate-*

*rial flows in the life cycle assesment of forestry and forest products*) kada ih Schwaiger i Zimmer (2001) navode koristeći nacionalne izvore podataka i studiju UN-ECE/FAO.

## 3. Zaključak – *Conclusion*

Analiza životnoga ciklusa vrlo je složen alat u postupku procjenjivanja utjecaja na okoliš nekoga proizvoda. Da bi se uspješno izradila, potrebni su kvalitetni izvori podataka koji će sadržavati sve ulaze i izlaze materijala, utrošaka energije i količine onečišćavala nastalih tijekom: 1) pridobivanja sirovina, 2) postupaka nastajanja proizvoda, 3) vremena korištenja proizvoda, 4) moguće uporabe i ponovnoga korištenja, 5) konačnoga odlaganja otpada na deponije.

Za šumarstvo je analiza životnoga ciklusa posebno teška zbog dugoga vremenskoga procesa proizvodnje sirovina, u prvom redu drva (duljina ophodnje), te zbog velikoga prostorno-vremenskoga utjecaja koji šume imaju na okoliš. Kako je analiza životnoga ciklusa statički, a ne dinamički alat procjene utjecaja na okoliš, mnogi stručnjaci smatraju da je iz analize potrebno isključiti prostorni i vremenski aspekt. Ipak, u analizama životnoga ciklusa vezanima uz šumarstvo to je nemoguće napraviti. Šume ne samo da imaju važan socijalni učinak, već one pohranjuju i velike količine ugljika (2060 Gt ugljika vezano je u biljkama – Schwaiger i Zimmer 2001), štite tlo i vodne resurse, osiguravaju biološku raznolikost, stvaraju kisik i dr., te tako utječu na globalnu klimu. Navedene se općekorisne funkcije šuma ne može i ne treba zanemariti pri analizama životnoga ciklusa u šumarstvu. S druge strane postavlja se pitanje kako sve šumskogospodarske radove uključiti u analizu životnoga ciklusa šumskih proizvoda.

Analiza je životnoga ciklusa dobar alat za određivanje utjecaja pojedinoga proizvoda (ali i proizvodnih postupaka u kojima proizvod nastaje) na okoliš, posebice danas kada se sve više govori o okolišno

**Tablica 7.** Okolišna opterećenja pri izgradnji i održavanju prometnica (Mroueh i dr. 2000)**Table 7** Environmental loadings caused by road construction and maintenance (Mroueh et al. 2000)

Okolišno opterećenje – <i>Environmental loadings</i>	Izgradnja – <i>Construction</i>	Održavanje – <i>Maintenance</i>
CO <sub>2</sub> , kg/km	263 000 – 562 000	33 900
SO <sub>2</sub> , kg/km	280 – 610	4,1
NO <sub>x</sub> , kg/km	2600 – 3800	140
CO, kg/km	600 – 1100	20
Isparljivi organski spojevi – <i>Volatle organic compounds</i> , kg/km	550 – 980	210
Potrošnja goriva – <i>Fuel consumption</i> , l/km	63 000 – 100 000	18 200
Potrošnja energije – <i>Energy consumption</i> , kWh/km	790 000 – 1.470 000	183 300



prihvatljivim tehnologijama i obnovljivim izvorima energije. Najveća je primjena analize životnoga ciklusa upravo u usporedbi različitih sustava pridobivanja drva radi odabira ekološki prihvatljivije inačice.

Zbog manjka kvalitetnih izvora podataka, ali i pretvorbe statičkoga karaktera analize životnoga ciklusa u dinamički, potrebna su daljnja istraživanja i unaprjeđenja ovoga, inače korisnoga, ali i vrlo složena alata procjene ekološke prihvatljivosti.

#### 4. Literatura – References

- Anon., 1997: Memorandum of Understanding for the implementation of a European Concerted Research, COST Action E9, Life cycle assessment of forestry and forest products. Technical annex, April 11, 1997, Bruxelles, Belgium.
- Anon., 2000: Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council of 18 September 2000 on end-of-life vehicles. Official Journal L., 269: 34–43.
- Anon., 2000: Evaluation of Environmental Impacts in Life Cycle Assessment, UNEP, Division of Technology, Industry and Economics, Production and Consumption branch, Paris, 95 str.
- Athanassiadis, D., 2000: Resource consumption and emissions induced by logging emissions induced by logging machinery in life cycle perspective. Dissertation, Swedish University of Agricultural Sciences.
- Berg, S., 1995: The Environmental Load of Fossil Fuels in Swedish Forestry – an Inventory for a LCA. Proceedings of the International Workshop: Life-Cycle Analysis – A Challenge for Forestry and Forest Industry, May 3–5, 1995, Hamburg, Germany, str. 57–65.
- Berg, S., 2001: Problems with Terms and Definitions in Inventories for Forest Sector LCA. Energy, Carbon and Other Material Flows in the Life Cycle Assessment of Forestry and Forest Products. Achievements of the working group 1 of the COST action E9, European Forest Institute, Discussion paper 10, Joensuu, Finland, str. 23–32.
- Beuk, D., Ž. Tomašić, D. Horvat, 2007: Status and development of forest harvesting mechanisation in Croatian state forestry. Croat. j. for. eng., 28(1): 63–82.
- De Feyter, S., 1995: Handling of the Carbon Balance of Forest in LCA. Proceedings of the International Workshop: Life-Cycle Analysis – A Challenge for Forestry and Forest Industry, May 3–5, 1995, Hamburg, Germany, str. 37–43.
- Finér, L., P. Cortijo, S. Berg, T. Karjalainen, B. Košir, J. M. Roda, H. Schwaiger, B. Zimmer, 2001: Inclusion of Nutrients in LCA of Forestry and Forest Products. Energy, Carbon and Other Material Flows in the Life Cycle Assessment of Forestry and Forest Products. Achievements of the working group 1 of the COST action E9, European Forest Institute, Discussion paper 10, Joensuu, Finland, str. 55–60.
- Frühwald, A., 1995: LCA – A Challenge for Forestry and Forest Products Industry. Proceedings of the International Workshop: Life-Cycle Analysis – A Challenge for Forestry and Forest Industry, May 3–5, 1995, Hamburg, Germany, str. 9–14.
- Guineé, J., L. van Oers, A. de Koning, W. Tamis, 2006: Life Cycle Approaches for Conservation Agriculture, Part I: A definition study for data analysis, CML report 171, June 2006, Universiteit Leiden, Netherlands, str. 1–67.
- Heinimann, H. R., A. Wollenmann, R. Knechtle, 2006: Environmental Performance Analysis of Forest and Agricultural Production Systems. Report of the Special Symposium on Life Cycle Approaches for Conservation Agriculture. CML report 171, Poster, June 2006, Universiteit Leiden, Netherlands.
- Jungmeier, G., 2003: System Analysis of Forestry, Forest products and Recovered Wood. International Conference »Efficient Use of Biomass for Greenhouse Gas Mitigation«, COST Action E9 and E31, PPT, September 30 – October 1, Österund, Sweden.
- Košir, B., 1999: Life cycle assessment of products in forestry. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 59: 89–120.
- Karjalainen, T., T. Apneth, P. Esser, L. Finér, G. Jungmeier, B. Košir, K. E. Kvist, J. M. Roda, H. Schwaiger, S. Berg, B. Zimmer, J. Welling, 2001: Identification of Problems using Case Studies. Energy, Carbon and Other Material Flows in the Life Cycle Assessment of Forestry and Forest Products. Achievements of the working group 1 of the COST action E9, European Forest Institute, Discussion paper 10, Joensuu, Finland, str. 9–21.
- Mcmanus, M. C., G. Hammond, C. R. Burrows, 2004: Life-cycle Assessment of Mineral and Rapeseed Oil in Mobile Hydraulics Systems. Journal of Industrial Ecology, 7(3–4): 163–177.
- Mroueh, U. M., P. Eskola, J. Laine-Ylijoki, K. Wellman, E. M. M. Juvankoski, A. Ruotoistenmäki, 2000: Life Cycle Assessment of Road Construction. Finnra report, 17/2000, Helsinki, 59 str.
- Scharai-Rad, M., J. Welling, 2002: Environmental and Energy Balances of Wood Products and Substitutes, Life Cycle Assessment. FAO, Rome, Italy (www.fao.org).
- Schwaiger, H., B. Zimmer, 2001: A Comparison of Fuel Consumption and Greenhouse Gas Emissions from Forest Operations in Europe. Energy, Carbon and Other Material Flows in the Life Cycle Assessment of Forestry and Forest Products. Achievements of the working group 1 of the COST action E9, European Forest Institute, Discussion paper 10, Joensuu, Finland, str. 33–53.
- Timberjack, 2002: Green forest machines for sustainable development – Environmental Declaration. Timberjack – A John Deere Company, Tampere, Finland, 12 str.
- Throe, C., J. Schweinle, 1995: Life Cycle Analysis in Forestry. Proceedings of the International Workshop: Life-Cycle Analysis – A Challenge for Forestry and Forest Industry, May 3–5, 1995, Hamburg, Germany, str. 15–24.
- Upton, C., 1995: Life Cycle Analysis in the Context of the Forestry Eco-labelling. Proceedings of the International Workshop: Life-Cycle Analysis – A Challenge for Forestry and Forest Industry, May 3–5, 1995, Hamburg, Germany, str. 25–36.
- Vasudevan, N., 2006: Essentials of Environmental Science. Life Cycle Assessment, Alpha Science International Ltd., Oxford, str. 243–247.
- Wessman, H., F. Alvarado, B. Backlund, S. Berg, C. Hohen-thal, S. K. Metsäteho, E. L. Lindholm, 2003: Land use in eco

balance and LCA of Forest products. Report summarize of subprojects 2\*5 in the Nordic Industrial Fund project: »LCA: Mark och Geografi«.

Wightman, P. S., R. M. Eavis, K. C. Walker, S. E. Batchelor, S. P. Carruthers, E. J. Booth, 1999: Life-Cycle Assessment of Chainsaw Lubricants made from Rapeseed Oil or Mineral Oil. Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Rapeseed Congress, September 27–30, 1999, Canberra, Australia.

Wollenmann, R., 2006: Balancing Carbon Emission and Sequestration Fluxes of Forest Land Based on LCI – approach. Report of the Special Symposium on Life Cycle Approaches for Conservation Agriculture, CML report 171, Poster, June 2006, Universiteit Leiden, Netherlands.

www.iso.org

www.admin.cam.ac.uk

---

## Abstract

---

### Life Cycle Assessment – a Challenge for Forestry

*Life Cycle Assessment (LCA) is a tool used for evaluating all environmental effects of a product through its entire life cycle: production, use, recycling, and final disposal. LCA is also useful for comparing environmental aspects of specific products because it enables ecological comparison of products made of different raw materials, but used for the same purpose. The main reasons for performing LCA are: 1) obtaining quantified and reliable information on the environmental impact and benefits of wood products, 2) improving production and recycling techniques by reducing environmental impact and highlighting compatibility between processing technologies, 3) emphasizing areas where information on the environmental impact is still unknown, 4) enabling comparison between different materials.*

*LCA in forestry is especially difficult because of several reasons. Classical LCA corresponds to a static approach where temporal and spatial dimensions are not taken into consideration. On the other hand forestry is a dynamic model where temporal dimension is fundamental because all predictions are based on time dimension of growing stock (rotation period) and spatial component is crucial, as forests cover 30 % of the earth (40 mil. km<sup>2</sup>) and therefore have a huge effect on the environment. In forestry it is difficult to differentiate products and waste, because product value can be added by transforming the product output (waste) to energy by which the output instantly becomes a product. Availability of forest data is usually dependent on management and landowner structure. Data on forest land use, growing stock, increment, harvesting volume are usually available, but specific data such as fuel and energy consumption, productivity, exhaust gasses (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, VOC, CO, particles), etc. of different forest operations are rather insufficient. Some manufacturers also provide data regarding environmental impact and pollutions throughout (Fig. 7) different life cycle phases of forestry machines, along with its recyclability rates. Also, data on non-wood products are not usually available (LCA studies of non-wood products were not mentioned till 2001: COST Action E9). And last but not least, forest roads are also an important part of timber harvesting and therefore should be included into LCA study of wood products. Environmental loadings caused by road construction and maintenance are significant: effluents to soil and water (leaching of metals) emissions to air (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, VOC, CO, particles), wastes, other loadings (noise).*

*LCA is a developing science, but nevertheless it is an important tool for evaluating environmental impacts of forestry and forest products.*

*Keywords: life cycle assessment study, environmental acceptability*

---

#### Adresa autorâ – Authors' addresses:

Andreja Bosner, dipl. ing. šum.  
e-pošta: bosner@sumfak.hr  
Doc. dr. sc. Tomislav Poršinsky  
e-pošta: porsinsky@sumfak.hr  
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije  
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
Svetošimunska 25  
HR-10 000 Zagreb

Primljeno (Received): 4. 7. 2008.  
Prihvaćeno (Accepted): 11. 11. 2008.

# Analiza omeđivanja podataka kao metoda efikasnosti – mogućnosti primjene u šumarstvu

Mario Šporčić, Ivan Martinić, Matija Landekić, Marko Lovrić

## Nacrtak – Abstract

*U radu se opisuju mogućnosti primjene analize omeđivanja podataka u šumarstvu te obrazlaže važnost modela i tehnika koji mogu pridonijeti lakšem analiziranju, planiranju i predviđanju pri gospodarenju šumama. Analiza je omeđivanja podataka (AOMP) deterministička neparametarska metodologija za procjenu relativne efikasnosti usporedivih jedinica s više inputa i outputa. Objašnjava se koncept relativne efikasnosti i obrazlažu matematičko-statističke osnove metode AOMP. Uspoređuju se tradicionalne tehnike mjerenja efikasnosti i AOMP te opisuju prednosti i nedostaci metode AOMP. Pregledom dijela provedenih istraživanja prikazani su primjeri primjene AOMP-a u šumarstvu. Temeljem prikazanih primjera, karakteristika metode AOMP i opisanih mogućnosti primjene zaključuje se da analiza omeđivanja podataka u šumarstvu, jednako kao i u mnogim drugim poslovnim sustavima, može biti vrlo snažna podrška planiranju i odlučivanju.*

*Ključne riječi: poslovanje, šumarstvo, efikasnost, analiza omeđivanja podataka*

## 1. Uvod – Introduction

Poslovanje u šumarstvu naglašeno je kompleksno zbog višestrukih ciljeva gospodarenja šumama. Načelo održivoga razvoja pretpostavlja upravljanje i uporabu šuma i šumskoga zemljišta tako da se održava njihova biološka raznolikost, produktivnost, sposobnost obnavljanja, vitalnost i potencijal da bi šume ispunile sada i u budućnosti bitne gospodarske, ekološke i socijalne funkcije. Sve nabrojeno svakodnevno zaoštrava uvjete poslovanja u šumarstvu, a menadžmentu organizacijskih jedinica nalaže stalne analize svih relevantnih pokazatelja uspješnosti poslovanja. Pritom su redovito naglasci na ulaznim resursima, troškovima i rezultatima šumarske proizvodnje. U takvim su okolnostima od velike važnosti metode i tehnike koje mogu pridonijeti pouzdanijemu planiranju i objektivnijemu odlučivanju s jedne strane, te modeli objektivne analize i ocjenjivanja uspješnosti poslovanja s druge strane.

Ocjenjivanje uspješnosti poslovanja u šumarstvu u Hrvatskoj uglavnom se temelji na ocjeni dosega u ispunjavanju općih ciljeva gospodarenja državnim šumama poduzeća Hrvatske šume d.o.o. Zagreb, odnosno na rezultatima standardiziranih financij-

skih pokazatelja poslovanja toga poduzeća i njegovih podružnica. Pritom često razlike u uspješnosti organizacijskih cjelina u sustavu ostaju neobjašnjene, a objektivno različiti uvjeti poslovanja neprepoznati i neuvaženi. Jednako je tako na razini uprava šuma podružnica i na razini osnovnih organizacijskih jedinica – šumarija. I dok se za najširu javnost takvo ocjenjivanje poslovanja može činiti dovoljnim, s pozicije složenosti današnjega poslovnoga okruženja i imperativa stalnoga povećanja uspješnosti poslovanja nužno je korištenje novih modela i preciznijih metoda.

Mogućnost primjene analize omeđivanja podataka (AOMP) kao metode za ocjenu uspješnosti organizacijskih cjelina u šumarstvu, osim što predstavlja relativnu metodološku novinu u šumarstvu, opravdava se njezinom pogodnošću za procjenu učinkovitosti većega broja proizvodnih jedinica. Dok su tipični statistički pristupi karakterizirani kao pristupi glavne tendencije koji procjenu izvode u odnosu na prosječnu proizvodnu jedinicu, AOMP je metoda ekstremne točke koja uspoređuje svaku proizvodnu jedinicu samo s onom najboljom. Središte analize leži u pronalaženju »najbolje« virtualne proizvodne



jedinice za svaku realnu jedinicu. Ako je virtualna jedinica bolja od originalne, tada je ova neuspješna.

Imajući na umu navedeno, u radu ćemo predstaviti analizu omeđivanja podataka kao neparametarski model vrednovanja uspješnosti poslovanja u šumarstvu i prikazati mogućnosti primjene takve metode za podršku u planiranju i odlučivanju u gospodarenju šumama.

## 2. Potreba za mjerenjem uspješnosti – *The need to measure efficacy*

Određivanje uspješnosti postalo je veoma bitno u mnogim područjima ljudskoga djelovanja. Posebice je zanimljiv pristup tomu problemu kada nisu dani očiti parametri uspješnosti i kada se mjeri uspješnost korištenja više različitih resursa/inputa za ostvarivanje više različitih outputa. Pri takvu mjerenju uspješnosti uvijek nas zanima dostignuti stupanj uspješnosti pojedinih organizacija, ustanova, proizvodnih jedinica i dr. u odnosu na ostale koji djeluju u sličnim uvjetima. Uspoređivani su objekti pritom dani podacima o resursima/inputima koje koriste, te podacima o outputima koje ostvaruju.

Poslovanje u šumarstvu, a osobito šumske operacije u prošlosti učestalo su ocjenjivane na temelju zdravoga razuma ili prošlih iskustava. Dok u nekim slučajevima takav pristup može biti dovoljan, složenost je današnjega sustava takva da se preciznije metode moraju primijeniti kada su potrebna točna mjerenja.

Ukupni trošak po jedinici proizvodnje dugo je bio najčešća, jednim čimbenikom iskazana mjera efikasnosti u šumarstvu. Ocjena radnih jedinica je tako tradicionalno temeljena na njihovoj sposobnosti pridobivanja drva uza što manje troškove. Značajne razlike u troškovima između pojedinih jedinica pritom su često pripisivane fizičkim uvjetima, kao što su vrste drveća, svojstva tla, vremenski uvjeti i dr. Iako ne postoji sumnja da navedeni čimbenici pridonose varijabilnosti proizvodnih troškova, područja kao menadžerske vještine, upravljanje ljudskim resursima, upravljačke strategije i dr. uglavnom su bile zanemarene. Šumarski je sektor prilično trom u pogledu promjene kriterija vrednovanja i brzine usvajanja novih/boljih pokazatelja uspješnosti i produktivnosti organizacijskih jedinica državnoga šumarstva. Općenito se smatra da je kriterij troška po toni pridobivenoga drva pokazatelj koji je široko korišten u usporedbi različitih jedinica, u najmanju ruku nepotpuna mjera uspješnosti poslovanja i proizvodnje.

Nadalje, u šumarstvu se posljednjih desetljeća naglašeno razmatra višestruka uporaba i općekorisne funkcije šuma kao temeljna postavka gospodarenja šumama. Višestruke koristi i brojne dobrobiti koje

pruža šuma kao i netržišna priroda dijela takvih proizvoda čine mjerenje uspješnosti poslovanja u šumarstvu osobito zahtjevnim. Konvencionalne ekonomske metode određivanja uspješnosti, kao što su analiza troškova i koristi, interna stopa povrata i dr., u takvim je uvjetima prilično teško primijeniti.

### 2.1 Efikasnost i mogućnost određivanja relativne efikasnosti – *Efficiency and possibility to measure relative efficiency*

U analizi poslovanja računaju se neki pokazatelji na temelju kojih se rade analize i usporedbe uspješnosti poslovanja (pokazatelji likvidnosti, profitabilnosti, ekonomičnosti i dr.). Međutim, ti pokazatelji prilikom izračuna uzimaju u obzir samo neke od računovodstvenih stavki pa predstavljaju parcijalne pokazatelje uspješnosti poslovanja. Pritom višekriterijskom analizom parcijalnih pokazatelja nije moguće identificirati jedinice koje najbolje posluju jer je malo vjerojatno da jedna od jedinica ima najbolje sve promatrane jednostavne pokazatelje.

Ako se želi izračunati pokazatelj poslovanja koji će predstavljati efikasnost organizacijske jedinice u šumarstvu, u omjer se stavlja output i input. Ako se želi izračunati mjera efikasnosti koja će razmatrati više inputa i više outputa, potrebno je napraviti odabir inputa i outputa koji će se uzeti u izračun i potrebno je inputima i outputima pridružiti određene težine kako bi se mogla odrediti jedinstvena mjera efikasnosti za svaku organizacijsku jedinicu.

Apsolutnu mjeru efikasnosti moguće je odrediti kada se ima eksplicitno definirana veza između inputa i outputa, odnosno kada se zna pridruživanje koje svakoj kombinaciji inputa pridružuje skup mogućih outputa. Ako je ta veza poznata, moguće je iz odnosa stvarno dostignutih i teoretski ostvarivih outputa pojedinih jedinica odrediti njihovu apsolutnu efikasnost.

Koncept se relativne efikasnosti koristi u slučaju kada nije moguće definirati teorijski moguću razinu efikasnosti pa se promatrane jedinice uspoređuju s onima koje, uz dano stanje proizvodne tehnologije, posluju najbolje.

Metodologija AOMP ne zahtijeva da se unaprijed odrede težine inputa i outputa, a ne traži ni poznavanje eksplicitne veze između inputa i outputa. Na temelju poznatih empirijskih podataka o razini inputa i outputa AOMP za svaku jedinicu računa njezinu relativnu efikasnost u odnosu na ostale jedinice. Promatrana jedinica dostiže 100 %-tnu relativnu efikasnost ako i samo ako u usporedbi s drugim jedinicama ne pokazuje neefikasnost u korištenju bilo kojega inputa ili outputa. Naime, za neku se jedinicu kaže da je relativno efikasna ako:

- ⇒ 1. ne može povećati ni jedan od svojih outputa bez:
  - a) povećanja nekoga od svojih inputa ili
  - b) smanjenja nekoga od svojih preostalih outputa
- ⇒ 2. ne može smanjiti ni jedan od svojih inputa bez:
  - a) povećanja nekoga od svojih inputa ili
  - b) povećanja nekoga od svojih preostalih inputa.

### 3. Općenito o analizi omeđivanja podataka – *Generally about data envelopment analysis*

Priča o AOMP-u počinje s doktorskom disertacijom Edwarda Rhodesa, koji je pokušao ocijeniti obrazovni program javnih škola u Texasu u SAD-u. U to je vrijeme bio izazov procijeniti relativnu efikasnost škola s više inputa i outputa, a bez uobičajenih informacija o cijenama i troškovima. Kao rezultat dobivena je formulacija modela CCR<sup>1</sup> i u *European Journal of Operational Research* 1978. godine objavljen je prvi rad u kojem je primijenjen AOMP.

AOMP je prvotno razvijen kao alat za mjerenje efikasnosti organizacija koje rade na neprofitnoj osnovi (javnih škola i bolnica, vojnih ustanova), gdje nije moguće na osnovi vrijednosti njihovih inputa i outputa odrediti efikasnost. Poslije je našao primjenu i u profitnim organizacijama (poduzeća, banke), a o njezinu razvoju svjedoči preko 3000 radova objavljenih do 2001. godine.

Danas se na primjenu AOMP-a nailazi u mnogim područjima, npr. obrazovanju (javne škole i sveučilišta), zdravstvu (bolnice, klinike, domovi zdravlja), bankarstvu, sportu, istraživanju tržišta, poljoprivredi, maloprodaji, transportu, hotelijerstvu, graditeljstvu itd. Bibliografija analize omeđivanja podataka koja je objavljena 1994. godine (Charnes i dr. 1994) bilježi 472 rada koja su objavljena u razdoblju 1978 – 1992. godine. Bibliografija iz 2002. godine (Tavares 2002) navodi 3203 rada u razdoblju 1978 – 2001. godine. Takav broj radova govori o velikom značenju i interesu za metodologiju AOMP i njezinu primjenu.

