

UDK: 630\*3

ISSN 1845-8815

# NOVA MEHANIZACIJA ŠUMARSTVA

NOVA  
MEHANIZACIJA



ŠUMARSTVA

Nova meh. šumar. • Godište (Volume) 28 • Pos. izd. 1

2007

**Položaj i perspektiva šumarskoga  
inženjerstva**

**Zbornik radova**



HRVATSKE  
ŠUME





Časopis za teoriju i praksu  
šumarskoga inženjerstva

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

Od godišta 1 do 25 časopis je tiskan pod naslovom Mehanizacija šumarstva. Posebno izdanje 1 časopisa Nova mehanizacija šumarstva zbornik je radova Međunarodnoga znanstvenoga savjetovanja »Položaj i perspektiva šumarskoga inženjerstva« održanoga 12. i 13. travnja 2007. godine u Zalesini i Ravnoj Gori.

#### Izdavači

»Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu,  
Šumarski institut – Jastrebarsko

#### Izdavačko vijeće

Miroslav Benko, Darko Beuk, Damir Cvrković, Jozo Franjić, Slavko Matić,  
Tibor Pentek

#### Uredničko vijeće

Josip Dundović, Juro Čavlović, Boris Hrašovec, Ante P. B. Krpan, Dubravko Horvat, Ivan Martinić, Milan Oršanić, Nikola Pernar, Renata Pernar, Dragutin Pičman, Mladen Slunjski, Željko Sučić, Vencel Vondra, Željko Zečić

#### Međunarodno uredničko vijeće

Hulusi H. Acar (Turska), Pierre A. Ackerman (Južna Afrika), Risto Lauhanen (Finska), Igor Potočnik (Slovenija), Reino E. Pulkki (Kanada), Hideo Sakai (Japan), Raffaele Spinelli (Italija), Janusz M. Sowa (Poljska), Karl Stampfer (Austrija), Oleg Styranivsky (Ukrajina), Ján Tuček (Slovačka), Iwan Wästerlund (Švedska)

#### Adresa uredništva

Svetošimunska 25, HR-10 000 Zagreb, p.p. 422, Hrvatska  
tel.: + 385 (0)1 235-24-17  
faks.: + 385 (0)1 235-25-17  
e-mail: nms@sumfak.hr  
internet: <http://hrast.sumfak.hr/~nms>

#### Glavni urednik

Tibor Pentek

#### Odgovorni urednik

Željko Tomašić

#### Tehnički urednik

Tomislav Poršinsky

#### Savjetnik uredništva

Stanislav Sever

#### Tehničko uredništvo

Marijan Šušnjar, Igor Stankić, Mario Šporčić

#### Lektor i jezični savjetnik

Branka Tafra

#### Časopis referiraju sekundarni časopisi

CAB Abstracts

#### Svi su objavljeni članci recenzirani

#### Naklada

350

#### Priprema sloga i tisak

»Laser plus« d.o.o., Brijunska 1a, Zagreb, Hrvatska

#### Uređenje zaključeno

30. ožujka 2007.



Univerza v Ljubljani  
Biotehniška fakulteta



GOZDARSKI INŠTITUT  
SLOVENIJE

#### Međunarodno znanstveno savjetovanje

#### »Položaj i perspektiva šumarskoga inženjerstva«

12. i 13. travnja 2007.

Zalesina – Ravna Gora, Hrvatska

#### Organizatori

Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani  
Gozdarski inštitut Slovenije

#### Pokrovitelji

Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa RH  
Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva RH  
Gradski ured za poljoprivredu i šumarstvo Grada Zagreba  
»Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb  
Hrvatsko šumarsko društvo  
Akademija šumarskih znanosti  
Hrvatska komora inženjera šumarstva i drvne tehnologije

#### Međunarodni znanstveni odbor

Darko Beuk, Jozo Franjić, Hans Rudolf Heinemann, Dubravko Horvat, Janez Krč, Boštjan Košir, Ante P. B. Krpan, Ivan Martinić, Mirko Medved, Tibor Pentek, Dragutin Pičman, Igor Potočnik, Raffaele Spinelli, Karl Stampfer, Vencel Vondra, Walter Warkotsch

#### Organizacijski odbor

Tibor Pentek, Janez Krč, Tomislav Poršinsky, Igor Potočnik, Željko Zečić, Marijan Šušnjar, Robert Robek, Mario Šporčić, Željko Tomašić, Igor Stankić, Hrvoje Nevečeral

#### Urednici zbornika

Tomislav Poršinsky, Tibor Pentek, Marijan Šušnjar

#### Fotografija na naslovnici

Na granici kretnosti skidera

Uz prvoga izdavača časopis sufinancira Ministarstvo znanosti i tehnologije Republike Hrvatske – Zagreb rješenjem kl. 402-1/93-03, ur. br. 533-02-93-2 od 30. travnja 1993. godine. Ubilježen je u popis javnih glasila pri Ministarstvu informiranja Republike Hrvatske pod brojem: kl. 104, ur. br. 323-021/92-84/98 od 6. srpnja 1992. godine, a rješenjem Ministarstva prosvjete, kulture i športa Republike Hrvatske: kl. 612-10/92-01-604, ur. br. 532-03-1/7-92-01 od 7. srpnja 1992. godine, časopis je oslobođen plaćanja osnovnoga i posebnoga poreza na promet.



# Sadržaj

## **Tibor Pentek, Tomislav Poršinsky, Marijan Šušnjar**

Međunarodno znanstveno savjetovanje »Položaj i perspektiva šumarskoga inženjerstva«, Zalesina – Ravna Gora, 12. i 13. travnja 2007. . . . . 1

## **Darko Beuk, Željko Tomašić, Dubravko Horvat**

Stanje i razvoj mehaniziranosti pridobivanja drva u hrvatskom državnom šumarstvu . . . . . 3

## **Hans Rudolf Heinimann**

Šumarsko inženjerstvo i upravljanje šumskim radovima – osvrt na put unazad i naprijed znanstvene discipline . . . . . 21

## **Karl Stampfer, Christian Kanzian**

Sadašnje stanje i mogućnosti razvoja lanca dobave drvnoga iverja u Austriji . . . . . 35

## **Ante P. B. Krpan**

Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Zavod za šumarske tehnike i tehnologije u bolonjskom procesu . . . . . 45

## **Raffaele Spinelli, Carla Nati, Natascia Magagnotti**

Iskorištavanje drvnoga ostatka pri sječi i izradbi – iskustvo iz talijanskih istočnih Alpa . . . . . 57

## **Boštjan Košir, Živko Košir, Janez Krč**

Prirodni sastav vrsta drveća kao osnova razvoja modela cijena drva na panju . . . . . 65

## **Mitja Piškur, Nike Krajnc**

Raščlamba tokova drva u Sloveniji . . . . . 75

## **Dubravko Horvat, Željko Zečić, Marijan Šušnjar**

Morfološke i proizvodne značajke traktora Ecotrac 120V . . . . . 81

## **Jaka Klun, Mirko Medved**

Smrtne nesreće u šumarstvu u nekim europskim zemaljama . . . . . 93

## **Igor Potočnik**

Cestovni promet u zaštićenim šumskim područjima – studija za Nacionalni park Triglav . . . . . 101

## **Ivan Martinić, Vencel Vondra, Mario Šporčić**

Razvoj novoga koncepta za unapređivanje šumarske tehnike u Hrvatskoj – područja mogućega doprinosa . . . . . 107

## **Tibor Pentek, Hrvoje Nevečerel, Dragutin Pičman, Tomislav Poršinsky**

Šumske prometnice u Republici Hrvatskoj – stanje i perspektiva . . . . . 113

## **Robert Robek, Jaka Klun**

Suvremeni razvoj šumskih prometnica u Sloveniji . . . . . 125

## **Hrvoje Nevečerel, Tibor Pentek, Dragutin Pičman, Igor Stankić**

Prometno opterećenje šumskih cesta kao kriterij njihove kategorizacije – GIS analiza . . . . . 133







# Međunarodno znanstveno savjetovanje »Položaj i perspektiva šumarskoga inženjerstva«, Zalesina – Ravna Gora, 12. i 13. travnja 2007.

Savjetovanje koje je prvotno zamišljeno kao skup znanstvenika na kojem će biti izloženo petnaestak radova slovenskih i hrvatskih autora, članova Zavoda za iskorištavanje šuma i ekonomiku šumarstva Biotehničkoga fakulteta Sveučilišta u Ljubljani, Šumarskoga instituta Slovenije i Zavoda za šumarske tehnike i tehnologije Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, uz nazočnost kolega iz šumarske operative Hrvatske, dakle najviše 50 sudionika, preraslo je početne planove i nadmašilo sva očekivanja njegova organizatora. Prema zadnjim podacima na savjetovanju će biti najmanje 150 sudionika iz šest europskih zemalja.

Uz predavače iz Slovenije i Hrvatske na savjetovanje smo pozvali i vodeće stručnjake šumarskoga inženjerstva, kolege iz Austrije, Italije, Njemačke i Švicarske, te smo tako vrsnoću savjetovanja, koja je od samoga početka bila neupitna, zasigurno podigli na još višu razinu. Zahvaljujemo izv. prof. dr. sc. Karlu Stampferu, predsjedniku FORMEC-a, predstojniku Zavoda za šumarsko inženjerstvo i prodekanu Odjela za šume i tloznanstvo s BOKU-a (Beč); prof. dr. sc. Hansu Rodolfu Heinimannu s ETH-a (Zürich), predsjedatelju IUFRO-ova razreda 3 – Šumsko djelovanje i tehnika; prof. dr. sc. Walteru Warkotchu s TUM-a (München); dr. sc. Raffaelleu Spinelli iz CNR/IVALSA (Firenza), koji su svojim dolaskom, ali i pomoći pri samoj organizaciji savjetovanja još jednom potvrdili simpatije i poštovanje koje osjećaju prema Hrvatskoj.

Zbog velikoga interesa za sudjelovanje na savjetovanju, poglavito šumara praktičara, bili smo prisiljeni preseliti savjetovanje iz Zalesine (s Nastavno-pokusnoga šumskoga objekta Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu) u Ravnu Goru. Naime, dvorana na NPŠO-u Zalesina može primiti najviše šezdesetak ljudi, a mi smo trebali dvoranu za najmanje 150 ljudi. U neposrednoj blizini NPŠO-a Zalesina (uz koji smo zbog lakše organizacije cjelokupnoga događanja bili vezani) nije bilo jednostavno pronaći kon-

ferencijsku dvoranu odgovarajuće veličine. Dvoranu smo pronašli u Ravnoj Gori.

Izuzetno lijepo i funkcionalno opremljen prostor Radničkoga doma dobili smo od Općine Ravna Gora na korištenje potpuno besplatno. Uz to su nam Ravnogorci uvijek bili pri ruci i pomagali u rješavanju svakoga problema na koji smo pri pripremi simpozija naišli. Na tome gospodinu Miroslavu Svetličiću, načelniku Općine i njegovim suradnicima, najsrdačnije zahvaljujemo.

Kao pokrovitelji savjetovanja ususret su nam izišli: Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa RH, Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnoga gospodarstva RH, Gradski ured za poljoprivredu i šumarstvo grada Zagreba, Hrvatske šume d.o.o. Zagreb, Hrvatsko šumarsko društvo, Akademija šumarskih znanosti i Hrvatska komora inženjera šumarstva i drvne tehnologije. Svima od srca zahvaljujemo.

Najljepša hvala i vodstvu Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu na čelu s dekanom Fakulteta prof. dr. sc. Jozom Franjićem koji nam je od samih organizacijskih začetaka savjetovanja bio spreman pomoći (tada još kao prodekan Šumarskoga odsjeka) i koji je pružao bezrezervnu podršku. Potrebno je spomenuti i doc. dr. sc. Milana Oršanića, prodekana za nastavu Šumarskoga odsjeka i predstojnika Zavoda za nastavno-pokusne šumske objekte, koji je sve potrebne resurse NPŠO-a stavio na raspolaganje Organizacijskomu odboru savjetovanja.

Velika hvala i svim sponzorima savjetovanja koji su imali razumijevanja za naše ideje, planove i nastojanja te su znali prepoznati vrijednost ovoga skupa za šumarsku struku. Sponzore nećemo poimence navoditi, ali njihove reklame možete pronaći u Zborniku.

Uz Zavod za šumarske tehnike i tehnologije Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu organizatori su savjetovanja i Zavod za iskorištavanje šuma i ekonomiku šumarstva Biotehničkoga fakulteta Sveučilišta u Ljubljani te Šumarski institut Slovenije.



Njihova spremnost na suradnju, odgovorno odrađivanje povjerenoga im posla te ravnopravan timski rad zasluđuje svaku pohvalu; to je tim s kojim bismo u budućnosti prihvatili organizaciju još većih i značajnijih događanja. Drage kolege, hvala vam.

I na kraju zahvala svima vama koji ste odvojili dragocjeno vrijeme i svojom nazočnošću uveličali naše zajedničko savjetovanje.

Nadamo se kako smo ovim savjetovanjem, ako ne u potpunosti, onda bar u većoj mjeri ostvarili prethodno postavljeni cilj: raščlambu postojeće situacije u šumarskom inženjerstvu u zemljama članicama Europske unije (Austrija, Italija, Njemačka i Slovenija),

u Švicarskoj i u Hrvatskoj, identificiranje ključnih pitanja i problema te pronalaženje prijedloga njihova rješavanja, predviđanje budućega razvojnoga smjera u šumarskom inženjerstvu te davanje smjernica potrebnih aktivnosti.

U nadi da ćete listajući ovaj Zbornik obnoviti lijepe uspomene sa savjetovanja održanoga u Zalesini i Ravnoj Gori, ali i iskoristiti dio znanstvenih spoznaja ispisanih na stranicama koje su pred vama u obavljanju svakodnevnih aktivnosti i zadataka, a sve sa zajedničkim ciljem napretka šumarske struke, lijepo vas pozdravljamo do nekoga novoga strukovnoga okupljanja.

**Tibor Pentek  
Tomislav Poršinsky  
Marijan Šušnjar**



# Stanje i razvoj mehaniziranosti pridobivanja drva u hrvatskom državnom šumarstvu

Darko Beuk, Željko Tomašić, Dubravko Horvat

## Nacrta

U radu se opisuje ovodobno stanje gospodarenja šumama u Republici Hrvatskoj, s posebnim osvrtom na šume kojima gospodari trgovačko društvo »Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb, na ciljeve, zadatke i način gospodarenja šumama u državnom vlasništvu, na stanje i dosadašnje kretanje broja najznačajnijih mehaniziranih sredstava pridobivanja drva. Također se opisuje način te aktivnosti kojima »Hrvatske šume« d.o.o., u suradnji sa Šumarskim fakultetom Sveučilišta u Zagrebu, utječu na smjer razvoja strojeva i postupaka u pridobivanju drva kao izvornih rješenja za posebno zahtjevne uvjete prirodnoga načina gospodarenja šumama.

Od ukupne površine šuma i šumskoga zemljišta u Republici Hrvatskoj u državnom je vlasništvu 75 % ploštine, odnosno 2 018 987 ha kojima gospodare »Hrvatske šume« d.o.o. Preko 50 % radova u gospodarenju »Hrvatske šume« d.o.o. izvode vlastitim proizvodnim snagama i sredstvima. Stoga je razvoj strojeva i postupaka vrlo bitan preduvjet poboljšanja poslovne uspješnosti u složenim terenskim prilikama, posebno obilježenim posebnostima načina gospodarenja. Pri tome se mogu izdvojiti četiri glavna mjerila u zahtjevima pogodnosti, odnosno prikladnosti tehničko-tehnoloških rješenja:

- ⇒ okolišna pogodnost
- ⇒ djelotvornost
- ⇒ sigurnost
- ⇒ ergonomska pogodnost.

Ta su mjerila djelomice oblikovana poznatom propisanošću suvremenih međunarodnih normi, primjenjivih za uvjete u Republici Hrvatskoj, a djelomice i samom posebnošću uvjeta gospodarenja. Utjecaj »Hrvatskih šuma« na zadovoljavanje navedenih zahtjeva te izravno sudjelovanje u razvoju prikladnih tehničko-tehnoloških rješenja za određene uvjete prikazani su na primjerima razvoja dvoju vrsta skidera i traktorskih ekipaža za prorede nizinskih šuma. Ti se zahtjevi ispunjavaju preko zadataka znanstvenoistraživačkih projekata i suradnje sa Šumarskim fakultetom Sveučilišta u Zagrebu te postavljanjem zahtjeva i suradnjom s domaćim proizvođačima strojeva i opreme.

Ključne riječi: Hrvatske šume d.o.o., prirodne šume, razvoj strojeva i tehnologija, skideri, traktorske ekipaže

## 1. Uvod

»Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb trgovačko su društvo kojemu je temeljem Zakona o šumama (NN, 140/2005) povjereno gospodarenje šumama i šumskim zemljištem u vlasništvu Republike Hrvatske. Kako se radi o iznimno značajnom prirodnom bo-

gatstvu, šume i šumska zemljišta uživaju posebnu zaštitu hrvatske države koja se odlučila za održivo gospodarenje tim resursima usklađeno sa sveeuropskim mjerilima te preporukama suvremene šumarske znanosti i struke. Neka od danas posebno važnih sveeuropskih mjerila za takvo održivo gospodarenje odnose se na skrb o šumskim ekosustavima bitnima

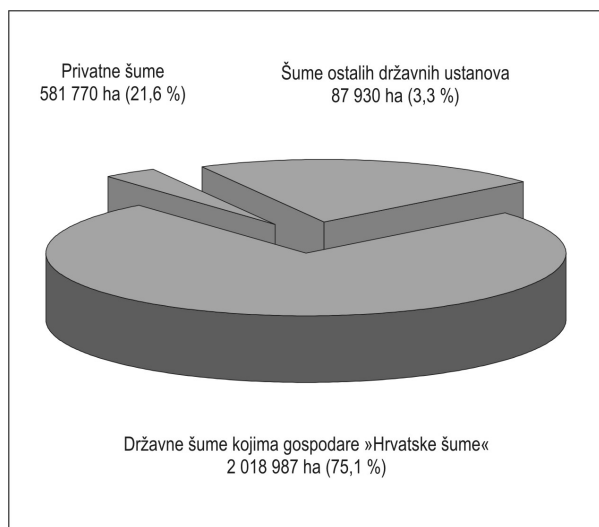


za doprinos globalnomu ciklusu ugljika, zaštiti voda i tla te njihovih povoljnih utjecaja na ukupnost klimatskih prilika, podržavanje biološke raznovrsnosti i krajobraznih posebnosti, povećanje učinkovitosti šumskih ekosustava u smislu proizvodnje šumske biomase i ostalih općekorisnih blagodati te poboljšanje i očuvanje drugih socioekonomskih funkcija šume.

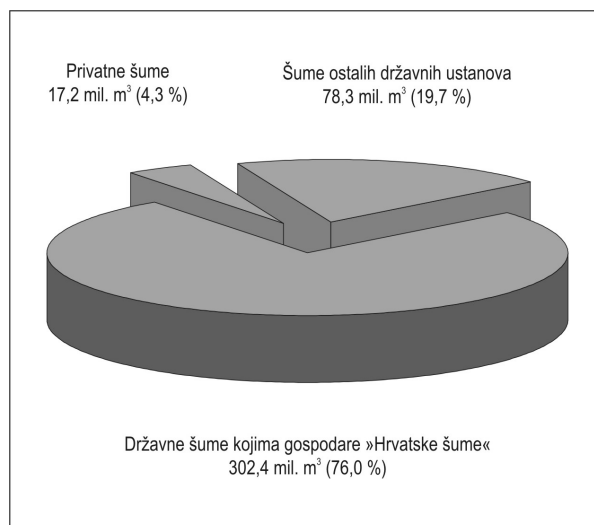
Tako zahtjevno gospodarenje šumama, koje po najprije razumijeva održavanje prirodnosti i stabilnosti šumskih i drugih ekosustava, ne bi bilo moguće provoditi bez očuvanja i podržavanja autohtonih vrsta prilikom obnove i njege te korištenja šuma kao sredstva i načina stvaranja preduvjeta za osiguranje optimuma stanišnih prilika. Način gospodarenja bitno utječe na razvoj sredstava za rad i primijenjenih postupaka, a posebnost uvjeta rada zahtijeva složene i posebne radne postupke i tehnička sredstva. Stoga je razvoj mehaniziranih sredstava u šumarstvu Republike Hrvatske bio pod snažnim utjecajem načina gospodarenja i radnih uvjeta koje obilježava izrazita neujednačenost sastojinskih prilika na cjelokupnost prostora. S istim je čimbenicima usko vezana i šumska infrastruktura koja se odnosi na mrežu šumskih prometnica različita stupnja otvorenosti, namjene i prometnoga značenja.

## 2. Gospodarenje šumama u Republici Hrvatskoj

Šume u Republici Hrvatskoj, zahvaljujući dugogodišnjoj šumarskoj tradiciji koja je odnos prema gospodarenju šumom već od davnih dana temeljila na znanstveno-stručnim načelima, do danas su gotovo u potpunosti zadržale prirodnu strukturu i stabil-



**Slika 1.** Vlasnička struktura šuma i šumskoga zemljišta u Republici Hrvatskoj prema udjelu u površini



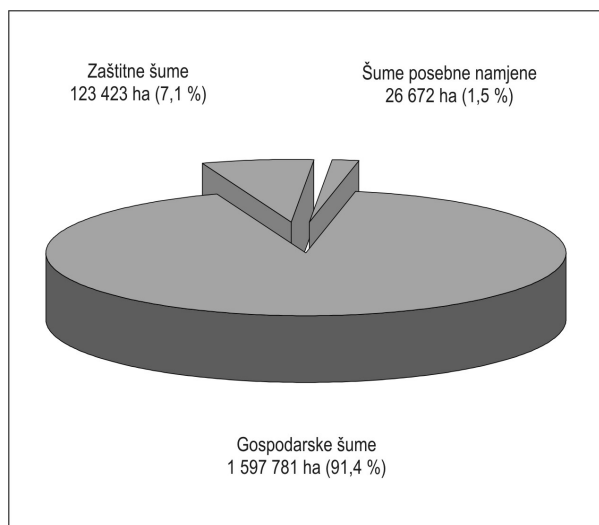
**Slika 2.** Vlasnička struktura šuma u Republici Hrvatskoj prema udjelu u drvnoj zalihi

nost. Ta se tradicija zasniva na činjenici organiziranoga gospodarenja šumskim sastojinama koje se radalo u Hrvatskoj istodobno kad i u najrazvijenijim dijelovima Europe. Tako su šumarije, kao terenske organizacijske jedinice u kojima se odvija osnovna proizvodno-stručna djelatnost gospodarenja šumama i šumskim zemljištem, utemeljene prvi put na ovim prostorima još davne 1767. godine, prije 240 godina. Radi se o prve tri šumarije na području današnje Hrvatske: šumarijama Krasno, Oštarije i Petrova Gora.

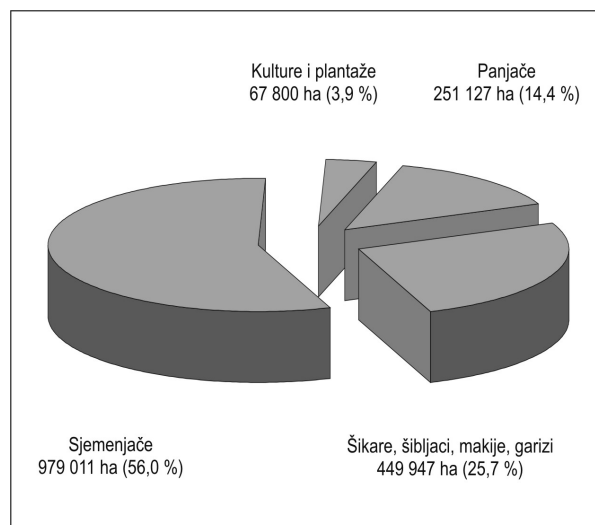
Prema podacima Šumskogospodarske osnove područja Republike Hrvatske za razdoblje 2006 – 2015. godine u Republici Hrvatskoj različitim oblicima šumske vegetacije obraslo je 42 % državne kopnene površine (24 028 km²), od čega 78 % otpada na državno vlasništvo, a 22 % na privatno. Dio državnih šuma koriste drugi pravni i gospodarski subjekti temeljem propisa o zaštićenim dijelovima šumske vegetacije (nacionalni parkovi) ili određenih uredbi o namjeni korištenja šuma, poput onih za vojne potrebe, znanstvena istraživanja, vodoprivrednu djelatnost te neke druge svrhe.

Iz udjela u drvnim zalihama vidi se da je drvna zaliha u državnim šumama veća nego u privatnima, što je posljedica neodgovarajućega odnosa prema gospodarenju u privatnim šumama od razdoblja završetka Drugoga svjetskoga rata, ponajprije zbog tadašnjega sustava u kojem se davala prednost društvenomu vlasništvu, ali i zbog velike rascjepkanosti privatnoga šumoposjeda te nemogućnosti primjene isplativih tehnologija u njihovu gospodarenju.

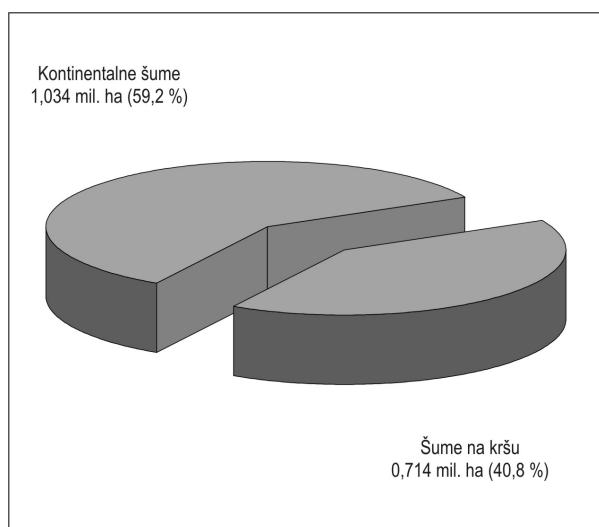
Od svih obraslih šumskih površina kojima gospodare »Hrvatske šume« d.o.o. 91 % odnosi se na gospodarske šume, 7 % su zaštitne šume, a 2 % šume posebne namjene.



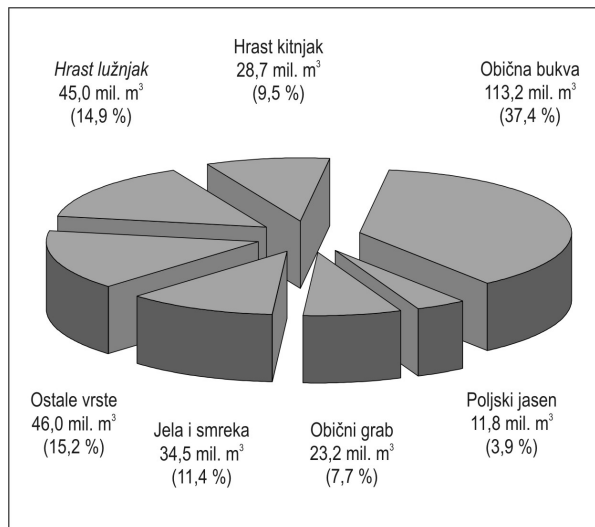
**Slika 3.** Struktura šuma prema namjeni (šume kojima gospodare »Hrvatske šume« d.o.o.)



**Slika 5.** Uzgojni oblici šuma (obrasle površine kojima gospodare »Hrvatske šume« d.o.o.)



**Slika 4.** Struktura šuma prema zemljopisnom položaju (šume kojima gospodare »Hrvatske šume« d.o.o.)



**Slika 6.** Drvena zaliha prema vrstama drveća (šume kojima gospodare »Hrvatske šume« d.o.o.)

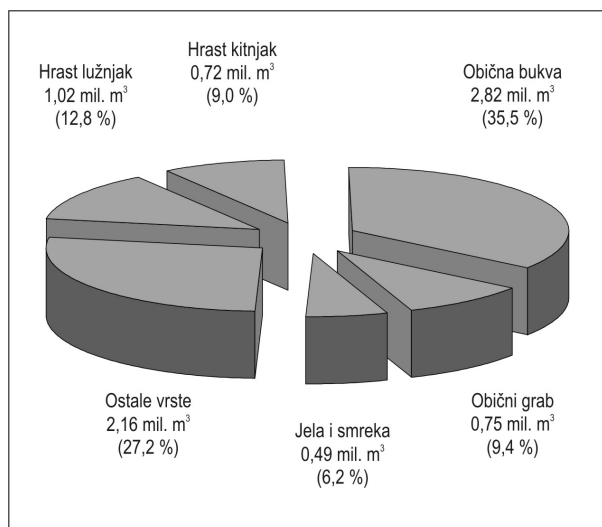
Gospodarske šume, uz temeljnu zadaću očuvanja i unaprjeđenja njihovih općekorisnih funkcija, služe ponajprije za proizvodnju drva. Namjena zaštitnih šuma u prvom je redu zaštita zemljišta, voda, naselja, objekata i ostalih dobara, dok šume posebne namjene služe za nadziranu proizvodnju šumskoga sjemena, znanstvena istraživanja, obrambene potrebe Republike Hrvatske, potrebama uređenima posebnim propisima ili pripadaju zaštićenim dijelovima prirode pod posebnom zakonskom zaštitom.

Većina je obraslih državnih šumskih površina (59 %) smještena na tzv. kontinentalnom dijelu Republike Hrvatske, u unutrašnjosti zemlje, a ponajprije obuhvaća jednodobne i preborne gospodarske šume,

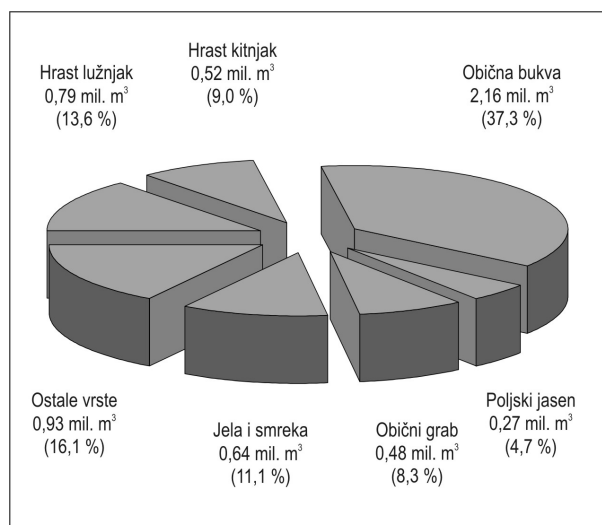
dok se oko 41 % pretežito degradiranih oblika šuma nalazi na priobalnom području uz Jadransko more (šume primorskoga krša) ili pripada dijelu tzv. visokoga krša, nešto udaljenijemu od obalnoga pojasa te visinski izraženijim predjelima unutrašnjosti, naslanjajući se ili ulazeći u područja šuma s prebornim načinom gospodarenja.

Na slici 6 je vidljivo da su glavne vrste drveća u šumama kojima gospodare »Hrvatske šume« d.o.o., ali i cijele Hrvatske, bukva s drvnom zaliham od 113 mil. m³, hrast lužnjak s 45 mil. m³ i hrast kitnjak s 29 mil. m³, zajedno obuhvaćajući 61 % ukupne drvene zalihe. Najvrjednija je vrsta drveća u šumama Republike Hrvatske hrast lužnjak (*Quercus robur* L.), na-





**Slika 7.** Godišnji prirast drvene zalihe po vrstama drveća (šume kojima gospodare »Hrvatske šume« d.o.o.)

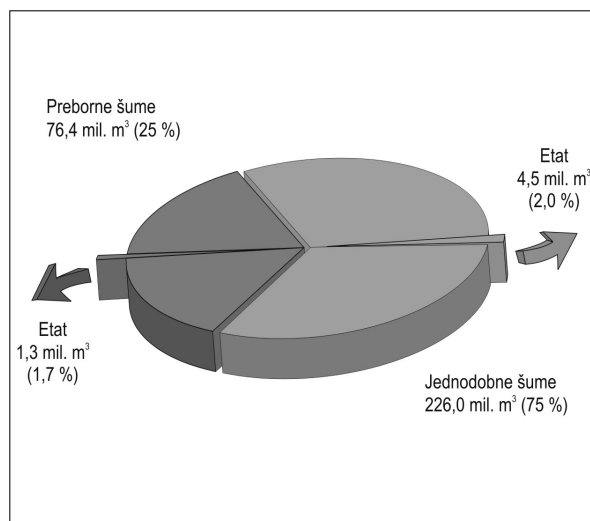


**Slika 8.** Godišnji etat po vrstama drveća (šume kojima gospodare »Hrvatske šume« d.o.o.)

daleko poznate kakvoće, ali vrlo zahtjevnih uvjeta gospodarenja.

Iz odnosa godišnjega prirasta drvene zalihe i sječivoga etata s obzirom na vrste drveća (slike 7 i 8) vidi se da se kod glavnih triju komercijalnih vrsta drveća: hrasta lužnjaka, kitnjaka i bukve uglavnom poštuje ovaj odnos, uz napomenu da je godišnji etat u visini od približno 73 % godišnjega prirasta (slika 10). Vezano uz način gospodarenja, iz slike 9 je vidljivo da je godišnji etat u jednodobnim šumama u odnosu na drvenu zalihi ovih šuma veći za 0,3 % nego godišnji etat prema drvnoj zalihi prebornih šuma.

Na slici 10 prikazani su ukupna drvena zaliha, godišnji prirast i etat u šumama Republike Hrvat-

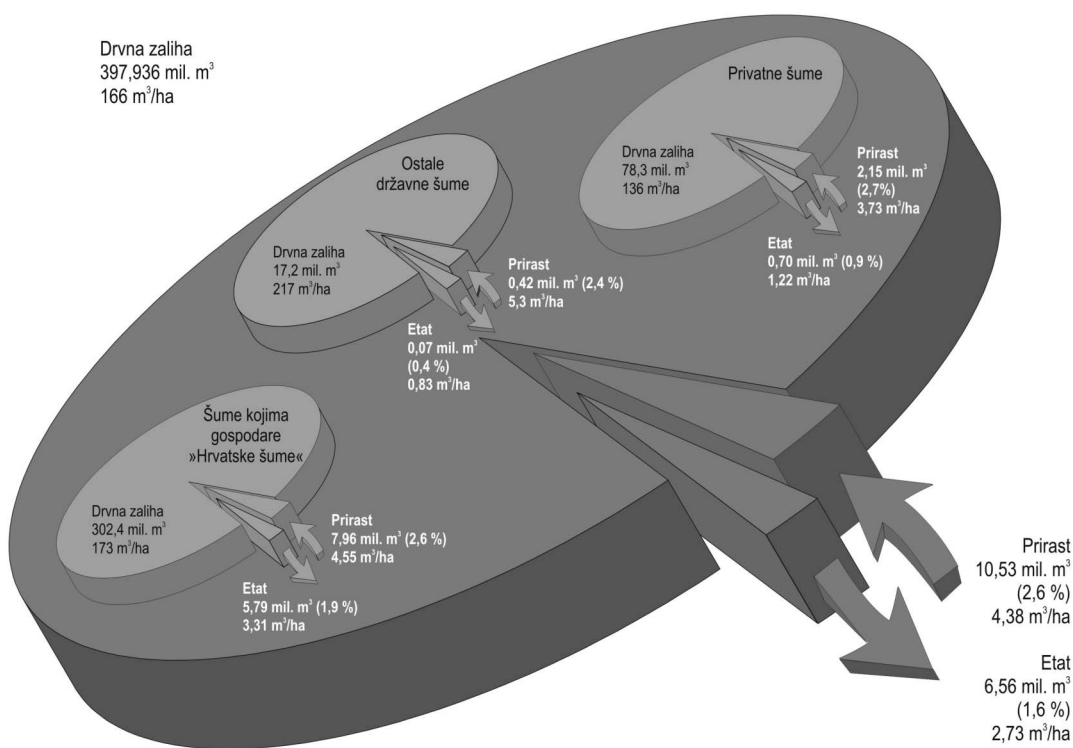


**Slika 9.** Drvena zaliha i etat u jednodobnim i prebornim šumama (šume kojima gospodare »Hrvatske šume« d.o.o. za razdoblje 2006 – 2015)

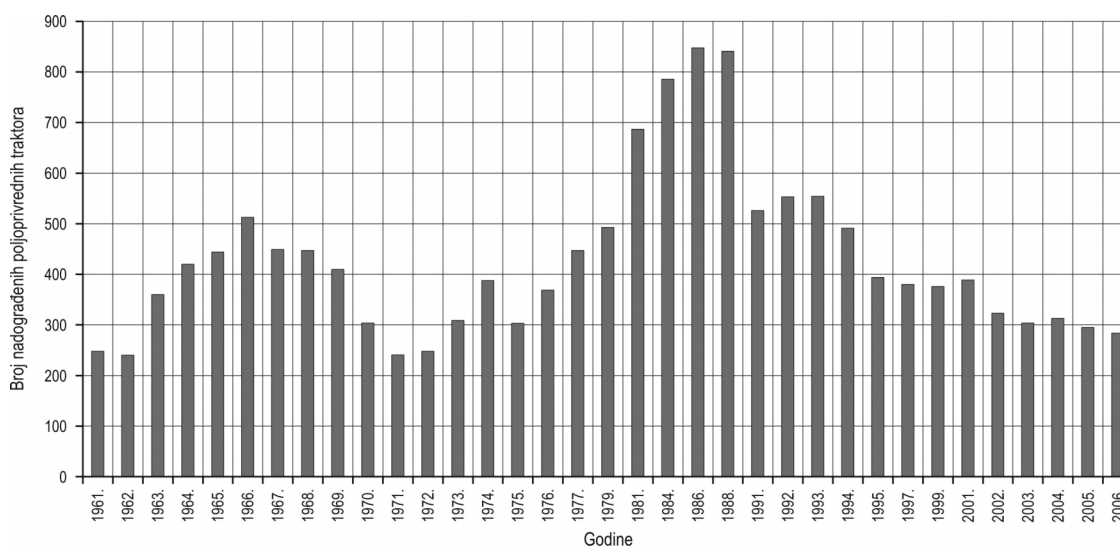
ske, ustanovljeni u novoj Šumskogospodarskoj osnovi područja Republike Hrvatske za razdoblje 2006 – 2015. Prema podacima vidljivo je da je jedinični prirast u privatnim šumama mnogo niži nego u državnima, što je rezultat prije navedenih uzroka nepovoljnih odnosa prema toj kategoriji vlasništva u društvenom uređenju nakon Drugoga svjetskoga rata na ovim prostorima, kao i same rascjepkanosti takva šumoposjeda. S obzirom na prirast drvene zalihe slični su odnosi i kod veličina etata u privatnom šumoposjedu. U novom su Zakonu o šumama Republike Hrvatske stvoreni uvjeti za oporavak i veća ulaganja u privatne šume radi poboljšanja njihove strukture i cjelokupnoga gospodarenja.

### 3. Stanje i mogućnosti razvoja mehaniziranih sredstava za rad i postupci u gospodarenju državnim šumama Republike Hrvatske

Sam početak mehaniziranja radova u šumama Republike Hrvatske može se poistovjetiti s početkom uporabe poljoprivrednih traktora polovicom prošloga stoljeća kao sredstava za prijevoz i privlačenje drva te nešto kasnije (60-ih godina) pri osnivanju plantaža euroameričkih topola. Tada su mnogi, dotada isključivo ručni radovi iz nultoga stanja prešli u prvi stupanj mehaniziranosti pretvorbom u ručno-strojne radove, poput sječe i izradbe drva (Sever 1993). Drvo se privlačilo uglavnom uz pomoć životinjske snage, a uvođenje traktora u pridobivanje drva bilo je ponajprije zamjena snage životinja strojevima radi olakšavanja napornih radova ljudima i životinjama. Iako je početak uporabe poljoprivrednih traktora, uz uvođenje motornih pila za sječu i



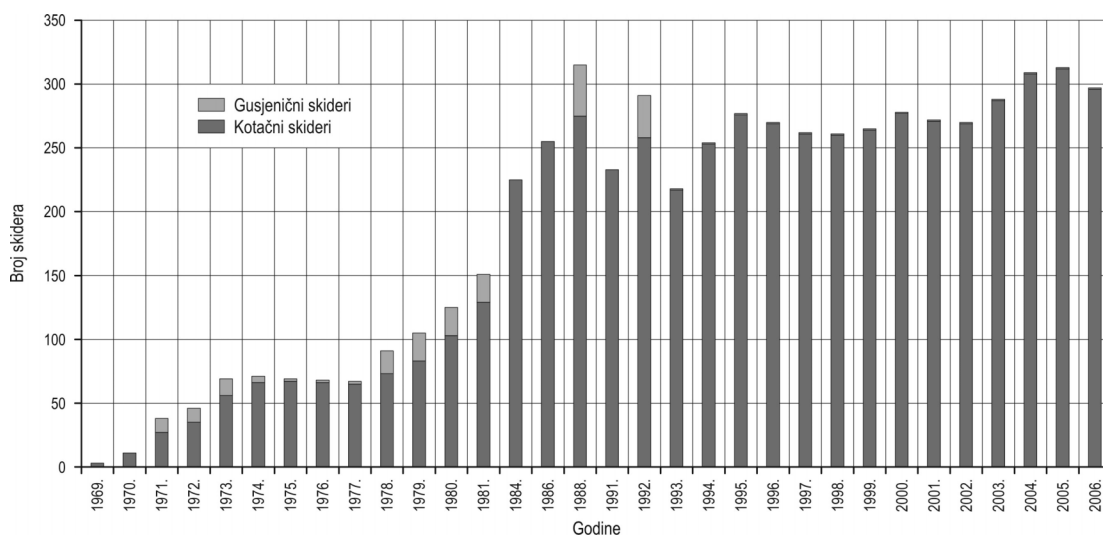
**Slika 10.** Drvena zaliha, godišnji prirast i etat šuma Republike Hrvatske za razdoblje 2006 – 2015.



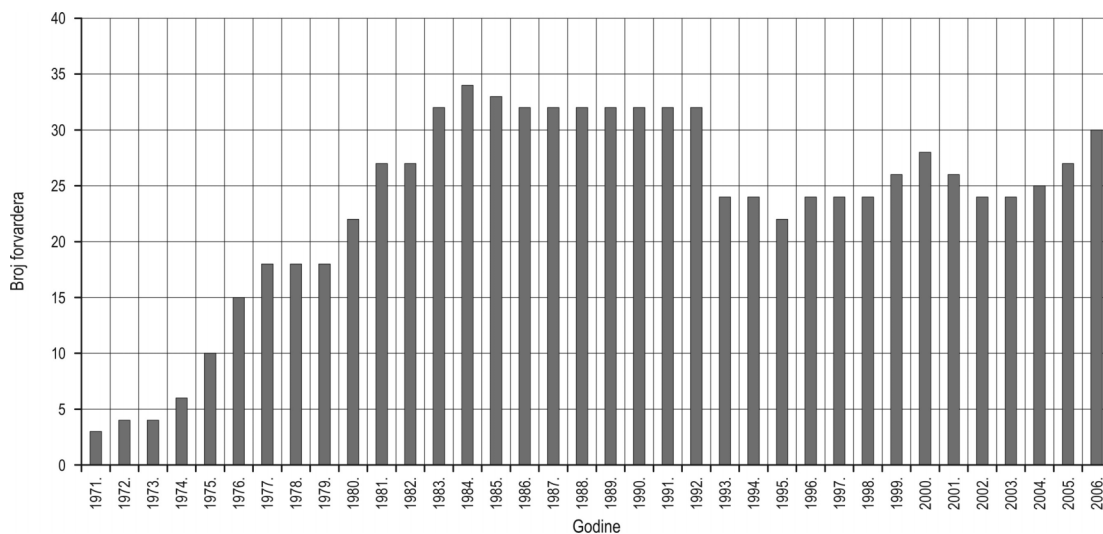
**Slika 11.** Kretanje broja nadograđenih poljoprivrednih traktora u državnom šumarstvu Republike Hrvatske u razdoblju 1961 – 2006.

izradbu drva, na neki način prekretnica u mehaniziranju radova u gospodarenju šumama u Republici Hrvatskoj, tada se još ne može govoriti o početku razvoja nekih postupaka pridobivanja drva ili uzgajanja šuma karakterističnih za određene uvjete rada jer do izražaja dolaze brojni nedostaci ovih strojeva,

čiji uzroci leže u njihovoj neodgovarajućoj prvotnoj namjeni (Horvat i Tomašić 1993). Početkom 60-ih godina prošloga stoljeća u hrvatskom šumarstvu radi već preko 200 poljoprivrednih traktora (slika 12). Na slici se može uočiti da brojnost poljoprivrednih traktora doseže najveće vrijednosti u dva navrata:



**Slika 12.** Kretanje broja skidera u državnom šumarstvu Republike Hrvatske u razdoblju 1969 – 2006.



**Slika 13.** Kretanje broja forvardera u državnom šumarstvu Republike Hrvatske u razdoblju 1971 – 2006.

sredinom 60-ih i 80-ih godina prošloga stoljeća, dok se nakon 90-ih godina vidljivo smanjuje zadržavajući se na dostignutom broju od približno 300, pri čemu se znatan broj koristi samo za uzgojne radove.

Kao početak stvaranja i oblikovanja današnjih postupaka u uzgajanju i iskorištavanju šuma, koji ponajprije ovise o prirodnim značajkama šumskoga područja te načinu uzgajanja sastojina, može se označiti trenutak ulaska prvih specijaliziranih strojeva, skidera i forvardera u hrvatsko šumarstvo 70-ih godina (Beđula i Slabak 1974). Na slikama 12 i 13 prikazano je kretanje broja skidera, odnosno forvardera u šumarstvu Republike Hrvatske. Iz tih se prikaza zapaža da je razdoblje intenzivnoga mehaniziranja ovim strojevima započelo u ranim 70-im godinama prošloga stoljeća i trajalo gotovo do polovice 80-ih,

otkada započinje održavanje dostignutoga broja, uz blag porast posljednjih nekoliko godina. Pojava tih specijaliziranih strojeva i novih postupaka u pridobivanju drva u hrvatskom šumarstvu ne zaostaje značajno za europskim i svjetskim kretanjima.

Povoljnije značajke tih strojeva, čija je isključiva namjena privlačenje drva, predviđena već konstrukcijskim rješenjima proizvođača, omogućile su određivanje postupaka pri obavljanju pojedinih (polu)faza pridobivanja drva: sječe, izradbe, privlačenja te prijevoza drva zbog uske povezanosti postupaka i odabira odnosno uporabe određene tehnike.

Na taj su način postupno oblikovane temeljne metode pridobivanja drva u šumarstvu Republike Hrvatske, primjerene terenskim i sastojinskim uvjetima (Krpan i dr. 2003):



- ⇒ U oplodnim se sječama nizinskih šuma, u kojima kao najvrjednija vrsta prevladava hrast lužnjak, pri sječi i izradbi drva primjenjuje sortimentna metoda, a za pomicanje izrađenoga drva do stovarišta, na svim mjestima gdje je tlo dovoljno nosivo, gotovo se isključivo rabe forvarderi, koji drvo izvoze na kotačima, jer se na taj način pomladak mnogo manje oštećuje nego pri vuči po tlu. U prorednim sječama tih šuma, gdje se također primjenjuje sortimentna metoda sječe i izradbe, drvo se također izvozi iz šume do stovarišta na kotačima, ali se pri tome rabe manji strojevi, tzv. traktorske ekipe koje se sastoje od prilagođenoga poljoprivrednoga traktora, poluprikolice i dizalice, koje mogu biti opremljene i vitlom.
- ⇒ Na nagnutim terenima u brdovitim područjima najčešće se u oplodnim sječama jednodobnih šuma i u prebornim sječama, uz primjenu (polu)deblovne metode sječe i izradbe, privlačenje drva pretežito obavlja skiderima, a u proredama jednodobnih šuma tih područja, uz primijenjenu sortimentnu metodu sječe i izradbe, za privlačenje se osim srednjih prorednih skidera rabe još i adaptirani poljoprivredni traktori s vitlom.

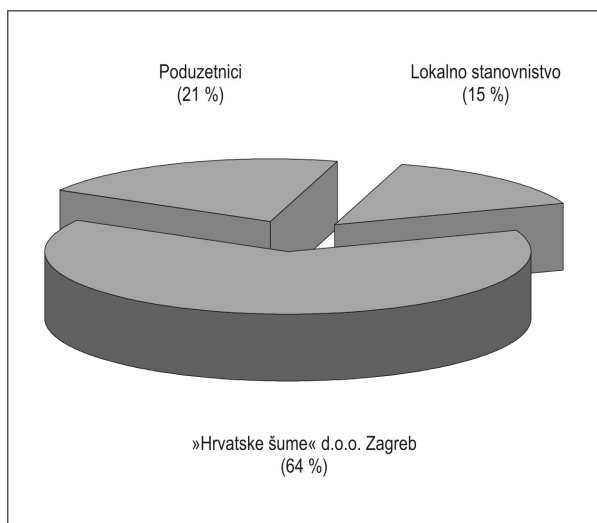
### 3.1 Sječa i izradba drva

U hrvatskom se šumarstvu sječa i izradba obavlja ručno-strojnim radom. Motornim se pilama lanča-

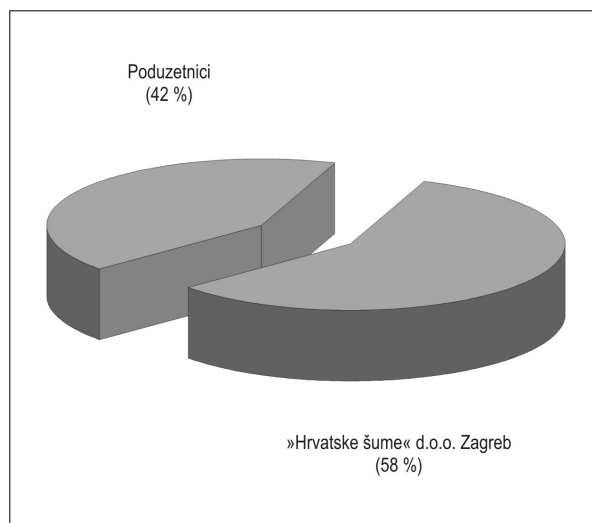
nicama ruše stabla, krešu grane te izrađuju trupci i prostorno drvo. Strojevi za sječu i izradbu drva na našim prostorima nisu u primjeni. Njihova je uporaba u Hrvatskoj ograničena pretežito prirodnim podrijetlom šuma, vrstom drveća i dimenzijama stabala, makroreljefom i mikroreljefom, metodama uzgajanja i uređivanja šuma i drugim (Krpan 2000). Zainteresiranost šumarske struke u Hrvatskoj za potpuno mehaniziranim sustavom pridobivanja kratkoga drva koji osigurava tehnološki i proizvodni iskorak od ustaljenih postupaka iskorištavanja šuma prepoznatljiv je u dvije dosadašnje probne strojne sječe i izradbe drva jednozahvatnim harvesterom uz izvoženje drva forvarderom. Probni su radovi obavljeni tijekom lipnja 2001. godine sanitarnom sječom kulture običnoga bora (Krpan i Poršinsky 2001, Krpan i Poršinsky 2002a) i tijekom rujna 2002. čistom sječom kulture brzorastućih bjelogoričnih vrsta, odnosno proredom prirodnih sastojina tvrdih listača (Krpan i Poršinsky 2002b). Unatoč stečenim iskustvima te povoljnim rezultatima istraživanja (Krpan i Poršinsky 2004a, Krpan i Poršinsky 2004b, Krpan i dr. 2004, Poršinsky i dr. 2004) uvođenje sustava harvester – forvarder, kao predstavnika današnjih vrhunskih postupaka u pridobivanju drva ostao je u Hrvatskoj na razini pokušaja. Ipak treba istaknuti da današnje ustrojstvo »Hrvatskih šuma« d.o.o. omogućuje racionalno korištenje određenog broja takvih strojeva vrhunskih tehnologija u šumarstvu Republike Hrvatske.



**Slika 14.** Proreda tvrdih listača harvesterom



**Slika 15.** Sječa i izradba drva prema izvršiteljima u 2006. godini (šume kojima gospodare »Hrvatske šume« d.o.o.)



**Slika 16.** Privlačenje drva prema izvršiteljima u 2006. godini (šume kojima gospodare »Hrvatske šume« d.o.o.)

Većinu sječe i izradbe u »Hrvatskim šumama« d.o.o. obavljaju vlastiti radnici, približno jednu petinu izvoze poduzetnici, a dio koji se uglavnom odnosi na šumski ostatak i drvo iz tzv. čišćenja sastojina koje nema tehničku vrijednost, u obliku samoizradbe najčešće za energijske potrebe, izrađuje lokalno stanovništvo (slika 15).

### 3.2 Privlačenje drva

Drvo se privlači na dva bitno različita načina: vučom drva po tlu i izvoženjem drva, s čime je povezan i način sječe i izradbe.

U skladu s ranije navedenim temeljnim načinima privlačenja, koji ovise o sastojinskim i terenskim pri-

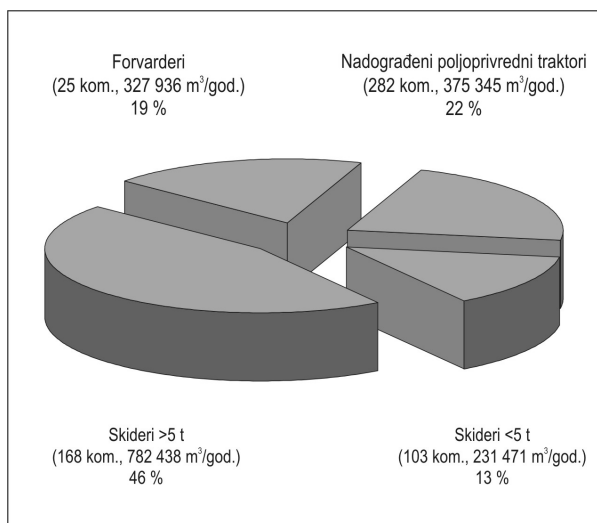
likama te dijelom i o tzv. tehničkom nasljeđu, u hrvatskim državnim šumama nešto više od polovice etata privlači se sredstvima trgovačkoga društva »Hrvatske šume« d.o.o., a ostalo rade poduzetnici (slika 16).

Unatoč brojnim nedostacima i niskoj razini proizvodnosti poljoprivrednih traktora prilagođenih za rad u šumi, u trgovačkom društvu »Hrvatske šume« d.o.o., još uvijek se zadržao razmjerno velik broj ovih traktora, ponajprije zbog razmjerno velike količine sitnoga tehničkoga drva i drva za kemijsku preradu koje potječe iz prorednih sječa (od ukupnoga etata na etat prethodnoga prihoda otpada oko 35 % obujma drva). S tim se strojevima godišnje

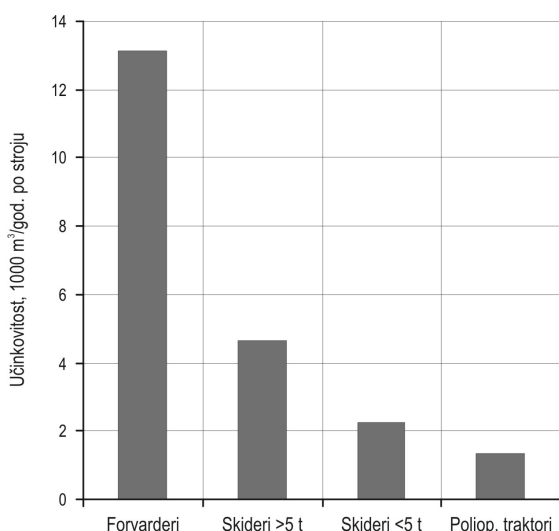
**Tablica 1.** Prosječno ostvarenje privlačenja drva za razdoblje 2002–2006.<sup>1</sup>

Vrsta vozila	Prosječan broj vozila, kom.	Prosječan godišnji učinak, m <sup>3</sup>	Prosječan godišnji učinak po vozilu, m <sup>3</sup> /god.	Prosječan dnevni učinak po vozilu, m <sup>3</sup> /dan	Prosječno godišnje ostvareni radni sati po vozilu, h/god.	Prosječno godišnje ostvareni radni dani po sredstvu, dan/god.	Iskorištenost, %	Ispravnost, %
Poljoprivredni traktori >1,5 t	282	376 345	1333	9	1131	141	56	80
Skideri <5 t	103	231 471	2238	14	1317	165	65	83
Skideri >5 t	168	782 438	4666	27	1391	174	68	86
Forvarderi	25	327 936	13117	70	1506	188	62	80
Ukupno	579	1 718 190	2970	19	1256	157	61	82

<sup>1</sup> Podaci iz programske aplikacije »Hrvatskih šuma« d.o.o. – Praćenje troškova i učinaka strojeva u proizvodnji koja predstavlja mjesečno izvješćivanje o radu strojeva. Podaci se unose na razini šumarija, radnih jedinica i u uprava šuma podružnica, pojedinačno za svako sredstvo te se zbrajaju za razinu trgovačkoga društva »Hrvatske šume« d.o.o. gdje se obrađuju kroz željeni izlazni izvještajni oblik.



**Slika 17.** Prosječni udjeli i količine privučenoga drva vlastitim sredstvima »Hrvatskih šuma« d.o.o. u razdoblju 2002 – 2006. prema vrsti vozila



**Slika 18.** Prosječna ostvarena godišnja proizvodnost sredstava za privlačenje drva (»Hrvatske šume« d.o.o., razdoblje 2002 – 2006)

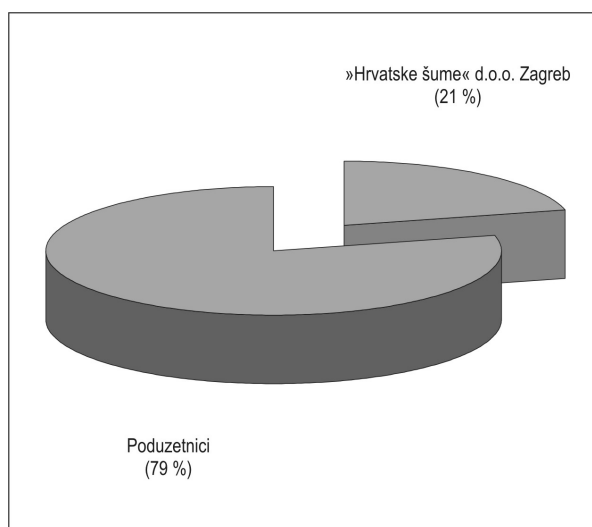
privuče nešto više od petine od ukupne količine drva privučenoga »vlastitim snagama« (slike 17 i 18, tablica 1). Iz prikaza je na istim slikama vidljivo da se gotovo tri petine od ukupne količine izrađenoga drva privuče u vlastitoj režiji skiderima, a nešto manje od petine izvoze forvarderi.

Na slikama 17 i 18 vidljiva je velika razlika u proizvodnosti između nadograđenih poljoprivrednih traktora i skidera: 270 skidera privuče gotovo tri petine izrađenoga drva, dok istodobno 280 nadograđenih poljoprivrednih traktora privuče tek nešto više od jedne petine. Međutim, mora se napomenuti da približno jedna trećina poljoprivrednih traktora većim dijelom vremena radi i na uzgojnim radovima.

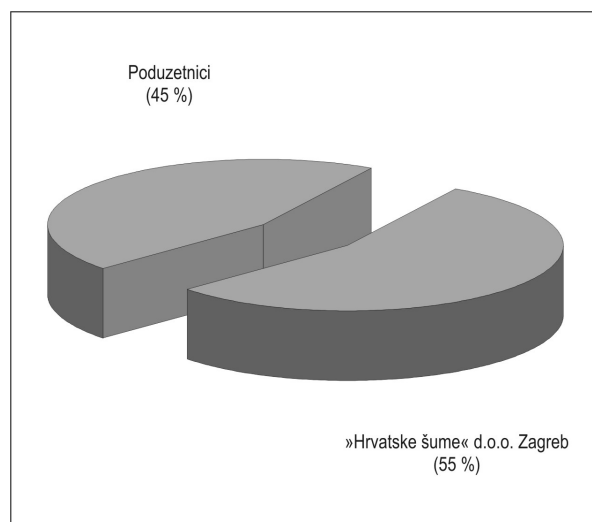
Proizvodnost je forvardera višestruko veća od svih razmatranih mehaniziranih sredstava koja drvo djelomično vuku po tlu (slika 18).

### 3.3 Prijevoz drva

Na slici 19 može se uočiti da gotovo četiri petine posječenoga drva u državnim šumama Republike Hrvatske prevoze privatni poduzetnici, a samo se jedna petina preveze kamionima u vlasništvu »Hrvatskih šuma« d.o.o. To je djelomice i rezultat politike načina prodaje drva kojom je omogućeno da kupac prevozi drvo vlastitim kamionima, ali i opće situacije na tržištu ovih usluga. Dio prijevoza drva koji se obavlja vlastitim kapacitetima sastoji se od vrlo su-



**Slika 19.** Prijevoz drva prema izvršiteljima u 2006. godini (šume kojima gospodare »Hrvatske šume« d.o.o.)



**Slika 20.** Izgradnja šumskih prometnica prema izvršiteljima u 2006. godini (šume kojima gospodare »Hrvatske šume« d.o.o.)



vremenih mehaniziranih prijevoznih i utovarnih sredstva koja ne zaostaju za europskim ni svjetskim trendovima i tehnologijama (Tomašić i dr. 2005).

### 3.4 Izgradnja šumskih prometnica

U 2005. godini ukupna duljina šumskih prometnica u šumama kojima gospodare »Hrvatske šume« d.o.o. iznosila je oko 15,5 tisuća km, što čini prosječnu ukupnu otvorenost oko 7,8 m/ha. Na slici 20 vidljivo je da je u 2006. godini oko 55 % vrijednosti poslova na projektiranju i izgradnji šumskih prometnica obavljeno vlastitim kapacitetima, dok su 45 % tih poslova uradili poduzetnici.

## 4. Utjecaj »Hrvatskih šuma« d.o.o. na razvoj mehaniziranosti postupaka i tehničkih sredstava i usmjeravanje razvojnih tokova u skladu s ciljevima gospodarenja

»Hrvatske šume« d.o.o. utječu na oblikovanje i razvoj postupaka i tehničkih sredstava u gospodarenju državnim šumama, što se očituje u nekoliko temeljnih zahtjeva:

- ⇒ okolišna pogodnost primijenjenih postupaka i tehničkih sredstava
- ⇒ djelotvornost u skladu s radnim uvjetima
- ⇒ zadovoljavanje sigurnosnih uvjeta korištenja strojeva i tehničke opreme
- ⇒ ergonomska pogodnost strojeva.

U sklopu programa znanstvenoistraživačkoga rada koji financiraju »Hrvatske šume« d.o.o. sam odabir predmeta istraživanja govori o značajnom zanimanju za projekte koji obuhvaćaju teme istraživanja u vezi s navedenim zahtjevima. Prijedlozi sadržaja

istraživanja pretežno su pristigli s terena, ali su ih definirale i razvojne i proizvodne službe Društva, primjerice:

- ⇒ postupci u privlačenju drva po tlu
- ⇒ okolišno prihvatljivi postupci u gospodarenju šumama prema vrijedećim međunarodnim normama
- ⇒ strojne metode uspostave šumskoga reda
- ⇒ okolišno prihvatljive šumarske tehnike
- ⇒ licenciranje i potvrđivanje za postizanje europskih standarda sigurnosti i kvalitete šumskog rada
- ⇒ ergonomske značajke šumarskih mehaniziranih sredstava rada i dijagnosticiranje stanja tih sredstava.

### 4.1 Naglašena okrenutost razvoju okolišno prihvatljivih šumarskih strojeva i postupaka

Svijest o svekolikom značenju stvaranja, uvođenja, primjene i razvoja takvih postupaka i tehničkih radnih sredstava koja se zasnivaju na okolišnoj prihvatljivosti prevladava kao jedan od temeljnih ciljeva struke o kojem ovisi većina drugih ciljeva i bez kojega se oni ne bi mogli ostvarivati. Stoga je velika pozornost usmjerena otklanjanju mogućnosti nastanka i/ili smanjenju razmjera štetnih utjecaja prouzročenih primjenom određenih postupaka i strojeva u gospodarenju šumama.

Štetni utjecaji na okoliš uzrokovani radom šumarske mehanizacije mogu biti mehanički i kemijski. Istraživanja okolišne pogodnosti primijenjenih metoda i tehničkih sredstava, usmjerena na mehaničko oštećivanje šumskoga tla, obuhvaćaju utvrđivanje zbijenosti tla kotačima i vučenim teretom mjerenjem promjena fizičko-mehaničkih svojstava tla (prodorni i posmični otpori, promjene sadržaja vlage



**Slika 21.** Istraživanje posljedica djelovanja u tlu odlaganih biološki razgradivih i mineralnih maziva

i obujma pora, određivanje indeksa kotača i dr.). Mehaničkim i kemijskim štetnim utjecajima rada strojeva mogu nastati značajne štete i na stojećim stablima te ostalom biljnom svijetu, ali i ugroza životinjskoga svijeta i njihovih obitavališta. Stoga se istražuje i takvo štetno djelovanje. Značajan se naglasak daje i proučavanju štetnih kemijskih promjena u tlu, također vezanima uz rad strojeva, kojima se ugrožava biološki potencijal tla kao spremišta hraniva za postojeću i buduću šumsku vegetaciju te nezamjenjivoga čvališta i izvorišta pitke vode. Od kemijskih štetnih djelovanja rada strojeva svakako se još mora spomenuti i emisija otrovnih plinova, kondenzata i kapljičnih štetnih tvari u okoliš i atmosferu.

Jedno od takvih istraživanja odnosi se na usporedbeno istraživanje biološko-kemijskoga utjecaja mineralnih i biološki razgradivih maziva koja se uporabom motornih pila i mehaniziranih sredstava privlačenja rasipaju po tlu. Osobito se to odnosi na sustavno izlijevanje u šumsko tlo ulja za podmazivanje lanaca motornih pila jer se radi o velikim količinama toga maziva s obzirom na to da se sav etat sječe i izrađuje motornim pilama. Poznato je iz prijašnjih istraživanja da se jedinični utrošak ulja za podmazivanje motorne pile kreće između 0,11 i 0,15 L/m<sup>3</sup>. Ako bi se u račun uzeo i navedeni najniži jedinični utrošak, prema približnomu neto godišnjemu etatu u »Hrvatskim šumama«, izlazi da se godišnje u šumsko tlo odlaže preko pola milijuna litara ulja koje se rabi samo za podmazivanje lanaca motornih pila. Iako se jedan manji dio maziva zadržava u izrađenom drvu, a jedan dio na okolnom bilju, još uvijek ostaje gotovo pola milijuna litara ulja izlivena u tlo. Dodaju li se ovdje i količine hidrauličnih ulja koja se izlijevaju iz hidrauličnih sustava i ostalih sklopova drugih strojeva (kvarovi, nepažnja), koje je gotovo nemoguće procijeniti, onda je jasno o kakvim se količinama radi. Pri tome stalno treba imati na umu da mineralna maziva (koja imaju vrlo niski stupanj i dugo vrijeme razgradivosti) ulaskom u tlo ugrožavaju čistoću podzemnih voda u takvim razmjerima da jedna litra toga sredstva može onečistiti tisuću litara podzemnih voda, ali i dodatno obezvrijediti oko milijun litara (Auguštin i dr. 2000).

Istraživanje djelovanja biološki razgradivih i mineralnih ulja provodi se tako da se određena površina šumskoga tla posijana npr. žirom hrasta lužnjaka zalijeva različitim koncentracijama biološki razgradivih, odnosno mineralnih maziva pomiješanih s vodom, te se prate učinci i posljedice zalijevanja otopinom jedne i druge vrste maziva koje takvi postupci ostavljaju na posijano sjeme i mlade biljke (klijavost, rast i prirast ponika i dr.). Ta su istraživanja još u tijeku i rezultati još nisu utvrđeni (slika 21).

Osim istraživanja utjecaja maziva na šumsko tlo i njegovu biološku proizvodnost, sve je više predmet zanimanja i uporaba biološkoga pogonskoga goriva za strojeve koji rade u šumarstvu Republike Hrvatske. Tako je 2005. godine predstavljen prvi hrvatski zglobnik (proredni skider) proizveden u Rijeci koji pokreće biodizel, a sva su hidraulična ulja biološki razgradiva (Sever i Puljak 2005).

## 4.2 Sudjelovanje u razvoju strojeva i tehnologija

### 4.2.1 Sudjelovanje »Hrvatskih šuma« d.o.o. i Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u razvoju posebnih šumarskih strojeva

Na razvoj mehaniziranih sredstava uvelike utječe »Hrvatske šume« d.o.o. i šumarska znanost (Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu) uspostavom suradnje i postavljanjem zahtjeva hrvatskim proizvođačima šumarskih strojeva za ispunjavanje određenih tehničkih, sigurnosnih, ergonomskih i nekih drugih uvjeta pri gradnji strojeva. Dobar je primjer za sudjelovanje djelatnika »Hrvatskih šuma« d.o.o. u razvoju posebnih šumarskih strojeva način na koji su razvijani domaći srednji proredni skider Ecotrac 55V i skider Ecotrac 120V. Prvi je stroj namijenjen radu u proredama na nagnutim terenima te je morao zadovoljiti ponajprije morfološke zahtjeve (širina i duljina) kako bi se mogao kretati između stojećih stabala u prorednim sječama te razmjerno uskim postojećim traktorskim putovima. Kasniji razvoj toga stroja obuhvatio je sve zahtjevnije ergonomske i sigurnosne uvjete.

Skider Ecotrac 120V razvijen je potpuno prema zahtjevima djelatnika »Hrvatskih šuma« te u suradnji s predstavnicima šumarske znanosti, uz financijsku potporu Ministarstva znanosti Republike Hrvatske (Horvat 2004). Prije samoga početka ostvarivanja tog razvojnoga projekta na terenu je provedeno opsežno ispitivanje mišljenja rukovatelja sličnim strojevima koji već rade na privlačenju drva u pretpostavljenim uvjetima, mehaničara koji održavaju slične strojeve, pa sve do poslovođa o zapaženim nedostacima i prednostima strojeva koji su tada radili na sličnim poslovima te približnim terenskim i radnim uvjetima. Nakon što su skupljene primjedbe, prijedlozi i mišljenja, odgovori su razvrstani te iz njihova sadržaja načinjen pregled prednosti i nedostataka postojećih strojeva temeljem čega su oblikovani tehničko-tehnološki zahtjevi prema proizvođaču, koji se mogu svesti na četiri temeljna, prije već navedena zahtjeva: okolišna pogodnost, proizvodnost, sigurnost i ergonomske značajke.

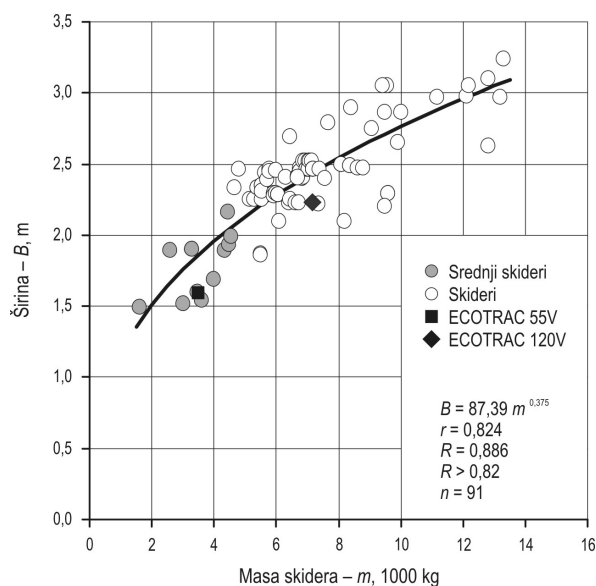
Prvi je zahtjev tehničke povoljnosti prema okolišu ponajviše vezan uz širinu traktorskih putova,

koji se u šumama kojima gospodare »Hrvatske šume« d.o.o. kreće između 2,5 i 3 m (Pičman i Pentek 2003). Jednako se moralo paziti i na visinu odnosno duljinu stroja (osovinski razmak) zbog niskih grana, te graničnih okomitih i vodoravnih krivina postojećih putova. Istodobno, kako je u više pristiglih primjedaba izneseno upozorenje da je masa nekih od postojećih skidera (9–10 t) prevelika u odnosu na nosivost tla tih područja, također se moralo voditi računa i o tome da budući skider vlastitom masom znatno ne prelazi vrijednost od 7 t. Stoga je ovaj skider u razdoblju prije izradbe prototipa i nazvan »skider mase oko 7 t«.

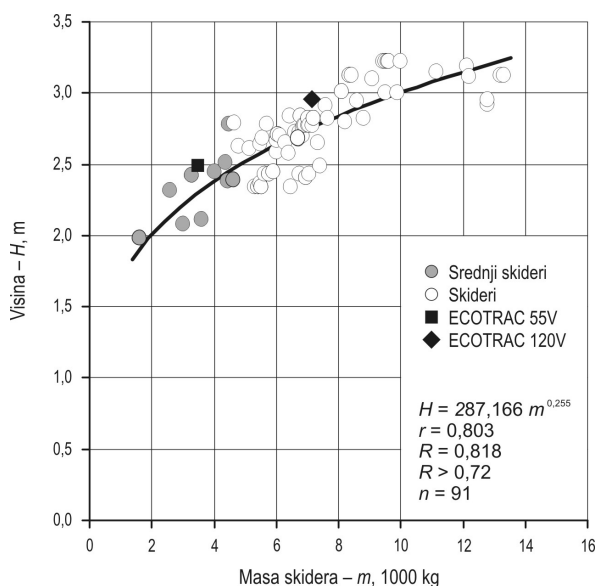
Na slikama 22, 23 i 24 na osnovi morfološke raščlambe (ovisnost širine, visine i duljine o masi) obitelji skidera i srednjih skidera prikazani su položaji u Hrvatskoj razvijenih: prorednoga skidera Ecotrac 55V i skidera Ecotrac 120V. Iz slika je razvidno da su svi navedeni zahtjevi odnosa dimenzija i mase skidera zadovoljeni i da se mogu ocijeniti povoljnima. Skideri imaju osobito povoljan odnos širine i mase (slika 22), gdje se širine nalaze zamjetno ispod krivulja izjednačenja, a što izlazi iz navedenoga usuglašavanja zahtjeva šumarske struke i konstrukcijskih rješenja.

Iz ovih je slika također vidljivo da se duljina i visina skidera nalaze iznad krivulja izjednačenja. Uzrok veće duljine, prema definiciji norme ISO, od prosječnih vrijednosti ostalih skidera jest u ugradnji prednje odzivne daske koja se pokreće pomoću dvaju hidrauličnih cilindara dugoga hoda, čime je omogućen razmjerno velik luk pokretanja, kao i zbog zadnje sidrene daske. Natprosječna visina skidera u odnosu na masu (položaj točke iznad krivulje izjednačenja) također izlazi iz definicija iste norme po kojoj je ukupna visina definirana kao udaljenost od tla do najviše točke skidera. Kod ovih se skidera to odnosi na rub ispušne cijevi izdignute iznad krova kabine radi zadovoljavanja sigurnosnih zahtjeva normi ISO kako bi se otklonila mogućnost ulaska ispušnih plinova u kabinu skidera kroz otvor za prozračivanje. Zbog tih je razloga ukupna visina domaćih skidera veća od prosječnih vrijednosti ostalih skidera u bazi podataka, od kojih je velik broj proizveden prije oblikovanja navedenih zahtjeva normi ISO.

Spomenuta baza podataka koja je poslužila za morfološke raščlambe odnosi se na bazu podataka koju su oblikovali Sever i Horvat (1985, 1992a, 1992b), Horvat (1996c, 1996d), nadopunjenu podacima iz baza podataka za neke značajke šumskih strojeva Odjela za šumsku tehniku Šumarskoga istraživačkoga instituta austrijskoga Ministarstva poljoprivrede i šumarstva (FBVA 2000, FBVA 2003). Ova baza podataka sadrži ukupno 91 tip skidera.



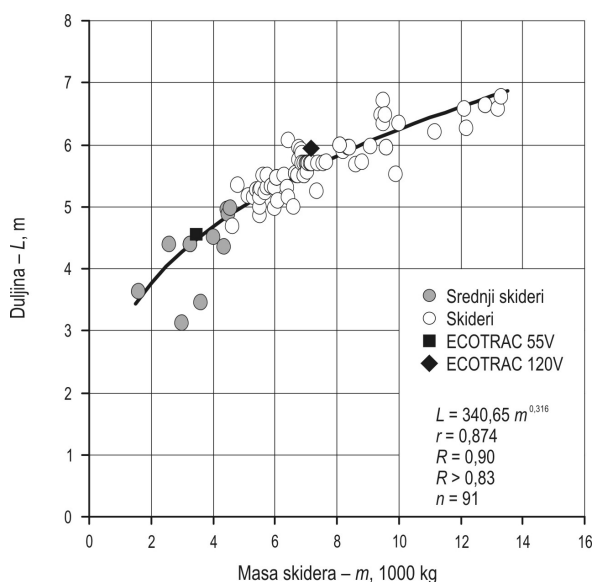
Slika 22. Odnos mase i širine skidera



Slika 23. Odnos mase i visine skidera

Položaj indeksa oblika domaćih skidera ( $B/L$ ), koji prema Bekkeru (1956) definira probojnost vozila u odnosu na ostale strojeve unutar obitelji skidera, izlazi također iz postavljenih zahtjeva šumarske prakse. Neposredan cilj zadovoljavanja ovih zahtjeva za malom širinom stroja prije je već objašnjen zbog iznimno uskih traktorskih putova, koja u velikom broju slučajeva iznosi samo 2,5 m, te zbog proredne primjene manjega skidera. Tako se ti odnosi širine i duljine nalaze na samom rubu polja skidera te se strojevi odlikuju osobito pogodnom malom širinom s obzirom na duljinu (slika 25).





Slika 24. Odnos mase i duljine skidera

Za uzor u jednom dijelu tehničkih i dimenzijskih značajki skidera poslužio je domaći skider Silva S101, proizveden u količini od 10 komada još 80-ih godina prošloga stoljeća u tadašnjem šumskom gospodarstvu Vrbovsko. To se ponajprije odnosi na dimenzioniranje mostova koji su se nakon više od dva desetljeća iskorištavanja pokazali vrlo povoljnim. I danas još četiri ova stroja rade na privlačenju drva u uvjetima prebornih šuma.

Zahtjev za osiguranjem proizvodnosti iskazan je u traženju povećane snage motora u odnosu na prosjek skupine skidera, čime su se osigurale veće brzi-

ne privlačenja u brdovitim, a posebno u planinskim sastojinama.

Treći od četiri glavna zahtjeva znanosti i struke proizvođaču domaćega skidera, koji bi prema važnosti mogao biti postavljen i na prvo mjesto, odnosio se na sigurnost radnoga stroja. Među tridesetak zahtjeva normi ISO (Horvat i Šušnjar 2003) koji se odnose na sigurnost i neka ergonomska svojstva, mogu se spomenuti neka najvažnija područja ispitivanja sigurnosno-ergonomskih značajka:

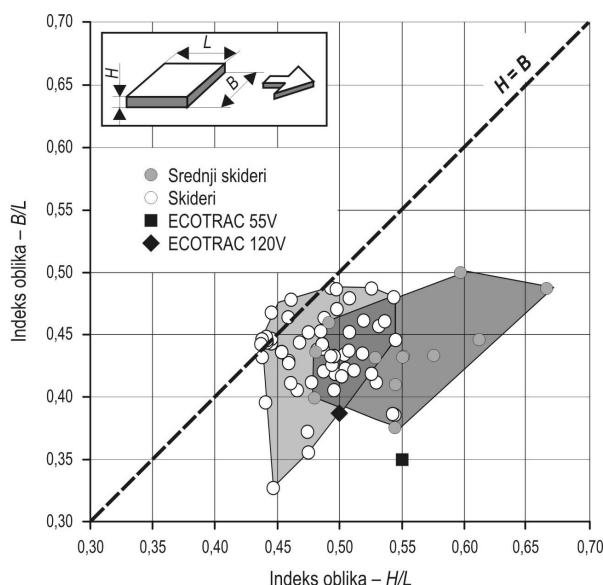
- ⇒ sigurnosna tehnička sredstva
- ⇒ pristupna sredstva
- ⇒ izvedba kabine (zaštita kabine, prostor kabine, sjedalo, područje udobnosti i doseg upravljačkih komandi)
- ⇒ svjetlosni uređaji
- ⇒ upravljanje (ispravnost sustava upravljanja, sile na upravljačkim komandama, simboli upravljačkih komandi)
- ⇒ sigurnosni zahtjevi za izvedbu i rad vitla.

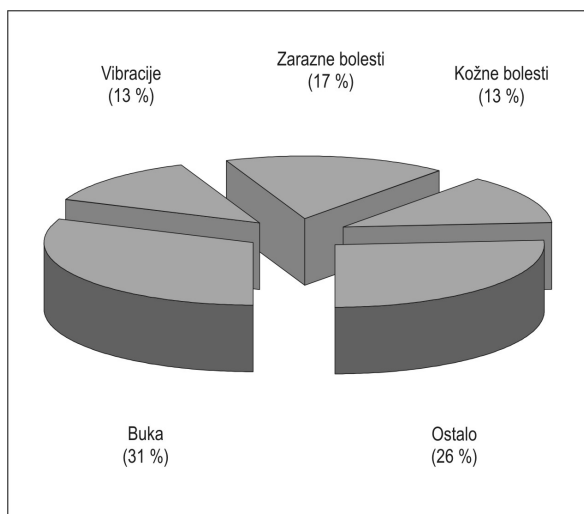
Najzahtjevniji uvjeti potvrde sigurnosnih svojstava stroja odnose se na kabinu skidera. To se osim još nekih zahtjeva normi ISO posebno odnosi na opremljenost zaštitnim strukturama od prevrtanja vozila – ROPS (*Roll-over protective structure*), od pada predmeta – FOPS (*Falling object protective structure*) te zaštitnom strukturom kabine, tj. zaštitnom mrežom – OPS (*Operative protective structure*). Svi su ti traženi uvjeti zadovoljeni, uključujući i najzahtjevnije testove kabine koji su načinjeni u inozemstvu.

Najvažniji ergonomske zahtjevi kod skidera svakako se odnose na smanjivanje štetnoga utjecaja bu-



Slika 25. Indeksi oblika skidera





**Slika 26.** Razdioba uzroka profesionalnih bolesti

ke i vibracija. Neka su istraživanja Zavoda za zaštitu zdravlja Republike Hrvatske pokazala da su buka i vibracije daleko najznačajniji uzročnici profesionalnih bolesti u odnosu na ostale uvjete (slika 26), a šumarstvo se nalazi na drugom mjestu po broju invalida nastalih zbog profesionalnih bolesti (Horvat i Sever 1997).

Mjerenja razine buke u kabini skidera s ugrađenom tzv. tihom kabinom i suvremenom vrstom motora pokazala su da skideri udovoljavaju svim zahtjevima zaštite na radu, a prema dopuštenoj razini buke za osamsatno izlaganje. Takva razina buke omogućuje nesmetanu komunikaciju na radilištu, smanjena je vjerojatnost ozljeda na radu te su tako stvoreni uvjeti za poboljšanje svekolikoga zadovoljstva vozača i za povećanje proizvodnosti. I na ostalim mjernim mjestima mjerenje je buke pokazalo da razina buke koju traktor emitira ne prelazi dopuštene granice.

Buka je mjerena (Horvat i dr. 2004a, Horvat i dr. 2004b):

- ⇒ u kabini skidera uz uho vozača prema normama ISO 5131:1996 i ISO 6394:1998
- ⇒ u okolini skidera prema normama ISO 4872:1978 i ISO 6393:1998
- ⇒ u okolini skidera tijekom ubrzavanja prema normi ISO 362: 1998
- ⇒ zadovoljila je zahtjeve normi.

Vibracije su mjerene na dvama mjernim mjestima ključnima za ugroženost od vibracija: na upravljaču i sjedalu. Pri mjerenju vibracija na upravljaču korištene su norme za vibracije koje se prenose preko šake ili sa sjedala na čitavo tijelo HRN ISO 5349: 2001 EN i HRN ISO 5349: 2001 EN. Rezultati su pokazali

da su vibracije na volanu uz izuzetak vibracija u praznom hodu dobro prigušene. To drugim riječima znači da bi se kod 10 % vozača izloženih izmjerenim razinama vibracija mogli pojaviti znakovi trajnih posljedica nakon relativno dugoga vremena izlaganja, uz pretpostavku da bi se tijekom punoga radnoga vremena održavao približno najmanji broj okretaja. Zaključak o vibracijama koje se s volana prenose na ruke govori da su ispitivani skideri ergonomski povoljna radna sredstva.

Vibracije su mjerene na sjedalu prema normi HRN ISO 2361-1: 1997 EN. Prema rezultatima mjerenja utvrđeno je da vibracije koje se sa sjedala prenose na tijelo vozača nisu nikakvo ograničenje. Prigušna su svojstva sjedala dobro odabrana. Vozač u ustanovljenim uvjetima može provesti bez ikakvih posljedica i dulje vrijeme od osam sati koliko je trajanje radne smjene.

#### 4.2.2 Sudjelovanje »Hrvatskih šuma« d.o.o. i Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u razvoju šumarskih tehnologija

Sljedeći primjer odnosi se na izravno sudjelovanje »Hrvatskih šuma« d.o.o. i šumarske znanosti u planiranju, stvaranju i razvoju izvornih tehnologija vezanih uz prilike u hrvatskom šumarstvu.

Među najznačajnijim problemima gospodarenja u prirodno obnovljivim šumama hrasta lužnjaka u istočnim predjelima Hrvatske svakako su nalaženje i odabir prikladnih postupaka za radove u prorednim sječama. Te se šume prema vrijednosti drva (hrast lužnjak) smatraju najvrjednijim šumama u Republici Hrvatskoj. Međutim, budući da su se te nizinske šumske sastojine hrasta i poljskoga jasena razvile na dubokim pseudoglejnim tlima vrlo slabe nosivosti i velikoga udjela vode u tlu, javljaju se brojne poteškoće vezane uz pridobivanje drva, koje se ponajviše odnose na daljnje mehaniziranje ovih radova i izbor najpovoljnije metode za micanje posječenoga drva iz sastojine nakon provedene prorede. Osim navedenih problema vezanih uz slabu nosivost tala, nimalo manju poteškoću predstavljaju biološka obilježja glavne vrste drveća i najvažnije komercijalne vrste – hrasta lužnjaka koja ga u najranijoj dobi ponika i pomlatka čine i najosjetljivijom. Prirodna obnova šuma hrasta lužnjaka, i u slučaju kada se obavlja potpuno pravilno, stručno i bez propusta, vrlo je složen i skup postupak koji zahtijeva višegodišnja ulaganja i napore.

Zbog navedenih je razloga u prorednim sječama ovih sastojina vrlo bitno što bolje sačuvati osjetljivo šumsko tlo koje mora još dugo vremena obavljati svoju hranidbenu, proizvodnu i potpornu zadaću. Kako je iz mnogih znanstvenih istraživanja, ali i iz iskustvenih spoznaja poznato da se tlo mnogo manje



oštećuje ako se drvo nakon sječa iz šume izvozi na kotačima nego kada se vuče po tlu, nedvojbeno se opredijelilo za izvoženje. Međutim, ni na tome se nije stalo kao završenom postupku, već se i dalje nastoji pronaći takav postupak koji će omogućiti da

se prilikom skupljanja drva strojevima ne mora gaziti po cijeloj sječnoj površini, od panja do panja, već da se prikupljanje posječenoga drva radi isključivo sa šumskih prosjeka, bez zalaženja u sastojinu. Osim zaštite tla ovdje je također bitno od oštećivanja za-



Kazalo:

A) Ekipaža Pionir

B) Ekipaža FMV

C) Proredni skider s dizalicom

D) Nadograđeni poljoprivredni traktor s dizalicom i hvatalom

E) Ekipaža Steyr

F) Ekipaža Formet

**Slika 27.** Različiti pristupi rješavanju privlačenja drva iz proreda nizinskih šuma



štititi i preostala stabla u sastojini te pomladak. Da bi se posječeno drvo izvezlo izvoznim putovima, unutar šumskih sastojina najprije su se na razdaljini od 75 m izrađivale usporedne prosjeke, tzv. »šljukarice«, širine od 3 m, a u novije su vrijeme (u novopomlađenim sastojinama) te udaljenosti raspolovljene te se sada za iste namjene takve prosjeke izrađuju na svakih 36 m. Njihova je temeljna uloga osigurati nesmetano prometanje strojeva i prostor s kojega se drvo iz sastojine privitlava i/ili prikuplja dizalicom, a zatim prevozi do (pomoćnoga) stovarišta.

Sljedeća stvar o kojoj treba voditi računa prilikom izbora tehničkih mehaniziranih sredstava kao važne sastavnice odabrana postupka za ove uvjete jest činjenica da drvni sortimenti iz proreda imaju manje dimenzije i slabiju kakvoću te da čine oko 35 % ukupnoga godišnjega etata. Stoga je problem izvoženja drva iz proreda nizinskih šuma ne samo ekološke već i ekonomske prirode jer bi se uporabom razmjerno skupih strojeva za ovu namjenu stvorio trošak rada koji samo drvo teško može podnijeti.

Izvoženje drva iz prorednih sječa na ovim prostorima započelo je još početkom 70-ih godina prošloga stoljeća uporabom prvih traktorskih ekipaža koje su se sastojale od poljoprivrednoga traktora, šumske poluprikolice, mehaničke konzolne dizalice i šumskoga vitla. Prva takva traktorska ekipaža nazvana je »Pionir«. Nasuprot navedenim nastojanjima o neulasku traktorskoga skupa za izvoženje drva u sastojinu ekipaže »Pionir« prolaze kroz sastojinu skupljajući posječeno drvo i pri tome u dosta slučajeva oštećuju šumsko tlo, pomladak i preostala stabla.

Izradbom usporednih prosjeka na dvostruko manjim udaljenostima od postojećih (36 m), čime je povećana i otvorenost šume, načinjen je daljnji napredak u opisanim metodama izvoženja drva u nizinskim proredama.

U sljedećim se razdobljima nastavilo s razvojem i usavršavanjem opremanja traktorskih ekipaža suvremenijim hidrauličnim dizalicama i šumskim vitlima. Aktivnosti na traženju najpovoljnijega rješenja traktorske ekipaže osobito su se pojačale na početku 90-ih godina prošloga stoljeća. Sljedeće rješenje obuhvaćalo je usporedan rad traktorske ekipaže i adaptiranoga poljoprivrednoga traktora opremljena dizalicom i hvatalom koji je skupljao izrađene drvene sortimente po sastojini te ih privlačio do izvozne prosjeke. S gledišta okolišne prihvatljivosti, a osobito gospodarske opravdanosti (dva stroja za isti rad te mnogo vremena utrošena na utovar i istovar, neprikladna mehanička dizalica), tako organiziran način rada nije dugo potrajao (Horvat i dr. 2004).

Kronološkim nizom na ovim su se prostorima za izvoženje drva iz prorednih sječa rabile ove vrste strojeva odnosno traktorskih ekipaža:

- ⇒ ekipaža »Pionir« (slika 27A): poljoprivredni traktor, šumska poluprikolica, mehanička konzolna dizalica s vitlom (početak 70-ih godina 20. stoljeća)
- ⇒ ekipaža FMV (slika 27B): poljoprivredni traktor Torpedo 55A, poluprikolica Moheda 6 t s hidrauličnom dizalicom FMV 230 i hidrauličnim vitlom na dizalici (1993)
- ⇒ proredni skider s poluprikolicom i hidrauličnom dizalicom bez vitla (slika 27C), (1996)
- ⇒ nadograđeni poljoprivredni traktor s dizalicom i hvatalom (slika 27D), u kombinaciji s traktorskom ekipažom
- ⇒ ekipaža »Steyr« (slika 27E): poljoprivredni traktor Steyr 860, poluprikolica Kronos 6 t i hidraulična dizalica Kronos 250 s hidrauličnim vitlom na dizalici (1997)
- ⇒ ekipaža »Formet« (slika 27F): traktor Steyr 8090 (ili neki drugi poljoprivredni traktor takve snage i ostalih značajka), dvobubanjno vitlo Igland 6002 Pronto TL nazivne vučne sile od 60 kN, hidraulična dizalica Igland 43-65 i poluprikolica Metalac S-6, nosivosti 6 t (2004).

Važno je napomenuti da rad na pronalaženju najpovoljnijega pristupa pridobivanju drva iz proreda ovdje nije ni blizu završetka. Temeljni je problem uravnoteženje više značajki najpovoljnijega tehnološko-tehničkoga rješenja koje bi zadovoljilo okolišnu prihvatljivost, sigurnosno-ergonomska svojstva i ekonomsku isplativost potkrijepljenu zadovoljavajućim proizvodnošću. Iako ovo zvuči pomalo utopistički, upornim, sustavnim radom na unaprjeđivanju svakoga od navedenih čimbenika posebice, te uz pomoć znanja i znanstvenih spoznaja općenito u ovom se području može još dosta toga postići.

## 5. Zaključci

Kako je od ukupno obrasle šumske površine kojima gospodare »Hrvatske šume« d.o.o. preko 96 % površine šuma prirodne strukture, posebnost gospodarenja tim šumama zahtijeva izvorna rješenja i metode koje moraju zadovoljiti postavljena mjerila za:

- ⇒ okolišnu pogodnost
- ⇒ djelotvornost
- ⇒ sigurnost
- ⇒ ergonomska svojstva.

Ovdje se osobito naglašava važnost zahtjeva okolišne prihvatljivosti strojeva i postupaka u gospodarenju šumama te mogućnost smanjenja njihova nepovoljnoga mehaničkoga i kemijskoga utjecaja na tlo i ukupnost stanja unutar šumskih ekosustava.

»Hrvatske šume« d.o.o. preko 50 % poslova u sklopu gospodarenja šumama izvode vlastitim proizvodnim kapacitetima, izuzev prijevoza drva. Zbog toga se zadovoljavanje navedenih zahtjeva traži u sklopu znanstvenoistraživačkih projekata koje financiraju »Hrvatske šume« d.o.o. te vlastitim uključivanjem u razvoj najčešće korištenih strojeva i načina privlačenja drva, poput prorednoga skidera, skidera i tehničko-tehnoloških rješenja za prorede nizinskih šuma.

Dok se za skidere općenito može reći da zadovoljavaju tražene uvjete, za tehničko rješenje prorednih strojeva u nizinskim šumama Republike Hrvatske još se uvijek traži najpovoljnija inačica jer dosadašnje ne udovoljavaju svim traženim mjerilima, osobito ne u dijelu koji se odnosi na proizvodnost, budući je drvo iz tih sječa niže tehničke i ekonomske vrijednosti.

## 6. Literatura

Anon., 2006: Šumskogospodarska osnova područja Republike Hrvatske, razdoblje 2006 – 2015. godina.

Anon., 2006: Zakon o šumama. Narodne novine, Službeni list Republike Hrvatske, br. 140 od 28. 11. 2005, www.nn.hr

Auguštin, H., S. Dekanić, I. Martinić, S. Sever, 2000: Okolišno neškodljive hidraulične tekućine za šumarske strojeve – stanje i izglednost. *Mehanizacija šumarstva*, 25(1–2): 41–58.

Bedžula, D., M. Slabak, 1974: Razvoj mehanizacije šumskih radova na području istočne Slavonije – stanje danas i perspektive (The use of forest machinery in southeastern Slavonia). Zbornik o stotoj obljetnici znanstvenog i organiziranog pristupa šumarstvu jugoistočne Slavonije, JAZU, Centar za znanstveni rad Vinkovci, Vinkovci – Slavonski Brod, 1974, str. 185–202.

Bekker, M. G., 1956: Theory of land locomotion. The University of Michigan Press, str. 1–499.

FBVA, 2000: CDR »300 Forstmaschinen – Maschinenbeschreibung und Selbstkostenrechnung«. Forstliche Bundesversuchsanstalt – Abteilung für Forsttechnik.

FBVA, 2003: CDR »500 Forstmaschinen – Maschinenbeschreibung und Selbstkostenrechnung«. Bundesamt und Forschungszentrum für Wald – Abteilung für Forsttechnik.

Horvat D., 1996a: Proračun nekih veličina vučnih značajki četiriju vozila za privlačenje drva u prorjedama brdskoplaninskih sastojina (Calculation of some tractive parameters for four vehicles used for wood transportation in mountain forest thinning). Znanstvena knjiga »Skrb za hrvatske šume od 1846. do 1996.«, knjiga 2: »Zaštita šuma i pridobivanje drva«, Zagreb, str. 243–252.

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

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 7 t«, programa

TEST Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa RH, Zagreb, str. 1–98.

Horvat, D., V. Goglia, M. Šušnjar, 2004: Izvješće o ispitivanju nekih tehničkih i ergonomske značajki traktorske ekipaže »FORMET«. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1–9.

Horvat, D., V. Goglia, M. Šušnjar, I. Đukić, 2004a: Izvješće o ispitivanju nekih tehničkih i ergonomske značajki skidera »Ecotrac 120V«. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1–16.

Horvat D., L. Jursik, I. Krstić, A. Nedić, S. Risović, M. Slabak, Z. Zajec, S. Sever, 1991: Istraživanje svojstava i djelotvornosti hvatača pri proredama nizinskih šuma Spačvanškog bazena. *Mehanizacija šumarstva*, 15(11–12): 175–191.

Horvat, D., S. Sever 1998: Development and use of environmentally acceptable operating techniques and technologies in Croatia's forests. Proceedings of the FAO/Austria expert meeting on environmentally sound forest operations for countries in transition to market economies, Ort/Gmunden, Austria, 20 – 27 September 1998, str. 25–33.

Horvat, D., M. Šušnjar, V. Goglia, I. Đukić 2004b: Izvješće o ispitivanju nekih tehničkih i ergonomske značajki prorednog skidera »Ecotrac 55V«. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1–13.

Horvat, D., M. Šušnjar, Ž. Tomašić, 2004: New technical and technological solutions in thinning operations of lowland forests. International scientific conference »Forest engineering: New techniques, technologies and the environment«, Lviv, Ukraine, 5 – 10 October 2004. The Ukrainian State University of Forestry and Wood technology, poster summary.

Horvat, D., 2004: Prototip skidera mase oko 7 t, Inovacijska žarišta. Glasnik odjela za tehnologijski razvitak MZOŠ RH, 1(4): 14–15.

Horvat, D., Ž. Tomašić, 2003: Comparison between skid trail soil penetration characteristics and tractive performance of adapted farm tractors. Glasnik za šumske pokuse, 40: 59–79.

Horvat, D., M. Šušnjar, 2004: Research report of some technical characteristics of tractor assembly FORMET. Forestry Faculty of Zagreb University, 1–7.

Krpan, A. P. B., 2000: Mogućnosti primjene vrhunskih tehnologija pri iskorištavanju šuma u Hrvatskoj (Possibilities of implementation of high technologies in forest harvesting in Croatia). Znanstveni skup »Vrhunske tehnologije u uporabi šuma«, Zagreb, 11. travnja 2000, HAZU, Znanstveno vijeće za poljoprivredu i šumarstvo, str. 45–63.

Krpan, A. P. B., T. Poršinsky, 2001: Harvester Timberjack 1070 u Hrvatskoj (Harvester Timberjack 1070 in Croatia). Šumarski list, 125(11–12): 619–624.

Krpan, A. P. B., T. Poršinsky, 2002a: Proizvodnost harvestera Timberjack 1070 pri proredi kulture običnoga bora (Productivity of Timberjack 1070 Harvester in Scotch Pine Thinning). Šumarski list, 126(11–12): 551–561.

Krpan, A. P. B., T. Poršinsky, 2002b: Djelotvornost strojne sječe i izradbe u sastojinama mekih i tvrdih listača. Znanstvena studija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1–40.

Krpan, A. P. B., T. Poršinsky, Ž., Zečić, 2003: Studija o potrebnj veličini zglobnog traktora (skidera) temeljem sastojinskih prilika glavnoga prihoda i primijenjene tehnologije. Znanstvena studija izrađena u sklopu tehnološkog projekta Ministarstva znanosti i tehnologije »Razvoj, ispitivanje i proizvodnja specijalnog šumskog vozila skidera mase do 7 t (TP– C37/2002)«, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1–41.

Krpan, A. P. B., T. Poršinsky, 2004a: Djelotvornost strojne sječe i izrade u sastojinama tvrdih i mekih listača – 1. dio: Promišljanje struke o strojnoj sječi i izradbi drva (Efficiency of Mechanical Felling and Processing in Soft and Hardwood broadleaved stands – Part 1: Attitudes of Forest Professionals towards Mechanical Felling and Processing). Šumarski list, 128(3–4): 127–136.

Krpan, A. P. B., T. Poršinsky, 2004a: Djelotvornost strojne sječe i izrade u sastojinama tvrdih i mekih listača – 2. dio: Djelotvornost harvesteru u kulturi mekih listača (Efficiency of Mechanical Felling and Processing in Soft and Hardwood broadleaved stands – Part 2: Efficiency of harvesters in the culture of soft broadleaf trees). Šumarski list, 128(5–6): 233–244.

Krpan, A. P. B., T. Poršinsky, I., Stankić, 2004: Djelotvornost strojne sječe i izrade u sastojinama tvrdih i mekih listača – 3. dio: Djelotvornost harvesteru u prirodnoj prorednoj sastojini tvrdih listača (Efficiency of Mechanical Felling and Processing in Soft and Hardwood broadleaved stands – Part 3: Efficiency of harvester in natural thinning stands of hardwood broadleaf species). Šumarski list, 128(9–10): 495–508.

Pičman, D., T. Pentek, 2003: Tehničke značajke sekundarnih šumskih prometnica u karakterističnim sastojinskim i stojbinskim uvjetima kao podloga za određivanje pogodnih dimenzija skidera. Istraživanje i studija u okviru projekta »Razvoj, izrada i ispitivanje specijalnog šumskog vozila – skidera mase 7 t«, programa RAZUM Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa RH, Studija, str. 1–39.

Poršinsky, T., A. P. B. Krpan, I. Stankić, 2004: Djelotvornost strojne sječe i izrade u sastojinama tvrdih i mekih listača – 4. dio: Okolišna pogodnost strojne sječe u prirodnim sastojinama (Efficiency of Mechanical Felling and Processing in Soft and Hardwood broadleaved stands – Part 4: Environmental Suitability of Mechanical Felling in Natural Stands). Šumarski list, 128(11–12): 655–669.

Sever, S., 1993: Stanje i mogući razvoj mehanizacije u hrvatskome šumarstvu (Status and Possible Development of Mechanization in Croatian Forestry). Mehanizacija šumarstva, 18(1): 3–15.

Sever, S., D. Horvat, 1985: »Šumski zglobni traktor snage oko 60 kW«. Studija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1–187.

Sever, S., D. Horvat, 1992a: Skidders and forwarders database as source and help in determining morphological relationships. Proceedings of IUFRO workshop »Computer supported planning of roads and harvesting«, Feldafing, Njemačka, str. 196–200.

Sever, S., D. Horvat, 1992b: Logging wheeled tractor database for assistance in machine family evaluation. Proceedings of IUFRO workshop »Computer supported planning of roads and harvesting«, Feldafing, Njemačka, str. 281–288.

Sever, S., S. Puljak, 2005: TIBOTRAC FM 03 – prvi hrvatski šumski zglobnik na biodizelsko gorivo. Nova mehanizacija šumarstva, 26: 3–12.

Šušnjar, M., 2005: Istraživanje međusobne ovisnosti značajki tla traktorske vlake i vučne značajke skidera. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1–135.

Tomašić, Ž., Ž. Sučić, M. Slunjski, M. Polaček, 2005: Ovdobno stanje prijevoza drva kamionskim skupovima u šumarstvu RH (Present Status of Timber Transport by Track Units in Croatian Forestry). Nova mehanizacija šumarstva, 26: 65–70.

#### Adresa autorâ:

Darko Beuk  
e-mail: darko.beuk@hrsume.hr  
Željko Tomašić  
e-mail: zeljko.tomasic@hrsume.hr  
»Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb  
Direkcija Zagreb  
Farkaša Vukotinovića 2  
HR-10000 Zagreb  
HRVATSKA

Dubravko Horvat  
e-mail: horvat@sumfak.hr  
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije  
Svetošimunska 25  
HR-10000 Zagreb  
HRVATSKA

# Šumarsko inženjerstvo i upravljanje šumskim radovima – osvrt na put unazad i naprijed znanstvene discipline

Hans Rudolf Heinimann

## Nacrtak

*Šumarsko inženjerstvo i upravljanje šumskim radovima suočilo se s problemom poboljšanja znanstvene uočljivosti, preusmjeravajući istraživačke napore u buduće izazove i jačanje samosvijesti. Cilj je ovoga rada istražiti obrasce koji su oblikovali razvoj izvođenja šumskih radova kao znanstvene discipline, dajući prikaz kako bi šumski radovi trebali izgledati 2020. godine, utvrđujući zajedničko razumijevanje za budućnost discipline i raspravljajući o budućim glavnim izazovima. Ispitivanje je utvrdilo pet razdoblja stabilnoga razvoja stanja (paradigme) i razvilo viziju mrežnih sustava izvođenja šumskih radova izgrađenih od »samoorganizirajućih« jedinica. Zatim se raspravlja o izazovima s kojima ćemo se vjerojatno suočiti u području »inženjerstva pridobivanja i transporta drova«, »upravljanja šumskim radovima«, »ergonomije u šumarstvu« te »ekološkom pogodnosti izvođenja šumskih radova«. Namjera je istraživanja potaknuti široke rasprave o budućem smjeru šumarskoga inženjerstva i upravljanja šumskim radovima te izraditi temelj za redizajniranje odgovarajućega nastavnoga plana u visokoškolskom obrazovanju.*

*Ključne riječi: šumski radovi, šumarsko inženjerstvo, paradigme, budući izazovi, znanstvena disciplina, povijesni razvoj*

## 1. Uvod

Izvođenje šumskih radova bio je glavni naziv koji obilježava znanstvenu disciplinu koja se bavi izradom, primjenom, kontrolom i stalnim poboljšanjem sustava šumskih radova. Vrijednost discipline usmjerene prema problemu ovisi o njezinu prepoznavanju u obitelji znanstvenih zajednica i o njezinoj sposobnosti da pruži rješenja problemima koji se javljaju. Posljednjih deset godina suočeni smo s osnovnim ekonomskim, socijalnim i ekološkim promjenama koje se mogu okarakterizirati trendovima (Davis i Stephenson 2006). Izvođenje šumskih radova kao disciplina koja se temelji na tehnologiji potaknuta je i tehnologijom i problemima. Informacijska, WWW i senzorska tehnologija imale su velik utjecaj na naše područje interesa. S druge strane, problemi globalne promjene, povećana potražnja za resursima ili kritički stav društva prema tehnologiji također su oblikovali razvoj. S našega gledišta glas je zajednice izvođača šumskih radova bio slab ili je potpuno utihnuo, što je dovelo do smanjenja financiranja i

priznavanja. Međunarodno udruženje šumarskih istraživačkih organizacija (IUFRO) poduzelo je velike napore (1) kako bi ojačalo istraživanje, (2) proširilo strateško partnerstvo i suradnju, (3) povećalo razmjenu sa znanstvenom zajednicom te (4) poboljšalo razmjenu s kreatorima politike. Takav bi razvoj trebao biti pokretan budućim izazovima i trebao bi se temeljiti na zajedničkom razumijevanju što su osnove odgovarajuće znanstvene discipline. Prijašnji radovi o izvođenju šumskih radova kao znanstvenoj disciplini pokrivali su razdoblja od 70-ih godina do 90-ih godina prošloga stoljeća (Heinimann 1995, Samset 1992, Sundberg 1988).

Cilj je ovoga rada (1) ispitati koncepte svjetonazora (paradigme) koji su oblikovali razvoj izvođenja šumskih radova kao znanstvene discipline, (2) prikazujući kako bi šumski radovi mogli izgledati 2020, (3) utvrđujući zajedničko razumijevanje za budućnost discipline te (4) raspravljajući o glavnim izazovima s kojima ćemo se vjerojatno suočiti. Opseg je ovoga rada pomalo ograničen autorovom percepcijom, očekivanjima i vrijednostima što će utjecati na



ideje budućega razvoja. Također je oblikovan »zadnjačkom« perspektivom koja vjerojatno zanemaruje razvoj u ostalim kulturnim područjima. Rad će prvo opisati pet paradigmi razvojnih faza, zatim zacrtati viziju sustava izvođenja šumskih radova 2020. kao mrežnoga sustava samoorganiziranih jedinica, potom predložiti definiciju šumarskoga inženjerstva i upravljanja šumskim radovima kao znanstvene discipline, te konačno zacrtati izazove za inženjerstvo pridobivanja i transporta drva, upravljanje šumskim radovima, ergonomiju u šumarstvu i ekološku pogodnost šumskih radova.

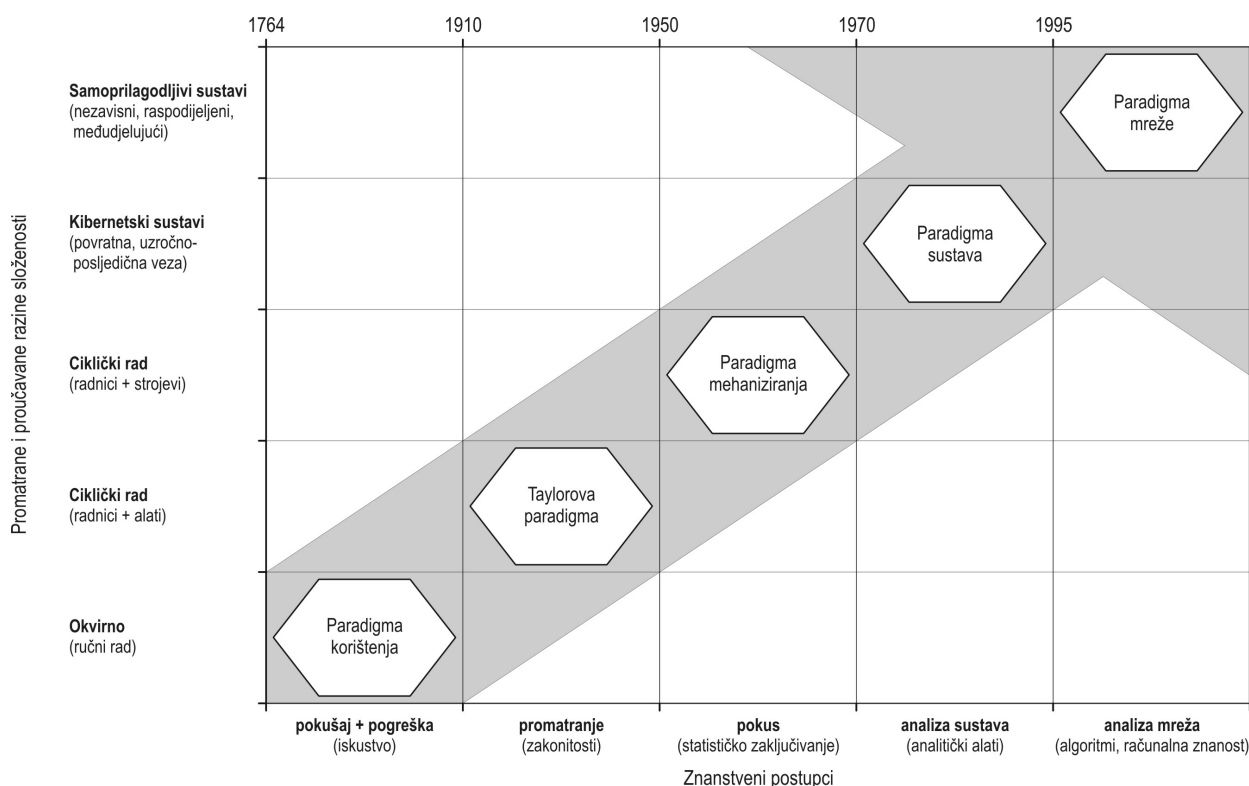
## 2. Osvrt unazad

### 2.1 Fenomen diskontinuirane evolucije

Znanstvene su se discipline stalno razvijale, slično biološkim sustavima. Razumijevanje mogućih putova budućega razvoja zahtijeva osnovno razumijevanje kako se sustavi mijenjaju tijekom vremena. U biologiji se evolucija shvaća kao »polagani tijek mutacija« koji postupno dovodi do novih oblika organizama i sustava (Gersick 1991). Međutim, nova teorija »diskontinuirane evolucije« predstavlja izazov pojmu kontinuirane postupne promjene (Gould i Eldredge 1993). Temelji se na pretpostavci da sustavi postoje veći dio svoje povijesti u nizu uzastopnih,

stabilnih razina stanja koje su povezane nelinearnim »prekidima« diskontinuiranih promjena. Relativno duga razdoblja stabilnosti isprekidana su kompaktnim razdobljima kvalitativnih, metamorfnih promjena. Taj se koncept isprekidane ravnoteže može ustanoviti u različitim područjima znanosti, npr. u biologiji (Gould i Eldredge 1993), u filozofiji znanosti (Kuhn 1970), organizacijskoj teoriji (Gersick 1991) ili u razvoju računalnih programa (Aoyama 2002, Wu i dr. 2004).

Thomas Kuhn (1970) u skladu s tim pružio je model »isprekidane ravnoteže« za znanstvene discipline, u kojem je razdoblja stabilnoga stanja nazvao »normalna znanost«, a razdoblja diskontinuirane promjene »znanstvena revolucija«. Uveo je naziv »paradigma« za određivanje specifičnoga razdoblja stabilnoga stanja »normalne znanosti«. Ivar Samset, jedan od vodećih znanstvenika šumskih operacija 50-ih i 60-ih godina prošloga stoljeća, prvi je opisao fenomen »diskontinuirane evolucije« povezane s izvođenjem šumskih radova (Samset 1966). Iako nije utvrdio uzorke diskontinuirane evolucije za našu znanstvenu disciplinu kao cjelinu, prikazao je otkrića za isprekidani diskontinuitet za evoluciju norveške primjene žičara. Prethodna autorova istraživanja (Heinimann 1995, 1997) pokazala su da se slični evolucijski uzorci mogu pronaći za cijelu domenu šu-



**Slika 1.** Uzorci evolucije koji opisuju evoluciju šumarskoga inženjerstva i upravljanja šumskim radovima kao znanstvenu disciplinu

marškoga inženjerstva i upravljanja šumskim radovima. Međutim, daleko smo od potpunoga razumijevanja pojave i razvoja našega područja interesa s obzirom na to da ne samo da postoji varijacija u vremenu već i varijacija u prostoru, a njihova su posljedica različiti putovi razvoja u različitim područjima svijeta.

## 2.2 Paradigmatski uzorci evolucije

Prema Kuhnu (1970) paradigme su koncepti svjetonazora koji (1) definiraju znanstvenu misao (osnovne pretpostavke), (2) utvrđuju značajne probleme te (3) oblikuju tip pitanja koja će se istražiti. Promjene paradigmi (1) mijenjaju osnovne pojmove u osnovi istraživanja, (2) inspiriraju nove putove teorije i eksperimenata, (3) potiču nove tehnike istraživanja te (4) promiču nove standarde dokaza. Pitanje koje se postavlja jest kako se ti promjenljivi uzorci relativne stabilnosti i drastičnih promjena mogu primijetiti također u našem području interesa, šumarskom inženjerstvu i upravljanju šumskim radovima.

Naše se istraživanje temelji na pretpostavci da se »velika slika« evolucije šumarskoga inženjerstva i upravljanja šumskim radovima može odrediti dvjema glavnim dimenzijama: (1) znanstvenim teorijama i postupcima (os x na slici 1), te (2) uočenom i istraženom razinom složenosti proučavanih objekata (os y na slici 1). Razina složenosti slijedi »kostur znanosti«, kako to predlaže Boulding (1956). Prva dimenzija, znanstvene teorije i postupci, može se opisati uzastopnim nizom znanstvenih postupaka, a druga dimenzija, razina složenosti, zasebnim skupom razina složenosti, koji se kreće od jednostavnoga, statičkoga okvira do samoprilagođavajućih, autonomnih sustava (slika 1).

Dalje će se detaljnije opisati pet stabilnih razdoblja evolucije (slika 1).

### 2.2.1 Paradigma korištenja

Organizirani zapisi znanja o izvođenju šumskih radova potječu iz 17. stoljeća kada su predlagači merkantilizma u Francuskoj sustavno bilježili inženjerske spoznaje. Udžbenici koje je objavio visoko pozicionirani francuski državni dužnosnik Duhamel du Monceau, prema našim spoznajama, predstavljaju kolijevku šumarskoga inženjerstva i upravljanja šumskim radovima u modernom znanstvenom svijetu. Nakon prvoga naslova trilogije »Umijeće izrade drvenoga ugljena« (Duhamel du Monceau 1761) slijedi »Iskorištavanje šuma – s opisom umijeća šumskih praksi« (Duhamel du Monceau 1764), a završava s naslovom »O prijevozu i zaštiti drva, čvrstoći materijala, s naglaskom na brodogradnju« (Duhamel du Monceau 1767). Tekstovi jasno naznačuju logičku podlogu, osiguranje drva potrebnoga za ut-

vrde francuske vojske, te drva potrebnoga za izgradnju ratnih brodova za francusku mornaricu. Tu prvu fazu razvoja nazivamo »paradigma korištenja« jer je uglavnom motivirana povećanom potražnjom drva za državne potrebe. Točan opis strukturnih aspekata početak je organiziranih teorijskih spoznaja u gotovo svim područjima (Boulding 1956). U našem području interesa to je uglavnom sustavno istraživanje prešutnih spoznaja sjedinjenih s praksom koje izlaze iz pokušaja i pogrešaka, a definiraju se iskustvenim razmatranjima.

### 2.2.2 Taylorova paradigma

Pojava industrijskoga inženjerstva kao znanstvene discipline na početku 20. stoljeća potaknula je (1) sustavno ispitivanje radnih procesa studijem rada i vremena te (2) razvoj temeljne obuke radnika na osnovi pretpostavke da postoji jedna »najbolja djelatnost pojedinca« koja se može dobiti iz znanstvenoga ispitivanja radnih elemenata i njihovom sustavnom preraspodjelom korištenjem mjerila izvedbe. Postoje naznake da je čuveni francuski specijalist za utvrde Vauban prvi napravio studije rada (Hilf 1926), koje će postati vodećom metodologijom 150 godina poslije kada su plodonosni tekstovi Fredrica Taylora o studiju vremena rada i odnosima jedinice proizvoda i cijene (Taylor 1895), o upravljanju trgovinama (Taylor 1903) te o znanstvenom upravljanju (Taylor 1911) pokrenuli isprekidani diskontinuitet razvoja. Tu drugu fazu razvoja nazivamo »Taylorova paradigma« jer je bitno promijenjen svjetonazor iz pojedničanoga rada u ciklični rad koji se može deterministički izraditi i kontrolirati. Također je imao odlučujući učinak na filozofiju obuke radnika. Stoljećima je osobno promatranje bilo i sredstvo stjecanja vještine i stručnosti. Taylorov koncept studija vremena ušao je u šumarstvo oko 1910. godine (Braniff 1912) i doveo je do prvoga osnovnoga opisa »zakona obujma komada« koji izražava načelo da se utrošak vremena po jedinici obujma smanjuje s povećanjem obujma komada rada (Ashe 1916, Strehlke 1927). Novu paradigmu koju je opisao Hilf (1926) kao »Die Zahl herrscht – Das Gefühl muss schweigen« (»Brojevi vladaju – osjećaji moraju šutjeti«) započeo je osnivanje znanstvenih skupina posvećenih istraživanju šumskoga rada. Institut znanosti šumskih radova (Hugo H. Hilf, Njemačka), osnovan 1927. godine, treba postati jezgrom za širenje znanosti o šumskom radu. Alexander Koroleff je 1927. godine počeo raditi u Odjelu za šume Kanadskoga udruženja za celulozu i papir – CPPA (Sundberg 1988), što ga je potaknulo da objavi mnoge tekstove koji su se bavili sjećom celuloznoga drva, privlačenjem i prijevozom drva, izgradnjom cesta i gospodarenjem šumama, čime je postavio norme prihvaćene širom svijeta za

rad u ovom području (Sundberg 1988). Otprilike 1912. godine Šumarska služba SAD-a osnovala je Odjel za pridobivanje drva unutar Ureda uzgajanja šuma (Girard 1917), iz kojega su nastale mnoge pionirske studije (Ashe 1916, Girard 1917, 1922). Međutim, tijekom razdoblja »Taylorove paradigme« prevladavali su fizički rad i privlačenje konjima (Koroleff 1952), a Drugi je svjetski rat zaustavio napore uvođenja mehanizacije i čak doveo do ozbiljnih preokreta.

### 2.2.3 Paradigma mehanizacije

Tijekom Drugoga svjetskoga rata razvile su se nove važne teorije za rješavanje bitnih inženjerskih problema (Sheridan 1985). Problem kretanja po bespuću bio je odlučujući za pokretanje mehaniziranja šumskih radova nakon Drugoga svjetskoga rata. Tim trećim razdobljem razvoja (slika 1), koje počinje oko 50-ih godina prošloga stoljeća, prevladava »paradigma mehanizacije« zato što su istraživački napor usmjereni prema zamjeni čimbenika proizvodnje »rad« u čimbenik proizvodnje »kapital«. Spoznaja se mehaniziranja privlačenja drva proširila ponajprije iz SAD-a i Kanade do Europe i SSSR-a na kraju razdoblja obnove od 1923. do 1927. (Koroleff 1952). Međutim, do glavnoga je napretka došlo kada su nakon Drugoga svjetskoga rata vlade zemalja uložile napore u promicanje razvoja strojeva za privlačenje osnivanjem »Programa tehnologije i razvoja šumskih usluga« (bivši »Razvoj i ispitivanje opreme«) u SAD-u, Središnjega instituta za istraživanje mehanizacije privlačenja i izvora energije u šumarskoj industriji ZNIIME u SSSR-u (Koroleff 1952) te Upravnoga odbora za mehanizaciju CPPA Odjela za šume 1948. u Kanadi (MacDonald i Clow 2003). Ti su napor urodili trima tipovima novih strojeva koji bi trebali pokrenuti revoluciju pridobivanja drva: (1) motorna pila, (2) skider te (3) kamion za prijevoz drva. Vlade su usporedno gradile laboratorije za ispitivanje tjelesnih mjera i fiziološke mogućnosti populacije koja će biti operateri strojeva (uglavnom piloti, mornari, vojnici), što će dovesti do osnivanja nove znanstvene discipline poznate pod nazivom »inženjerstvo ljudskoga čimbenika« u SAD-u ili pod nazivom »ergonomija« u Velikoj Britaniji (Sheridan 1985). Osim toga, metode matematičke statistike koje je prvotno razvio Fisher (1925, 1935) ušle su u područje šumskih radova, mijenjajući i eksperimentalni oblik i analize podataka (Steinlin 1987).

Godine između 1950. i 1970. bile su razdoblje najveće aktivnosti u razvoju mehanizacije. Dovele su do niza rezultata koji su bili nužni za prihvaćanje šumskih radova kao znanstvene discipline. Prvo je nastupilo osnivanje nevidljivoga fakulteta (Silversides 1988), koji se odnosi na malu skupinu istraživača

koji redovito razmjenjuju informacije o najnovijem napretku na istraživačkom polju i održavaju međusobne kontakte. Najvažniji učenjaci toga nevidljivoga fakulteta bili su Ivar Samset, Norveška, Ulf Sundberg, Švedska, Hansjürg Steinlin, Švicarska/Njemačka, Kalle Putkisto, Finska, C. Ross Silversides, Kanada, Louis-Jean Luissier, Kanada, Tom Walbridge, SAD, Peter Koch, SAD, Konstantin S. Voroncin, SSSR, Ivan Klemenčić, Jugoslavija, te ostali (Sundberg 1988). Drugo, osnovana je formalna struktura za međunarodnu razmjenu znanstvenih informacija kada je Međunarodno udruženje šumarskih istraživačkih organizacija (IUFRO) uvelo novu organizacijsku strukturu na svjetskom kongresu 1948. godine (Zürich, Švicarska), koja se sastojala od 11 sekcija, a među njima je bio jedan odjeljak: 32. »Operativna djelotvornost«. Voditelji su odjeljka bili G. Luthman (Švedska, 1949), G. Callin (Švedska, 1950), U. Sundberg (Švedska 1951 – 1961), I. Samset (Norveška, 1962 – 1967), B. Ager (Švedska, 1968 – 1971). Treće, stvorena su i popunjena brojna profesorska mjesta na sveučilištima (Sundberg 1988). Kraljevski je fakultet šumarstva u Švedskoj 1949. godine uveo nastavni predmet »Operativna djelotvornost« na čijem je čelu od 1949. do 1951. bio G. Luthman, a od 1952. do 1985. godine U. Sundberg. Slični su predmeti utemeljeni u Njemačkoj 1955. (Göttingen, Gläser) i 1958. (Freiburg, H. Steinlin). Ivar Samset je 1956. godine otvorio ured u Asu, Norveška, a 1963. Sveučilište u New Brunswicku primilo je na slična mjesta L. Seheulta i T. Bjerkelunda. Utjecaj razdoblja mehanizacije još je uvijek u tijeku, posebice u istočnoj i južnoj Europi, gdje i danas postoje nastavni predmeti naziva »Šumarska mehanizacija«.

### 2.2.4 Paradigma sustavâ

Razvoj različitih strojeva eksponencijalno povećava složenost zbog velikih mogućnosti za izvođenje određene operacije. Osim toga, neki od pomišljivih koncepata bili su toliko novi da se njihova primjena nije mogla planirati na temelju tradicionalnoga iskustva. Nedostajao je pristup za vrednovanje najboljega slijeda radova sječe i izrade, prijevoza i trgovanja drvom (Silversides 1988). Slični su se problemi javljali u vojnoj tehnologiji tijekom Drugoga svjetskoga rata i pokrenuli su nove teorije za rješavanje bitnih problema inženjerstva (Sheridan 1985). U današnje je vrijeme ovo područje spoznaja poznato kao teorija sustavâ, koja pokriva nekoliko znanstvenih područja, kao što su inženjerstvo sustavâ, analiza sustavâ i teorija upravljanja. Prvi pokušaji za praćenje pristupa sustava za rješavanje operativnih problema u šumarstvu potječu iz 50-ih godina prošloga stoljeća (Silversides 1988). Međutim, ozbiljna primjena teorije sustava ušla je u izvo-

đenje šumskih radova tek početkom 70-ih godina prošloga stoljeća (Hopper 1973). Tu četvrtu fazu razvoja nazivamo »paradigma sustavâ« jer je potpuno promijenila način razmišljanja i dovela do niza visoko mehaniziranih sustava pridobivanja drva koji su godinama prevladavali.

Bit je pristupa sustava utvrditi ili preporučiti tijek djelovanja ili niz djelovanja koji najbolje odgovaraju nizu ciljeva. Cilj je pristupa »korištenje odgovarajućega okvira – koliko je moguće analitičkoga – kako bi se donijela stručna procjena i shvatilo rješenje problema« (Quade 1968b), što se može sagledati kao »mehanizacija umnoga rada«. Quade je (1968a) prikazao okvir za razvrstavanje i određivanje tipa problema s kojima će se baviti analiza sustava (tablica 1). Upravljanje radovima, prva razina analize, ima za cilj povećanje učinkovitosti sustava čovjek – stroj u određenom kontekstu. Taj je tip problema obično niske složenosti i visoke strukturiranosti. Druga razina analize ima cilj da se odabere tijek djelovanja iz niza alternativa koje povećavaju neke mjere financijske isplativosti. Treća se razina analize bavi oblikom i kontrolom novih sustava za poboljšanje postojećih radova ili za primjenu radova koji nikad prije nisu obavljani. Četvrta razina analize, analiza strategije ili politike, ima cilj da se ispituju područja budućih djelatnosti i utvrđivanja načina kako ih ostvariti. Četvrtu razinu analize karakterizira visoka složenost i niska strukturiranost. Quadeov okvir (tablica 1) i dalje je upotrebljiv.

Tijekom 60-ih godina dvadesetoga stoljeća švedska skupina u Skogsarbetenu (Švedski zavod za istraživanje pridobivanja drva) ispitivala je pristup koji se temelji na teoriji sustava (Hedbring i Åkes-

sson 1966, Hedbring i dr. 1968) radi razvoja novih sustava pridobivanja drva koji je slijedio viziju »bez čovjeka na tlu, bez ruke na drvetu« (Lundell 2003). Istraživači programa razvoja pridobivanja drva kanadske Šumarske službe prilagodili su švedsko izvješće sjevernoameričkim uvjetima (McCraw i Silversides 1970).

Inženjerstvo je sustavâ interdisciplinarni proces za promjenu potreba, zahtjeva te ograničenja u rješavanju sustava kroz životni ciklus sustava (IEEE 1998). Inženjerstvo se sustava bavi problemom oblika putem postupnoga usavršavanja, kretanja odozgo prema dolje u tri faze: (1) definicija sustava, (2) preliminarni oblik te (3) detaljni oblik. Funkcionalna je arhitektura glavni rezultat faze definicije sustava (IEEE 1998), koji opisuje (1) raspored i (2) slijed funkcija sustava. Švedsko je istraživanje utvrdilo pet funkcija izrade drva (sječa, kresanje grana, trupljenje, koranje, iveranje) koje se mogu dodijeliti četirima mjestima izrade (sastojina, vlaka, kamionska cesta, stovarište). S obzirom na to da se sječa događa u sastojini, postoji 256 mogućnosti za raspodjelu funkcija izrade drva na mjesta izrade. Za daljnje ispitivanje odabrano ih je 26, dok ih je 15 korišteno za detaljne analize (Hedbring i dr. 1968). Sljedeći korak inženjerstva sustavâ trebao je grupirati funkcije koje su dodijeljene konceptu strojeva. Istraživanjem se utvrdilo 14 mogućnosti pokretnih funkcija izrade drva i tri koncepta sa strojevima za prijevoz drva po bespuću, čime je napravljen okvir za analizu produktivnosti i troškova. Ovo Skogsarbetenovo istraživanje (Hedbring i dr. 1968) ima dalekosežne učinke. Prvo, definiralo je metode pridobivanja drva (sortimentna, deblovna, stablovna) te odgovarajuće tipove

**Tablica 1.** Analitički pristupi orijentirani prema sustavu za savjetovanje donositelja odluke i kreatora politike (Quade 1968a)

Vrsta analize		Ciljevi analize	
Porast složenosti	Analiza glavnih političkih alternativa [Analiza strategije / politike]	Utvrditi područja budućih aktivnosti i načina za njihovo ostvarivanje procjenom vlastitih temeljnih vrijednosti i vjerojatnih namjera drugih.	
	Oblikovanje i razvoj novih sustava [Analiza sustava]	Planirati, oblikovati ili kontrolirati nove sustave za poboljšanje postojećih radova ili za primjenu radova koji nikad prije nisu primijenjeni. Analizirati zahtjeve, kako ih najbolje ostvariti i koje ustupke pritom treba učiniti.	
	Odabir alternativa [Analiza djelatnosti i troškovne isplativosti]	Odabrati tijekove djelovanja iz niza alternativa koji dovode do najveće djelatnosti i troškovne isplativosti.	
	Upravljanje radovima [Istraživanje radova]	Povećati djelatnost sustava čovjek – stroj u određenom kontekstu.	
		Porast strukturiranosti	



ve strojeva za sječu i izradu (npr. stroj za obaranje stabala, *feller-buncher*, stroj za obaranje stabala, kresanje grana i trupljenje – danas poznat kao harvester, stroj za kresanje grana i trupljenje – poznat kao procesor itd.) koji se još i danas koriste. Drugo, prepoznalo je potpuno mehanizirani sustav pridobivanja drva sortimentnom metodom izrade koji se sastoji od harvestera i forvardera, što je bilo presudno za mehaniziranje radova pridobivanja drva u mnogim zemljama svijeta.