Razlozi za nagli rast vjerojatno se nalaze u činjenici da je metodologija interdisciplinarno primijenji-

va, a također je pogodna i u slučajevima kada ostali pristupi ne daju zadovoljavajuće rezultate zbog kompleksne ili nepoznate prirode veza između višestrukih inputa i outputa.

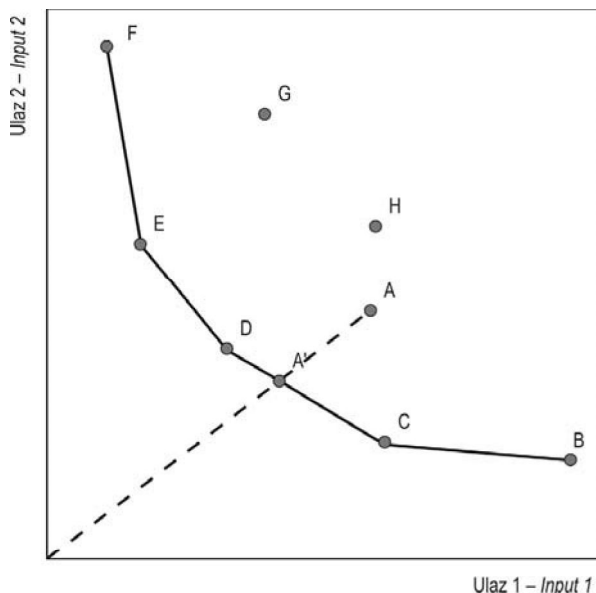
Posljednjih je godina analiza omeđivanja podataka postala središnja tehnika u analizama produktivnosti i efikasnosti, korištena pri uspoređivanju organizacija (Sheldon 2003), tvrtki (Galanopoulos i dr. 2006) te regija i zemalja (Vennesland 2005). U određivanju efikasnosti poslovanja primijenjena je u bankarstvu (Davosir 2006), poljoprivredi (Bahovec i Neralić 2001), drvnoj industriji (Diaz-Balteiro i dr. 2006), školstvu (Glass i dr. 1999) i dr.

#### 3.1 Matematičko-statističke osnove AOMP-a – *Mathematical and statistical basics of DEA*

Analiza omeđivanja podataka (engl. *Data Envelopment Analysis, DEA*) deterministička je, neparametarska metodologija određivanja relativne efikasnosti usporedivih jedinica/donositelja odluke s obzirom na sličnu tehnologiju rada i obavljanje sličnih zadataka. Donositelji su odluke (od engl. *Decision Making Unit, DMU*) bilo koje proizvodne ili neproizvodne jedinice koje imaju iste inpute i iste outpute, a međusobno se razlikuju prema razini resursa kojima raspolažu i razinama aktivnosti unutar procesa transformacije. AOMP mjeri relativnu efikasnost jedinica konstruiranjem empirijske granice efikasnosti ili granice proizvodnih mogućnosti (ovaj se termin koristi iako može biti riječ o analizi neproizvodnoga sektora) na temelju podataka o korištenim inputima i ostvarenim outputima svih jedinica. Najuspješnije jedinice (engl. *best practice units*), one koje određuju granicu efikasnosti, dobivaju ocjenu »1«, a stupanj tehničke neefikasnosti ostalih jedinica računa se na osnovi udaljenosti njihova omjera input-output u odnosu na granicu efikasnosti (slika 1).

Za svaku jedinicu rješava se poseban problem linearnoga programiranja i određuje maksimalna efikasnost u odnosu na druge jedinice u referentnom skupu. Relativna efikasnost određene jedinice računa se kao omjer težinske sume outputa i težinske sume inputa. Težine outputa i težine inputa za svaku jedinicu određuju se tako da njezina mjera efikasnosti bude maksimalna, uz ograničenje da rezultat relativne efikasnosti ne može biti veći od jedan (»1«). Tako definiran model maksimizira rezultat relativne

<sup>1</sup> Danas je u primjeni mnogo modela AOMP-a koji se razlikuju s obzirom na izbor prinosa i s obzirom na opseg djelovanja (modeli koji pretpostavljaju konstantne i modeli koji pretpostavljaju varijabilne prinose), izbor geometrije granice skupa proizvodnih mogućnosti (po dijelovima linearna, log-linearna ili Cobb-Douglasova granica efikasnosti), izbor putanje projekcije neefikasnih jedinica na granicu efikasnosti (modeli usmjereni na smanjenje inputa i modeli usmjereni na povećanje outputa). Model CCR (po Charnes, Cooper i Rhodes) jedan je od osnovnih i najčešće primjenjivanih modela.



**Slika 1.** Grafički prikaz granice efikasnosti u modelu AOMP-a (primjer s 2 inputa)

**Fig. 1** Graphical description of efficiency frontier in DEA model (two-input example)

efikasnosti svake jedinice s tim da skup težina koji se dobije mora biti moguć i ostvariv i za svaku drugu jedinicu u promatranom skupu. Dakle, određuje se najbolja moguća ostvariva granica proizvodnih mogućnosti, odnosno maksimalni output za svaku jedinicu uz danu razinu njezinih inputa.

AOMP se temelji na ekstremnim vrijednostima i svaku proizvodnu jedinicu uspoređuje samo s onim najboljima. Osnovna je pretpostavka pritom da ako određena jedinica može s  $X$  ulaznih resursa proizvesti  $Y$  izlaznih proizvoda, isto bi trebale moći učiniti i ostale jedinice ako rade učinkovito. Središte analize leži u pronalaženju »najbolje« virtualne proizvodne jedinice za svaku realnu jedinicu. Ako je virtualna jedinica bolja od originalne bilo da postiže više outputa s istim inputima ili da ostvaruje iste outpute s manje inputa od stvarne, tada je ova neefikasna.

U sljedećem ćemo poglavlju na jednostavnom primjeru pokušati objasniti teorijske osnove na kojima počiva analiza omeđivanja podataka. Prvo ćemo numeričkim primjerom prikazati matematičke pretpostavke i postupke nužne u različitim modelima AOMP-a. Drugo, grafičkim prikazom istoga primjera opisat ćemo koncept omeđivanja i udaljenosti podataka.

### 3.2 Jednostavan numerički primjer – Simple numerical example

Jednostavan numerički primjer može predočiti što zapravo radi AOMP. Uzmimo primjer tri igrača bejzbola, udarača A, B i C (donositelji odluke) sa sljedećom statistikom udaranja. Igrač A je dobar u

udarcima za osvajanje jedne baze (*single strike*), igrač C je dobar u udarcima za osvajanje svih baza – optrčavanje (*home run*). Igrač B je negdje između.

⇒ Igrač A: u 100 udaraca – 40 udaraca za osvajanje jedne baze, 0 optrčavanja,

⇒ Igrač B: u 100 udaraca – 20 udaraca za osvajanje jedne baze, 5 optrčavanja,

⇒ Igrač C: u 100 udaraca – 10 udaraca za osvajanje jedne baze, 20 optrčavanja.

Kao analitičari koji primjenjuju AOMP kombiniramo dijelove različitih igrača. Što se tiče igrača A, očito je da nikakva kombinacija igrača B i C ne može postići 40 udaraca za osvajanje jedne baze, uz ograničenje od samo 100 udaraca. Dakle, igrač A je efikasan u udarcima za osvajanje jedne baze.

Analiziramo dalje igrača B i pritom pokušamo zamisliti pola-pola kombinaciju igrača A i C. To znači da je  $\lambda = [0,5; 0,5]$ . Virtualni output vektor je tada:

$$\lambda Y = [0,5 * 40 + 0,5 * 10; 0,5 * 0 + 0,5 * 20] = [25; 10].$$

$\lambda Y > Y = [20; 5]$  znači da je igrač B neefikasan, odnosno da je moguće umanjiti inpute  $X$  (broj udaraca) i proizvesti virtualni output vektor koji je najmanje jednak ili bolji od originalnoga outputa. Takav faktor umanjivanja omogućava da odredimo razinu efikasnosti toga igrača. Odnos 50–50 % igrača A i C pritom ne mora nužno biti optimalni virtualni igrač. Efikasnost se tada može izračunati odgovarajućim linearnim programom.

Za igrača C je vidljivo da je efikasan jer nijedna kombinacija igrača A i B ne može dati ukupno 20 optrčavanja u samo 100 udaraca.

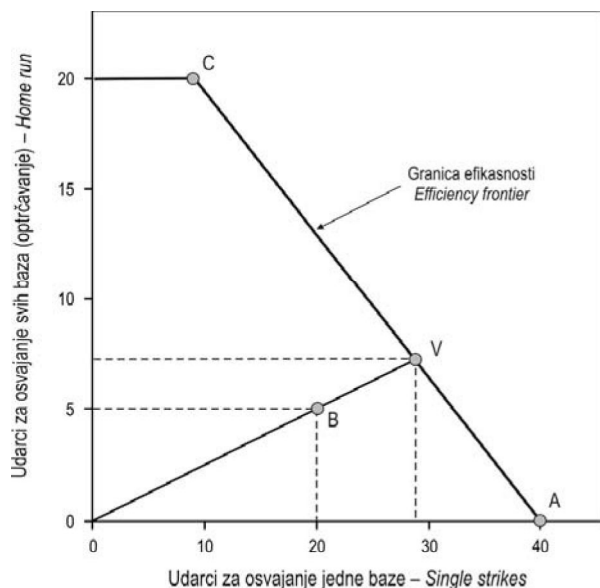
### 3.3 Grafički pristup AOMP-u – Graphical approach to DEA

Slučajeve s jednim inputom i dva outputa lako je analizirati grafički. Prethodni numerički primjer grafički je riješen na slici 2.

Ako pretpostavimo da su dopuštene konveksne kombinacije igrača, onda segment linije koji spaja igrača A i C pokazuje mogućnosti formiranja virtualnih outputa na temelju tih dvaju igrača. Jednaki se segmenti mogu povući između A i B te B i C. Budući segment AC leži iznad segmenata AB i BC, to znači da će konveksna kombinacija A i C dati najviše outputa za danu razinu inputa. Ta se linija naziva granicom efikasnosti. Granica efikasnosti definira maksimalne kombinacije outputa koje se mogu dobiti uz dane inpute.

Budući da se igrač B nalazi ispod efikasne granice, on je neefikasan. Njegova se efikasnost može utvrditi uspoređivanjem s virtualnim igračem formiranim od A i C. Virtualni igrač, nazovimo ga  $V$ , otprilike je 64 % igrača C i 36 % igrača A.





**Slika 2.** Grafički prikaz rješenja AOMP-a za igrača B (izvor: [www.etm.pdx.edu/dea/homedea](http://www.etm.pdx.edu/dea/homedea))

**Fig. 2** Graphical example of DEA for player B (source: [www.etm.pdx.edu/dea/homedea](http://www.etm.pdx.edu/dea/homedea))

Efikasnost igrača B se izračunava traženjem dijela inputa koje bi igrač V trebao za postizanje jednakih outputa kao igrač B. To je jednostavno odrediti pomoću linije od ishodišta O do točke V. Efikasnost igrača B je  $OB/OV$ , što otprilike iznosi 68 %. Slika 2 također pokazuje da su igrači A i C efikasni jer leže na granici efikasnosti.

#### 4. Tradicionalne tehnike mjerenja efikasnosti i AOMP – Traditional techniques to measure efficiency and DEA

Parametarski bi se pristupi (statistička regresijska analiza, metodologija stohastičkih granica) mogli ubrojiti u tradicionalne tehnike mjerenja efikasnosti (LeBel 1996). U nastavku ćemo kratko prikazati odnos takvih tradicionalnih metoda prema AOMP-u i njihovu primjerenost za ocjenu uspješnosti u šumarstvu.

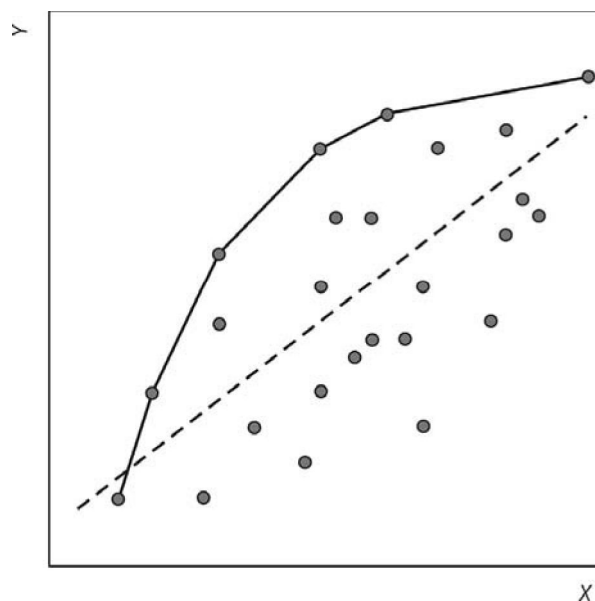
Analiza omeđivanja podataka i regresijska analiza dva su različita pristupa za analizu podataka. Postupci regresijske analize, kada se primijene za određivanje efikasnosti, obično se nazivaju »prosječnim metodama« jer na osnovi nezavisnih varijabli procjenjuju prosječne vrijednosti zavisnih varijabli. Procijenjeni prosječni parametri standard su na temelju kojega se zatim računa efikasnost.

U ekonometrijskom linearnom modelu višestruke regresije cilj je iz podataka konstruirati regresijsku hiperravninu, dok AOMP ima za cilj iz podataka konstruirati granicu određenu skupom efikasnih jedinica. Regresijska se analiza temelji na procjeni pa-

rametara i jednoj optimizaciji za mističnu prosječnu jedinicu (točke na regresijskoj hiperravnini) opisujući njezino ponašanje. Pritom zahtijeva nametanje specifičnoga funkcionalnoga oblika koji povezuje zavisne i nezavisne varijable (npr. regresijska jednadžba, proizvodna funkcija...) i pretpostavke o distribuciji članova greške. AOMP je oslobođen tereta takvih pretpostavki (Petrov 2002).

Rezultati su regresijske analize transparentni, pružaju pouzdane informacije i mogu se lako predočiti menadžmentu. Međutim, dok regresijska analiza optimizira kroz sve promatrane jedinice, AOMP za svaku jedinicu rješava problem linearnoga programiranja, što znači da se fokusira na individualna opažanja. Stoga se regresijska analiza koristi kada nas zanimaju opća obilježja svih jedinica, a AOMP kada se promatra pojedina jedinica u usporedbi s ostalim jedinicama koje koriste iste inpute i iste outpute.

Regresijska analiza odražava »prosječno« ponašanje promatranih jedinica, dok se AOMP koncentrirala na najbolje jedinice i određuje efikasnost pojedine jedinice u odnosu na ostale (najbolje) jedinice u promatranom skupu. Iz toga proizlaze i različiti pristupi poboljšanju poslovanja. AOMP identificira najbolju jedinicu koja služi kao referentna vrijednost (engl. *benchmark*) koja se koristi za poboljšanje poslovanja ostalih jedinica. Statistički pristup regresijskom analizom traži prosječno poslovanje, na temelju poslovanja svih uspoređivanih jedinica uključujući i one koje najlošije posluje, kao osnovu za traženje poboljšanja poslovanja. Usporedba AOMP-a i regresijske analize ilustrirana je slikom 3.



**Slika 3.** Usporedba AOMP-a i regresijske analize  
**Fig. 3** Comparison of DEA and regression analysis

Nadalje, pristup stohastičkih granica nije dovoljno dobro razvijen u slučaju više outputa. Napomenimo da do sada nije pronađen funkcionalni oblik koji bi dovoljno dobro opisao višeznačno preslikavanje proizvodne tehnologije u slučaju više od dva outputa (Petrov 2002). AOMP može obraditi slučajeve višestrukih inputa/outputa relativno jednostavnim matematičkim postupcima i pri tome omogućiti uočavanje uzroka i dosega neefikasnosti.

Prednost u odnosu na tradicionalne tehnike jest i to što AOMP za izabrane inpute i outpute pretpostavlja da među njima postoji veza, ali ne traži poznavanje analitičke forme te veze. Nedostatak je ove metodologije u odnosu na regresijsku analizu u tome što je osjetljiva na ekstremna opažanja i slučajne pogreške. Naime, osnovna je pretpostavka metodologije da slučajne pogreške ne postoje i da sva odstupanja od efikasne granice predstavljaju neefikasnost.

### 5. Prethodna primjena AOMP-a u šumarstvu – *Previous application of DEA in forestry*

U šumarstvu je AOMP prvi put primijenio Rhodes (1986). Međutim, broj radova temeljenih na mjerenju efikasnosti neparametarskim tehnikama, kakav je AOMP, u šumarskoj je literaturi još uvijek vrlo ograničen. U nastavku su navedeni neki primjeri primjene AOMP-a u šumarstvu.

LeBel (1996) primjenom analize omeđivanja podataka ocjenjuje poslovanje i tehničku efikasnost uslužnih izvođača šumskih radova na jugu SAD-a. Usporedbom 23 potpuno mehanizirana šumarska poduzetnika i efikasnosti s kojom inpute (vrijednost kapitala, potrošnih dobara i radne snage) pretvaraju u outpute (tone pridobivenoga i isporučenoga drva), nastoji objasniti uzroke razlika u poslovanju pojedinih uslužnika.

Kao (1998) analizira državne šume na Tajvanu organizirane u osam okruga s 24 niže jedinice (radni krugovi). U određivanju relativne efikasnosti šumskih okruga za outpute uzima proizvodnju drva, očuvanje i zaštitu zemljišta te rekreativnu ulogu šume iskazanu brojem posjetitelja. Inputima pritom smatra površinu zemljišta, broj zaposlenika, troškove poslovanja i drvenu zalihu.

Isti autor 2000. godine metodom AOMP mjeri uspješnost reorganizacije šumskih okruga na Tajvanu. Pritom, isti okrug u dvije udaljene vremenske točke promatra kao dva entiteta, a odnos rezultata efikasnosti pojedinoga okruga koristi kao mjeru unapređenja efikasnosti.

Viitala i Hanninen (1998) u okviru određivanja razine efikasnosti javnih šumskih organizacija uspoređuju 19 regionalnih šumskih odbora koje financira država. Primjenom AOMP-a utvrđuju značajne

razlike u efikasnosti pojedinih odbora i ističu mogućnost uštede inputa i do 20 %.

Zhang (2002) neparametarskim pristupom istražuje utjecaj ekonomske reforme na efikasnost uzgajanja šuma. Analizom podataka prije ekonomske reforme u kineskim državnim šumama i podataka iz tranzicijskoga razdoblja pokazuje da se efikasnost povećala za prosječno 25 %. Kao glavne izvore unapređenja stanja navodi smanjenje administrativnih troškova i veće zalaganje radnika.

Bogetoft i dr. (2003) u Danskoj razmatraju male privatne šume/šumovlasnike povezane područnim uredima šumarske savjetodavne službe. U članku ocjenjuju efikasnost područnih ureda i metodom AOMP procjenjuju moguće dobiti od potencijalnoga udruživanja više ureda i okrupnjavanja područja gospodarenja šumama.

Hailu i Veeman (2003) analiziraju tehničku efikasnost, tehničke promjene i rast produktivnosti šumarske proizvodnje za šest sjevernih provincija u Kanadi. Istraživanjima šumskogospodarskih aktivnosti utvrđuju značajne razlike u efikasnosti promatranih regija. Nalazi dobiveni AOMP-om pritom pokazuju pozitivan utjecaj gustoće šuma i udjela bjelogorice na efikasnost šumske industrije.

Lee (2005) rangira, prema tehničkoj efikasnosti, 79 tvrtki šumarske i papirne industrije. Pritom razinu efikasnosti određuje metodologijom stohastičkih granica i metodom AOMP te uspoređuje dobivene rezultate. Iako utvrđuje da razlike u rezultatima postoje, Lee nalazi da su najbolje i najlošije tvrtke prema objema metodama jednako rangirane.

Marinescu i dr. (2005) koriste AOMP u razvoju i uspostavi modela alokacije drveta. Na temelju dvaju kriterija – profita i zaposlenosti, postavljeni model AOMP-a šumske sastojine raspoređuje različitim šumskim poduzećima. Usporedba sa slučajnom alokacijom, alokacijom prema profitu i onom prema zaposlenosti pokazala je da model AOMP-a može dati praktična rješenja i da može uskladiti postavljena dva alokacijska kriterija.

Salehirad i Sowlati (2005) primijenili su analizu omeđivanja podataka za ocjenu poslovanja u primarnoj proizvodnji drva Britanske Kolumbije. Različitim modelima AOMP-a procijenili su efikasnost pilana koristeći potrošnju trupaca i uloženi rad kao inpute, a proizvodnju drvne građe i iverja kao outpute.

Vennesland (2005) mjeri ruralni ekonomski razvoj u Norveškoj. Primjenom analize omeđivanja podataka nastoji ocijeniti uspješnost državnih strategija za podršku ruralnoga razvoja u poticanju stanovništva na uključivanje u projekte vezane uz šumarstvo.

Diaz-Balteiro i dr. (2006) primjenom metode AOMP nastoje utvrditi vezu između produktivnosti i inovacija u drvnoj industriji Španjolske. Analiziranjem po-

slovanja više poduzeća drvne industrije zaključuju da ne postoji značajna veza između efikasnosti pojedinih tvrtki i njihovih inovacijskih aktivnosti, što objašnjava zanemarivanjem razvoja i istraživanja kao sredstva postizanja uspješnosti i konkurentnosti.

U našoj zemlji postoji nekoliko autora koji su metodologiju analize omeđivanja podataka primjenjivali u različitim područjima. U spomenutoj bibliografiji (Tavares 2002) navodi se 20 radova hrvatskih autora. Tako su relativnu efikasnost financijskih institucija u Republici Hrvatskoj određivali Neralić (1996), Jemrić i Vujičić (2002), Davosir-Pongrac (2006). Na primjerima određivanja relativne efikasnosti u trgovini AOMP su primijenili Petrov (2002) i Šegota (2003). Hunjet (1998) piše o efikasnosti poslovnih sredstva hrvatske industrije po regijama, a Bahovec i Neralić (2001) daju procjenu efikasnosti poljoprivredne proizvodnje u Hrvatskoj. Šporčić i dr. (2006, 2007) na primjeru prijevoza drva kamionskim skupovima ilustriraju mogućnosti primjene AOMP-a u šumarstvu te ocjenjuju relativnu efikasnost radnih jedinica mehanizacije Hrvatskih šuma d.o.o. Zagreb. Šporčić (2007) primjenom AOMP-a ocjenjuje uspješnost poslovanja 48 šumarija kao predstavnika odabranih uprava šuma podružnica, odnosno četiriju glavnih regija u hrvatskom šumarstvu.

## 6. Prednosti i nedostaci – *Advantages and limitations*

Jedan je od glavnih nedostataka AOMP-a slaba moć razlučivanja (ne)efikasnih jedinica u gornjem rasponu efikasnosti. Naime, broj se jedinstveno efikasnih jedinica povećava s brojem input i output varijabli. Zadržavanje broja opažanja znatno većim od broja varijabli ( $n \gg m+t$ ) nije uvijek dovoljno za »oštrije« razlučivanje efikasnosti. Razlog tomu djelomice leži u opisanoj fleksibilnosti metode u određivanju težina inputa i outputa. Radi prevladavanja toga problema razvijeno je više različitih modela: *Cone-Ratio Method*, *Assurance Region Method* i *Proportion-based Weights* (Cooper i dr. 2003).

Sljedeće je ograničenje u cjelokupnoj kompleksnosti metode. Budući standardna formulacija AOMP-a računa poseban linearni program za svaku uspoređivanu jedinicu, opsežne usporedbe mogu biti računski intenzivne i stoga se model može činiti prilično složenim, odnosno manje privlačnim.

Nadalje, ova je metoda dobra u procjeni »relativne« efikasnosti, ali se vrlo sporo proteže u apsolutnu efikasnost. Drugim riječima, analiza pokazuje koliko je određena organizacijska jedinica uspješna u usporedbi s ostalim jedinicama, ali ne i koliko je dobra u usporedbi s »teoretskim maksimumom«.

Jedna od prednosti AOMP-a je u usporedbi jedinica s višestrukim inputima i outputima pri čemu

oni mogu biti iskazani u različitim jedinicama mjere. Zatim, za izabrane inpute i outpute pretpostavlja se da postoji veza među njima, ali ne treba znati eksplicitan oblik te veze. Omogućena je izravna usporedba određene jedinice s ostalim jedinicama ili kombinacijom jedinica slične tehnologije rada i sličnih zadataka. Korištenjem najboljih jedinica kao referentnih vrijednosti neefikasnim se ukazuje koje su promjene u resursima potrebne da unaprijede svoje poslovanje.