Analiza sustavâ u širem smislu (tablica 1) pruža analitičke alate i metode za oblik i upravljanje novih sustava za primjenu radova koji nikad prije nisu obavljani (Quade 1968b). Simulacija sustava pridobivanja drva prvi se put pojavila u okviru programa razvoja privlačenja kanadske Šumarske službe pod vodstvom C. Rossa Silversidesa (MacDonald i Clow 2003, Silversides 1988). Logička je podloga za studije simulacije procjena funkcionalnih zahtjeva i odgovarajućih ustupaka za mnoge radne scenarije (Newnham 1967b). Simulirano ispitivanje ima mnoge prednosti pred terenskim ispitivanjem (Newnham 1967b). Prvo, metoda je jako brza. Drugo, moguće je izmjenjivati parametre bez troškova prilagodbe stvarnih strojeva za mjerenje. Treće, strojevi se mogu ispitivati u širokom opsegu sastojinskih uvjeta upotrebom podataka iz stvarnih ili hipotetičkih sastojina. Četvrto, u istoj se sastojini može napraviti nekoliko testova, čime se otklanjaju razlike između sastojina. Peto, moguće je ispitivati učinak promjene jednoga parametra sastojine ili stroja, dok se ostali parametri zadržavaju konstantnima. Najveći naponi za simuliranje novih koncepata stroja odvijali su se između 1966. i 1971. Prvi je model simulacije bio vrlo jednostavan i ograničen na dva tipa strojeva (Newnham 1966), stalno je popravljan i poboljšavan (Newnham 1967a, 1967b), te je, u suradnji Kraljevskoga šumarskoga fakulteta Švedske i Švedskoga zavoda za istraživanje pridobivanja drva, doveo do tzv. Newnham-Sjunnessonova modela (Newnham 1970, Newnham i Sjunnesson 1969). Model je poslije prilagođen za razmatranje prevladavajućih zahtjeva sjevernoameričkih uvjeta iskorištavanja velikih stabala uglavnom pri čistim sječama. Nastali model CANLOG (Newnham 1971) dosta je koristio kanadski proizvođač za ispitivanje nekoliko koncepata strojeva i odabir značajki za detaljni dizajn. Međutim, ti se modeli simulacije ne mogu koristiti za usporedbu strojeva iz različitih sustava pridobivanja drva, niti se mogu koristiti kako bi se vidjelo kako se novi koncept stroja uklapa u postojeće sustave pridobivanja drva.

Analiza sustavâ u užem smislu, koja se često naziva istraživanje rada, ima cilj da se poveća učinkovitost sustava čovjeka – stroja u određenom kontekstu (tablica 1). Istraživači su pridobivanja drva

shvatili da samo povećanje mehaniziranja nije dovoljno za poboljšanje radova od sastojine do pilanskih postrojenja (Newnham 1973). Stoga je povećani naglasak stavljen na planiranje, raspored i kontrolu radova pridobivanja i prijevoza drva (Newnham 1973). Iako su tehnike analize sustava korištene već 1955. za poboljšanje radova pridobivanja drva, bile su ograničene i općenito nisu uzimale u obzir međuovisnost topografije, veličine drveta, distribuciju drva, osoblje i strojeve (Bare i dr. 1984). Povećana mogućnost izračuna i dostupnost sofisticiranih metoda dovela je do uzleta metoda istraživanja šumskih radova. Godine 1976. objavljena su dva plodonosna priloga. Dykstra je prvi simultano optimizirao prostorni raspored sječne jedinice i odabira sustava pridobivanja drva (Dykstra 1976, Dykstra i Riggs 1977). Istodobno Weintraub i Navon (1976) riješili su optimizaciju aktivnosti pridobivanja drva, aktivnosti izgradnje cesta i aktivnosti prijevoza drva cjelovitim pristupom. Dykstra i Weintraub su otvorili velik prostor koji pruža puno mogućnosti za metode istraživanja rada. Kao posljedica toga pojavila se nova struja istraživanja koja je dovela do specifičnih spoznaja šumskih radova (Church i dr. 1998, Martell i dr. 1998, Weintraub i Bare 1996).

### 2.2.5 Paradigma mreže

Tradicionalno gledište sastojalo se od dihotomnih karakteristika ljudskih i umjetnih sustava (Berners-Lee 1998). Dok se smatra da umjetni sustavi rade izrazito mehanički, bilo je jasno da ljudi imaju mogućnost riješiti loše strukturirane, složene probleme korištenjem heuristike i intuicije. Prema tomu, izrađeni su društvenotehnički sustavi sa statičkom dodjelom funkcija, što znači da je projektant odredio podjelu zadataka između ljudi i strojeva (Lee 2001). Povećana raspodjela zadataka strojevima i sustavima prema tomu vodi do povećanoga stupnja statičkih odnosa između sastavnica sustava, što dovodi do gubitka fleksibilnosti, smanjenja mogućnosti proširenja i prilagodbe promjenjive proizvodne okoline. Centralizirani, hijerarhijski sustavi sa statičkim međudnosima često vode do situacija u kojima se cijeli sustav prekida zbog jedne pogreške u jednoj točki (Colombo i dr. 2006). Obecavajuća struktura za prevladavanje toga problema jest konglomerat raspodijeljenih, autonomnih, inteligentnih jedinica izrade koje toleriraju pogrešku i koje se mogu ponovno koristiti, te koje djeluju kao skup suradničkih cjelina (Colombo i dr. 2006). World Wide Web tehnologija pružila je mogućnost pohrane nasumičnih veza između različitih stvari (Berners-Lee 1998). San koji nastaje pojavom Weba jest stvoriti zajednički informacijski prostor u kojem komuniciramo dijeljenjem informacija, koje će se na taj način naširoko koristiti, tako da je on postao stvarno ogledalo načina na koji

radimo, igramo i družimo se (Berners-Lee 1998). Internetska bi tehnologija trebala postati ključni pokretač tehnologije za dinamičnu raspodjelu zadataka, što znači da podjela zadataka između ljudi i sustava ovisi samo o raspodjeli od trenutka do trenutka. Dinamična raspodjela funkcija zahtijeva novi opis interakcija između sustava i ljudi zato što se velik broj čimbenika prilagođava okolišu na nepredvidljive načine. To može dovesti čak do karakterističnoga ponašanja složenih, prilagodljivih sustava, koje karakterizira samoorganizacija i pojavljivanje nove imovine (Colombo i dr. 2006). Riječ je o petoj fazi razvoja koja je u tijeku ili o »paradigmi mreže« (Moridera i dr. 2000). Iako smo u ranoj, a ne zreloj fazi ovoga novoga obrasca (Davis i Stephenson 2006), promijenit će se način na koji ljudi žive i međusobno djeluju.

Paradigmu mreže karakterizira dinamička raspodjela funkcija na jedinice i veze između jedinica. Prema tomu, to otvara nove načine suradnje i interakciju među ljudima i složenim »umjetnim« sustavima. Međutim, promjena je tehnologije puno brža od promjene strukture upravljanja, što se naziva »upravljanje druge generacije primijenjeno na tehnologiju pete generacije« (Savage 1990). Taj nesklad tehnologije i upravljanja često dovodi do pogrešaka u novim pristupima. Novi pristup, koji se naziva reinženjerstvo poslovnoga procesa, ima cilj da zatvori taj razdor istodobnim redizajniranjem i kontroliranjem tehničkih i administrativnih procesa. Plodonosni Porterov rad (1985) o lancu vrijednosti utvrdio je devet primarnih aktivnosti: (1) ulazna logistika, (2) radovi, (3) izlazna logistika, (4) marketing i prodaja, (5) usluge i aktivnosti podrške, (6) dobava, (7) razvoj tehnologije, (8) upravljanje ljudskim potencijalima, (9) infrastruktura poduzeća, koji bi trebali dramatično promijeniti naš način razmišljanja o proizvodnji i izvođenju radova. Porterov je rad vjerojatno potaknuo osnivanje mnogih disciplina, poput logistike i upravljanja lancem dobave, koje su ušle u područje izvođenja šumskih radova prvotno s nekim razlikama u fazama do 90-ih godina prošloga stoljeća (Heinimann 1999), a postale su tema rasprave nakon Prvoga svjetskoga simpozija o logistici u šumarskom sektoru (Sjöström 2000), održanom 2000. godine u Helsinkiju, u Finskoj.

### 3. Put naprijed

Slijedom prethodnih razmišljanja ulazimo u fazu razvoja koju nazivamo »paradigma mreže«. Postavlja se pitanje kamo krećemo. U radu će se dalje ras-

pravljati o nekim izazovima s kojima ćemo se suočiti. Utvrđivanje izazova temelji se na dvama potpornjima: (1) trendovi dokumentirani u znanstvenoj literaturi te (2) osobno iskustvo autora kao koordinatora odjela »Šumarsko inženjerstvo i upravljanje šumskim radovima« Međunarodnoga udruženja šumarskih istraživačkih organizacija (IUFRO). Izložit će se i prikaz moguće vizije kako bi radni sustavi mogli izgledati 2020. godine, zatim predložiti definicija naše znanstvene discipline, te raspraviti o nekim izazovima u četiri područja djelatnosti: (1) inženjerstvu pridobivanja i prijevoza drva, (2) upravljanju šumskim radovima, (3) ergonomiji u šumarstvu te (4) ekološkoj pogodnosti šumskih radova. Svjesni smo da će na raspravu o budućim trendovima uvijek utjecati percepcije, vrijednosti i očekivanja autora.

#### 3.1 Vizija 2020.

Sustav šumskih radova 2020. godine bit će sustavi mreža samoorganiziranih »jedinica« (holona)

- ⇒ koji su autonomni, kooperativni sastavni blokovi za transformiranje, prijenos, pohranu i/ili potvrđivanje fizičkih predmeta i informacija
- ⇒ koji imaju nešto strojne inteligencije za autonomnu kontrolu akcija i za pregovaranje i suradnju s ostalim cjelinama (raspodijeljeno, koordinirano donošenje odluka)
- ⇒ koji se sastoje od (1) dijela obrade informacija (softver) i (2) dijela za fizičku obradu (hardver).

U literaturi je zabilježeno nekoliko koncepata koji se javljaju i koji zagovaraju inteligentne i raspodijeljene proizvodne strukture. O novoj generaciji sustava za proizvodnju govori se kao o holonskim sustavima proizvodnje i karakteriziraju ih skupovi raspodijeljenih, autonomnih, inteligentnih jedinica koje imaju sposobnost pregovora, suradnje i samoorganizacije (BMED 1998, Colombo i dr. 2006). Naziv »holon« opisuje hibridnu prirodu cjeline i njezinih dijelova. Holoni su »dovoljno autonomne jedinice koje se oslanjaju same na sebe i koje imaju stupanj neovisnosti i rješavaju situacije bez traženja podrške od viših autoriteta« (Colombo i dr. 2006).

U skladu s tim, naša znanstvena disciplina, šumarsko inženjerstvo i upravljanje šumskim radovima, može se definirati kako slijedi<sup>1</sup>:

*Cilj je šumarskoga inženjerstva i upravljanja šumskim radovima (1) razumijevanje osnovnih načela koja čine podlogu ponašanja sustava šumskih radova i (2) razvoj koncepata, metoda i alata koji podržavaju oblik,*

<sup>1</sup> Ova je definicija nastavak razvoja prijašnjega rada (Heinimann 1995, Sundberg 1988, Samset 1992). Autor zahvaljuje Johnu Sessionsu i Johnu Garlandu na dragocjenim razgovorima koji su doveli do današnjega razumijevanja.

*primjenu, rad i stalno poboljšanje tih sustava. Ova je znanstvena disciplina problemski orijentirana prema pružanju oblika, planova, rasporeda i mehanizama kontrole koji su:*

- ⇒ **biofizički učinkoviti** s obzirom na fizikalne zakone, načela inženjerstva te okolišne odnose šumskih ekosustava
- ⇒ **ekonomski učinkoviti** s obzirom na troškove i koristi kratkoročnih i dugoročnih posljedica
- ⇒ **individualno usklađeni** s obzirom na sprječavanje negativnih učinaka na zdravlje, sprječavanje negativnih učinaka na psihosocijalnu dobrobit, njegovanje razvoja osobnih vještina i stavova i promicanje socijalne razboritosti
- ⇒ **okolišno prihvatljivi** s obzirom na utjecaj na prirodni i društveni okoliš i učinkovitu uporabu prirodnih resursa uključujući neobnovljive i obnovljive izvore, vodu, energiju i prostor
- ⇒ **institucionalno prihvatljivi** s obzirom na zakone, odredbe te preporuke u skladu s izvođenjem šumskih radova, ciljevima zemljoposjednika (šumovlasnika) i društvenim vrijednostima.

Temeljni obrazac istraživanja predstavlja sustave rada kao mreže protoka i koristi se matematičkim modelima za opisivanje njihova ponašanja i za procjenu učinkovitosti, djelotvornosti ekološke izvodljivosti naizmjeničnih politika, strategija i praksi. Srž je operacija sustav koji uključuje istraživanje, dizajn, inženjerstvo, proizvodnju unutar radnih jedinica, mreže informacija, protoke materijala koji povezuju radne jedinice te razvoj, raspodjelu dostave robe i usluga kupcima.

Šumarsko inženjerstvo i upravljanje šumskim radovima oduvijek je posuđivalo koncepte i modele od »krovnih disciplina«, kao što su industrijsko inženjerstvo, upravljanje rada, ergonomija ili industrijska ekologija. Moramo biti zainteresirani za održavanje utjecaja »matične« i »susjednih« disciplina, pokazujući da imamo jaku vezu s »krovnim« disciplinama. Zato je Međunarodno udruženje šumarskih istraživačkih organizacija (IUFRO) preimenovalo prijašnje polje istraživanja »šumski radovi« u »šumarsko inženjerstvo i upravljanje šumskim radovima«.

### 3.2 Izazovi u inženjerstvu pridobivanja i prijevoza drva

Inženjerstvo se pridobivanja i prijevoza drva sastoji od analize, izrade i stalnoga poboljšanja uređaja i mreža tehničkih i transakcijskih procesa potrebnih za pridobivanje i prijevoz biomase i/ili nedrvenih proizvoda od mjesta sječe i izrade do proizvodnih postrojenja. Odgovarajuće skupine primarnih procesa su: (1) konverzija stabla, (2) prijevoz po bespuću,

(3) dorada drva te (4) daljinski prijevoz. Dijelovi procesa transakcije su (5) dobava, (6) ispunjenje narudžbe, (7) razmjena podataka te (8) nadzor i kontrola sustava. Publikacija »Vizionarski izazovi proizvodnje za 2020.« (BMED 1998) utvrdila je šest velikih izazova, od kojih su tri relevantna za inženjerstvo pridobivanja i prijevoza drva:

- ⇒ ostvariti konkurentnost u svim radovima,
- ⇒ brzo restrukturirati proizvodna poduzeća kao reakciju na promjenu potreba i mogućnosti,
- ⇒ razviti inovativne proizvodne procese s težištem na smanjenje dimenzijskoga omjera.

Prvi izazov, konkurentnost, bavi se problemom raspodijeljenoga inženjerstva sustava uključujući mreže senzora, sustave računanja te ravnopravnost sustava (Zambonelli i Rana 2005). Drugi je izazov povezan s povećanom potrebom za fleksibilnošću. Treći izazov, bavljenje sa smanjenim dimenzijskim omjerom, također je relevantan za šumarstvo, a ne znači dimenziju dijela rada, već uglavnom dimenziju najmanje određene prostorne jedinice kojom treba rukovati. Konačna jedinica rada bit će pojedino drvo. S našega gledišta inženjerstvo pridobivanja i prijevoza drva suočit će se s ovim izazovima:

- ⇒ razviti i/ili postaviti fleksibilne senzorne i kontrolne algoritme koji pružaju preciznu kontrolu obrade i u vremenu i u prostoru (senzorna tehnologija kao pokretač)
- ⇒ razviti i postaviti autonomne jedinice pridobivanja i prijevoza drva koje imaju neku inteligenciju kontrole, pregovora i suradnje – CNCI (inteligencija jedinice kao pokretač problema)
- ⇒ širiti i primijeniti znanje o ekološko prihvatljivim tehnologijama pridobivanja drva u zemljama u razvoju, posebice tropskim zemljama (prijenos ekološki prihvatljive tehnologije kao pokretača problema)
- ⇒ širiti i primijeniti znanje industrijskih, visoko mehaniziranih tehnologija pridobivanja drva u zemljama u tranziciji (prijenos tehnologije sustava pridobivanja drva kao pokretača problema).

### 3.3 Izazovi u upravljanju šumskim radovima

Upravljanje se šumskim radovima sastoji od analiza, oblika, kontrole i stalnoga poboljšanja poslovnoga procesa, kao što su nabava, ispunjenje narudžbe, distribucija, nadzor i kontrola u mrežama poduzeća i »business to business« (B2B) mrežama. Mjeri se i analiziraju interni procesi s naglaskom na učinkovitost, djelotvornost i kvalitetu korištenjem kvantitativnih modela za ucrtavanje i rješavanje srodnih problema izrade rasporeda, inventure, usmjera-



vanja pošiljki ili lokacije objekta. Publikacija »Vizionarski izazovi proizvodnje za 2020.« (BMED 1998) utvrdila je šest velikih izazova, od kojih je jedan relevantan za upravljanje šumskim radovima: trenutačno promijeniti informacije skupljene iz različitih izvora u korisne spoznaje za donošenje odluka. S našega gledišta upravljanje šumskim radovima suočit će se s ovim izazovima:

- ⇒ Kretati se od poslovnoga upravljanja do upravljanja lancem opskrbe kroz reinženjerske poslovne procese (Heinimann 2000, Loch 1998) (1) prilagođavanjem normiranih referentnih modela radova u lancu opskrbe (npr. SCOR) (Huan i dr. 2004) te (2) prekrajanjem i primjenom »business to business« (B2B) norme transakcija (npr. WoodX-XML, StanForD-XML).
- ⇒ Razvijati matematičke alate (1) za podršku raspodijeljenoga, koordiniranoga donošenja odluka (npr. tehnike modeliranja na osnovi sredstava), (2) utvrditi gotovo optimalna rješenja za složene geografske prostore problema s inteligentnim tehnikama pretraga (npr. genetski algoritmi, simulirano očvršćivanje itd.) te (3) povezati modele optimizacije s uvjetima na terenu tako da se naprave prostorno eksplicitnim.
- ⇒ Zatvoriti znatan jaz između teorije upravljanja lancem opskrbe i prakse (Storey i dr. 2006) (1) uvođenjem znanstvenoga gradiva u nastavni program i mentalne modele i istraživača i praktičara te (2) modeliranjem mreže opskrbe s generičkim, statičkim ili dinamičkim modelima<sup>2</sup> (Harrison 2002). S našega gledišta »upravljanje lancem opskrbe« često se koristilo kao stručni naziv kako bi se zapakiralo »staro vino u nove boce«.

### 3.4 Izazovi u ergonomiji šumarstva

Ergonomija je u šumarstvu područje spoznaja koje se bavi sposobnostima i ograničenjima ljudskoga djela u odnosu na dizajn šumskih strojeva, poslove i promjene fizičkoga okoliša. Ergonomija želi osigurati da ljudski alati, strojevi i radni sustavi budu u skladu s njihovom (1) fizičkom snagom, veličinom i brzinom, te sposobnostima (2) osjećaja, (3) memorije, (4) kognitivnih vještina i (5) psihomotornih sklonosti. To se znanstveno područje također naziva inženjerstvo ljudskoga čimbenika ili humano inženjerstvo.

Krajnji je cilj ergonomije stvoriti humane radne uvjete. Slično je inženjerstvu po tome što je jako orijentirano obliku (Brewer i Hsiang 2002). Humani radni uvjeti trebaju (1) spriječiti nepovoljne zdravstvene utjecaje, (2) spriječiti nepovoljne utjecaje na psihosocijalnu dobrobit, (3) njegovati razvoj osobnih vještina i stavova te (4) promicati socijalnu razumnost (Ulich 1992). Budući da priroda posla nije stabilna, već se mijenja s razvojem u tehnologiji i društvu, sadržaj ergonomije mora se također mijenjati (Hollnagel 2001). Mogu se utvrditi tri struje u ergonomiji: (1) »klasična ergonomija« koja se bavi usklađenošću tijela i rada, (2) »kognitivna ergonomija« čiji je cilj poboljšati usklađenost uma i rada te (3) »kontrolna ergonomija« koja ispituje usklađenost sustava i cilja (Hollnagel 2001). Klasična ergonomija postoji već oko 60 godina (Sheridan 1985) i rezultirala je znatnom količinom znanja. U usporedbi s proizvodnim industrijama, šumarski sektor ima još uvijek puno radnih mjesta na kojima prevladava mišićni rad. To je posebice točno za zemlje u razvoju i zemlje u tranziciji. Zemlje s jako industrijaliziranim šumarskim sektorom, kao što su nordijske zemlje, uglavnom pružaju radna mjesta na kojima prevladava kognitivni rad i na koje sve više utječe kompjuterizacija (npr. radno mjesto operatera harvesteri). S našega gledišta ergonomija će se u šumarstvu suočiti sa sljedećim izazovima:

- ⇒ Širiti znanje klasične ergonomije u zemlje u razvoju i primijeniti i ojačati radne norme prilagođene određenim područjima, često teškim radnim uvjetima i biomehaničkim i fiziološkim karakteristikama radnika.
- ⇒ Poboljšati sučelje čovjek – softver kako bismo osnažili ljude i utjecali na spoznajne, percepcijske i kolaborativne vještine (Hoffman i dr. 2002).
- ⇒ Prevladati problem »upravljanja druge generacije primijenjenoga na tehnologiju pete generacije« (Brewer i Hsiang 2002) makroergonomskim redizajnom sučelja čovjek – organizacija (Hendrick 2002, Kleiner 2002, 2004, 2006).
- ⇒ Pozabaviti se problemom socijalno distribuirane spoznaje i suradnje, koje su posljedica uvođenja raspodijeljenih, holonskih sustava proizvodnje (Lee 2001, Rasmussen 2000, Sheridan 1985).

<sup>2</sup> Mreža je procesa modelirana kao matematički grafikon u kojem se vrijednosti veličina (sredstva, proizvodi, usluge) presijecaju, a presjecišta predstavljaju aktivnosti pri kojima se veličina transformira.



### 3.5 Izazovi u ekološkoj pogodnosti šumskih radova

Industrijska je ekologija znanstvena disciplina koja ispituje ljudsku pretvorbu mase i energije s perspektive ekosustava (Ehrenfeld 2004, Erkman 1997, Kay 2002). Perspektiva se ekosustava odnosi na analize i oblik sustava pretvorbe biofizikalne mase i energije kako bi se održala situacija koja je ekološki prihvatljiva dok se ljudima pruža održivi život. Ekološka pogodnost šumskih radova primjenjuje načela industrijske ekologije na sustave šumskih radova. Njezin je cilj razvijati i postaviti ekološki prihvatljive tehnologije šumskih radova, djelotvorno koristiti resurse, smanjiti cjelokupnu proizvodnju otpada i emisiju štetnih plinova te smanjiti utjecaj na strukture i funkcije ekoloških sfera (atmosfera, biosfera, hidrosfera i litosfera). Publikacija »Vizionarski izazovi proizvodnje za 2020.« (BMED 1998) utvrdila je šest velikih izazova, od kojih je jedan relevantan za ekološku pogodnost šumskih radova: smanjiti proizvodni otpad i svesti utjecaj na okoliš na »približnu nulu«. S našega gledišta ekološka pogodnost šumskih radova, koja je operativni pristup potrajnosti (Erkman 1997), suočit će se s ovim izazovima:

- ⇒ Prilagoditi pokazatelje utjecaja na okoliš (engl. EPI) i pokazatelje stanja okoliša (engl. ESI) prema normi ISO 14021 i utvrditi skup normi utjecaja na okoliš za sustave izvođenja šumskih radova.
- ⇒ Analizirati i procijeniti utjecaj na okoliš sustava pridobivanja i prijevoza drva korištenjem procjene životnoga ciklusa (engl. LCA) ili analize protoka supstancija (engl. SFA).
- ⇒ Razviti norme za nadzor i izvješćivanje utjecaja na okoliš.

### 4. Zaključci

Glas je izvođenja šumskih radova unutar obitelji znanstvenih zajednica slab. Područje je šumskih radova suočeno s problemom poboljšanja svoje znanstvene uočljivosti, preusmjeravajući istraživačke napore u buduće izazove i jačanje samosvijesti. Cilj je ovoga rada (1) istražiti koncepte svjetonazora (paradigme) koji su oblikovali znanstveni razvoj, (2) dati prikaz kako bi šumski radovi trebali izgledati 2020. godine, (3) utvrditi zajedničko razumijevanje za budućnost naše discipline i (4) raspraviti buduće glavne izazove s kojima ćemo se vjerojatno suočiti.

Ispitivanje je dovelo do tri velika otkrića. Prvo, može se utvrditi pet razdoblja paradigmi razvoja: paradigma korištenja, Taylorova paradigma, paradigma mehanizacije, paradigma sustavâ te paradigma mreže. Drugo, trenutačno ulazimo u novu fazu

razvoja koju karakterizira »paradigma mreže« koja se sastoji od mrežnih sustava šumskih radova izgrađenih od samoorganiziranih »jedinica«. Treće, navedeni mrežni samoorganizirajući sustavi suočit će nas s nekim izazovima. Istodobnost prostorno raspodijeljene aktivnosti usklađivanja i radnih aktivnosti jedan je od tih izazova koji zahtijeva da upravljanje kreće od umijeća prema znanosti. Algoritamske metode i procesi kontrole bit će glavni oslonac raspodijeljenoga, usklađenoga donošenja odluka i upravljanja lancem opskrbe. Ergonomija u šumarstvu suočit će se s izazovom prevladavanja problema »upravljanja druge generacije primijenjenoga na tehnologiju pete generacije« redizajniranjem sučelja čovjek – organizacija. Kvantifikacija »industrijskoga metabolizma« sustava šumskih radova bit će drugi izazov s kojim ćemo se morati pozabaviti. Nadamo se da će pomaknuti procjenu utjecaja na okoliš s »dobronamjernih osjećaja« na čvrste činjenice.

Namjera je autora bila potaknuti širu raspravu o budućem usmjerenju naše discipline, šumarskoga inženjerstva i upravljanja šumskim radovima te potaknuti preoblikovanje nastavnoga programa. To ide zajedno s autorovom vizijom da će znanstvena disciplina šumarsko inženjerstvo i upravljanje šumskim radovima vratiti svoju snagu i postati uočljiva u obitelji znanstvenih zajednica.

### 5. Literatura

- Aoyama, M., 2002: Metrics and analysis of software architecture evolution with discontinuity. Proceedings, 5th International Workshop on Principles of Software Evolution [IWPSSE 2002], 103–107, Orlando, Florida, May 19–20, 2002.
- Ashe, W. W., 1916: Cost of Logging Large and Small Timber. *Forestry Quarterly* (Journal of Forestry), 14: 441–452.
- Bare, B. B., Briggs, D. G., Roise, J. P., Schreuder, G. F., 1984: A survey of systems analysis models in forestry and the forest products industries. *European Journal of Operational Research*, 18(1): 1–18.
- Berners-Lee, T., 1998: The World Wide Web: A very short personal history: available at <http://www.w3.org/People/Berners-Lee/ShortHistory.html>. accessed Mar-12-07.
- BMED, 1998: Visionary Manufacturing Challenges for 2020. Board on Manufacturing and Engineering Design. Washington, D.C.: National Academy Press, 172 str.
- Boulding, K. E., 1956: General Systems Theory – The Skeleton of Science. *Management Science*, 2(3).
- Braniff, E. A., 1912: Scientific management and the lumber business. A possible field for foresters. *Forestry Quarterly*, 10(1): 7–14.
- Brewer, J. D., Hsiang, S. M., 2002: The 'ergonomics paradigm': foundations, challenges and future directions. *Theoretical Issues in Ergonomic Sciences*, 3(3): 285–305.

- Church, R. L., Murray, A. T., Weintraub, A., 1998: Locational issues in forest management. *Location Science*, 6(1-4): 137–153.
- Colombo, A. W., Schoop, R., Neubert, R., 2006: An Agent-Based Intelligent Control Platform for Industrial Holonic Manufacturing Systems. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 53(1): 322–337.
- Davis, I., Stephenson, E., 2006: Ten trends to watch in 2006. *The McKinsey Quarterly*, (Jan-2006): available at [http://www.mckinseyquarterly.com/article\\_page.aspx?ar=1734&L2=18&L3=30](http://www.mckinseyquarterly.com/article_page.aspx?ar=1734&L2=18&L3=30). accessed Feb-04-2007.
- Duhamel du Monceau, H.-L., 1761: *Art du charbonnier, ou Manière de faire la charbon de bois*. Paris: Desaint & Saillant. IV, 30, 1 pl. pp.
- Duhamel du Monceau, H.-L., 1764: *De l'exploitation des bois ou moyens de tirer un parti avantageux des taillis, demi-futaies et hautes-futaies et d'en faire une juste estimation : avec la description des arts qui se pratiquent dans les forêts; faisant partie du traité complet des bois & des forests*. Paris: H. L. Guerin & L. F. Delatour.
- Duhamel du Monceau, H.-L., 1767: *Du transport, de la conservation et de la force des bois ou l'on trouvera des moyens d'attendrir les bois, de leur donner diverses courbures, sur-tout pour la construction des vaisseaux et de former des pieces d'assemblage*. Paris: Chez L.F. Delatour, XXXII, 556 str.
- Dykstra, D. P., 1976: *Timber Harvest Layout By Mathematical and Heuristic Programming*. Department of Industrial and General Engineering, Oregon State University. Corvallis, OR. PhD Thesis. 299 str.
- Dykstra, D. P., Riggs, J. L., 1977: An application of facilities location theory to the design of forest harvesting areas. *AIIE Transactions*, 9(3): 270–277.
- Ehrenfeld, J., 2004: Industrial ecology: a new field or only a metaphor? *Journal of Cleaner Production*, 12: 825–831.
- Erkman, S., 1997: Industrial ecology: an historical view. *Journal of Cleaner Production*, 5 (1/2): 1–10.
- Fisher, R. A., 1925: *Statistical methods for research workers. Biological monographs and manuals*. Edinburgh, London: Oliver and Boyd. ix, 239 str.
- Fisher, R. A., 1935: *The design of experiments*. Edinburgh, London: Oliver and Boyd. xi, 252 str.
- Gersick, C. J. G., 1991: Revolutionary Change Theories: A Multilevel Exploration of the Punctuated Equilibrium Paradigm. *Academy of Management Review*, 16(1): 10–36.
- Girard, J. W., 1917: *Forest Service Stumpage Appraisals*. *Journal of Forestry*, 15: 708–725.
- Girard, J. W., 1922: *Tractor and horse skidding in Inland Empire*. *The Timberman*, 14 (11): 66, 68, 70.
- Gould, S. J., Eldredge, N., 1993: Punctuated equilibrium comes of age. *Nature*, 366: 223–227.
- Harrison, M. J., 2002: Stochastic Networks and Activity Analysis. In *Analytic methods in applied probability in memory of Fridrikh Karpelevich, Y. M. Suhov and F. I. Karpelevich*, Editors. American Mathematical Society: Providence, RI. p. 217.
- Hedbring, O., Åkesson, H., 1966: *Analys av högmekaniserade avverkningssystem tänkbara år 1970* [Analysis of highly mechanized logging systems of possible se in 1970]. *Forskningsstiftelsen Skogsarbeten* [Swedish Logging Research Foundation]. Stockholm. Redogörelse, 4. 50 p.
- Hedbring, O., Nilsson, P. O., Åkesson, H., 1968: *Analys av några avverkningssystem för gallring* [Analysis of some logging systems for thinning]. *Forskningsstiftelsen Skogsarbeten* [Swedish Logging Research Foundation]. Stockholm. Redogörelse, 4, 51 str.
- Heinimann, H. R., 1995: Perspectives on research in forest operations. *Proceedings, IUFRO XX World Congress, Subject Group 3.06 Forest Operations Under Mountainous Conditions*, ed. J. Sessions, 118–133. Tampere, Finland, Department of Forest Engineering, Oregon State University, Corvallis, OR.
- Heinimann, H. R., 1997: *Zukunft von forstlicher Verfahrenstechnik und Walderschliessung als wissenschaftliche Fachdisziplinen*. In *Forstliche Forschungsberichte, Proceedings, Entwicklungen in der forstlichen Arbeitswissenschaft, Verfahrenstechnik und angewandten Informatik*, ed. W. Warkotsch, 48–68. München, Forstwissenschaftliche Fakultät der Universität München und Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft.
- Heinimann, H. R., 1999: *Logistik der Holzproduktion – Stand und Entwicklungsperspektiven* [logistics in wood procurement – state and perspectives]. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 118: 24–38.
- Heinimann, H. R., 2000: *Business Process Re-Engineering – a Framework for Designing Logistics Systems for Wood Procurement*. *Proceedings, 1st World Symposium on Logistics in the Forest Sector*, ed. K. Sjöström, 269–287. Helsinki, Finland, May 15–16, 2000. Econapap.
- Hendrick, H. W., 2002: An overview of macroergonomics. In *Macroergonomics: Theory, Methods, and Applications*, str. 1–23.
- Hilf, H., 1926: *Die wissenschaftliche Betriebsführung in der Forstwirtschaft* [Scientific management in forestry]. *Proceedings, Jahresversammlung des Deutschen Forstvereins* [Annual Assembly of the German Association of Foresters], 246–261. Der Deutsche Forstwirt, Berlin.
- Hoffman, R. R., Klein, G., Laughery, K. R., 2002: The state of cognitive systems engineering. *Intelligent Systems, IEEE* [see also *IEEE Expert*], 17(1): 73–75.
- Hollnagel, E., 2001: Extended cognition and the future of ergonomics. *Theoretical Issues in Ergonomic Sciences*, 2(3): 309–315.
- Hopper, J. E., 1973: *Systems Analysis: A Tool for Woodland Decisions*. *Proceedings, Planning and Decision-making As Applied to Forest Harvesting*, ed. J.E. O'Leary, 1–5. Corvallis, OR, USA, Forest Research Laboratory, School of Forestry, Oregon State University.

- Huan, S. H., Sheoran, S. K., Wang, G., 2004: A review and analysis of supply chain operations reference (SCOR) model. *Supply Chain Management*, 9(1): 23–29.
- IEEE, 1998: IEEE Standard for Application and Management of the Systems Engineering Process. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. New York. IEEE Standard, 1220–1998, 76 str.
- Kay, J. J., 2002: On Complexity Theory, Exergy and Industrial Ecology: Some Implications for Construction Ecology. In *Construction Ecology: Nature as the Basis for Green Buildings*, C. Kibert, J. Sendzimir, and B. Guy, Editors. Spon Press, str. 72–107.
- Kleiner, B. M., 2002: Computer-aided macroergonomics for improved performance and safety. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 12(3): 307–319.
- Kleiner, B. M., 2004: Macroergonomics as a large work-system transformation technology. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 14(2): 101–115.
- Kleiner, B. M., 2006: Macroergonomics: Analysis and design of work systems. *Applied Ergonomics*, 37(1): 81–89.
- Koroleff, A., 1952: *Logging Mechanization in the U.S.S.R. A Review of Russian Data*. Montreal, Canada: Pulp and Paper Research Institute of Canada, 158 str.
- Kuhn, T. S., 1970: *The structure of scientific revolution*. 2nd Ed. Chicago: University of Chicago Press.
- Lee, J. D., 2001: Emerging challenges in cognitive ergonomics: managing swarms of self-organizing agent-based automation. *Theoretical Issues in Ergonomic Sciences*, 2(3): 238–250.
- Loch, C., 1998: Operations Management and Reengineering. *European Management Journal*, 16(3): 306–317.
- Lundell, S., 2003: The need for a new forest technology – international co-operation among forestry, R&D and machine manufacturers [keynote address], Skogforsk. Växjö, Sweden. May 12–15, 2003.
- MacDonald, P., Clow, M., 2003: What a Difference a Skidder Makes: The Role of Technology in the Origins of the Industrialization of Tree Harvesting Systems. *History and Technology*, 19(2): 127–149.
- Martell, D. L., Gunn, E. A., Weintraub, A., 1998: Forest management challenges for operational researchers. *European Journal of Operational Research*, 104(1): 1–17.
- McCraw, W. E., Silversides, C. R., 1970: Analysis of tree harvesting machines and systems: a methodology. Forest Management Institute. Ottawa, Canada. Information Report, FMR-X-27, 184 str.
- Moridera, A., Murano, K., Mochida, Y., 2000: The Network Paradigm of the 21st Century and Its Key Technologies. *IEEE Communications Magazine*, 38(11): 94–98.
- Newnham, R. M., 1966: A simulation model for studying the effect of stand structure on harvesting pattern. *Forestry Chronicle*, 42: 39–44.
- Newnham, R. M., 1967a: A FORTRAN programme to simulate pulpwood harvesting machines. Forest Management Research and Services Institute. Ottawa, Canada. Information Report, FMR-X-7, 32 str.
- Newnham, R. M., 1967b: A progress report on the simulation model for pulpwood harvesting machines. Forest Management Research and Services Institute. Ottawa, Canada. Information Report, FMR-X-6, 41 str.
- Newnham, R. M., 1970: Productivity of harvesting machines designed for thinning: estimation by simulation. Forest Management Research and Services Institute. Ottawa, Canada. Information Report, FMR-X-25, 29 str.
- Newnham, R. M., 1971: CANLOG – The New CFS Harvesting Machine Simulator. *Pulp and Paper Magazine of Canada*, 72(3): 107–112.
- Newnham, R. M., 1973: Simulation Techniques and Their Possible Application to Forest Harvesting in Canada. Proceedings, Planning and Decisionmaking As Applied to Forest Harvesting, ed. J.E. O'Leary, 125–138. Corvallis, OR, USA, Forest Research Laboratory, School of Forestry, Oregon State University.
- Newnham, R. M., Sjunnesson, A., 1969: A FORTRAN program to simulate harvesting machines for mechanized thinning. Forest Management Research and Services Institute. Ottawa, Canada. Information Report, FMR-X-23. 48+[25] str.
- Porter, M. E., 1985: *Competitive advantage creating and sustaining, superior performance*. New York: The Free Press. XVIII, 557 str.
- Quade, E. S., 1968a: Introduction [into Systems Analysis and Policy Planning]. In *Systems Analysis and Policy Planning. Applications in Defense*, E. S. Quade and W. I. Boucher, Editors. American Elsevier Publishing Company: New York, str. 1–19.
- Quade, E. S., 1968b: Principles and Procedures of Systems Analysis. In *Systems Analysis and Policy Planning. Applications in Defense*, E. S. Quade and W. I. Boucher, Editors. American Elsevier Publishing Company: New York, str. 30–53.
- Rasmussen, J. R., 2000: Human factors in a dynamic information society: where are we heading? *Ergonomics*, 43(7): 869–879.
- Samset, I., 1966: Utviklingen av skogbrukets driftsmetoder II. Loven om den sprangvise utvikling. [Norwegian, the development of forest operations technology II. The law of discontinuous evolution]. *Norsk Skogbruk*, 20: 737–741.
- Samset, I., 1992: Forest operations as a scientific discipline. *Meddelelser fra Skogforsk*, 44(12): 1–48.
- Savage, C. M., 1990: *Fifth generation management: Integrating enterprises through human networking*. Bedford, MA: Digital Press. xvi, 267 str.
- Sheridan, T. B., 1985: Forty-Five Years of Man-Machine Systems: History and Trends. In *IFAC Proceeding Series, Proceedings, 2nd IFAC/IFIP/IFORS/IEA Conference on Analysis, Design & Evaluation of Man-Machine Systems*, 1–9. Varese, Italy, Pergamon Press.



- Silversides, C. R. 1988: The impact of forest operations and techniques upon forest mechanization in eastern Canada. *Meddelelser fra Norsk Institutt for Skogforskning*, 41(16): 233–250.
- Sjöström, K., 2000: Logistics in the forest sector. Helsinki: Timber Logistics Club, 298 str.
- Steinlin, H., 1987: 45 Jahre Studium, Forschung und Lehre auf dem Gebiet der Forstwissenschaften [45 years of studies, research and teaching in forest sciences]. Druck & Verlag Tilia. Freiburg i.Br. Schriftenreihe des Instituts für Landespflege der Universität Freiburg, 9.
- Storey, J., Emberson, C., Godsell, J., Harrison, A., 2006: Supply chain management: theory, practice and future challenges. *International Journal of Operations & Production Management*, 26(7): 754–774.
- Strehlke, E. G., 1927: Ergebnisse arbeitswissenschaftlicher Untersuchungen aus der forstlichen Praxis. In *Forstliche Arbeitswissenschaft. Drei Vorträge gehalten im Deutschen Forstverein in Rostock am 25.8.1927*, R. Jugoviz, Editor. Der Deutsche Forstwirt: Berlin. p. 43–75.
- Sundberg, U., 1988: The emergence and establishment of forest operations and techniques as a discipline of forest science. *Meddelelser fra Norsk Institutt for Skogforskning*, 41(8): 107–137.
- Taylor, F. W., 1895: A piece-rate system being a step toward partial solution of the labor problem. *Transactions of the American Society of Mechanical Engineers*, 16(647): 865–903.
- Taylor, F. W., 1903: Shop management. *Transactions of the American Society of Mechanical Engineers*, 24(1003): 1337–1480.
- Taylor, F. W., 1911: The principles of scientific management. New York and London: Harper & Brothers, 77 str.
- Ulich, E., 1992: Arbeitspsychologie [work psychology]. 2nd Ed. Zürich, Stuttgart: vdf Hochschulverlag AG, Schöffer-Poeschel, 469 str.
- Weintraub, A., Bare, B. B., 1996: New issues in forest land management from an operations research perspective. *Interfaces*, 26(5): 9–33.
- Weintraub, A., Navon, D., 1976: A forest management planning model integrating silvicultural and transportation activities. *Management Science*, 22(12): 1299–1309.
- Wu, J., Spitzer, C. W., Hassan, A. E., Holt, R. C., 2004: Evolution Spectrographs: visualizing punctuated change in software evolution. *Proceedings, 7th International Workshop on Principles of Software Evolution [IWPSE '04]*, 57–66. Kyoto, Japan, Sep 6–7, 2004.
- Zambonelli, F., Rana, O. F., 2005: Self-Organization in Distributed Systems Engineering: Introduction to the Special Issue. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics – Part A*, 35(3): 313–315.

---

Autorova adresa:

Hans Rudolf Heinimann  
e-mail: [hans.heinimann@env.ethz.ch](mailto:hans.heinimann@env.ethz.ch)  
Institute of Terrestrial Ecosystems  
ETH Zurich  
Universitaetstrasse 22  
CH-8092 Zürich  
SWITZERLAND



# Sadašnje stanje i mogućnosti razvoja lanca dobave drvnoga iverja u Austriji

Karl Stampfer, Christian Kanzian

## Nacrtak

*Važnost će se šumskoga drvnoga iverja kao goriva za proizvodnju energije povećati u odnosu na sporedne proizvode piljenja. Dodatna proizvodnja nije pitanje mogućnosti (šumski ostaci, drvo iz proreda i panjača, šume kratkih ophodnji), već više pitanje ekonomske isplativosti. Raščlambe različitih sustava pridobivanja drvnoga iverja dovele su do utvrđivanja dva glavna izazova: oblikovanje povezivanja iveranja i prijevoza, te potrebe za smanjenjem troškova prijevoza.*

*Iveranje i prijevoz su ključni procesi za proizvodnju i mogu se obaviti u zatvorenim ili prekinutim proizvodnim lancima. Neposredno iveranje u vozila za prijevoz zahtijeva veći radni prostor, a rezultira prekidima u radu iverača (20 % ukupnoga radnoga vremena) i kamiona. U planinskim područjima može biti pogodno odvajanje iveranja i prijevoza, čime se smanjuje troškovi za 24 – 32 %.*

*Veći zahtjevi za gorivom povećat će proizvođačima energije područje dobave drvnoga iverja i povisiti prijevozne troškove. Poboljšano korištenje obujma tovara može se ostvariti sušenjem materijala, zbijanjem šumskih ostataka i većom nosivošću kamiona. Sušenje drva na stovarištima blizu šume povećava proizvodnost prijevoza za 50 %. Izradba svežnjeva od šumskih ostataka isplativa je posebice pri velikim udaljenostima prijevoza.*

*Ključne riječi: dobava drvnoga iverja, iveranje, prijevoz drva za energiju, tehnologija izradbe svežnjeva*

## 1. Uvod

Austrija trenutačno doživljava procvat u proizvodnji šumske biomase za energiju. Zakon o zelenoj energiji iz 2002, koji je izmijenjen 2006, doveo je do euforije u planiranju i izgradnji kapaciteta za energetske proizvodnje. Povlaštene su tarife osigurane zakonom i njihova je vrijednost povezana s vrstom obnovljivih izvora. Osim subvencija za proizvodnju energije od vjetra i sunca te izgradnje malih hidroelektrana, proizvodnja toplinske energije uporabom biogoriva također se subvencionira. Cilj je tih zakona osigurati 10 % proizvodnje električne energije od obnovljivih izvora do 2006. ne računajući proizvodnju iz hidrocentrala (Zakon o zelenoj energiji – izmijenjen 2006). Očekuje se povećanje potreba za drvom radi dobivanja energije iz kombiniranih toplana do 2007. Količine se kreću između 1,6 i 5,0 milijuna kubnih metara. Ukupno je uporabljeno ogrjevnoga drva 2000. godine 10 milijuna kubnih metara i pre-

ma nekim procjenama ta bi količina trebala biti dvostruka do 2010. (Katzensteiner i Nemestothy 2006).

Sporedni proizvodi piljenja i drveni ostaci primarni su izvori goriva za energiju. Međutim, važnost šumskoga drvnoga iverja kao izvora energije u budućnosti će porasti. Razlozi se nalaze u smanjenom obujmu dostupnih sporednih proizvoda piljenja i u privlačnim uvjetima subvencija za proizvodnju energije. Povećanje drvene biomase koje se kreće između 28 % i 56 % od ukupne potražnje drvnih sirovina očekuje se u područjima Donje Austrije i Beča. Postoje različite opcije odakle bi to povećanje trebalo doći. Mogući izvori drvnoga materijala uključuju proredne i degradirane sastojine, te drveni ostatak nakon sječe i izradbe stabala. Dodatni drveni materijal može se također pridobiti iz šuma kratkih ophodnji.

Dodatna proizvodnja nije pitanje mogućnosti, već ekonomske isplativosti. Teški terenski uvjeti – velik dio austrijskih šuma nalazi se na jako strmom terenu – mali sječivi obujam potaknut zahtjevima uzgajanja



šuma i vlasničke strukture šuma na osnovi malih gospodarstava uzrok su visokih troškova proizvodnje (Rohrmoser i Stampfer 2003, Stampfer i dr. 1997). Iskustva sa sustavima koji se koriste u Skandinaviji (Hakkila 2004) pod tim se uvjetima mogu ograničeno primijeniti. Ti su sustavi pridobivanja drvnoga iverja prikladni za skandinavske uvjete. Međutim, kakvi bi bili u planinskim područjima moguće je vidjeti tek na temelju istraživanja i usporedbi.

Svrha je ovoga rada analizirati pridobivanje drvnoga iverja u planinskim područjima i raspraviti najvažnije buduće razvojne izazove.

## 2. Sustavi pridobivanja iverja

Sustav pridobivanja drvnoga iverja je niz različitih koraka, uključujući izradbu, prijevoz drvene biomase iz šume u energanu i donošenje odluka o prevaranju drvene biomase u gorivo.

Pod šumskom biomasom razumijeva se šumski ostatak i drvo za energiju (slika 1). Šumski je ostatak (grane, krošnje i otpad pri sječi i izradbi stabala) nusproizvod konvencionalnoga iskorištavanja drva. Njegova je prednost u tome što se troškovi privlačenja drva pokrivaju proizvodima tehničke oblovene. U bjelogoričnim sastojinama šumska biomasa čini 6 do 26 % ukupnoga posječenoga drvnoga obujma (Kanzian i dr. 2006). U šumskim sastojinama u kojima prevladava drvo četinjača Kanzian je (2005) utvrdio opseg od 10 do 15 %. Finska je studija pokazala da je šumski ostatak u borovim i smrekovim sastojinama 20 do 30 % u proredama, ali samo 4 do 5 % u dovršnom sijeku (Hakkila 2004).

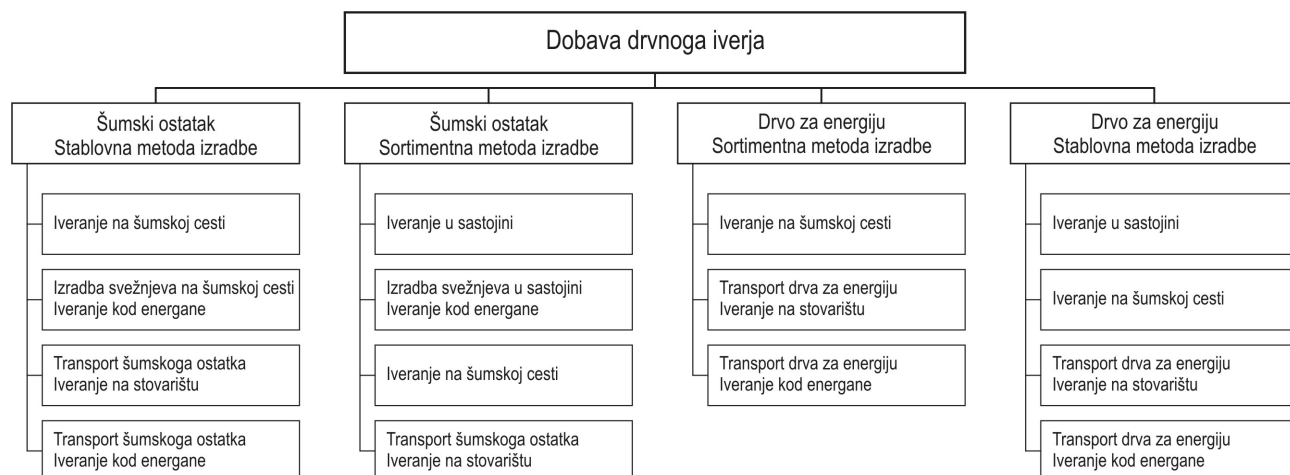
Uporaba šumskih ostataka ekološki je dvojben (Krapfenbauer 1983) jer može biti uzrokom slabe obnove šuma (Sterba 2003) zato što se vrijedne hra-

njive tvari uklanjaju iz šume. Na osnovi tih razmatranja opće je pravilo u Finskoj da 30 % šumskih ostataka treba ostati u sastojini (Hakkila 2004).

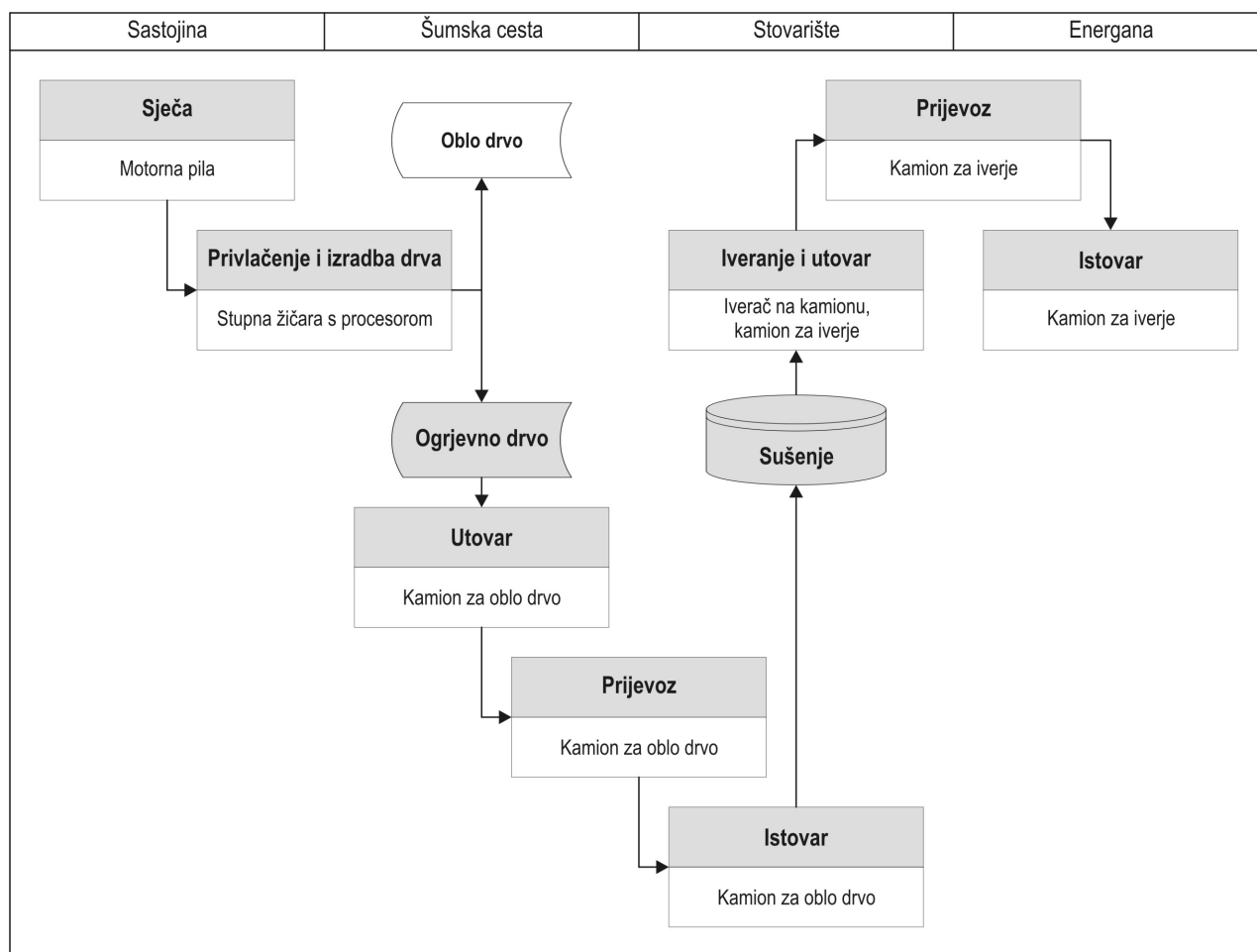
Primjena je drva za energiju moguća kad se posječeno drvo potpuno koristi radi stvaranja toplinske energije. U tu kategoriju pripadaju prve prorede u bjelogoričnim i crnogoričnim sastojinama, te uzgojni zahvati u sastojinama niskih uzgojnih oblika. Djelotvorno pridobivanje drvene biomase često je upitno zbog malih dimenzija drva, ali takva je vrsta sječe ponekad potrebna za poboljšanje šumske sastojine.

Sustavi pridobivanja iverja obično su organizirani oko iveranja. Položaj iverača unutar cijeloga sustava određuje vrsta drvene biomase koja će se prevoziti i mogućnosti rada ostalih strojeva u proizvodnom lancu neovisno o iveraču. Mjesto iveranja može biti u šumi, na šumskoj cesti ili na glavnom stovarištu u energani. Biomasa se može prevesti u obliku šumskoga ostatka, obloga drva, stisnutih svežnjeva i drvnoga iverja. Čimbenici isplativosti su postignuta gustoća tovara i prijevozna udaljenost.

Iveranje u šumskoj sastojini rijetko se koristi u planinskim uvjetima. Međutim, u Danskoj se taj sustav obično koristi kod proreda i sječe drveća maloga promjera (Talbot i Suadicani 2005). Sječa stabala i skupljanje drva obavlja se sječnim vozilom drva (feller-buncher) u izvoznim pravicima. Nakon sušenja oko 20 tjedana drvni se materijal iverâ iveračem koji se može kretati sastojinom i prevesti drveno iverje u ugrađenom kontejneru do šumske ceste ili se iverje izvozi strojevima koji nose posebne kontejnere. Zatim se iverje prevozi u kontejnerima kamiona do energane. Silversides i Sundberg (1989) smatraju da se najveća prednost može ostvariti istodobnim iveranjem više debala. U tom je slučaju iverač manje



Slika 1. Sustavi pridobivanja šumske biomase prema porijeklu, mjestu iveranja i vrsti prevezene biomase



**Slika 2.** Korištenje šumskih ostataka nakon iznošenja stabala žičarom, skupljanje šumskih ostataka kamionima, neposredno iveranje u kamione za iverje

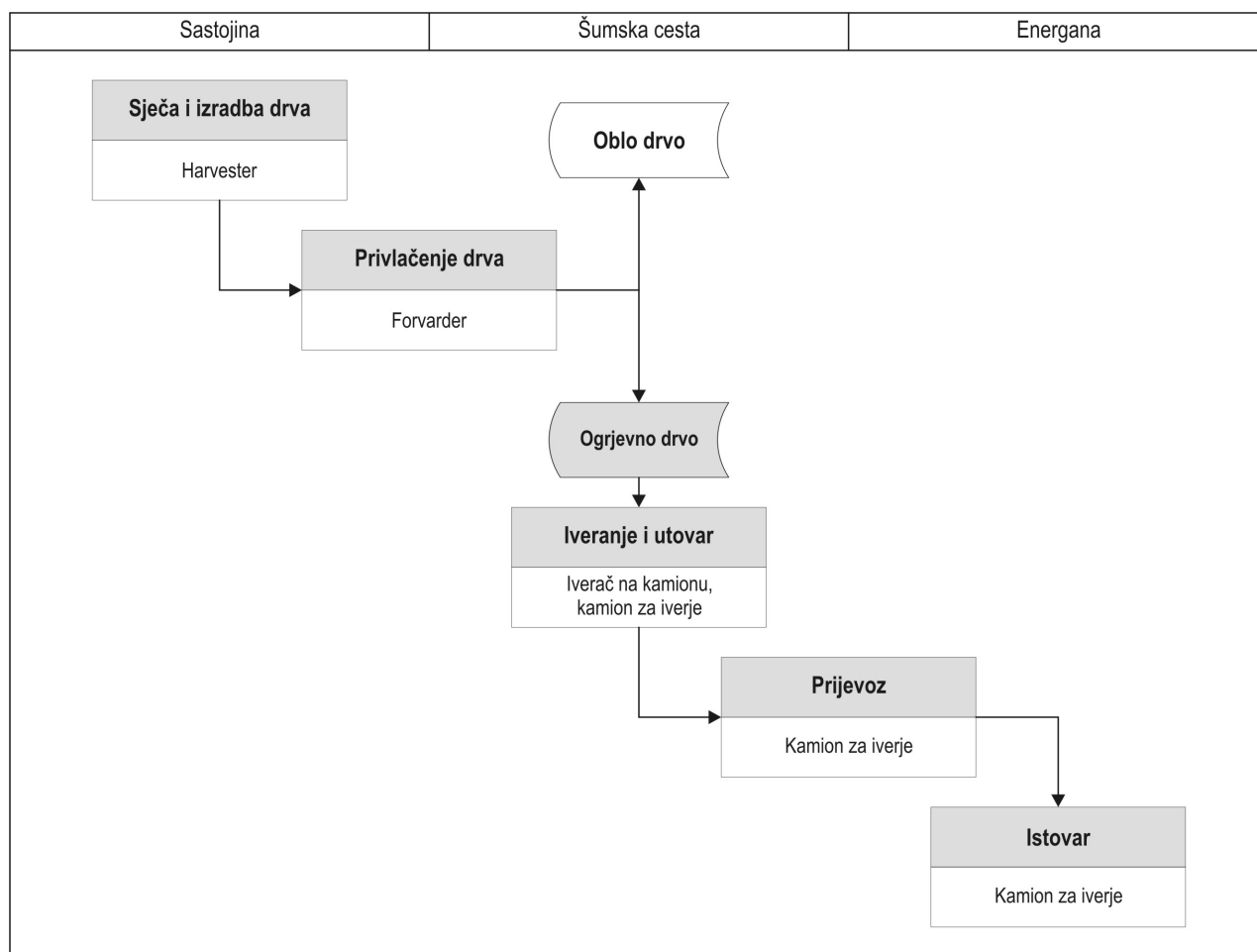
podložan negativnomu troškovnomu učinku »zakona obujma komada« (koji navodi da povećana veličina komada obično povećava proizvodnju).

Najčešća je opcija u pridobivanju drvene biomase iveranje na šumskoj cesti i prijevoz iverja. Oko 70 % godišnje proizvodnje drvene biomase u Finskoj se pridobiva na taj način (Ranta i Rinne 2006, Junginger i dr. 2005). U najvećoj kombiniranoj termoelektrani u srednjoj Europi u Simmeringu (Beč) 50 % ukupnoga drvnoga obujma dostavlja se kao oblo drvo, a 50 % kao iverje. Većinom se koristi izravno iveranje u kamione za prijevoz. Taj zatvoreni proizvodni lanac stvara ovisnost između pojedinih strojeva. Prekidi u radu mogu biti uzrokovani čekanjem iverača na dolazak kamiona te čekanje kamiona zbog rada iverača. Izazov s logističkoga gledišta jest organizirati cijeli proces tako da se smanje prekidi u radu.

Daljnji je problem u planinskim uvjetima ograničen prostor dostupan na šumskim cestama. Utovar kamiona izravno s iverača zahtijeva da se stroje-

vi nalaze jedan pored drugoga, pa je potreban dodatni prostor. Jedno je rješenje odvajanje radnoga procesa (prekinuti proizvodni lanac) u kojem strojevi postanu neovisni jedan o drugome. Međutim, u utovaru kamiona javljaju se dodatni troškovi. Drugo je rješenje prethodno uhrpavanje drvnoga materijala za iveranje na stovarištu.

Osiguranje centraliziranih stovarišta za iveranje blizu šume, što se može postići s minimalnim promjenama infrastrukture, ima smisla. To se posebno odnosi na planinska šumska austrijska područja s većim brojem malih šumovlasnika. Primarna je svrha centraliziranih stovarišta koncentracija količine drva, sušenje materijala i osiguranje stalnije dobave iverja u energane. Veće količine drva imaju pozitivan učinak i na proizvodnost i iskoristivost iverača. Sušenjem se poboljšava kakvoća drvnoga iverja i povećava iskoristivost kamiona u prijevozu. Centralizirana stovarišta blizu javne infrastrukture cesta također omogućuju uporabu nespecijaliziranih



**Slika 3.** Korištenje šumskih ostataka nakon potpuno mehaniziranoga pridobivanja drva sortimentnom metodom, neposredno iveranje u kamione za iverje

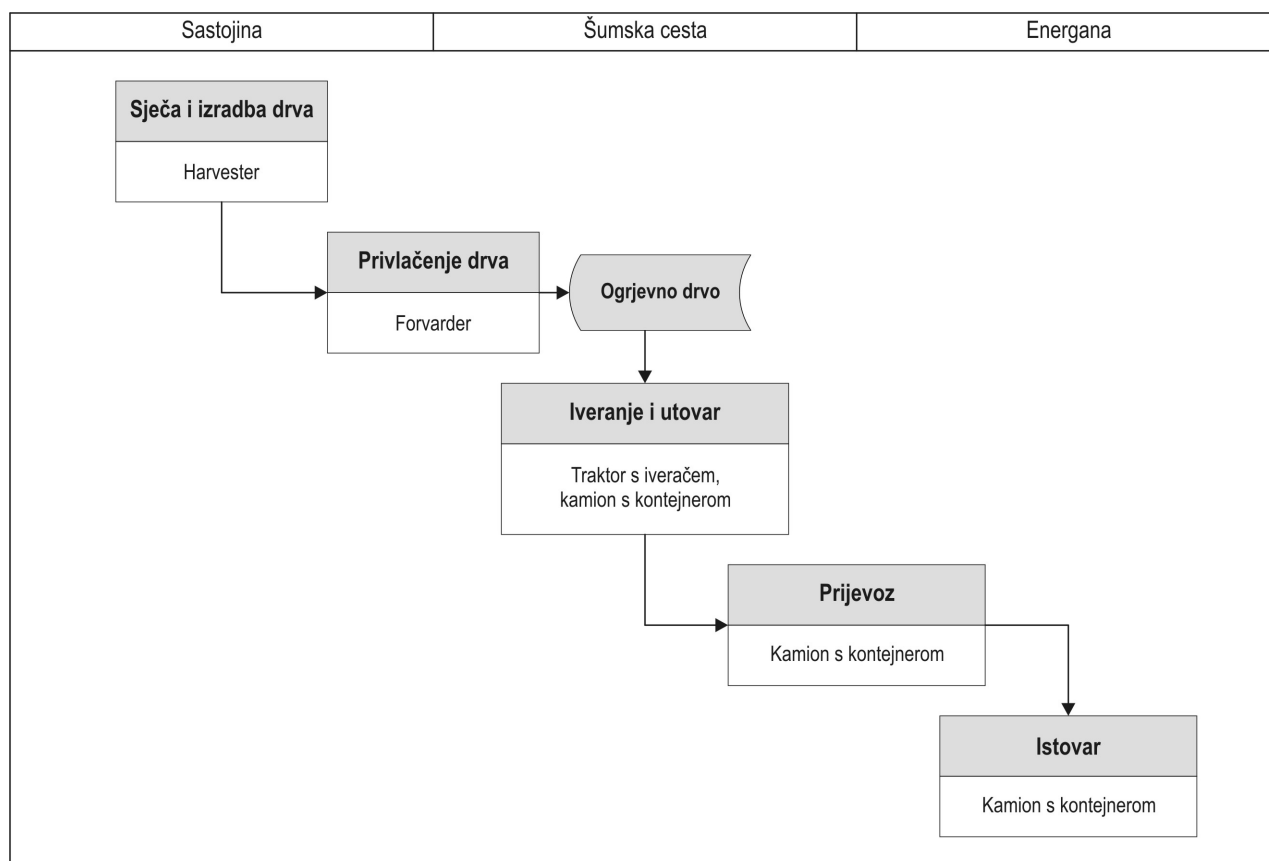
prijevoznih sredstava (npr. poluprikolica s kontejnerima) za prijevoz drvene biomase. Učinak nakupljanja drvene biomase na centraliziranim stovarištima posebno je važan zimi u planinskim područjima. Dodatni trošak pripreme centraliziranoga stovarišta za izradbu i skladištenje drvnoga iverja može se pokriti tim pozitivnim učincima.