Šumarskim stručnjacima, menadžerima i istraživačima rješenja relativne efikasnosti mogu biti zanimljiva zbog tri svojstva metode AOMP:

- ⇒ karakterizacija svake organizacijske jedinice jednim rezultatom relativne efikasnosti,
- ⇒ poboljšanja koja model predlaže neefikasnim jedinicama temeljena su na ostvarenim rezultatima organizacijskih jedinica koje posluju efikasno,
- ⇒ promatranje problema s AOMP-om alternativni je i neizravni pristup specifikiranju apstraktnih statističkih modela i donošenju zaključaka temeljenih na rezidualnoj analizi ili analizi s koeficijentima (parametrima).

Na taj način analiza omeđivanja podataka sa svojim karakteristikama može u šumarstvu postati novo oruđe menadžmenta za analizu efikasnosti poslovanja koje omogućuje novi pristup organizaciji i analizi podataka, analizi troškova i koristi, procjeni granice i teoriji učenja od najuspješnijih.

## 7. Umjesto zaključaka – *Instead of conclusions*

U ovom vrlo dinamičnom razdoblju gospodarenja prirodnim resursima kada se šumarski stručnjaci suočavaju s izazovom stručnoga i odgovornoga upravljanja šumama i šumskim zemljištem uz istodobne zahtjeve za očuvanjem njihovih ekoloških, socijalnih i gospodarskih funkcija te za profitabilnim poslovanjem šumarskih tvrtki, menadžerima su potrebni različiti modeli kojima se računovodstveni i financijski podaci pretvaraju u upotrebljive informacije. U izradi modela i analizi rezultata težimo obuhvatiti što više relevantnih podataka. Međutim, ne postoji analiza koja može obuhvatiti cjelokupno poslovanje organizacijskih jedinica u šumarstvu.

Organizacijske jedinice u šumarstvu, osim gotovih »proizvoda« (obujam posječenoga i izrađenoga drva, duljine izgrađenih šumskih cesta, obnovljene šumske površine i dr.), gospodarenjem šumama osiguravaju i niz usluga i općekorisnih funkcija koje šume pružaju korisnicima. Upravo zbog toga je efikasnost jedinica u šumarstvu teže ocijeniti od efikasnosti jedinica koje se bave jednostavnom robnom



proizvodnjom. Naime, teško je kvantitativno odrediti koje su količine resursa potrebne za »proizvodnju« određene količine takvih usluga i općih koristi. Također je teško kvantitativno izraziti i samu količinu takvih outputa. Dakle, zajedničko je svim organizacijskim jedinicama u šumarstvu da se dio njihova outputa sastoji od usluga i općih koristi, od kojih je većinu teško materijalno iskazati. U analizama je te »nematerijalne« outpute potrebno na najbolji mogući način nadomjestiti drugim lakše dostupnim i mjerljivim zamjenskim varijablama. Isto je tako u analizi poslovanja potrebno koristiti više metodologija i modela koji zajedno cjelovitije opisuju poslovanje i koji daju bolje pokazatelje uspješnosti.

U ovom su radu, za ocjenu i usporedbu poslovanja, predstavljeni modeli analize omeđivanja podataka koji u razmatranje istodobno uzimaju više varijabli, tako da mogu dati obuhvatniju mjeru poslovanja organizacijskih cjelina u šumarstvu.

Analiza omeđivanja podataka kao tehnika mjerenja produktivnosti i efikasnosti doživjela je široku primjenu u mnogim područjima. Ipak, u području upravljanja obnovljivim prirodnim resursima još je uvijek nedovoljno prisutna. U šumarskoj literaturi postoji tek ograničeni broj radova temeljenih na određivanju efikasnosti neparametarskim tehnikama kakav je AOMP, te one tek trebaju biti uvedene i prihvaćene u šumarstvu kao alat menadžmenta na strateškoj i operativnoj razini odlučivanja.

Usporedbom putem metode AOMP mogu se utvrditi objektivno mogući najveći dosezi za najvažnije prirodne i financijske segmente poslovanja i ukupno, ali i ukazati na resurse čije je korištenje, uvažavajući objektivne okolnosti, nedovoljno učinkovito. Osim toga ovakva metodologija omogućuje otkrivanje mjesta mogućih poboljšanja u poslovanju, ali i izvora neuspješnosti poslovanja. Na temelju prikaza dijela istraživanja provedenih metodom AOMP i prikazanih mogućnosti primjene smatra se da analiza omeđivanja podataka u šumarstvu, jednako kao u mnogim drugim poslovnim sustavima, može biti vrlo snažna podrška planiranju i odlučivanju.

Složenost današnjega poslovnoga okruženja, imperativ ekološke prihvatljivosti i poslovne uspješnosti uz istodobno održivo gospodarenje šumama, nalaže potrebu za modelom koji će pravilno procijenjivati troškove, usluge, koristi i ostale proizvodne informacije radi utvrđivanja efikasnosti poslovanja kao i identificiranja iznosa i izvora neefikasnosti u šumarstvu. Razvojem i primjenom analize omeđivanja podataka i drugih modela višekriterijskoga odlučivanja moguće je obogatiti šumarsku znanost i praksu pristupom koji bi trebao pridonijeti lakšemu analiziranju, planiranju i predviđanju pri gospodarenju šumama.

## 8. Literatura – References

- Bahovec, V., L. Neralić, 2001: Relative efficiency of agricultural production in county districts of Croatia. *Mathematical Communications – Supplement*, 1: 111–119.
- Bogetoft, P., B. J. Thorsen, N. Strange, 2003: Efficiency and merger gains in the Danish Forestry Extension Service. *Forest Science*, 49 (4): 585–595.
- Charnes, A., W. W. Cooper, E. Rhodes, 1979: Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 3(4): 429–444.
- Charnes, A., W. Cooper, A. Lewin, L. Seiford, 1994: *Data envelopment analysis, theory, methodology and applications*. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Cooper, W. W., L. M. Seiford, K. Tone, 2003: *Data Envelopment Analysis – A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, Kluwer Academic Publishers, 318 str.
- Davosir Pongrac, D., 2006: *Efikasnost osiguravajućih društava u Republici Hrvatskoj*. Magistarski rad, Ekonomski fakultet, Zagreb, 139 str.
- Díaz-Balteiro, L., A. C. Herruzo, M. Martínez, J. González-Pachón, 2006: An analysis of productive efficiency and innovation activity using DEA: An application to Spain's wood-based industry. *Forest Policy and Economics*, 8(7): 762–773.
- Galanopoulos, K., S. Aggelopoulos, I. Kamenidou, K. Matas, 2006: Assessing the effects of managerial and production practices on the efficiency of commercial pig farming. *Agricultural Systems*, 88(2–3): 125–141.
- Glass, J. C., D. G. McKillop, G. O'Rourke, 1999: A cost indirect evaluation of productivity change in UK universities. *Journal of Productivity Analysis*, 10(2): 153–75.
- Hailu, A., T. S. Veeman, 2003: Comparative analysis of efficiency and productivity growth in Canadian regional boreal logging industries. *Canadian Journal of Forest Research*, 33(9): 1653–1660.
- Hunjet, D., 1998: *Efikasnost poslovnih sredstava hrvatske industrije po regijama*. Magistarski rad, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 98 str.
- Jemrić, I., B. Vujčić, 2002: Efficiency of banks in Croatia: a DEA approach. *Comparative Economic Studies*, vol. XLIV (2): 169–193.
- Kao, C., 1998: Measuring the efficiency of forest districts with multiple working circles. *Journal of the Operational Research Society*, 49(6): 583–590.
- Kao, C., 2000: Measuring the performance improvement of Taiwan forests after reorganization. *Forest Science*, 46(4): 577–584.
- LeBel, L. G., 1996: *Performance and efficiency evaluation of logging contractors using Data envelopment analysis*. Dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, 201 str.
- Lee, J. Y., 2005: Using DEA to measure efficiency in forest and paper companies. *Forest Products Journal*, 55(1): 58–66.
- Marinescu, M. V., T. Sowlati, T. C. Maness, 2005: The development of a timber allocation model using data envelopment analysis. *Canadian Journal of Forest Research*, 35(10): 2304–2315.

Neralić, L., 1996: O nekim primjenama analize omeđivanja podataka u bankarstvu. *Ekonomija*, 2(3): 493–521.

Petrov, T., 2002: Modeli analize omeđivanja podataka s primjenom u trgovini. Magistarski rad, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 163 str.

Rhodes, E., 1986: An explanatory analysis of variations in performance among U.S. national parks. In: Silkman, R. (ed.), *Measuring Efficiency: An Assessment of DEA*, str. 47–71.

Salehirad, N., T. Sowlati, 2005: Performance analysis of primary wood producers in British Columbia. *Canadian Journal of Forest Research*, 35(2): 285–294.

Sheldon, G. M., 2003: The efficiency of public employment services. A nonparametric matching function analysis for Switzerland. *Journal of Productivity Analysis*, 20(1): 49–70.

Šegota, A., 2003: Usporedna analiza efikasnosti prodajnih objekata u maloprodaji. Disertacija, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 99 str.

Šporčić, M., K. Šegotić, I. Martinić, 2006: Efikasnost prijevoza drva kamionskim skupovima određena analizom

omeđivanja podataka. *Glasnik za šumske pokuse*, pos. izdanje, 5: 679–691.

Šporčić, M., Martinić, I., Šegotić, K., 2007: Ocjena efikasnosti radnih jedinica u šumarstvu analizom omeđivanja podataka. *Nova meh. šumar.*, 28: 3–15.

Šporčić, M., 2007: Ocjena uspješnosti poslovanja organizacijskih cjelina u šumarstvu neparametarskim modelom. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 112 str.

Tavares, R., 2002: A bibliography of Data envelopment analysis (1978–2001). Ructor Research Report.

Vennesland, B., 2005: Measuring rural economic development in Norway using data envelopment analysis. *Forest Policy and Economics*, 7 (1): 109–119.

Viitala, E. J., H. Hanninen, 1998: Measuring the efficiency of public forestry organizations. *Forest Science*, 44(2): 298–307.

Zhang, Y. Q., 2002: The impacts of economic reform on the efficiency of silviculture: a nonparametric approach. *Environment & Development Economics*, 7(1): 107–122.

---

## Abstract

---

### Data Envelopment Analysis as the Efficiency Measurement Tool – Possibilities of Application in Forestry

*The paper describes the possibilities of Data Envelopment Analysis application in forestry and explains the importance of models and techniques which can contribute to easier analysis and planning in forest management. Data Envelopment Analysis (DEA) is a determining, non-parametric methodology for assessing relative efficiency of comparable decision making units with more inputs and outputs. The paper explains the concept of relative efficiency and describes mathematical and statistical basics of DEA. It compares traditional techniques for measuring efficiency to DEA, and describes the advantages and limitations of DEA methodology. The survey of a part of previously conducted investigations with the use of DEA gives the examples of possible applications of DEA in forestry. Based on the given examples, characteristics of DEA and described possibilities of use, it is concluded that the Data Envelopment Analysis in forestry, as well as in many other business systems, can be a very powerful support to planning and decision making.*

*Key words: forestry, business success, efficiency, Data Envelopment Analysis*

---

#### Adresa autorâ – Authors' addresses:

Doc. dr. sc. Mario Šporčić  
e-pošta: sporcic@sumfak.hr  
Prof. dr. sc. Ivan Martinić  
e-pošta: martinic@sumfak.hr  
Matija Landekić, dipl. ing. šum.  
e-pošta: mlandekic@sumfak.hr  
Marko Lovrić, dipl. ing. šum.  
e-pošta: mlovric@sumfak.hr  
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije  
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
Svetošimunska 25  
HR-10 000 Zagreb

Primljeno (Received): 6. 10. 2008.  
Prihvaćeno (Accepted): 2. 12. 2008.

# Prošlost, sadašnjost i budućnost sveučilišne šumarske nastave u Republici Hrvatskoj

Tibor Pentek, Milan Oršanić, Ivica Papa

## Nacrtak – Abstract

*U ovom je radu prikazana prošlost, sadašnjost i budućnost sveučilišne šumarske nastave u Republici Hrvatskoj. Šumarska se nastava prvi put počela provoditi na Gospodarsko-šumarskom učilištu u Križevcima 1860. godine. Godine 1885. šumarski stručnjaci ocjenjuju da je prijeko potrebno osnivanje Šumarske akademije pri Sveučilištu u Zagrebu, te su daljnje aktivnosti usmjerene ka osnivanju visoke šumarske škole – Šumarske akademije, koja započinje raditi pri Mudroslovnom (Filozofskom) fakultetu Sveučilišta u Zagrebu 20. listopada 1898. godine.*

*Zbog lošega stanja našega šumarstva nakon Prvoga svjetskog rata te nekih promišljanja kako se bez stranih stručnjaka neće moći upravljati državnim šumama, profesori Šumarske akademije dr. Andrija Petračić i dr. Đuro Nenadić pokreću akciju da se Šumarska akademija preustroji u samostalni odjel Filozofskoga fakulteta. Dana 31. kolovoza 1919. potpisan je ukaz o osnivanju Gospodarsko-šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu koji je svoj rad započeo u akademskoj godini 1919/1920.*

*Šumarska se nastava od 1919. do 1960. godine odvijala zajedno s poljoprivrednom nastavom, a Zakonom o osnivanju Poljoprivrednoga fakulteta i Šumarskoga fakulteta u Zagrebu (Narodne novine od 8. 12. 1959) oba dotadašnja odjela postaju samostalni fakulteti.*

*Danas se Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu sastoji od Šumarskoga odsjeka i Drvno-tehnološkoga odsjeka. Na Šumarskom se odsjeku provode dva preddiplomska studija, dva diplomatska studija, sedam poslijediplomskih specijalističkih studija i jedan poslijediplomski doktorski studij (s dva smjera).*

*Kako bi visokoškolska šumarska nastava u Republici Hrvatskoj i u budućnosti bila na razini koja joj nesumnjivo pripada, a to je oduvijek bilo nedvojbeno vodeće mjesto u regiji te jedno od vodećih mjesta među visokoškolskim šumarskim institucijama u Europi, potrebno je dalje razvijati ugled visokoškolske šumarske nastave na Šumarskom fakultetu, raditi na stručnom usavršavanju nastavnika i suradnika, otvoriti preddiplomski i/ili diplomski studij na engleskom jeziku, otvoriti međufakultetski (međusveučilišni) poslijediplomski doktorski studij na engleskom jeziku, osigurati cjeloživotno usavršavanje, ustrojiti trening centar itd.*

*Ključne riječi: Šumarska akademija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Šumarski odsjek, visokoškolska šumarska nastava*

## 1. Uvod – Introduction

Hrvatska je dio stare sredozemne civilizacije koja se na ovim prostorima razvija više od tisuću godina. Upravo su zato u sredozemnim dijelovima Hrvatske ponajprije uočene posljedice smanjenja šumskoga pokrova. To je potaklo žitelje primorskih krajeva da u svojim prvim zakonskim odrednicama statuta gradova, počevši od XII. stoljeća, ozakone potrebu za-

štite i očuvanja šuma (Nin – 1103, Korčula – 1214, Split – 1240, Dubrovnik – 1272, Trogir – 1322, Krk – 1388. godine i dr.). U tom su se vremenu znanja prenosila usmenom predajom, ali i pisanom riječju.

Prvo naukovanje o šumarstvu spominje se u svezi sa Šumarskom školom iz 1646. godine u Blatu na otoku Korčuli (to je vrijeme kada su za Istru, Kvarner i Dalmaciju vrijedile zakonske odredbe senata Venecije).



Prve su šumarske škole u Europi osnovane početkom XIX. st., i to: 1807. u Württembergu (Njemačka), 1813. u Mariabrunnu (Austrija), 1816. u Tharandtu (Njemačka), 1824. u Nancyju (Francuska), 1828. u Stockholmu (Švedska), 1846. u Bánskoj Štiavnici (Češka), 1872. u Firenzi (Italija) i u Beču (Austrija), 1885. u Zürichu (Švicarska) itd.

Prvi su se šumarski stručnjaci iz Hrvatske školovali u Marianbrunnu, Tharandtu i u Bánskoj Štiavnici. Njih je u tim školama bilo malo, ali su imali značajnu intelektualnu, stručnu i domoljubnu ulogu u životu tadašnje Hrvatske.

Oni su imali velik utjecaj na mnoga događanja vezana uz šumarsku struku i javni život Hrvatske, npr. osnivanje Hrvatsko-slavonskoga gospodarskoga društva 1841. godine i u njemu Odsjeka za šumarstvo, koji se 1846. osamostaljuje pod imenom Hrvatsko-slavonsko šumarsko društvo koje otada neprekidno djeluje, danas kao Hrvatsko šumarsko društvo.

## 2. Povijesni pregled sveučilišne šumarske nastave u Hrvatskoj – *Historical review of forestry education in Croatia*

### 2.1 Šumarska nastava na

#### **Gospodarsko-šumarskom učilištu u Križevcima (1860–1898) – *Forestry education at the School of Agriculture and Forestry in Križevci (1860–1898)***

Svestranim djelovanjem članova Hrvatsko-slavonskoga šumarskoga društva, a poglavito Franje Šporera, Dragutina Kosa i Ante Tomića, osniva se 1860. Gospodarsko-šumarsko učilište u Križevcima.

U radu učilišta razlikuju se tri razvojne faze:

- ⇒ Prvo razdoblje križevačkoga učilišta (1860–1877) – cilj je znanstveno i praktično obrazovanje mladih ljudi koji će obavljati službu šumara kod vlastele ili općina, ili se pak zaposliti u državnoj službi. Ravnatelj je upravljao zavodom, dok su učitelji i njihovi zamjenici činili zbor kojim je predsjedavao ravnatelj.
- ⇒ Drugo razdoblje križevačkoga učilišta (1877–1894) – godine 1877. prvi se put preustrojava Gospodarsko-šumarsko učilište u Križevcima, te se po novom zakonu ono naziva Kraljevsko gospodarsko i šumarsko učilište u Križevcima. Upotpunjena je naukovna osnova i uložena su veća novčana sredstva za pomoć zavoda gospodarstvu.
- ⇒ Treće razdoblje križevačkoga učilišta (1894–1898) – razvojem šumarske znanosti i potrebom struke za sve kvalitetnijim šumarskim stručnim osobljem koje će biti priznato do

svjetske stručne javnosti provedena je rasprava o školovanju šumarskih stručnjaka. Šumarski odsjek Gospodarskoga i šumarskoga učilišta imao je u svjetskim razmjerima razinu srednje škole, te su šumarski stručnjaci ocijenili da bi bilo oportuno osnovati Šumarsku akademiju pri Sveučilištu u Zagrebu.

Za prestanak rada Šumarskoga odjela na Kraljevskom gospodarskom i šumarskom učilištu u Križevcima te za otvaranje Šumarske akademije pri Mudroslovnom (Filozofskom) fakultetu Sveučilišta u Zagrebu značajnu je ulogu odigrao Zakon o šumama iz 1894. godine. Naime, tim je zakonom o uređenju šumsko-tehničke službe u paragrafu 6. određeno da se u toj službi za radna mjesta viša od X. činovničkoga razreda traži akademsko obrazovanje, tj. završena visoka šumarska škola. Stoga su sve daljnje aktivnosti bile usmjerene ka osnivanju visoke šumarske škole – Šumarske akademije koja je započela raditi u listopadu 1898. godine.

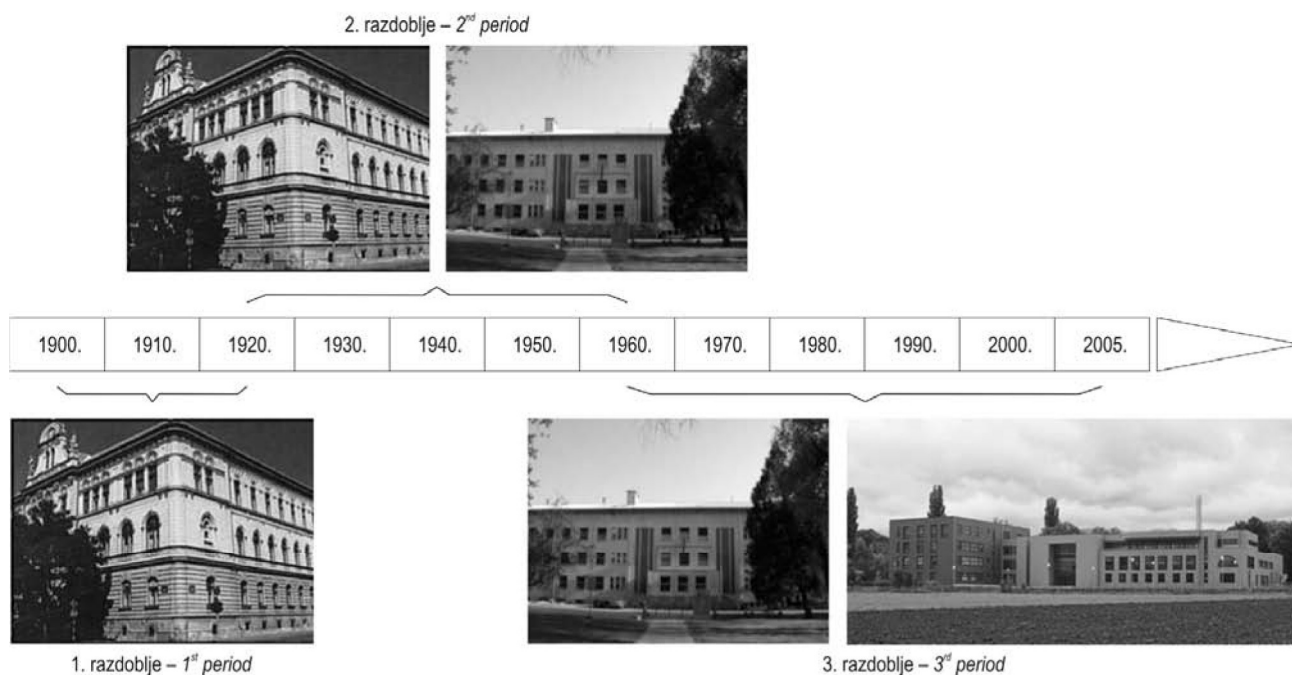
### 2.2 Visokoškolska šumarska nastava na Sveučilištu u Zagrebu – *Higher forestry education at the University of Zagreb*

- ⇒ Prvo razdoblje: Visokoškolska šumarska nastava na Šumarskoj akademiji pri Mudroslovnom (Filozofskom) fakultetu Sveučilišta u Zagrebu (1898–1919)
- ⇒ Drugo razdoblje: Visokoškolska šumarska nastava na Gospodarsko-(Poljoprivredno)-šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu (1919–1960)
- ⇒ Treće razdoblje: Visokoškolska šumarska nastava na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu (1960–2005)

#### **2.2.1 Visokoškolska šumarska nastava na Šumarskoj akademiji pri Mudroslovnom (Filozofskom) fakultetu Sveučilišta u Zagrebu (1898–1919) – *Higher forestry education at the Academy of Forestry within the Faculty of Philosophy in Zagreb (1898–1919)***

Šumarska je akademija otvorena 20. listopada 1898. godine (taj se datum slavi kao dan osnutka Šumarskoga fakulteta), a isti su se dan dogodili, za Zagrebačko sveučilište i za šumarsku struku značajni događaji:

- ⇒ svečano otvaranje novoizgrađenoga Šumarskoga doma i Šumarskoga muzeja,
- ⇒ održana je redovita 23. glavna skupština Hrvatsko-slavonskoga šumarskoga društva,
- ⇒ obavljeno je ustoličenje novoga rektora Sveučilišta u Zagrebu za akad. god. 1898/1899.

**Slika 1.** Pregled mjesta održavanja visokoškolske šumarske nastave**Fig. 1** Survey of locations of higher forestry education

U početku rada Šumarske akademije, kada je studij trajao tri godine i kada je Akademija bila čvrsto vezana uz matični, Filozofski fakultet, dekan Filozofskoga fakulteta bio je istodobno i dekan Šumarske akademije. Prelaskom na četverogodišnji studij i otvaranjem dvogodišnjega Geodetskoga tečaja 1908. godine Akademija se osamostaljuje i bira pročelnike

(koji su imali ulogu dekana) iz redova nastavnika Šumarske akademije.

Nakon I. svjetskoga rata 1918. naše je šumarstvo u dosta teškom položaju. Raskinuta je politička ovisnost o Austriji i Ugarskoj. Uprava je šuma dotada bila u rukama stranaca, a u Hrvatskoj nije bilo dovoljno stručnoga kadra. U stručnim šumarskim krugovima čuli su se čak i glasovi da se ne može bez stranih stručnjaka te da bi trebalo zadržati strane šumare koji su upravljali državnim šumama. U tom su trenutku profesori Šumarske akademije dr. Andrija Petračić i dr. Đuro Nenadić odlučno zastupali stajalište kako se treba osoviti na vlastite noge te na vlastitom fakultetu odgajati šumarske stručnjake s najvišom stručnom spremom. Oni odmah pokreću akciju da se Šumarska akademija preustroji u samostalan odjel Filozofskoga fakulteta.

Dana 31. kolovoza 1919. potpisan je ukaz o osnivanju Gospodarsko-šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu koji je svoj rad započeo u akad. god. 1919/20.

### 2.2.2 Visokoškolska šumarska nastava na Gospodarsko-(Poljoprivredno)-šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu (1919–1960) – Higher forestry education at the Faculty of Agriculture and Forestry, University of Zagreb (1919–1960)

Gospodarsko-šumarski fakultet sastoji se od dva odjela: gospodarskoga i šumarskoga, a sjedište Šu-

**Tablica 1.** Pročelnici šumarske akademije od akad. god. 1908/1909. do 1917/1918.**Table 1** Heads of the Academy of Forestry from 1908/1909 to 1917/1918

Ime i prezime Name	Godina obnašanja dužnosti Year of Offices
Ivan Partaš	1908/1909.
Dr. sc. Oto Frangeš	1909/1910.
Ing. Vinko Hlavinka	1910/1911.
Dr. sc. Milan Metelka	1911/1912.
Ing. Pavle Horvat	1912/1913.
Dr. sc. Đuro Nenadić	1913/1914.
Dr. sc. Andrija Petračić	1914/1915.
Ing. Pavle Horvat	1915/1916.
Dr. sc. Đuro Nenadić	1916/1917.
Dr. sc. Andrija Petračić	1917/1918.
Dr. sc. Andrija Petračić	1918/1919.

marškoga odjela nalazi se u zgradi Šumarskoga društva. Dana 27. siječnja 1920. imenovana su prva dva redovita profesora za Šumarski odjel: dr. Andrija Petračić i dr. Đuro Nenadić, a 18. i 19. ožujka prva dva redovita profesora za Gospodarski odjel. Također je 10. travnja 1920. profesorski zbor za prvoga dekana Gospodarsko-šumarskoga fakulteta izabrao prof. dr. sc. Andriju Petračića.

Prvi nastavni plan i program odobren je 7. srpnja 1921, a predmeti su podijeljeni kako slijedi:

- ⇒ obvezni predmeti iz kojih se polažu diplomski (državni) ispiti,
- ⇒ obvezni predmeti iz kojih se ispiti polažu pojedinačno,
- ⇒ obvezni predmeti iz kojih se moraju polaziti samo predavanja i/ili vježbe,
- ⇒ neobvezni predmeti koji se studentima samo preporučuju.

Znanstvena se osnova tijekom godina mijenjala, ali su sve do 1947. godine promjene bile manjega značenja. Veće promjene uvedene su u način polaganja ispita tako da su svi ispiti polagani pojedinačno. Razvoj Fakulteta nije bio harmoničan i bez problema. Gospodarsko-šumarski fakultet raspolagao je skromnim financijskim sredstvima, a već su se 1926. u dnevnim novinama pojavile naznake da vlast u Beogradu namjerava ukinuti Poljoprivredno-šumarski fakultet u Zagrebu. Takve su crne slutnje svoju potvrdu dobile u činjenici da u godinama 1926. i 1927. nadležno Ministarstvo prosvjete u Beogradu nije za Fakultet predvidjelo nikakvih sredstava, što je za posljedicu, zbog štednje, imalo reduciranje asistenta.

Prilično velike promjene u nastavnom planu dogodile su se 1947. i 1951/1952. godine. 11. ožujka 1947. nastava je na Šumarskom odjelu razdijeljena na dva smjera odnosno dvije grupe (to je i početak Drvnotehnološkoga odsjeka):

- ⇒ Šumskouzgojni (biološki – B),
- ⇒ Šumskoindustrijski (tehnički – T).

Biološki je smjer trebao obrazovati stručnjake za uzgajanje šuma i upravljanje, a tehnički smjer za različite tehničke radove u šumarstvu te stručnjake za drvenu industriju. Navedeni je nastavni plan nastao na izričito traženje operative koja se prva počela na taj plan i tužiti. Stoga su održavani brojni sastanci unutar Fakulteta, a zatim i s predstavnicima operative. U rujnu 1951. u Sarajevu je održana međufakultetska konferencija šumarskih fakulteta odnosno šumarskih odjela u tadašnjoj državi. Zaključeno je da šumarski inženjer mora biti u potpunosti obrazovan, a to znači da moraju biti zastupljeni nastavni

predmeti biološke, tehničke i ekonomskoorganizacijske sastavnice, a na jednom ili na dva fakulteta treba uvesti poseban odsjek za obrazovanje drvnoindustrijskih stručnjaka. Parola predstavnika šumarske operative bila je »do i od osovine javnoga prometa«.

Šumarski odjel Poljoprivredno-šumarskoga fakulteta u Zagrebu dijeli se sukladno zaključcima među-fakultetske konferencije na dva odsjeka: Šumsko-gospodarski odsjek i Drvnoindustrijski odsjek.

### 2.2.3 Visokoškolska šumarska nastava na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu (1960–2005) – *Higher forestry education at the Faculty of Forestry, University of Zagreb (1960–2006)*

Zbog sve intenzivnijega razvoja svih privrednih grana od 1945. godine nadalje, a posebno poljoprivrede i šumarstva, sve je jača potreba osamostaljenja poljoprivredne i šumarske visokoškolske nastave u zasebne fakultete. Oba dotadašnja odjela Poljoprivredno-šumarskoga fakulteta od 1. siječnja 1960. postaju samostalni fakulteti.

Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu ima dva odsjeka: Šumskogospodarski i Drvnoindustrijski odsjek.

Tijekom godina mijenjali su se nastavni planovi i programi (neki su predmeti nestajali, neki su se dijelili u dva nova predmeta, mijenjala se satnica predavanja, vježbi i terenske nastave i dr.), način i uvjeti polaganja ispita, organizacijska struktura unutar Fakulteta (zavodi, katedre, stolice), nazivi odsjeka itd.

Šumarski odsjek ustrojio je 2000. godine izmijenjenu koncepciju dodiplomskoga studija s tri usmjerenja (modula): modul Uzgajanje šuma, modul Iskorištavanje šuma i modul Zaštita šuma.

Akaderske godine 2006/2007. započeo je novi način studiranja na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, a novi nastavni planovi i programi kreirani su u skladu s Bolonjskom deklaracijom i s tadašnjim nastojanjem preustroja visokoškolskoga obrazovanja u Hrvatskoj unutar prilično čvrstih okvira kojih se trebalo pridržavati.

### 3. Današnji ustroj Šumarskoga fakulteta s posebnim osvrtom na Šumarski odsjek – *Today's organisational structure of the Faculty of Forestry with special emphasis on the Forestry Department*

Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu sastoji se od Šumarskoga odsjeka i Drvnotehnološkoga odsjeka. Šumarski je odsjek smješten u novoj zgradi Šumarskoga fakulteta koja je gotovo u potpunosti dovr-



**Tablica 2.** Nastavni plan predavanja i vježbi na Šumskogospodarskom odsjeku akad. god. 1960/1961.**Table 2** Curriculum of lectures and practical training at the Forest-Economy Department in the academic year 1960–1961

<b>I. semestar – 1<sup>st</sup> semester</b>	Predavanja Lectures	Vježbe Prac. Train.	<b>II. semestar – 2<sup>nd</sup> semester</b>	Predavanja Lectures	Vježbe Prac. Train.
Botanika – Botany	4	2	Botanika – Botany	3	2
Viša matematika – Mathematics	4	2	Viša matematika – Mathematics	4	2
Kemija – Chemistry	3	3	Kemija – Chemistry	4	0
Nacrtna geometrija – Descriptive Geometry	4	1	Mehanika – Mechanics	2	1
Osnovi prava – Law Basis	2	0	Šumarska genetika – Forestry Genetics	2	0
Predvojnička obuka – Military Training	2	0	Petrografija i geologija – Petrography and Geology	2	1
Društveni razvitak i socijalistička izgradnja Social Progress and Socialist Development	2	0	Meteorologija i klimatologija Meteorology and Climatology	2	1
			Društveni razvitak i socijalistička izgradnja Social Progress and Socialist Development	2	0
			Predvojnička obuka – Military Training	2	0
<b>Ukupno – Total</b>	<b>21</b>	<b>8</b>	<b>Ukupno – Total</b>	<b>23</b>	<b>7</b>
<b>III. semestar – 3<sup>rd</sup> semester</b>	Predavanja Lectures	Vježbe Prac. Train.	<b>IV. semestar – 4<sup>th</sup> semester</b>	Predavanja Lectures	Vježbe Prac. Train.
Pedologija – Pedology	3	2	Pedologija – Pedology	2	1
Dendrologija – Dendrology	3	1	Dendrologija – Dendrology	2	2
Šumarska entomologija – Forestry Entomology	2	0	Anatomija drva – Wood Anatomy	3	2
Šumarska fitopatologija – Forestry Phytopathology	2	0	Geodezija – Geodesy	3	3
Geodezija – Geodesy	3	3	Tehnologija drva – Wood Technology	2	0
Tehnologija drva – Wood Technology	2	0	Šumarska fitopatologija – Forestry Phytopathology	2	2
Mehanika – Mechanics	4	2	Šumarska entomologija – Forestry Entomology	2	2
Predvojnička obuka – Military Training	2	0	Lovna privreda – Hunting Economy	2	0
			Predvojnička obuka – Military Training	2	0
<b>Ukupno – Total</b>	<b>21</b>	<b>8</b>	<b>Ukupno – Total</b>	<b>20</b>	<b>12</b>
<b>V. semestar – 5<sup>th</sup> semester</b>	Predavanja Lectures	Vježbe Prac. Train.	<b>VI. semestar – 6<sup>th</sup> semester</b>	Predavanja Lectures	Vježbe Prac. Train.
Šumarska fitocenologija – Forestry Phytocenology	2	0	Šumarska fitocenologija – Forestry Phytocenology	1	2
Uzgojanje šuma – Silviculture	5	3	Uzgojanje šuma – Silviculture	5	3
Iskorišćivanje šuma – Forestry Exploitation	3	2	Iskorišćivanje šuma – Forestry Exploitation	4	1
Dendrometrija (s biometrikom) Dendrometry (with Biometrics)	3	1	Dendrometrija (s biometrikom) Dendrometry (with Biometrics)	4	1
Šumarsko građevinarstvo – Forestry Construction	2	1	Šumarsko građevinarstvo – Forestry Construction	2	1
Šumarsko strojarstvo – Forestry Engineering	2	1	Šumarsko strojarstvo – Forestry Engineering	2	0
Lovna privreda – Hunting Economy	2	0	Uređivanje bujica – Torrent Management	2	2
Uređivanje bujica – Torrent Management	2	0			
<b>Ukupno – Total</b>	<b>21</b>	<b>8</b>	<b>Ukupno – Total</b>	<b>20</b>	<b>10</b>
<b>VII. semestar – 7<sup>th</sup> semester</b>	Predavanja Lectures	Vježbe Prac. Train.	<b>VIII. semestar – 8<sup>th</sup> semester</b>	Predavanja Lectures	Vježbe Prac. Train.
Zaštita šuma – Forest Protection	2	0	Zaštita šuma – Forest protection	2	0
Melioracija degradiranih šumskih terena Melioration of Degraded Forest Terrains	2	0	Melioracija degradiranih šumskih terena Melioration of Degraded Forest Terrains	2	0
Uređivanje šuma – Forest Management	4	1	Uređivanje šuma – Forest Management	4	2
Šumske komunikacije – Forest Communications	4	2	Šumske komunikacije – Forest Communications	4	3
Ekonomika šumskoprivrednih organizacija Forest Economics and Organization	4	0	Ekonomika šumskoprivrednih organizacija Forest Economics and Organization	3	1
Organizacija i poslovanje šumskopriv. organizacija Organization and Management of Forest Companies	2	1	Organizacija i poslovanje šumskopriv. organizacija Organization and Management of Forest Companies	2	0
Ekonomika šumarstva – Forestry Economics	2	0	Izborna – Optional	2	0
Prerada drva – Wood Processing	3	0			
Izborna – Optional	2	1			
<b>Ukupno – Total:</b>	<b>25</b>	<b>5</b>	<b>Ukupno – Total:</b>	<b>19</b>	<b>6</b>

**Tablica 3.** Nastavni plan terenske nastave na Šumskogospodarskom odsjeku akad. god. 1960/1961.**Table 3** The curriculum field teaching in the Woodland-economic department of academic year 1960/1961

Terenska nastava – Field Training	Dani – Days
Krajem IV. semestra iz Geodezije <i>Geodesy: end of the 4<sup>th</sup> semester</i>	14
Krajem V. semestra iz Uzgojanja šuma i Dendrometrije <i>Silviculture and Dendrometry: end of the 5<sup>th</sup> semester</i>	10
Krajem V. semestra iz Iskorišćivanja šuma <i>Forestry Exploitation: end of the 5<sup>th</sup> semester</i>	7
Krajem VI. semestra iz Uzgojanja šuma, Dendrometrije i Pedologije <i>Dendrometry and Pedology: end of the 6<sup>th</sup> semester</i>	14
Krajem VI. semestra iz Iskorišćivanja šuma i Prerade drva <i>Timber Exploitation and Timber Processing: end of the 6<sup>th</sup> semester</i>	10
Krajem VII. semestra iz Uređivanja šuma i Ekonomike šumsko – privrednih organizacija <i>Forest Management and Forest Economics and Organization: end of the 7<sup>th</sup> semester</i>	10
Krajem VIII. semestra iz Zaštite šuma <i>Forest Protection: end of the 8<sup>th</sup> semester</i>	5
Krajem VIII. semestra iz Melioracije šuma <i>Forest Melioration: end of the 8<sup>th</sup> semester</i>	5
Krajem VIII. semestra iz Uređivanja šuma i Ekonomike šumskoprivrednih organizacija <i>Forest Management and Forest Economics and Organization: end of the 8<sup>th</sup> semester</i>	10
Krajem VIII. semestra iz Šumskih komunikacija <i>Forest Communications: end of the 8<sup>th</sup> semester</i>	10
Krajem VIII. semestra iz Uređivanja bujica <i>Torrent Management: end of the 8<sup>th</sup> semester</i>	4
Ukupno – Total	99

**Slika 2.** Današnja organizacijska struktura Šumarskoga odsjeka  
**Fig. 2** Today's organisational structure of the Forestry Department

šena nakon punih dvanaest godina (1996. godine na dan Fakulteta postavljen je kamen temeljac nove zgrade Šumarskoga odsjeka Šumarskoga fakulteta). Time su stvoreni preduvjeti za daljnji razvoj Šumarskoga odsjeka Šumarskoga fakulteta.

Sa stanjem 1. listopada 2008. godine na Šumarskom su odsjeku zaposlena 33 nastavnika u znanstvenom zvanju od docenta do redovitoga profesora u trajnom zvanju, 33 suradnika u suradničkom zvanju asistenta i višega asistenta, 6 stručnih suradnika, 34 ostala zaposlenika, 28 zaposlenika u zajedničkim službama koje obavljaju poslove za oba odsjeka, odnosno ukupno je na Šumarskom odsjeku zaposleno 106 djelatnika.

Radi organiziranja i unapređenja nastavnoga i znanstvenoistraživačkoga rada na Šumarskom su odsjeku ustrojeni ovi zavodi i njima pripadajući laboratoriji (slika 2).

#### **4. Visokoškolska šumarska nastava na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu sukladno Bolonjskoj deklaraciji (od akad. god. 2005/2006) – *Higher forestry education at the Faculty of Forestry, University of Zagreb in accordance with the Bologna Declaration (from the academic year 2005/2006)***

Predloženi preddiplomski, diplomski, poslijediplomski specijalistički i poslijediplomski doktorski studiji usklađeni su s predloženim studijima na drugim fakultetima grupacije biotehničkih fakulteta Sveučilišta u Zagrebu te s programima visokoškolskih ustanova europskih sveučilišta. Time se nastojala postići koordinacija visokoškolskoga obrazovanja u našem stručnom segmentu kako bi se omogućilo obrazovanje modernih interdisciplinarnih visokoobrazovanih i visokoosposobljenih stručnjaka koji bi bili spremni na izazove koje postavljaju suvremene tehnologije u šumarstvu. Istodobno, cilj je zadržati postojeću prepoznatljivost Šumarskoga fakulteta u bližem srednjoeuropskom okruženju, a programe uskladiti s programima vodećih europskih sveučilišta u ovim područjima znanosti.

Nastojalo se u kontaktima s predstavnicima šumarstva, dakle budućim poslodavcima naših studenata, prepoznati aktualne potrebe hrvatskoga šumarstva i nove programe prilagoditi njihovim zahtjevima. U interakciji s odgovarajućim gospodarskim subjektima pokušale su se razriješiti i dvojbe vezane uz nove profile budućih prvostupnika, odnosno magistara, njihove kompetencije i mogućnosti zapošljavanja.

#### **4.1 Preddiplomski i diplomski studiji** *Undergraduate and graduate studies*

Šumarski odsjek Šumarskoga fakulteta organizira i provodi nastavu na dva preddiplomska i dva diplomatska studija (slika 4). Preddiplomski studiji traju tri godine, a diplomski dvije. Nastava se sastoji od obveznih i izbornih predmeta, a odvija se na predavanjima, vježbama, seminarima, stacionarnoj terenskoj nastavi i na terenskim ekskurzijama. Nakon početnoga pokušaja organiziranja nastave u blokovima danas se nastava održava klasičnim sustavom jednosemestarskih nastavnih predmeta.

Studenti preddiplomski studij završavaju završnim radom, čime stječu titulu sveučilišni prvostupnik/prvostupnica, inženjer/inženjerka šumarstva odnosno sveučilišni prvostupnik/prvostupnica, inženjer/inženjerka urbanoga šumarstva, zaštite prirode i okoliša.

Studenti diplomski studij završavaju diplomskim radom i stječu akademski naziv magistar/magistra, inženjer/inženjerka šumarstva uz fakultativno navođenje specijalnosti (uzgajanje i uređivanje šuma s lovnim gospodarenjem) ili magistar/magistra, inženjer/inženjerka šumarstva uz fakultativno navođenje specijalnosti (tehnike, tehnologije i menadžment u šumarstvu) odnosno magistar/magistra, inženjer/inženjerka urbanoga šumarstva, zaštite prirode i okoliša.

#### **4.2 Poslijediplomski studiji – *Postgraduate studies***

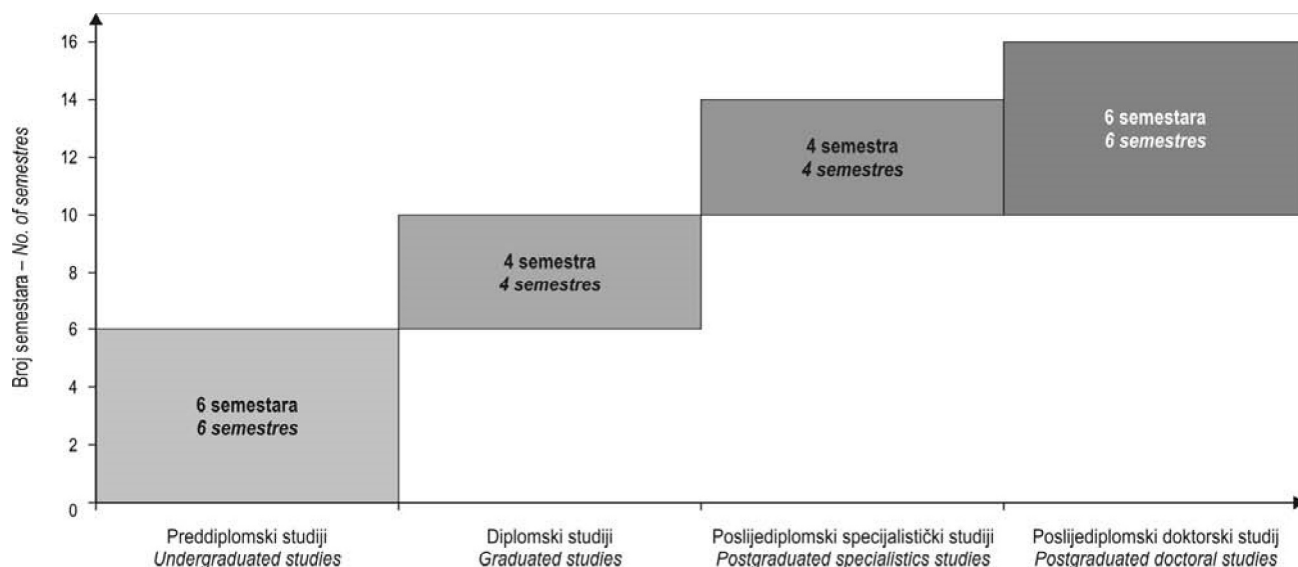
Poslijediplomska nastava na Šumarskom odsjeku Šumarskoga fakulteta organizirana je na specijalističkim i doktorskim studijima (slika 4). Specijalistički studiji traju dvije godine, a Šumarski odsjek posjeduje dopusnice za održavanje 7 specijalističkih studija. Doktorski studij traje tri godine, a Šumarski odsjek posjeduje dopusnice za održavanje dvaju smjerova doktorskoga studija.

### **5. Budućnost sveučilišne šumarske nastave u Hrvatskoj – *Future of University Forestry Education in the Republic of Croatia***

Kako bi visokoškolska šumarska nastava u Republici Hrvatskoj i u budućnosti bila na razini koja joj nesumnjivo pripada, a to je oduvijek bilo nedvojbeno vodeće mjesto u regiji te jedno od vodećih mjesta među visokoškolskim šumarskim institucijama u Europi, potrebno je:

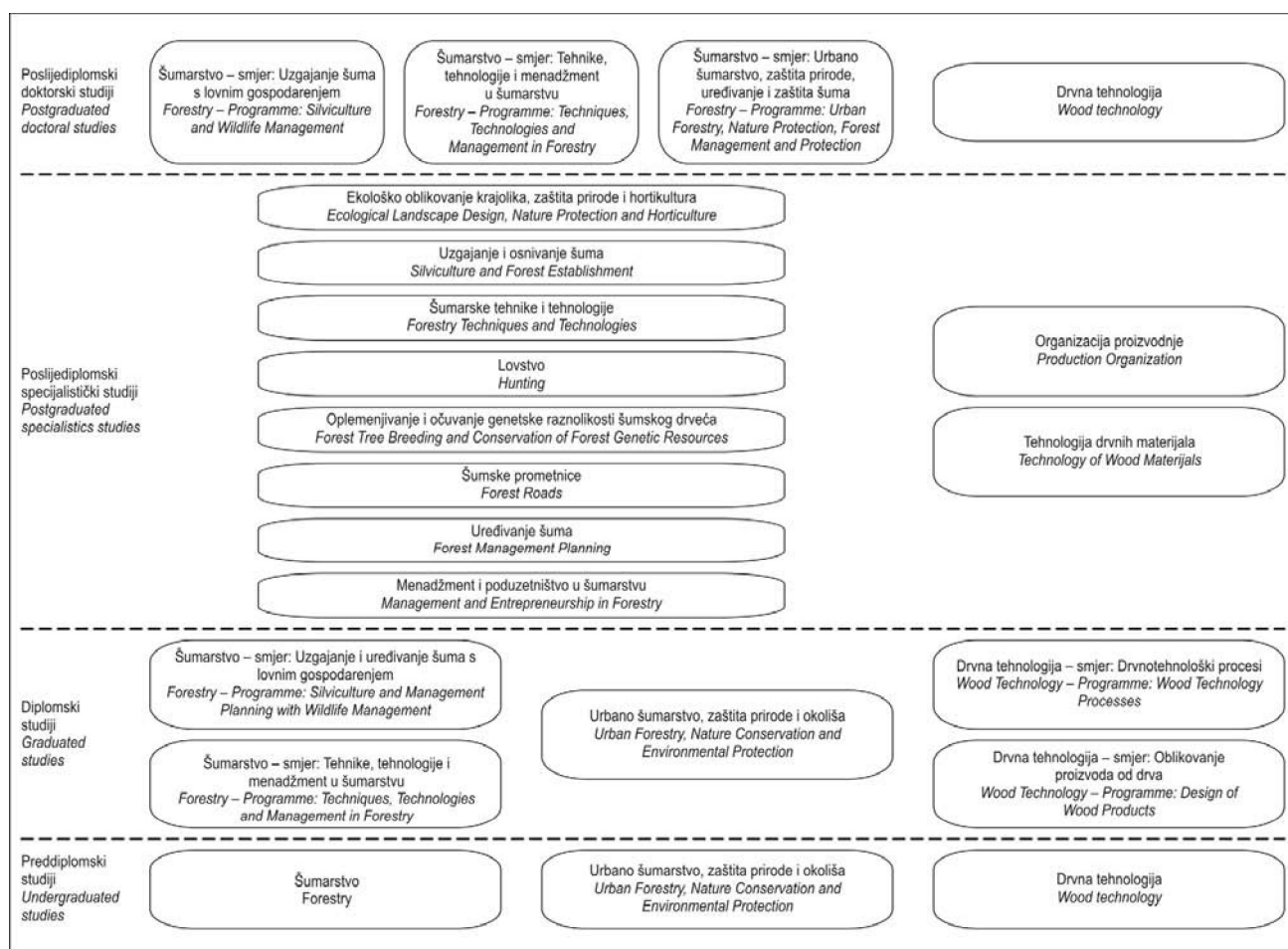
⇒ objektivno, kritički i odmah obaviti detaljnu raščlambu sadašnjega sustava sveučilišne šu-





Slika 3. Arhitektura Bolonjskoga procesa na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu

Fig. 3 Organisational structure of the Bologna process at the Faculty of Forestry, University of Zagreb



Slika 4. Visokoškolska šumarska nastava na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu sukladno Bolonjskomu procesu (od akad. god. 2005/2006)

Fig. 4 Higher forestry education at the Faculty of Forestry, University of Zagreb in accordance with the Bologna Declaration (from the academic year 2005/2006)

marške nastave u Republici Hrvatskoj te utvrditi probleme i manjkavosti,

- ⇒ definirati različite potencijalne mogućnosti rješenja uočenih problema, nedostataka, propusta i manjkavosti uzimajući, s jedne strane, u obzir europske i svjetske trendove u visokoškolskom obrazovanju i u šumarstvu, a s druge strane, nastojeći zadržati stoljetnu tradiciju, posebnost i prepoznatljivost zagrebačkoga Šumarskoga fakulteta i domaće šumarske struke,
- ⇒ odabrati, sa svih stajališta, najprihvatljiviju i najbolju inačicu rješenja pojedinoga determiniranoga problema,
- ⇒ imenovati nositelje obveza, aktivnosti i zadatke te definirati rokove njihova izvršenja,
- ⇒ utvrditi i osigurati stalno praćenje provedbe pojedine aktivnosti te definirati modele i kriterije prosudbe njihove uspješnosti,
- ⇒ ostalo.