U Skandinaviji se šumski ostaci izrađuju u svežnjeve s posebnim strojevima kako bi se povećala gustoća tovara za prijevoz i povećala proizvodnost iveranja. Strojevi za izradbu svežnjeva (bandleri) ugrađuju se na šasiju forvardera te rade u šumskoj sastojini (Johansson i dr. 2006, Kärhä i Vartiamäki 2006, Ranta i Rinne 2006, Cuchet i dr. 2004). U planinskim je uvjetima stroj za izradbu svežnjeva izrađen i ugrađen na šasiju kamiona kako bi radio na šumskoj cesti (Kanzian 2005). U Skandinaviji je priprema drvnoga iverja strojem za izradbu svežnjeva vrlo česta i održiva ekonomska alternativa (npr. 18 % šumske drvene biomase tako se proizvodi u Finskoj),

ali su austrijska istraživanja pokazala suprotno (Kanzian 2005). Niska razina proizvodnosti od samo 9–13 svežnjeva po PSH<sub>15</sub> međutim temelji se na istraživanju s neiskusnim operatorom i djelomice neorganiziranom pripremom šumskih ostataka (npr. nečistoća materijala, kakvoća složaja drvnih ostataka). U skandinavskim istraživanjima obično se postižu veći učinci koji se kreću između 13 i 26 svežnjeva po PSH<sub>15</sub> (Johansson i dr. 2006, Kärhä i Vartiamäki 2006). No, značajno je različit trošak strojnoga rada, koji često u Skandinaviji iznosi samo 40–50 % od vrijednosti u središnjoj Europi (Johansson i dr. 2006, Kärhä i Vartiamäki 2006, Ranta i Rinne 2006, Kanzian 2005, Cuchet i dr. 2004). Razlozi tomu nalaze se u duljem razdoblju korištenja stroja, kraćim udaljenostima premještanja i većim površinama sječina. Opći je problem u nedovoljnom korištenju stroja pri proizvodnji obloga drva i drva za energiju u Austriji.

Iveranje u energani čini procese iveranja i prijevoza neovisne jedan o drugome. Biomasa se prevozi





**Slika 4.** Uporaba drva za energiju pri sortimentnoj metodi izradbe u sustavu harvester – forvarder, neposredno iveranje u kamione s kontejnerom

u obliku šumskih ostataka nakon stablovne ili sortimentne metode izradbe. Male su gustoće tovara drvnih ostataka značajan nedostatak sustava. Korištenje stacioniranih iverača uvelike omogućuje da se sve vrste drvene biomase iveraju s visokom proizvodnošću. Ta se prednost povećava s brojem iskorištene oblovinne, ali je također povezana s visokim prvotnim kapitalnim troškovima (Hakkila 2004).

### 3. Osnovni sustavi pridobivanja iverja

#### 3.1 Pridobivanje šumskih ostataka pri stablovnoj metodi izradbe

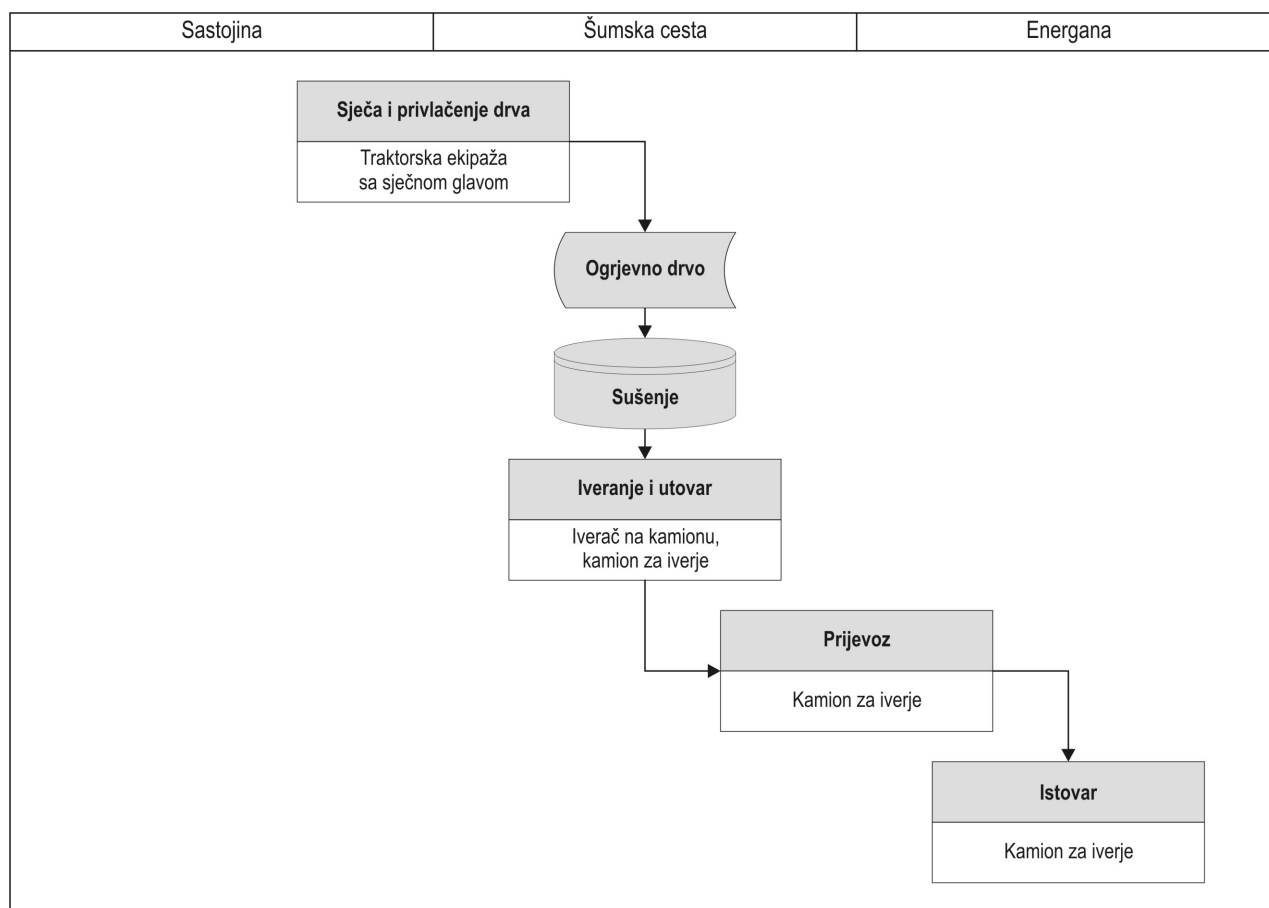
Pri stablovnoj metodi izradba se obavlja na šumskoj cesti nakon iznošenja stabala stupnom žičarom ili privlačenja skiderom. Preostali se drveni ostaci prevoze kamionom za oblo drvo koji je opremljen s bočnim stranicama (ploče od čelika ili drvene mreže). Drvni se ostaci zatim odvoze na odgovarajuće mjesto na kojem se mogu skupiti u velikim složajevima. Pri iveranju se drveno iverje izravno ubacuje u kamion za iverje i prevozi u energanu (slika 2). Pokazalo se da je uskladištenje šumskih ostataka i sušenje

na zraku tijekom ljetnih mjeseci dobro. Kanzian i dr. (2006) utvrdili su da se uskladištenjem tijekom ljeta sadržaj vlage smanjio s 40 – 50 % na 15 – 29 %, a pozitivan je učinak primijećen na povećanom kapacitetu utovara.

Prednost je ovoga sustava u tome da su troškovi sječe i privlačenja povezani s konvencionalnim iskorištavanjem i prema tomu su relativno jeftini za pridobivanje šumske biomase. Isto tako kad razmatramo zaštitu šume, razumno je ukloniti materijal kod kojega postoji opasnost od napada štetnih kukaca – potkornjaka. Nedostaci su uklanjanje hranjivih tvari, pa se prema tomu sustav ne može koristiti u svim područjima (npr. šumske sastojine s tlima kojima nedostaju hranjive tvari).

#### 3.2 Pridobivanje šumskih ostataka pri sortimentnoj metodi izradbe

Preostali drvni ostaci koji su nastali nakon sječe i izradbe stabala harvesterom izvoze se forvarderom do šumske ceste. Veliki iverač ugrađen na kamion ubacuje drveno iverje izravno u kamion za iverje koji prevozi iverje do energane (slika 3).



**Slika 5.** Uporaba drva za energiju pri stablovnoj metodi izradbe pri radu traktorske ekipaže sa sječnom glavom, neposredno iveranje u kamione za iverje

Budući da je drveni materijal još uvijek u sastojini, stvaraju se dodatni troškovi privlačenja do šumske ceste. Argumenti i protuargumenti u svezi sa zaštitom šume i uklanjanje hranjivih tvari isti su kao i kod pridobivanja drvnih ostataka stablovnom metodom. Sustav je ograničen na mogućnost prohodnosti terena.

### 3.3 Pridobivanje drva za energiju pri sortimentnoj metodi izradbe

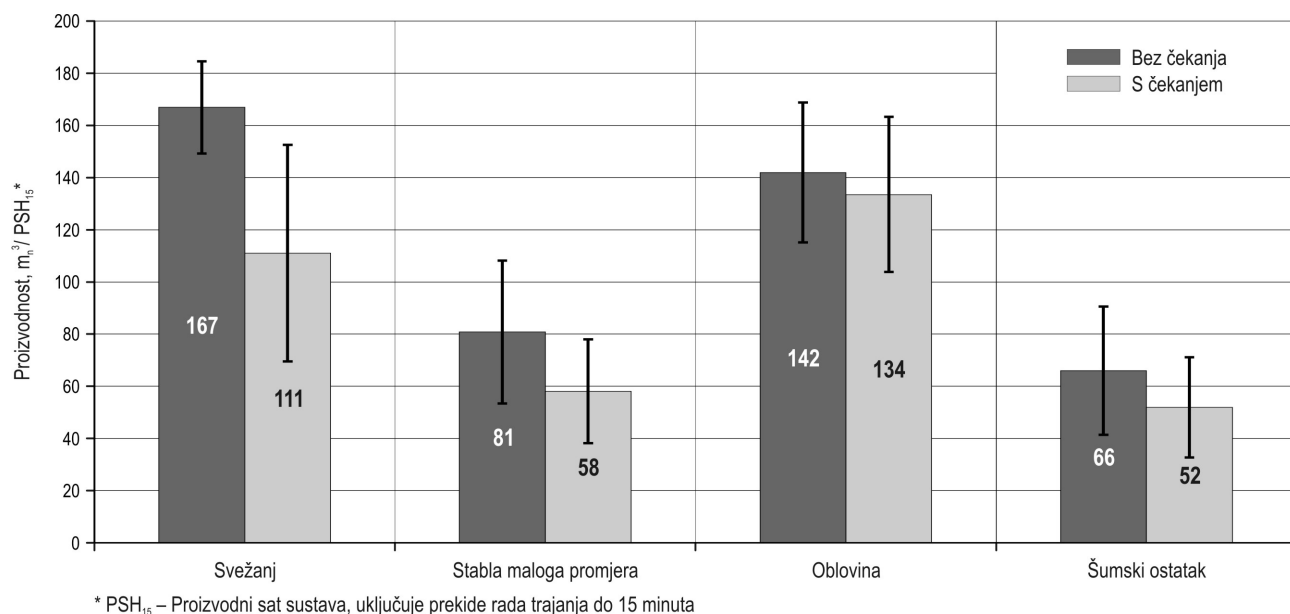
Sav posjećeni drveni materijal iz proreda se pretvara u iverje. Sječa i izradba obavljaju se harvesterom (slika 4). Debla i drveni ostaci izvoze se forvarderom do stovarišta na šumskoj cesti. Nakon razdoblja uskladištenja od mjesec dana drveni se materijal ivera uporabom iverača pogonjenoga traktorom. Kamioni s navlačno-izvlačnim kontejnerima utovaruju se izravno i drveno se iverje prevozi do energane.

Proizvodnja drva za energiju sječom stabala maloga promjera u proredama samo je djelomično ekonomski isplativa te se u Skandinaviji subvencionira kao uzgojni postupak (Hakkila 2004).

### 3.4 Pridobivanje drva za energiju pri stablovnoj metodi izradbe

Sav drveni materijal pridobiven pri prvoj proredi, uglavnom drvo maloga promjera, rabi se za proizvodnju drvene biomase. Sječnom glavom postavljenom na traktorsku ekipažu sijeku se stabla i polažu na šumsko tlo u složajevе (kada je potrebno, stabla se dodatno prerezuju u sredini) i zatim se utovaruju stabla izravno u prikolicu. Drvni se materijal prevozi do stovarišta uz šumsku cestu i uskladišćuje na 3–4 mjeseca kako bi se omogućilo sušenje. Veliki mobilni iverač ubacuje drveno iverje izravno u kamion za iverje te prevozi do energane (slika 5). U Finskoj prevladava mišljenje da su višenamjenske sječne glave jedino djelotvorno rješenje za pridobivanje drvnoga iverja iz stabala maloga promjera (Kärhä i dr. 2005, Hakkila 2006). Međutim, u srednjoj Europi ima malo iskustva s tim strojevima.

Iskorištavanje je stabala maloga promjera također moguće na mjestu rada žičara. Stabla se sijeku motornom pilom, a iznose stupnim žičarama. U većini slučajeva ovaj sustav nije ekonomski održiv.



**Slika 6.** Proizvodnost iverača u ovisnosti o različitim izvorima drvnoga materijala, s prekidom rada i bez prekida

## 4. Budući izazovi

### 4.1 Prekidi rada iverača

Iskustvene su studije provedene za utvrđivanje proizvodnosti iverača u odnosu na različite vrste drvnoga materijala i za utvrđivanje prekida rada pri izravnom iveranju u sredstva za prijevoz iverja. Zabilježeno je 118 sati (PSH<sub>15</sub>) iveranja kada je proizvedeno ukupno 9246 m<sup>3</sup> iverja. Proizvodnost se kretala između 52 i 111 m<sup>3</sup>/PSH<sub>15</sub> (slika 6). Najveća je proizvodnost ostvarena iveranjem svežnjeva i oblovine. Slika 6 prikazuje povećanje proizvodnosti sa smanjenjem prekida rada. Iverač je proveo 20 % ukupnoga radnoga vremena čekajući kamion. 90 % vremena čekanja kretalo se od 9 do 16 minuta, s prosjekom od 12,6 po utovarenom kamionu.

### 4.2 Zatvoreni i prekinuti proizvodni lanac

Jedno rješenje za smanjenje prekida rada je odvajanje iveranja i prijevoza (prekinuti proizvodni lanac). Na taj način faze procesa postaju neovisne jedna o drugoj i prema tomu manja je potreba za prostorom, ali se javljaju dodatni troškovi zbog utovara.

Tablica 1 pokazuje usporedbu tehničkih podataka za dva kamiona za iverje. Veća masa kamiona za iverje s dizalicom u usporedbi s konvencionalnim kamionom nije samo zbog dizalice s utovarnom korpom, već i zbog sustava pogona svih kotača kamiona.

Za usporedbu kalkulacija troškova uzet je stvarni trošak strojnoga rada po satu (bez poreza). Troškovi su za skupljanje šumskih ostataka 2,5 €/m<sup>3</sup>. Tro-

škovi su rada iverača 240 €/h. Kamion za iverje bez dizalice (60 €/h) nešto je jeftiniji nego s dizalicom (65 €/h).



Proizvodnja je drvnih ostataka četinjača oblikovana uz opciju uporabe dvaju kamiona za transportne udaljenosti od 10, 30, 60 i 100 km. Vrijeme je vožnje procijenjeno primjenom modela koji je napravio Friedl i dr. (2004). Vrijeme utovara za kamion za iverje bez dizalice jednako je proizvodnosti iverača (60 m<sup>3</sup>/PSH<sub>15</sub>). U procjenu su uključeni prekidi rada od 9 %. Broj kamiona koji će se koristiti izračunat je na temelju vremena turnusa. Vrijeme istovara od 20 minuta bilo je podjednako pri svim varijacijama. Troškovi premještanja iverača i kamiona nisu uzeti u razmatranje u ovom izračunu.

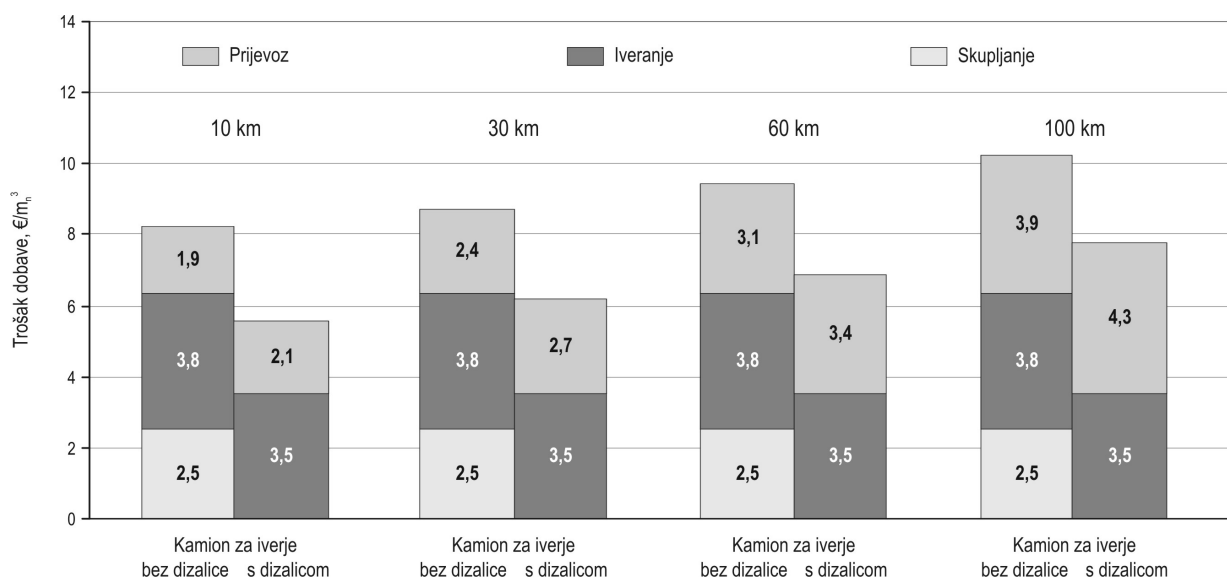
Slika 7 pokazuje da su izračunati troškovi dobave drvnoga iverja četinjača korištenjem kamiona za iverje s dizalicom niži od opcije izravnoga utovara (24 – 32 %). Glavni su razlozi za razliku u troškovima skupljanja drvnih ostataka i iveranja.

Iveranje s izravnim utovarom kamiona za iverje zahtijeva da strojevi budu blizu jedan drugomu, pa prema tomu, skupljanje materijala treba biti na odgovarajućim stovarištima. Dodatni se troškovi skupljanja mogu samo djelomično nadoknaditi višom proizvodnosti iverača. U isto vrijeme kod sustava izravnoga utovara javljaju se prekidi u radu, i to ponovno povećava troškove. Za kamione sa samo-utovarom niži kapacitet korisne nosivosti dovodi do niže usporedne proizvodnosti, koja zauzvrat povećava jedinične troškove.



**Tablica 1.** Usporedba kamiona za iverje (Kanzian i dr. 2006)

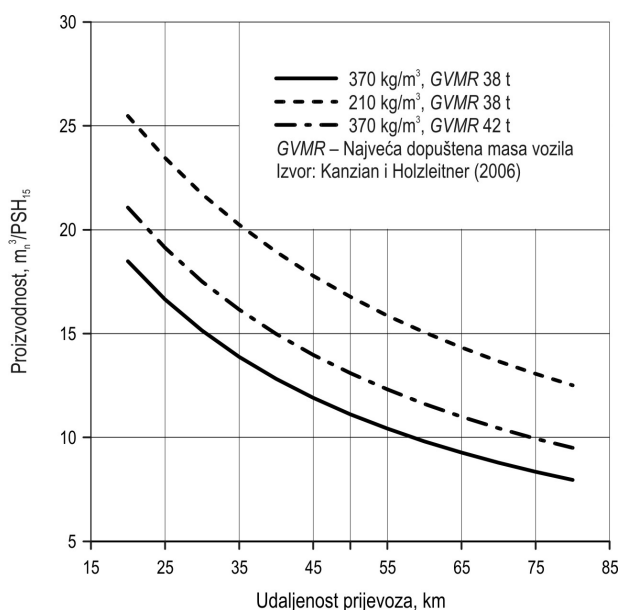
Opis	Kamion za iverje	Kamion za iverje s korpom za utovar
Tehnički podaci		
Masa vozila, kg	18 500	20 800
Nosivost, kg	19 500	17 200
Kapacitet, m <sup>3</sup>	87	81
Formula pogona	6 x 2	6 x 6

**Slika 7.** Troškovi za različite sustave pridobivanja šumskih ostataka drva četinjača

#### 4.3 Potpuna iskoristivost transportnoga kapaciteta kamiona

Pitanje djelotvorne proizvodnje drvnoga iverja usko je povezano sa smanjenjem prijevoznih tro-

škova. U prošlosti se problem rješavao tako da se prevozilo na kratkim udaljenostima. S nedavnim procvatom uporabe obnovljivih izvora energije i izgradnjom većih bioenergetskih postrojenja povećala se potreba za ukupnim drvnim gorivom unutar regije,



**Slika 8.** Proizvodnost kamiona za iverje u ovisnosti o nasipnoj gustoći prevezenoga drvnoga materijala i najvećoj dopuštenoj masi kamiona

te je potrebno područje za dobavu drvnoga iverja postalo veće. S tim su se povećale prijevozne udaljenosti i troškovi (Asikainen i dr. 2001, Kanzian i Holzleitner 2006). Najbolja iskorištenost kapaciteta kamiona postat će ključni čimbenik tržišne konkurencije. Kapacitet se može poboljšati većom korisnom nosivošću ili povećanom gustoćom tovara na kamionu.

Slika 8 pokazuje proizvodnost kamiona za iverje ovisno o prijevoznj udaljenosti i nasipnoj gustoći. Udaljenost vožnje od 50 km i prosječna udaljenost od 370 kg/m<sup>3</sup> dovodi do proizvodnosti od 11,1 m<sup>3</sup>/h. Povećanjem dopuštene zakonske ukupne mase kamiona s 38 do 42 tone za prijevoz drvene biomase može se ostvariti povećanje proizvodnosti od 2,0 m<sup>3</sup>/h, odnosno za 18 %. Sušenje drvene biomase prije prijevoza smanjuje nasipnu gustoću, i to ima još i veći učinak na povećanje moguće proizvodnosti nego samo povećanje dopuštenih ograničenja u težini kamiona. Povećanje je proizvodnosti 50 % pri gustoći od 210 kg/m<sup>3</sup>, ili 16,8 m<sup>3</sup>/h pri prosječnoj prijevoznj udaljenosti od 50 km (Kanzian i Holzleitner 2006).

## 5. Zaključci

Cilj je ovoga rada analiza sadašnjega stanja pridobivanja drvnoga iverja u Austriji. Na temelju sve većih zahtjeva energetske industrije za gorivom važnost iverja iz šume povećat će se u odnosu prema sporednim proizvodima piljenja. Šumski ostaci i drvo iz prorednih sječina i šuma niskoga uzgojnoga

oblika jasno su rješenje za nove izvore sirovina. Glavni je cilj pridobivanje drvnoga iverja na troškovno najisplativiji način.

Mjesto iverača unutar proizvodnoga lanca ovisno je o vrsti drvene biomase koji će se prevoziti. Iveranje na šumskoj cesti i daljinski prijevoz iverja najučestaliji je sustav pridobivanja. Neposredno iveranje materijala u kamione koji čekaju prekida rad u iznosu od 20 %. Najveća je proizvodnost iverača zabilježena pri iveranju obloga drva (134 m<sup>3</sup>/PSH<sub>15</sub>) i svežnjeva (111 m<sup>3</sup>/PSH<sub>15</sub>). Neposredno iveranje zahtijeva blisko postavljanje iverača i kamiona, što nije uvijek moguće u planinskim područjima. Zbog navedenih se razloga preporučuje skupljanje i iveranje drvnoga materijala na glavnom stovarištu, ali se time stvaraju i dodatni troškovi.

Ako se iveranje i prijevoz iverja odvijaju neovisno, dodatni se troškovi pojavljuju pri utovaru drvnoga iverja, ali se smanjuju prekidi rada uz mogućnost rada na uskim šumskim cestama i/ili unutar vrlo ograničenoga prostora. Rezultat je simulacije modela pokazao da prijevoz drvnoga iverja u planinskim područjima odvojen od iveranja može smanjiti troškove od 24 do 32 %.

U Austriji se neprestano povećava broj bioenergetskih postrojenja, što povećava područje dobave iverja te time dovodi do povećanja udaljenosti prijevoza i troškova. Stoga je potrebno koristiti potpuni kapacitet kamiona. Sušenje šumske biomase može povećati proizvodnost kamiona za 50 %. U tom se smislu organizacija glavnoga stovarišta čini opravdanom. Također, glavno stovarište osigurava povećanje proizvedene količine drvnoga iverja i neprekidnu dobavu iverja, čak i tijekom zimskih mjeseci.

Izrada svežnjeva od drvnih ostataka jedna je od mogućnosti povećanja nasipne gustoće tovara. U Skandinaviji je sustav pridobivanja izradbom svežnjeva najprihvatljiviji pri duljim udaljenostima prijevoza, ali nije troškovno isplativ u planinskim uvjetima. Razina proizvodnosti i izračunati strojni rad bitno se razlikuju između Skandinavije i Austrije. Manji trošak strojnoga rada povećava godišnju iskoristivost stroja te oba čimbenika čine značajan organizacijski problem pridobivanja drvnoga iverja u zemljama srednje Europe.

## 5. Literatura

Asikainen, A., T. Ranta, J. Laitila, 2001: Large-scale forest fuel procurement. U: P. Pelkonen, P. Hakkila, T. Karjalainen, B. Schlamadinger, Woody Biomass as an Energy Source – Challenges in Europe, European Forest Institute (EFI), str. 73–78.

- Cuchet, E., P. Roux, R. Spinelli, 2004: Performance of a logging residue bundler in the temperate forests of France. *Biomass and Bioenergy*, 27(1): 31–39.
- Friedl, K., C. Kanzian, K. Stampfer, 2004: Netzwerk Holz. Forschungsbericht, Institut für Forsttechnik, Universität für Bodenkultur Wien, str. 1–109.
- Hakkila, P., 2004: Developing technology for large-scale production of forest chips – Wood Energy Technology Programme 1999–2003. Research report, VTT Processes, str. 1–99.
- Hakkila, P., 2006: Factors driving the development of forest energy in Finland. *Biomass and Bioenergy*, 30(4): 281–288.
- Johansson, J., J. Liss, T. Gullberg, R. Bjorheden, 2006: Transport and handling of forest energy bundles – advantages and problems. *Biomass-and-Bioenergy*, 30(4): 334–341.
- Junginger, M., A. Faaij, R. Bjorheden, W. C. Turkenburg, 2005: Technological learning and cost reductions in wood fuel supply chains in Sweden. *Biomass-and-Bioenergy*, 29(6): 399–418.
- Kanzian, C., 2005: Bereitstellung von Waldhackgut – Verfahren Energieholzbuindel im Gebirge, str. 1–32. [http://www.fpp.at/pics/download/energieholzbuendel\\_2005\\_endbericht.pdf](http://www.fpp.at/pics/download/energieholzbuendel_2005_endbericht.pdf)
- Kanzian, C., B. Fenz, F. Holzleitner, K. Stampfer, 2006: Waldhackgut aus Schlagrücklass – Fallbeispiele im Laub- und Nadelholz, str. 1–29.
- Kanzian, C., F. Holzleitner, 2006: Wertschöpfungsketten für Waldhackgut – Einsatz eines selbstladenden Lkw für den Transport. Vortrag im Rahmen: »FORMEC 2006 – 39<sup>th</sup> International Symposium on Forestry Mechanization« am 25. 09. 2006 in Sofia, Bugarska.
- Kärhä, K., T. Vartiamäki, 2006: Productivity and costs of slash bundling in Nordic conditions. *Biomass and Bioenergy*, 30(12): 1043–1052.
- Kärhä, K., A. Jouhio, A. Mutikainen, S. Mattila, 2005: Mechanized Energy Wood Harvesting from Early Thinnings. *Journal of Forest Engineering*, 16(1): 15–26.
- Katzensteiner, K., K. P. Nemestothy, 2006: Energetische Nutzung von Biomasse aus dem Wald und Bodenschutz – ein Widerspruch? *Mitteilungen der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft*, 74: 1–10.
- Krapfenbauer, A., 1983: Von der Streunutzung zur Ganzbaumnutzung. *Centralblatt für das Gesamte Forstwesen*, 100(2–3): 143–174.
- Ranta, T., S. Rinne, 2006: The profitability of transporting uncomminuted raw materials in Finland. *Biomass and Bioenergy*, 30(3): 231–237.
- Rohrmoser, C., K. Stampfer, 2003: Optimierung der Bereitstellungskette von Waldhackgut. Forschungsbericht, Österreichische Bundesforste AG – Consulting, Institut für Forsttechnik, str. 1–96.
- Silversides, C. R., U. Sundberg, 1989: Operational efficiency in forestry. Vol. 2: practice, str. 1–169.
- Stampfer, E., K. Stampfer, A. Trzesniowski, 1997: Rationalisierung der Bereitstellung von Waldhackgut Österr. Elektrizitätswirtschafts-Aktienges. (Verbundges.), str. 1–70.
- Sterba, H., 2003: Growth after biomass removal during precommercial thinning. U: Limbeck-Lilineau, B., Steinmüller, Th., Stampfer, K. (Hrsg.), »Austro2003: High Tech Forest Operations for Mountainous Terrain«, Institute of Forest Engineering, str. 1–9.
- Talbot, B., K. Suadcani, 2005: Analysis of two simulated in-field chipping and extraction systems in spruce thinnings. *Biosystems Engineering*, 91(3): 283–292.

---

Adresa autorâ:

Karl Stampfer  
e-mail: karl.stampfer@boku.ac.at  
Christian Kanzian  
e-mail: christian.kanzian@boku.ac.at  
Institute of Forest Engineering  
Department of Forest and Soil Sciences  
University of Natural Resources and Applied  
Life Sciences Vienna  
Peter Jordan Strasse 82  
1190 Vienna  
AUSTRIA



# Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Zavod za šumarske tehnike i tehnologije u bolonjskom procesu

Ante P. B. Krpan

## Nacrtak

U radu je prikazan tijek i sadašnji doseg reforme visokoobrazovnog sustava na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu u procesu uključivanja Fakulteta u Europski prostor visokoga obrazovanja (EHEA) i Europski istraživački prostor (ERA). Prihvaćen je sustav trostupanjskoga obrazovnog sustava te su izrađeni obrazovni programi za preddiplomske, diplomske i poslijediplomske studije po shemi 3 + 2 + 3 (2) odnosno 180 + 120 + 180 (120) ECTS bodova. Uspostavljena su tri preddiplomska studija: Šumarstvo, Urbano šumarstvo i Drona tehnologija, po kojim se programima obrazuju već dvije generacije studenata. Razvijeni su programi diplomskih studija Šumarstvo i Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okoliša te programi Drvnotehnološki procesi i Oblikovanje proizvoda od drva. Diplomski studij Šumarstvo ima dva smjera: Uzgajanje i uređivanje šuma s lovnom gospodarenjem i Tehnike, tehnologije i menadžment u šumarstvu.

Razvijen je poboljšani prijedlog doktorskoga studija Šumarstvo s tri smjera (Uzgajanje šuma i lovno gospodarenje, Tehnike, tehnologije i menadžment u šumarstvu te Urbano šumarstvo, zaštita prirode, uređivanje i zaštita šuma) te program doktorskoga studija Drona tehnologija. Specijalistički poslijediplomski studiji razrađeni su u deset programa.

Ključne riječi: Šumarski fakultet u Zagrebu, reforma visokoobrazovnog sustava

## 1. Uvod

Reforma visokoškolskoga obrazovnog sustava potaknuta je na Ministarskoj konferenciji u Bolonji 1999. godine donošenjem tzv. Bolonjske deklaracije, koja je razrađivana na kasnijim konferencijama ministara Europske unije, koje se održavaju svake dvije godine. Bolonjska je deklaracija temeljni dokument za reformu visokoobrazovnog sustava u *Europskom prostoru visokoga obrazovanja* (EHEA). Potpisali su je ministri obrazovanja 29 europskih zemalja na Ministarskoj konferenciji u Bolonji 19. lipnja 1999. Hrvatska je prihvatila i potpisala dokument 2001. na Ministarskoj konferenciji u Pragu. Time se Hrvatska opredijelila za europski visokoškolski obrazovni sustav preddiplomskoga i diplomskoga studija, a prihvaćanjem preporuka Berlinske ministarske konferencije iz 2003. godine o doktorskome studiju zaokružen je trostupanjski ciklus visokoga obrazovanja – preddiplomski, diplomski i doktorski. Visokoškolski se obrazovni sustav reformira radi svrhovitijega obra-

zovanja i bržega uključivanja kompetentnih i vještih mladih stručnjaka u gospodarske tokove i stvaranje vlastite karijere. Pri tome se u prvi plan stavljaju kriteriji izvrsnosti, kompetentnosti i pokretljivosti.

Okvir razvitka visokoobrazovnih i istraživačkih procesa na europskim prostorima dan je u većem broju političkih i strukovnih odluka i dokumenata Europske unije. Europsko je vijeće zasjedalo u Lisabonu u ožujku 2000. godine, gdje su predsjednici vlada Europske unije donijeli strateške ciljeve kojima će se povećati zaposlenost, osnažiti gospodarske reforme i društvena kohezija u sljedećem desetljeću. Postavljeni se ciljevi temelje na znanju (»postati najkonkurentnije i najdinamičnije gospodarstvo na svijetu temeljeno na znanju, sposobno za samoodrživi gospodarski rast s brojnijim i boljim radnim mjestima i većom društvenom povezanošću«). Strategija je razrađivana u brojnim preporukama, priopćenjima i akcijskim planovima, temeljem kojih su na najvišoj političkoj razini donesene ključne smjernice u više dokumenata: *Prema europskomu istraživačkomu*

*prostoru, Europska povelja za istraživače, Kodeks o novčanoj znanstvenosti, Akcijski plan za mobilnost, Akcijski plan za znanost i društvo i Akcijski plan 3 %.*

Bolonjska reforma visokoobrazovnog sustava u Hrvatskoj na državnoj je razini određena Zakonom o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju iz 2003. godine te usmjerena podzakonskim aktima i drugim dokumentima Sveučilišta. U reformu doktorskih studija uključuje se Nacionalna zaklada za znanost, visoko školstvo i tehnološki razvoj Republike Hrvatske, koja donosi deset temeljnih načela za organizaciju doktorskih studija. Nacionalno vijeće za visoko obrazovanje Republike Hrvatske 14. srpnja 2006. donosi *Načela za uspostavu poslijediplomskih doktorskih studija* koja sadrže *Opća načela, Načela studiranja i Organizacijska i financijska načela*.

Šumarski fakultet u Zagrebu najstarija je visokoobrazovna strukovna ustanova jugoistočne Europe, koja korijene vuče iz Visokoga gospodarsko-šumarskoga učilišta osnovanoga 1860. godine u Križevcima i Šumarske akademije utemeljene 1898. u Zagrebu. Od 1920. do 1960. godine djeluje u sklopu Poljoprivredno-šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, a potom kao samostalni fakultet u okviru Zagrebačkoga sveučilišta. Do danas je na Fakultetu diplomiralo 4580 studenata šumarstva i 1647 studenata drvene tehnologije. Akademске titule magistra znanosti i magistra specijalista stekla su 343 studenta, od kojih 246 u znanstvenom polju šumarstvo, a 97 u znanstvenom polju drvena tehnologija. Obrađeno je ukupno 190 doktorata, 139 u znanstvenom polju šumarstvo i 51 u znanstvenom polju drvena tehnologija. Iz povijesne dokumentacije Fakulteta razvidno je da su sve promjene nastavnih planova usmjerene prema usklađivanju obrazovnog profila i potrebnih znanja u kontekstu rastućih zahtjeva struke i rastućih stručnih i znanstvenih spoznaja. Neposredno prije uvođenja bolonjskoga procesa (2000) na Fakultetu je provedena reforma uvođenjem modulnoga sustava obrazovanja, nastala kao odgovor na zahtjeve za diferenciranim znanjima unutar struke. U najnoviju reformu obrazovnog sustava bili su uključeni svi nastavnici Šumarskoga fakulteta preko rasprava i prijedloga na razini Zavoda. Povjerenstva su se pri izradbi prijedloga studija oslanjala na spomenute platforme te vlastita i druga iskustva, poglavito iskustva šumarskih fakulteta iz Njemačke, Austrije, Češke, Slovačke, Mađarske, Slovenije i drugih zemalja članica EU-a radi dosezanja kompatibilnosti, kao nužne pretpostavke slobodnoga kretanja subjekata u obrazovnom sustavu Europe.

Posebnu vrijednost daje činjenica da su u reformu studija preko većega broja radionica, osim stručnjaka sa Šumarskoga fakulteta, uključeni stručnjaci Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i vodnoga gos-

podarstva Republike Hrvatske, Akademije šumarskih znanosti i Šumarskoga instituta iz Jastrebarskoga. Šumarska se operativna uključila preko Hrvatskoga šumarskoga društva te menadžmenta i stručnih službi Trgovačkoga društva Hrvatske šume d.o.o. Zagreb. U reformu obrazovnog sustava na Šumarskom fakultetu aktivno su se uključili članovi Zavoda za šumarske tehnike i tehnologije. Visokoškolski obrazovni sustav na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu reformiran je tako da su usustavljena tri obrazovna stupnja prema shemi 3 + 2 + 3 (2) odnosno 180 + 120 + 180 (120) ECTS bodova.

## 2. Struktura reformiranoga studija na Šumarskom fakultetu

Na Šumarskom su se fakultetu do bolonjske reforme u četverogodišnjem studiju obrazovala dva profila stručnjaka u zvanju diplomiranoga inženjera: diplomirani inženjer šumarstva i diplomirani inženjer drvene tehnologije. U poslijediplomskom sustavu obrazovali su se magistri znanosti, magistri specijalisti te doktori znanosti.

Bolonjskom su reformom usvojena tri stupnja visokoškolskoga obrazovanja: preddiplomski, diplomski i poslijediplomski. Shema je strukture studija prikazana na slici 1.

### 2.1 Preddiplomski studiji

Na slici 1 vidljivo je da su na Šumarskom fakultetu izrađena i na Sveučilištu u Zagrebu prihvaćena tri programa preddiplomskih studija: *Šumarstvo, Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okoliša i Drvena tehnologija*.

Obrazovni programi preddiplomskih studija traju tri godine (6 semestara). Po semestru studenti moraju prikupiti 30 ECTS bodova ili 180 ECTS bodova tijekom cijeloga studija. Predmeti su obvezni i izborni, jednosemestarski s pridodanim vrijednostima ECTS bodova. Završetkom preddiplomskoga studija stječe se stručni naziv *prvostupnik/prvostupnica (baccalaureus/baccalaurea)*, stječu se kompetencije za individualni i timski rad u privatnom poduzetništvu i za stručne zadaće u šumarstvu, urbanom šumarstvu, zaštiti prirode i okoliša, drvenoj preradbi i obradbi te kompetencije za upis na diplomске studije. Upis programa i tijek izvođenja programa definiran je Statutom Fakulteta i drugim aktima. Pokretljivost studenata u preddiplomskom studiju očituje se u slobodi odabira izbornih predmeta na trima razinama: iz ostalih preddiplomskih programa na Šumarskom fakultetu u Zagrebu, iz studija biotehnologije u Hrvatskoj te studija na ostalim fakultetima i visokim učilištima u zemlji i inozemstvu.

## 2.2 Diplomski studiji

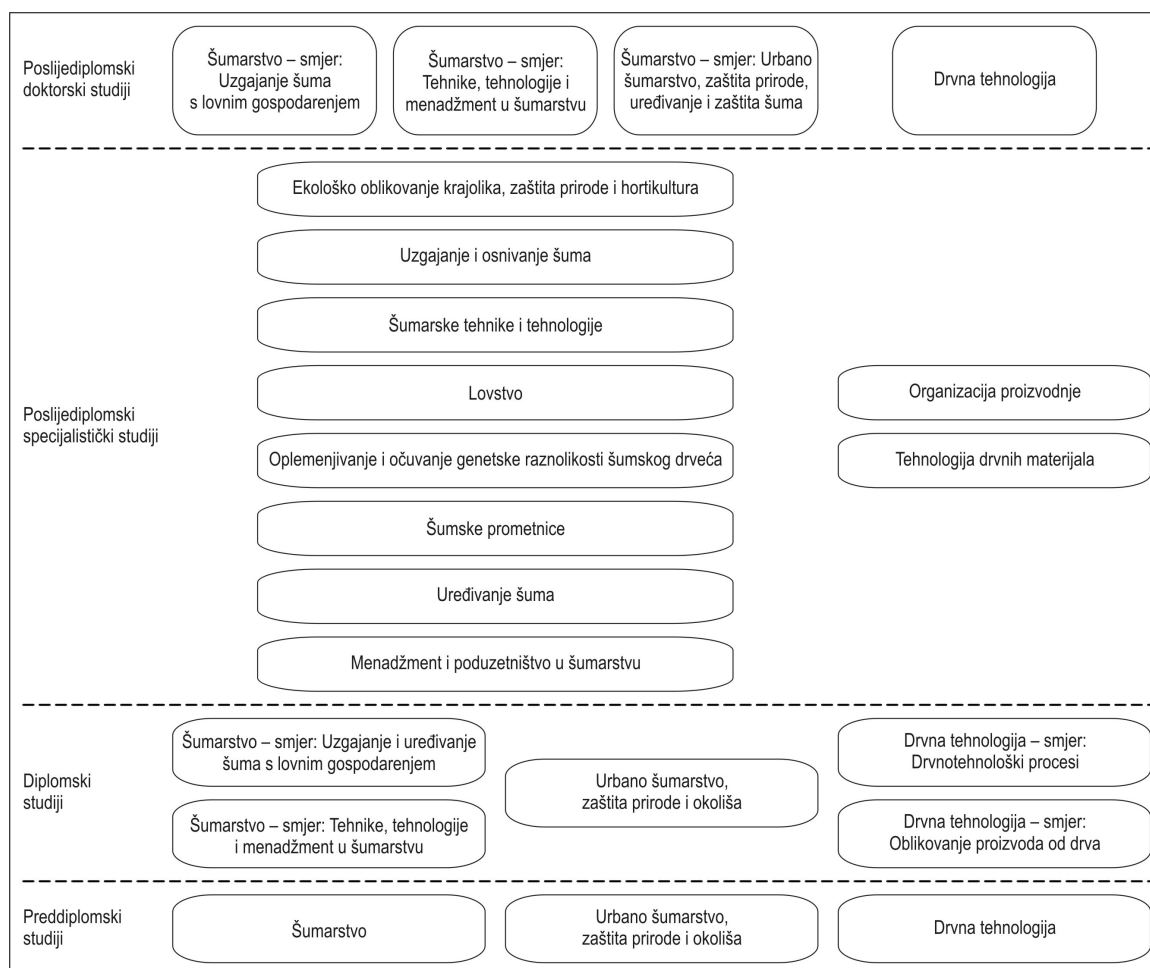
Na Fakultetu su razvijeni programi diplomskih studija za obrazovni profil *Šumarstvo, Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okoliša* te programi za studije *Drvnotehnoški procesi* i *Oblikovanje proizvoda od drva*. Diplomski studij *Šumarstvo* ima dva smjera: *Uzgajanje i uređivanje šuma s lovnom gospodarenjem* i *Tehnike, tehnologije i menadžment u šumarstvu*. Studiji traju dvije godine ili 4 semestra uz skupljanje 120 ECTS bodova ukupno. Završetkom studija stječe se akademski naziv magistra struke prema završenom programu (primjer: magistar šumarstva – tehnike, tehnologije i menadžment). Broj izbornih predmeta po semestru mnogo je veći u odnosu na preddiplomski studij i pruža šire mogućnosti izgradnje vlastitoga obrazovnoga profila. Također je povećana mogućnost vodoravne i okomite pokretljivosti studenata prema domaćim i stranim obrazovnim ustanovama.

Studiji kod pristupnika razvijaju kompetencije i sposobnosti za upravljanje i donošenje samostalnih i

timskih stručnih (poslovnih) odluka, sposobnost uključivanja u razvojne tokove struke te nastavak obrazovanja na doktorskim studijima. Završivši diplomski studij, pristupnik je osposobljen za poslove veće složenosti u šumarstvu, od šumarije i revira kao najnižih šumarskih strukturnih jedinica do najviših na okomitoj skali, kao što su poslovi županijskih i republičkih institucija pod čijom je nadležnošću šumarstvo, inspeksijske službe, poslovi i zadaće šumarskoga poduzetništva, poslovi i zadaće u razvojnim, znanstvenim i obrazovnim ustanovama, poslovi u prometu šumskim proizvodima na domaćem i stranom tržištu, prometu opreme, zadaće strukovne publicistike i medija vezanih uz struku, poslovi veće složenosti u urbanom šumarstvu i zaštiti šuma i prirode te preradbi i obradbi drva.

## 2.3 Poslijediplomski studiji

Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu ima dugu tradiciju u poslijediplomskom obrazovanju, najprije u izradbi i obrani doktorata, a u kasnijem raz-



Slika 1. Struktura visokoobrazovnoga sustava na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu

doblju uspostavom magistarskih znanstvenih i specijalističkih studijskih programa. Prvi je doktorat na Fakultetu (Poljoprivredno-šumarski fakultet) obranjen 4. lipnja 1923. godine. Dotada su doktorati branjeni na inozemnim fakultetima ili na Mudroslovnom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, u okviru kojega je od 1898. do 1918. djelovala Šumarska akademija. Na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu dosada je ukupno obranjeno 190 doktorata.

Na osamostaljenom Šumarskom fakultetu od 1960. godine usustavljen je poslijediplomski studij za šumarstvo i drvenu tehnologiju (za magistra znanosti i magistra specijalista te doktorski studiji) za više znanstvenih područja. Prvi je magisterij obranjen 31. 8. 1964, otkada su šumarskoj struci i znanosti na oba fakultetska smjera predana ukupno 343 magistra znanosti i magistra specijalizanta, od kojih na Šumarskom odsjeku njih 246.

Poslijediplomski studijski programi smatraju se sastavnicom cijeloživotnoga obrazovanja, posebno u smislu prijenosa novih znanstvenih spoznaja u tijeku visokokvalitetnoga istraživačkoga i profesionalnoga usavršavanja i njihova pretakanja u praksu.

Prema dosadašnjim iskustvima za poslijediplomske studije pokazuje zanimanje javni privredni sektor, pri čemu se primarno misli na državno poduzeće za gospodarenje šuma u državnom vlasništvu (79 % svih šuma u Hrvatskoj), koje s više od 9500 zaposlenika obavlja djelatnost u više od 170 regionalno raspoređenih organizacijskih jedinica; državna administracija (upravne i inspeksijske službe MPŠVG-a i ureda državne uprave u županijama); privatni sektor sa širokim rasponom šumarskih poduzetnika koji obavljaju uslužne djelatnosti u šumarstvu (izvođenje radova, trgovina, promocija...); interesna udruženja privatnih šumovlasnika; znanstvenoistraživački sektor i svi ostali kojima će ovakvo obrazovanje omogućiti povećanje konkurentnosti i unapređivanje poslovanja njihovih tvrtki.

### 2.3.1 Doktorski studiji

Iako je o doktorskom studiju bilo govora i na ranijim ministarskim konferencijama (Bolonja 1999, Prag 2001), ministri iz 33 europske zemlje 2003. godine u Berlinu utvrdili su prioritete za ubrzano stvaranje jačih veza između *Europskoga prostora visokoga obrazovanja* (EHEA) i *Europskoga istraživačkoga prostora* (ERA) te nužnost uspostave trećega ciklusa visokoga obrazovanja (dokorskoga studija) u okviru bolonjskoga procesa. Pri tome su kao najvažniji prioriteti istaknuti: interdisciplinarnost, sustavan pristup osiguranju i unapređivanju kakvoće visokoga obrazovanja, pokretljivost studenata i istraživača te povezivanje u mreže izvrsnosti.

»Doktorski su programi studiji trećega ciklusa koji pretpostavljaju izvorno istraživanje za stjecanje akademskoga stupnja doktora znanosti (dr. sc.). Doktorski su programi ključni za razvitak EHEA i ERA te predstavljaju vezu između tih dvaju procesa. Glavnu odgovornost za izobrazbu istraživača na različitim stupnjevima njihove karijere imaju sveučilišta. Ona moraju odgovoriti na izazove obrazovanja mladih istraživača ne samo za potrebe akademskoga tržišta već i za potrebe ostalih sektora i tržišta radne snage poput industrije, poduzetništva, trgovine, javnih ustanova i organizacija, istraživačkih organizacija itd.«

Rektori europskih sveučilišta donose 2003. godine u Grazu deklaraciju o Europi znanja i središnjoj ulozi sveučilišta u istraživanjima i na istraživanjima temeljenom visokom obrazovanju uz naglašavanje da kompetitivnost, konkurentnost i izvrsnost treba balansirati sa socijalnom kohezijom, odnosno uključivanjem što većega broja ljudi u visoko obrazovanje. Dogovorena su temeljna načela na kojima će europska sveučilišta izgrađivati istraživačku i inovacijsku strategiju u duhu Europe znanja.

Europska komisija u lipnju 2003. donosi, a Europsko vijeće i Europski parlament prihvaćaju Priopćenje o potrebi razvijanja istraživačke profesije i istraživačkih karijera. Briga za oblikovanje istraživačke karijere sastavni je dio dokorskoga programa. Priopćenje donosi osnovne smjernice koje treba ostvariti doktorski program: *povećati zapošljivost istraživača razvijanjem općih kompetencija i vještina koje su potrebne za zapošljavanje; preuređivanje strukture i organizacije dokorskih programa i uključivanje u bolonjski proces; bolje organizirano osposobljavanje kroz doktorski program; sustavni razvoj supervizije i mentorstva; potpuno integriranje studenata dokorskih studija u istraživanje, ali i otvaranje putova za dodatno profiliranje njihove karijere ne samo unutar istraživanja; osigurati financiranje i odgovarajuća socijalna prava za studente dokorskih studija te organizirani pristup mobilnosti.*

Europska udruga sveučilišta (EUA) pokreće 2004. godine projekt o dokorskim programima u kojem sudjeluje 49 europskih sveučilišta iz 22 zemlje, članice EU-a. Na konferenciji EUA-e u Maastrichtu iste godine zacrtani su okviri institucijske politike u području dokorskoga obrazovanja. Konferencija u Salzburgu 2005. razrađuje preporuke dokorskoga projekta EUA-e i zaključke iz Maastrichta donoseći deset temeljnih načela za organizaciju dokorskih studija: *dokorski se studij treba temeljiti na stjecanju znanja kroz izvorno istraživanje; dokorski studij i razvitak istraživačke karijere treba biti sastavni dio institucijske strategije i politike; bogatu raznolikost dokorskih programa u Europi treba očuvati; doktorandi su istraživači u ranoj fazi profesionalne istraživačke karijere odnosno profesionalci s odgovarajućim pravima; supervizija i procjenjivanje kan-*



*didata treba biti transparentno i temeljiti se na ugovornim odnosima u kojima se jasno definiraju prava i odgovornosti; doktorski programi trebaju nastojati ostvariti kritičnu masu ekspertize kroz stvaranje doktorskih škola ili mreže izvrsnosti; osposobljavanje treba trajati u pravilu 3 – 4 godine u punom radnom vremenu; inovativnu strukturu programa i razvitak općih kompetencija treba ostvarivati kroz interdisciplinarnost; povećati mobilnost, ukloniti brojne prepreke i osigurati odgovarajuće financijske instrumente za njezino provođenje; osigurati odgovarajuće financiranje i sustav za osiguranje kvalitete doktorskih programa.*

Konferencija održana u lipnju 2006. u Beču raspravljala je o Povelji i Kodeksu razvijajući instrumente za podržavanje doktorskih kandidata: *jasno definirani ciljevi i projekt dokorskoga istraživanja; plan osposobljavanja i plan supervizije za svakoga doktoranda; obvezni dio programa kroz predmete i module; kolokviji i radionice vezane uz istraživanje; osposobljavanje za opće vještine; institucionalizirano praćenje i vođenje kroz karijeru; sudjelovanje u organiziranju znanstvenih događanja i preuzimanje odgovornosti za dio posla (poster sekcije); sudjelovanje u tijelima koja donose odluke.*

U okviru reforme poslijediplomskih studija na Šumarskom su fakultetu izrađeni programi poslijediplomskih doktorskih studija te poslijediplomskih specijalističkih studija: doktorski studij *Šumarstvo* (dva smjera) i doktorski studij *Drvena tehnologija* te osam programa specijalističkih studija šumarstva i dva programa specijalističkih studija drvne tehnologije (slika 1). Za te je programe dobivena privremena dopusnica i po njima se trenutačno provodi treći stupanj visokoškolskoga obrazovanja.

Uvažavajući primjedbe recenzenata i izvjestitelja za program dokorskoga studija *Šumarstvo* te Načela za uspostavu poslijediplomskih doktorskih studija Nacionalnoga vijeća za visoko obrazovanje Republike Hrvatske od 14. srpnja 2006. te ostalih domaćih i europskih smjernica, odlučili smo se za temeljitu reviziju programa dokorskoga studija kako bi se, što je moguće više, približili europskim zahtjevima i načelima obrazovanja doktoranada. Revizijom je predložen jedan doktorski studij *Šumarstvo* s tri smjera:

- ⇒ *Uzgajanje šuma i lovno gospodarenje*
- ⇒ *Tehnike, tehnologije i menadžment u šumarstvu*
- ⇒ *Urbano šumarstvo, zaštita prirode, uređivanje i zaštita šuma.*

Doktorski studiji traju tri godine. Studenti ostvaruju ECTS bodove iz tri bodovne skupine. Prve se dvije bodovne skupine odnose na nastavu, iz njih doktorand prikuplja 60 ECTS bodova ili 20 bodova po semestru, a treća na izvannastavne aktivnosti iz kojih je doktorand dužan prikupiti 120 ECTS bodova.

Prvu bodovnu skupinu čine predmeti obvezni za sve polaznike dokorskoga studija. Drugu bodovnu skupinu čine izborni predmeti prema smjeru studija.

U prvom semestru ovoga studija slušaju se predmeti obvezni za sve smjerove studija te odabrani izborni predmeti smjera. U drugom i trećem semestru svi su predmeti izborni. Student je obavezan skupiti 20 ECTS bodova po semestru, odnosno ukupno 60 ECTS bodova iz nastavne aktivnosti. Nastava se izvodi u obliku predavanja (do najviše 25 % satnice) te vježbi i seminara. Težište se pridaje samostalnom radu pristupnika kroz seminarske radove. U četvrtom, petom i šestom semestru student je obavezan u izvannastavnoj aktivnosti iz treće bodovne skupine skupiti 40 ECTS bodova po semestru ili ukupno 120 ECTS bodova. Pristupnik se odmah po upisu uključuje u znanstvenoistraživački rad na projektima s dužnošću objave rezultata istraživanja u vodećim strukovnim i znanstvenim časopisima. Tijekom četvrtoga, petoga i šestoga semestra pristupnik boravi u inozemstvu, objavljuje radove, izrađuje i brani disertaciju. Mentor se izabire nakon prvoga semestra.

Pristupnik je obavezan upisati najmanje 51 % izbornih predmeta iz programa odnosno smjera dokorskoga studija, a 49 % može izabrati iz drugih smjerova ili doktorskih studija domicilnoga i drugih fakulteta i sveučilišta s bilateralnim ugovorom (uz konzultaciju s mentorom).

Navedeni prijedlog programa dokorskoga studija nalazi se u procesu evaluacije na Sveučilištu u Zagrebu. Visoku kakvoću smjerova dokorskoga studija osigurat će kompetentni mentori i nastavnici, uključivanje pristupnika u znanstvenoistraživački rad na domaćim i međunarodnim projektima, odgovarajući prostori i oprema, maksimalno profiliranje prema vlastitim zahtjevima odabirom izbornih predmeta, kao i mogućnost pokretljivosti unutar poslijediplomskih studija domaćih i stranih obrazovnih institucija. Reformom dokorskoga studija doktorand postaje organska sastavnica obrazovnoga i istraživačkoga procesa radi ubrzanja stjecanja i kvalitete vlastitih kompetencija. Inozemne institucije s kojima Šumarski fakultet u Zagrebu ili Sveučilište u Zagrebu imaju potpisane ugovore, pa prema tomu i mogućnost suradnje, jesu: BOKU, Beč, Austrija; Šlesko sveučilište Katovice, Poljska; Mendelov univerzitet za poljoprivredu i šumarstvo, Brno; Biotehnički fakultet Univerziteta u Ljubljani, Slovenija, te Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Bosna i Hercegovina.

Stjecanjem akademskoga stupnja doktora znanosti doktorandi stječu kompetencije za samostalni i originalni znanstvenoistraživački rad, sposobnosti objektivne i kritičke evaluacije drugih znanstvenih projekata te daljnega znanstvenoga i akademskoga napredovanja i razvijanja vlastite karijere. Svrho-

vitost doktorskoga studija na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu ogleda se u potrebama šumarstva Republike Hrvatske za doktorima znanosti, poglavito za održanje i razvoj znanstvenoistraživačkih i obrazovnih sastavnica u obrazovnoj i znanstvenoistraživačkoj okomici (Šumarski fakultet Zagreb, Šumarski institut Jastrebarsko, veleučilišta i srednje šumarske škole) te djelovanje u proizvodnim i razvojnim službama šumarskih poduzeća i srodnih djelatnosti. Istraživači Šumarskoga fakulteta u Zagrebu i Šumarskoga instituta u posljednjih su 35 godina čvrsto integrirani u tehnološki razvoj šumarstva Hrvatske (sedam srednjoročnih programa istraživanja), osiguravši na taj način visokostručnu i znanstvenu osnovu gospodarenja šumama, kao i integriranje u svjetski smjer razvoja.

Organizacija studija u punom radnom vremenu (*full-time*) predviđa dnevni 8-satni rad studenta na Šumarskom fakultetu u okviru kojega pohađaju nastavu, sudjeluju u znanstvenoistraživačkom radu na znanstvenim projektima te u izvođenju nastave na preddiplomskim i diplomskim studijima. Organizacija studija s dijelom radnoga vremena (*part-time*) predviđa pohađanje nastave u okviru doktorskoga studija, sudjelovanje kao suradnik istraživač na znanstvenim projektima Šumarskoga fakulteta ili srodnih fakulteta i znanstvenih institucija u zemlji i inozemstvu.

### 2.3.2 Specijalistički studiji

Specijalistički su studij namijenjeni daljnjoj izobrazbi operativnih stručnjaka. Svrhovitost poslije-diplomskoga specijalističkoga studija ogleda se u potrebama šumarstva Republike Hrvatske za takvim obrazovnim profilom, poglavito za djelovanje u proizvodnim i razvojnim službama šumarskih poduzeća i srodnih djelatnosti te u sve razvijenijem privatnom sektoru. Studij se temelji na znanstvenim spoznajama, a kod pristupnika razvija temeljne vještine i sposobnosti rješavanja složenih proizvodnih i razvojnih zadaća samostalno i u timskom radu.

Kako se vidi na slici 1, na evaluaciju je ponuđeno ukupno deset programa specijalističkih studija, od kojih osam iz šumarstva i dva iz drvne tehnologije. Specijalistički studiji traju dvije godine odnosno četiri semestra. Tijekom studija pristupnik mora skupiti 120 ECTS bodova ukupno ili 30 ECTS bodova po semestru uz tjedno opterećenje od najviše 12 sati (180 sati/semestar). U prvom semestru slušaju se obvezni predmeti općega značenja za studij. U drugom i polovici trećega semestra svi su predmeti izborni. Pristupnik je obavezan upisati 51 % izbornih predmeta iz programa odnosnoga studija, a 49 % izabire iz drugih studija domicilnoga i drugih fakulteta i sveučilišta (uz konzultaciju s mentorom).

Mentor se izabire nakon prvoga semestra. U polovici trećega i u četvrtom semestru pristupnik piše i objavljuje radove, izrađuje i brani specijalistički rad. Pristupnik je tijekom studija uključen u znanstvenoistraživački rad (projekte).

Studij omogućuje vodoravnu i okomitu pokretljivost studenata. Vodoravna se pokretljivost odnosi na studije unutar biotehnologije, ostale studije na sveučilištima u Republici Hrvatskoj i u inozemstvu. Okomita se pokretljivost odnosi na prelazak na doktorske studije. Okončanjem studija pristupnik stječe kompetencije za samostalno i timsko rješavanje složenih i vrlo složenih proizvodnih i razvojnih strukovnih zadaća temeljenih na znanstvenim osnovama.

### 3. Položaj Zavoda za šumarske tehnike i tehnologije u bolonjskom procesu

Već je spomenuto da su članovi Zavoda bili aktivni čimbenici bolonjske reforme. Svojim su angažmanom pridonijeli uspješnoj izradbi prijedloga programa preddiplomskih, diplomskih i poslijediplomskih studija na Fakultetu.

Nastavnici Zavoda nositelji su kolegija u svim obrazovnim programima reformiranoga studija. Na preddiplomskom studijima nositelji su većega broja obveznih i izbornih kolegija.

Što je posebno važno i što ističemo, šumarskomu inženjerstvu poklonjena je značajna pažnja kreiranjem posebnih obrazovnih programa čiji su nositelji članovi Zavoda. Tako je ostvaren poseban obrazovni program u diplomskom studiju *Šumarstvo* koji nosi naslov *Šumarstvo – smjer: tehnike, tehnologije i menadžment u šumarstvu*, čiji je program prikazan u tablici 1.

Također je u okviru doktorskoga studija *Šumarstvo* Zavod predložio i razvoj program smjera doktorskoga studija pod nazivom *Tehnike, tehnologije i menadžment u šumarstvu*. Program se sastoji od nastavnih (tablica 2 i 3) i izvannastavnih aktivnosti (tablica 4). Težište se daje izvannastavnim aktivnostima iz kojih doktorand treba skupiti 120 od ukupno 180 ECTS bodova.

Na Zavodu su razvijena tri prijedloga programa specijalističkih studija od kojih su dva prošla evaluaciju, a treći je u postupku valorizacije. Odobreni su studijski programi *Šumarske tehnike i tehnologije* i *Šumske prometnice*. Treći je studijski program *Menadžment i poduzetništvo u šumarstvu*.

Nadalje u tablicama 5 i 6 daje se prikaz obrazovnih programa dvaju specijalističkih studija razvijenih u okviru Zavoda. Evaluacija je programa specijalističkoga studija *Menadžment i poduzetništvo u šumarstvu* u tijeku, pa ga, budući da evaluacija još nije dovršena, ovdje ne iznosimo.