### 5.1 Kadrovi – Staff

Nužno je osigurati stalno i nesmetano napredovanje svih djelatnika Šumarskoga odsjeka u znanstvenom i znanstveno-nastavnom stupu kao jedan od temeljnih preduvjeta pozicioniranja Šumarskoga odsjeka u zemlji i u inozemstvu.

Prije nego je potrebno stručno usavršavanje, u prvom redu mlađih ljudi, u inozemstvu, i to u trajanju od tri i više mjeseci poglavito želimo li osnažiti novoosnovani preddiplomski i diplomski studij Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okoliša. Sukladno tomu trebalo bi izraditi elaborat razvoja sastavnice Urbanoga šumarstva, zaštite prirode i okoliša unutar Šumarskoga odsjeka za idućih pet godina u organizacijskom, znanstveno-stručnom i kadrovskom smislu.

Dobro vođenu kadrovsku politiku pomlađivanja i zapošljavanja znanstvenih novaka i asistenata koja je kontinuirano dobro provedena, a posebno tijekom posljednje dvije godine, treba i dalje nastaviti.

### 5.2 Budućnost preddiplomskih studija – *Future of undergraduate studies*

Zbog vidljivoga trenda opadanja interesa studenata za upis preddiplomskoga studija Šumarstvo i preddiplomskoga studija Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okoliša potrebno je odmah i neodgodivo poduzeti korake kojima će se ovaj negativni trend zaustaviti i u skoroj budućnosti promijeniti njegov predznak.

Nužno je od navedenih preddiplomskih studija razviti *brand* koji će biti prepoznatljiv među potencijalnim, budućim polaznicima studija. Moraju se analizirati, definirati i jasno predstaviti uzroci takva stanja, te predložiti smjernice rješenja uočenih problema. Postojeće programe preddiplomskih studija treba revidirati, reducirati i modernizirati. U nastavu treba uključiti priznate profesore iz inozemstva koji mogu održati jedno do dva predavanja u semestru te stručnjake iz Hrvatske koji su specijalisti za određeno područje unutar pojedinoga kolegija.

Promidžba preddiplomskih studija treba biti stalna i intenzivna, a kod budućih studenata već od najranije dobi (viši razredi osnovne škole) treba razvijati ljubav prema šumi i šumarstvu. Popularna predavanja radi promicanja šumarske struke i Šumarskoga fakulteta moraju se održavati ciljanoj populaciji. Treba predstaviti Fakultet u medijima (televizija, novine, radio).

### 5.3 Terenska nastava – *Field training*

Terensku nastavu treba, kao i potpuni nastavni program, analizirati i revidirati, a istodobno ju sa sadržajnoga, kvantitativnoga i kvalitativnoga stajališta modernizirati i intenzivirati, ali s troškovnoga aspekta racionalizirati. Terenska je nastava svakako jedna posebnost Šumarskoga odsjeka Šumarskoga fakulteta na koju smo, s razlogom, ponosni, međutim plan i program terenske nastave po kolegijima mora biti jasno napisan i definiran (kao što je to slučaj s predavanjima i vježbama), a za provedbu terenske nastave treba koristiti NPŠO-e Fakulteta.

### 5.4 Poslijediplomski studiji – *Postgraduate studies*

Trebalo bi razmisliti o uvođenju izvandoktorskoga studija za moguće doktorande koji imaju interes za upis doktorskoga studija na Šumarskom fakultetu, ali u postojećoj organizaciji doktorskoga studija ne mogu ispunjavati svoje obveze jer su zaposleni. Takav bi oblik doktorskoga studija trajao vremenski duže, ali bi intenzitet obveza, upravo zbog prilagodbe svakodnevnim radnim zadacima polaznika, bio manji. Kvaliteta oba doktorska studija i opterećenje polaznika treba u konačnici biti potpuno jednako.

### 5.5 Cjeloživotno (stalno) obrazovanje – *Lifelong (continuous) education*

U suradnji s Hrvatskom komorom inženjera šumarstva i drvne tehnologije (HKIŠIDT), a unutar razreda inženjera šumarstva, Šumarski odsjek Šumarskoga fakulteta trebao bi organizirati program

cjeloživotnoga obrazovanja. Predavanja, seminari, radionice i okrugli stolovi donosili bi članovima HKIŠIDT-a određeni broj bodova (kredita) koje će biti potrebno skupiti radi obnove ovlaštenja.

Osim stalne edukacije ovlaštenih inženjera HKIŠIDT-a permanentno obrazovanje treba proširiti i na trenutačne nečlanove Komore. Osim sa HKIŠIDT-om trebalo bi i s tvrtkom »Hrvatske šume« d.o.o. zajednički osmisлити programe cjeloživotnoga obrazovanja inženjera šumarstva zaposlenih na svim funkcijskim razinama. Jedan od mogućih partnera pri ovom obliku obrazovanja svakako je i Šumarska savjetodavna služba.

### 5.6 Ustrojavanje trening centra (centra izvrsnosti) – *Establishment of the training centre (centre of excellence)*

Predlaže se, u dogovoru ponajprije sa HKIŠIDT-om, Ministarstvom ruralnoga razvoja, šumarstva i vodnoga gospodarstva, Ministarstvom znanosti, obrazovanja i športa i sa Sveučilištem u Zagrebu pokretanje inicijative za ustrojavanje trening centra (centra izvrsnosti) Šumarskoga odsjeka Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Trening centar bi se, po uzoru na slične centre u Austriji (Ossiach i Gmunden) koristio za edukaciju i trening svih razina zaposlenika u šumarstvu i svih onih koji obavljaju radove u šumi.

### 5.7 Međunarodna suradnja – *International cooperation*

Predlaže se osnivanje preddiplomskoga i (ili) diplomskoga studija na engleskom jeziku u prvom redu za strane studente. U navedeni bi studij, radi povećanja njegove kvalitete i atraktivnosti, trebalo uključiti strane profesore ne samo kao goste predavače već kao sunositelje ili nositelje pojedinih kolegija. Dobro koncipiran studij na engleskom jeziku mogao bi godišnje privući oko 25 studenata iz regije, bližega i daljega europskoga i izvan europskoga okruženja.

Poslijediplomski doktorski studij na engleskom jeziku koji bi Šumarski fakultet ustrojio zajedno s BOKU-om iz Beča i ETH-om iz Züricha (ili s drugim zainteresiranim sveučilištima) bio bi, s obzirom na nevelik broj polaznika dokorskoga studija trenutačno, jedno od mogućih rješenja. Studenti bi, na primjer, 50 % predavanja slušali na svojem matičnom fakultetu, a po 25 % na ostala dva fakulteta. Takav bi doktorski studij imao prednost u odnosu na klasičan doktorski studij jer bi doktorandi kvalitetno ovladali stranim jezikom, obavili dio znanstveno-stručnoga usavršavanja u inozemstvu, te uspostavili

vrijedne međunarodne kontakte kao zalag budućoj suradnji.

Znanstveno-stručno usavršavanje nastavnika i suradnika ŠO Šumarskoga fakulteta u inozemstvu prijeko je potrebno ako želimo biti upoznati s najnovijim svjetskim dostignućima u različitim područjima šumarstva. Ovakav je oblik usavršavanja posebno važan u onim segmentima šumarstva u kojima ne postoje odgovarajući mentori u Republici Hrvatskoj. Stranim nastavnicima i suradnicima potrebno je osigurati kvalitetne uvjete za boravak na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Štoviše, trebamo se nametnuti kao vodeći Šumarski fakultet u ovom dijelu Europe na koji će strani nastavnici i suradnici doći po nova znanja jer za to imamo sve potrebne kadrovske i infrastrukturne resurse.

### 6. Umjesto zaključka – *Instead conclusion*

110 godina organizirane visokoškolske šumarske nastave na Sveučilištu u Zagrebu vrlo je vrijedan doseg kojim se malo koji šumarski fakultet u Europi može podičiti. Sveučilišno obrazovanje i šumarska struka u Hrvatskoj su višestruko, snažno i neraskidivo povezani više od stoljeća. To je jedan od ključnih razloga današnje ljepote, prirodnosti i kvalitete naših hrvatskih nizinskih, prigorsko-brdskih, gorskih, mediteranskih i submediteranskih šuma.

Neizmjerno vrijedno prirodno bogatstvo koje smo u nasljeđe dobili od svojih pradjedova, djedova i očeva moramo i hoćemo ostaviti svojim sinovima, unucima i praunucima u još boljem stanju nego što smo ga preuzeli jer je to naša moralna i stručna obveza. U tome će nam svakako od neizmjerne pomoći biti šumarska tradicija vrijedna strahopoštovanja, šumarska tradicija oplemenjena suvremenim spoznajama šumarske znanosti i primijenjena u šumarskoj operativi kroz djelovanje inženjera, magistara struke, magistara specijalista i doktora znanosti poniklih na našem hrvatskom, zagrebačkom Šumarskom fakultetu.

### 7. Literatura – *References*

- Benić, R., 1953: Šumsko gospodarstvo Poljoprivredno-šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Glas. šum. pokuse, 11.
- Đuričić, I., 1990: Uloga gospodarsko-šumarskoga učilišta u Križevcima na razvoj šumarske nastave, znanosti i prakse u Hrvatskoj. Glasnik za šumske pokuse, 26: 137–162.
- Klepac, D., 1976: Uređivanje šuma. Povijest šumarstva Hrvatske 1846–1976, Savez inženjera i tehničara šumarstva i drvna industrije, Zagreb.



Klepac, D., 1997: Hrvatsko šumarstvo u drugoj polovici XIX. stoljeća. Šumarski list, 121(3–4): 115–126.

Klepac, D., 1985: Godišnjica samostalnosti Šumarskog fakulteta u Zagrebu. Šumarski list, 109(1–2): 3–6.

Klepac, D. 1998: Šumarstvo u Hrvatskoj od davnih vremena do kraja XIX. stoljeća. Sveučilišna šumarska nastava u Hrvatskoj 1898–1998., Knjiga 1: Šumarska nastava 1860–1898. na Kraljevskome gospodarskom i šumarskom učilištu u Križevcima, 6–23.

Krpan, A. P. B., 2007: Faculty of Forestry, University of Zagreb and Department of Forest Engineering in the Bologna Process. Croat. j. for. eng., 28(1): 123–136.

Matić, S., 1995: Šumarstvo Hrvatske kao aktivni sudionik pri osnivanju i razvoju modernog hrvatskog Sveučilišta u Zagrebu. Šumarski list, 119(9–10): 287–292.

Meštrović, Š., 1998: Poticajno djelovanje šumarskih stručnjaka na osnivanju školskog zavoda. Sveučilišna šumarska nastava u Hrvatskoj 1898–1998, Knjiga 1: Šumarska nastava 1860–1898. na Kraljevskome gospodarskom i šumarskom učilištu u Križevcima, 24–41.

Meštrović, Š., 1998: Izgradnja i otvaranje učilišta. Sveučilišna šumarska nastava u Hrvatskoj 1898–1998, Knjiga 1:

Šumarska nastava 1860–1898. na Kraljevskome gospodarskom i šumarskom učilištu u Križevcima, 42–53.

Meštrović, Š., 1998: Rad učilišta od 1860–1877. godine. Sveučilišna šumarska nastava u Hrvatskoj 1898–1998., Knjiga 1: Šumarska nastava 1860–1898. na Kraljevskome gospodarskom i šumarskom učilištu u Križevcima, 54–68.

Meštrović, Š., 1998: Drugo razdoblje učilišta od 1877–1894. godine. Sveučilišna šumarska nastava u Hrvatskoj 1898–1998., Knjiga 1: Šumarska nastava 1860–1898. na Kraljevskome gospodarskom i šumarskom učilištu u Križevcima, 69–103.

Meštrović, Š., 1998: Rasprava o reorganizaciji učilišta. Sveučilišna šumarska nastava u Hrvatskoj 1898–1998., Knjiga 1: Šumarska nastava 1860–1898. na Kraljevskome gospodarskom i šumarskom učilištu u Križevcima, 107–112.

Neidhart, N., M. Androić, 1963: Šumarska nastava u Hrvatskoj 1860–1960. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 618 str.

Rauš, Đ., 1976: Rad Hrvatsko-slavonskog šumarskog društva od 1846. do 1918. Povijest šumarstva Hrvatske 1846–1976, Savez inženjera i tehničara šumarstva i drvne industrije Hrvatske, Zagreb, str. 345–370.

## Abstract

### Past, Present and Future of University Forestry Education in the Republic of Croatia

*This paper presents the past, present and future of the university forestry education in the Republic of Croatia. The origin of forestry education dates back to 1860 when the High School of Agriculture and Forestry was established in Križevci. In 1885 according to forestry experts it was highly necessary to found the Academy of Forestry at the University of Zagreb, so that further activities were focused on founding a higher education establishment – the Academy of Forestry, which started its educational activities at the Faculty of Philosophy of the University of Zagreb on October 20 1898.*

*Due to poor conditions of our forestry after World War 1 and some considerations that it would be impossible to manage state forests without foreign experts, the teachers of the Academy of Forestry Dr. Andrija Petračić and Dr. Đuro Nenadić brought up the idea of restructuring the Academy of Forestry into an independent department of the Faculty of Philosophy. On August 31 1919 the Decree was signed on founding the Faculty of Agriculture and Forestry in Zagreb, which started its activities in the academic year 1919/1920.*

*From 1919 to 1960, forestry education was organised together with agricultural education, and by the Act on Founding the Faculty of Agriculture and the Faculty of Forestry in Zagreb (Official Gazette »NN« of December 8 1959) both departments of the then faculty gained independence.*

*Today the Faculty of Forestry of the University of Zagreb consists of the Forestry Department and Wood-Technology Department. The Forestry Department offers two undergraduate studies, two graduate studies, seven postgraduate specialist studies and one postgraduate doctoral study (two programmes).*

*In order to maintain in future the highly ranked position of the higher forestry education in the Republic of Croatia, the rightfully deserved leading position in the region and one of the leading positions among higher fores-*

*try establishments in Europe, it is necessary to further develop the reputation of the higher forestry education at the Faculty of Forestry, provide professional training and education for teachers and lecturers, organise undergraduate and/or graduate study in English, organise inter-faculty (inter-university) postgraduate doctoral study in English, provide lifelong education, establish a training centre, etc.*

*Key words: Academy of Forestry, Faculty of Forestry of the University of Zagreb, Forestry Department, higher forestry education*

---

Adresa autorâ – *Authors' addresses:*

Doc. dr. sc. Tibor Pentek  
e-pošta: pentek@sumfak.hr  
Izv. prof. dr. sc. Milan Oršanić  
e-pošta: milan.orsanic3@zg.htnet.hr  
Ivica Papa, dipl. ing. šum.  
e-pošta: papa@sumfak.hr  
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
Svetošimunska 25  
HR-10 000 Zagreb

Primljeno (*Received*): 10. 11. 2008.  
Prihvaćeno (*Accepted*): 2. 12. 2008.

# Stručni ispiti Hrvatske komore inženjera šumarstva i drvne tehnologije – dosadašnji tijek i prijedlog mogućih promjena

Marinko Prka, Igor Anić, Željka Šikić, Silvija Zec

## Nacrtak – Abstract

Hrvatska komora inženjera šumarstva i drvne tehnologije (HKIŠDT) osnovana je temeljem Zakona o Hrvatskoj komori inženjera šumarstva i drvne tehnologije iz veljače 2006. godine, a osnivačka je skupština održana u rujnu iste godine. Stručni su ispiti započeli tijekom prve polovice 2008. godine, a najveći je broj pristupnika izišao na stručni ispit iz strukovnog područja šumarstva, stručnoga smjera ovlaštenu inženjera šumarstva. Autori su ovoga članka u svojstvu ispitnoga povjerenstva, uz tajnicu Komore, prisustvovali svim dosadašnjim stručnim ispitima navedenoga stručnoga smjera te ovdje iznose stečena iskustva, uočene probleme i moguće (potrebne) promjene u sadržaju i načinu polaganja stručnih ispita Hrvatske komore inženjera šumarstva i drvne tehnologije. Sve ovdje navedeno predstavlja njihovo osobno promišljanje i ne treba ga tumačiti kao službeni stav Komore.

Važna je sastavnica prilikom osnivanja Šumarske komore bila i namjera uspostavljanja sustavnoga stručnoga usavršavanja šumarskih inženjera koji neposredno obavljaju stručne poslove u šumarskoj operativi. Naime, u posljednjih tridesetak godina u šumarskoj je praksi izostao svaki oblik sustavnoga stručnoga usavršavanja operativnih šumarskih stručnjaka te je prevladalo mišljenje da je stjecanje diplome inženjera šumarstva kraj, a ne početak profesionalnoga stručnoga usavršavanja.

U razdoblju od nekoliko godina stručni ispiti moraju postati značajno zahtjevniji, a njihovo polaganje »teže«. To je nužno kako bi se podigla razina kvalitete rada šumarske operative, unaprijedio ugled šumarske struke u cjelini te otvorilo stvarno tržište rada i napredovanja unutar šumarske djelatnosti.

Promjene su u zakonskoj regulativi koja se odnosi na Šumarsku komoru nužne. Te se promjene ne odnose samo na sadržaj i način polaganja stručnih ispita već i na brojne druge aspekte rada Komore.

**Ključne riječi:** Hrvatska komora inženjera šumarstva i drvne tehnologije, stručni ispiti, ovlaštenu inženjer

## 1. Uvod – Introduction

Hrvatska komora inženjera šumarstva i drvne tehnologije (HKIŠDT) osnovana je temeljem Zakona o Hrvatskoj komori inženjera šumarstva i drvne tehnologije iz veljače 2006. godine, a osnivačka je skupština održana u rujnu iste godine. Osnivanje su potaknuli i ostvarili (tadašnje) Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnoga gospodarstva, Hrvatsko šumarsko društvo, Šumarski fakultet, Šumarski in-

stitut i Hrvatske šume d.o.o., a rad Komore nadzire nadležno ministarstvo. Komora je samostalna i neovisna organizacija koja obavlja povjerene joj javne ovlasti, čuva ugled, čast i prava svojih članova, skrbi da ovlaštenu inženjeri obavljaju svoje poslove savjesno i u skladu sa zakonom, te promiče, zastupa i usklađuje njihove interese pred državnim i drugim tijelima u zemlji i inozemstvu. U Komoru se udružuju inženjeri šumarstva i drvne tehnologije koji obavljaju stručne poslove iz šumarstva, lovstva i drvne teh-



nologije radi zastupanja i usklađivanja zajedničkih interesa, zaštite javnoga interesa i zaštite interesa trećih osoba.

Tijekom 2007. godine definirani su stručni smjerovi strukovnoga područja šumarstva i određen je sadržaj i način polaganja stručnih ispita za ovlaštene inženjere. Temeljem odredaba Zakona o HKIŠDT (članak 43) i Statuta HKIŠDT (članak 8, st. 2) status ovlaštenoga inženjera, bez polaganja stručnoga ispita i pravo na upis u Komoru, stekla su 744 inženjera strukovnoga područja šumarstva i 50 inženjera strukovnoga područja drvne tehnologije. Rok za stjecanje statusa ovlaštenoga inženjera na taj način istekao je u ožujku 2008. godine.

Stručni su ispiti započeli tijekom prve polovice (ožujak, svibanj) 2008. godine, pri čemu je najveći broj pristupnika izišao na stručni ispit iz strukovnoga područja šumarstva, stručnoga smjera ovlaštene inženjer šumarstva. Ovaj se prikaz provedenih stručnih ispita odnosi na razdoblje do 31. 12. 2008. godine.

Autori ovoga članka u svojstvu ispitnoga povjerenstva, uz tajnicu Komore, prisustvovali su svim dosadašnjim stručnim ispitima navedenoga stručnog smjera te ovdje iznose stečena iskustva, uočene probleme i moguće (potrebne) promjene u sadržaju i načinu polaganja stručnih ispita Hrvatske komore inženjera šumarstva i drvne tehnologije. Sve ovdje navedeno predstavlja njihovo osobno promišljanje i ne treba ga tumačiti kao službeni stav Komore.

## 2. Dosadašnji tijek stručnih ispita Hrvatske komore inženjera šumarstva i drvne tehnologije – *Past practice of certification exams of the Croatian Chamber of Forestry and Wood Technology Engineers*

Status ovlaštenoga inženjera, odnosno stjecanje ovlasti za pojedini stručni smjer (ili više njih) bez polaganja stručnoga ispita i pravo na upis u Komoru, temeljem odredaba Zakona (članak 43) i Statuta Hrvatske komore inženjera šumarstva i drvne tehnologije (članak 8, st. 2), steklo je:

- ⇒ 689 ovlaštenih inženjera šumarstva (opći smjer),
- ⇒ 123 ovlaštena inženjera šumarstva za uređivanje šuma,
- ⇒ 49 ovlaštenih inženjera šumarstva za lovstvo,
- ⇒ 73 ovlaštena inženjera šumarstva za ekologiju, zaštitu prirode i urbano šumarstvo,
- ⇒ 18 ovlaštenih inženjera šumarstva za šumske prometnice i šumarsko graditeljstvo i
- ⇒ 50 ovlaštenih inženjera drvne tehnologije.

Takva ili slična odredba (članak 43. Zakona o HKIŠDT) bila je nužna kako bi se Komora uopće

mogla osnovati. Naime, do 31. 12. 2006. godine Komora je imala 265 inženjera šumarstva (od toga 6 sa statusom mirovanja članstva) i 15 inženjera drvne tehnologije (od toga 2 sa statusom mirovanja članstva) s izdanim rješenjem o privremenom upisu u Imenik ovlaštenih inženjera i pravom glasa na osnivačkoj skupštini HKIŠDT.

Dosadašnji tijek i način polaganja stručnih ispita određen je Pravilnikom o sadržaju i načinu polaganja stručnih ispita za ovlaštene inženjere šumarstva i drvne tehnologije (NN, 74/2007). Prilogom 1 toga pravilnika određen je program i ispitni predmeti stručnih ispita za ovlaštene inženjere šumarstva i drvne tehnologije po strukovnim područjima i stručnim smjerovima:

- ⇒ 1. Ovlaštene inženjer šumarstva – ispitni predmeti:
  - a) Šumarsko zakonodavstvo
  - b) Uzgajanje šuma
  - c) Rasadničarstvo i šumsko sjemenarstvo
  - d) Zaštita šuma
  - e) Iskorištavanje šuma
  - f) Mehanizacija u šumarstvu
  - g) Sigurnost i zaštita na radu
- ⇒ 2. Ovlaštene inženjer šumarstva za uređivanje šuma – ispitni predmeti:
  - a) Šumarsko zakonodavstvo
  - b) Uređivanje šuma
  - c) Izmjera šuma
  - d) Primjena GIS-a i daljinskih istraživanja u šumarstvu
- ⇒ 3. Ovlaštene inženjer šumarstva za lovstvo – ispitni predmeti:
  - a) Šumarsko i lovno zakonodavstvo
  - b) Lovstvo
- ⇒ 4. Ovlaštene inženjer šumarstva za ekologiju, zaštitu prirode i urbano šumarstvo – ispitni predmeti:
  - a) Šumarsko zakonodavstvo
  - b) Šumarska ekologija
  - c) Urbano šumarstvo
  - d) Zaštita prirode
- ⇒ 5. Ovlaštene inženjer šumarstva za šumske prometnice i šumarsko graditeljstvo – ispitni predmeti:
  - a) Šumarsko zakonodavstvo
  - b) Šumarsko građevinarstvo i izgradnja šumskih prometnica
  - c) Urbano šumarstvo
  - d) Sigurnost i zaštita na radu

⇒ 6. Ovlašteni inženjer drvne tehnologije – ispitni predmeti:

- a) Zakonodavstvo iz područja prerade i uporabe drva
- b) Prerada i uporaba drva.

Stručni se ispiti polažu usmeno (članak 18. Pravilnika). Za potrebe ispitnoga povjerenstva i zbog mogućnosti naknadne kontrole cijeli se tijekom stručnoga ispita snima tonskim zapisom, o čemu se prije početka ispita obavještava pristupnik. Prije početka polaganja stručnoga ispita tajnik ispitnoga povjerenstva (u pravilu tajnica Komore) upoznaje pristupnika s njegovim pravima i obvezama pri polaganju stručnoga ispita (članak 17. Pravilnika). Cijeli tijek stručnoga ispita vodi predsjednik ispitnoga povjerenstva (članak 10. Pravilnika).

Pristupnik, ovisno o stručnom smjeru, izabire jednu od tridesetak ponuđenih koverti s grupama ispitnih pitanja te redosljedom koji sam odabere odgovara na postavljena pitanja. Svaki ispitni predmet ocjenjuje se ocjenama *zadovoljio* ili *nije zadovoljio*, a uspjeh pristupnika na ispitu ocjenama *položio* ili *nije položio* (članak 19. Pravilnika). Pristupnik koji nije zadovoljio odgovorom iz jednoga ispitnoga predmeta upućuje se na popravni ispit iz toga predmeta (članak 21. Pravilnika). O provođenju stručnoga ispita vodi se zapisnik (članak 18. Pravilnika), a članovi

povjerenstva prema potrebi vijećaju. Ocjenu stručnoga ispita pristupniku objavljuje predsjednik ispitnoga povjerenstva na temelju ocjena svih ispitnih predmeta sadržanih u zapisniku o stručnom ispitu (članak 19. Pravilnika).

Postignuti rezultati na stručnim ispitima u razdoblju do 31. 12. 2008. godine vide se iz tablice 1.

Pri razmatranju ostvarenoga uspjeha pristupnika na stručnim ispitima treba imati na umu da je u navedenom razdoblju stručnim ispitima pristupilo 29 diplomiranih inženjera šumarstva (njih 9 ponovilo je ispit zato što su na prvom ispitnom roku ocijenjeni ocjenom *nije položio* na popravni ispit iz jednoga ispitnoga predmeta). Veći broj u koloni 2 u odnosu na kolonu 3 posljedica je odgoda ispita na zahtjev pristupnika. Od ukupno 23 pristupnika koji su položili stručni ispit 14 je pristupnika ispit položilo pri prvom izlasku na stručni ispit. Pristupnici koji su izišli na popravni ispit iz određenoga ispitnoga predmeta (7 pristupnika) položili su ga. Isto tako pristupnici koji su drugi put pristupili stručnom ispitu zbog ocjene *nije položio* ispitnom roku (2 pristupnika – opći smjer), položili su ga u drugom pokušaju. Ukupni rezultat od 23 pristupnika koji su položili stručni ispit u odnosu na 29 pristupnika koji su izišli na stručni ispit iznosi približno 80 %, što smatramo zadovoljavajućim.

**Tablica 1.** Ostvareni rezultati pristupnika na stručnim ispitima u razdoblju do 31. 12. 2008. godine

**Table 1** Results of certification exams held until December 31, 2008

Strukovno područje / Stručni smjer <i>Profession field / Professional objective</i>	Broj održanih ispita <i>No. of held examinations</i>	Broj pristupnika na ispitu – <i>No. of candidates</i>				
		Prijavljeni <i>Applied</i>	Pristupili <i>Attended</i>	Položili <i>Passed</i>	Popravni ispit <i>Correction examination</i>	Nisu zadovoljili <i>Failed</i>
Ovlašteni inženjer šumarstva <i>Certified forestry engineer</i>	6	35	24	12	5	7
Ovlašteni inženjer šumarstva za uređivanje šuma <i>Certified forestry engineer of forest management</i>	3	12	10	8	1	1
Ovlašteni inženjer šumarstva za lovstvo <i>Certified forestry engineer of wildlife management</i>	2	4	4	3	1	-
Ovlašteni inženjer šumarstva za ekologiju, zaštitu prirode i urbano šumarstvo <i>Certified forestry engineer of ecology, nature protection and urban forestry</i>	-	-	-	-	-	-
Ovlašteni inženjer šumarstva za šumske prometnice i šumarsko graditeljstvo <i>Certified forestry engineer of forest roads and forest construction</i>	-	-	-	-	-	-
Ovlašteni inženjer drvne tehnologije <i>Certified engineer of wood technology</i>	-	-	-	-	-	-
<b>Ukupno – Total</b>	<b>11</b>	<b>51</b>	<b>38</b>	<b>23</b>	<b>7</b>	<b>8</b>

Iz tablice 1, ali i broja ispitnih predmeta pojedinačnog stručnoga smjera, vidi se da je stručni ispit stručnoga smjera ovlaštenoga inženjera šumarstva (opći smjer) najzahtjevniji za polaganje. To je posljedica složenosti šumarstva kao djelatnosti i struke. Pokazano znanje pristupnika na stručnim ispitima provedenim na ispitnim rokovima prije objavljivanja ispitnih pitanja na mrežnim stranicama Komore ukazuje na problem nerazumijevanja cilja stjecanja ovlaštenja. Veći dio pristupnika poistovjetio je potrebno znanje za polaganje stručnoga ispita u Komori sa znanjem potrebnim za rad na svom radnom mjestu (uglavnom u HŠ d.o.o. Zagreb) i za područje na kojem rade.

S druge strane, ovakav ustroj stručnih smjerova i način polaganja stručnih ispita dovodi do svojevrstne nepravde (i nelogičnosti) pri polaganju stručnih ispita i stjecanju ovlasti različitih stručnih smjerova. To se, među ostalim, događa i zbog činjenice da razlike između ovlaštenja pojedinih stručnih smjerova (za sada) nisu dovoljno naznačene ili prepoznate u šumarskoj operativi. Uz to, imajući na umu i prije navedenu raspodjelu »dodijeljenih« ovlasti po stručnim smjerovima strukovnoga područja šumarstva, kao i stvarne potrebe šumarske operative, možda je potrebno razmisliti o drugačijem ustroju stručnih smjerova, a samim time i o promjenama u provođenju stručnih ispita.

### 3. Prijedlog mogućih promjena u provođenju stručnih ispita – *Proposal for possible changes in certification exams*

Već je sada potpuno jasno da su promjene u propisnosti koja se odnosi na Šumarsku komoru nužne. Te se promjene ne odnose samo na sadržaj i način polaganja stručnih ispita već i na brojne druge aspekte rada Komore (broj stručnih smjerova ovlaštenih inženjera šumarstva, stručne poslove, njihovo obavljanje i dr.).

Ono što pristupnici, a i šumarska javnost, počesto zaboravljaju jest činjenica da o načinu provođenja stručnih ispita ne odlučuje ispitno povjerenstvo. To je određeno Pravilnikom o sadržaju i načinu polaganja stručnih ispita za ovlaštene inženjere šumarstva i drvne tehnologije (NN, 74/2007), a ispitno je povjerenstvo, imenovano odlukom Vijeća Komore, obvezno provoditi stručne ispite u skladu s odredbama toga pravilnika (članak 10) i uputama Povjerenstva za stručne ispite Komore. Promjene u načinu provođenja stručnih ispita moguće su samo izmjenama Pravilnika koje mogu inicirati tijela Komore, a o njima odlučuje nadležno ministarstvo.

Pri promišljanju koja se odnose na promjene u provođenju stručnih ispita Komore smatramo da je potrebno učiniti sljedeće:

- ⇒ Značajno unaprijediti i ojačati (ako je potrebno i kadrovski) rad Povjerenstva za stručne ispite Komore. To povjerenstvo kao stalno radno tijelo Komore, zajedno s predsjednicima ispitnih povjerenstava stručnih smjerova Komore, treba u značajnijoj mjeri normirati, koordinirati i unaprijediti način provođenja stručnih ispita. Zadaća Povjerenstva treba biti da tijelima Komore sustavno predlaže promjene u načinu i sadržaju polaganja stručnih ispita.
- ⇒ Izmjenama Pravilnika o sadržaju i načinu polaganja stručnih ispita za ovlaštene inženjere šumarstva i drvne tehnologije omogućiti polaganje stručnih ispita pismeno i/ili usmeno.
- ⇒ Kontinuirano dopunjavati popis stručne literature, broj i kvalitetu pitanja iz ispitnih predmeta te ih objavljivati na mrežnim stranicama Komore.
- ⇒ U budućnosti, nakon ostvarivanja svih pretpostavki, polaganje stručnih ispita moguće je organizirati tako da se svaki ispitni predmet polaže zasebno, pri čemu je potrebno da pristupnik odgovori na više od jednoga (ili dva) ispitnoga pitanja iz svakoga ispitnoga predmeta. Pri donošenju odluke o tome potrebno je iskoristiti iskustva drugih struka (pravnici, veterinari, arhivisti, socijalni radnici, učitelji, bibliotekari i dr.) koje održavaju stručne ispite i odlučuju o ovlastima svojih stručnjaka već dugi niz godina.
- ⇒ Pristupiti redefiniranju broja stručnih smjerova strukovnoga područja šumarstva i u vezi s tim promjenama u načinu polaganja stručnih ispita. Ovaj put to treba učiniti dosta studiozno i promišljeno, uz provođenje opsežne i argumentirane javne rasprave u tijelima Komore, što nije bilo moguće kod »prvoga pokušaja«.

Iz navedenoga se vidi da u perspektivi od nekoliko godina stručni ispiti moraju postati značajno zahtjevniji, a njihovo polaganje teže. To je nužno kako bi se stvarno podigla razina kvalitete rada šumarske operative, unaprijedio ugled šumarske struke u cjelini, te zaživjelo tržište rada i napredovanja unutar šumarske djelatnosti.

### 4. Rasprava i zaključak – *Discussion and conclusion*

Važna je sastavnica prilikom osnivanja Šumarske komore bila i namjera uspostavljanja sustavnoga



stručnoga usavršavanja šumarskih inženjera koji neposredno obavljaju stručne poslove u šumarskoj operativi (praksi). Naime, posljednjih tridesetak godina u šumarskoj je praksi izostao svaki oblik sustavnoga stručnoga usavršavanja operativnih šumarskih stručnjaka te je prevladalo mišljenje da je stjecanje diplome inženjera šumarstva kraj, a ne početak profesionalnoga stručnoga usavršavanja.

Treba znati da, bez obzira na čestu upotrebu naziva *zemlja znanja, cijeloživotno obrazovanje, konkurentnost, stručno usavršavanje*, kao i na dobre namjere, politika i političari ne mogu dovesti do bitnih promjena unutar pojedine struke. Politika ne može stvarati drvnoindustrijske klastere, niti podizati kvalitetu provođenja radova šumarske operative te od nje to ne treba ni očekivati. U najboljem slučaju politika i političari mogu stvoriti pretpostavke za promjene nabolje, što je donošenjem zakona i pravilnika te osnutkom Komore, bez obzira na »porođajne muke« koje još traju, kao i na nužnost mijenjanja postojeće propisnosti i učinjeno.

Zasigurno je od ukupno 794 ovlaštena inženjera, koji su stekli ovlasti pojedinih stručnih smjerova bez polaganja stručnoga ispita, dio njih manje motiviran za profesionalno usavršavanje. Osobno stručno usavršavanje ovisi o velikom broju čimbenika (od motivacije pojedinca, ponuđenih mogućnosti usavršavanja, stanja u stručnom i društvenom okruženju, do materijalnih, životnih okolnosti i ljudskih sudbina) na koje nije uvijek moguće utjecati. Isto tako, treba priznati da stručni ispiti postavljeni na ovaj način, gdje se nakon približno sat vremena odlučuje o pristupnikovim ovlastima za izvođenje izuzetno odgovornih i važnih poslova, predstavljaju »donju grani-

cu minimuma« njihova postojanja i provođenja. Uz to treba znati da svi inženjeri šumarstva i drvne industrije ne moraju i neće steći status ovlaštenoga inženjera, slično kao što svi liječnici nisu specijalisti, niti su svi pravnici odvjetnici ili suci.

Sve navedeno i još mnogo toga treba imati na umu pri promišljanju o nužnim promjenama načina polaganja stručnih ispita i načina stjecanja statusa ovlaštenoga inženjera šumarstva i drvne industrije. Pri tome nikako ne treba zaboraviti činjenicu da je mnogo lakše rušiti i stvari vraćati na početak nego sustavno unaprjeđivati i graditi. Također treba priznati da je svaki početak težak i bremenit, a ispravljanje jedne nepravde lako može izazvati počinjenje brojnih drugih.

## 5. Literatura – References

- Anon., 2006: Zakon o šumama (NN, 140/05, NN, 82/06).  
 Anon., 2006: Zakon o Hrvatskoj komori inženjera šumarstva i drvne tehnologije (NN, 22/06).  
 Anon., 2006: Statut Hrvatske komore inženjera šumarstva i drvne tehnologije (NN, 136/06, NN, 61/07).  
 Anon., 2007: Pravilnik o sadržaju i načinu polaganja stručnih ispita za ovlaštene inženjere šumarstva i drvne tehnologije (NN, 74/07).  
 Pentek, T., Poršinsky, T., 2007: U susret događajima u šumarskom inženjerstvu tijekom 2008. godine. *Nova meh. šumar.*, 28: 1–2.  
 Prka, M., 2007: Svima onima koji su bili, a nisu puno napravili. *Šumarski list* 131(9–10): 485.  
[www.hkisd.hr](http://www.hkisd.hr)

## Abstract

### Certification Exams of Croatian Chamber of Forestry and Wood Technology Engineers – Past Practice and Proposal for Possible Changes

*The Croatian Chamber of Forestry and Wood Technology Engineers was founded in accordance with the Act on Croatian Chamber of Forestry and Wood Technology Engineers of February 2006, and the Foundation General Meeting was held in September of the same year. The first certification exams were held during the first half of 2008, and most candidates applied for the certification exam in the field of forestry, for the programme: Certified Forestry Engineer. Along with the Chamber Secretary, the authors of this paper attended to all certification exams held so far in the said programme as members of the Exam Commission. In this paper they present their experience identifying problems and possible (necessary) changes in the content and manner of passing certification exams of the Croatian Chamber of Forestry and Wood Technology Engineers. Everything said in this paper presents their own opinion and should not be interpreted as the Chamber's official point of view.*

*When the Forestry Chamber was being founded, a significant issue was the intent of establishing systematic additional education of forestry engineers, directly engaged in performing professional forestry operations. As a matter of fact, in the last thirty years there was no systematic professional training of forestry experts, and the opinion prevailed that getting a forest engineer diploma was the end, but rather the beginning of professional training.*

*In the period of several years, certification exams should become much more serious and demanding. This is necessary so as to raise the quality of performance of forest operations, upgrade the reputation of forestry profession as a whole and open the work market and possibility of progressing within the forestry profession.*

*Laws and regulations related to the Forestry Chamber must be amended. These amendments are not only related to the content and manner of passing certification exams but also related to many other aspects of the Chamber's activities.*

*Key words: Croatian Chamber of Forestry and Wood Technology Engineers, certification exams, certified engineer*

---

Adresa autorâ – Authors' addresses:

Dr. sc. Marinko Prka  
e-pošta: marinko.prka@hrsume.hr  
»Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb  
Direkcija Zagreb  
Farkaša Vukotinovića 2  
HR–10 000 Zagreb

Izv. prof. dr. sc. Igor Anić  
e-pošta: anic@sumfak.hr  
Zavod za ekologiju i uzgajanje šuma  
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
Svetošimunska 25  
HR–10 000 Zagreb

Mr. sc. Željka Šikić  
e-pošta: zeljka.sikic@hrsume.hr  
»Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb  
Uprava šuma Podružnica Osijek  
Julija Benešića 1  
HR–31000 Osijek

Silvija Zec, dipl. ing. šum.  
e-pošta: silvija.zec@hrsume.hr  
Hrvatska komora inženjera šumarstva i drvne tehnologije  
Farkaša Vukotinovića 2  
HR–10 000 Zagreb

## Međunarodno znanstveno savjetovanje FORTECHENVI, Prag, 26 – 30. svibnja 2008.

U Pragu je od 26. do 30. svibnja 2008. godine održano treće međunarodno znanstveno savjetovanje FORTECHENVI pod naslovom »Šumarstvo, drvna tehnologija i okoliš« u organizaciji Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije iz Brna, Instituta za cjeloživotno obrazovanje iz Brna i suorganizaciji Ministarstva poljoprivrede Republike Češke, te pod pokroviteljstvom IUFRO-a, razreda 3, radne grupe 3.05.00. Ekološka sastavnica šumskih radova (*Forest Operations Ecology*), i Europskoga društva inženjera agronomije (*European Society of Agriculture Engineers*).

Cilj je savjetovanja bilo predstavljanje novih znanstvenih i operativnih dostignuća ekološki prihvatljivih tehnologija u šumarstvu i drvnoj industriji. Neke od tema izlaganja su bile: glavni tehnički, tehnološki, ekonomski, društveni i ergonometrijski problemi u šumarstvu i drvnoj industriji, uporaba obnovljivih izvora energije u šumarstvu, utjecaj šumskih operacija na okoliš, biotehnologije i bioproizvodi, važnost cjeloživotnoga obrazovanja u šumarstvu i drvnoj tehnologiji radi širenja znanja. Članovi znanstvenoga odbora su bili: Loredana Anne-Marie Badescu, Staffan Berg (koordinator IUFRO-a, RG 3.05.), Kevin

Bishop, Raffaele Cavalli, Pavlos Efthymiou, Hans Rudolf Heinemann (predsjednik odbora, koordinator IUFRO-a D3), Valéria Messingerová, Igor Potočnik, Janusz Sowa, Karl Stampfer, Iwan Wästerlund, Shane Ward, Tetsuhiko Yoshimura.

Sudjelovalo je 145 znanstvenika iz 22 zemlje te su izložena 64 referata i 19 postera. Članovi Zavoda za šumarske tehnike i tehnologije Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu izložili su dva referata i dva postera. Savjetovanje je otvorio Libor Grega, prorektor za međunarodnu suradnju i odnose s javnošću Sveučilišta u Brnu.

Prvi je dan savjetovanja bio namijenjen isključivo registraciji polaznika te su izlaganja započela 27. svibnja s plenarnom sesijom kojom su predsjedavali R. Cavalli i H. Dürrstein. Podneseni su ovi referati:

- ⇒ I. Wästerlund, D. Dahl: Productivity and damage on timber with different types of timber feeding rolls in a harvester head
- ⇒ D. Linley, J. Friscic, S. Sotomayor-Tasca, M. Donnelly, I. Creed: Will Canada's forests run dry? An analysis of Canadian forestry best management practices for water conservation



Slika 1. Znanstveno savjetovanje održavalo se u hotelu Dorint





Slika 2. S posterske sesije

- ⇒ K. Bihop, S. Gebreyohannis: Forest management in the upper basin of the blue Nile and its role in Nile hydrosolidarity
- ⇒ P. N. Efthymiou: Main technological, ecological and economic constraints in utilizing small-sized wood
- ⇒ S. Berg, E. Eriksson: Forest operations and its potential impacts on forestry's ability to reduce greenhouse gases and to provide biodiversity.

Za vrijeme stanke za ručak započela je posterska sesija na kojoj su uz ostale izlagače (J. Dvořák, N. Kiljunen, J. Sebera, E. Godan, B. Uner, R. Klvac, V. Novak, J. Marecek, A. Skoupy, G. Zimbalatti, T. Purfürst, R. Dumitrascu, B. Rosca, A. Olarescu, M. Akgul, S. Gluschkov) bila predstavljena i dva postera iz našega Zavoda za šumarske tehnike i tehnologije: T. Poršinsky, I. Stankić, A. Bosner, T. Pentek: Morphological analysis of chainsaws, Ž. Zečić, D. Vusić, D. Ozdanovac: The structure of utilization of oak (*Quercus robur* L.) biomass in final felling.

Nakon ručka započele su paralelne sesije te su u sesiji broj jedan predsjedali I. Potočnik i V. Messingerová, a izloženi su ovi referati:

- ⇒ P. Marada, J. Marecek, P. Junga: Development of good agroenvironmental practice standards for prevention of game damages
  - ⇒ E. Robak: The value of optimization in forest operations planning: three case studies in Canada
  - ⇒ S. Hosseini: Steep terrain and harvesting operations in the hyrcanian forests of Iran
  - ⇒ H. Nevečerel, T. Pentek, D. Pičman, K. Lepoglavec, T. Poršinsky: Road network quality of the management unit Piščetak – GIS analysis
  - ⇒ B. Rosca, A. Mitisor: Researches related to fir chips conduct in producing the wood-cement composite boards
  - ⇒ G. Sen, M. M. Bayramoglu, M. Yenigun: Situation of medicinal plant marketing in Turkey (sample of Trabzon)
  - ⇒ I. Potočnik, M. Kravanja, A. Poje: Accessibility of fire endangered forests by forest fire-prevention roads
  - ⇒ R. Derczeni, I. Oprea, E. Iordache: Technological premises for the capitalisation of forests logging developed in Romania in low accessibility conditions
  - ⇒ N. B. Montorselli: GIS tools analysis for forest roads network planning
  - ⇒ A. Lunguleasa: Knowledge about the total coefficient of losses in chipboard technology
  - ⇒ E. Iordache, B. Popa: Several aspects regarding the social and environmental monitoring of forest roads construction and rehabilitation in Romania
  - ⇒ E. Cacot, A. Villette: Logs skidding trial with synthetic rope: Pyrenean experience feedback
  - ⇒ P. A. Tsioras: Modern problems of the Greek forest operations sector
  - ⇒ B. Bedeleian, S. Alexandru, D. Sova: The reducing of the drying time as a result of the rational use of thermal and electric energy
  - ⇒ K. Melemez, M. Tunay: Evaluation of exposure to whole-body vibration for operators of loading tractors in Turkey
  - ⇒ P. Machal, S. Liska: Utilization attribute in procedural simulation at optimum assignation of production process.
- U sesiji dva predsjedali su Z. Kopecky i L. A. M. Badescu, a bili su izloženi ovi referati:
- ⇒ J. Neruda, P. Sladek: The accuracy of wood measurements in harvester technologies under conditions of the Czech Republic

- ⇒ C. Stan, L. A. M. Badescu: Study concerning the factorial analysis of work parameters in MDF milling
- ⇒ L. A. M. Badescu, C. Spirchez, N. Taran, N. Godan: An overview to the optimization of the mechanical wood processing for circular saws
- ⇒ J. Neruda, P. Nevrkla: Assessing the constructional parameters of chains of portable power chain saws
- ⇒ Z. Kopecky, M. Rousek: Problems of the stability of dimensioning circular sawblades
- ⇒ F. Neri, E. Marchi, G. Di Giulio: Pruning trials in high-quality wood arboriculture plantations
- ⇒ J. Holopirek, M. Rousek: Results experiment of cutting by a bandsaw blade with the knife-shaped geometry of teeth
- ⇒ S. M. Barbu, L. A. M. Badescu: Contributions to the theoretical and experimental modelling of working conditions for solid wood drilling
- ⇒ O. Zeleniuc, R. Sava: Thin plywood structure and its influence on the modulus of elasticity
- ⇒ O. Zeleniuc, R. Sava: Vibration method used in determination of the dynamic modulus of elasticity for thin plywood
- ⇒ C. E. Geanta, L. A. M. Badescu: Water jet cutting of wood regarding sustainable development, as an alternative to classical technics of machining
- ⇒ L. Gurau, M. Cionca, L. A. M. Badescu, O. Zeleniuc: Some mechanical properties and application of panels made of crosscut branches
- ⇒ V. Petrovici, A. M. Varodi, O. Zeleniuc, I. Borzea: Structural adhesive based on technical lignin and furanic resin for load bearing timber structure.