**Tablica 1.** Program diplomskoga studija *Šumarstvo*, smjer: *Tehnike, tehnologije i menadžment u šumarstvu*

Obvezni predmeti	Predavanja	Vježbe	Teren	ECTS	Obvezni izborni predmeti
	sati		dana		
I. semestar					
Pridobivanje drva II	3	2	3	7	Uređivanje bujica
Mehanizacija pridobivanja drva	3	2	3	7	Sociologija organizacije u šumarstvu
Management i poduzetništvo u šumarstvu	2	2	2	6	Osnove tehnologije drva
Šumarska politika i zakonodavstvo	2	-	-	4	Humanizacija rada u šumarstvu
Izborni predmet 1	1	-	-	2	
Izborni predmet 2	1	-	-	2	
Izborni predmet 3	1	-	-	2	
Ukupno	13	6	8	30	
II. semestar					
Otvaranje šuma	2	2	2	6	Trgovina šumskim proizvodima
Šumski proizvodi	2	1	2	4	Ergonomija šumskih strojeva
Integrirana zaštita šuma	2	1	2	4	Osnove mehaničke preradbe drva
Silvikultura	2	2	3	5	Šumski požari
Diplomski rad	-	-	-	5	Šumska protupožarna infrastruktura
Izborni predmet 1	1	-	-	2	
Izborni predmet 2	1	-	-	2	
Izborni predmet 3	1	-	-	2	
Ukupno	11	6	9	30	
III. semestar					
Projektiranje šumskih prometnica	2	2	4	6	Tehnologije gradnje šumskih prometnica
Ekonomika šumarske tvrtke	2	1	1	5	Vrednovanje šumskih resursa
Marketing u šumarstvu	2	1	-	3	Šumska biomasa za energiju
Digitalna kartografija u šumarstvu	2	1	-	3	Planiranje tehnoloških operacija
Diplomski rad	-	-	-	7	Inovacije u šumarstvu
Izborni predmet 1	1	-	-	2	
Izborni predmet 2	1	-	-	2	
Izborni predmet 3	1	0	-	2	
Ukupno	11	5	5	30	
IV. semestar					
Okolišno prihvatljive tehnologije	2	2	3	4	
Organizacija proizvodnje u šumarstvu	2	2	3	5	
Uređivanje šuma	2	1	2	3	
Diplomski rad	-	-	-	18	
Ukupno	6	5	8	30	

**Tablica 2.** Doktorski studij *Šumarstvo*, smjer: *Tehnike, tehnologije i menadžment u šumarstvu* – Prva bodovna skupina – Metodološki (obvezni) kolegiji

Predmeti	Opterećenje, sati				ECTS
	Ukupno	Predavanja	Vježbe	Seminar	
Metode i tehnike znanstvenoistraživačkog rada	20	5	10	5	4
Planiranje pokusa i statističko modeliranje	20	5	10	5	4
Daljinska istraživanja i GIS u šumarstvu	24	10	10	4	5

**Tablica 3.** Doktorski studij *Šumarstvo*, smjer: *Tehnike, tehnologije i menadžment u šumarstvu* – Druga bodovna skupina – Izborni predmeti

Predmeti	Opterećenje, sati				ECTS
	Ukupno	Predavanja	Vježbe	Seminar	
Studij rada i vremena	24	6	8	10	5
Racionalizacija radova pridobivanja drva	24	6	6	12	5
Upravljanje šumskim operacijama	24	6	4	14	5
Kalkulacije troškova pridobivanja drva	24	6	6	12	5
Vrhunske tehnologije pridobivanja drva	24	6	6	12	5
Marketing i trgovina šumskih proizvoda	12	2	4	6	3
Trgovačko pravo	12	4	–	8	3
Pridobivanje drva i šumski okoliš	12	4	2	6	3
Optimizacija šumske prometne infrastrukture	24	8	6	10	5
Primarno i sekundarno otvaranje šuma	24	6	8	10	5
Računalno projektiranje šumskih cesta	24	8	8	8	5
Tehnike i tehnologije izgradnje šumskih prometnica	24	8	6	10	5
Prominentne značajke drva	12	4	6	2	3
Menadžment u šumarstvu	24	8	6	10	5
Korporacijsko upravljanje	12	4	–	8	3
Poslovna etika	12	4	–	8	3
Tehnike mjerenja na šumskim strojevima	24	6	8	10	5
Tehnička i okolišna pogodnost strojeva	24	6	6	12	5
Ergonomija u šumarstvu	24	6	8	10	5

**Tablica 4.** Doktorski studij *Šumarstvo*, smjer: *Tehnike, tehnologije i menadžment u šumarstvu* – Treća bodovna skupina – izvannastavne aktivnosti (120 ECTS)

Znanstvena aktivnost i znanstveni radovi	Broj ECTS bodova
Vođenje znanstvenog projekta (za mlade znanstvenike)	15
Sudjelovanje na domaćem znanstvenom projektu	5
Sudjelovanje na međunarodnom znanstvenom projektu	5
Objavljen znanstveni rad u časopisu skupine a1	30 (A*), 15 (K*)
Objavljen znanstveni rad u časopisu skupine a2	20 (A), 10 (K)
Prezentacija na međunarodnom znanstvenom skupu (skupina a3)	15 (A), 5 (K)
Poster na međunarodnom znanstvenom skupu	10(A), 4 (K)
Izlaganje na domaćem znanstvenom skupu	8 (A), 3 (K)
Poster na domaćem znanstvenom skupu	6 (A), 2 (K)
Ostali članci (prema ocjeni voditelja studija)	0–10
Obrana teme doktorske disertacije	10
Patenti, knjige i dijelovi knjiga (prema ocjeni voditelja studija)	0–15
Nagrade, priznanja i sl. (prema ocjeni voditelja studija)	0–10
Znanstveno usavršavanje u inozemstvu (do 1 mj.)	10
Znanstveno usavršavanje u inozemstvu (od 1 do 3 mj.)	20
Znanstveno usavršavanje u inozemstvu (više od 3 mj.)	30

\* A – prvi autor, K – koautor



**Tablica 5.** Program specijalističkoga studija *Šumarske tehnike i tehnologije*

Predmeti	Opterećenje, sati				ECTS
	Ukupno	Predavanja	Vježbe	Seminar	
I. semestar – Obvezni predmeti					
Metode i tehnike znanstvenoistraživačkog rada s planiranjem pokusa	30	20	10	-	6
Statističke metode i modeli u šumarstvu	30	20	10	-	6
Daljinska istraživanja s GIS-om	40	16	12	12	6
Studij rada i vremena	40	16	14	10	6
Tehnike mjerenja na šumskim strojevima	40	20	20	-	6
Ukupno	180	-	-	-	30
II. semestar – Izborni predmeti					
Šumski drveni proizvodi	18	7	6	5	3
Šumski nedrvni proizvodi	18	7	6	5	3
Sječa i izradba drva	18	10	8	-	3
Privlačenje drva po tlu	36	16	10	10	6
Marketing šumskih proizvoda	18	8	5	5	3
Žičare i zračni transport drva	36	16	10	10	6
Daljinski transport drva	36	20	10	6	6
Tehnička pogodnost šumskih strojeva	36	18	18	-	6
Nepravilnosti drva	18	10	8	-	3
Ukupno	180	-	-	-	30
½ III. semestra – Izborni predmeti					
Vrhunske tehnologije pridobivanja drva	18	10	6	2	3
Logistika šumskih operacijaa	18	10	6	2	3
Kalkulacije troškova šumskih operacija	18	8	10	-	3
Anizotropnost fizikalnih i mehaničkih značajki drva	18	8	10	-	3
Voda u drvetu i drvu	18	8	10	-	3
Okolišna pogodnost šumskih strojeva	18	10	8	-	3
Poduzetništvo i inovacije	18	12	-	6	3
Ergonomija u šumarstvu	18	6	12	-	3
Ukupno	90	-	-	-	15
½ III. semestra i IV. semestar					
Pisanje članaka, izrada specijalističkog rada	270	-	-	-	45
Ukupno	270	-	-	-	45
Sveukupno	-	-	-	-	120

\*u II. i III. semestru studenti biraju najmanje 51 % od navedenih predmeta, a ostatak iz drugih programa

#### 4. Zaključak

Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagreb uspješno svladava obvezne oblike reforme visokoškolskoga obrazovanja prema Bolonjskoj deklaraciji. Izrađeni su obrazovni programi za preddiplomske, diplomске i poslijediplomske (doktorske i specijalističke)

studije. Većina je od njih prošla proces evaluacije te se nalaze u fazi izvođenja. Međutim, moramo biti svjesni činjenice da je svaki sustav obrazovanja u neprekidnoj tranziciji. Iako smo se pri izradbi programa držali načela odgovornosti i savjesti, više je nego sigurno da će se programi svih stupnjeva obrazovanja na Šumarskom fakultetu u vremenu sada-

**Tablica 6.** Program specijalističkoga studija *Šumske prometnice*

Predmeti	Opterećenje, sati				ECTS
	Ukupno	Predavanja	Vježbe	Seminar	
I. semestar – Obvezni predmeti					
Metode i tehnike znanstvenoistraživačkog rada s planiranjem pokusa	30	20	10	-	6
Statističke metode i modeli u šumarstvu	30	20	10	-	6
Daljinska istraživanja i GIS u šumarstvu	40	16	12	12	6
Studij rada i vremena	40	16	14	10	6
Tehnike mjerenja na šumskim strojevima	40	20	20	-	6
Ukupno	180	-	-	-	30
II. semestar – Izborni predmeti					
Primarno otvaranje šuma	36	18	18	-	6
Sekundarno otvaranje šuma	36	18	18	-	6
Metodologije izmjere šumskih cesta	18	8	10	-	3
Računalno projektiranje šumskih cesta	36	14	22	-	6
Tehnologije izgradnje šumskih prometnica	36	26	10	-	6
Vrhunske tehnologije pridobivanja drva	18	10	6	2	3
Osnove poslovanja u šumarstvu	18	12	6	-	3
Ukupno	180	-	-	-	30
½ III. semestra – Izborni predmeti					
Zakonske osnove planiranja, projektiranja i izgradnje šumskih cesta	36	30	6	-	6
Izrada studije otvaranja šuma	36	14	22	-	6
Žičare i zračni transport	18	9	9	-	3
Strojevi za izgradnju šumskih prometnica	36	18	18	-	6
Menadžment poduzeća u šumarstvu	18	10	8	-	3
Ukupno	90	-	-	-	15
½ III. semestra i IV. semestar					
Pisanje članaka, izrada specijalističkog rada	270	-	-	-	45
Ukupno	270	-	-	-	45
Sveukupno	-	-	-	-	120

\*u II. i III. semestru studenti biraju najmanje 51 % od navedenih predmeta, a ostatak iz drugih programa

šnjem i budućem morati stalno brusiti, poboljšavati i na taj ih način približavati zadanim ciljevima reforme, tj. da visokoobrazovne institucije brzo, uspješno i kvalitetno obrazuju mlade stručnjake, kompetentne nositelje razvoja struke i gospodarstva na europskim prostorima.

Zavod za šumarske tehnike i tehnologije Šumarskoga fakulteta u Zagrebu izborio se za časnu i odgovornu dužnost da na drugom i trećem stupnju obrazovanja razvije i nosi posebne obrazovne programe iz šumarskoga inženjerstva.

## 5. Literatura

Anon., 2007: Doktorski studij Šumarstvo – smjer: uzgajanje šuma i lovno gospodarenje; smjer: Tehnike, tehnologije i menadžment u šumarstvu; smjer: Urbano šumarstvo, zaštita prirode, uređivanje i zaštita šuma. Rukopis, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (ur. A. P. B. Krpan, J. Vukelić, B. Hrašovec), str. 1–369.

Anon., 2006: Preddiplomski i diplomski studij Šumarstvo. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (ur. R. Pernar), str. 1–155.

Anon., 2006: Prediplomski i diplomski studij Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okoliša. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (ur. M. Idžojtić), str. 1–93.

Anon., 2006: Studijski programi Drvnotehnološkog odsjeka. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (ur. R. Beljo Lučić), 1–110.

Anon., 2006: Doktorski studij Drvna tehnologija. Rukopis, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (ur. M. Figurić), str. 1–103.

Anon., 2006: Specijalistički studij Šumarske tehnike i tehnologije. Rukopis, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (ur. A. P. B. Krpan), str. 1–73.

Anon., 2006: Specijalistički studij Menadžment i poduzetništvo u šumarstvu. Rukopis, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (ur. I. Martinić), str. 1–52.

Anon., 2006: Specijalistički studij Šumske prometnice. Rukopis, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (ur. D. Pičman), str. 1–49.

Anon., 2006: Specijalistički studij Organizacija proizvodnje. Rukopis, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (ur. M. Figurić), str. 1–23.

Anon., 2006: Specijalistički studij Tehnologija drvnih materijala. Rukopis, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (ur. V. Jambrečković), str. 1–25.

Anon., 2006: Doktorski studiji. Nacionalna zaklada za znanost, visoko školstvo i tehnološki razvoj Republike Hrvatske (ur. P. Lučin), Trg J. J. Strossmayera 4, Zagreb, str. 1–168.

Anon., 2004: Biomedicina i zdravstvo. Medicinska naklada, Zagreb, listopad 2004 (ur. Z. Lacković), str. 1–383.

Anon., 1998: Sveučilišna šumarska nastava u hrvatskoj 1898–1998. Knjiga treća, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu – Pola stoljeća drvnotehnološke nastave. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (ur. B. Ljuljka), str. 1–364.

Anon., 1998: Sveučilišna šumarska nastava u hrvatskoj 1898–1998. Knjiga druga – Sto godina sveučilišne nastave u Hrvatskoj. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (ur. S. Matić), str. 1–709.

---

Autorova adresa:

Ante P. B. Krpan  
e-mail: krpan@sumfak.hr  
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije  
Svetošimunska 25  
HR-10 000 Zagreb  
HRVATSKA





# Iskorištavanje drvnoga ostatka pri sječi i izradbi – iskustvo iz talijanskih Istočnih Alpa

Raffaele Spinelli, Carla Nati, Natascia Magagnotti

## Nacrtač

*Studija koja se vodila u okviru većega talijanskoga projekta analizira tri sustava iskorištavanja drvnoga ostatka i utvrđuje uvjete koji čine određeni sustav pogodnijim u odnosu na ostale. U tu su svrhu autori primjenjivali proračunske modele temeljene na ispitivanjima, koji prikazuju trošak dobave drvene biomase kao funkciju radnih uvjeta te pretpostavku troškova. Iveranje, izradba svežnjeva i transport neusitnjenoga drvnoga ostatka održive su opcije i zaista se primjenjuju na komercijalnoj razini u nekoliko zemalja, uključujući i Italiju. Transport neusitnjenoga drvnoga ostatka najjednostavnija je metoda koja izbjegava ulaganje u skupu opremu. Međutim, sustav je ograničen poteškoćom u potpunom iskorištavanju korisne nosivosti vozila: nije prikladan za transport sitne granjevine ni za duže udaljenosti prijevoza. Iveranje na pomoćnom stovarištu tehnički je najučinkovitija metoda, ali zahtijeva blisku povezanost transportnih sredstava. Ako je kašnjenje kamiona preko 40 minuta po utovaru, onda je izradba svežnjeva bolji odabir.*

*Ključne riječi: šumski ostatak, iveranje, izradba svežnjeva, transport granjevine, troškovi dobave*

## 1. Uvod

Ubrzani je razvoj uporabe obnovljivih izvora energije u Italiji utjecao na tržište proizvoda biomase povećavajući cijene proizvoda, iskorištavanje postojećih izvora biomase te uvoza drvnih ostataka iz susjednih zemalja. Drvni ostatak nastaje kao sporedni proizvod sječe i izradbe, a predstavlja važni izvor drvene sirovine koji se može iskoristiti u energetske svrhe. Stoga zanimanje za nove tehnologije može smanjiti troškove iskorištavanja i povećati udio drvnoga ostatka unutar ekonomskoga dosega. Postoji opći interes za povećanje iskorištavanja drvnoga ostatka, koji zahtijeva stručno znanje. To je posebno važno za područje Alpa i općenito srednju Europu, jer je puno trenutačno dostupnoga znanja potekloga iz nordijskih zemalja, pod vrlo različitim uvjetima rada (Cuchet i dr. 2004).

Drvni ostatak nastaje kao sporedni proizvod izradbe drva u tradicionalne sortimente, kao što su oblovina i celulozno drvo. Izradba se može obavljati u sječini kod panja ili na stovarištu ako se privlače cijela stabla. Potonji slučaj nudi prednost gomilanja drvnoga ostatka pa je iskorištavanje lakše. S druge

strane, drvni ostatak ostavljen u sječini kod panja može se uvijek skupiti i izvesti forvarderom do pomoćnoga stovarišta nakon izradbe. Ako je teren prestrm ili tlo ima malu nosivost za kretanje teških strojeva, onda drvni ostatak mora uvijek biti dostupan na pomoćnom stovarištu bez obzira na to gdje se odvija izradba. Studija razmatra drvni ostatak koji je već dostupan na pomoćnom stovarištu bilo stoga što je stablo tamo izrađeno ili zato što je drvni ostatak privučen nakon izradbe u sastojini. Pod takvim uvjetima iskorištavanje se može provesti prema jednom od sljedeća tri sustava:

- ⇒ 1. iveranje na pomoćnom stovarištu (slika 1) i prijevoz drvnoga iverja do energane (Spinelli i Hartsough 2001)
- ⇒ 2. izradba svežnjeva na pomoćnom stovarištu (slika 2), transport svežnjeva (Andersson 1999) do energane i njihovo iveranje u energani prije korištenja
- ⇒ 3. transport neusitnjenoga ostatka (slika 3) do energane i njegovo iveranje u energani prije korištenja (Ranta i Rinne 2006).



**Slika 1.** Iveranje na pomoćnom stovarištu



**Slika 2.** Izradba svežnjeva na pomoćnom stovarištu

Cilj je ovoga rada analizirati navedena tri sustava iskorištavanja drvnoga ostatka i utvrditi uvjete koji čine određeni sustav pogodnijim od ostalih. Rezultati mogu poslužiti za odluke menadžerima koja je metoda iskorištavanja najpovoljnija za primjenu pod njihovim specifičnim uvjetima rada. Posebno se u

radu želi odrediti: a) udaljenost transporta nakon koje transport granjevine postaje skuplja inačica od transporta drvnoga iverja ili svežnjeva i b) iznos prekida rada iverača zbog čekanja kamiona za utovar koji je prihvatljiv u procesu iveranja prije nego što izradba svežnjeva postane jeftinija opcija.





**Slika 3.** Utovar neusitnjenih ovršina



**Slika 4.** Stacionirani iverač

## 2. Istraživački pristup

Podaci koji se koriste za usporedbu odnose se na iverač Jenz HEM 560D, postavljen na kamionu i opremljen samostalnim motorom od 335 kW te hidrauličnom dizalicom za utovar iverja, i na bandler Timberjack 1490D postavljen na kamionu, također

opremljen hidrauličnom dizalicom. Što se tiče treće opcije, tj. transporta neusitnjenoga drvnoga ostatka, model se odnosi na kamionski skup s posebno povećanim tovarnim prostorom i hidrauličnom dizalicom. Sve tri su radne operacije detaljno ispitane, preciznim mjerenjem vremena rada, vremena prekida, isporučene težine i prijednim udaljenostima

transporta (Spinelli i dr. 2006a). Budući da je cilj ovoga rada znati kada je jedan od tih triju sustava prikladniji od drugoga, sva tri su sustava modelirana statističkim analizama (SAS 1999). Modeli su se koristili za provođenje simulacija radi usporedbe značajki sustava pod različitim uvjetima rada.

Međutim, prije analiziranja rezultata simulacija najbolje je utvrditi neke referentne točke kako bi se bolje razumjeli različiti procesi i izbjegle greške u tumačenju i primjeni rezultata.

- ⇒ 1. Transport svežnjeva ili neusitnjene granjevine sve do energane savjetuje se samo kad je energana opremljena sa stacioniranim iveračem (slika 4). Korištenje takva stroja znatno smanjuje troškove iveranja, čime se djelomice umanjuje utjecaj većih troškova transporta neusitnjenoga ostatka ili dodatnih troškova izradbe svežnjeva (Spinelli i Magagnotti 2005).
- ⇒ 2. Transport neusitnjenoga ostatka uspješno se primjenjuje u Austriji i Finskoj (Ranta i Rinne 2006). Na sjeveroistoku Italije neki izvođači radova koriste također taj sustav na komercijalnoj razini (Spinelli i dr. 2006b). Međutim, postupak se može primjenjivati samo kod odgovarajuće smjese ovršina, oštećenih debala i granjevine. Nije vjerojatno da može dati povoljne rezultate kad se koristi samo sitna granjevina jer se pogoršava glavni nedostatak transporta granjevine, tj. vrlo niska nasipna gustoća tovara i time nemogućnost potpune iskoristivosti korisne nosivosti vozila (Rawlings i dr. 2004). Iz istoga razloga profitabilnost transporta granjevine brzo opada s udaljenošću transporta te je sustav prikladan samo na kratkim udaljenostima. Općenito, prednost transporta drvnih ostataka značajno je smanjenje investicije u određene strojeve, kao što su pokretni iverač ili bandler, koji mogu koštati između 300 000 i 400 000 €.
- ⇒ 3. Izradba svežnjeva ima dva glavna ograničenja: prvo, dodatni je korak izradbe, a drugo, odvija se mnogo sporije od iveranja. Ustvari, trošak bandlera po satu gotovo je isti kao i iverača uz gotovo dva puta veću proizvodnost. Glavna prednost izradbe svežnjeva je logistička: dok rad iverača općenito traži blizinu kamiona za prihvrat iverja koje se izbacuje iz izlazne cijevi iverača, bandleri su potpuno neovisni jer mogu slagati svežnjeve na tlo koji će se prikupiti transportnim sredstvom (Johansson i dr. 2006). Time se sprečavaju svi problemi koordiniranja rada iverača i kamiona koji mogu uzrokovati znatne prekide, čak i nemogućnost dostizanja granice isplativosti

rada iverača. Skupni rad iverača i kamiona također zahtijeva veća pomoćna stovarišta, na koja se istodobno mogu smjestiti i iverač i kamion. Nasuprot tomu bandler se može koristiti na manjim pomoćnim stovarištima jer se transportno vozilo može kretati nakon što je bandler završio rad. Prema tomu, usporedba između iverača i bandlera svodi se na utvrđivanje »praga dezorganizacije« prihvatljivo-ga za iveranje prije nego potpuno ne nestane njegova proizvodna granica isplativosti, pa izradba svežnjeva postane jeftinija opcija.

### 3. Rezultati

Simulacija se temeljila na eksperimentalnim podacima prikazanim u tablicama 1 i 2 za izradbu granjevine (iveranje ili izradbu svežnjeva) i transport: ti su podaci bili zabilježeni na dobro organiziranim radnim operacijama s vrlo ograničenom učestalošću prekida. Eksperimentalni su podaci bili kompatibilni s rezultatima dobivenima od ostalih autora za slične strojeve, posebice za radne značajke bandlera na kamionu u Italiji vrlo su slične značajkama istoga stroja utvrđenima u istraživanjima provedenima u Austriji (Kanzian 2005) i Njemačkoj (Wittkopf 2004). Tablice se odnose na utrošak vremena i proizvodnost stroja po masi suhe tvari kako bi se dobio nedvosmislen zaključak.

Što se tiče iveranja u pogonu, skupljeni su podaci naglasili proizvodnost stacioniranih iverača koji su dosegli 16,7 mase suhe tvari/h pri izradbi svežnjeva i 14,4 mase suhe tvari/h kod granjevine.

Operativni su troškovi procijenjeni s uobičajenim metodama izračuna prilagođenima šumarstvu (Miyata 1980). Pretpostavili smo početnu investiciju od 320 000 € za iverač postavljen na kamionu, 400 000 € za bandler postavljen na kamionu, 110 000 € za svaki kamion i 130 000 € za svaki kamionski skup. Vrijeme amortizacije iznosi 8 godina uz otpisnu vrijednost od 20 %. Godišnja je iskoristivost određena na 1000 sati, pretpostavljajući profesionalnu uporabu. Iznimka su transportne jedinice jer se općenito intenzivnije koriste: prema tomu pretpostavili smo vrijeme amor-

**Tablica 1.** Proizvodnost iveranja i izradbe svežnjeva

Radni postupak	Iveranje	Izradba svežnjeva
Rad, min/odt	7,5	10,0
Ostalo, min/odt	0,5	2,4
Prekid, min/odt	1,0	0,9
Prekid, % od ukupnoga vremena	10,8	6,8
Proizvodnost, odt/h	6,7	4,5

odt – masa suhe tvari, t

Izvor: Spinelli i dr. (2006)



**Tablica 2.** Proizvodnost prijevoza

	Proizvod		
	Iverje	Svežnjevi	Granjevina
Kamion			
Tovar, odt	6,3	5,9	3,5
Vožnja po šumskoj cesti, km/h	14	14	14
Vožnja po lokalnoj cesti, km/h	30	30	30
Vožnja po državnoj cesti, km/h	52	52	52
Utovar, min/tura	50,3	20,7	17
Vaganje i istovar, min/tura	8,4	21,6	10,8
Prekid, min/tura	8,1	8,1	8,1
Kamionski skup			
Tovar, odt	16,0	15,0	9,6
Vožnja po šumskoj cesti, km/h	14	14	14
Vožnja po lokalnoj cesti, km/h	21	21	21
Vožnja po državnoj cesti, km/h	50	50	50
Utovar, min/tura	127,7	52,6	117,0
Vaganje i istovar, min/tura	21,0	48,3	18,7
Prekid, min/tura	10,1	10,1	10,1

Izvor: Spinelli i dr. (2006)

tizacije od 5 godina i godišnju iskoristivost od 1800 sati. Troškovi su rada bili određeni na 18 €/h, kamatna stopa na 4 %, a troškovi goriva na 1,1 €/L. Tako dobiveni izravni troškovi uvećani su za 25 % kako bi se uračunali profit i neizravni troškovi. Tada troškovi rada iznose 165 €/h za pokretni iverač, 159 €/h za bandler, 59 €/h za kamion i 70 €/h za kamionski skup. Kod transporta granjevine uključeni su troškovi drugoga radnika koji pomaže pri utovaru jer često treba prerezivati ovršine stabala. Taj posao može obavljati radnik na dizalici ako je hvatalo opremljeno s hidrauličnom pilom, međutim tijekom naših istraživanja nije promatrana takva organizacija rada pa je zato izbjegnuta ekstrapolacija podataka. Trošak pomoćnog radnika pri utovaru je predviđen u iznosu do 18 €/h i uračunat samo za vrijeme utovara, a ne za cijeli turnus. Troškovi rada stacioniranoga iverača izračunati su na različitim postavkama, bliže ekonomskim uvjetima teške industrije, kao što je: godišnja iskoristivost od 4800 sati, vrijeme amortizacije od 8 godina i troškovi električne energije od 0,08 €/kWh. Rezultati su provjereni uz pomoć menadžera energane i ukazuju na trošak iverača od 130 €/h.

Navedeni su podaci prikupljeni u radnu tablicu i koriste se za izračun:

⇒ najveće udaljenosti unutar koje je transport neusitnjene granjevine jeftiniji od prijevoza iverja ili granjevine

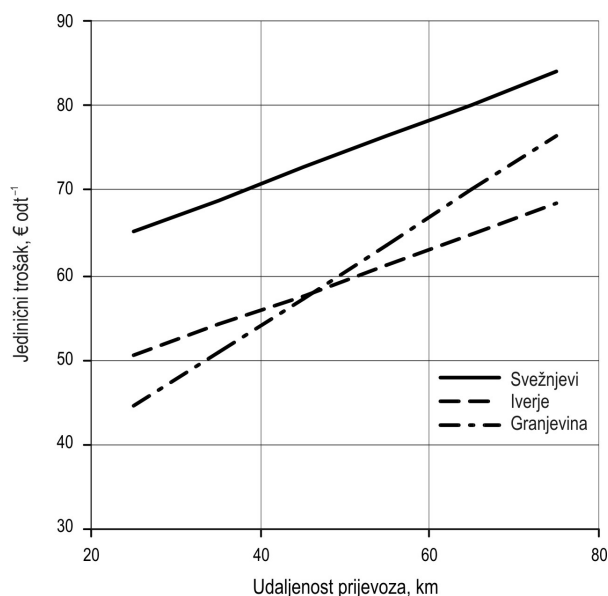
⇒ iznos prekida rada iverača koji je prihvatljiv prije nego izradba svežnjeva postane jeftinija opcija.

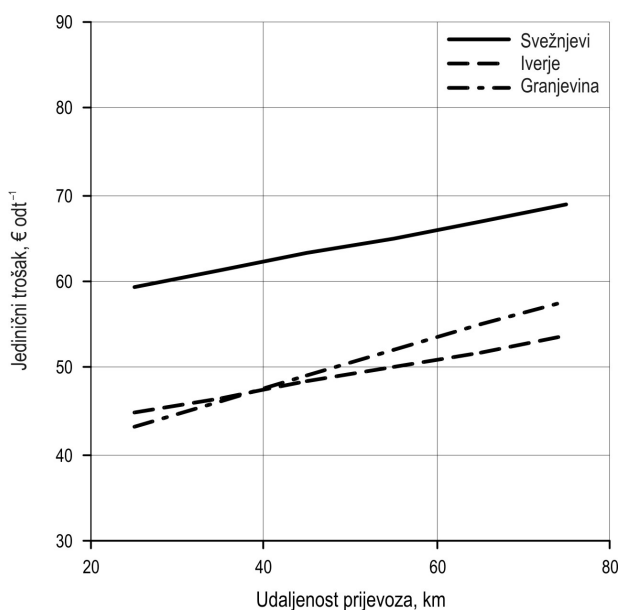
Te su se simulacije provodile za dva različita slučaja: 1) veličina pomoćnoga stovarišta i standard ceste omogućuju uporabu kamionskoga skupa za transport, 2) veličina pomoćnoga stovarišta i/ili standardi cesta prisiljavaju uporabu kamiona za transport.

Slike 5 i 6 pokazuju ovisnost između troškova dobave o udaljenosti transporta za tri sustava. Slika 5 odnosi se na transport kamionom, dok se slika 6 temelji na uporabi kamionskoga skupa. U oba slučaja pretpostavili smo da su radne operacije dobro organizirane i da iverač obično čeka 5 minuta između odlaska transportne jedinice i dolaska sljedeće.

U oba slučaja pokazalo se da je izradba svežnjeva najmanje učinkovita opcija. Nasuprot tomu transport neusitnjenih ostataka javlja se kao najjeftinija opcija kada udaljenost transporta ne premašuje 40 km, što vrijedi samo kod relativno krupne granjevine. U suprotnome problem je prikupiti dostatan tovar granjevine nakon odvajanja ovršina i deblovine promjera iznad 10 – 12 cm. Promatrane su raščlambe provođene pri pridobivanju drvnih ostataka dobivenih nakon kresanja grana i odvajanja debla od ovršine na promjeru od 18 – 20 cm.

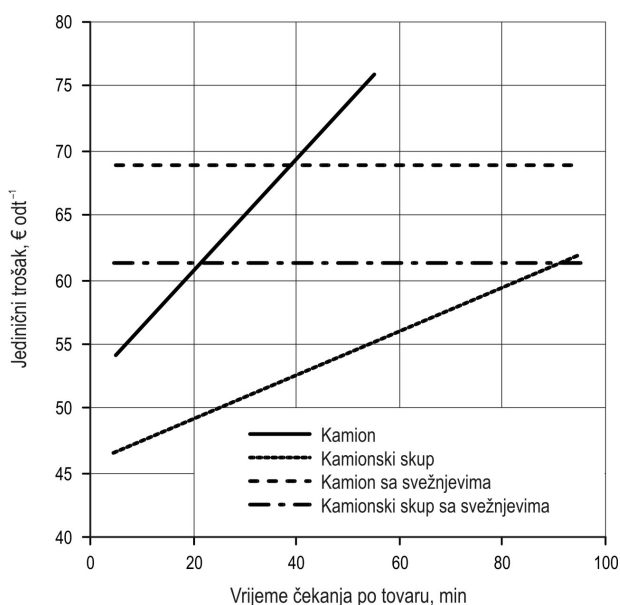
Iako je sustav iveranja puno jeftiniji od sustava izradbe svežnjeva, iveranje je jako osjetljivo na organizacijske probleme: može biti djelotvorno samo ako je kamion za prihvat iverja smješten uz iverač, a nije uvijek lako jamčiti dobru koordinaciju iverača i kamiona. Prema tomu rad iverača može se usporiti stalnim prekidima koji se mogu smatrati normalni-

**Slika 5.** Ovisnost troškova dobave o udaljenosti transporta kamionom



**Slika 6.** Ovisnost troškova dobave o udaljenosti transporta kamionskim skupom

ma i prihvatljivima ako je njihova učestalost unutar određenih granica. U našim prethodnim simulacijama pretpostavili smo prosječni prekid između kamiona od 5 minuta, što je sigurno prihvatljivo. Kako prekidi postaju sve duži, troškovi iveranja postaju viši i u određenom trenutku doseći će istu vrijednost kao i troškovi izradbe svežnjeva. Iznad te granice izradba svežnjeva postaje prikladnija opcija. Slika 7 pokazuje rezultate simulacije koja se provodila za



**Slika 7.** Ovisnost troškova dobave o vremenu prekida rada iverača - čekanje između tovara

povećano vrijeme čekanja iverača, pretpostavljajući udaljenost transporta od 35 km, od kojih su 2 km na šumskim cestama, 10 km na lokalnim cestama, a ostatak od 13 km na državnim cestama.

Ako kamioni prevoze, iveranje je pogodnije od izradbe svežnjeva sve dok je prosječno vrijeme čekanja između odlaska kamiona i dolaska sljedećega manje od 40 minuta (slika 7). Kada se koriste kamionski skupovi, iverač može dopustiti prosječno vrijeme prekida od gotovo sat i pol prije nego izradba svežnjeva postane bolja opcija. Konačno, tu je i treća mogućnost, tj. da je pomoćno stovarište preusko za istodobni smještaj iverača i kamionskoga skupa, ali se može nalaziti kamionski skup bez prisutnosti iverača. Tada će izradba svežnjeva omogućiti uključivanje djelotvornijega transportnoga sredstva, dok iveranje zahtijeva jednostavnije, manje učinkovite kamione. U tom je slučaju iveranje poželjnije samo ako se prekidi mogu zadržati u okviru prosječne vrijednosti od 20 minuta po utovaru (slika 7).

#### 4. Zaključak

Iveranje, izradba svežnjeva i transport neusitnjenoga drvnoga ostatka održive su opcije i primjenjuju se na komercijalnoj razini u nekoliko zemalja, uključujući i Italiju. Svaka opcija ima svoje prednosti i nedostatke, koje se moraju pažljivo vrednovati kako bi se donijela odluka koja je najprikladnija za određenu situaciju.

Transport neusitnjenoga drvnoga ostatka najjednostavnija je metoda kojom se izbjegava nabava skupih strojeva. Međutim, sustav je opterećen problemom nedovoljne nosive iskoristivosti transportnoga sredstva te stoga nije prikladan transport sitne granjevine.

Iveranje na pomoćnom stovarištu najučinkovitija je metoda, ali zahtijeva vrlo dobru organizaciju transportnih sredstava. Broj sredstava potrebnih za rad mora biti usklađen s proizvodnošću iverača i transportnom udaljenošću: povećanjem prekida rada iverača zbog čekanja transportnoga sredstva smanjuje se proizvodnost iverača, što pridonosi opravdanosti primjene drugih dvaju načina.

Izradba je svežnjeva dodatni proces i prema tomu povećava ukupni trošak iskorištavanja. Međutim, predstavlja tehnološko rješenje neovisno o organizacijskim problemima povezanim s iveranjem na pomoćnim stovarištima. Ako lokalne drvene kompanije nisu dovoljno dobro organizirane kako bi jamčile tijesnu operativnu suradnju, izradba svežnjeva postaje bolja opcija, posebice ako se radi sa sitnom granjevinom, čime se isključuje transport neusitnjenoga drvnoga ostatka.

Simulacije koje su provedene pokazuju da je izradba svežnjeva pogodnija od iveranja kada pro-

sječno vrijeme čekanja iverača dosegne 40 minuta po kamionu ili sat i pol po kamionskom skupu. Ako izradba svežnjeva također omogućuje transport kamionskim skupom, a ne samo kamionom, iveranje je na pomoćnom stovarištu povoljnija opcija samo ako prosječno vrijeme čekanja po kamionu ne premašuje 20 minuta.

Naravno, takvi rezultati ovise o određenim procjenama troškova koji su prethodno opisani. Različiti se zaključci mogu donijeti pod drugačijim pretpostavkama, kao što su manje intenzivno iskorištavanje strojeva, prestanak javnih subvencija ili obavljanje rada pri marginalnim troškovima. U tu svrhu čitatelje se potiče da traže i koriste navedene podatke za izračunavanje troškova iskorištavanja pod uvjetima specifičnima za korisnika.

## Zahvala

Godine 2003. CNR je započeo novi projekt isplativoga pridobivanja šumskoga iverja u alpskim šumama sjeveroistočne Italije. Projekt je dobio sponzorstvo 14 različitih organizacija, uključujući šumske službe pokrajina Trentino, Veneto i Friuli-Venezia Giulia, te glavnih udruženja vlasnika šuma toga područja. Provedeno je dvadeset terenskih istraživanja u različitim sastojinama i uvjetima, koji su doveli do izradbe nekoliko modela proračuna. Cjelokupni rezultati sažeti su u knjižici *Smjernice za razvoj lanaca dobave šumskoga iverja*, koja je dostupna i na engleskome. Elektronička inačica knjige može se zatražiti dopisom autoru na adresu: spinelli@ivalsa.cnr.it

## 5. Literatura

Andersson, G., 1999: New technique for forest residue handling – Proceedings of the Forest Engineering International Conference, Edinburgh, 28–30 June 1999, 6 str.

Cuchet, E., P. Roux, R. Spinelli, 2004: Performance of a logging residue bundler in the temperate forests of France. *Biomass i Bioenergy*, 27: 31–39.

Johansson, J., J. Liss, T. Gullberg, R. Bjorheden, 2006: Transport i handling of forest energy bundles – advantages i problems. *Biomass i Bioenergy*, 30(4): 334–341.

Kanzian, C., 2005: Bereitstellung von Waldhackgut: Verfahren Energieholzbindeln im Gebirge. Universität für Bodenkultur Wien, Department für Wal- und Bodenwissenschaft, 36 str.

Miyata, E. S., 1980: Determining fixed i operating costs of logging equipment. General Technical Report NC-55. Forest Service North Central Forest Experiment Station, St. Paul, MN, 14 str.

Ranta, T, S. Rinne, 2006: The profitability of transporting uncomminted raw materials in Finland. *Biomass i Bioenergy*, 30(3): 231–237.

Rawlings, C., B. Rummer, C. Seeley, C. Thomas, D. Morrison, H. Han, L. Cheff, D. Atkins, D. Graham, K. Windell, 2004: A study of how to decrease the costs of collecting, processing i Transporting Slash. Montana Community Development Corporation. Missoula (MT), 21 str.

SAS Institute Inc. 1999. StatView Reference. SAS Publishing, Cary, NC. p. 84–93. ISBN-1-58025-162-5

Spinelli, R., B. Hartsough, 2001: A survey of Italian chipping operations. CNR-IRL Contributi Scientifico-Pratici XLI, Firenze, 112 str.

Spinelli R., N. Magagnotti, 2005: Recupero di biomassa residua nel taglio a gruppi in fustaia Alpina. *Dendronatura*, 2: 49–60.

Spinelli, R., C. Nati, N. Magagnotti, 2006: Recupero di biomassa: alcune utilizzazioni di boschi Alpini. *Sherwood*, 119: 1–7.

Spinelli, R., N. Magagnotti, C. Nati, M. Aguanno, 2006b: Produzione di biomassa dalla gestione delle peccete artificiali alpine. *Dendronatura*, 1: 23–30.

Wittkopf, S., 2004: Einsatz der Bündelmaschine Fiberpac. *LWF Aktuell*, 48: 24–26.

---

Adresa autorâ:

Raffaele Spinelli  
e-mail: spinelli@ivalsa.cnr.it  
Carla Nati  
e-mail: nati@ivalsa.cnr.it  
Natascia Magagnotti  
e-mail: magagnotti@ivalsa.cnr.it  
CNR/IVALSA  
Via Madonna del Piano – Palazzo F  
I-50019 Sesto Fiorentino (FI)  
ITALY





# Prirodni sastav vrsta drveća kao osnova razvoja modela cijena drva na panju

Boštjan Košir, Živko Košir, Janez Krč

## Nacrtak

*Razvoj i korištenje modela imaju značajnu ulogu u istraživanju šuma i njihovu gospodarenju u Sloveniji. Kako se šumama potrajno gospodari na način blizak prirodnomu, nužno je osloniti se na postojeća znanja o sastavu biljnih zajednica. Rad opisuje potrebu za modeliranjem cijena drva na panju, te osnovnu zamisao razvoja modela koji se može ponašati dinamično kako se struktura šuma približava konačnomu cilju – strukturi vrsta drveća koja je bliska prirodnoj. Glavne biljne zajednice u Sloveniji i njihova svojstvena struktura drveća predstavljaju tzv. ciljni model. Ulazni podaci preuzeti su iz baze podataka nacionalne inventure šuma i uspoređeni s ciljnim modelom. Razlika između modelom oblikovane i stvarne strukture drveća, zajedno s rastom i drugim varijablama, daje intenzitet i strukturu propisanoga godišnjega sječnoga obujma drva (etat) te samim time i vrijednost drvnih sortimenata. Pomoću modela razvijeno je i nekoliko mogućih nacрта gospodarenja za sljedeća desetljeća, a modeli su se pokazali kao dobra osnova za donošenje odluka.*

*Ključne riječi: biljne zajednice, cijena drva na panju, gospodarenje šumom, model*

## 1. Uvod

Inventura šuma u Sloveniji sadržava veliku zbirku podataka koja se rijetko koristi za složenije analize. S druge strane, postoji veliko zanimanje za dugoročne prognoze na različitim razinama. Najveći interes pokazuju šumske kompanije i veći šumovlasnici. Zakon o šumama propisuje održivo i višenamjensko gospodarenje šumama, blisko prirodnomu, a koje također treba podržavati biološku raznolikost i uzimati u obzir socijalni aspekt šuma. Očito je poznavanje prirodnoga stanja šumske vegetacije nužno u traženju najboljih rješenja budućega razvoja šuma.

Slika sastava drveća prirodnih biljnih zajednica u prošlosti može se dobiti samo s dvije skupine varijabli. U prvoj se skupini nalaze intenzivni ljudski čimbenici vezani uz erozijske procese. Na početku su ti čimbenici bili povezani s egzistencijalnim potrebama doseljenika, ali poslije je komercijalno korištenje šume postalo važnije. Na potrebe su također utjecali i današnji pristupi uzgajanja šuma. Drugu skupinu čimbenika čini prirodna sposobnost obnove šume, koja se obnavlja ovisno o prirodnim biljnim zajednicama, što se još uvijek događa u sadašnjoj sukcesiji. Tijekom toga progresivnoga procesa nisu rekonstruirane sve prošle strukture sastojina, a razli-

ka je u njihovoj dobnoj strukturi još uvijek vidljiva. Promijenjena dobna struktura uvelike utječe na udio vrsta drveća kraćega životnoga vijeka.

Središnji je dio Slovenije uvijek bio gusto pokriven prirodnom šumom. Obnova je šume vrlo dobra, a unutar prirodnih zajednica vegetacije također je veoma brza. Mozaik razvojnih faza sastojina može ukazati na njihov stupanj sukcesije te se tako omogućuje praćenje cijele sukcesije. Struktura slovenskih šumovlasnika dosta je pridonijela poznavanju stupnjeva sukcesije, jer se mali dijelovi šume mijesaju zajedno s poznatim povijesnim razvojem.

Studije moguće šumske vegetacije uvijek su se temeljile na poznavanju njihove sukcesije. Međutim, definicija se biljne zajednice temeljila na studijama najnetaknutijih šumskih sastojina, koje su bile najbliže svojoj izvornoj prirodnoj strukturi i obliku (Košir 1979, Košir 1992, Košir 1994). Danas te šume pripadaju komercijalnim šumama različitih pristupa uzgajanja šuma, ali uglavnom u optimalnim razvojnim fazama. Takve studije daju vrlo ograničeno znanje o svom daljnjem razvoju prema izvornim prašumskim oblicima, ali kako se šumama gospodari s nužno skraćenom prirodnom vremenskom ophodnjom – pola ili čak manje – značajke karakterističnoga prirodnoga sastava moguće šumske vege-

tacije postaju još važnije. Rezultati tih studija odličan su temelj za procjenu prirodne strukture drveća biljne zajednice u sadašnjim oblicima uzgajanja šuma.

## 2. Potreba za modeliranjem

Gospodarenje je šumama blisko i tradicionalno povezano s prirodnim razvojem šumskih sastojina. Unatoč mnogim promjenama koje je učinio čovjek, moguće stanje šume postalo je najvažnija osnova za donošenje kratkoročnih i dugoročnih odluka. Mnogo godina tradicionalne metode šumske inventure bile su dovoljne za dobivanje podataka potrebnih za donošenje odluka o dopuštenom etatu, intenzitetu i učestalosti proreda, početku obnove i mnogim drugim specifičnim postupcima u šumi. Te metode nisu dovoljne za projekciju šumskoga razvoja tijekom dugoga razdoblja i u skladu s tim za pružanje potrebnih investicija u šumu kao temelj tehnoloških rješenja propisanih mjera. Dohoci od vrijednosti šume i drva na panju u duljem razdoblju mogu se izračunati uz pomoć odgovarajućega modela. Postoje još mnoge druge mogućnosti koje su dostupne primjenom modela, ali međutim ne pripadaju temi ovoga rada (Krč 1995, Krč 1999b).

Broj varijabli koje imaju značajan utjecaj na donošenje odluka također se povećava jer postoji sve veća potražnja za uključenjem različitih šumskih funkcija u njihove odluke. Prema tomu, potrebno je donijeti odluke što hitnije, a to traži vještinu računalnoga programiranja, razumijevanje općih zahtjeva gospodarenja šumom, tehnološko znanje i odlično poznavanje mogućega prirodnoga stanja šuma (Košir 1997).

## 3. Metode

Osnovna je pretpostavka, kojom je pokrenut početak istraživanja, da se model može koristiti za opisivanje nedeterminističkih sustava, s puno stohastičkih varijabli. Takav rad zahtijeva uključivanje stručnjaka iz različitih polja šumarske znanosti, ali je očekivani rezultat vrijedan truda. Kompleksnost, fleksibilnost i dinamičnost glavne su značajke na koje će se naići tijekom razvoja modela. Dinamika igra posebnu ulogu jer ovisi o ulaznom statusu izabranih varijabli, konačnom cilju koji će se postići i postupcima koji će se primjenjivati za ostvarenje cilja.

U slovenskom gospodarenju šumama, koje je blisko prirodnomu, ključni dugoročni cilj utvrđuje se sastavom vrsta drveća koji je sličan mogućemu prirodnomu stanju šumske sastojine (Košir 1975, Košir 1976). Biljne zajednice koje su najvažnije s gledišta gospodarenja šumama, kao i neke druge koje pokrivaju velika područja u submediteranskom dijelu

Slovenije ili imaju vrlo uzak ekološki opseg, prikazane su o dodatku 1.

U skladu sa zadatkom ovaj rad prikazuje moguću strukturu drveća biljnih zajednica s naglaskom na nositelje drvene zalihe. Vrste drveća s manjim udjelom te sličnim rastom i životnim vijekom odvojene su u posebne skupine. Skupina visokovrijednih listača koje su česte na planinskim terenima sastoji se od ovih vrsta: *Acer pseudoplatanus* L., *Acer platanoides* L., *Ulmus glabra* Huds., *Fraxinus excelsior* L. i rijetko *Tilia platyphyllos* Scop. U šumama nizina i brežuljaka u istoj skupini mogu se naći: *Ulmus laevis* Pallas, *Fraxinus oxycarpa* Willd. (*F. angustifolia*), *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. i *Tilia cordata* Mill. U skupini tvrdih listača nizinskih šuma nalaze se: *Carpinus betulus* L. te također *Acer campestre* L., *Prunus avium* L. i *Sorbus torminalis* (L.) Cr. Na malo većim visinama u istoj skupini prevladavaju ove vrste: *Ostrya carpinifolia* Scop., *Sorbus aria* (L.) Cr., *Quercus cerris* L. i *Sorbus aucuparia* L. Posebna skupina mekih listača, koja se sukcesivno pojavljuje od nizina do nižih planina, sastoji se od ovih vrsta: *Populus tremula* L., *Populus alba* L., *Salix alba* L., *Betula pendula* Roth. i *Alnus incana* (L.) Moench. Udio najvažnijih vrsta drveća u drvnim zalihama definira se odvojeno. To su ove vrste: *Picea abies* (L.) Karst., *Abies alba* Mill., *Larix decidua* Mill., *Pinus sylvestris* L., *Pinus nigra* Arnold, *Fagus sylvatica* L., *Quercus robur* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. i *Acer pseudoplatanus* L.

Struktura vrsta drveća koja je najbliža strukturi nekih zajednica u susjednim zemljama je predalpska bukova šuma i jelovo-bukova šuma. Međutim, postoje značajne razlike u strukturi vrsta drveća prikazanih u dodatku 1 i sličnim zajednicama u Švicarskoj i Austriji (Zukrigel 1973, Mucina i dr. 1993, Oberdorfer 1992a, Oberdorfer 1992b, Ellenberg 1996). Pogleđajmo nekoliko primjera. U slovenskim miješanim šumama obične jele i bukve na vapnencu udio je smreke mnogo niži, udio je obične jele viši, a samo u nekim varijetetima prevladava bukva. U istočnim Alpama slične zajednice obične jele i bukve (osim višega udjela obične smreke) ima također nešto bijelog bora. S druge strane, obična smreka u Sloveniji ne pokriva velika subalpinska područja kao u susjednim zemljama, ali se može naći na ekstremnim staništima, na silikatnoj i dolomitnoj kamenoj podlozi, na stjenovitom tlu sve do nizina. Na nekim mjestima javlja se bijeli bor čineći miješane šume zajedno sa smrekom. Šumama listača velike vrijednosti nedostaje *Tilia platyphyllos* Scop. S druge strane *Acer platanoides* L. dobiva sve važniju ulogu i u nekim slučajevima može čak prevladati u strukturi drveća na određenim lokacijama. Posebna je struktura također karakteristična za bukove šume na ekstremnim silikatnim podlogama, na kojima obična

smreka ima dobru prirodnu vitalnost. Takva šuma u drugim slučajevima ima sličnosti s nizinskim šumama obične jele na silikatnoj kamenoj podlozi. U zapadnoj Sloveniji u smjeru obale udio ilirskih vrsta drveća postaje sve veći, ali to su već značajke submediteranskoga područja.

Ulazni podaci za svaku šumsku sastojinu uzeti su iz slovenske baze podataka šuma, koju održava slovenski Zavod za šume i koja sadrži 78 667 unosa za područje od 1 116 206 ha šuma. Mnoge su šumske sastojine drastično smanjene gospodarenjem u prošlosti iz različitih razloga. Neka su područja u privatnom vlasništvu pretjerano iskorištavana ili promijenjena prema potrebama vlasnika šuma. S druge strane neka su područja promijenjena u čiste smrekove sastojine ili se na njih utjecalo na mnoge druge načine. Unatoč tim promjenama većina je šuma ostala manje ili više u stanju koje je blisko prirodnomu, što pogotovo vrijedi za državne šume.

#### 4. Rezultati

Ispitivanje razlika između sadašnjega i mogućega vegetacijskoga pokrova vrlo je zanimljivo jer je važno za ponašanje modela. Što je veća razlika, to je duže razdoblje prilagodbe stanju šuma bližemu prirodi. Intenzitet prorjeđivanja također ovisi o toj razlici, kao i mnogi drugi izlazi modela. Razlike između mogućih i sadašnjih udjela u drvnim zalihama združenih skupina vrsta drveća prikazani su na slici 1 (izvor sadašnjih udjela vegetacije: Program razvoja šuma Slovenije, 1995).

Ukratko, kako je prikazano na slici 1, najveća je razlika uzrokovana nerazmjerom udjela obične smre-

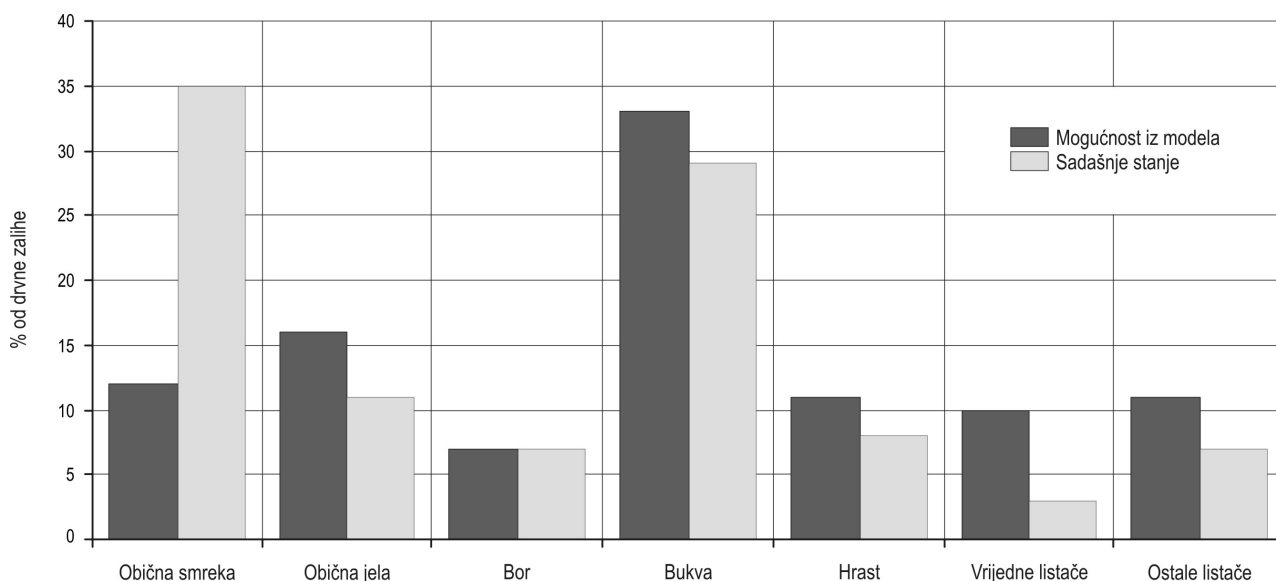
ke u drvnoj zalihi u prošlosti. Ako je konačni cilj struktura šume koja je slična prirodnoj, u sljedećem desetljeću očekuje se intenzivnija sječa. Prioritet treba dati vrstama drveća s malim udjelima, ali s velikim prirodnim mogućnostima (Krč 1999a, Krč 1999b).

Konačni cilj kretanja razvoja šume u modelu je utvrđen u dodatku 1. Ulazni je status utvrđen šumskom inventurom i postoji samo pitanje postupaka koji su ugrađeni u model. Ti su postupci izvan opsega ovoga rada, ali želimo naglasiti činjenicu da su ispitani različiti putovi do konačnoga cilja u razdoblju od 90 godina. Utvrđeni su alternativni nacrti gospodarenja šumom duljinom ophodnje i intenzitetom proreda (tablica 1), što se kontroliralo ciljnim stanjem strukture sastojine. Ciljna je struktura sastojine definirana kao struktura vrsta drveća po drvnom obujmu prikladna za biljnu zajednicu na određenom staništu i u odnosu sa sadašnjom fazom razvoja šume.

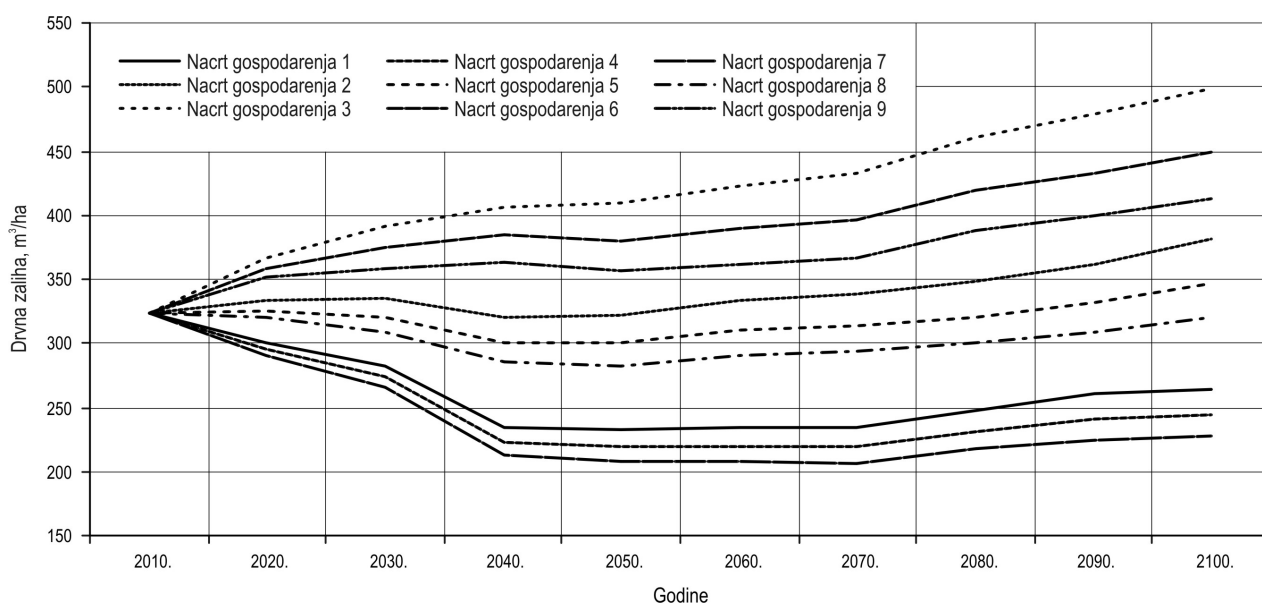
**Tablica 1.** Određivanje nacrti gospodarenja za prevođenje sastojina u prirodnu strukturu mijenjanjem intenziteta proreda i duljina ophodnje

Intenzitet prorede	Duljina ophodnje		
	120 godina	140 godina	160 godina
Slab	Nacrt 1	Nacrt 2	Nacrt 3
Umjeren	Nacrt 4	Nacrt 5	Nacrt 6
Jak	Nacrt 7	Nacrt 8	Nacrt 9

Do sada je model ispitivan u istraživanju na jednoj gospodarskoj jedinici šume u alpskom predjelu, gdje se ispitao učinak razdoblja ophodnje i intenziteta proreda na konačni rezultat. Simulacije su pokazale



**Slika 1.** Razlike između mogućih i sadašnjih udjela u drvnoj zalihi skupina vrsta drveća



**Slika 2.** Model predviđanja prosječnoga razvoja drvene zalihe gospodarske jedinice pri različitim nacrtima gospodarenja

da intenzitet sječe i dani prioriteta utječu na konačni uspjeh (Krč 1999). Utjecaj duljine razdoblja ophodnje ima također važan učinak na više ili niže vrijednosti drva na panju. Jedna od osnovnih značajki prikazana je na slici 2. Najbolji nacrti za dobivanje najviše drvene zalihe u razdoblju do 2080. su 3, 6 i 9, što znači (tablica 1) vrlo dugo razdoblje ophodnje od 160 godina. Unutar toga odabira slab će intenzitet sječe dati najbolje rezultate – najviša drvena zaliha sa strukturom drveća, koja se neće bitno razlikovati od sadašnje. »Obujam« i »vrijednost« puno su puta na suprotnim stranama formule. Teško je predvidjeti koja je opcija najbolja s gledišta cijene drva na panju. Moraju se napraviti daljnje analize s detaljnijim razmatranjima troškova tehnologije i kretanja tržišnih cijena.

Ovisnost vrijednosti drva na panju o troškovima i vrijednosti sastojine jako je poznata (Winkler 1996) i o tome se u ovom radu neće raspravljati. Naše je zanimanje bilo usredotočeno na razvoj sastojine kao osnovu cijene drva na panju i ostalih izračuna. Jednostavne, ali ne precizno točne pretpostavke su: veći prirast = više drva = viša cijena drva na panju i

preciznije: više drva četinjača = viša cijena drva na panju.

Iz tablice 2 može se vidjeti da nema jako velikih razlika između intenziteta prorede unutar istoga razdoblja ophodnje. Duže razdoblje ophodnje ipak znači veći obujam sječe. Struktura obujma sječe daje jako različite rezultate u prvim nekoliko desetljeća (slika 3). Na kraju vremenskoga tijeka modela razlike će se između nacrti smanjiti i bit će manje od 20 % od osnovne cijene drva na panju. To konačno razdoblje bit će također vrijeme u kojem će struktura šume nalik prirodnoj biti normalna, a razlike u razdobljima ophodnje u većini sastojina neće biti ključne. Sličnost je između nacrti u tom pogledu uobičajena i očekivana.

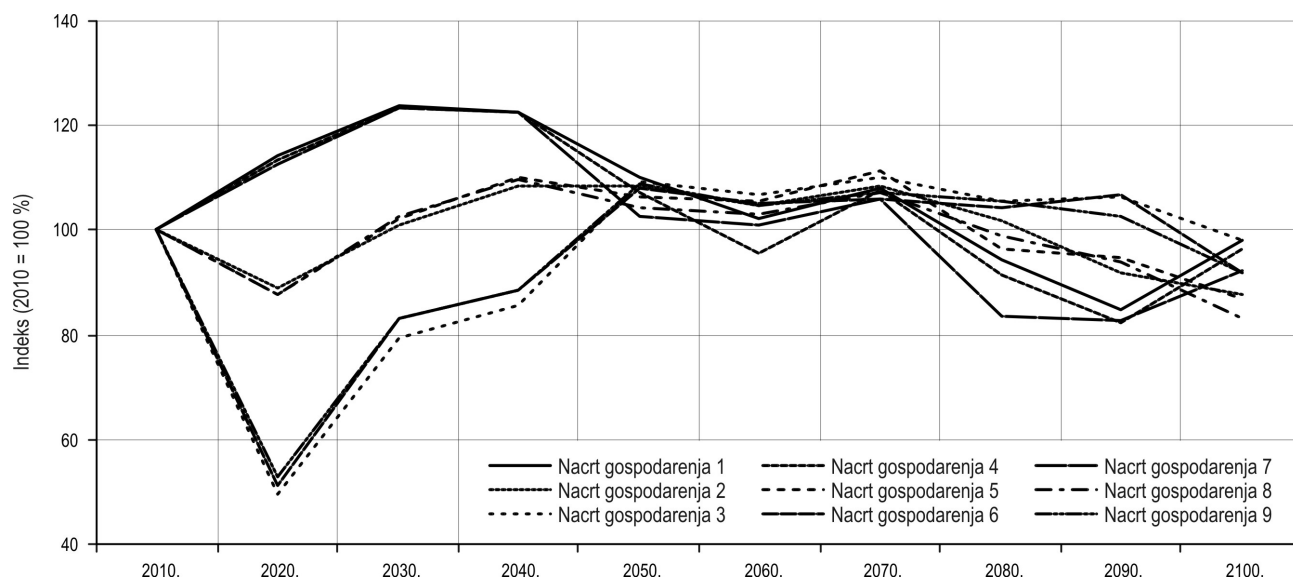
Cijelo razdoblje predviđanja može se podijeliti u tri vremenska intervala. Na rezultate u njima utječu sadašnje (početne) strukture sastojina (2010. godina) s prevladavajućom starijom fazom razvoja šuma u gospodarskoj jedinici:

1. od 2010 do 2050. – najbolji se rezultat dobiva nacrtima kratke ophodnje, a najgori nacrtima razdoblja duge ophodnje

**Tablica 2.** Odnosi između obujma posječenoga drva za različite duljine ophodnji i intenziteta proreda

Intenzitet prorede	Slab			Umjeren			Jak		
Duljina ophodnje, godine	120	140	160	120	140	160	120	140	160
Proreda	100	171	250	100	170	244	100	170	246
Dovršna sječa	100	84	65	100	82	62	100	83	63
Ukupno	100	105	110	100	106	113	100	106	112





Slika 3. Model predviđanja cijena drva na panju pri različitim nacrtima gospodarenja

2. od 2050. do 2070. – razlike su između različitih nacrti male, ali kratka razdoblja ophodnje već su u najgorem položaju

3. od 2070. do 2100. – razlike između nacrti idu gore i dolje slijedeći tendenciju da se najniže cijene drva na panju ostvare kratkim razdobljima ophodnje.

## 5. Rasprava

Modeli kretanja razvoja šuma mogu biti izvrsna osnova za mnoge druge proračune, čija točnost ovisi o procedurama i ulaznim podacima. U prikazanom je slučaju važna osnova za model prirodan sastav vrsta drveća prema glavnim vegetacijskim tipovima. Ova je tablica napravljena na osnovi znanja o sastavu vegetacije i sukcesiji prirodnih biljnih zajednica u Sloveniji. Odstupanja između ciljnoga i stvarnoga stanja pojedinih sastojina mogu u ekstremnim slučajevima biti vrlo velika, ali problem gospodarenja sastojinama koje su bliske prirodnima za većinu se može riješiti sa zadovoljavajućom točnošću. Usprkos navedenom potrebna su daljnja istraživanja sukcesije biljnih zajednica na osjetljivim ili oštećenim staništima. Modeli pokazuju da je u sljedećim desetljećima najnepovoljnija situacija za šumovlasnika (najniža cijena drva na panju) ona s najduljim vremenom ophodnje, a najpovoljniji je nacrt gospodarenja kratke ophodnje u kojem se smrekove kulture prevode u sastojine koje su po sastavu bliske prirodnima u razdoblju od tri desetljeća. Pretpostavka je da će se u budućnosti situacija promijeniti pa će dulje ophodnje sastojina prouzročiti porast cijena drva na panju. Daljnji razvoj modela i promi-

canje njihova korištenja imaju najveće značenje za gospodarenje šumama. Također je potrebno hitno istražiti povezanost vrijednosti drva stojećega stabla s tehnološkim razvojem i investicijama u šumarstvu.