28. svibnja također su bile paralelne sesije, u trećoj sesiji predsjedali su: K. Stampfer i I. Wästerlund, a izloženi su ovi referati:

- ⇒ B. Üner, M. Akgul: The chemical composition of wood, bark of *Ostrya carpinifolia* Scop
  - ⇒ A. Olarescu, L. A. M. Badescu: Tangible and mathematical model for branch wood utilization
  - ⇒ P. Klč, R. Hnilica, J. Žacek: The ecologically suitable technology of transport process for low concentrations wood harvesting
  - ⇒ P. Hlavackova, F. Kalousek: Logistic support in biomass use
  - ⇒ J. Kadlec, L. Šimkova: Possibilities of using the wood ash in forestry
  - ⇒ S. Liska, D. Šafarik, R. Klvac: Power output and operating costs of the chipper model JENZ 420
  - ⇒ R. Cavalli, S. Grigolato: Forest road network: a case study in Italy on current condition and development possibilities for supporting wood chips supply chain
  - ⇒ B. O. Agbeja: Incentives for private forestry in the Southwest Nigeria: prospects for renewable resources in forestry
  - ⇒ K. Stampfer, C. H. Kanzian, M. Kühnmaier: Regional wood energy logistics – optimizing local fuel supply
  - ⇒ H. Devine: An enterprise GIS data model for forest park management
  - ⇒ R. Dumitrascu, L. A. M. Badescu: Juvenile wood – a new direction of approach
  - ⇒ S. Ljubojević, D. Marčeta: Nonconventional method of wood extraction in the conditions of low forest opening – a case study from Bosnia and Herzegovina
- Četvrtom sesijom predsjedali su K. Biskop i P. Efthymiou, a izloženi su ovi referati:
- ⇒ A. Malmer, U. Ilstedt, D. Murdiyarso: Carbon sequestration in tropical forest and water, a critical look on the base for generalisations
  - ⇒ M. Stanovsky, V. Messingerova, M. Ferencik: Consideration of forest stand damages caused by harvester technology in northern Slovakia
  - ⇒ R. Ulrich, J. Neruda: Term changes in the content of CO<sub>2</sub> in soil air due to the impact of forest machines on soil
  - ⇒ T. Fairweather: Umbrella policies and the forest umbrella: Governmental and certification forest management standards for the conservation of water resources in Canada
  - ⇒ E. Iordache, N. Mihai-Daniel: Using GIS applications in road network development taking into consideration soil erosion
  - ⇒ N. Nadezdina, J. Cermak, J. Neruda, R. Ulrich: Mechanical damage to root systems by forwarders and its application for objective derivation of safe width of extraction trails
  - ⇒ K. Bishop, M. Nilsson, K. Eklof, R. Sorensen: Forestry's contribution to Hg bioaccumulation in freshwaters: How large is it, and can it be reduced?
  - ⇒ D. Linhartova: Pedagogical and psychological aspects of education in forestry and wood technology



Slika 3. Terenski dio znanstvenoga savjetovanja



- ⇒ Z. Šmida, R. Dudik: Identification and impact of risks related to spruce monoculture reconstructions
- ⇒ P. Pancova Simkova, D. Vavricek, P. Samec: Development of the soil physical properties after windrow cultivation by heavy mechanization on the OreMts. Plateau
- ⇒ E. Mikkonen, P. Haataja: Selecting sites for reditching of peatland forests: an expert system application
- ⇒ M. Šušnjar, D. Horvat, Z. Pandur, M. Šporčić: Environmental evaluation of skidder by soil cone index and wheel load distribution during timber extraction.

Nakon završetka rada sesijâ sudionici su otišli na terensku ekskurziju koja je nastavljena i idućega dana. Domaćini su goste upoznali s posebnostima šumskih zajednica koje prevladavaju u Češkoj i njihovim načinom gospodarenja. Posjetili smo buduću »prašumu« (koja je prepuštena da se razvija bez čovjekova

utjecaja), mješovite šume bukve i ariša te bukove sastojine kojima se gospodari u prugama. Ekskurzija je završena posjetom dvorcu Krivoklat, koji se nalazi 40-ak km zapadno od Praga.

30. svibnja održana je plenarna sesija od 10 do 11 sati s dva izlaganja:

- ⇒ A. Tolunay: Effect of globalization on an upland forest village in Anatolia: a case study of Camlidere village
- ⇒ C. E. Geanta: Aspects concerning the water jet cutting of wood and wood based materials.

Na kraju su organizatori zatvorili znanstveno savjetovanje FORTECHENVI »Šumarstvo, drvna tehnologija i okoliš«. Po velikom broju sudionika, ali i po broju iznesenih referata te postera, savjetovanje »FORTECHENVI 2008« jedno je od značajnijih savjetovanja šumskoga inženjerstva održanih 2008. godine.

Andreja Bosner i Kruno Lepoglavec



## 41. međunarodno savjetovanje o mehaniziranju šumskih radova »FORMEC '08« u okviru 15. dana KWF-a

FORMEC je međunarodna udruga koja promiče primjenu mehanizacije u šumskim radovima. U njezinu djelovanju do sada su sudjelovali u prvom redu istraživači iz Europe, no u posljednjih nekoliko godina na godišnjim savjetovanjima prisutni su i znanstvenici iz SAD-a, Južne Amerike, Afrike i arapskih zemalja. Zbog toga se značajno povećava opseg razmatranih znanstvenih tema iz šumarskoga inženjerstva.

Od 2. do 5. lipnja 2008. godine u Schmollenbergu (Njemačka) održano je 41. međunarodno savjetovanje udruge FORMEC s temom »Novosti u razvoju šumarske tehnologije i logistike« (*New developments in forest technology and timber logistics*). Organizacija je povjerena Kuratoriju za šumski rad i šumsku tehniku (*Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik – KWF*), a savjetovanje se poklopilo s održavanjem 15-ih dana KWF-a.

Na savjetovanju FORMEC '08 sudjelovala su 83 sudionika iz 22 različite zemlje, a među njima i znanstvenici dviju naših vodećih šumarskih istraživačkih institucija: Zavoda za šumarske tehnike i tehnologije

Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i Šumarskoga instituta Jastrebarsko.

Savjetovanje je otvorila predsjednica KFW-a Ute Selling, a zaključna razmatranja na zatvaranju savjetovanja izložio je koordinator udruge FORMEC izvanredni profesor Karl Stampfer (*Universität für Bodenkultur Wien*).

U dva dana savjetovanja (MARITIM Hotel Grafenschaft) izložena su 33 referata i prezentirana 34 postera, od kojih tri iz Hrvatske. Tijekom savjetovanja predstavljen je presjek ovodobnih istraživanja u šumarskom inženjerstvu u svijetu. U nastavku se nalazi popis tema izloženih referata i postera. Svi se u tiskanom obliku mogu pronaći u zborniku savjetovanja (ISBN: 978-3-9811335-2-3).

### Uvodna izlaganja

Seeling, U.: Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik (KWF)

Vorher, W.: The Forest-Based sector technology platform – network building for forest research in Europe



<http://formec.kwf-online.org>

Heinimann, H. R.: Vision and challenges for utilisation of forest

Rossmann, J., Schluse, M., Bücken, A.: The virtual Forest – space and robotics technology for the efficient and environmentally compatible growth planning and mobilization of wood resource

### Referati (osam sesija):

Tampekis, S. Th., Giannoulas, V. J., Drosos, V. C.: The Compatibility between the forest opening up works and natural environment in the mountainous region of Metsovo

Ghaffarian, M. R., Stampfer, K., Sessions, J.: Using network analysis to optimize forest road network for cable logging

Erler, J., Knobloch, J.: Conceiving and mechanical designing of a walking harvester for temporary trails

Engler, B., Becker, G., Cremer, T.: Pulpwood versus energy wood: Sorting strategies for different stands and market conditions

Grosse, W.: Wood energy from Plantations – Harvesting and Supply of wood chips

Karpachev, S.: The quantitative estimation of the forest residuals as biomass for bioenergy for local industry and villages in forest regions of Russia

Sladek, P., Suk, P., Ulrich, R., Neruda, J.: GPS Accuracy in harvester technologies and possibilities of its use in the context of the CR

Pausch, R.: Productivity of a 6 wheel long boom grapple skidder in vertically structured hardwood stands – a case study in the communal forest of Aalen

Kirth, R., Schiemer, S., Nemestothy, N., Sperrer, S.: Further developments of synthetic ropes for logging applications in forestry

Sowa, J. M., Kulak, D., Szewczyk, G.: The Influence of the Skidding Distance on the Value of Damage done to the Surface Soil Layer in the Course of Timber Harvesting in Pine Thinnings

Dvořák, J., Štícha, V.: Risk of soil damages while the handling of claims by logging and hauling technologies

Acar, H., Üniver, S.: New reduced impact harvesting techniques in Turkish forestry

Sowa, J. M., Kulak, D., Leszczyński, K., Stanczykiewicz, A., Szewczyk, G.: The level of environmental damage from timber harvesting depending on skidding methods

Fyedorenchik, A., Lednizkiy, A.: Equipment and technologies of combined procurement of merchantable wood with cutting wastes utilization for energy production in Belarus

Cavalli, R., Zimbalatti, G., Grigolato, S., Proto, A. S.: Forest wood chips supply chain in Southern Italy

Gumus, S., Turk, Y., Çalışkan, E., Acar H.: Skid trails at wood harvesting

Çalışkan, E., Gümüş, S., Acar, H.: Environmental Impact of timber harvesting in Turkish forestry

Vötter, D., Becker, G.: Systems analysis and Sustainability Impact Assessment – an example from the European Forestry-Wood Chain

Spinelli, R., Visser, R.: Analyzing and estimating delays

Moskalik, T., Sadowski, J.: Performance and costs of the logging residues bundling in mature Scots Pine stands

Spinelli, R., Magagnotti, N.: Estimating the productivity of chipping operations

Sauter, U. H., Siemes, P.: Harvesting and processing systems for large dimensioned timber (LDT) as short logs

Findeisen, E., Markoff, I., Gluschkov, S.: Fully mechanized logging in Bulgaria – first steps and prospects

Neri, F., Piegai, F., Marchi, E., Nati, C.: Cableway logging operations and residuals harvesting: cases study in windthrow areas in the Eastern Alps – Italy

Klvac, R., Fischer, R., Skoupy, A.: Emissions from the »Larix« cableway system operation phase

Lewark, S., Mühlisiegel, R.: Competences of forestry graduates and European labour market – working for a European graduate analysis

Horcher, A., Visser, R., Messerlie, E.: Improving Helicopter Pilot Training with On-Board GPS

Iordache, E., Daniel, N. M., Popa, B.: Using GIS applications in road network development taking into consideration soil erosion

Sauter, H. U., Siemes, P.: Combined log and energy wood processing of large dimensioned timber (LDT) in steep terrain

Lewark, S.: Higher forestry education, the Bologna process and the role of Silva network

### Posteri (tri tematske sesije):

Inovacije u lancu dobave drva (Improvements within the Forestry-Wood-Chain)

Becker, G., Vötter, D.: Modelling of allocation effects on sustainability in the European Forest-Wood-Chain within the Field of Forestry to Industry Interactions

Baumann, T., Klädtke, J., Becker, G.: Analysis of logistic processes and whose potential for optimization in the supply chain from forests to plants supported by special methods of Process modelling

Becker, B., Klädtke, J., Becker, G.: MatchWood – From Trees to Products – Product-specific allocation of raw material to the wood industry

Drosos, V.: Implementation of modern technology on Greek forest conditions

Krpan, A., Prka, M.: Defining assortment structure of even-aged beech stands according to standard HRN EN 1316-1:1999

Lotfalian, M.: Logging Operation and Tree Falling Types in Forests of Iran

Honsa, J., Neruda, J.: Comparing the effect of factors affecting damage to the surface of logs by functional mechanisms of harvesters

Rumpf, J.: Time and efficiency analysis of harvesters CTL 40 HW

Šporčić, M., Martinić, I., Šušnjar, M., Horvat, D., Poršin-sky, T., Pandur, Z.: Efficiency analysis of mechanisation working units in Croatian Forestry DEA approach

Zečić, Ž., Pentek, T., Vusić, D., Nevečerel, H., Lepo-glavec, K., Stankić, I., Bosner, A.: Exploitation and Productivity Characteristics of the New Croatian Skidders Ecotrac 55 V and Ecotrac 120V

### **Strategije rješavanja šumskih katastrofa (*Strategies for solving forest catastrophes*)**

Gieffing, D. F., Bembenek, M.: Application of forest operations in stands affected by various calamities in Poland

Blija, T.: Evaluation of reforestation technologies in windblow areas in Latvia

Çadlar, S.: An Investigation on productivity of gantner yarder at windblown forest stand in Turkey

Karantzidis, N., Mpasianas, G., Doukas, K.: Forest constructions for protection and harvesting operations before and after forest fires in Greece

Drosos, V. C., Farmakis, D. E., Kalogeropoulos, C. P.: Digital terrain model – Geoinformatic model – Harvesting operations after fires

Drosos, V. C., Farmakis, D. E., Kalogeropoulos, C. P., Liampas, S.-A.: Diachronic recording of harvesting places compare to land use changes

Lotfalian, M., Mostafanezhad, S. R., Moafi, M.: Evaluation of Logging Damages in Mountainous Forests Located at Northern part of Iran

Pertlik, E., Steinmüller, T.: Permanent infrastructures as possibility to cope forest disasters

Riguelle, S., Hevert, J., Jourez, B.: Development of a decision-making tool to manage windthrow damages in the Walloon Region (Belgium)

### **Pridobivanje drva i logistika pod različitim ograničenjima (*Wood harvesting and timber logistics under various restrictions*)**

Giovannini, G., Cavalli, R., Grigolato, S.: Improving felling and thinning for coppice and young high forest stands in alpine condition – the case of trento province

Dinev, D., Tassev, G.: Methods and technologies in first thinnings and perspectives for development in Bulgaria

Dinev, D., Tassev, G., Assparuchov, K.: Agricultural tractors, adapted and modified, to be used in Bulgarian forestry

Drosos, V. C., Christos, S. K., Farmakis, D. E., Giovannopoulos, R. A.: Environmentally compromise between cable and ground logging systems in Greek forests

Eroglu, H.: Timber harvesting by URUS M III forest skyline on snow in steep terrain: A case from Artvin, Turkey

Gumus, S., Çalişkan, E., Acar, H.: An assessment on the optimization techniques at harvesting operations on mountain forests

Sparchez, G., Oprea, I., Iordache, E., Derczeni, R.: Forest logging influences on steep slopes to the soil and to the remaining trees in the mountainous areas from Romania

Klun, J., Robek, R.: GPS-based Design of Skyline Corridors and Software Solutions for Analyzing of Cable-way Systems

Horek, P., Novak, J., Neruda, J.: Forest cableways and their use in forest management

Stergiadou, A., Eskioglou, P.: Slope stabilization process of the forest roads

Zlota, M., Grzywinski, M.: Ergonomic aspects of artificial pruning operations

Zlota, M., Grzywinski, M., Szakiel, M.: Working Postures during tree felling using chainsaw

Hittenbeck, J.: Tractive Forces, Slip and Slopes

Klugmann, H.: QS-harvester measurement – a system of quality assurance creates transparency and acceptance for the measurement by harvester of timber length and diameter

### **Zaključna razmatranja:**

Heinimann, H. R.: Vision and Challenges for Utilisation of Forests

Bergmann, A.: Tomorrow's Logging Technologies – Trends and Drivers from a Manufacturer's Standpoint

Stampfer, K.: Closing remarks

Trećega je dana savjetovanja organiziran posjet izložbi šumarskih strojeva i opreme KWF Tagung. Preko četiri stotine izlagača prikazalo je najmoderniju opremu šumarskoga inženjerstva. Pokazni rad strojeva pri pridobivanju drva nakon vjetrolooma i vjetrotizvala uprizoren je na 25 stajališta u središtu šumske površine koju je u siječnju 2007. godine značajno oštetilo olujno nevrijeme »Cyrill«.

Iduće će savjetovanje udruga FORMEC održati u Pragu od 21. do 24. lipnja 2009. u organizaciji Fakulteta šumarstva i drvnih znanosti Mendelova Sveučilišta u Pragu.

Igor Stankić i Dinko Vusić



# Međunarodno znanstveno savjetovanje »Izazovi u šumarstvu i drvnoj tehnologiji u 21. stoljeću«

U Zagrebu je 16. listopada 2008. godine održano međunarodno znanstveno savjetovanje pod nazivom »Izazovi u šumarstvu i drvnoj tehnologiji u 21. stoljeću« (*Challenges in Forestry and Wood Technology in the 21<sup>st</sup> Century*) u organizaciji Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, a povodom 110. obljetnice utemeljenja Šumarskoga fakulteta.

Cilj je savjetovanja bio da se prikaže prošlost visokoškolske šumarske nastave u Republici Hrvatskoj, te da se upozori na probleme i nove izazove koje šumarstvu donosi budućnost i u Republici Hrvatskoj i u čitavoj Europi.

Na savjetovanju je sudjelovalo 256 sudionika iz 14 zemalja, a podnesena su 22 referata. U šumarskoj je sekciji bilo 10 izlaganja, a u drvnotehnološkoj sekciji 12. Nakon pozdravnih govora i uvodnoga predavanja te otvaranja samoga savjetovanja slijedila je dodjela nagrada i priznanja, a nakon kratke stanke započele su rad paralelne sekcije: šumarska i drvnotehnološka.

## 1. Otvaranje savjetovanja

Uvodni je govor održao izv. prof. dr. sc. Andrija Bogner, dekan Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. U njemu je istaknuo kako ima iznimnu čast govoriti prvi na svečanoj proslavi povodom 110 godina šumarske i 60 godina drvarske sveučilišne nastave u Hrvatskoj. Drage goste pozdravio je u ime svih djelatnika Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i zahvalio im što su našli vremena da dođu na našu, nama tako značajnu obljetnicu.

Dekan je posebno pozdravio:

- ⇒ dr. sc. Radovana Fuchsa, državnoga tajnika Ministarstva znanosti obrazovanja i športa RH,
- ⇒ gospodina Nadana Vidoševića, predsjednika Hrvatske gospodarske komore,
- ⇒ akademika Slavka Matića, predsjednika Akademije šumarskih znanosti RH,
- ⇒ akademika Zlatka Kniewalda, predsjednika Akademije tehničkih znanosti RH,



- ⇒ mr. sc. Petra Jurjevića, predsjednika Hrvatskoga šumarskoga društva,
- ⇒ Darka Vuletića, dipl. ing. šum., predsjednika uprave »Hrvatskih šuma« d.o.o. Zagreb,
- ⇒ Silviju Zec, dipl. ing. šum., tajnicu Hrvatske komore inženjera šumarstva i drvne tehnologije,
- ⇒ dr. sc. Miroslava Benka, ravnatelja Šumarskoga instituta Jastrebarsko,
- ⇒ sve predstavnike izvršne, zakonodavne i sudске vlasti Grada Zagreba i Republike Hrvatske,
- ⇒ strane goste,
- ⇒ dekane Zagrebačkoga sveučilišta,
- ⇒ umirovljene profesore i sve druge djelatnike Šumarskoga fakulteta u Zagrebu,
- ⇒ predstavnike javnih medija
- ⇒ te na kraju sve istinske prijatelje šumarske i drvarske struke.

Ujedno je zahvalio svima koji su nam uputili brojne čestitke povodom 110. obljetnice visokoškolske šumarske nastave.

Potom su održani pozdravni govori visokih uzvanika.

Savjetovanje je otvorio dr. sc. Radovan Fuchs, državni tajnik Ministarstva znanosti obrazovanja i športa Republike Hrvatske. Na početku su dodijeljene nagrade i priznanja istaknutim šumarskim stručnjacima za izniman doprinos razvoju sveučilišne šumarske nastave.

Nagrađeni su: akademik Slavko Matić, prof. dr. sc. Boris Ljuijka i dr. sc. Joso Gračan.

Također su nagrađeni najbolji studenti Fakulteta u akademskoj godini 2007/2008: Krešimir Sinjeri, student preddiplomskoga studija Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okoliša, Bojan Trope, student preddiplomskoga studija Drvna tehnologija, Mile Drača, student diplomskoga studija Šumarstvo, i Marko Mijaković, student diplomskoga studija Oblikovanje proizvoda od drva.

## 2. Šumarska sekcija

Moderatori prvoga dijela šumarske sekcije bili su izv. prof. dr. sc. Igor Anić i doc. dr. sc. Janez Krč, a podneseni su ovi referati:

- ⇒ Milan Oršanić, Tibor Pentek: Prošlost, sadašnjost i budućnost sveučilišne šumarske nastave u Republici Hrvatskoj (*The Past, Present and Future of University Forestry Education in the Republic of Croatia*)

Sažetak: U ovom je radu dan povijesni pregled sveučilišne šumarske nastave u Republici Hrvatskoj od samih početaka na Gospodarsko-šumarskom učilištu u Križevcima (1860–1898) pa sve do visokoškolske nastave na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu (1960–2005). Nadalje, opisana je današnja organizacijska struktura Šumarskoga fakulteta s posebnim osvrtom na Šumarski odsjek koja je doživjela velike promjene u akademskoj godini 2005/2006. zbog uvođenja Bolonjskoga procesa. Danas na Fakultetu postoje četiri razine studija: preddiplomski



studij, diplomski studij, poslijediplomski specijalistički studij i poslijediplomski doktorski studij. Posebna je pažnja posvećena budućnosti sveučilišne šumarske nastave u Hrvatskoj i njezinu zadržavanju na što višoj razini.

⇒ Slavko Matić: Zahvati u okolišu šuma i klimatske promjene kao važni čimbenici njihova sušenja i propadanja (*Treatments in the Forest Environment and Climate Change as Significant Factors Contributing to Forest Dieback and Degradation*)

Sažetak: Šume i šumarstvo u Hrvatskoj nose obilježje prirodnosti koja se temelji na činjenici da je geneza šuma vezana uz njihov nastanak iz sjemena ili panja autohtonih vrsta drveća u procesu obnove vođene prema načelima šumarske znanosti, bilo da se radi o regularnim ili prebornim šumama. Klimatogene, pionirske i prijelazne vrste drveća i poludrveća u prirodnim šumama u Hrvatskoj dolaze kao glavne i sporedne vrste u značajnom broju od približno 60 vrsta. Sve one daju šumama obilježje prirodnosti i proizvodnosti. Postoji jako puno primjera u europskom šumarstvu u kojem su se na štetu klimatogenih vrsta drveća forsirale brzorastuće vrste četinjača (alohtone vrste) koje su u kombinaciji s čistom sječom vodile degradaciji staništa, a to se posebno negativno odrazilo na zoocenoze i mikrobiocenoze u tlu, što je dovelo do katastrofalnih posljedica (npr. sušenje smreke u Republici Češkoj, vjetrozivale na Tatrama u Slovačkoj itd.). Upravo iz tih primjera može se zaključiti da su zahvati u šume i klimatske promjene vrlo značajni čimbenici koji uzrokuju njihovo sušenje i propadanje. Takav se zaključak temelji na sustavnom i dokumentiranom istraživanju naših šuma koje traje preko 150 godina. Logično je da uzroke sušenja i propadanja ne možemo trajno otkloniti posebno kad su u pitanju klimatske promjene, te je zbog toga nužno uzgojnim i ostalim zahvatima ublažiti negativne posljedice sadašnjega stanja podižući i uzgajajući kvalitetne, biološki raznolike i stabilne šume. Stoga naše društvo mora prihvatiti znanstvenu spoznaju da veliki, drastični zahvati u okoliš, koji se u svijetu više nigdje ne izvode, moraju i u nas prestati.

⇒ Karl Stampfer, Christian Kanzian, Tomislav Poršinsky, Dubravko Horvat: Uporaba šumske biomase u Austriji – pregled sadašnjega stanja i moguća očekivanja (*Forest Biomass Utilization in Austria – State of the Art and Perspectives*)

Sažetak: Budući da su šumski ekosustavi obnovljivi izvori energije, sve se veća važnost poklanja drvu kao gorivu za proizvodnju energije. U ovom je radu analizirano trenutačno stanje u proizvodnji iverja kao goriva za proizvodnju energije u Austriji.