## 6. Literatura

- Anon., 1995: The Forest Development Programme of Slovenia. Ministry of Agriculture, Forestry i Food, Ljubljana, 1995, 9 str.
- Ellenberg, H., 1996: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 5. Auflage, Stuttgart, 1094 str.
- Mucina, L., G. Grabherr, S. Wallnöfer, 1993: Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil III, Stuttgart, 353 str.
- Košir, B., 1997: Building a Tool for Multilevel Planning. A Preliminary Report Seminar IUFRO S3.04, 16. –20. 6. 1997, Madrid.
- Košir, Ž., 1975. i 1976: Vrednotenje gozdnega prostora po varovalnem in lesnoproizvodnem pomenu na osnovi naravnih razmer. Zasnova uporabe prostora – gozdarstvo, Zavod SR Slovenije za družbeno planiranje in Inštituta gozdno in lesno gospodarstvo pri Biotehniški fakulteti, Ljubljana, 145 str.
- Košir, Ž., 1979: Ekološke, fitocenološke in gozdnogospodarske lastnosti Gorjancev v Sloveniji. University of Ljubljana, Biotechnical Fac., Dep. of Forestry i Forest Resources, Research Rep. 17, Ljubljana, 242 str.
- Košir, Ž., 1992: Vrednotenje proizvodne sposobnosti rastišč in ekološkega značaja fitocenoz. Ministry of Agriculture, Forestry i Food, Ljubljana, 58 str.
- Košir, Ž., 1994: Ekološke in fitocenološke razmere v gorskem in hribovitem jugozahodnem obrobju Panonije. Forestry Publ., Ljubljana, 149 str.

Krč, J., 1995: Model napovedovanja oblik spravila lesa. University of Ljubljana, Biotechnical Fac., Dep. of Forestry i Forest Resources, Master of Sc. Thesis, Biotehniška fakulteta, Ljubljana, 114 str.

Krč, J., 1999a: Analiza spremenjenosti količinske in vrstne sestave gozdov po dveh različnih metodah ter njuna primerjava. University of Ljubljana, Biotechnical Fac., Dep. of Forestry i Forest Resources, Research Rep. 60, Ljubljana, str. 211–236.

Krč, J., 1999b: Večkriterialno dinamično vrednotenje tehnoloških, ekonomskih, socialnih in ekoloških vplivov na gospodarjenje z gozdovi. Doctor thesis, Ljubljana, University of Ljubljana, Biotechnical Fac., Dep. of Forestry i Forest Resources, 173 str.

Oberdorfer, E., 1992a: Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Wälder und Gebüsche, Teil IV., Stuttgart – New York, 282 str.

Oberdorfer, E., 1992b: Süddeutsche Pflanzengesellschaften- Tabellenbi. Wälder und Gebüsche, Teil IV, Stuttgart – New York, 580 str.

Winkler, I., 1996: Vrednotenje gozdov in gozdnih škod. Biotehniška fakulteta, Odd. za gozd., Ljubljana, 35 str.

Zukrigel, K., 1973: Montane und subalpine Waldgesellschaften am Alpen. Wien, 386 str.

---

Adresa autorâ:

Boštjan Košir

e-mail: bostjan.kosir@bf.uni-lj.si

Janez Krč

e-mail: janez.krc@bf.uni-lj.si

Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani

Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

Katedra za gozdno tehniko in ekonomiko

Večna pot 83

1000 Ljubljana

SLOVENIJA

Živko Košir

Turjak 34

1311 Turjak

SLOVENIJA

**Dodatak 1.** Mogući prirodni sastav vrsta drveća po biljnim zajednicama, %

Biljna zajednica	Obična smreka	Obična jela	Europski arš	Obični bor	Austrijski crni bor	Obična bukva	Hrast lužnjak	Hrast kitnjak	Javor	Brijest ili jasen	Ostale tvrde listae	Ostale meke listae
Skupina	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nizinske i poplavne šume												
<i>Quercus robur-Carpinetum</i>							80			5	10	5
<i>Quercus robur-Carpinetum abietetosum</i>		30					60		5		5	
<i>Quercus robur-Ulmetum</i>							50			50		
<i>Carici elatae-Alnetum glutinosae</i>										95		5
<i>Carici elongate-Alnetum glutinosae</i>										95		5
<i>Carici brizoidi-Alnetum glutinosae</i>							15			80	5	
<i>Alnetum glutinoso-incanae</i>										70		30
<i>Alnetum incanae</i>									20			80
<i>Salici-Populetum</i>										5		95
Šume brežuljaka												
<i>Hacquetio-Carpinetum</i>						20		70			10	
<i>Hacquetio-Carpinetum</i> var. <i>Luzula luzuloides</i>						15		65			20	
<i>Ornithogalo-Carpinetum</i>							60	30			10	
Submontanske bukove šume												
<i>Hedero-Fagetum</i> var. <i>Ruscus</i>						90	1	3	3		3	
<i>Hedero-Fagetum</i> var. <i>Hieracium rotundifolium</i>						90		5	3		2	
<i>Hedero-Fagetum festucetosum drymeae</i>						90			8		2	
<i>Hacquetio-Fagetum</i> s. latiss.						90		5	2		3	
Brdske bukove šume												
<i>Dentario-Fagetum</i> var. <i>Dentaria polyphyllus</i>						94			5			1
<i>Dentario-Fagetum</i> var. <i>Helleborus macranthus</i>						90			8		2	
<i>Arunco-Fagetum</i>						90		1	8		1	
<i>Lamio orvalae-Fagetum</i>		20				75			5			
Jelovo-bukove šume												
<i>Abieti-Fagetum</i> v. geogr. <i>omphalodes</i> s. latiss.	8	55				35			2			
<i>Abieti-Fagetum</i> v. <i>festucetosum</i>	1	35				63			1			
<i>Abieti-Fagetum</i> v. <i>mercurialetosum</i>	2	47				50			1			
<i>Abieti-Fagetum</i> v. <i>asperuletosum</i> ( <i>omphalodetosum</i> )	2	45				52			1			
<i>Abieti-Fagetum</i> v. <i>lycopodietosum</i>	10	55				35						
<i>Abieti-Fagetum</i> "praealpinidinaricum"	10	50				35			5			
<i>Abieti-Fagetum</i> v. geogr. <i>Anemone trifolia</i> (= <i>praealpinum</i> )	18	35				45			2			
Pretplaninske bukove šume												
<i>Anemono-Fagetum typicum</i>	5		1			90			4			
<i>Anemono-Fagetum abietetosum</i>	3	25				70			2			
<i>Anemono-Fagetum vacciniotosum</i>	15		5			80						
<i>Anemono-Fagetum homogynetosum</i>	15	5	3			75			2			
<i>Anemono-Fagetum laricetosum</i>	20		20			60						
Visokoplaninske bukove šume												
<i>Savensi-Fagetum</i>						90			10			
<i>Adenostylo glabrae-Fagetum</i>		15				75			10			
<i>Isopyro-Fagetum</i>						85			15			
<i>Aceri-Fagetum</i>		20				60			20			
<i>Polysticho-Fagetum</i> (= <i>subalpinum</i> )	10					90						

**Dodatak 1.** Mogući prirodni sastav vrsta drveća po biljnim zajednicama, %

Biljna zajednica	Obična smreka	Obična jela	Europski ariš	Obični bor	Austrijski crni bor	Obična bukva	Hrast lužnjak	Hrast kitnjak	Javor	Brijest ili jasen	Ostale tvrde listae	Ostale meke listae
Skupina	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Suptermofilne bukove šume												
<i>Seslerio-Fagetum</i>						85		5			10	
<i>Ostryo-Fagetum</i>						65			5		30	
<i>Carici albae-Fagetum</i>	3					85			2		10	
<i>Calamagrostio variae-Fagetum</i>	5					85			3		7	
Supacidofilne i acidofilne bukove šume												
<i>Hieracio rotundati-Fagetum typicum</i>						95		5				
<i>Hieracio rotundati-Fagetum deschampsietosum</i>				1		90		7			2	
<i>Luzulo-Fagetum</i> var. <i>Polygonatum verticillatum</i>	2	2				94			2			
Acidofilne bukove šume												
<i>Blechno-Fagetum typicum</i>	5			2		90		3				
<i>Blechno-Fagetum luzuletosum</i>						90		10				
<i>Blechno-Fagetum abietetosum</i>	3	20				75		2				
Supacidofilne jelove šume												
<i>Sorbo-Abietetum mercurialetosum</i>	10	75				10			5			
<i>Homogyno sylvestris-Abietetum</i>	15	75				8			2			
<i>Lycopodio-Abietetum</i>	25	75										
<i>Neckero-Abietetum</i>	10	85				3			2			
<i>Asplenio-Abietetum</i>	10	90										
<i>Festuco-Abietetum</i>	5	90				5						
<i>Dryopterido-Abietetum</i> s. latiss.	5	85				3		2	5			
<i>Dryopterido-Abietetum melampyretosum sylvaticae</i>	5	90				5						
<i>Dryopterido-Abietetum</i> var. <i>Carex sylvatica</i>		90				5		2	3			
Acidofilne jelove šume												
<i>Luzulo sylvaticae-Abietetum</i>	5	90				4		1				
<i>Bazzanio-Abietetum</i>	20	80										
Šume obične smreke												
<i>Asplenio-Piceetum</i>	80	5	15									
<i>Carex albae-Piceetum</i> var. <i>Ostrya carpinifolia</i>	90			5		3			2			
<i>Calamagrostio variae-Piceetum</i>	90			9							1	
<i>Adenostylo glabrae-Piceetum</i>	85		10			5						
<i>Piceetum "montanum" (= Hacquetio-Piceetum)</i>	100											
<i>Ribeso alpini-Piceetum</i>	50	50										
<i>Piceetum »subalpinum dinaricum«</i>	80	15				2			2		1	
<i>Sorbo-Piceetum</i>	100											
<i>Bazzanio-Piceetum</i>	80	20										
<i>Sphagno-Piceetum</i>	100											
Bazofilne borove šume												
<i>Genisto-Pinetum</i>	3			95							2	
<i>Pinetum subillyricum</i>	10			85		5						
<i>Orno-Pinetum nigrae</i>					100							
<i>Erico-Pinetum</i>	10		5	85								
Bazofilne hrastove šume												
<i>Lathyro-Quercetum petraeae</i>							70				30	
<i>Orno-Quecetum pubescentis</i>					2			50			48	
<i>Carici umbrosae-Quercetum petraeae</i>								70			30	
<i>Seslerio autumnalis-Quercetum petraeae</i>						20		70			10	



**Dodatak 1.** Mogući prirodni sastav vrsta drveća po biljnim zajednicama, %

Biljna zajednica	Obična smreka	Obična jela	Europski ariš	Obični bor	Austrijski crni bor	Obična bukva	Hrast lužnjak	Hrast kitnjak	Javor	Brijest ili jasen	Ostale tvrde listade	Ostale meke listade
Skupina	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Acidofilne hrastove šume												
<i>Luzulo-Quercetum petraeae</i>						10		85			5	
<i>Melampyro-Quercetum petraeae</i>						20		75			5	
Acidofilne borove šume												
<i>Vaccinio vitis-ideae-Pinetum</i>	10			85		3		2				
<i>Myrtillo-Pinetum</i>	10			90								
Visokovrjedne šume listade												
<i>Ostryo-Aceretum platanoidis</i>						10			70		20	
<i>Dentario enneaphylli-Aceretum pseudoplatani</i>						20			80			
<i>Lamio-Fraxinetum excelsioris</i>						20			80			
<i>Carici remotae-Fraxinetum</i>		5					5		80	5	5	
<i>Carici remotae-Fraxinetum abietetosum</i>		50							45		5	
Degradacijski stadiji termofilnih ilirskih šuma												
<i>Quercu-Ostryetum</i>								5			95	
<i>Ostryo-Fraxinetum ornii</i>				5							95	
<i>Cytisanto-Ostryetum</i>											100	
<i>Tilio plathyphylli-Ostryetum</i>						5			35		60	
<i>Seslerio-Ostryetum</i>						2		3			90	
Slovenija	12	16	1	5	1	33	4	7	6	4	8	3

## Sastav vrsta drveća po skupinama u dodatku 1

Skupina	Vrste drveća
1	<i>Picea abies</i> (L.) Karst.
2	<i>Abies alba</i> Mill.
3	<i>Larix decidua</i> Mill.
4	<i>Pinus sylvestris</i> L.
5	<i>Pinus nigra</i> Arnold
6	<i>Fagus sylvatica</i> L.
7	<i>Quercus robur</i> L.
8	<i>Quercus petraea</i> (Matt.) Liebl.
9	<i>Acer pseudoplatanus</i> L., <i>Acer platanoides</i> L., <i>Fraxinus excelsior</i> L., <i>Tilia platyphyllos</i> Scop., <i>Fraxinus oxycarpa</i> Willd., <i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn., <i>Tilia cordata</i> Mill.
10	<i>Ulmus glabra</i> Huds., <i>Ulmus laevis</i> Pallas
11	<i>Carpinus betulus</i> L., <i>Acer campestre</i> L., <i>Prunus avium</i> L., <i>Sorbus torminalis</i> (L.) Cr., <i>Ostrya carpinifolia</i> Scop., <i>Sorbus aria</i> (L.) Cr., <i>Quercus cerris</i> L., <i>Sorbus aucuparia</i> L.
12	<i>Populus tremula</i> L., <i>Populus alba</i> L., <i>Salix alba</i> L., <i>Betula pendula</i> Roth., <i>Alnus incana</i> (L.) Moench



# Raščlamba tokova drva u Sloveniji

Mitja Piškur, Nike Krajnc

## Nacrtak

*Na osnovi oblikovanja tokova drva sastavljene su dvije drvene bilance. Razmatran je širok raspon postojećih podataka, ocijenjena je kakvoća prikupljenih podataka te pripremljen prijedlog za poboljšavanje njihove kakvoće. Rezultat bilance drva u referentnoj godini 2004. pokazuje da se, u slučaju službenoga (evidentiranoga) godišnjega etata, pojavljuje manjak od 536 000 m<sup>3</sup>. U slučaju oblikovanoga (uvećanoga) etata drvena je bilanca pozitivna. Tokovi drva i rezultati raščlambi trebali bi igrati važnu ulogu pri strateškom planiranju i donošenju odluka na gospodarskoj mjesnoj, područnoj i državnoj razini.*

*Ključne riječi: oblo drvo, drvena bilanca, raščlamba tokova drva, MFA, šumarstvo, domaća potrošnja, Slovenija*

## 1. Uvod

Za strateško razvojno planiranje u području grana djelatnosti vezanih uz drvo potrebne su raščlambe tokova drva. Istraživanja tokova drva omogućuju pregled trenutačne situacije i služe kao podloga za sve odluke koje se donose u vezi s razvojem šumarstva i preradom drva. U prošlih dvadeset godina za mnoge su zemlje izrađene drvene bilance i raščlambe tokova drva (npr. Palmer 2000, Binder i dr. 2003, Hashimoto i Moriguchi 2004, Hekkert i dr. 2000, Krajnc i Piškur 2006). One služe kao podloga za planiranje razvoja ili kao podloga za procjenu ilegalnih sječa u šumama. Strateško planiranje razvoja gospodarskih grana vezanih uz drvo zahtijeva informaciju o tokovima drvene sirovine u proizvodnom lancu. Neki podaci i rezultati istraživanja pokazuju da je ovo područje nedovoljno istraživano u Sloveniji.

Raščlambom toka drva utvrđena je bilanca između proizvodnje i primarne preradbe drva u Sloveniji. Dobiveni odnosi upućuju na povezanost obiju djelatnosti, kakvoće i dostupnosti podataka, bilance uvoza i izvoza, te na značenje drva u domaćoj potrošnji.

## 2. Metode rada

Zbog vrlo specifičnih stanja izrađena je shema (slika 1) koja objedinjuje cjelokupnu složenost tokova drva u Sloveniji (Krajnc i Piškur 2006). Kao polazište korišten je model toka sirovina (MFA, Bruner i Recheberger 2004). Primijenjene su i osnove postavke procjene životnoga ciklusa proizvoda (LCA, Jensen i dr.

1997) s obzirom na to da je analiza toka sirovine njihov sastavni dio. MFA jasno prikazuje tokove sirovina, te pokazuje odnose između proizvođača, potrošača i tokova sirovina. Rezultati MFA-e kontrolirani su drvnom bilancom.

Za kvantificiranje tokova drva u Sloveniji primijenjena je metoda analiziranja postojećih i nama dostupnih podataka pri proizvodnji i daljnjoj preradi drva. Metodom sinteze okupljeni podaci utjelovljeni su kao dvije bilance, bilanca obloga drva i bilanca drvnih ostataka (Krajnc i Piškur 2006). Svi se podaci i bilance odnose na 2004. godinu.

Odnos između neto etata u šumama i procijenjene potrošnje obloga drva, uzimajući u obzir uvoz i izvoz, imenovan je bilancom obloga drva ( $B_1$ ) i izračunat po ovoj formuli:

$$B_1 = P_{\text{neto}} - S_{\text{OKL}} - I_{\text{OKL}} + U_{\text{OKL}} \quad (1)$$

$P_{\text{neto}}$  – neto etat u referentnoj godini (m<sup>3</sup>)

$S_{\text{OKL}}$  – registrirana potrošnja obloga drva u industriji, kućanstvima i pri proizvodnji energije

$I_{\text{OKL}}$  – ukupna količina izvezenoga obloga drva

$U_{\text{OKL}}$  – ukupna količina uvezenoga obloga drva.

Model toka obloga drva određen je sljedećim čimbenicima:

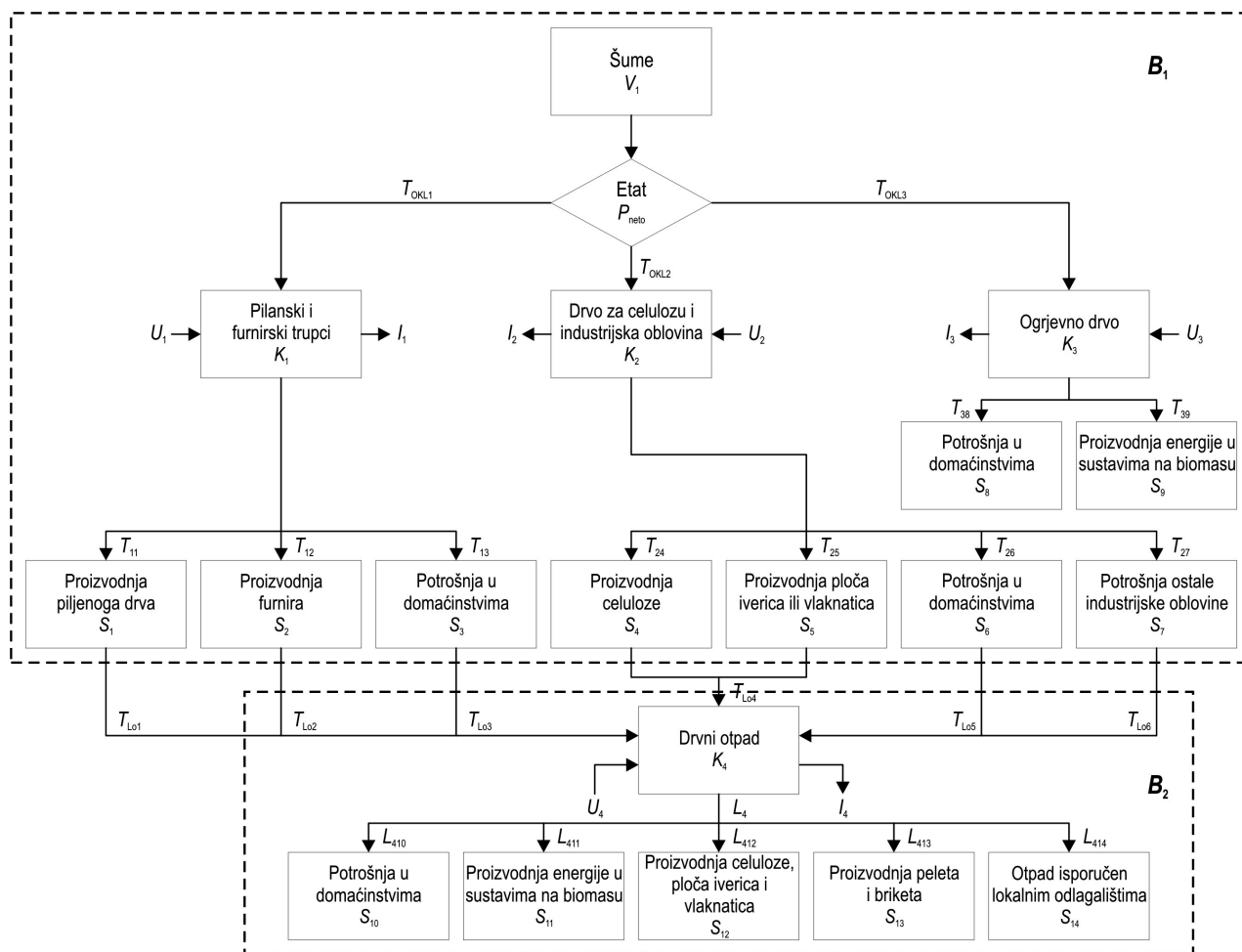
⇒ etat i proizvodnja obloga drva

⇒ uvoz i izvoz obloga drva

⇒ oblo drvo potrošeno u preradi drva

⇒ oblo drvo potrošeno u kućanstvima

⇒ oblo drvo potrošeno u proizvodnji energije.



Slika 1. Prikaz modela potrošnje drva u Sloveniji

Pri procjeni stvarnoga etata korištena su dva različita načina – »naniže« i »naviše«. Pri prvoj procjeni bilance obloga drva upotrijebljeni su službeni podaci ostvarenoga neto etata i strukture izrađenoga tehničkoga obloga drva (TQA). Za drugu procjenu, s druge strane, neto etati procijenjeni su prema ukupno registriranoj potrošnji obloga drva. U tom se slučaju struktura tehničkoga obloga drva djelomično promijenila. Uzimajući u obzir ostvarenu, odnosno procijenjenu potrošnju, neto etat privatnih šuma bio je povećan. Podvojenost između ostvarenoga etata u privatnim šumama uočili su u prijašnjim istraživanjima neki autori (Veselič 2004, Medved 2005, Piškur 2005). Etat u državnim šumama ostao je nepromijenjen.

Statistiku uvoza i izvoza roba nadzire Statistički ured Republike Slovenije (SURS). Podaci su dobiveni od Carinskoga ureda RS-a. Uvoz i izvoz prema zemljama EU-a praćen je preko sustava Intrastat, a podaci o uvozu i izvozu prema zemljama nečlanicama EU-a pomoću sustava Extrastat. Podaci o količi-

nama odvojenih kombiniranih razreda šumskoga tehničkoga obloga drva razvrstani su sukladno Kombiniranomu nazivlju (CN8). Osnovni podaci uvoza i izvoza drva (u kg i m<sup>3</sup>) dobiveni su iz statističke baze podataka SURS-a (2006c). Prema strukturi baze podataka drveni su sortimenti podijeljeni (posebno za crnogoricu i bjelogoricu) na:

- ⇒ pilansku i furnirsku oblovinu (L)
- ⇒ celulozno (PW) i drugo industrijsko oblo drvo (OIR)
- ⇒ ogrjevno drvo (WF).

Prerada je obloga drva najznačajnija, ali je s aspekta ekonomije i najvažnija. Ukupan utrošak obloga drva u preradi ( $S_{indOKL}$ ) odnosi se na ove sastavnice:

- ⇒ proizvodnja piljenoga drva ( $S_1$ )
- ⇒ proizvodnja rezanoga i ljuštenoga furnira ( $S_2$ )
- ⇒ proizvodnja celuloze ( $S_4$ )
- ⇒ proizvodnja iverica i vlaknastih ploča ( $S_5$ )
- ⇒ uporaba drugoga industrijskoga drva ( $S_7$ ).



**Tablica 1.** Potrošnja drva u drvnoj industriji za 2004. godinu (u m<sup>3</sup>)

Potrošnja drva u industriji	Ukupno	Drvo iz uvoza	Drvo domaćega porijekla
Proizvodnja piljenoga drva	1 243 000	14 000	1 229 000
Proizvodnja furnira	91 000	38 000	53 000
Proizvodnja celuloze, ploča iverica i vlaknatica	693 000	309 000	384 000
Potrošnja drugoga industrijskoga drva	63 000	27 000	36 000
Ukupno	2 090 000	388 000	1 702 000

Procjena utroška obloga drva pri djelatnostima obrade drva zasniva se na službenim podacima (SURS), na provedenom istraživanju (Internova 2006, ZGS 2006, ICP 2006 i upitnik GIS-a 2004a) i na podacima dobivenima izravno od poduzeća.

Cjelokupni domaći utrošak razdijeljen je na upotrebu pilanskoga i furnirskoga obloga drva, drugoga industrijskoga obloga drva, te potrošnju ogrjevnoga drva. Podaci o domaćoj potrošnji dobiveni su iz inventure ruralnih ekonomija (SURS 2000, 2003, 2005), iz rezultata upitnika koji su ispunili šumoposjednici u općini Solčava (GIS 2002), iz rezultata općega upitnika koji su ispunili šumovlasnici (GIS 1995) i rezultata raščlambe upotrebe drva za zagrijavanje u Sloveniji (SURS 2006a u 2006b). Potrošnja drva za zagrijavanje, tehničkoga te ostaloga industrijskoga obloga drva u kućanstvima procijenjena je prema postojećim podacima.

Količina obloga drva iskorištenoga za proizvodnju energije procijenjena je posebno za kućanstva, a posebno za energetske sustave (toplane, hidroelektrane, sustave istodobne proizvodnje topline i električne energije). Podaci potrošnje drva za proizvod-

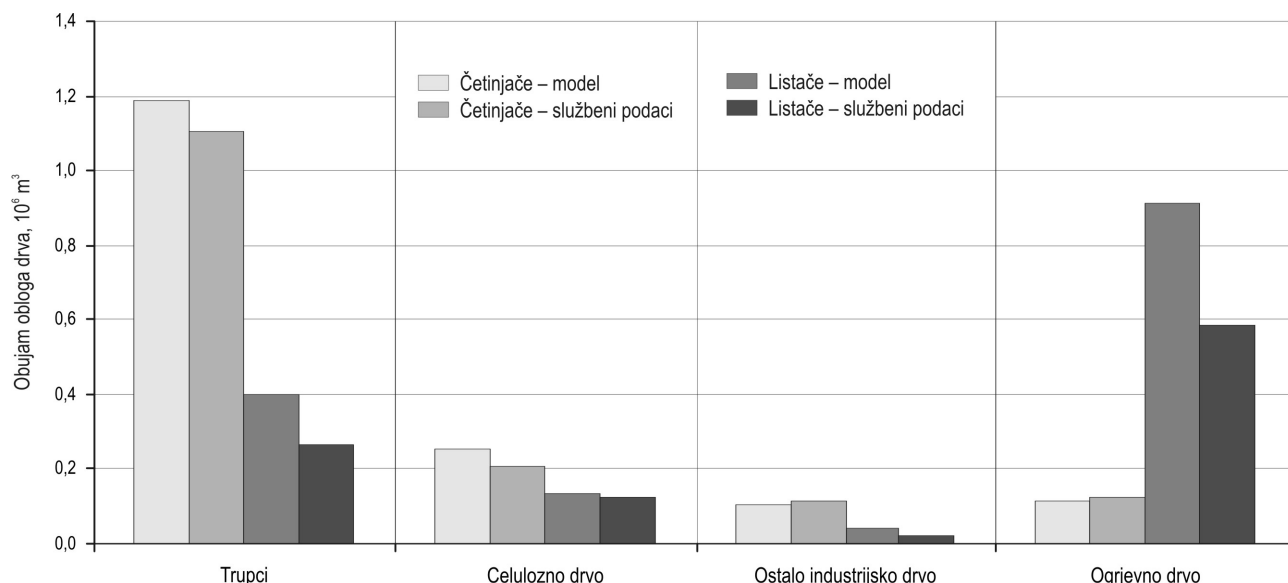
nju energije u većim sustavima preuzeti su iz upitnika proizvođača drvene biomase (GIS 2004b) koji su ispunili samo važniji i registrirani proizvođači drvene biomase. Podaci o potrošnji ogrjevnoga drva preuzeti su iz upitnika o utrošku energije u kućanstvima (SURS 2006a, SURS 2006b).

### 3. Rezultati i rasprava

Sukladno pripremljenomu modelu i ciljevima istraživanja izrađene su dvije bilance. Rezultati su predstavljeni u djelomičnim okvirima tokova drva u Sloveniji, koji se međusobno nadopunjuju sukladno svomu značenju. Krajnji je i najvažniji rezultat predstavljanje obiju inačica bilance obloga drva u Sloveniji:

- ⇒ službene bilance obloga drva
- ⇒ oblikovane bilance obloga drva.

Što se tiče etata, hipoteza je da su podaci o količinama drvnoga obujma utrošenoga pri proizvodnji tehničkoga obloga drva iz državnih šuma stvarni, te zato nisu bili mijenjani. Sređeni su podaci o etatu iz

**Slika 2.** Usporedba stvarno ostvarenoga i oblikovanoga modela neto etata (godina 2004)

drugih šuma, odnosno povećan je etat listača faktorom 1,8, a etat četinjača faktorom 1,1. Usporedba između stvarno ostvarenoga i oblikovanoga modela neto etata predočena je na slici 2.

Po službenim podacima proizvodnja obloga drva u 2004. bila je 2 550 940 m<sup>3</sup> (neto) u Republici Sloveniji. Naš model, međutim, pokazuje da je stvarna proizvodnja bila viša, oko 3 142 000 m<sup>3</sup>. Razlika između službenoga i oblikovanoga neto etata malo je viša od 590 000 m<sup>3</sup>. Pilansko i furnirsko oblo drvo prevladavalo je u šumskom sastavu TQA (prema službenim podacima 54 %), nakon čega slijedi ogrjevno drvo (28 %), celulozno drvo (13 %) i drugo industrijsko drvo (5 %). Kod četinjača je prevladavalo pilansko i furnirsko oblo drvo (više od 70 % cjelokupnoga neto etata), dok je kod bjelogorice najviše udjela zauzimalo ogrjevno drvo s više od 60 % udjela. Ti se odnosi gotovo ne razlikuju u ostvarenom i oblikovanom etatu.

U 2004. godini, po našim podacima, uvezeno je 52 000 m<sup>3</sup> drvnoga obujma, 351 000 m<sup>3</sup> celuloznoga i drugoga industrijskoga obloga drva, te 8500 m<sup>3</sup> ogrjevnoga drva. U istoj je godini Slovenija izvezla 108 000 m<sup>3</sup> pilanskoga i furnirskoga obloga drva, 76 000 m<sup>3</sup> celuloznoga i drugoga industrijskoga drva te 63 000 m<sup>3</sup> ogrjevnoga drva. Usporedbom uvoza i izvoza može se zaključiti da je u 2004. Slovenija bila izvoznik izrađenoga tehničkoga obloga i ogrjevnoga drva, ali i velik uvoznik izrađenoga celuloznoga obloga drva, obloga drva za proizvodnju iverica i vlaknatica te drugoga industrijskoga drva.

Potrošnja drva u preradi podijeljena je na proizvodnju piljenoga drva i furnira, proizvodnju celuloze, ploča iverica i vlaknatica, te na iskorištavanje drugoga industrijskoga drva. Količine su prikazane po odvojenim aktivnostima u tablici 1 (prema izračunu Slovenskoga šumarskoga instituta).

Najveća količina obloga drva (većinom iz slovenskih šuma) utrošena je u proizvodnji piljenoga drva. Prema našim računima i prikupljenim podacima procjena je da je ukupno 1 410 000 m<sup>3</sup> obloga drva bilo raspiljeno u 2004, od toga 1 100 000 m<sup>3</sup> četinjača i 310 000 m<sup>3</sup> listača. U registriranim poduzećima prerađeno je 1 243 000 m<sup>3</sup> obloga drva. Razlika se (167 000 m<sup>3</sup>) odnosi na oblo drvo koje su prerađile neregistrirane pilane i šumoposjednici za uporabu u domaćinstvima. Zanimljivo je da je u 1985. godini prema službenim podacima proizvodnja piljenica iznosila 1 078 000 m<sup>3</sup>, a 72 % se odnosilo na crnogorično drvo. Uzimajući u obzir čimbenik iskorištenosti prilikom prerade (0,67), prerađeno je 1 610 000 m<sup>3</sup> pilanskoga obloga drva. Procjena količina obloga drva prerađenoga u pilanama vrlo je težak zadatak zbog nedovoljnih i nedosljednih podataka. Podaci nisu bili pouzdani u prijašnjim procjenama

količina obloga drva raspiljenoga u Sloveniji (od 760 000 m<sup>3</sup> do 1 960 000 m<sup>3</sup>), ali ni što se tiče broja poduzeća registriranih za preradu drva. Ti podaci pokazuju da se svakako moraju napraviti točnije raščlambe u području pilanske industrije u Sloveniji.

U 2004. godini proizvodnja je celuloze bila značajan potrošač drva u Sloveniji. Između 2000. i 2005. potrošnja drvnoga obujma pri proizvodnji celuloze kreće se oko 500 000 m<sup>3</sup>. Potrošnja drva u proizvodnji kemijske celuloze prestaje 2006. nakon zatvaranja proizvodnoga postrojenja »Vipap Videm Krško« d.d. Posljednjih godina, s druge strane, porasla je potrošnja obloga drva namijenjenoga za proizvodnju mehaničke celuloze (66 000 m<sup>3</sup> u 2003. i 117 000 m<sup>3</sup> u 2004).

Treći je najveći potrošač industrijskoga obloga drva proizvodnja iverica i vlaknatica, gdje se utroši oko 200 000 m<sup>3</sup> svake godine (osobito drva listača).

Registrirane količine obloga drva, koje uđu u proizvodnju furnira u Sloveniji, svedene su na 91 000 m<sup>3</sup> u 2004. godini. Pod proizvodnjom furnira obuhvaćena je proizvodnja rezanoga i ljuštenoga furnira.

Ostalo prerađeno industrijsko oblo drvo uključuje rudničko drvo, drvo za proizvodnju tanina i drvo za proizvodnju visokih stupova. Industrijska potrošnja tih vrsta obloga drva prilično se umanjila u usporedbi sa situacijom prije 1990, kada je gotovo 180 000 m<sup>3</sup> drugoga industrijskoga drva pristizalo u proizvodnju. U 2004. godini registrirana je potrošnja te vrste obloga drva u iznosu tek od 63 000 m<sup>3</sup>.

Raščlamba drvnoga obujma uporabljenoga u kućanstvima pokazala je da je većina potrošena za grijanje prostora i grijanje vode. Tri neovisne studije (SURS 2006a, b, ZGS 2005) pokazuju da se u kućanstvima upotrijebi više od 1 000 000 m<sup>3</sup> drva godišnje samo za loženje. Manje važan dio toga drva su drveni ostatak i druga drvena tvar. Osim ogrjevnoga drva u domaćinstvima se potroši malo više nego 220 000 m<sup>3</sup> pilanskoga obloga drva i drugoga industrijskoga drva godišnje. Naša je pretpostavka da kućanstva za vlastite potrebe utroše 167 000 m<sup>3</sup> pilanskoga obloga drva i 53 000 m<sup>3</sup> drugoga industrijskoga drva.

Po podacima dobivenima iz upitnika koji je inicirao Šumarski institut Slovenije (GIS 2004b), manje od 3000 m<sup>3</sup> obloga drva godišnje koristi se u visokoenergetskim sustavima (daljinski sustavi za grijanje naselja, sustavi istodobne proizvodnje električne energije i topline, grijanje kotlova u industriji). U tim se sustavima koriste isključivo drveni ostaci iz prerade drva, te djelomično ostala drvena tvar.

Poznavanje iskorištavanja obloga drva veoma je važno za razumijevanje industrije prerade drva i za izradu budućih razvojnih programa. Prema podacima o potrošnji obloga drva 64 % obloga drva u

**Tablica 2.** Tokovi sirovina i drвна bilanca Slovenije (u m<sup>3</sup>)

<b>Sastavnice službenoga neto etata</b>	$T_{okl1}$	$T_{okl2}$	$T_{okl3}$	$P_{u\_neto}$
	1 371 668	454 186	725 086	2 550 940
	L	OIR+PW	WF	RW
Potrošnja oblovine u drvnj industriji ( $S_1$ )	1 334 000	756 000		2 090 000
Potrošnja u domaćinstvima ( $S_2$ )	167 000	53 000	939 000	1 159 000
Potrošnja oblovine pri proizvodnji energije u sustavima na biomasu ( $S_3$ )			3 000	3 000
Ukupna potrošnja oblovine ( $S_{OKL}$ )	1 501 000	809 000	942 000	3 252 000
Uvoz ( $U_{OKL}$ )	52 000	351 000	9 000	412 000
Izvoz ( $I_{OKL}$ )	108 000	76 000	63 000	247 000
<b>Službena drvena bilanca (<math>B_{1u}</math>)</b>	<b>-185 332</b>	<b>-79 814</b>	<b>-270 914</b>	<b>-536 060</b>
<b>Sastavnice oblikovanoga neto etata</b>	$T_{okl1}$	$T_{okl2}$	$T_{okl3}$	$P_{m\_neto}$
	1 583 000	531 100	1 028 000	3 142 100
	L	OIR+PW	WF	RW
Potrošnja oblovine u drvnj industriji ( $S_1$ )	1 334 000	756 000		2 090 000
Potrošnja u domaćinstvima ( $S_2$ )	167 000	53 000	939 000	1 159 000
Potrošnja oblovine pri proizvodnji energije u sustavima na biomasu ( $S_3$ )			3 000	3 000
Ukupna potrošnja oblovine ( $S_{OKL}$ )	1 501 000	809 000	942 000	3 252 000
Uvoz ( $U_{OKL}$ )	52 000	351 000	9 000	412 000
Izvoz ( $I_{OKL}$ )	108 000	76 000	63 000	247 000
<b>Oblikovana drvena bilanca (<math>B_{1m}</math>)</b>	<b>26 000</b>	<b>-2 900</b>	<b>32 000</b>	<b>55 100</b>

Napomena: RW – drvo, L – pilanska oblovin, PW – celulozno drvo, OIR – ostalo industrijsko drvo, WF – ogrjevno drvo

Sloveniji utrošeno je u industriji prerade drva, 36 % u domaćinstvima te zanemarivo malo u proizvodnji energije.

Zajednički rezultati raščlambe tokova drva, posebno po svakom pojedinačnom potrošaču, predloženi su u tablici 2. Prikazane su dvije različite procjene. Kod prve osnovu za raščlambu čini količina službenoga neto etata, dok je kod druge to oblikovani etat u šumama. Potrošnja je drva raščlanjena na tri skupine po vrsti utroška ( $S_{1-3}$ ) i na tri skupine različitih šumskih proizvoda ( $T_{okl1-3}$ ). Službena drvena bilanca ( $B_{1u}$ ) računata je prema formuli (2), a oblikovana drvena bilanca ( $B_{1m}$ ) prema formuli (3).

$$B_{1u} = P_{u\_neto} + U_0 - \sum_{i=1}^3 S_i - I_0 = 2\,552\,940 + 412\,000 - 3\,252\,000 - 247\,000 = -536\,000 \text{ m}^3 \quad (2)$$

$$B_{1m} = P_{m\_neto} + U_0 - \sum_{i=1}^3 S_i - I_0 = 3\,142\,000 + 412\,000 - 3\,252\,000 - 247\,000 = +55\,100 \text{ m}^3 \quad (3)$$

Značajne su razlike između službene i oblikovane bilance. U službenoj drvnj bilanci Republike Slovenije nedostaje više od 500 000 m<sup>3</sup> (neto go-

dišnje). Najveći se manjak odnosi na ogrjevno drvo (više od 270 000 m<sup>3</sup>) te pilansko oblo drvo (više od 185 000 m<sup>3</sup>). Raspoloživi podaci o potrošnji drva za ložive svrhe razmjerno su stabilni (slični procjenama od oko 1 000 000 m<sup>3</sup>, prema ZGS 2005, SURS 2006a i b), iz čega izlazi da je neto etat ogrjevnoga drva po službenim podacima nedovoljan (750 000 m<sup>3</sup>).

Ako se razmatra oblikovana drvena bilanca, vidljivo je da je neto etat povećan s obzirom na procjenu predloženu u tablici 2. U ovom slučaju bilanca je pozitivna. Proizvodni je višak iznad registrirane potrošnje od 55 100 m<sup>3</sup>, što je manje nego 2 % cjelokupnoga neto etata. Pretpostavka je da je podcijenjena količina drva koja je iskorištena u velikim energetskim sustavima ( $S_9$ ). Potrošnja ogrjevnoga drva u domaćinstvima također je vrlo umanjena u modelu. Osim toga pretpostavlja se da je procijenjena količina izvezenoga obloga drva, koje potječe iz privatnih šuma, ustvari veća te da nije u potpunosti registrirana u bazama podataka SURS-a. Zbog navedenih pretpostavki stajalište je da je oblikovana drvena bilanca bliža stvarnoj situaciji s obzirom na proizvodnju i potrošnju drva nego službena drvena bilanca.

#### 4. Zaključak

Imajući na umu da je visoka kakvoća podataka veoma važna za izradu drvene bilance, pouzdanost i dostupnost podataka trebale bi biti poboljšane u godinama koje slijede. Nadalje, drvene bilance trebalo bi izrađivati svake godine. Potrebno je osigurati stalnu i vrsnu procjenu trenutačnoga stanja. Dugoročno gledano, moći će se predvidjeti smjer budućega razvoja u granama gospodarstva koje su blisko vezane uz šume i drvo.

#### 5. Literatura

- Binder, C. R., C. Hofer, A. Wiek, R. W. Scholz, 2003: Transition process towards improved regional wood flow by integrating material flux analysis and agent analysis: The case of Appenzell Ausserrhoden, Switzerland. Working paper 39. ETH Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Zürich, str. 1–24.
- Bruner, P. H., H. Rechberger, 2004: Practical Handbook of Material Flow Analysis. Lewis publishers, London, str. 1–318.
- GIS, 1995: Rezultati ankete za zasebne lastnike gozdov – 1995. Gozdarski inštitut Slovenije, Ljubljana, neobjavljeno.
- GIS, 2002: Rezultati ankete lastnikov gozdov v občini Solčava. Gozdarski inštitut, Ljubljana, neobjavljeno.
- GIS, 2004a: Rezultati ankete o količinah lesnih ostankov v Sloveniji. Gozdarski inštitut Slovenije, Ljubljana, neobjavljeno.
- GIS, 2004b: Rezultati ankete proizvajalcev lesne biomase. Gozdarski inštitut Slovenije, Ljubljana, neobjavljeno.
- Hashimoto, S., Y. Moriguchi, 2004: Data book: material and carbon flow of harvested wood in Japan. Center for Global Environmental Research: National Institute for Environmental Studies, Tsukuba (CGER; D034–2004).
- Hekkert, M. P., L. A. J. Joosten, E. Worrell, 2000: Analysis of the Paper and Wood Flow in The Netherlands. Resources, Conservation and Recycling, 30(1): 29–48.
- ICP, 2006: Podatki o porabi lesa za proizvodnjo celuloze in vlaknin. Inštitut za celulozo in papir, Ljubljana, neobjavljeno.
- INTERNOVA, 2006: Baza podatkov o žagarskih obratih 2002. Internova d.o.o. Ljubljana, neobjavljeno.
- Jensen, A. A., L. Hoffman, B. T. Moller, A. Schmidt, K. Christiansen, J. Elkington, 1997: Life Cycle Assessment: a guide to approaches, experiences and information sources. European Environment Agency, str. 1–104.
- Krajnc, N., M. Piškur, 2006: Tokovi okroglega lesa in lesnih ostankov v Sloveniji. ZbGŁ, 80: 31–54.
- Medved, M., 2005: Pomen statističnih raziskav za spremljanje gospodarjenja z zasebnimi družinskimi gozdovi v Sloveniji. U: B. Tkačik, M. Urbas (ur.), 15. statistični dnevi, Radenci, 7–9. november 2005. Komuniciranje z dajalci in uporabniki statističnih podatkov ter podpora EMU in Lizbonski strategiji: zbornik: proceedings volume. Ljubljana: Statistični urad Republike Slovenije, Statistično društvo Slovenije (Statistical Office of the Republic of Slovenia: Statistical Society of Slovenia), str. 309–320.
- Palmer, C. E., 2000: The extent and causes of illegal logging: an analysis of a major cause of tropical deforestation in Indonesia. CSERGE, London, str. 1–33.
- Piškur, M., 2005: Možnosti sledenja certificiranega lesa v Sloveniji. Magistrsko delo, Ljubljana, vlastita naklada, str. 1–122.
- SURS, 2000: Popis kmetijskih gospodarstev: POPIS-KME/10L. Statistični urad RS, Ljubljana, neobjavljeno.
- SURS, 2003: Raziskovanje strukture kmetijskih gospodarstev: KME-JUNSTRK/3L. junij 2003, Statistični urad RS, Ljubljana, neobjavljeno.
- SURS, 2005: Rezultati ankete KME-JUNSTRK/3L za leto 2005. Ljubljana, Statistični urad RS, neobjavljeno.
- SURS, 2006a: Rezultati ankete APG 2004. Statistični urad RS, Ljubljana, neobjavljeno.
- SURS, 2006b: Rezultati ankete APEGG 2002. Statistični urad RS, Ljubljana, neobjavljeno.
- SURS, 2006c: Banka statističnih podatkov. <<http://bsp1h.gov.si/D2300.kom/komstart.html>> (15. 5. 2006)
- Veselič, Ž., 2004: Illegal logging in Slovenia. Joint UNECE/FAO Workshop on Illegal Logging and Trade of Illegally-derived Forest Products in the UNECE Region Palais des Nations, UNECE/FAO, Genève, str. 1–9.
- ZGS, 2005: Končno poročilo projekta: Preskrba in raba bioenergije ob sočasnem zagotavljanju trajnostnega gospodarjenja z gozdom. Zavod za gozdove Slovenije, Ljubljana, str. 1–185.
- ZGS, 2006: Rezultati ankete o žagarskih obratih v Sloveniji. Zavod za gozdove Slovenije, Ljubljana, neobjavljeno.

---

#### Adresa autorâ:

Mitja Piškur  
e-mail: mitja.piskur@gozdis.si  
Nike Krajnc  
e-mail: nike.krajnc@gozdis.si  
Gozdarski inštitut Slovenije  
Oddelek za gozdno tehniko in ekonomiko  
Večna pot 2  
1000 Ljubljana  
SLOVENIJA



# Morfološke i proizvodne značajke traktora Ecotrac 120V

Dubravko Horvat, Željko Zečić, Marijan Šušnjar

## Nacrtak

*U radu su prikazani rezultati morfološke raščlambe hrvatskoga skidera ECOTRAC 120V te istraživanja njegovih proizvodnih značajki pri privlačenju drva iz brdskih oplodnih i gorskih prebornih sječa. Morfološkom su raščlambom utvrđene ovisnosti između morfoloških značajki skidera ECOTRAC 120V te ustanovljena njegova pripadnost obitelji skidera. Ispitivani se skider odlikuje malom širinom s obzirom na duljinu, zbog potrebe njegova kretanja pri privlačenju drva na izgrađenim trakorskim putovima ukupne širine do 2,5 m, te većom snagom motora u odnosu na masu skidera. Ova razmatranja ukazuju na opravdanost morfoloških raščlambi jer se mogu uočiti smjerovi razvoja strojeva te načini pronalazjenja konstrukcijskih rješenja za zadovoljavanje zahtjeva njihove uporabe.*

*Usporedbom dvaju radilišta pri istraživanju proizvodnosti skidera vidljivo je da proizvodnost najviše ovisi o sječnoj gustoći (vrijeme rada u sječini) i brzini privlačenja te da značajna razlika u veličini tovara, u ovome slučaju, nije ključni čimbenik proizvodnosti privlačenja drva.*

*Ključne riječi: skider ECOTRAC 120V, morfološka raščlamba, privlačenje drva, dnevni učinak, troškovi*

## 1. Uvod

U prigorskim i brdskim šumama u Hrvatskoj za privlačenje drva iz oplodnih i prebornih sječa najviše se rabe kotačni skideri opremljeni šumskim vitlom. Sličnost se između oplodnih i prebornih sječa u prigorskim i brdskim šuma ogleda u podjednakim dimenzijama stabala, pa su pri privlačenju izrađenih drvnih sortimenata primjenjive istovrsne metode i slična tehnika. Krpan i dr. (2003), analizom godišnjega etata hrvatskoga šumarstva prema vrsti sječe i uvjetima terena, dolaze do količine od 1,4 mil. m<sup>3</sup> drvnih sortimenata koji se privlače velikim skiderima iz oplodnih i prebornih sječa u prigorskim i brdskim šumama.

Danas u Hrvatskoj trenutačno radi oko 300 skidera u vlasništvu poduzeća »Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb te oko 100 skidera (procjena) u vlasništvu privatnih poduzetnika. Od toga je broja preko 100 prorednih, mase ispod 4 t, koji su razvijeni i proizvedeni u Hrvatskoj. Preostalih je oko 300 skidera mase preko 7 t uvoznih, koji se rabe za privlačenje drva većih dimenzija iz glavnoga prihoda.

Temeljem potreba hrvatskoga šumarstva za ovakvim načinima privlačenja drva, sadašnjega broja ski-

dera i mogućnosti proizvodnje tvornice »Hittner« d.o.o. nastala je ideja o razvoju domaćega skidera mase preko 7 tona. U projekt razvoja i proizvodnje novoga skidera u okviru razvojnih projekata Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske uključeni su, uz proizvođača, i šumarski stručnjaci i djelatnici Šumarskoga fakulteta kako bi znanjem i iskustvom ustanovili temeljne tehničke i tehnološke zahtjeve za konstrukciju skidera. Osnovna je zamisao da novonastali skider bude u potpunosti pogodan zahtjevima izvođenja radova privlačenja drva u šumama u Hrvatskoj.

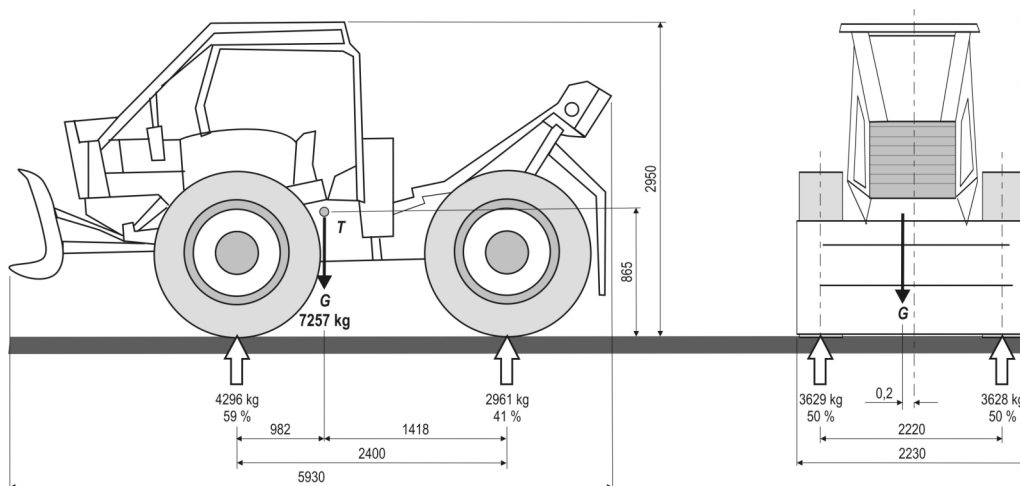
Cilj je rada morfološkom raščlambom temeljnih dimenzijskih značajki ustanoviti pripadnost novoga skidera familiji skidera te studijem rada i vremena njegovu proizvodnost, i to na dvama karakterističnim radilištima pri privlačenju drva iz oplodne i preborne sječe.

## 2. Skidder ECOTRAC 120V

Osnovne su dimenzije i raspored masa skidera ECOTRAC 120V prikazane na slici 2 (Horvat i Šušnjar 2005). Masa skidera s vozačem iznosi 7257 kg (59 %



Slika 1. Skider ECOTRAC 120V



Slika 2. Dimenzije i raspored masa skidera ECOTRAC 120V

na prednjoj osovini te 41 % na stražnjoj). Najveća dopuštena masa na zadnjoj osovini skidera iznosi 6000 kg.

Motor je skidera dizelski, nazivne snage 84 kW. Vitlo je dvobubanjno, nazivne vučne sile od 80 kN. Vučno je užje promjera 14 mm, duljine po bubnju 70 m. Vitlo ima hidraulični pogon, a upravljanje je elektrohidraulično. Zadnja je daska prihvatna, zaštitna i sidrena, s mogućnošću podizanja i spuštanja pomoću dvaju hidrauličnih cilindara.

### 3. Metode istraživanja

Morfološkom raščlambom utvrđuju 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 valjanosti izbora stroja. Rezultati provedenih raščlambi služe šumarskim stručnjacima pri odabiru novih strojeva, pri određivanju najpovoljnije uporabe strojeva u raznim radnim uvjetima

ili za određivanje parametara pri konstrukciji novih strojeva.

Bekker (1956) provodi jednu od prvih morfoloških raščlambi vozila za kretanje izvan putova, iznoseći mišljenje kako će objekt koji se kreće u nekom mediju poprimiti oblik koji pruža najmanji otpor kretanju. S toga se stajališta morfološka analiza može učiniti ne samo za iskaz dostignute razine dimenzijskoga razvoja vozila ili za traženje položaja nekoga vozila u skupu sličnih već i za procjenu budućega razvoja.

Sever (1980) morfološkom raščlambom uspoređuje šumske zglobne traktore s vitlom s adaptiranim poljoprivrednim traktorima, nedvojbeno utvrdivši kako se skideri mogu svrstati u poseban skup/obitelj vozila koja ima svojstvene morfološke značajke. Sever i Horvat (1985) pri izradbi projektnoga zadatka za srednji skider upotrebljavaju rezultate morfološke analize. Isti autori (1992B) analiziraju temeljne morfološke značajke raznih šumskih vozila. Iznose mišljenje kako se ovakvim podacima mogu služiti konstruktori pri konstrukciji vozila i šumarski stručnjaci pri njihovu izboru.

Cijela zamisao ove analize zasniva se na korelacijskoj ovisnosti između pojedinih parova morfoloških značajki skidera te usporedbi položaja ECOTRAC 120 V unutar cijele obitelji (skupine) skidera. Za potrebe morfološke analize preuzete su poznate baze podataka (Sever i Horvat 1992A, Sever i Horvat 1992B, Sever i Horvat 1997, Horvat i dr. 2002), koje su nadopunjene s podacima iz baza podataka nekih značajki šumskih strojeva Odjela za šumsku tehniku šumarskoga istraživačkoga instituta austrijskoga ministarstva poljoprivrede i šumarstva (FBVA 2003). Ukupno baza podataka sadrži 91 tip skidera.

Odabrano je devet osnovnih morfoloških značajki za skidere iz baze podataka, od toga pet osnovnih značajki (duljina  $L$ , širina  $B$ , visina do krova kabine  $H_C$ , masa  $m$ , snaga motora  $P$ ) te tri izračunate značajke (indeksi oblika  $H_C/L$  i  $W/L$ , jedinična masa  $g_m$ ). Ako se vozilo prikaže u obliku prizme, tada omjeri  $H/L$  (visina/duljina) i  $B/L$  (širina/duljina) iskazuju važne obujamske značajke i nazivaju se indeksima oblika. Za vozila koja pripadaju istoj obitelji, indeksi oblika najvažnije su značajke kojima se ona opisuju i služe kao početna obavijest o proučavanom vozilu i njegovu svrstavanju u već poznatu obitelj vozila.

Podaci su tablično razvrstani u računalnoj datoteci, tako da su lako dostupni za određivanje mogućih ovisnosti. Korelacijske su ovisnosti između određenih morfoloških značajki skidera napravljene pomoću računalnoga programa REG.EXE (Hitrec i Horvat 1987). U prikazima ovisnosti između morfoloških značajki skideri su podijeljeni u dvije osnovne kategorije s obzirom na masu: srednje skidere (mase do

5000 kg) i skidere mase preko 5000 kg. Navedenu podjelu skidera s obzirom na masu iznose Horvat i Sever (1995) te Horvat (1996).

Pri privlačenju drva skiderom ECOTRAC 120V na dvama radilištima povratnom metodom kronometrije mjereni su utrošci vremena radnih operacija i zahvata te proveden studij rada i vremena skidera. Primijenjena je standardna snimačka oprema. Odgovarajućim su metodama prikupljeni pomoćni mjerni i opisni podaci. Matematičko-statistička je obrada podataka provedena pomoću standardnih PC paketa, a obrada podataka pomoću računalnoga programa *Statistica 7*.

#### 4. Istraživana radilišta

Istraživanje proizvodnosti provedeno je na dvama radilištima: na području Šumarije Đurđevac, GJ »Đurđevačka Bilogora«, odjel 64a, i na području Šumarije Senj, GJ »Senjsko bilo«, odjel 24a. Na radilištima su vremenski odvojene faze sječe i izradbe stabala od privlačenja drva. Podaci u tablici 1 pokazuju različitost sastojinskih, reljefnih i tehnoloških značajki radilišta. Na radilištu Šumarije Đurđevac obavljen je pripremni sijek, a na radilištu Senj preborni sijek u sastojini s pretežitim udjelom bukve. Pri privlačenju drva skideri su se kretali po vlakama.

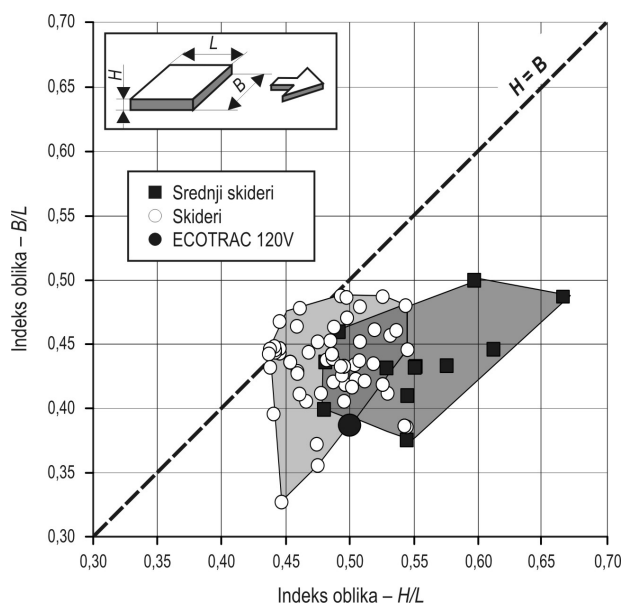
Tablica 1. Značajke radilišta

Šumarija	Đurđevac	Senj
Vrsta sječe	Pripremni sijek	Preborni sijek
Teren	Brdovit	Planinski
Nadmorska visina, m	185–245	960–1155
Nagib vlaka	+4 %	- 9,6 %
Stanje tla	Vlažno	Vlažno
Vrsta drva	Hrast (4,3 %) Bukva (35,1 %) OTL (60,6 %)	Bukva (84,3 %) Jela (15,7 %)
Prosječni obujam stabla, m <sup>3</sup>	0,52	1,59
Sječna gustoća, m <sup>3</sup> /ha	128,11	46,05
Metoda izradbe drva	Sortimentna	Poludeblovna
Srednja udaljenost privlačenja, m	257	335

#### 5. Rezultati istraživanja

##### 5.1 Morfološka raščlamba

Morfološkom su raščlambom utvrđene ovisnosti između pojedinih morfoloških značajki skidera ECOTRAC 120V te ustanovljeni njegova pripadnost i položaj unutar cijele obitelji (skupine) skidera.

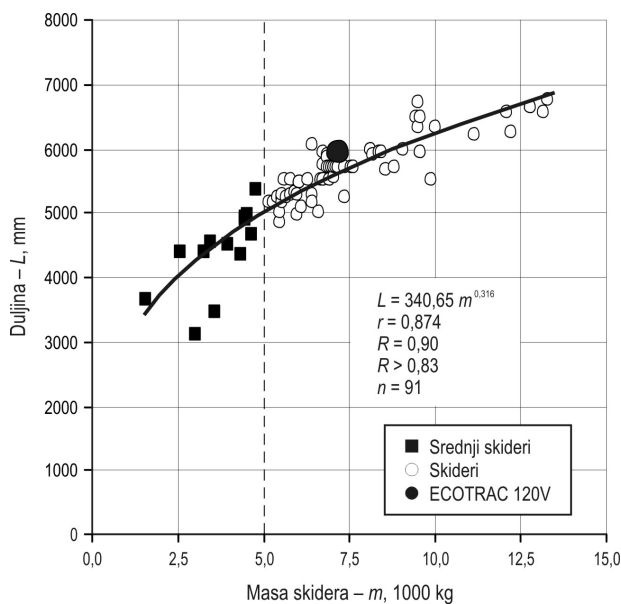


Slika 3. Indeksi oblika

Na slici 3 prikazan je odnos indeksa oblika obitelji skidera. Vidljivo je da se većina vrijednosti indeksa oblika nalazi ispod pravca  $H = B$ , tj. nalaze se u području gdje visina prevladava nad širinom vozila. Općenito kod traktora koji se rabe za privlačenje drva (nadograđeni poljoprivredni traktori, zglobovi traktori s vitlom, forvarderi), karakteristično je da se indeksi oblika nalaze u području ispod pravca  $H = B$ . Ta je značajka uvjetovana potrebom za velikom pokretljivošću pri radu u šumskim sastojinama. Manje širine vozila omogućuju lakši pristup do izrađenih drvnih sortimenta kao i manje gaženje šumskoga tla i oštećivanje dubećih stabala. Skupina se srednjih skidera pomiče u desnu stranu prema smjeru većih visina vozila s obzirom na njihovu duljinu.

Odnos se indeksa oblika skidera ECOTRAC 120V nalazi na samom rubu polja skidera te se odlikuje pogodnom malom širinom vozila s obzirom na duljinu. Razlog njegova položaja zasniva se na samim zahtjevima šumarske struke pri konstrukciji ovoga skidera. Traktorski su putovi u brdskim i gorskim predjelima Hrvatske namijenjeni za promet traktora za privlačenje drva ukupne širine do 2,5 m (Pičman i Pentek 2003) te se pri konstrukciji vodilo računa o zadovoljavanju zahtjeva šumarske struke kako bi se gabaritne dimenzije skidera uklopile u zadane širine izgrađenih traktorskih vlaka. Ukupna širina skidera iznosi 2230 mm, što uz ukupnu duljinu od 5930 mm daje niski indeks oblika  $B/L$  (širina / duljina) od 0,38.

Masa se skidera smatra bitnom morfološkom značajkom. Iako se veća masa smatra u pravilu nepovoljnom, kod skidera i ostalih vozila za privlačenje drva masa ima šire eksploatacijsko značenje jer pri



Slika 4. Ovisnost duljine o masi skidera

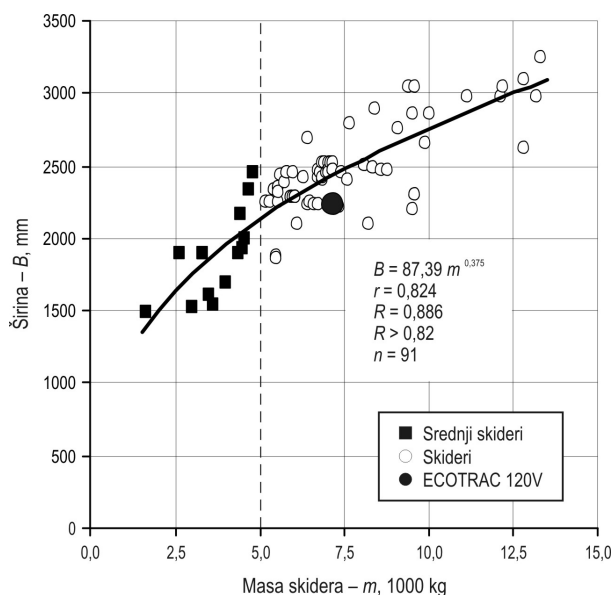
privlačenju drva zajedno s dijelom mase vučenoga tereta tvori adhezijsko opterećenje te time omogućuje ostvarivanje prijenosa obodne sile s kotača na tlo (Sever i Horvat 1985). No, s druge strane veća se masa skidera smatra nepovoljnom zbog većega otpora kotrljanja te većega pritiska kotača na tlo, zbog čega se šumsko tlo oštećuje.

Usporedba gabaritnih dimenzija skidera s masom prikazana je na slikama 4, 5 i 6, pri čemu su pri utvrđivanju ovisnosti odabrane eksponencijalne regresijske jednadžbe izjednačenja zbog činjenice da za gabaritne dimenzije postoji neka granična vrijednost (asimptotska) određena ili zakonskim propisima ili tehnološkim zahtjevima. Ustanovljeni su vrlo jaki koeficijenti regresije i korelacije za utvrđene ovisnosti duljine, širine i visine skidera s obzirom na masu.