Istraživanje pokazuje da je važnost iverja kao goriva za proizvodnju energije svakim danom sve veća u odnosu na ostale šumske proizvode. Mogućnosti su šumskih ekosustava u tom pogledu vrlo velike, ali se nameće pitanje ekonomske isplativosti tako dobivene energije. Najveći pomaci s ekonomskoga aspekta mogući su: optimiziranjem i odabirom što boljega mjesta za iveranje sirovine, optimalnim povezivanjem radne operacije iveranja s radnom operacijom transporta, te svođenje na minimum vremena i udaljenosti prijevoza sirovine od stovarišta do krajnjega korisnika. Nadalje, opisane su razne kombinacije između mjesta iveranja i transporta sirovine do toplana, naznačeno je na kakvom se terenu pojedina kombinacija može primjenjivati, te su istaknute prednosti i mane svake od navedenih kombinacija, sve radi minimaliziranja troškova.

Izv. prof. dr. sc. Karl Stampfer i izv. prof. dr. sc. Ivica Tikvić modelirali su drugi dio šumarske sekcije u kojoj su podneseni referati:

⇒ Jurij Diaci: Prirodno uzgajanje šuma kao odgovor na povećane potrebe za općekorisnim funkcijama šuma u promjenjivom okolišu (*Close-to-Nature Silviculture as a Solution for Increased Societal Demands on Forests within a Changing Environment*)

Sažetak: Šume su dugovječni ekosustavi i zbog toga se uzgajanje šuma, tako pokazuju iskustva iz prošlosti, vrlo teško prilagođava trenutačnim razvojnim problemima društva. Mišljenje je većine stručnjaka da se njegujući prirodne vrste na prirodnim staništima uvelike smanjuje rizik od sušenja i propadanja sastojina uzrokovanih klimatskim promjenama. Za šume i šumare jugoistočne Europe to ne znači posebne promjene od ustaljenoga načina rada jer u tom dijelu Europe prevladavaju prirodne šume. Druga skupina rješenja ide u smjeru industrijalizacije, upotrebe visokih tehnologija, ali takav način uzgajanja šuma može jako narušiti prirodnu ravnotežu, narušiti šumske ekosustave i nas gurnuti u razvojnu ovisnost, jer je biotehnologija u jugoistočnoj Europi još uvijek nerazvijena. Bez obzira na odabrana rješenja sve upućuje na to da će uzgajanje šuma biti sve kompliciranije i složenije. Iz razdoblja naglašenoga zaštićivanja prelazimo u razdoblje aktivnijega, ali usmjerenijega iskorištavanja šuma. Heinrich Cotta je prije dva stoljeća izjavio: Novu šumarsku znanost imamo zato jer više nemamo šumskih resursa. Budućnost nam, dakle, nudi priliku za sve tradicionalne šumarske discipline, koje su se u zadnje vrijeme sramežljivo povlačile sa šumarskih fakulteta u srednjoj Europi. A hoćemo li i kako tu priliku iskoristiti, ovisi o današnjoj generaciji šumara.

⇒ Emil Klimo: Utjecaj smrekovih monokultura na značajke tla i njihova konverzija u mješo-



vite šume (*The Effects of Norway Spruce Monocultures on Soil Properties and their Conversion to Mixed Forests*)

Sažetak: Već tijekom prve generacije smrekove monokulture znatno usporavaju prirodne procese u tlu, a rezultati su toga procesa povećane akumulacije organske tvari u površinskim slojevima tla, dok su najviše koncentracije organske tvari u humusnom sloju. Taj se sloj u velikoj mjeri javlja i u tlima novoformiranih mješovitih sastojina listača s običnom jelom. Bukova stabla u mješovitim sastojinama usporavaju zakiseljavanje tla, što povećava plodnost u A-horizontu ponajviše zbog povećanoga udjela kalcija u tim slojevima tla. Na ispitivanom području nije zabilježena smanjena količina hranjivih tvari u humusnom horizontu, ni u mješovitim bjelogorično-jelovim šumama, ni u čistim smrekovim kulturama. Čiste sječe i povećana industrijska uporaba šumske biomase znače veći gubitak organske tvari i biogenih elemenata iz šumskoga ekosustava. Dakle, čistim se sječama značajno osiromašuje humusni horizont, pa čak i površinski mineralni slojevi. Biljke koje se javljaju na područjima čistih sječa igraju veliku ulogu u zadržavanju i kruženju biogenih elemenata u tlu, a to postaje vidljivo u trećoj godini poslije sječe.

⇒ Janez Krč, Boštjan Košir, Igor Potočnik, Tibor Pentek, Marijan Šušnjari: Šumarsko inženjerstvo srednje Europe – stanje i budući razvoj (*Forestry Engineering in Central Europe – Present Status and Future Development*).

Sažetak: U ovom je radu prikazano stanje šumarskoga inženjerstva srednje Europe s posebnim osvrtom na njegovu perspektivu i budućnost. Spomenute su tradicionalne i suvremene metode pridobivanja drva na različitim tipovima terena, te su detaljno opisani glavni čimbenici koji uzrokuju oštećivanje šumskih cesta. Nadalje, istaknute su smjernice budućega razvoja koji je usko povezan s mogućnostima koje pružaju novi sofisticiraniji strojevi, te sa smanjivanjem troškova i povećanjem proizvodnje. Da bi se ti ciljevi postigli, treba u prvom redu raditi na okrupnjavanju privatnih šumoposjeda, na smanjivanju jaza između znanosti i tehnologije, te novim tehnologijama procese u proizvodnji učiniti djelotvornijima.

Nakon stanke za ručak započeo je treći dio šumarske sekcije čiji su moderatori bili izv. prof. dr. sc. Renata Pernar i izv. prof. dr. sc. Davorin Kajba. Izlagani su ovi referati:

⇒ Berthold Heinze: Zaštita genofonda i oplemenjivanje u budućnosti: mogućnosti molekularne biologije (*Conservation of Genetic Resources and Breeding for an Uncertain Future: Support Offered by Molecular Biology*)

Sažetak: Genetska varijabilnost šumskoga drveća osnova je za opstanak i podizanje zdravijih i produktivnijih šuma i šumskih ekosustava, dok veličina samih populacija nije toliko važna. Međutim, važno je da one zadržavaju međusobni genetski kontakt i nesmetanu izmjenu gena, a samim time veću genetsku varijabilnost i otpornost na različite biotske i abiotske čimbenike. Zbog sve većih klimatskih promjena napomenuto je da je prilagodba prirodnih sastojina na njih vrlo brza, te se to događa u toku jedne generacije. Cilj je šumara i šumarske struke održavanje prirodne dinamike izmjene gena u europskim šumama, a to se može postići samo pametnim gospodarenjem šumskim ekosustavima.

⇒ Igor Dakskobler: Fitocenološka istraživanja šumskih ekosustava na početku 21. stoljeća (*Phytocoenological Research in Forest Ecosystems at the Beginning of the 21st Century*)

Sažetak: Fitocenologija se razvila kada su botaničari počeli promatrati način na koji se na određenom području mijenja čitava vegetacija. Predmet njihova zanimanja postale su biljne zajednice u odnosu na njihov okoliš. Važnu prekretnicu označio je botanički kongres u Bruxellesu (1910) na kojem je definiran pojam asocijacije. Asocijacija je tako postala temeljna jedinica florne sintaksonomije (slično kao vrsta kod živih bića). Nastupio je brz razvoj, s tim da su se u različitim područjima svijeta razvile različite metode, a pozornost posvećivala različitim problemima. Velik preokret u vegetacijskim istraživanjima donio je razvoj računala i računalnih programa tijekom 80-ih koji omogućuju lakšu uporabu pri uređivanju fitocenoloških snimaka te pomažu u njihovoj razredbi. Činjenica je da visoko učinkovita računala omogućuju stvaranje opsežnih baza koje mladi »intelektualni ekolozi« uspješno koriste kao pomoć pri izradi suvremenih pregleda vegetacije širih područja. Fitocenološka proučavanja šumskih ekosustava u 21. stoljeću mogu ostati slična onima do sada, a to je poznavanje biljaka, dakle botaničko znanje. Zato je vrlo važno da botanika i dendrologija u novim studijskim programima ostanu neokrnjeni s dovoljnim brojem sati za praktične vježbe i za terensku nastavu. Potrebno je iskoristiti računalno znanje mladih generacija, bogate mogućnosti koje pružaju moderni programi da se izrade baze naših vrlo brojnih vegetacijskih snimaka, da se obrade i kritički pretreše pravilnost nazivlja i opravdanost nekih sintaksona. A to možemo učiniti samo poštujuemo li stvarne stanišne prilike i stvarne fitocenozu u prirodi, dakle ne samo kao »uredski« statističari ili matematičari koji šumu gotovo i ne poznaju.

⇒ Andrej Bončina, Juro Čavlović: Perspektive uređivanja šuma (*Perspectives of Forest Management Planning*)

**Sažetak:** Pred šumskogospodarskim planiranjem postoje veliki izazovi. Ono je još uvijek, vjerojatno zbog tradicije, previše zagledano u prošlost. Tradicija je značajno polazište za bilo kakvu aktivnost, međutim je za afirmaciju aktivnosti i njezin razvoj potrebna orijentiranost prema budućnosti. Za ostvarivanje temeljnih načela pri gospodarenju šumama, kao što su trajnost, višenamjensko gospodarenje i moderno gospodarenje, planovi su potrebni ako ne i ključni. Međutim, potrebno je pri planiranju raščistiti pitanja o smislenosti planiranja: zašto planirati i za koga, što se želi postići s planiranjem, što će se dogoditi ako se ništa ne planira (Buwal 1996a, 1996b). Potrebno je težiti prema tomu da planiranje bude s razlogom i učinkovito. Tim se zahtjevima mora prilagođavati sadržaj i detaljnost plana. U svakom slučaju treba prekinuti sa shvaćanjem da je šumskogospodarsko planiranje pisanje plana s obzirom na to da je planiranje značajnije od proizvoda (plana). Šumskogospodarsko je planiranje prilika za afirmiranje šumarstva kod šumovlasnika i javnosti. Kako bi se to postiglo, potrebno ga je usmjeriti prema korisnicima koje treba uključivati u proces planiranja. Uspjeh je planiranja djelomice ovisan o šumarskoj politici, pa su planovi gospodarenja naposljetku instrumenti ostvarenja šumarske politike, ali u većoj mjeri uspjeh je ovisan o kreativnosti šumarske službe. Stvarna je zapreka za uspješan razvoj šumskogospodarskoga planiranja rastuća količina pravnih odredaba koje, slično kao i na drugim područjima, kreativne stručnjake pretvaraju u činovnike. Pretjerano normiranje ograničava manevarski prostor za donošenje dobrih odluka i mogućnost prilagođavanja posebnostima područja za koje se radi plan.

Zadnju su šumarsku sekciju, u kojoj je izložen jedan referat, nakon kojega se razvila rasprava o svim referatima, vodili izv. prof. dr. sc. Josip Margaletić i doc. dr. sc. Tomislav Poršinsky.

⇒ Midhat Uščuplić, Mirza Dautbašić, Tarik Trešić, Osman Mujezinović: Aktualna slika zdravstvenoga stanja šuma Bosne i Hercegovine na početku 21. stoljeća (*Current Health Status of Bosnia and Herzegovina Forests at the Beginning of the 21st Century*)

**Sažetak:** Aktualna slika kvalitete šuma u Bosni i Hercegovini, koja se ocjenjuje lošom, rezultat je mnogih negativnih utjecaja objektivne i subjektivne prirode. Objektivni su uzroci izravno ili neizravno u vezi s ratom (oštećivanje stabala projektilima i minsko-eksplozivnim sredstvima, požarima), što je u ulančavanju biotskih čimbenika utjecalo na prenamnoženost nekih štetnih kukaca i proširenost mnogih bolesti. Subjektivni su uzroci u vezi s povijesnim razvojem zemlje, čestim izmjenama organizacije šumarstva i administrativno-političkom podjelom dr-

žave. Nema strategije razvoja šumarstva, a to znači ni jedinstvenoga koncepta gospodarenja šumama, jača utjecaj lokalne vlasti pri korištenju drva kao prirodnoga resursa, raste broj subjekata koji koriste nedrvne šumske resurse čije je znanje nedovoljno da razumiju općekorisne funkcije šume. Izražen je pritisak energetskega sektora za uporabu šumskih i vodnih resursa pri proizvodnji energije, mijenja se namjena šumskoga zemljišta u korist turizma, lovno se gospodarstvo izdvaja iz šumarstva, narušava se integritet šuma itd. Radi očuvanja šuma, najvažnije ga prirodnoga resursa u BiH, potrebno je utvrditi pluralističke osnove razvoja šumarstva, donijeti opći zakon o šumama koji će ugraditi međunarodne konvencije koje se tiču šuma i biti obavezan ne samo za poduzeća koja gospodare šumama nego i za druge subjekte koji koriste šumske resurse, ali više od toga nužno je mijenjati shvaćanje o šumama i jače afirmirati njihove općekorisne funkcije. Država i njezine institucije, znanost i obrazovanje trebaju u ovom području imati odlučujuću ulogu, pri čemu koncept integralne zaštite šuma treba biti općeprihvaćen.

U raspravi su sudjelovali: akademik Slavko Matić, prof. dr. sc. Emil Klimo s Mendelova sveučilišta u Brnu, izv. prof. dr. sc. Karl Stampfer s BOKU-a iz Beča, doc. dr. sc. Janez Krč s Biotehničkoga fakulteta Sveučilišta u Ljubljani, prof. dr. sc. Faruk Mekić i akademik Midhat Uščuplić sa Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Sarajevu.

### 3. Drvnotehnološka sekcija

U prvom su dijelu rada drvnotehnološke sekcije, pod predsjedanjem prof. dr. sc. Ružice Beljo-Lučić, izv. prof. dr. sc. Radovana Despota i prof. dr. sc. Mariana Babjaka, izloženi ovi radovi:

- ⇒ Boris Ljuljka, Radovan Despot: Osnivanje i razvoj drvnotehnološkoga odsjeka na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu (*Foundation and Development of the Wood Science and Technology Department at the Faculty of Forestry of the University of Zagreb*),
- ⇒ Igor Čunderlik: Iskustva Bolonjskoga procesa na Fakultetu drvne tehnologije na Tehničkom sveučilištu u Zvolenu (*Experience with the Bologna Process at the Faculty of Wood Sciences and Technology at the Technical University in Zvolen*),
- ⇒ Sandor Molnar: Trendovi razvoja u drvnotehnološkom obrazovanju u Mađarskoj (*Development Directions of Wood Sciences Education in Hungary*),
- ⇒ Ryszard Guzenda: Trenutačni problemi u poljskoj industrijskoj preradi drva – perspektive i

opasnosti (*Current Problems of the Polish Wood-working Industry – Perspectives and Threats*),

- ⇒ Richard P. Vlosky: Integrirana, tržišno zasnovana metodologija za razvoj sektora drvnih proizvoda (*An Integrated Market-Based Methodology for Forest Products Sector Development*),
- ⇒ Marko Petrič: Uvođenje procesa EU VOC u proizvodnju namještaja u Sloveniji (*Implementation Process of the EU VOC Directive into the Slovenian Furniture Industry*).

Nakon stanke za ručak započeo je drugi dio drvnotehnološke sekcije, a moderatori su bili izv. prof. dr. sc. Denis Jelačić, izv. prof. dr. sc. Vlatka Jirouš-Rajković i prof. dr. sv. Marko Petrič. Na dnevnom su redu bila ova izlaganja:

- ⇒ Zoran Trposki: Pобољшanja izlaznih parametara smanjenjem troškova na tračnoj pili (*Improvement of Output Parameters through a Decrease of Costs of the Bandsaw*),
- ⇒ Marian Babiak: Trendovi u istraživanju drvnih svojstava (*Trends in Wood Properties Research*),

- ⇒ Izet Horman: Numerička analiza pojava u drvu prouzročenih toplinom, vlagom ili ostalim vanjskim utjecajima (*Numerical Analysis of a Phenomenon in Wood Caused by Heat, Moisture or External Load*),
- ⇒ Andreas O. Rapp: Kontrola kvalitete toplinski modificiranoga drva – nova metoda za testiranje TMT (*Quality Control of Thermally Modified Timber – a New Method for Testing TMT*),
- ⇒ Jerzy Smardzewski: Antropometrijski aspekti u dizajniranju namještaja (*Anthropotechnical Aspects of Furniture Design*),
- ⇒ Christian R. Welzbacher, Christian Brischke, Andreas O. Rapp: Ponašanje toplinski modificiranoga drva (TMT) u vanjskoj primjeni – trajnost, trošenje i izgled (*Performance of Thermally Modified Timber (TMT) in Outdoor Applications – Durability, Abrasion and Optical Appearance*).

Ivica Papa



# Združena terenska nastava austrijskih i hrvatskih studenata šumarstva

Od 2. do 5. lipnja 2008. godine studenti 3. godine Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i Šumarskoga fakulteta u Beču (Universität für Bodenkultur Wien) sudjelovali su na združenoj terenskoj nastavi u Austriji. Cilj je terenske nastave bio upoznavanje s tehnikama i tehnologijama značajnim za austrijsko šumarstvo. Terenska se nastava izvodila iz kolegija: Pridobivanje drva I, Šumske prometnice i Osnove mehanizacije u šumarstvu. U četiri dana terenske nastave posjećena je tvornica šumskih žičara Mayr-Melnhof-Forsttechnik GmbH, energana na šumsku biomasu Wien Energie Bundesforste Bio-

masse Kraftwerk GmbH, rasadnik LIECO GmbH & Co. KG. Na terenu je prikazano iznošenje drva stupnom kamionskom žičarom Syncrofalke te posebno sti projektiranja i izgradnje šumskih cesta na strmim terenima u Austriji.

## Prvi dan terenske nastave

Posjećena je najpoznatija europska tvornica šumskih žičara Mayr-Melnhof-Forsttechnik GmbH u Frohnleutenu (slika 1) u kojoj se proizvode i održavaju žičare tipa Syncrofalke i Wanderfalke te kolica Sherpa. Njihove su osnovne značajke prikazane u tablici 1.

## Drugi dan terenske nastave

Na terenu je prikazano iznošenje drva stupnom kamionskom žičarom Syncrofalke opremljenom procesorskom glavom Woody 60. Iako stabla ruši sjekač motornom pilom lančanicom (stablovna metoda izradbe drva), racionalizacija je postignuta spajanjem iznošenja i izradbe drva u jedan postupak, što u konačnici povećava proizvodnost ovoga visoko mehaniziranoga sustava pridobivanja drva (slika 2A). Prema iskustvima domaćina za postavljanje šumske žičare potrebno je 5 radnih sati, a u radu žičare sudjeluju tri radnika: sjekač, kopčar i operator žičare. Cijena je radnika sjekača 38 €/h, a cijena stroja i ope-



Slika 1. Studenti u tvornici Mayr-Melnhof-Forsttechnik

Tablica 1. Osnovne značajke žičara Mayr-Melnhof

Šumska žičara	Najveća vučna sila	Užad šumske žičare prema namjeni								Kolica Sherpa	
		Nosivo uže		Vučno uže		Povratno uže		Sidreno uže		Vrsta kolica	Najveća brzina
		Duljina	Promjer	Duljina	Promjer	Duljina	Promjer	Duljina	Promjer		
	t	m	mm	m	mm	m	mm	m	mm		m/s
Syncrofalke	3,0	800	18	1600	11	1600	8,5	4 × 70	18	U 3to	9,2
	3,0	900	18	1900	11	1900	8,5	4 × 70	18	U 3to	9,2
	4,0	900	22	1900	12	1900	10	4 × 70	22	U 4to	10,0
Wanderfalke	1,5	500	16	900	9	1100	6	4 × 60	15	U 1,5to	5,0
	3,0	500	18	1000	10	1000	7	4 × 60	16	U 3to	5,5
	3,0	700	18	1500	10	1500	7	4 × 60	16	U 3to	9,0

ratera zajedno iznosi 140 €/h. Studentima su prikazane i posebnosti pri projektiranju i izgradnji šumskih cesta u austrijskom šumarstvu (slika 2B).

### Treći dan terenske nastave

Posjećena je energana na šumsku biomasu Wien Energie Bundesforste Biomasse Kraftwerk GmbH te stovarište i postrojenje za proizvodnju drvnoga iverja Alberner Port (slika 3). Stovarište i postrojenje za izradu drvnoga iverja može zaprimiti 30 000 m<sup>3</sup> oblovine i 10 000 m<sup>3</sup> drvnoga iverja. Cijeli je sustav proizvodnje drvnoga iverja računalno nadgledan, prate se temperatura, vlaga i količina proizvedenoga iverja. Stroj za proizvodnju drvnoga iverja sastoji se od utovarne rampe, iverača drva i dizala koje transportira drveno iverje u skladište. Cijena se drvnoga iverja određuje u ovisnosti o vlazi drva i kreće se 40 – 55 €/m<sup>3</sup> za četinjače te 38 – 52 €/m<sup>3</sup> za listače.

Energana na šumsku biomasu Wien Energie Bundesforste Biomasse Kraftwerk GmbH (slika 4) počela je raditi 2006. godine. Cijena njezine izgradnje i izgradnje stovarišta sa stacionarnim iveračem iznosila je 52 milijuna €. Energana proizvodi toplinsku energiju za 12 000 kućanstava te električnu energiju za 48 000 kućanstava. Ukupni toplinski kapacitet energane iznosi 65,7 MW. Ljeti energana proizvodi 23,5 MW električne energije, a zimi 15,1 MW električne energije i 37 MW toplinske energije. Ugovorena je cijena električne energije 10,2 ct€/kWh. S obzirom na položaj energane u prostoru važnu ulogu u opskrbi šumskom biomasom čini logistika dobave biomase, ali ne samo s ekonomskoga gledišta već i s obzirom na pouzdanost dobave drva i samoga utjecaja na okoliš. Većina potrebnoga višemetarskoga ogrjevnoga drva za rad energane (600 000 m<sup>3</sup>/godišnje) dostavljena je iz okolnih austrijskih šuma (u krugu do 100 km). Zbog silosa drvnoga iverja obuj-



**Slika 2.** Iznošenje drva žičarom Syncrofalke i izgradnja šumske ceste



**Slika 3.** Stovarište i postrojenje za izradu drvnoga iverja





**Slika 4.** Energena Wien Energie Bundesforste Biomasse Kraftwerk GmbH



**Slika 5.** Staklenik rasadnika LIECO GmbH & Co. KG



ma 7500 m<sup>3</sup> omogućen je neprekidan rad energane tijekom četiri dana, pa je energana u pogonu tijekom cijele godine.

### Četvrti dan terenske nastave

Posljednjega dana terenske nastave posjećen je rasadnik LIECO GmbH & Co. KG (slika 5) u austrijskoj pokrajini Styria. Rasadnik je osnovan 1985. godine i nalazi se na površini od 8 ha. Godišnja je proizvodnja rasadnika 11 milijuna sadnica obloženoga korijena te sa svojom proizvodnjom rasadnik LIECO čini 15 % rasadničarske proizvodnje u Austriji. U rasadniku se proizvodi 30 autohtonih vrsta drveća crnogorice i bjelogorice. Najviše se proizvede sadnica obične smreka (*Picea abies*) i europskoga ariša (*Larix decidua*). U rasadniku je posebna pažnja posvećena kontroli podrijetla i kakvoći sjemena, a sam je sustav proizvodnje potpuno mehaniziran i strogo nadgledan. Šumske se sadnice proizvode najprije u

klijalištu u stakleniku, a zatim u rastilištu na otvorenom prostoru.

Zbog loših vremenskih prilika nije prikazan, po programu terenske nastave dogovoren, potpuno mehanizirani sustav pridobivanja kratkoga drva (harvester – forvarder).

Osim stručnoga dijela terenske nastave našlo se i vremena za kratak obilazak Beča te marijanskoga svetišta Maria am Zell.

U ime svih studenata 3. godine Šumarskoga fakulteta koji su sudjelovali u izvođenju ove terenske nastave, želio bih zahvaliti nastavnicima Tomislavu Poršinskomu, Tiboru Penteku i Karlu Stampferu i asistentima Martinu Kühmaieru, Andreji Bosner, Kruni Lepoglavcu i Zdravku Panduru na pruženoj mogućnosti u stjecanju novih znanja iz pridobivanja drva, šumskih cesta te mehanizacije šumarstva.

Marko Zorić