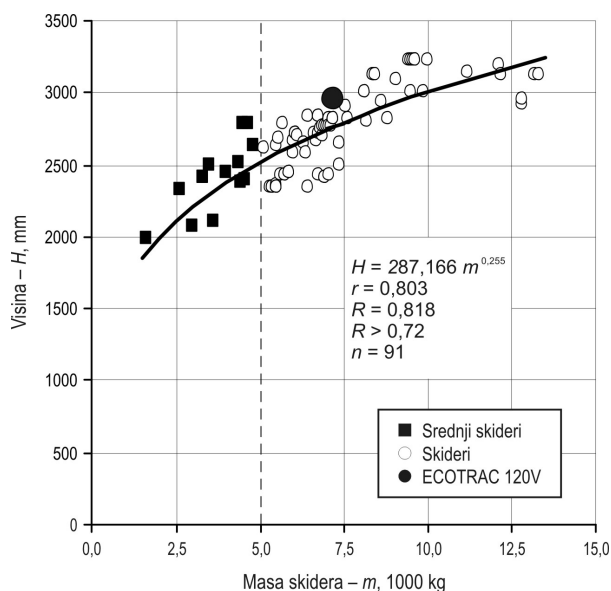
Na slikama 4 i 5 zapaža se da duljina raste brže s masom nego širina. Ta se pojava objašnjava navedenim ograničenjem širine skidera zbog širine traktorskih putova te zahtjevima rada u šumi za što užim vozilima radi smanjivanja oštećivanja dubećih stabala. Rast je duljine skidera s povećanjem mase nepovoljan sa stanovišta njegove kretnosti u šumskim sastojinama jer veća duljina podrazumijeva veći krug okretanja skidera te time njegovu manju pokretljivost. Ipak, nepovoljni trend povećanja duljine skidera s masom može se donekle ublažiti zglobovim upravljanjem, gdje se sa središnje postavljanim zglobovom može ostvariti manji krug okretanja unatoč relativno velikom međuosovinskom razmaku ili ukupnoj duljini.

Proučavani se skider nalazi u prikazanim ovisnostima u blizini krivulja izjednačenja promatranih ovis-





Slika 5. Ovisnost širine o masi skidera



Slika 6. Ovisnost visine o masi skidera

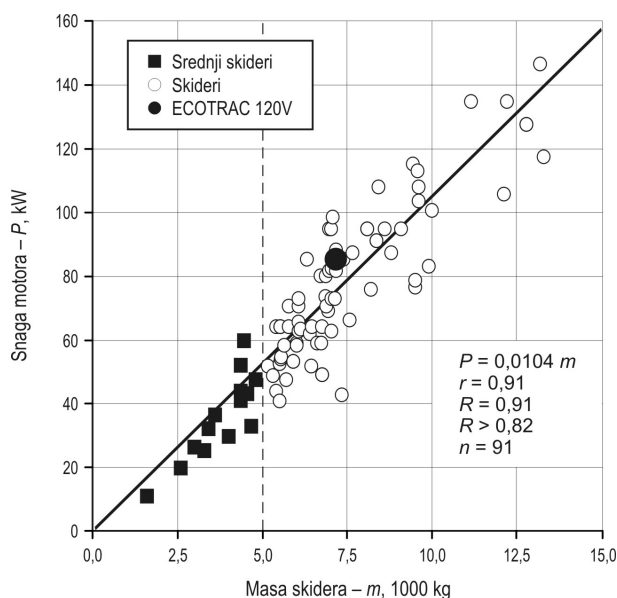
nosti gabaritnih dimenzija prema masi, te se može tvrditi da pripada potpuno u obitelj i skupinu skidera. Širina se nalazi ispod krivulja izjednačenja, a razlog je njegove manje širine objašnjen usuglašavanjem zahtjeva šumarske struke i konstrukcijskih rješenja. Duljina i visina skidera nalaze se iznad krivulja izjednačenja. Veća je duljina uzrokovana konstrukcijom prednje odzivne daske koja se pokreće pomoću dvaju hidrauličnih cilindara dugoga hoda, što omogućuje velik luk njezina pokretanja, te konstrukcijom zadnje daske za sidrenje. Ukupna je visina veća od prosjeka jer je definirana kao udaljenost od

tla do najviše točke skidera, koja je kod ovoga skidera predstavljena vršnim rubom ispušne cijevi koja se izdiže iznad krova kabine radi zadovoljavanja sigurnosnih zahtjeva normi ISO za uklanjanje mogućnosti ulaska ispušnih plinova u kabinu.

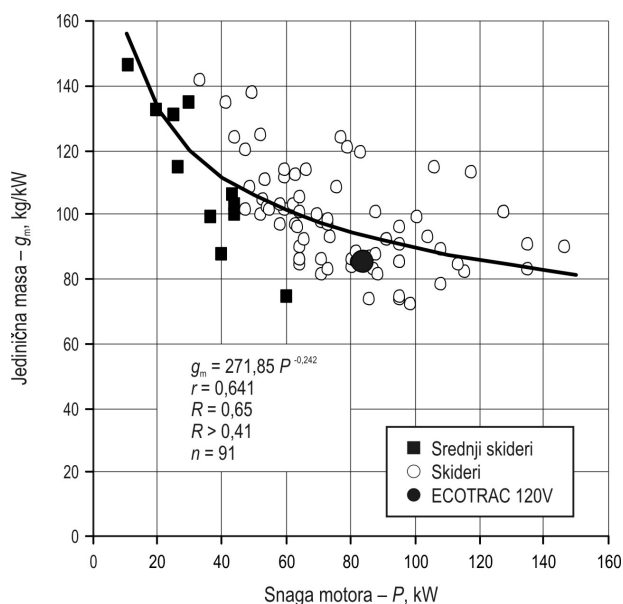
Analiza ovisnosti snage pogonskoga motora o masi značajna je sa stanovišta razdvajanja skidera kao obitelji vozila u odnosu na adaptirane poljoprivredne traktore. Odnos snage motora i mase vozila može se tumačiti kao veličinu snage motora koju može nositi jedinica mase vozila. Sever (1980) zaključuje da je jedinična snaga skidera mnogo manja nego adaptiranih poljoprivrednih traktora. Autor navedenu pojavu objašnjava konstrukcijom skidera s većim koeficijentom sigurnosti zbog otežanih uvjeta rada pri privlačenju drva. Isto tako brzine su rada traktora u poljoprivrednoj proizvodnji veće od brzina kojima skideri privlače drvo.

Prikazom navedene ovisnosti samo za obitelj skidera ustanovljena je vrlo jaka linearna ovisnost snage motora o masi (slika 7). S povećanjem mase skidera linearno se povećava snaga pogonskoga motora, pri čemu se može zaključiti da 100 kg mase skidera približno »nosi« 1 kW snage pogonskoga motora.

Ispitivani skider ECOTRAC 120V nalazi se iznad linije izjednačenja zbog snage pogonskoga motora od 84 kW, što uz masu od 7257 kg znači da 100 kg mase skidera nosi 1,16 kW snage pogonskoga motora, tj. skider ima jediničnu snagu od 11,6 kW/t te jediničnu masu od 86,4 kg/kW. Povećana je snaga motora izišla iz zahtjeva šumarskih stručnjaka temeljenih na iskustvu višegodišnje uporabe skidera u privlačenju drva iz prebornih, planinskih sastojina.



Slika 7. Ovisnost snage motora o masi skidera



**Slika 8.** Ovisnost jedinične mase o snazi motora skidera

Daljnja analiza ovisnosti snage pogonskoga motora i mase skidera provedena je temeljem pokazatelja poznatoga kao jedinična masa traktora ( $g_m$ ) koja je definirana kao odnos neto mase traktora ( $m$ ) i snage pogonskoga motora ( $P$ ). Kod ovisnosti jedinične mase o snazi motora skidera (slika 8) utvrđena je jaka nelinearna korelacijska veza. Očekivano, istraživani je skider, zbog povećanja snage motora, imao manju jediničnu masu od obilježja skupine. Raspon se jediničnih masa skidera kreće u granicama od 70 kg/kW do 150 kg/kW. Ovaj rezultat analize govori o trendu povećanja jediničnih masa skidera prema onima zapaženim u ranijim istraživanjima. Tako Sever (1980) navodi raspon jediničnih masa za skidere od 60 kg/kW do 85 kg/kW. Ovaj se

trend ugradnje motora sve manjih snaga u skidere može objasniti profiliranjem skidera kao familije te njihovim odmakom od pravila gradnje poljoprivrednih traktora iz kojih su se razvili.

## 5.2 Tovari

Podaci o tovarima prikazani su u tablici 2. Prosječni je obujam tovara u pripremnom sijeku gotovo upola manji od prosječnoga tovara u prebornom sijeku (2,78 m<sup>3</sup> prema 5,34 m<sup>3</sup>), ali se sastoji od prosječno većega broja (8 prema 5,7) manjih (0,35 m<sup>3</sup> prema 0,93 m<sup>3</sup>) i kraćih komada (3,9 m prema 7 m).

Kako su promjeri privučenoga obloga drva za oba radilišta približnih dimenzija, zabilježeni veći obujam prosječnoga tovara na radilištu s prebornom sječom posljedica je privlačenja manjega broja, ali mnogo duljih sortimenata.

## 5.3 Utrošak vremena

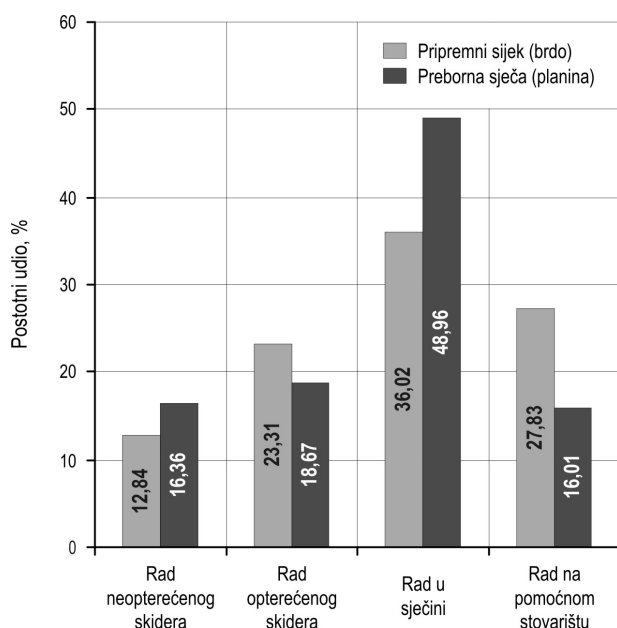
Na osnovi provedenoga studija vremena određena je struktura ukupno utrošenoga vremena, efektivnoga vremena i općih vremena. Rad na privlačenju obloga drva brdskoga radilišta nakon pripremnoga sijeka karakterizira izrazito slaba iskorištenost vremena (efektivno je vrijeme 47,06 % ukupnoga vremena), za razliku od planinskoga radilišta s prebornom sječom (efektivno je vrijeme 80,2 % ukupnoga vremena). Distribucija je sastavnica efektivnoga vremena (slika 9) relativno slična za oba radilišta, s tim da je kod preborne sječe veći udio vremena rada u sječini, a manji na pomoćnom stovarištu. S obzirom na zabilježeni manji broj, ali dužih komada u tovaru kod preborne sječe, manji je udio vremena za rad na pomoćnom stovarištu očekivan. Znatno udio vremena rada u sječini kod prebornoga sijeka, unatoč većoj brzini razvlačenja užeta i privitlavanja, posljedica je veće prosječne udaljenosti privitlavanja (21,8 m) i znatnijega premještanja skidera tijekom formiranja tovara te relativno kratkoga zadržavanja na pomoćnom stovarištu. U pripremnom je sijeku prosječna udaljenost privitlavanja 10,5 m. Udio je vožnje opterećenoga i neopterećenoga skidera za oba radilišta sličan.

Na brdskom je radilištu jedinično efektivno vrijeme iznosilo 8,06 min/m<sup>3</sup> uz dnevni učinak od 20,88 m<sup>3</sup>/dan, odnosno kod prebornoga sijeka 9,88 min/m<sup>3</sup> uz dnevni učinak od 31,88 m<sup>3</sup>/dan. Kako je na radilištu Senj (preborni sijek) skider radio dulje (prosječno 392,52 min/dan) u odnosu na radilište Đurđevac (pripremni sijek), gdje je skider prosječno radio od 357,75 min/dan te uz mnogo veći udio efektivnoga vremena, ne čudi što je kod prebornoga sijeka utvrđeni dnevni učinak veći za 11,00 m<sup>3</sup> ili 34,5 %.

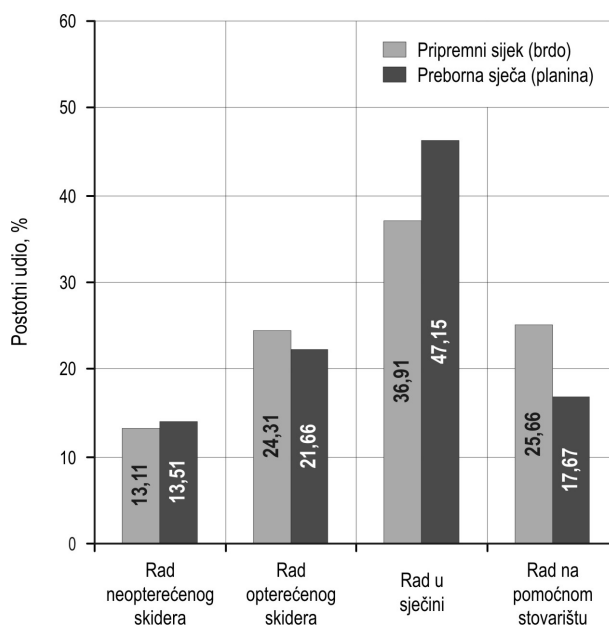
**Tablica 2.** Značajke tovara po radilištima

Vrsta sječe	Pripremni sijek	Preborni sijek
Ukupno privučeno drvo, m <sup>3</sup>	125,25	255,01
Ukupan broj komada	359	275
Ukupan broj turnusa	46	48
Obujam tovara, m <sup>3</sup> /tura	2,78 (0,78 - 4,52)*	5,34 (1,63 - 10,36)*
Broj komada u tovaru	8 (3 - 17)*	5,7 (3 - 9)*
Duljina komada, m	3,9 (2 - 7,8)*	7 (2 - 13,2)*
Obujam komada, m <sup>3</sup>	0,35 (0,06 - 2,13)*	0,93 (0,06 - 3,87)*
Promjer komada, cm	32 (14 - 73)*	39 (13 - 75)*

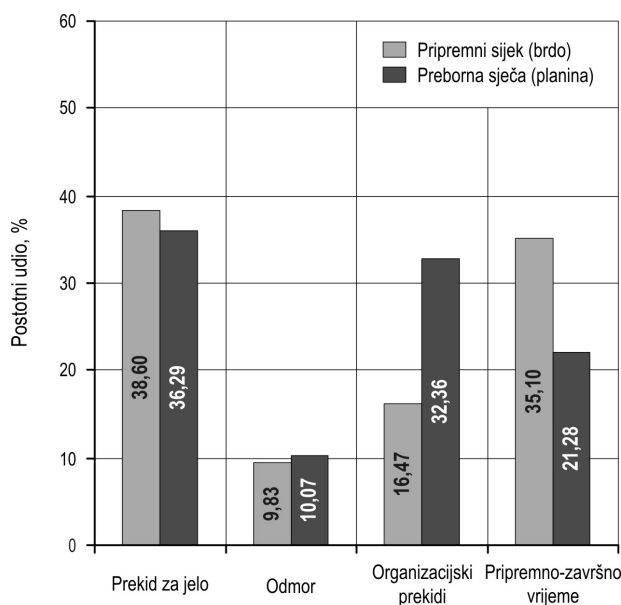
\* najmanje i najveće opažanje



Slika 9. Struktura utrošenoga efektivnoga vremena



Slika 11. Struktura oblikovanoga efektivnoga vremena



Slika 10. Struktura dodatnoga vremena

#### 5.4 Dodatno vrijeme

Struktura dodatnoga vremena prikazana je na slici 10. Prekid za jelo izračunat je na temelju 30-minutnoga prekida rada u 8-satnom radnom vremenu.

Ukupno dodatno vrijeme skidera Ecotrac 120 V na brdskom radilištu iznosi 347,53 minuta (34,25 % efektivnoga vremena), a na planinskom radilištu 451,98 minuta, (17,95 % efektivnoga vremena). Faktori dodatnoga vremena u prvom su slučaju 1,34, a u drugom 1,18.

#### 5.5 Vrijeme turnusa

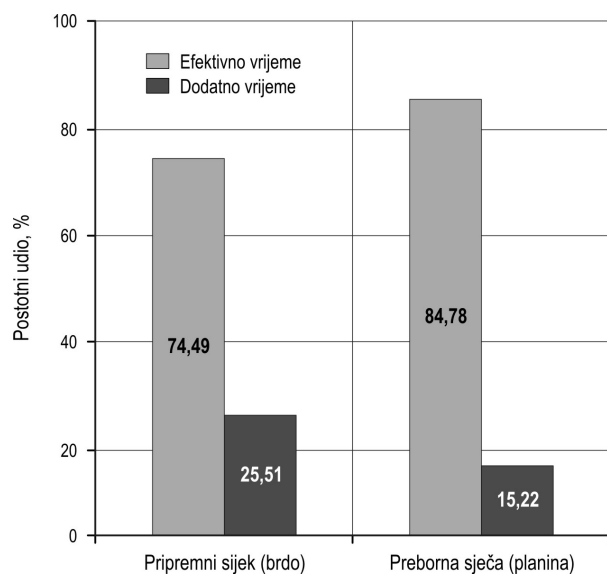
Na slici 11 prikazana je struktura oblikovanih vremena turnusa za vožnju po sječini i vlaci na udaljenost od 300 m te za vožnju po pomoćnom stovarištu od 50 m. Efektivno vrijeme turnusa na brdskom radilištu pri pripremnom sijeku iznosi 21,43 minute, a na planinskom radilištu pri prebornoj sječi 54,44 minute, što je za 33,01 minuta više. Norma vremena na brdskom radilištu iznosi 10,35 min/m<sup>3</sup>, a na planinskom radilištu 12,03 min/m<sup>3</sup> (tablica 3). Na planinskom radilištu pri prebornoj je sječi utrošak fiksnih vremena velik i iznosi 64,43 % efektivnoga vremena turnusa (54,51 % na brdskom radilištu), s većim udjelima utovara (47,15 %). Tako je za utovar utrošeno 10,24 % vremena više nego na brdskom radilištu nakon pripremnoga sijeka. Udio je vremena istovara manji za 7,99 % nego na brdskom radilištu.

#### 5.6 Brzine traktora, brzine izvlačenja užeta i privitlavanja

Brzine su opterećenih i neopterećenih skidera (puna i prazna vožnja) izračunate pomoću vremena koja su izračunata multiplom linearnom regresijskom anali-

**Tablica 3.** Oblikovana norma vremena i dnevni učinak skidera Ecotrac 120V

Vrsta sječe	Pripremni sijek (brdo)	Preborna sječa (planina)
Prosječni obujam tovara, m <sup>3</sup>	2,78	5,34
Norma vremena, min/m <sup>3</sup>	10,35	12,03
Dnevni učinak, m <sup>3</sup> /dan	46,38	39,92



Slika 12. Postotni udio efektivnoga i dodatnoga vremena

zom. Neopterećeni se traktor na brdskom radilištu (Koprivnica) kreće traktorskim putem niz nagib, a opterećeni uz nagib +4 %. Na planinskom radilištu (Senj) situacija je obrnuta, neopterećeni se traktor kreće uz nagib, a opterećeni niz nagib -9,6 %. Koeficijenti jednadžbi izjednačenja utrošenih vremena vožnji s faktorima korelacije prikazani su u tablici 4.

Pri izračunu vremena vožnje opterećenoga traktora u brdu uzeti su sljedeći utjecajni parametri: udaljenost ( $l$ ), stanje tla ( $s_t$ ), nagib puta ( $\alpha$ ), prosječna dnevna temperatura ( $T$ ) i obujam tovara ( $q$ ).

$$v = a + b_1 l + b_2 s_t + b_3 \alpha + b_4 T + b_5 q, (\text{min})$$

Kod neopterećenoga su traktora uzeti isti parametri osim obujma tovara.

$$v = a + b_1 l + b_2 s_t + b_3 \alpha + b_4 T, (\text{min})$$

Kod kretanja opterećenih skidera po pomoćnom stovarištu promatrani su udaljenost ( $l$ ), obujam tovara ( $q$ ) i broj komada u tovaru ( $n$ ).

$$v = a + b_1 l + b_2 q + b_3 n, (\text{min})$$

Kod neopterećenih promatrana je samo udaljenost vožnje ( $l$ ).

$$v = a + b_1 l, (\text{min})$$

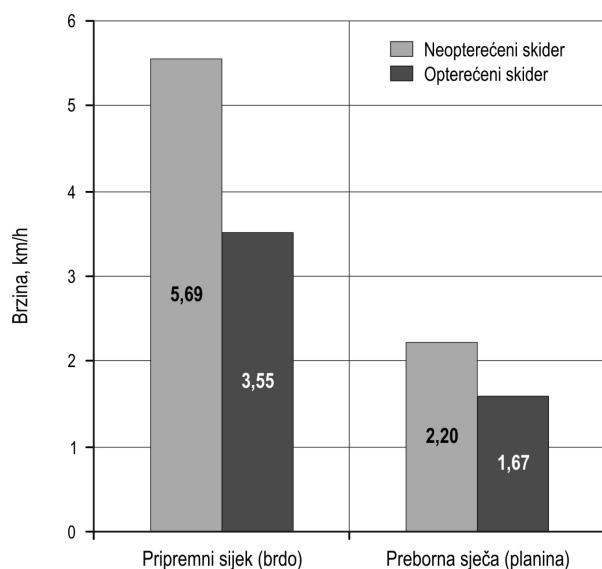
Prosječne brzine kretanja neopterećenih traktora za udaljenosti od 50 m do 500 m iznose 5,69 km/h na brdskom radilištu, odnosno 2,20 km/h na planinskom radilištu (slika 13). Opterećeni se traktori kreću prosječnom brzinom od 3,55 km/h (brdsko radilište) i 1,67 km/h (planinsko radilište). Unatoč kretanju opterećenoga traktora nizbrdo (-9,6 %) brzina je privlačenja na planinskom radilištu mnogo manja od brzine u brdu, što je posljedica izbora vozača koji nije mogao nizbrdo brže voziti veliki tovar (5,34 m<sup>3</sup>). Očekivano, prazni se skider u brdu kretao nizbrdo brže nego prazan uzbrdo u planini.

Na temelju jednadžbi izračunate su za različite udaljenosti, a uz konstantne ostale parametre, brzine skidera prikazane na slici 14. Zbog kretanja opterećenoga skidera niz nagib na planinskom, prebornom radilištu brzine su prazne i pune vožnje slične,

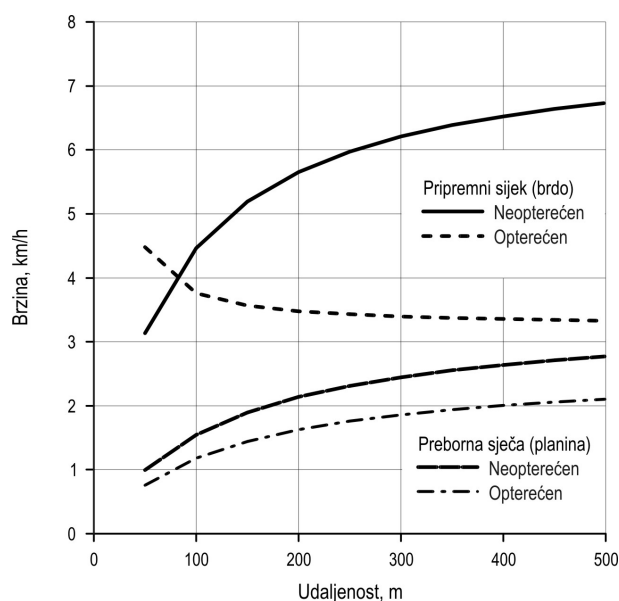
Tablica 4. Parametri jednadžbi multiple linearne regresijske analize

Vrsta vremena	Parametri						
	a	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>	b <sub>5</sub>	R
Pripremni sijek (brdo)							
1. Sječina i traktorski put		$l$	$s_t$	$\alpha$	$T$	$q$	
Vožnja neopterećenoga skidera	-0,6773	0,0077	0,3589	-0,0120	0,0354		0,95
Vožnja opterećenoga skidera	-4,3734	0,0185	0,7128	0,3274	-0,0443	0,1077	0,93
2. Pomoćno stovarište		$l$	$q$	$n$			
Vožnja neopterećenoga skidera	0,1630	0,0083					0,61
Vožnja opterećenoga skidera	0,2291	0,0105	-0,0016	0,0110			0,60
Preborna sječa (planina)							
1. Sječina i traktorski put		$l$	$s_t$	$\alpha$	$q$		
Vožnja neopterećenoga skidera	-0,9118	0,0174	0,7894	0,1620			0,95
Vožnja opterećenoga skidera	0,5990	0,0229	-0,5145	0,1172	0,3077		0,96
2. Pomoćno stovarište		$l$	$q$	$n$			
Vožnja neopterećenoga skidera	0,1289	0,0126					0,61
Vožnja opterećenoga skidera	0,3588	0,0005	-0,0732	0,2233			0,12





Slika 13. Prosječne brzine kretanja



Slika 14. Brzine vožnji skidera po vlači i sječini

a u brdu se opterećeni skider kreće uzbrdo mnogo sporije od neopterećenoga. Općenito, u brdu su brzine vožnje veće zbog manjega tovara.

Usporedbom brzina skidera na radilištima i onih dobivenih proračunom i mjerenjem iz tablice 5 (Horvat i Šušnjar 2005) može se zaključiti da je vozač skidera pri kretanju neopterećenoga traktora na planinskom radilištu koristio »1. brzi hod«, odnosno »2. brzi hod« na brdskom radilištu. Pri privlačenju drva skiderom niz nagib na planinskom radilištu Senj korišten je stupanj prijenosa »1. spori hod«, a pri privlačenju drva uz nagib na brdskom radilištu Đurđe-

vac stupanj prijenosa »2. spori hod«. S obzirom na korištene stupnjeve prijenosa i ostvarene brzine kretanja neopterećenoga i opterećenoga skidera može se donijeti sud o dobroj izvedenosti prijenosnih odnosa sustava prijenosa snage, ali isto tako o najopterećenijim zupčaničkim parovima prijenosa pri radu skidera na privlačenju drva.

Prosječna je brzina izvlačenja užeta na brdskim radilištima bila 1,10 km/h uz prosječnu udaljenost od 10,5 m, a na planinskom je radilištu uže izvlačeno brže (1,66 km/h) na veću prosječnu udaljenost (21,8 m). Multipla regresijska analiza pokazala je da na vrijeme izvlačenja užeta na planinskom radilištu signifikantno djeluje udaljenost i nagib terena, a u pripremnom sijeku udaljenost i temperatura zraka.

Pri pripremnom sijeku u brdu drvo je privitlavo no sporije (0,99 km/h) nego u prebornoj, planinskoj sastojini (1,8 km/h). Multipla regresijska analiza pokazala je da na vrijeme privitlavanja tovara na planinskom radilištu signifikantno djeluje udaljenost i prohodnost terena, a u pripremnom sijeku samo udaljenost.

Poznato je da će brzine izvlačenja užeta i brzine privitlavanja ovisiti o terenskim i sastojinskim čimbenicima, tehničkim značajkama vitla i užadi te dužini izvlačenja užeta i veličinama pojedinoga tovara. Horvat i Šušnjar (2005) proračunali su, na osnovi tehničkih podataka o vitlu Hittner 2 x 80, nazivne brzine privitlavanja od 1,26 m/s (4,32 km/h) kod praznoga bubnja vitla, odnosno 2,24 m/s (8,06 km/h) kod punoga bubnja. Vidljivo je da su ostvarene manje brzine privitlavanja od proračunatih nazivnih brzina. Razlog leži u tome da je pri radu vitla korišten manji broj okretaja motora i time manji protok ulja u hidrauličnom sustavu za pogon vitla, što je rezultiralo manjom brzinom privitlavanja. Nazivne

Tablica 5. Mjerene i proračunate brzine kretanja skidera ECOTRAC 120V

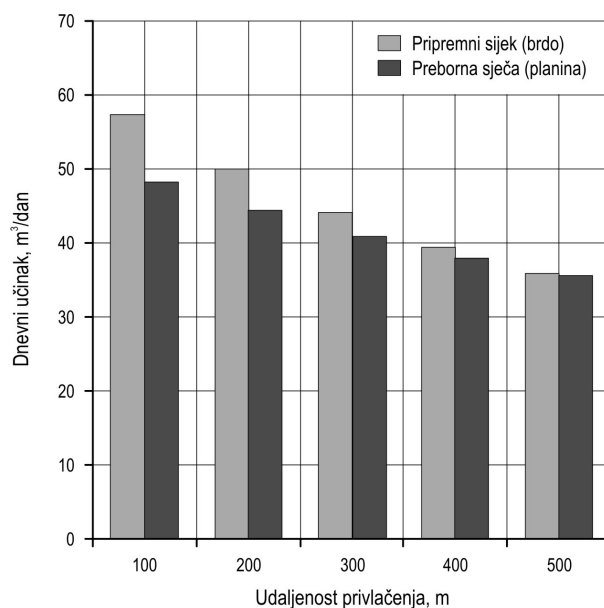
Stupanj prijenosa (naprijed)	Brzina, km/h	
	mjerena	proračunata
1. Spori hod	3,01	2,9
2. Spori hod	5,17	5,3
3. Spori hod	8,65	8,7
4. Spori hod	13,58	14,1
5. Spori hod	20,72	21,1
1. Brzi hod	4,02	4,1
2. Brzi hod	7,25	7,4
3. Brzi hod	11,88	12,3
4. Brzi hod	19,36	19,8
5. Brzi hod	28,87	29,7

brzine privitlavanja se mogu ostvariti pri nazivnoj brzini vrtnje motora. Uz poznatu ovisnost tlaka u hidrauličnom sustavu o drugoj potenciji brzine rotacije pumpe dade se zaključiti da su pri smanjenoj brzini motora ostvarene još uvijek dovoljne vučne sile vitla. S obzirom na radne mogućnosti vitla i zahtjeve privitlavanja na radilištima Đurđevac i Senj može se zaključiti da se vitlom može raditi i pri težim uvjetima (veći nagibi terena, veći tovari) kada se pojavljuju veći otpori privitlavanja.

### 5.7 Norme vremena, dnevni učinci i troškovi privlačenja

Norme su vremena, dnevni učinci i troškovi privlačenja drva izračunati u ovisnosti o udaljenosti privlačenja za oba radilišta (tablica 6).

Neopterećeni traktor na brdskom radilištu Đurđevac pri udaljenosti od 100 m do 500 m troši od 1,34 minute do 4,46 minuta, a na planinskom radilištu Senj pri istoj udaljenosti od 3,88 minuta do 10,83 minute po turnusu. Opterećeni skideri, uglavnom, trebaju više vremena pri istim udaljenostima privlačenja. Tako na brdskom radilištu opterećeni traktor treba od 1,60 minuta do 9,01 minutu po turnusu, a u planini od 5,09 minuta do 14,26 minuta. Vremena vožnji neopterećenoga i opterećenoga traktora na pomoćnom stovarištu prikazana su samo za udaljenost od 100 m, koja približno odgovara prosječnoj udaljenosti vožnji traktora na većini radilišta. Prema tomu je neopterećeni traktor na pomoćnom stovari-



Slika 15. Dnevni učinci u ovisnosti o udaljenosti privlačenja

štu za 100 m na brdskom radilištu Đurđevac utrošio 1,00 minutu, a na radilištu Senj 1,39 minuta. Opterećeni traktor na pomoćnom stovarištu troši 1,37 minuta, odnosno 2,07 minuta. Za ostale radne zahvate na pomoćnom stovarištu traktor je na brdskom radilištu Đurđevac utrošio 4,07 minuta, odnosno 6,90 minuta na planinskom radilištu Senj.

Vrijeme rada traktora na sječini obuhvaća sve radne zahvate (zauzimanje položaja, izvlačenje užeta,

Tablica 6. Izračunata vremena vožnje, norma vremena i dnevni učinci skidera

Udaljenost privlačenja	Vožnja traktora				Rad u sječini	Rad na pomoćnom stovarištu	Efektivno vrijeme	Dodatno vrijeme	Ukupno vrijeme turnusa	Norma vremena	Dnevni učinak
	Sječina		Pomoćno stovarište								
	Neopterećeni skider	Opterećeni skider	Neopterećeni skider	Opterećeni skider							
m	min									min/m³	m³/dan
Pripremni sijek (brdo)											
100 + 100	1,34	1,60	1,00	1,37	7,91	4,07	17,29	5,92	23,21	8,35	57,49
200 + 100	2,12	3,45	1,00	1,37	7,91	4,07	19,92	6,82	26,74	9,62	49,90
300 + 100	2,90	5,30	1,00	1,37	7,91	4,07	22,55	7,72	30,28	10,89	44,08
400 + 100	3,68	7,15	1,00	1,37	7,91	4,07	25,18	8,62	33,81	12,16	39,47
500 + 100	4,46	9,01	1,00	1,37	7,91	4,07	27,81	9,53	37,34	13,43	35,74
Preborna sječa (planina)											
100 + 100	3,88	5,09	1,39	2,07	25,69	6,90	45,02	8,08	53,10	9,94	48,27
200 + 100	5,62	7,38	1,39	2,07	25,69	6,90	49,05	8,80	57,86	10,83	44,30
300 + 100	7,36	9,67	1,39	2,07	25,69	6,90	53,08	9,53	62,61	11,72	40,94
400 + 100	9,09	11,97	1,39	2,07	25,69	6,90	57,11	10,25	67,36	12,61	38,05
500 + 100	10,83	14,26	1,39	2,07	25,69	6,90	61,14	10,98	72,12	13,51	35,54

vezanje tovara, privitlavanje), koji se događaju na pojedinom radilištu, a promatra se kao prosječno utrošeno vrijeme jednoga turnusa, odnosno fiksno vrijeme. Tako je traktor na brdskom radilištu Đurđevac utrošio 4,07 minuta po turnusu, a na planinskom radilištu Senj 25,69 minuta, što je 3,3 puta više. To se može objasniti s obzirom na prosječno veće vrijeme na zauzimanje položaja (premještanje), vrijeme vezanja tovara (prohodnost i spretnost radnika), dvostruko većom udaljenošću izvlačenja užeta i privitlavanja te konfiguracijom terena, odnosno s obzirom na metode rada (sječna gustoća).

Ukupno vrijeme turnusa traktora na brdskom radilištu Đurđevac kreće se od 23,21 minute do 37,34 minute, a na planinskom radilištu Senj od 53,10 minuta do 72,12 minuta.

Norma je vremena na brdskom radilištu Đurđevac u rasponu od 8,35 min/m<sup>3</sup> do 13,43 min/m<sup>3</sup>, a na planinskom je radilištu Senj od 9,94 min/m<sup>3</sup> do 13,51 min/m<sup>3</sup>.

Dnevni se učinak prema izračunatim vrijednostima može ostvariti na brdskom radilištu od 57,49 m<sup>3</sup>/dan do 35,74 m<sup>3</sup>/dan (100 – 500 m). Na planinskom je radilištu dnevni učinak moguće ostvariti od 48,53 m<sup>3</sup>/dan do 35,54 m<sup>3</sup>/dan za istu udaljenost (tablica 6).

Troškovi po jedinici proizvoda rastu s povećanjem udaljenosti privlačenja. Dnevna kalkulacija izravno ga troška istraživanoga skidera iznosi 214,92 EUR-a, a preuzeta je iz službenih kalkulacija troškova »Hrvatskih šuma« d.o.o. Zagreb za 2007. godinu.

U pripremnom sijeku za udaljenosti privlačenja od 100 m do 500 m na brdskom radilištu Đurđevac trošak se kreće od 3,74 EUR/m<sup>3</sup> do 6,01 EUR/m<sup>3</sup>. Na planinskom radilištu Senj za udaljenosti od 100 m do 500 m trošak se kreće od 4,45 EUR/m<sup>3</sup> do 6,05 EUR/m<sup>3</sup>. Za udaljenosti privlačenja od 300 m + 100 m trošak iznosi 4,88 EUR/m<sup>3</sup> za brdsko radilište. Za planinsko radilište isti trošak iznosi 5,25 EUR/m<sup>3</sup>, što je za 0,37 EUR/m<sup>3</sup>, odnosno 7,1 % veće u odnosu na trošak brdskoga radilišta Koprivnica.

## 6. Zaključci

Morfološkom su raščlambom utvrđene ovisnosti između pojedinih morfoloških značajki skidera ECOTRAC 120V te ustanovljena njegova pripadnost obitelji skidera. Ispitivani se skider odlikuje malom širinom vozila s obzirom na duljinu zbog potrebe njegova kretanja pri privlačenju drva na izgrađenim trakorskim putovima ukupne širine do 2,5 m. Nepovoljan rast duljine skidera, uzrokovan konstrukcijama prednje i stražnje daske, u odnosu na masu ne utječe na kretnost skidera zbog središnje postavljene noga zgloba.

U čitavoj je obitelji skidera zamijećeno povećanje jediničnih masa skidera. Veličina vučne sile na kotačima koja se može ostvariti ovisi i o tehničkim značajkama pogonskoga motora i sustava transmisije i o masi skidera koja čini adhezijsko opterećenje te potrebnu trakciju s tlom. Povećanjem snage motora u odnosu na masu skidera omogućeno je povećanje brzine kretanja skidera uz ostvarivanje potrebne obodne sile na kotačima za svladavanje otpora vuče i otpora kotrljanja, čime bi se ujedno povećala učinkovitost rada, posebno na nagnutim terenima.

Ova razmatranja pokazuju da su opravdane morfološke raščlambe jer se mogu uočiti smjerovi razvoja strojeva te načini pronalaženja konstrukcijskih rješenja za zadovoljavanje zahtjeva njihove uporabe.

Proizvodnost iskazana normom vremena, dnevnim učinkom i troškom neznatno se razlikuje na radilištima u brdu nakon pripremnoga sijeka i na planini s prebornim načinom gospodarenja. Usporedbom dvaju radilišta pri istraživanju proizvodnosti skidera vidljivo je da proizvodnost najviše ovisi o sječnoj gustoći (vrijeme rada u sječini) i brzini privlačenja te da značajna razlika u veličini tovara, u ovome slučaju, nije ključni čimbenik proizvodnosti privlačenja drva.

## 7. Literatura

- Bekker, M., G., 1956: Theory of land locomotion. The University of Michigan Press, str. 1–499.
- FBVA, 2003: CDR »500 Forstmaschinen – Maschinenbeschreibung und Selbstkostenrechnung«. Bundesamt und Forschungszentrum für Wald – Abteilung für Forsttechnik.
- Hitrec, V., D. Horvat, 1987: Jedna metoda određenja regresijskog modela na primjeru krivulje klizanja kotača. Mehanizacija šumarstva, 12(11–12): 177–181.
- Horvat, D., 1996: Tractive parameters of four skidders used for wood transportation in mountain forest thinning, ECE/FAO/ILO & IUFRO Seminar on environmentally sound forests roads and wood transportation, Sinaia, Rumunjska, str. 377–381.
- 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, Slovačka, str. 80–93.
- Horvat, D., S. Sever, 1995: Some Properties of the Skidders used in Mountain Forest Stand Thinning, Proceedings XX. IUFRO World Congress, Tampere, Finska, str. 211–216.
- Horvat, D., M. Šušnjar, 2005: Tehničke značajke skidera Ecotrac 120V, Istraživanje i studija u okviru projekta »Razvoj, izrada i ispitivanje specijalnog šumskog vozila – skidera mase 7t«, programa RAZUM Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa RH, Studija, str. 1–31.

Krpan, A. P. B., T. Poršinsky, Ž. Zečić, 2003: Studija o potrebnj veličini zglobnog traktora (skidera) temeljem sastojinskih prilika glavnoga prihoda i primjenjene tehnologije. Znanstvena studija u okviru projekta »Razvoj, izrada i ispitivanje specijalnog šumskog vozila – skidera mase 7t«, programa RAZUM Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa RH, str. 1–41.

Krpan, A. P. B., Ž. Zečić, 2001: Analyse der arbeit des Knickschleppers Timberjack 240 C beim holzrüken auf den neigungen (Analiza rada zglobnog traktora Timberjack 240 C kod privlačenja na nagibima). 35. Intenationales symposium Mechanisierung der waldarbeit, Brno, Češka Republika, str. 13–27.

Pičman, D., T. Pentek, 2003: Tehničke značajke sekundarnih šumskih prometnica u karakterističnim sastojinskim i stojbinskim uvjetima kao podloga za određivanje pogodnih dimenzija skidera. Znanstvena studija u okviru projekta »Razvoj, izrada i ispitivanje specijalnog šumskog vozila – skidera mase 7t«, programa RAZUM Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa RH, str. 1–39.

Sever, S., 1980: Istraživanje nekih eksploatacijskih parametara traktora kod privlačenja drva. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1–301.

Sever, S., D. Horvat, 1985: Šumski zglobni traktor snage oko 60 kW. Studija, Zagreb, ZIŠ, str. 1–187.

Sever, S., D. Horvat, 1992a: Skidders and forwarders database as sorce and help in determining morphological relationships. Proceedings of IUFRO workshop »Computer supported planning of roads and harvesting«, Feldafing, Njemačka, str. 196–200.

Sever, S., D. Horvat, 1992b: Logging wheeld tractor databank for assistance in machine family evaluation. Proceedings of IUFRO workshop »Computer supported planning of roads and harvesting«, Feldafing, Njemačka, str. 281–288.

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

Zečić, Ž., 2001: Proizvodnost i troškovi traktora u brdskim proredama (Productivity and costs of tractor in thinnings on hilly terrain). Znanstvena knjiga: Znanost u potrajnom gospodarenju hrvatskim šumama, Zagreb, str. 507–523.

Zečić, Ž., A. P. B. Krpan, B. Stankić, 2004: Privlačenje oblovine traktorom Timberjack 240C iz oplodne sječe u uvjetima Šumarije Velika Pisanica (Skidding of rounwood by tractor Timberjack 240 C from regeneration felling in conditions of forest office Velika Pisanica). Šumarski list, 128 (11–12): 671–678.

---

Adresa autorâ:

Dubravko Horvat  
e-mail: horvat@sumfak.hr  
Željko Zečić  
e-mail: zecic@sumfak.hr  
Marijan Šušnjar  
e-mail: susnjar@sumfak.hr  
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije  
Svetošimunska 25  
HR-10 000 Zagreb  
HRVATSKA



# Smrtne nesreće u šumarstvu u nekim europskim zemljama

Jaka Klun, Mirko Medved

## Nacrtak

Šumski se rad smatra jednim od najopasnijih poslova u svijetu. Ovaj članak uspoređuje smrtne nesreće koje se s obzirom na obujam posječenoga drva događaju pri profesionalnom i neprofesionalnom šumskom radu. U članku su prema petogodišnjim razdobljima analizirani podaci od 1980. do 2004. godine. Za Sloveniju i Austriju analizirano je svih pet razdoblja, za Švicarsku četiri, dok su podaci za Njemačku, Finsku, Švedsku i Hrvatsku obuhvatili manji broj promatranih razdoblja. Učestalost smrtnih slučajeva iskazana je brojem nesreća na 1 milijun m<sup>3</sup> posječenoga drva. Apsolutno najveća učestalost nesreća (9,52) zabilježena je pri neprofesionalnom radu u Sloveniji u razdoblju od 1990. do 1994. godine. Najmanja je učestalost nesreća (0,03) utvrđena pri profesionalnom šumskom radu u Švedskoj (2000 – 2004) i Finskoj (1995 – 1999). U posljednjem razdoblju (2000 – 2004) najviše je smrtnih slučajeva zabilježeno pri profesionalnom radu u Švicarskoj (1,00). S druge strane, smrtni slučajevi pri neprofesionalnom šumskom radu najbrojniji su u Sloveniji (7,27), što je gotovo pet puta više nego u Austriji i Švicarskoj. Međutim, u svim je zemljama uočeno smanjivanje učestalosti smrtnih slučajeva. Što se tiče smanjivanja ukupnoga broja smrtnih nesreća, najuspješnija je Švedska. U Švicarskoj i Austriji njihova je učestalost prepolovljena, dok u Sloveniji u tom pogledu nije zabilježen značajniji napredak. Broj smrtnih nesreća važan je pokazatelj razine prevladavanja opasnosti pri šumskom radu, te učinkovitosti i obuhvatnosti mjera koje pojedine zemlje provode u nastojanjima da osiguraju sigurnost pri šumskom radu.

*Ključne riječi: šumski rad, smrtne nesreće, izbrisati, europske zemlje*

## 1. Uvod

Posljednjih dvadeset i pet godina razvoj sigurnosti na radu dobro se vidi po podacima o najozbiljnijim nesrećama u šumskom radu. Podaci o smrtnim slučajevima nisu zamorni, već otkrivaju ulogu obrazovanja, obuke, zaštite i poboljšanja opreme za osobnu sigurnost, tehnološki razvoj, organizaciju i provođenje šumskoga rada. Unatoč velikomu napretku tehnike i informacijske tehnologije šumski je rad i dalje najugroženija profesionalna, a posebice neprofesionalna aktivnost u većini zemalja širom svijeta. Šumski rad ne obavljaju samo izučeni profesionalni radnici, već i profesionalno manje kvalificirani vlasnici šuma, njihovi rođaci i poznanici. Smrtne se nesreće bilježe s većom preciznošću od ostalih nesreća na radu. Podaci o nesrećama pri profesionalnom šumskom radu pritom su potpuniji od onih koje se javljaju pri neprofesionalnom šumskom radu.

Praćenje nesreća u šumarstvu i usporedbe između pojedinih zemalja jako su složeni zadaci zbog razlika u njihovim domaćim zakonodavstvima, organizaciji u području socijalnoga i zdravstvenoga osiguranja radnika te različitih metodologija i načina izvješćivanja o nesrećama. Još su nepotpunije evidencije o nesrećama na radu koje se odnose na neprofesionalni šumski rad. Na temelju podataka koje su dale pojedine zemlje na šumarstvo otpada relativno velik udio smrtnih nesreća, s učestalošću tipičnom za rudarstvo i građevinarstvo, zbog dužine radnoga dana, rada uvjetovanoga godišnjim dobima i meteorološkim uvjetima, udaljenim i izoliranim radnim mjestima.

Praćenje i analiziranje nesreća u istoj grani industrije i u dužem razdoblju upućuje na određene trendove povećanja sigurnosti pri profesionalnom i neprofesionalnom obavljanju posla. Posljedice su nesreća također značajna stavka u nacionalnim ekonomskim

pokazateljima. Zajednička europska statistika omogućuje usporedbe između pojedinih zemalja s obzirom na njihov uspjeh u provođenju novih mjera, jer su sigurnost na radu u šumarstvu i zaštita zdravlja jedan od socijalnih aspekata održivoga gospodarenja šumama. Socijalna je zaštita radne snage u šumarstvu jedan od pokazatelja održivosti prema šestom kriteriju održivoga gospodarenja šumama, kako je to odredila Ministarska konferencija o zaštiti šuma u Europi (Mcpfe 2003).

U prošlosti je Međunarodna organizacija rada utvrdila da su šumski radnici sudjelovali u nesrećama tri do četiri puta češće od poljoprivrednih radnika (ILO). 1980-ih godina u Finskoj (Nacionalni odbor za zaštitu rada 1988) te u Sjedinjenim Američkim Državama (Leigh 1987) zaključeno je na temelju stope smrtnosti šumskih radnika u usporedbi s ostalim profesijama da je šumski rad jedno od najrizičnijih i najopasnijih zanimanja. 1990-ih situacija se u SAD-u nije promijenila, jer je stopa smrtnih nesreća prosječno iznosila do 4,5 na 100 000 zaposlenih u svim profesijama (Herbert i Landrigan 2000). Na temelju sličnih studija i međunarodnih usporedbi s kraja 1970-ih do 1990-ih neke su zemlje razvile različite sustave zaštite, obuke, organizacije radnoga procesa, opreme za osobnu zaštitu i motivacijske pristupe koji su u relativno kratko vrijeme pridonijeli smanjenju broja nesreća pri profesionalnom, te s određenim prilagodbama pri neprofesionalnom šumskom radu.

Cilj je istraživanja smrtnih nesreća pri profesionalnom i neprofesionalnom šumskom radu utvrditi izvore i kakvoću podataka, te utvrditi na temelju njih razlike između odabranih zemalja u učestalosti nesreća s obzirom na obujam obavljenoga rada. Pretpostavljamo da su razlike među zemljama rezultat različitih pristupa u pružanju sigurnosti i zaštite zdravlja, te ozbiljnosti u bavljenju statističkim podacima o nesrećama koje se javljaju pri šumskom radu. Pretpostavka je da zbog razlika u načinu gospodarenja šumama i uvođenju modernih tehnologija u proizvodnji drva broj smrtnih nesreća pri šumskom radu opada. Treća je hipoteza da podaci o smrtnim nesrećama prikupljeni tijekom dužega razdoblja pokazuju razvoj sigurnosti i pojavnost smrtnih slučajeva pri profesionalnom i neprofesionalnom šumskom radu.

## 2. Metoda rada

Napravljena je usporedba između nesreća koje se javljaju pri profesionalnom i neprofesionalnom šumskom radu. Pretpostavili smo da je obavljanje šumskoga rada u šumama koje su u vlasništvu države, poduzeća i velikih vlasnika u domeni profesionalnih šumskih radnika, dok se proizvodnja u manjim pri-

**Tablica 1.** Šumski i ljudski resursi u šumarstvu odabranih zemalja (Gfra 2005)

Država	Ukupna površina	Šume i šumsko zemljište	Privatne šume	Zaposleni u šumarstvu	Godišnji etat
	1000 ha			10 <sup>3</sup> zaposlenika	1000 m <sup>3</sup>
Slovenija	2 014	1 309	938	3	3 153
Švicarska	3 955	1 288	397	7	6 958
Austrija	8 273	3 980	3 189	8	20 127
Njemačka	34 895	11 076	5 230	70	60 770
Švedska	41 162	30 785	23 492	17	76 980
Finska	30 447	23 302	15 487	24	64 300
Hrvatska	5 592	2 481	462	10	4 950

vatnim šumama u većini slučajeva obavlja kao neprofesionalni rad. Na osnovi toga usporedili smo sigurnost i zaštitu od nesretnih slučajeva u pojedinim zemljama pri profesionalnom i neprofesionalnom radu te količinu rada koji se obavlja.

Odabir zemalja čija se statistika nesreća na radu uspoređuje nije slučajna. Budući da na učestalost nesreća koje se javljaju tijekom šumskoga rada utječu brojni prirodni i socijalni čimbenici, odabrali smo zemlje s jako različitim razvojem gospodarenja šumama. U tablici 1 prikazani su neki osnovni statistički podaci za šumarstvo država koje su uspoređene u našem istraživanju: Austrija, Švicarska i Slovenija, koje su zemljopisno povezane Alpama, susjedna Hrvatska s manjim udjelom šuma u privatnom vlasništvu, Njemačka koja se širi od Alpa do Sjevernoga mora, te skandinavske zemlje Finska i Švedska.

Analizirani su podaci o smrtnim nesrećama koje se javljaju pri profesionalnom i neprofesionalnom šumskom radu. Za usporedbe su upotrijebljeni službeni podaci nacionalnih statističkih izvješća, statistika osiguravajućih institucija za poljoprivrednike i vlasnike šuma, te podaci osiguravajućih društava za radnike. Izvori podataka razlikuju se između proučavanih zemalja glede organizacijskoga postupka nacionalnih evidencija i postojanja specijaliziranoga osiguranja i interoperativnih organizacija. U definiranju smrtnih slučajeva koji se javljaju pri šumskom radu slijedili smo metodologiju ESAW-Eurostata (Europski statistički ured) (Eurostat 2001). Smrtna nesreća na radu definira se kao nesreća zbog koje je žrtva nesreće umrla u roku od godinu dana od događaja (u Njemačkoj je priznavanje smrtnoga slučaja ograničeno na 30 dana nakon nesreće, dok se Austrija i Švedska ne bave smrtnim slučajevima ako je utvrđeno da je žrtva stalno nesposobna za rad prije smrti). U obzir su uzete samo nesreće kao izravne posljedice događaja u radnom procesu šumarske proizvodnje. Poredbene račlambe ukupnoga broja nesreća u zem-

**Tablica 2.** Dostupnost podataka o nesrećama i obujmu sječe prema razdoblju

Država	Dostupnost podataka Profesionalni šumski rad		Dostupnost podataka Neprofesionalni šumski rad	
	Nesreće	Etat	Nesreće	Etat
Slovenija	1980–2004.	1980–2004.	1981–2004.	1980–2004.
Švicarska	1984–2004.	1984–2004.	1984–2004.	1980–2004.
Austrija	1980–2004.	1980–2004.	1980–2003.	1980–2004.
Njemačka	1999–2004.	1993–2004.	1980–2004.	1990–2004.
Švedska	1985–2004.	1980–2004.	1989–2004.	1980–2004.
Finska	1980–2003.	1980–2004.	1983–2004.	1983–2004.
Hrvatska	1996–2004.	1994–2004.	Nedostupni	1994–2004.

liji napravljene su samo ako su bili dostupni svi podaci (tablica 2).

Da bi se dobila jasnija slika o istraživanoj problematici, zbog mogućih sezonskih utjecaja meteoroloških ili socioekonomskih uvjeta nesreće koje su se javljale u pojedinim zemljama uspoređivale su se po petogodišnjim razdobljima. U obzir su uzeta sva petogodišnja razdoblja od 1980. do 2004. za koja su dobiveni podaci o smrtnim slučajevima i etatu. Etat je oblovinu za sve zemlje uzet u obzir u bruto vrijednostima koje su objavile službene statistike. Što se tiče podataka za Sloveniju, 40 % udjela proizvodnje u šumama u državnom vlasništvu uzeto je u obzir za godine 1992. i 1993. Izvori podataka o smrtnim slučajevima koji se javljaju pri profesionalnom šumskom rada bili su statistički godišnjaci za razdoblje 1996 – 2006. Što se tiče neprofesionalnoga rada u Sloveniji, u obzir je uzet prosječni broj smrtnih slučajeva u razdoblju 1981 – 1992.

### 3. Rezultati

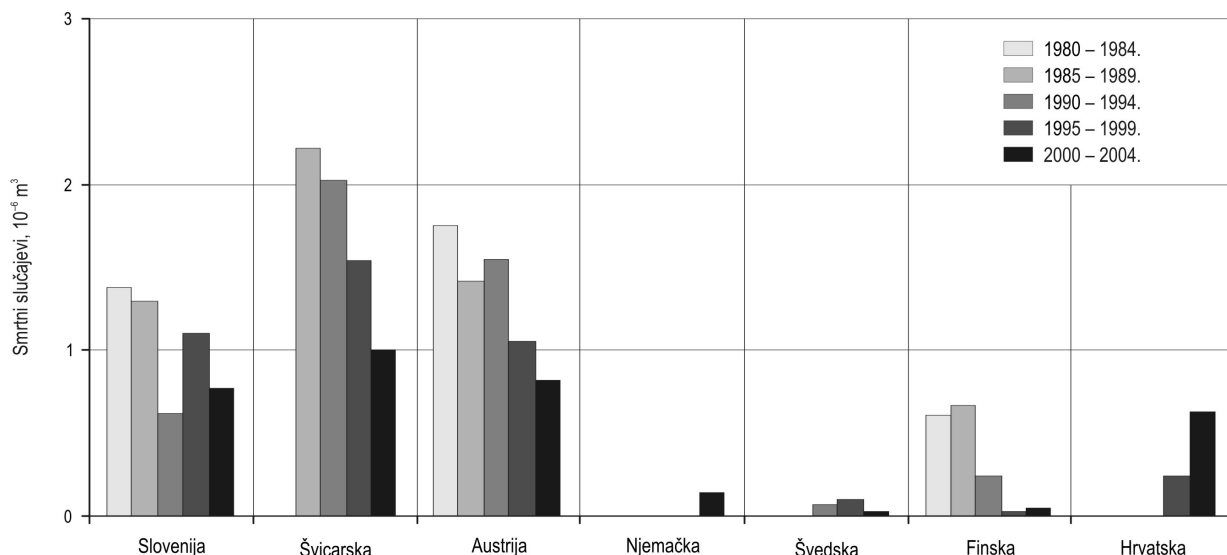
Na početku rezultati prikazuju usporedbu za profesionalne radnike, nakon čega slijede nesreće koje se javljaju pri neprofesionalnom radu i konačno zajedničko uspoređivanje svih smrtnih slučajeva prema pojedinim zemljama i razdobljima.

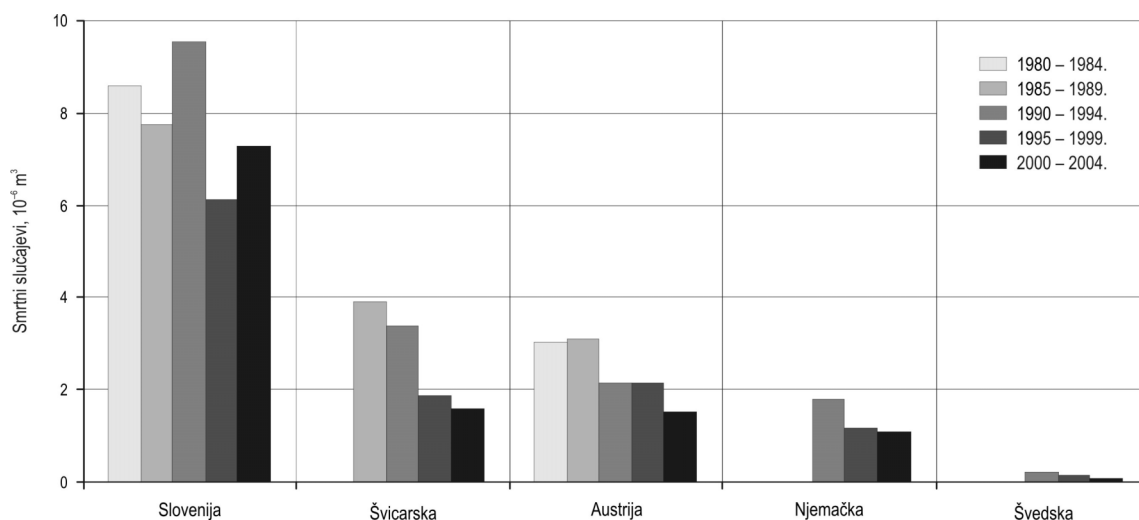
#### 3.1 Smrtni slučajevi pri profesionalnom šumskom radu

Broj je nesreća koje se javljaju pri profesionalnom šumskom radu smanjen u svim zemljama koje su se razmatrale. S obzirom na prvo razdoblje broj smrtnih slučajeva među profesionalno osposobljenim šumskim radnicima smanjen je barem za pola. Najizraženije je smanjen u Švedskoj i posebice u Finskoj. Iznimka je Hrvatska, gdje je više nesreća zabilježeno u posljednjem razdoblju nego u razdoblju prije njege. U Sloveniji se također manje nesreća dogodilo u razdoblju 1990 – 1994. nego nakon 1995. Slika 1 pokazuje prosječan godišnji broj smrtnih slučajeva prema petogodišnjim razdobljima u promatranim zemljama.

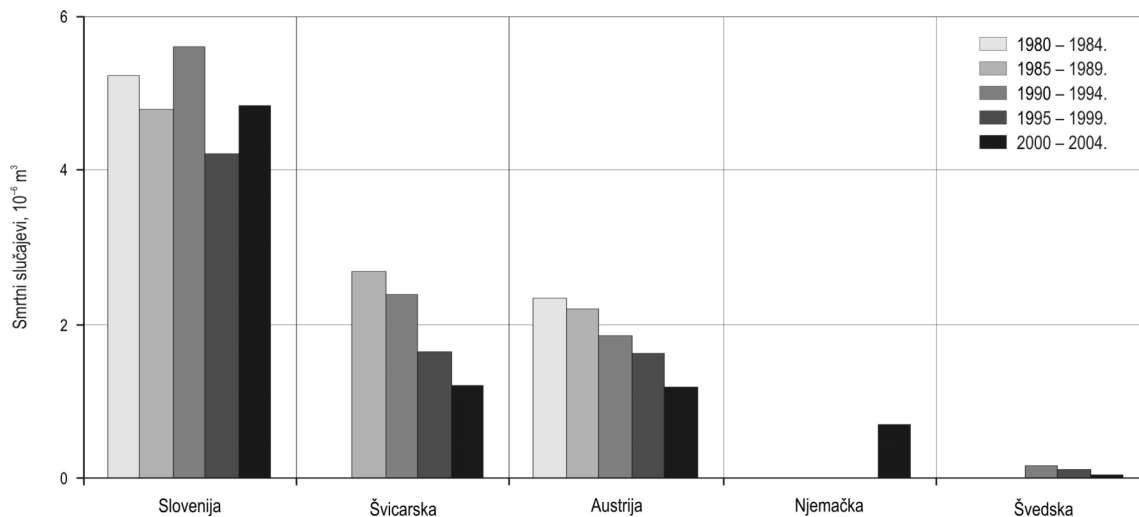
U svim zemljama koje su ovdje uspoređene povećava se etat oblovinu. Broj smrtnih slučajeva među profesionalnim šumskim radnicima u Hrvatskoj također je povećan, tj. udvostručen, dok je broj smrtnih slučajeva među profesionalnim šumskim radnicima u skandinavskim zemljama u posljednja dva petogodišnja niži od 0,1 nesreće na 1 milijun m<sup>3</sup> oblovinu.

S obzirom na rezultate koji se tiču učestalosti smrtnih slučajeva u posljednjem razdoblju, sljedeće zemlje mogu se klasificirati u istu skupinu: Slovenija, Austrija, Švicarska i Hrvatska. Puno je bolja sigurnost

**Slika 1.** Prosječan broj smrtnih slučajeva pri profesionalnom šumskom radu



**Slika 2.** Prosječan broj smrtnih slučajeva pri neprofesionalnom šumskom radu



**Slika 3.** Prosječan broj smrtnih slučajeva prema razdobljima i zemljama

ostvorena u Njemačkoj, a najbolja u Skandinaviji (Švedska i Finska). U prvoj skupini jedan se smrtni slučaj javio na nešto više od 1 milijun m<sup>3</sup> bruto etata, u Njemačkoj na 7 milijuna, a u Skandinaviji na više od 30 milijuna m<sup>3</sup> etata oblovine.

### 3.2 Smrtni slučajevi pri neprofesionalnom šumskom radu

Slika 2 pokazuje smrtno slučajeve koji se javljaju pri neprofesionalnom šumskom radu. S tim u svezi sigurnost se također stalno poboljšava. U razdoblju od 2000. do 2004. broj se smrtnih nesreća pri neprofesionalnom radu povećao samo u Sloveniji.

U skupini od pet zemalja po broju nesreća pri neprofesionalnom šumskom radu ističe se Slovenija. Osim te zemlje podaci za cijelo razdoblje 1980–2004.

bili su dostupni samo za Austriju. U njoj je učestalost nesreća smanjena za pola, od početnih 3 na 1,5 smrtnih slučajeva na 1 milijun m<sup>3</sup> bruto etata. U Sloveniji je broj smrtnih slučajeva smanjen s 8,6 na 7,3. U usporedbi s Austrijom imali smo 2,8 puta veću učestalost prije četvrt stoljeća, a u posljednjem razdoblju 4,8 smrtnih slučajeva više od Austrije. U Švicarskoj je učestalost smanjena 2,5 puta u posljednjih dvadeset godina. Prilično je uspješno bilo i posljednjih 15 godina u Njemačkoj i Švedskoj, gdje je učestalost također smanjena 1,7 odnosno 3,3 puta.

### 3.3 Ukupan broj smrtnih slučajeva po zemljama

Podaci o smrtnim slučajevima pri profesionalnom i neprofesionalnom šumskom radu objedinjeni



su u petogodišnja razdoblja, a učestalost javljanja nesreća izračunata je s obzirom na obujam bruto etata. Usporedbe među pojedinim zemljama prikazane su na slici 3. Za Švedsku čak imamo podatak više u prikazu jer je ukupan broj nesretnih slučajeva bio dostupan za razdoblje 1985 – 1989.

Osim u Sloveniji i Hrvatskoj (ona nije uključena u sliku 3 jer ne postoje podaci za neprofesionalni šumski rad) smanjuje se broj smrtnih slučajeva u uspoređenim zemljama. Na kraju ispitivanoga razdoblja Austrija, Švicarska i Njemačka smanjile su broj smrtnih nesreća na manje od 1,2 na 1 milijun m<sup>3</sup> bruto etata. U petogodišnjem razdoblju Slovenija je ostala s oko 5 smrtno stradalih na 1 milijun bruto etata na istoj razini kao i prije četvrt stoljeća. U ispitivanom razdoblju prosječne vrijednosti učestalosti smrtnih slučajeva na 1 milijun m<sup>3</sup> bruto etata bile su 1,84 za Austriju, 4,90 za Sloveniju i 1,94 za Švicarsku, dok je u Švedskoj vrijednost bila 0,11 smrtnih slučajeva na 1 milijun m<sup>3</sup> tijekom 15-godišnjega razdoblja nakon 1988. U razdoblju 1999 – 2004. Njemačka je imala prosječno 0,67 smrtnih slučajeva na 1 milijun m<sup>3</sup> bruto etata.

#### 4. Rasprava i zaključci

U ovom je članku provedena usporedba između broja smrtnih slučajeva koji su se dogodili pri profesionalnom i neprofesionalnom šumskom radu kroz duže razdoblje tijekom kojega su se odigrale glavne organizacijske i tehnološke promjene u proizvodnji drva. Također su analizirani i statistički podaci za razdoblje nakon 1980. u Sloveniji, Austriji, Švicarskoj, Njemačkoj, Finskoj, Švedskoj i Hrvatskoj.

Dok smo uspoređivali broj ozljeda i smrtnih nesreća koje se javljaju pri profesionalnom i neprofesionalnom šumskom radu između različitih zemalja, neizbježno smo se spotaknuli na različita ograničenja koja smanjuju točnost uspoređenih podataka. Razloge treba potražiti u zakonodavstvu koje uređuje socijalno osiguranje i način vođenja evidencije o nesretnim slučajevima u pojedinim zemljama, te u njihovoj objavlivanju u javno dostupnim izvješćima. Budući da se uspoređuju podaci za relativno dugo razdoblje, unatoč mogućim nepotpunim podacima, možemo slijediti smjer razvoja sigurnosti i zaštite zdravlja što se tiče šumskoga rada. Podaci o nesrećama povezani su s podacima o radnim učincima, što je vjerojatno jedini prihvatljiv način prikazivanja razlika s aspekta međunarodnih usporedbi (Poschen 1993).

Odabirom zemalja u našem istraživanju ograničili smo se na određene članice EU-a, koje moraju primjenjivati sve veću jedinstvenu metodologiju skupljanja i prenošenja podataka. Na istim metodološkim temeljima usporedbe će biti sve lakše. U uspoređiva-

ne zemlje također smo uključili Hrvatsku kao zemlju kandidatkinju za pristupanje Europskoj uniji, te Švicarsku koja temeljito evidentira i obrađuje podatke o nesrećama pri šumskim radovima. Druga karakteristična značajka odabira zemalja koje su ovdje uspoređuju jest njihova prirodna raznolikost i različiti načini gospodarenja šumama te njihov razvoj postupaka proizvodnje drva.

Za Austriju je karakterističan brz i ekonomski značajan razvoj proizvodnje drva, uvođenje sječe strojevima u teškim uvjetima te solidni organizacijski dogovor šumovlasnika i šumskih službi. Švicarska je ostvarila sličan razvoj u doktrini šumarstva i načinu provođenja šumskih radova, s tim da ima potpuno drugačiju socijalnu i političku povijest i različitu strategiju smanjivanja nesreća pri šumskom radu od Slovenije. Zbog svoje zemljopisne veličine i načina donošenja odluka u području šumarstva na razini saveznih provincija te zbog ujedinjenja Njemačka pokazuje veliku raznolikost prirodnih uvjeta, gospodarenja šumama i vođenja šumarskih statistika o nesrećama na radu. Karakteristike Finske i Švedske su njihov jako razvijen sustav šumarstva, velik udio sječe i vuče strojevima, vlasnici šuma organizirani poduzetnički, visoka razina sigurnosti i zaštite zdravlja u šumskom poslu i multinacionalna šumarska poduzeća. S druge strane, Hrvatska se još uvijek priprema pristupiti Europskoj uniji i zadržala je visok udio državnih šuma i centralizirano gospodarenje šumama.

Povećani broj nesreća i smrtnih slučajeva kao rezultat katastrofalnih šteta uzrokovanih vremenom, uključujući jak snijeg i vjetar, prilično su karakteristični za određene godine. U Njemačkoj i Švicarskoj 10 %-tno povećanje broja smrtnih slučajeva zabilježeno je 1990. zbog oluja »Wiebke« i »Vivian«, te 2000. zbog »Lothara« (Ammann i dr. 2002, Strack 2006). Švedska, koja je imala u prosjeku tri smrtna slučaja pri neprofesionalnom šumskom radu i jedan smrtni slučaj pri profesionalnom radu od 2000. do 2004. doživjela je 2005. oluju »Gudrun«. Tijekom proizvodnje drva s oštećenih sastojina zabilježena je 141 nesreća, nakon koje se tražilo više od tri dana bolovanja. Kao posljedica nesreća sedam neprofesionalnih i tri profesionalna šumska radnika izgubilo je svoje živote (Blom 2006). Navedeni su podaci u usporedbama prema petogodišnjim razdobljima ponešto manje istaknuti. Međutim, događaji nakon 2004. nisu uključeni u naše usporedbe.

Smrtne su nesreće koje se događaju pri šumskom radu najpouzdaniji podaci u prikupljenim i obrađenim statistikama o ozljedama, te su dobri pokazatelji smjera razvoja sigurnosti pri šumskom radu. Njihov se broj najočitije smanjuje s brzinom uvođenja i udjelom strojne sječe i vuče drva, što je potvrđeno uvođenjem

sječe i vuče strojevima s obzirom na situaciju sigurnosti pri radu u skandinavskim zemljama (Axelsson 1998). U posljednjem petogodišnjem razdoblju u Austriji (Pröll 2003, Pröll 2005) i u Njemačkoj (Nick 2005) zabilježen je sve veći udio sječe strojevima i povećanje broja strojeva za sječu. U tom se razdoblju nastavlja trend smanjenja broja ozljeda i smrtnih nesreća.

Što se tiče profesionalnoga šumskoga rada te smanjenja broja ozljeda i smrtnih slučajeva i povećanja učinkovitosti rada, istodobno je takav smjer u šumarstvu zabilježen u svim zemljama koje su ovdje uspoređene. Za Sloveniju su podaci pokazali znatno smanjenje broja smrtnih slučajeva među profesionalnim radnicima tijekom tranzicije našega ekonomskoga sustava od 1990. do 1994. U tom je razdoblju jako smanjen broj šumskih djelatnika, te se pojavio i problem u kontroli sječe. U Hrvatskoj broj smrtnih slučajeva pri profesionalnom radu povećao se u posljednjem razdoblju.

Što se tiče neprofesionalnoga šumskoga rada, učinak mjera poduzetih kao dio preventivne politike pokazuje se dugoročno. Posljednje petogodište u našoj studiji (2000 – 2004) stavlja Sloveniju s više od 7,5 smrtno stradalih na 1 milijun m<sup>3</sup> bruto etata na prvo mjesto. Austrija, Njemačka i Švicarska imaju manje od 2,5, a Švedska manje od 0,1 smrtno stradalih na 1 milijun m<sup>3</sup> bruto etata. Za Hrvatsku nemamo podatke o nesrećama i smrtnim slučajevima koji se događaju pri šumskom radu.

Iako se učestalost svih nesreća (uključujući i profesionalne i neprofesionalne) smanjila u odnosu na količinu etata, ona se jako razlikuje kod pojedinih zemalja. Razlike u apsolutnim vrijednostima mogu se vidjeti između zemalja kod kojih prevladava sječa i vuča strojevima, te zemalja kod kojih prevladava metoda dugih sortimenata. S velikim brojem smrtnih slučajeva Slovenija dosta zaostaje za drugim zemljama, te na temelju tih usporedbi može se zaključiti da u Sloveniji treba početi nadzirati stvarno stanje sigurnosti od nesreća koje se javljaju pri neprofesionalnom šumskom radu i na temelju toga utvrditi strategiju za smanjivanje broja nesreća. Osim bilježenja i raščlambe stanja stvari, posebice u osposobljavanju za šumski rad i organizaciji posebnoga osiguranja od nesreća i socijalnoga osiguranja, mjere za ostvarivanje toga cilja također uključuju poticanje poduzetništva i integraciju šuma u privatnom vlasništvu unutar velikih kompleksa. Smanjenje broja ozljeda i smrtnih slučajeva povezanih s radom u šumama moguće je samo s integralnim pristupom uspješnomu osposobljavanju i primjeni odgovarajućih organizacijskih i tehnoloških rješenja. Sadašnji stav društva i države prema praćenju sigurnosti s obzirom na gotovo 80 % privatnih šuma izravan je odraz trenda smrtnih nesreća koje se javljaju tijekom

rada u tim šumama u usporedbi s ostalim zemljama unutar alpskoga područja i općenito u cijeloj Europi.

Broj smrtnih slučajeva važan je pokazatelj prevladavanja opasnosti i pokazuje učinkovitost i cjelovitost mjera koje poduzimaju pojedine zemlje u svom pokušaju da pruže sigurnost u šumskom radu. Raščlambe pokazuju da je investiranje u ljudske resurse i humanizaciju šumskoga rada u Sloveniji kritično i nekoliko puta gore nego u ostalim europskim zemljama.

## 5. Literatura

- National Board of Labour Protection<sup>1</sup>, 1988: Industrial accidents. Helsinki, National Board of Labour Protection.
- Ammann, M., i dr., 2002: Arbeitssicherheit bei Holzerntearbeiten – Schlussbericht der Arbeitsgruppe, Bern, UMWELT-MATERIALIEN NR. 150 Wald, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, 61 str.
- Axelsson, S.-Å., 1998: The mechanization of logging operations in Sweden and its effect on occupational safety and health. *Journal of Forest Engineering*, 9(2): 25–31.
- Blom, K., 2006: Anmälde arbetsolyckor år 2005 i Informationssystemet om arbetsskador (ISA) orsakade av: Störmen Gudrun.-Source: Microsoft PowerPoint presentation, <<http://www.sakerskog.se/images/Gudrun.ppt>> (Accessed 1. 8. 2006).
- Eurostat, 2001: European statistics on accidents at work (ESAW) Methodology. Source: <[http://ec.europa.eu/employment\\_social/publications/2002/ke4202569\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/employment_social/publications/2002/ke4202569_en.pdf)> (Accessed 1. 8. 2006).
- Gfra, 2005: Global forest resources assessment.-Source: <<http://www.fao.org/forestry/site/fra2005/en/>> (Accessed 1. 8. 2006).
- Herbert, R., P. J. Landrigan, 2000: Work-Related Death: A Continuing Epidemic. *American Journal of Public Health*, 90(4): 541–545.
- ILO, 1981: Occupational Safety and Health Problems in the Timber Industry. Report II, Geneva, Tripartite Technical Meeting for the Timber Industry, International Labour Organization.
- Leigh, J. P., 1987: Estimates of the probability of job-related death in 347 occupations. *Journal of Occupational Medicine*, 29(6): 510–519.
- Mcpfe, 2003: Improved Pan-European indicators for sustainable forest management. Source: <[http://www.mcpfe.org/publications/pdf/improved\\_indicators.pdf](http://www.mcpfe.org/publications/pdf/improved_indicators.pdf)> (Accessed 1. 8. 2006).
- Nick, L., 2005: Deutliche Zuwächse im Neumaschinen-geschäft bei Vollerntern und Tragschleppern. *KWF – Forsttechnische Informationen*, 57(8–9): 97–98.
- Poschen, P., 1993: Forestry, a safe and healthy profession? Source: <<http://www.fao.org/docrep/u8520e/u8520e00.htm>> (Accessed 1. 8. 2006).

Pröll, W., 2003: 200 Harvester in Österreich. Arbeit im wald, 58(10): 24.

Pröll, W., 2005: Harvester -Einsatz steigt. Österreichische Forstzeitung – Arbeit im Wald 116(12): 4–5.

Strack, J., 2006: Arbeitsunfälle bei Wald-/Forstarbeiten in der Landwirtschaftlichen Unfallversicherung (LUV) – Unfallsituation bei der Waldarbeit in Deutschland. In: Interforst Kongress 2006, München, str. 36.

---

Adresa autorâ:

Jaka Klun  
e-mail: jaka.klun@gozdis.si  
Mirko Medved  
e-mail: mirko.medved@gozdis.si  
Gozdarski inštitut Slovenije  
Oddelek za gozdno tehniko in ekonomiko  
Večna pot 2  
1000 Ljubljana  
SLOVENIJA





# Cestovni promet u zaštićenim šumskim područjima – studija za Nacionalni park Triglav

Igor Potočnik

## Nacrtak

*Ovaj se rad bavi strategijom upravljanja prometom u zaštićenom šumskom području na visoravni Pokljuka u središtu Nacionalnoga parka Triglav u Sloveniji. Ideja upravljanja prometom pojavila se zbog povećanoga broja posjetitelja posebice tijekom glavne turističke sezone. Upravljanje uključuje javne i šumske ceste s posebnim naglaskom na pitanja vlasništva. Strategija predviđa upravljanje prometom u dvije faze – parkiranje i meki pristup – informiranje. Strategija predlaže regulaciju parkirališta u dolini i na visoravni Pokljuka, uvodeći alternativni javni prijevoz, pristojbe, pružanje šire turističke ponude na visoravni i davanje posjetiteljima informacija o prirodnom okolišu, zaštićenim prirodnim i šumskim područjima, samom nacionalnom parku, načinu ponašanja u prirodnom okolišu itd. Predloženu strategiju upravljanja prometom trebaju prihvatiti svi sektori kojih se ona tiče u istraživanom području.*

*Glavne riječi: promet, šumske ceste, visoravan Pokljuka, Nacionalni park Triglav, Slovenija*

## 1. Uvod i problematika istraživanja

Posljednjih godina Rousseauova izreka »Povratak prirodi« postala je stvarnost zbog promjene u načinu života ne samo u razvijenim zemljama. Popularizacija aktivnosti u slobodno vrijeme u prirodi (uglavnom u šumama) također je povećala broj posjetitelja u područjima zaštićene prirode. U slučaju Slovenije jedini nacionalni park Nacionalni park Triglav stalno se posjećuje posebice tijekom glavne ljetne sezone. Razvoj masovnog zimskog turizma u Alpama od 1980. godine također je postavio pitanje u Sloveniji: Kako uključiti planinska područja u turizam? Čini se da su lokacije na nadmorskoj visini između 1200 m i 1500 m najprikladnije za razvoj alpskoga turizma, gdje zbog klimatskih uvjeta zima i ljetostaju posebno privlačnima (Jeršič 2001).

Osim toga, u tom slikovitom području može se naići na nekoliko različitih interesa, kao što su tradicija, namjere, vizije razvoja. Tradicionalno šumarstvo i poljoprivreda stalno su prisutni u cijelom alpskom području, a ne samo u zaštićenom Nacionalnom parku Triglav. Unutar Nacionalnoga parka nalazi se vojni centar za obuku na visoravni Pokljuka sa svim objektima za natjecanje u biatlonu. Također treba

uzeti u obzir i interese zemljoposjednika – vlasnike šuma i pašnjaka, udruge planinara itd.

Promet se svakako treba regulirati jer je riječ o području zaštićene prirode, a očito je pretrpano tijekom glavne sezone. Tu nije samo problem parkiranja, već i problem buke, poremećaja prirodnoga okoliša. Šumar treba predložiti takvu regulaciju prometa koja bi uključila interese i posjetitelja i zaštićene prirode.

## 2. Metode rada i područje istraživanja

Takav složeni problem kao što je promet u području zaštićene prirode zahtijeva složene metode rada. Proučavanje je literature samo početak nakon kojega slijedi terenski rad uz primjenu metoda promatranja i ispitivanja (Albinini 2003).

Istraživanja je visoravan Pokljuka, koja je dio Nacionalnoga parka Triglav. U obzir su uzeta područja i ceste (javne i šumske ceste) s najintenzivnijim prometom. Područje studije od 6703 ha uglavnom je pokriveno planinskim smrekovim šumama kao prevladavajućom vrstom u šumskim zajednicama *Abieti-Fagetum prealpinum* i *Piceetum subalpinum*. Prosječna



Slika 1. Položaj Nacionalnoga parka Triglav ([www.sigov.si/tnp](http://www.sigov.si/tnp))



Slika 2. Visoravan Pokljuka - istraživano područje u Nacionalnom parku Triglav ([www.sigov.si/tnp](http://www.sigov.si/tnp))

visina Pokljuke kreće se između 1200 i 1700 m nadmorske visine.

Prvo smo utvrdili kapacitet postojećih parkirališnih mjesta na visoravni Pokljuka i odredili najpo-

sjećenije predjele. Ti su predjeli nedavno potvrđeni kao prikladni ili neprikladni za posjećivanje. Na kraju smo utvrdili buduću razvojnu strategiju za sve prikladne lokacije.

Postojeća parkirališta bila su različitih oblika, pa nam je trebalo neko vrijeme da ih točno izmjerimo. Poslije je ustanovljeno da je nekoliko manjih parkirališta neprikladno jer su bila preblizu drveću, na mjestima s mogućom erozijom itd. Za projektiranje urbanih prometnih područja koristili smo se Tehničkim smjernicama (Anon. 1991) kako bi se utvrdio pravi kapacitet parkirališnih mjesta na visoravni Pokljuka.

### 3. Rezultati istraživanja

#### 3.1 Posljednja dostignuća

Posjetitelji Pokljuke su:

- ⇒ stacionirani posjetitelji iz koliba, gostionica, hotela na visoravni
- ⇒ vlasnici vikendica (samo na planini Goreljek više od 120 koliba)
- ⇒ dnevni posjetitelji koji dolaze iz turističkih središta poput Bleda i Bohinja i ostalih dijelova Slovenije i susjednih zemalja
- ⇒ vlasnici zemljišta.

Najvažnije i najpopularnije aktivnosti su:

- ⇒ pješčenje i branje gljiva, borovnica itd.
- ⇒ planinarenje: visoravan je idealno polazište za planinarenje na skupinu planina Triglav
- ⇒ brdski biciklizam: za prosječnoga biciklista visoravan s nekoliko cesta je prikladna zbog blagih nagiba na cesti i slaboga prometa uglavnom na šumskim cestama
- ⇒ skijaško trčanje: prikladno za zimske sportove zbog prirodnoga oblika visoravni, brojnih šumskih cesta i putova
- ⇒ slobodno skijanje: sve popularnije posljednjih godina.

Evo nekih podataka kako bi se dobio uvid u broj posjetitelja tijekom ljetne sezone: u ljeto 1997. (Šolar 2002) na prosječan radni dan 1850 ljudi je posjetilo Pokljuku, na prosječan dan tijekom vikenda 3880 ljudi, a više od 182.000 tijekom sezone. Problem se treba temeljito razmotriti zato jer se bavimo prometom u zaštićenom prirodnom okolišu.

Na temelju odgovora 21 različite lokalne zajednice, udruge i usluge povezanih s Pokljukom i Nacionalnim parkom Triglav može se zaključiti da oko 90 % osoba smatra da je situacija na Pokljuci problematična. Prema njihovim odgovorima odgovornost treba preuzeti uprava Nacionalnoga parka Triglav (100 %), lokalna zajednica (infrastruktura – 90 %), država (Ministarstvo prometa i komunikacija, te Ministarstvo obrane – 60 %), Zavod za šume Slovenije (šumske ceste – 60 %) itd.

Jedno od pitanja je također bilo koje profesije (stručnjaci) trebaju biti uključeni u radnu skupinu koja bi pripremila prijedlog gospodarenja visoravni. Odgovori su se usredotočili na šumare, biologe, pravnike, ekonomiste itd. Prema tomu, šumari su profesionalci za koje se pretpostavlja da su najkvalificiraniji za pripremu smjernica za regulaciju prometa.

#### 3.2 Prijedlog regulacije prometa

Svaka regulacija prometa treba sadržavati:

- ⇒ utvrđivanje poželjnih smjerova i upravljanje prometom
- ⇒ ograničenje korištenja cesta prema tipu prometa
- ⇒ ograničenje brzina i mjere za usporavanje prometa
- ⇒ regulaciju parkiranih vozila
- ⇒ utvrđivanje zona s malim dopuštenim brzinama i pješačkih zona
- ⇒ utvrđivanje ostalih obveza.

Nema tranzitnoga prometa na Pokljuci, pa su parkirna mjesta nužna. Promet se treba usmjeriti prema nekoliko organiziranih parkirališta daleko od najzaštićenijih zona (zone tišine). U prvoj su fazi regulacije utvrđene postojeće lokacije (s obzirom na kapacitet i blizinu lokacija s višim razinama zaštite) kao prikladne ili neprikladne za parkiranje. Ako je lokacija prikladna, treba se opremiti s tablama s informacijama (mape, sadašnja lokacija, ceste otvorene za uporabu i zatvorene ceste, mjesta prirodne baštine, važni objekti itd.).

U drugoj fazi regulacije prometa na Pokljuci razmatra se mogućnost većega središnjega parkirališta na visoravni i u dolini, zajedno s primjenom sustava javnoga prijevoza iz doline do visoravni. Ovdje su navedene dvije mogućnosti:

- ⇒ omogućiti pristup visoravni dok se ne zauzmu sva parkirališta, te poslije korištenje parkiranih mjesta u dolini
- ⇒ parkiranje samo u dolini i uporaba sustava javnoga prijevoza od doline do visoravni.

Osnovna je svrha ove strategije uvjeriti posjetitelje što je više moguće da ostave automobile u dolini. Drugo je gledište vremenski aspekt. Vremenska ograničenja mogu biti:

- ⇒ stalna
- ⇒ privremena ljeti i zimi
- ⇒ privremena tijekom sportskih događaja.

Uvođenje visokih cijena parkiranja na visoravni i besplatnoga parkiranja u dolini s besplatnim javnim prijevozom (uključenim u cijenu ulaznice) mogu dovesti do odgovarajućih rezultata u glavnoj sezoni. Stalna prometna ograničenja možda neće biti pro-





**Slika 3.** Propisno postavljene rampe kao učinkovito sredstvo regulacije prometa

duktivna zato što je promet izvan sezone jako ograničen i nije problematičan za okoliš.

Trebali bismo također razmotriti rampe na cestama, što znači da će se ceste koristiti samo za bicikle i pješake. Pozitivni su aspekti rampi:

- ⇒ učinkovita zaštita prirode i zona tišine
- ⇒ djelotvorno korištenje šumskih funkcija
- ⇒ sigurno izvođenje šumskih radova.

Osim pozitivnih učinaka rampe mogu također imati negativne učinke. Te se mjere trebaju temeljito uvesti i ograničiti samo na glavnu sezonu.

Posljednji je korak u regulaciji prometa tzv. »meki pristup«. Strategija regulacije prometa predviđa meki pristup tamo gdje restriktivne mjere nisu prikladne. Svrha je da se posjetitelji obavijeste i savjetuju posebice na privatnim prostorima. Trebaju se koristiti znakovi od drva ili drugoga prirodnoga materijala s očekivanim ponašanjem. Meki je pristup alternativa rampama izvan sezone kada rampe nisu potrebne.

#### 4. Rasprava

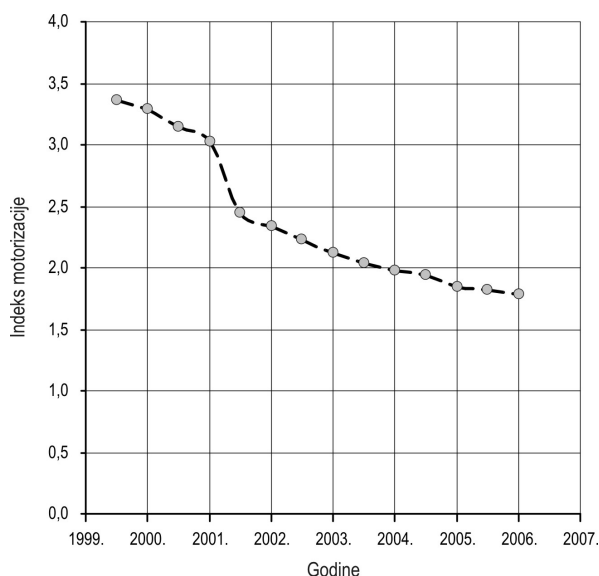
Predložena se strategija temelji na shvaćanju da je investiranje u područja zaštićene prirode – u našem slučaju regulacije prometa – investicija, a ne potrošnja. Prirodni okoliš i provođenje slobodnoga



**Slika 4.** Znakovi očekivanoga ponašanja u prirodnom okruženju

vremena u prirodi sve će se više tražiti. Koliko će porasti ta tražnja i koje će lokacije biti opterećene njome, teško se može predvidjeti. Očekujemo povećanje posjeta najpopularnijim i atraktivnim lokacija-





**Slika 5.** Prikaz indeksa motoriziranosti stanovništva u Sloveniji

ma. Problemi prometa i okoliša, na lokacijama koje su najposjećenije na visoravni Pokljuka, ograničeni su na glavnu sezonu. Prema našem mišljenju nužno je pružiti detaljne informacije posjetiteljima, što se mora uključiti u strategiju već na samom početku. Regulacija prometa donosi i neke druge informacije: distribuciju posjetitelja tijekom sezone i migraciju tijekom radnih dana i vikendom, informacije o očekivanjima posjetitelja, socijalnu strukturu posjetitelja itd. Informacije i podaci koji se koriste u ovom radu temelje se na procjeni i prometu koji se izračunava za najposjećenije dane. Drugi je problem povezan sa šumskim cestama: u osnovi šumske su ceste otvorene za turistički promet zajedno sa šumskim prometom. Problem je kako osigurati viši standard prijevoza (bolje održavanje, prometni znakovi itd.) koji nije potreban za gospodarenje šumama već je nužan za siguran javni promet. U idućim godinama može se očekivati povećan broj posjetitelja i poremećaj prirodnoga okoliša. Indeks motorizacije (od-

nos između populacije i broja osobnih automobila) pokazuje sve veće smanjenje, što znači sve više vozila i posjetitelja ne samo u gradovima već i u područjima poput Pokljuke.

Sredstva namijenjena održavanju šumskih cesta nisu dovoljna, iako doprinos državnoga proračuna za održavanje šumskih cesta iznosi čak 35 %. Čini se da je nužno uvođenje cestarine, ulaznica, turističke takse, poreza na okoliš itd. Trebali bismo svi biti svjesni da čista priroda i njezina zaštita ne mogu biti besplatni.

## 5. Literatura

Anon., 1991: Technical Guidelines for Projecting of Urban Traffic Area. Traffic Technical Institute, Faculty of Civil and geodetic Engineering, University of Ljubljana, str. VII/11–VII/22.

Anon., 2000: Guidelines for Protected Area Management Categories (Interpretation and Application of the Protected Area Management Categories in Europe). Grafenau, IUCN/ Europarc Federation, 46 str.

Albinini, M., 2003: Traffic Management Strategy for Protected Areas – Case Study Pokljuka. Graduation thesis, University of Ljubljana Biotechnical Faculty Dep. of Forestry and Renewable Forest Resources, 106 str.

<http://www.sigov.si/tnp/>. Triglav National Park (na engleskom).

<http://www.statsi/engrindex.asp>. Statistical office of the Republic of Slovenia (na engleskom).

<http://www.uradni-list.si/index.jsp>. Official Gazette of Republic of Slovenia (na slovenskom).

Jeršič, M., 2001: National Park and Regional Development. U: M. Šolar (ur.): Triglav National Park – 20 years later. Bled, str. 51–58.

McNelly, J. A., i dr., 1994: Guidelines: Development of National Parks and Protected Areas for Tourism. Madrid, WTO, UNEP, 53 str.

Šolar, M., 2002: Principles of Adjustment of Recreational Use in Protected Areas – Case Study Triglav National Park. Master thesis, University of Ljubljana Biotechnical Faculty Dep. of Forestry and Renewable Forest Resources, 160 str.

Autorova adresa:

Igor Potočnik  
e-mail: [igor.potocnik@bf.uni-lj.si](mailto:igor.potocnik@bf.uni-lj.si)  
Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani  
Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire  
Katedra za gozdno tehniko in ekonomiko  
Večna pot 83  
1000 Ljubljana  
SLOVENIJA



# Razvoj novoga koncepta za unapređivanje šumarske tehnike u Hrvatskoj – područja mogućega doprinosa

Ivan Martinić, Vencel Vondra, Mario Šporčić

## Nacrtak

U članku se raspravlja o mogućem konceptu unapređivanja šumarske tehnike u Hrvatskoj kao odgovoru na izazove pred kojima se domaće šumarstvo našlo u nastojanju da zadovolji svoje povećane ekološke, socijalne i ekonomske obveze. Kao ključna sastavnica novoga koncepta i moguća područja značajnoga doprinosa razmatraju se postizanje kulture sigurnosti u šumarstvu, povećanje energetske učinkovitosti uz manji utjecaj na okoliš, razvoj inovacija i poduzetništva te veći doprinos istraživačkoga rada. U središte koncepta unapređivanja šumarske tehnike stavlja se kontinuirano osposobljavanje stručnoga osoblja te izobrazba i potvrđivanje radne vještine radnika, posebno rukovatelja (operatera) šumskom mehanizacijom. Važan dio poboljšanja kakvoće i sigurnosti pri šumskom radu prepoznaje se u obveznom licenciranju izvoditelja šumskih radova. Sugerira se izrada i provedba strategije energetske učinkovitosti i smanjenje ovisnosti o klasičnim gorivima i mazivima. Na temelju okvirne usporedbe nacionalnih i europskih istraživačkih potreba s tekućim istraživanjima u Hrvatskoj ocjenjuje se kako postojeći istraživački program nije dostatan za značajnije unapređivanje šumarske tehnike i tehnologije, pri čemu se rješenje vidi u uključivanju hrvatskih znanstvenika u međunarodne i u multidisciplinarne istraživačke projekte.

Ključne riječi: šumarstvo, šumarske tehnike, zdravlje i sigurnost pri šumskom radu, potrošnja goriva, istraživanja

## 1. Uvod

Od početka devedesetih godina europsko se šumarstvo razvija u okvirima šumarske politike definirane širokim društvenim interesima i ciljevima, narastajućim i institucionalnim okvirom. Te su okvire u prvom redu odredile rezolucije ministarskih konferencija o očuvanju europskih šuma (Strasbourg 1990, Helsinki 1993, Lisabon 1998, Beč 2002), pri čemu se održivo gospodarenje šumama (engl. *Sustainable Forest Management*) promovira kao osnovno načelo, a višenamjensko korištenje šumskih resursa i dobrobiti za ekološke, ekonomske i socijalne potrebe društva kao trajni ciljevi takva gospodarenja.

U takvim uvjetima šumski radovi, kao najvažniji i najprepoznatljiviji dio šumarske djelatnosti, moraju zadovoljiti mnoge zahtjeve, jednako izborom metoda i radnih sredstava, kao i razinom izobrazbe stručnoga osoblja i samih izvoditelja šumskih radova. Pritom je većina tranzicijskih zemalja, pa i

Hrvatska, suočena s brojnim teškoćama u prilagodbi mnogih aspekata šumskih radova novouspostavljenim kriterijima. Posebno se to odnosi na kašnjenje u uvođenju visokih tehnologija te razvoju poduzetničkih djelatnosti u šumarstvu (Rametsteiner i Yadlapalli 2004, Rametsteiner i dr. 2004).

Za prevladavanje mnogih dvojbi postojećega stanja šumarske tehnologije i tehnike nužna je mobilizacija u mnogim područjima i mnogih struka. Opće je mišljenje kako bi važni iskoraci morali biti osobito vezani uz:

- ⇒ povećanje učinkovitosti postojećih tehnologija s naglaskom na energetske učinkovitost, ekološku povoljnost i ergonomske podobnost
- ⇒ razvoj novih proizvoda i usluga radi smanjenja ovisnosti rezultata poslovanja o proizvodnji obloga drva
- ⇒ uspostavu kulture sigurnosti u šumarstvu kao ključni doprinos smanjenju rizika i nesreća.



**Slika 1.** Pregled ključnih sudionika i elemenata pri uspostavi kulture sigurnosti u šumarstvu

Na neka od, prema našem mišljenju, važnih područja mogućega unapređivanja šumarske tehnike u Hrvatskoj upozorit će se u nastavku.

## 2. Postizanje kulture sigurnosti u šumarstvu; povećanje djelotvornosti, kakvoće i humanizacije rada na prijelazu prema visokim tehnologijama

Jedno je od važnih obilježja šumarstva tranzicijskih zemalja uočljivo kašnjenje s primjenom vrhunskih tehnologija mehaniziranja šumskih radova (automatizirana stovarišta, rad s harvesterima, iveračima, i procesorima, izvoženje forvarderima) – tamo gdje se to pokaže opravdanim i svrhovitim. Time bi se, uz veću djelotvornost i humanizaciju rada, prevladala sadašnja negativna statistika nesreća na radu i profesionalnih bolesti u tranzicijskim zemljama.

Svake se godine pri šumskim radovima u Hrvatskoj ozlijedi više stotina radnika. Pritom su učestalost nesreća i smrtnost, izuzimajući graditeljstvo i promet, 2–3 puta veće nego u drugim industrijskim sektorima. Posljedice nesigurnoga i nekvalitetnoga izvođenja šumskih radova imaju, osim značajnih gospodarskih i društvenih (socijalnih) posljedica, i negativne učinke na okoliš uzrokujući veće oštećivanje šumskih ekosustava od tehnološki nužnoga. Rizik pojave nesreća i ozljeđivanje šumskih radnika ponajprije su posljedica nezadovoljavajuće razine organizacije i radne tehnike u izvođenju radova, pri čemu se, prema provedenim istraživanjima (Martinić 1998), glavni uzroci nalaze u slabostima osposobljavanja i stručnoga osoblja i izravnih izvoditelja šumskih radova.

Prema ILO/FAO (1998) za smanjenje rizika i zaustavljanje negativnih trendova vezanih za zdravlje i sigurnost radnika u šumarstvu presudna je uspostava »kulture sigurnosti«. To razumijeva jasnu misiju i sinergijski učinak u zajedničkom djelovanju sudionika takva koncepta kulture sigurnosti: državnih institucija, poslodavaca, radnika, vlasnika šuma, obrazovnih institucija, osiguravajućih agencija i drugih. U središtu takva koncepta nalazi se sustav kontinuiranoga osposobljavanja stručnoga osoblja te izobrazbe, uvježbavanja i potvrđivanja radne vještine radnika.

Osim povećanja razine sigurnosti šumskoga rada i smanjenja posljedica nesreća pri radu, uspostava kulture sigurnosti u smislu unapređivanja šumarske tehnike znači i:

- ⇒ veću profesionalnost i popravak slike šumskoga rada koja je narušena velikim brojem nesreća te čestim izvođenjem šumskih radova s nekvalificiranim izvoditeljima
- ⇒ priliku za daljnji razvoj organizacije rada i temelj za unapređivanje u drugim aspektima šumskoga rada, kao što su ekonomska djelotvornost, ekološka povoljnost, energetska učinkovitost i dr.

Kao doprinos povećanju kakvoće i ekonomičnosti šumskoga rada, ali i poboljšanja sigurnosti i zdravlja na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu provode se dva programa:

- ⇒ Ocjenjivanje radne tehnike šumskih radnika
- ⇒ Istraživanje osnova za uspostavu licenciranja izvoditelja šumskih radova.

Ocjenjivanje pojedinačnih elemenata radne tehnike, koje se za najčešće poslove (sjekači, traktoristi, kopčaši) provodi od 2000. godine, pokazalo je da je



to vrlo objektivan način utvrđivanja kritičnih točaka u radnim procesima i pouzdan pokazatelj mjesta koja moraju biti predmetom korekcije i unapređivanja izobrazbom i uvježbavanjem (Martinić i Martijević 1999, Martinić 2006).

Zakonodavni okvir ovlaštavanja i licenciranja izvoditelja šumskih radova prvi je put utvrđen kao zakonska obveza prema Zakonu o šumama iz 2005. godine (Anon. 2005). Proteklih su godina izrađene početne stručne osnove za mogući institucionalni okvir sustava licenciranja (Šporčić i Martinić 2005, Šporčić 2003), no početak je licenciranja zasad odgođen do donošenja podzakonskih propisa koji će detaljno propisati kriterije i organizaciju licenciranja.

### 3. Povećanje energetske učinkovitosti i ekološke povoljnosti: manja potrošnja energenata štetnih za okoliš i postupno uvođenje bioloških goriva i maziva

Potrošnja energenata odavno je važan dio troškova šumarske proizvodnje, pri čemu posebno značajan udio čini u troškovima mehaniziranih šumskih radova. Značajne ekološke posljedice i štetan utjecaj na okoliš korištenja goriva i maziva također nije moguće zanemariti, posebno u područjima intenzivne primjene mehanizacije (Martinić 2000, Augustin i dr. 2000, Martinić i Šporčić 2005, Martinić i dr. 2001). Pritom i mehaničke i kemijske štete na okolišu mogu biti, a često i jesu velike.

Prema istraživanjima SkogForska<sup>1</sup> (News 1/2006) potrošnja je goriva po m<sup>3</sup> posječenoga i transportiranoga drva u razdoblju 1985 – 2005. godine smanjena s 5,4 na 3,7 L/m<sup>3</sup> ili približno 30 %. Posljedica je to unapređivanja mehanizacije zamjenom teške mehanizacije za lakšu, unapređivanjem pogonskih motora, ali i poboljšanoga sustava privlačenja i daljinskoga transporta. Naponi su na smanjivanju potrošnje energenata stalni, u posljednje vrijeme osobito u području optimizacije hidrauličnih sustava i uporabe alternativnih goriva i maziva.

Očekuje se da će se sadašnja značajna razlika u cijeni između klasičnih mineralnih goriva i maziva i goriva te onih biološkoga podrijetla (biodizel, bioulja i biomaziva) u sljedećim godinama bitno smanjiti. Veća trajnost i jeftinije mogućnosti uklanjanja otpada dodatno će povećati ekonomičnost (Makonnen 2000, Skoupy 2000).

**Tablica 1.** Procijenjene količine utrošenoga goriva u državnoj tvrtki Hrvatske šume d.o.o. Zagreb u 2006.

Vrsta goriva	Količina	Trošak		
	L	%	10 <sup>6</sup> Kn	10 <sup>6</sup> EUR
Dizelsko gorivo	4 800 000	51,60		
Eurodizel	2 700 000	29,02		
Dizel, ukupno	7 500 000	80,62	43	5,85
MB super 95	1 000 000	10,75		
MB eurosuper 95	650 000	7,00		
MB super 98	150 000	1,61		
Motorni benzini, ukupno	1 800 000	19,36	12	1,63
Ostalo - lož-ulje	2 500	0,2		
Sveukupno	9 302 500	100,00	55	7,48

U Hrvatskoj je samo od 2000. do 2006. cijena dizelskoga goriva povećana 2,5 puta. Ako bi se samo godišnja potrošnja dizelskoga goriva u poduzeću Hrvatske šume<sup>2</sup> (tablica 1) smanjila za 20 %, dobile bi se godišnje uštede u iznosu od 1,2 milijuna eura!

Uzimajući u obzir da su zemlje razvijenoga šumarstva već usvojile strategije postupnoga povećanja udjela alternativnih energenata, izradu i provedbu strategije za smanjivanje potrošnje goriva i smanjivanje ovisnosti o klasičnim gorivima, trebalo bi to podržati i u Hrvatskoj<sup>3</sup> tako da se:

- ⇒ matematičkim modeliranjem optimiziraju energetske najzahtjevniji radni procesi (privlačenje, daljinski prijevoz i gradnja šumskih prometnica) i u planiranju i u izvođenju
- ⇒ trajno stimuliraju uštede informatizacijom praćenja utroška energenata po mjestima trošenja
- ⇒ nabavi mehanizacija najvišega energetskega razreda pogonskoga stroja.

Pri postupnom uvođenju bioloških goriva i maziva za početak bi njihova uporaba bila opravdana tamo gdje postoji rizik ugrožavanja područja od posebne ekološke važnosti, kao što su dijelovi nacionalne ekološke mreže ili staništa u okviru mreže NATURA 2000. Za takve bi projekte bilo opravdano tražiti sufinanciranje ili subvencioniranje povećanih troškova iz sredstava Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost.

<sup>1</sup> Švedski institut za šumarska istraživanja

<sup>2</sup> Hrvatske šume d.o.o. Zagreb – trgovačko društvo u državnom vlasništvu koje gospodari s 1 991 537 ha državnih šuma

<sup>3</sup> Hrvatska se obvezala na 5,75 % udjela alternativnih goriva u ukupnoj potrošnji goriva do 2010. godine

#### 4. Razvoj menadžmenta i financijskih instrumenata za moderne tehnologije: napredni poslovni sustavi i državni poticaji

Istraživanja koja je u programu INNOFORCE proveo European Forest Institute (EFI) pokazala su vrlo nisku razinu inovacijskih procesa u šumarstvu u tranzicijskim zemljama (Rametsteiner i Yadlapalli 2004, Rametsteiner i dr. 2004). Pritom se inovacije raščlanjuju na organizacijske inovacije (39 %), tehnološke inovacije (14 %), osmišljavanje novih drvnih i nedrvnih proizvoda (18 %) i osmišljavanje usluga (29 %).

Osnovni je preduvjet navedenih inovacija razvoj poduzetništva u šumarstvu. S obzirom na specifičnosti šumarstva (dugoročni ciklus proizvodnje, specifični poslovi i potrebna specijalna oprema i dr.) poduzetničke inicijative u šumarstvu nužno moraju biti šire društveno podržane, posebno u dijelu kada se nastoje ostvariti u privatnim šumama. Pritom se jednako misli na savjetodavnu pomoć, ali i na instrumente državne financijske potpore.

Radi poticanja poduzetništva u hrvatskom bi šumarstvu trebalo:

- ⇒ uspostaviti sustav informiranja i savjetovanja
- ⇒ ciljano educirati stručne službe i moguće poduzetnike za vrednovanje poslovnih prilika i pripremu poduzetničkih projekata
- ⇒ ojačati nadležna upravna tijela u županijama
- ⇒ razviti sustav državnih poticaja.

Hrvatskoj je nužan razrađeni sustav poticaja i potpora u šumarstvu jednak onomu koji sada postoji, primjerice, u turizmu, poljoprivredi i obrtništvu. Pritom bi financijski instrumenti trebali uključivati bespovratna sredstva (jednokratne ili višekratne financijske potpore), kredite sa subvencioniranom kamatom, carinske olakšice i dr.). Jednako tako šumarstvu bi trebala biti, pod natječajnim uvjetima, dostupna sredstva Fonda za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost te

sredstva prikupljena za općekorisne funkcije šuma prema Zakonu o šumama (Anon. 2006a).

Vezano uz unapređivanje tehnika i tehnologija bespovratna sredstva valjalo bi namijeniti za:

- ⇒ edukaciju i osposobljavanje privatnih šumovlasnika
- ⇒ tehnološko-tehničku kategorizaciju radnih uvjeta
- ⇒ pilot-projekte ispitivanja alternativnih i štedljivih tehnologija
- ⇒ izradu strategije ulaganja u tehničku infrastrukturu
- ⇒ ciljana istraživanja.

Subvencionirana kreditna sredstva valjalo bi namijeniti:

- ⇒ razvoju sustava obrazovanja, osposobljavanja i licenciranja
- ⇒ formiranju centra za uvježbavanje rada sa šumarskom tehnikom
- ⇒ nabavu 4E mehanizacije.

Carinske bi olakšice trebalo namijeniti ponajprije za nabavu mjerne i sigurnosne opreme te za nabavu mehanizacije čiju proizvodnju nije isplativo ili moguće organizirati u Hrvatskoj.

#### 5. Koliko istraživanjima podupiremo razvoj šumarskih tehnologija i tehnika?

Nedvojbeno su istraživanja jedan od glavnih pokretača promjena i unapređivanja različitih područja šumarske djelatnosti, pa tako i tehnologija. Najznačajniji doprinosi redovito su rezultat ciljanih istraživanja. S tim u svezi postavljaju se pitanja istražujemo li u Hrvatskoj, kad su u pitanju šumarske tehnike, ono što je definirano kao prioritetno. Ima li važnih tema koje ne istražujemo? Gdje smo u odnosu na europske istraživačke prioritete?

Ako uzmemo u obzir da bi istraživački prioriteti u hrvatskom šumarstvu trebali biti u uskoj vezi s prioritetnim aktivnostima iz Nacionalne šumarske

**Tablica 2.** Zadaci vezani uz razvoj tehnologija u šumarstvu (prema NŠPS 2002)

Oznaka	Opis aktivnosti	Prioritet*
A2.2.	Potpora mjerama za osiguravanje potrebne izobrazbe kadrova za provedbu 4E tehnologija	I
A2.3.	Razvijanje financijskih inicijativa za potporu u provedbi tehnologija koje nisu štetne za okoliš (npr. bioulja, žičare)	II
A2.4.	Unapređivanje radne tehnike i sigurnosti pri radu osposobljavanjem, ocjenjivanjem i potvrđivanjem	I
B5.1.	Definiranje uvjeta i kriterija za licenciranje ugovaratelja u šumarstvu	I
B5.3.	Uspostavljanje i provođenje sustava licenciranja za ugovaratelje u šumarstvu	I

\* obveza provedbe u razdoblju: I. (2003 – 2006), II. (2006 – 2008), III. (od 2008. nadalje)

politike i strategije (NŠPS), onda se oni odnose na dva područja (Anon. 2003):

- a) uvođenje 4E (ekološke, ergonomske, ekonomske, energetske) tehnologije u šumarstvo
- b) potvrđivanje i licenciranje ugovaratelja šumskih radova.

Pojedinačne aktivnosti vezane uz ostvarivanje tih aktivnosti prikazane su u tablici 2.

Kao posebna aktivnost u okviru NŠPS istaknuto je osnivanje tijela unutar ministarstva nadležnoga za šumarstvo, koje bi bilo odgovorno za koordiniranje prioriteta istraživačkih potreba i nalaza. Nažalost, iako je prošlo 5 godina od usvajanja NŠPS, takvo tijelo nije osnovano.

Radi uočavanja europskih istraživačkih prioriteta u šumarskom sektoru navodimo glavna područja istraživanja sadržana u dokumentu *The Strategic Research Agenda* (SRA) koju je u okviru projekta *VISION 2030 – The Forest-based Sector Technology Platform* (FTP) sastavila skupina najuglednijih šumarskih institucija i organizacija uključivanjem preko 1000 šumarskih predstavnika iz 20 europskih zemalja (Anon. 2006a, Anon. 2006b). SRA je utvrdila pet strateških ciljeva koji su ključna područja istraživanja u sljedećim desetljećima:

- ⇒ razvoj inovativnih proizvoda za promjenljivo tržište i potrebe kupaca
- ⇒ razvoj inteligentnih i učinkovitih radnih procesa uključujući smanjenje potrošnje energije
- ⇒ povećanje raspoloživosti i uporabe šumske biomase za proizvode i energiju
- ⇒ ispunjavanje višenamjenske uloge šumskih resursa i održivo gospodarenje njima
- ⇒ šumarski sektor u socijalnoj perspektivi.

U okviru drugoga strateškoga cilja »Razvoj inteligentnih i efikasnih radnih procesa uključujući smanjenje potrošnje energije« kao istraživački prioriteti navode se:

- ⇒ napredne tehnologije za primarnu preradu drva (sječa, izrada i transport)
- ⇒ nove tehnologije za optimiziranje proizvodnje drvnih proizvoda
- ⇒ smanjenje potrošnje energije i energetska učinkovitost u svim proizvodnim fazama
- ⇒ kontinuirani rast učinkovitosti u proizvodnji uz manji okolišni utjecaj
- ⇒ stimuliranje proizvodnje toplinske i električne energije iz biomase.

S druge strane, ono što se vezano uz šumarske tehnike danas istražuje u Hrvatskoj iščitavamo iz skupine projekata koje u razdoblju 2006 – 2010. godine obavljaju za potrebe Hrvatskih šuma d.o.o.

Zagreb Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Šumarski institut Jastrebarsko. Istraživački su zadaci sljedeći:

- ⇒ Strojne metode uspostave šumskoga reda
- ⇒ Šumska biomasa i tehnologije pridobivanja
- ⇒ Optimizacija mreže primarnih šumskih prometnica (šumskih cesta) u uvjetima brdskoga i gorskoga područja primjenom suvremenih tehnologija rada
- ⇒ Informiranost i stavovi o biomasi kao energentu
- ⇒ Planiranje sekundarnih šumskih prometnica (traktorskih putova i traktorskih vlakova) u brdsko-gorskim područjima
- ⇒ Izrada studija opravdanosti ulaganja u toplane
- ⇒ Licenciranje i potvrđivanje za postizanje europskih standarda sigurnosti i kvalitete šumskoga rada
- ⇒ Vrednovanje efikasnosti poslovanja organizacijskih cjelina u šumarstvu neparametarskim modelom
- ⇒ Okolišno prihvatljive šumarske tehnike
- ⇒ Okolišno prihvatljive tehnologije u gospodarenju šumama prema vrijedećim međunarodnim normama
- ⇒ Razredba šumskih zemljišta prema terenskim uvjetima, načinu gospodarenja i mjerilima za odabir i primjenu najpovoljnije tehnike i tehnologije.

Drugu skupinu čine projekti koje financira Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa (MZOŠ RH). Za istraživačko razdoblje 2006 – 2009. godine među 38 odobrenih i financiranih projekata tek ih je 5 izravno vezano uz šumarske tehnologije:

- ⇒ Suvremene tehnologije planiranja i projektiranja mreže šumskih prometnica
- ⇒ Ekološko, energijsko i ergonomsko vrednovanje šumskih strojeva i opreme
- ⇒ Pridobivanje drva na okolišno prihvatljiv način
- ⇒ Prilog istraživanju korištenja šumske biomase
- ⇒ Unapređivanje tehnologija pridobivanja drva u cilju zaštite okoliša i radnika.

Već i okvirni nalazi usporedbe nacionalnih i europskih istraživačkih potreba s tekućim istraživanjima u Hrvatskoj upućuju na sljedeće:

- ⇒ uočljiv je izostanak sustavnoga i cjelovitoga istraživačkoga odgovora na definirane prioritete potrebe
- ⇒ neka su prioritetna područja dobro »pokrivena« većim brojem komplementarnih istraživačkih zadataka

- ⇒ dio je istraživačkih tema tek djelomice obuhvaćen šire definiranim istraživačkim zadacima i projektima
- ⇒ dio istraživačkih prioriteta sasvim je izvan postojećih istraživačkih programa i uopće se ne istražuje: npr. razvoj novih proizvoda, smanjenje potrošnje goriva, optimizacija radnih procesa i dr.

Zbog navedenoga moguće je ocijeniti kako postojeći istraživački program u Hrvatskoj nije ni po obuhvatu područja i tema, ni po brojnosti projekata i zadataka dostatan da bi bio jamstvo značajnijega unapređivanja šumarske tehnike i tehnologije.

S druge strane, uzimajući u obzir broj znanstvenih istraživača koji su mogući nositelji istraživanja u području šumarskih tehnika u Hrvatskoj, izglednim se čini jedino njihovo povezivanje i uključivanje u međunarodne i u multidisciplinarnе projekte u okviru kojih treba tražiti rješenja prihvatljiva i za domaće uvjete. Nažalost, takva regionalna suradnja istraživača u području je šumarskih tehnika dosad sasvim izostala.

## 6. Literatura

- Anon., 2003: Nacionalna šumarska politika i strategija, NN, 120/03.
- Anon., 2005: Zakon o šumama, NN, 140/2006.
- Anon., 2006a: Forest-Based Sector Technology Platform, A Strategic Research Agenda for Innovation, Competitiveness and Quality of Life. European Commission, str. 1–28.
- Anon., 2006b: Forest-Based Sector Technology Platform, A Strategic Research Agenda – Annex: Extended Descriptions of Research Areas. European Commission, str. 1–32.
- Auguštin, H., S. Dekanić, I. Martinić, S. Sever, 2000: Okolišno neškodljive hidraulične tekućine za šumarske strojeve – stanje i izglednost. Meh. šumar., 25(1–2): 41–57.

ILO, 1998: Safety and health in forestry work – An ILO Code of practice. ILO, Geneva, str. 1–166.

Makkonen, I., 2000: Shut off system to reduce hydraulic oil leakage from forestry machines. FERIC, (14)1: 1–8.

Martinić, I., 1998: Stanje i razvoj izvođenja radova u Hrvatskoj neovisnim poduzetnicima. Meh. šumar., 23(1): 7–13.

Martinić, I., G. Matijević, 1999: Ocjena radne tehnike šumarskih radnika – metode i rezultati prethodnih istraživanja. Meh. šumar., 24(1–2): 13–29.

Martinić, I., 2000: Koliko smo blizu ekološki prihvatljivoj uporabi mehanizacije u šumarstvu? Šumarski list, 124(1–2): 3–13.

Martinić, I., M. Jurišić, T. Hengl, 2001: Some ecological effects of machinery utilization in forestry. Strojstvo, 41(3–4): 123–129.

Martinić, I., M. Šporčić, 2005: Ekološko gledište održavanja mehanizacije u šumarstvu. Šumarski list, 129(1–2): 19–28.

Martinić, I., 2006: Health protection and safety in forestry work during the transition period of the forestry sector in Croatia. International symposium »Wood Quality, Technologies, Man and Work in Forest«, October 24–25, 2006, Ljubljana, Slovenija.

Rametsteiner, E., L. Yadlapalli, 2004: Fostering Innovation and Entrepreneurship. EFI, 12(2): 3–6.

Rametsteiner, E., G. Weiss, K. Kubeczko, 2004: Innovation and Entrepreneurship in Forestry in Central Europe. EFI Report series.

Skoupy, A., 2000: Biodegradable oils in the operation of forest machines. Proceedings of Division 3, IUFRO Congress Kuala Lumpur, str. 191.

Šporčić, M., 2003: Uspostava modela potvrđivanja izvoditelja šumskih radova. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1–100.

Šporčić, M., I. Martinić, 2005: Model licenciranja izvoditelja šumskih radova. Šumarski list, 129(7–8): 375–385.

---

Adresa autorâ:

Ivan Martinić  
e-mail: martinic@sumfak.hr  
Vencel Vondra  
e-mail: vondra@sumfak.hr  
Mario Šporčić  
e-mail: sporcic@sumfak.hr  
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije  
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
Svetošimunska 25  
HR-10 000 Zagreb  
HRVATSKA



# Šumske prometnice u Republici Hrvatskoj – stanje i perspektiva

Tibor Pentek, Hrvoje Nevečerel, Dragutin Pičman, Tomislav Poršinsky

## Nacrtak

*Šumska je prometna infrastruktura jedan od temeljnih uvjeta preduvjeta uspješnoga gospodarenja šumskim ekosustavom. Od osamostaljenja Republike Hrvatske i od osnivanja »Hrvatskih šuma« d.o.o. Zagreb 1991. godine (tada JP »Hrvatske šume« p.o. Zagreb) puno je financijskih sredstava uloženo u izgradnju novih te u održavanje i u popravak postojećih šumskih prometnica. Unatoč dosadašnjim značajnim investicijama u ovom segmentu šumarstva, još će se puno kilometara šumskih prometnica izgraditi do dostizanja optimalne otvorenosti. U ovom je radu raščlanjena situacija glede šumskih prometnica u Hrvatskoj s posebnim osvrtom na postojeću otvorenost, planiranu otvorenost, godišnji plan izgradnje, prosječnu cijenu izgradnje, cijenu projektiranja i dr. Definirani su problemi koji se pojavljuju pri provedbi cjelovitoga postupka otvaranja šuma (planiranje, projektiranje, izgradnja s nadzorom i održavanje) i predložene su osnovne smjernice njihova rješavanja.*

*Ključne riječi: šumske prometnice, planiranje, projektiranje, izgradnja, održavanje, troškovi, Hrvatska*

## 1. Uvod i problematika istraživanja

Šumska se prometna infrastruktura može podijeliti na primarnu, sekundarnu i posebnu. Primarna i sekundarna šumska prometna infrastruktura tema su ovoga rada. U primarnu šumsku prometnu infrastrukturu ubrajaju se sve šumske ceste (ŠC) te javne ceste (JC) koje se mogu koristiti pri radovima u šumarstvu (uglavnom su to javne ceste nižega reda). Sekundarnu šumsku prometnu infrastrukturu čine traktorski putovi (TP) i traktorske vlake (TV). Traktorski su putovi, kao i šumske ceste, građevinski objekti trajnoga karaktera, dok traktorske vlake nastaju uzastopnim prolaskom stroja istim tragom bez ikakvih građevinskih radova i privremenoga su karaktera.

Planiranje, projektiranje (terenski i uredski dio), izgradnja s nadzorom i održavanje osnovne su sastavnice složenoga postupka uspostavljanja optimalne mreže primarne šumske prometne infrastrukture na terenu (Pentek i dr. 2004b). Osnovne sastavnice uspostave optimalne mreže sekundarnih šumskih prometnica na terenu jesu: planiranje, izgradnja s nadzorom i popravci. Navedene se faze rada međusobno prožimaju i jedna su s drugom neraskidivo

povezane, što znači da se ne može pristupiti idućoj fazi rada dok se prethodna uspješno ne odradi.

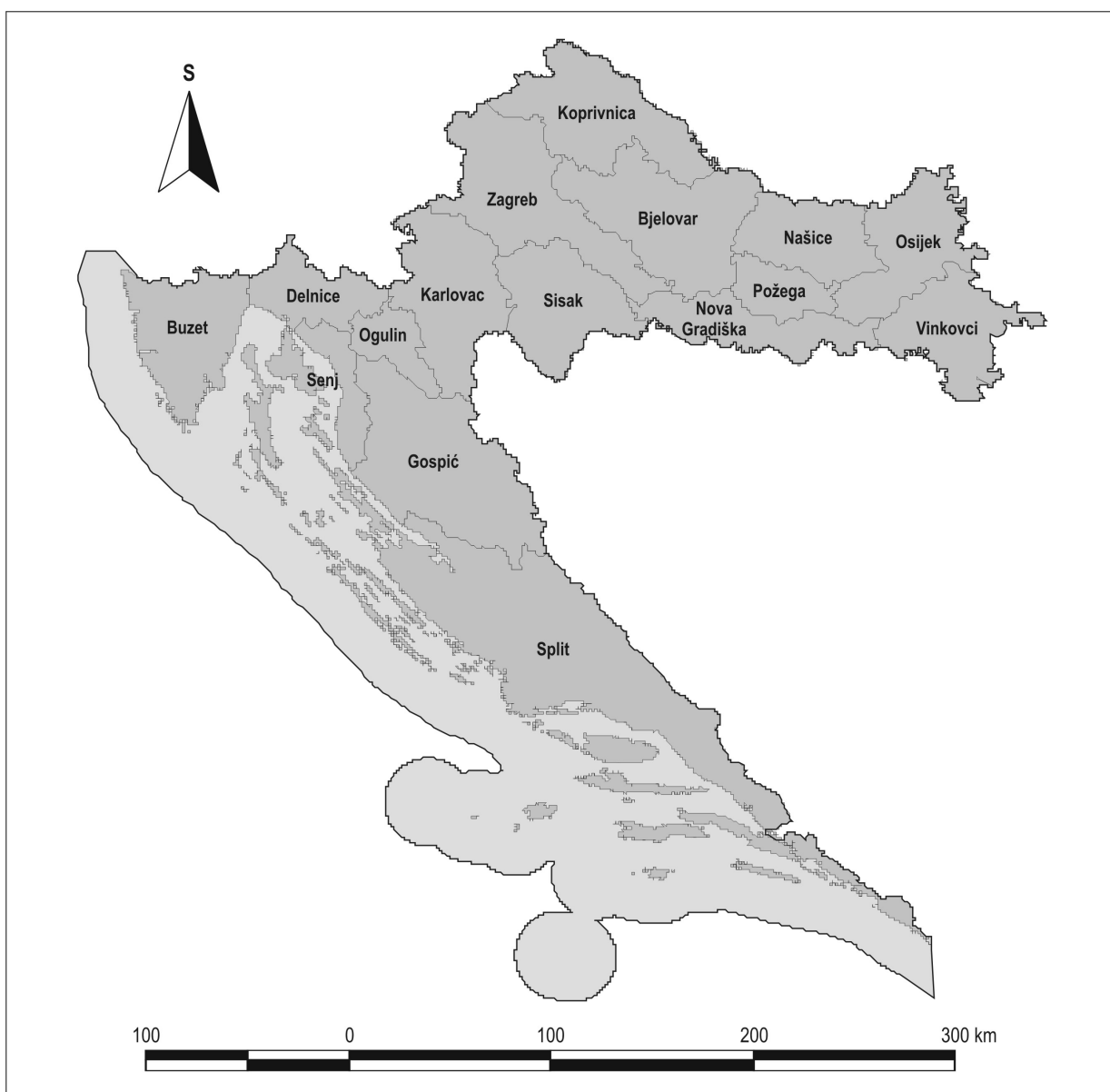
Idealno je rješenje, s gledišta suvremenoga gospodarenja šumskim ekosustavom, uz planiranje ŠC obaviti i planiranje TP; tako je moguće unaprijed predvidjeti idejne trase i primarnih i sekundarnih šumskih prometnica, njihovu kategoriju (koja je karakterizirana određenim tehničkim značajkama i normama gradnje), procijeniti troškove izgradnje i kasnijega održavanja (popravaka) te definirati godišnje planove dinamike izgradnje u suglasju s programima gospodarenja, planovima sječa, prihodima i rasnodima itd. (Pentek i dr. 2006).

Za kvalitetno planiranje svih radova u šumarstvu, a posebno radova u pridobivanju drva i otvaranja šuma šumskim prometnicama, potrebno je imati uvid u postojeće prometne infrastrukturne resurse. Stoga je na razini poduzeća »Hrvatskih šuma« d.o.o. Zagreb (dalje HŠ), zaključno s 31. 12. 2001. godine, uspostavljen katastar primarne šumske prometne infrastrukture za državne šume u Hrvatskoj, a metodologija je njegove izrade razvijena u suradnji između HŠ i Zavoda za šumarske tehnike i tehnologije Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (Anon. 1997b). Katastar se sastoji od tekstnoga (tablice) i

slikovnoga (zemljovidi) dijela. Jednom uspostavljen katastar primarne šumske prometne infrastrukture trebao bi se krajem svake godine dopunjavati podacima o novim sastavnicama izgrađenima tijekom tekuće godine.

Danas na razini poduzeća HŠ ne postoji katastar sekundarne šumske prometne infrastrukture, odnosno onih sastavnica koje su trajnoga karaktera (traktorskih putova). Pentek i dr. (2003) predlažu metodologiju izrade katastra sekundarnih šumskih prometnica, izrađuju katastar za GJ Veprinačke šume Šumarije Opatija, UŠP Buzet, te navode njegove prednosti.

Nakon što se idejna trasa ŠC pomoću uređaja GPS pozicionira na terenu, u nju se uklapa osovinski poligon projektirane ŠC; to je prijelaz iz faze planiranja u fazu projektiranja (Pentek i dr. 2004b). Projektiranje se sastoji od dviju vremenski i prostorno odvojenih potfaza rada: terenska potfaza i uredska potfaza. Na terenu se obavlja prikupljanje svih parametara potrebnih za izradu glavnoga projekta ŠC, pri čemu se koriste geodetske mjerne stanice, a prikupljeni se podaci obrađuju u računalnom programu CESTA. Izrađene glavne projekte ŠC potpisuje ovlašteni inženjer. Oni se šalju na ovjeru u urede državne uprave zaštite okoliša, prostornoga uređe-



**Slika 1.** Karta Republike Hrvatske s ucrtanim UŠP

nja i graditeljstva pri županijama, a nakon ovjere može započeti njihovo ostvarivanje.

ŠC grade »Hrvatske šume« (vlastiti kapaciteti) preko svojih RJ »Građevinarstvo« (smještenih u 8 od 16 UŠP) te privatni poduzetnici. Posao se privatnim poduzetnicima dodjeljuje javnim natječajem (jeftimbom) na kojem se iskazuje najviša (gornja) cijena investicije (sukladno troškovniku iz glavnoga projekta ŠC), a mogući izvođači radova dostavljaju svoje ponude zajedno s ostalom zatraženom dokumentacijom pisanim putem. Otvaranje je ponuda javno.

Investitor i izvođač radova potpisuju *Ugovor o izvođenju radova* i *Zapisnik o primopredaji radilišta*, čime se izvođač radova uvodi u posao. Investitor imenuje nadzornoga inženjera, a izvođač radova svoga predstavnika na radilištu.

Nakon izgradnje šumskih cesta prijeko je potrebno da se one, radi zadržavanja propisane kakvoće šumske transportne mreže, stalno i periodično održavaju. Što je kategorija šumske ceste viša, to su i radovi na periodičnom održavanju češći i većega obujma; vrijedi i obrnuto (Pentek i dr. 2006).

## 2. Cilj i metode istraživanja

Cilj je istraživanja raščlaniti situaciju u svezi sa šumskim prometnicama u Republici Hrvatskoj, prepoznati i jasno definirati uočene probleme prema fazama uspostave optimalne mreže šumskih prometnica na terenu (planiranje, projektiranje, izgradnja s nadzorom i održavanje) te predložiti postupke za njihovo rješavanje.

## 3. Područje istraživanja

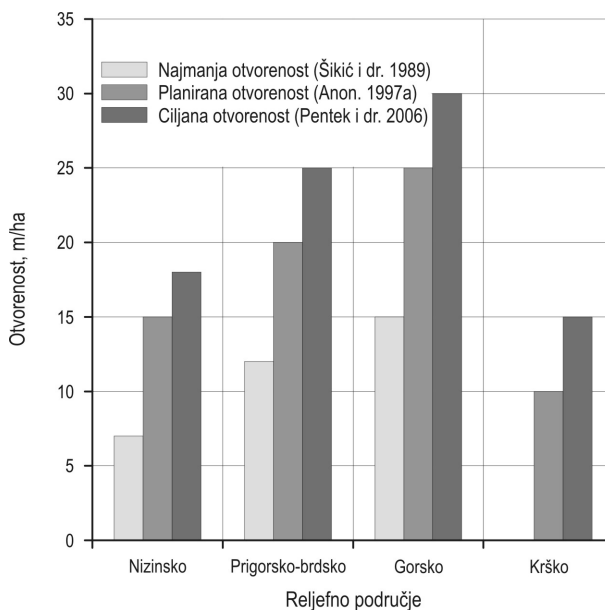
Područje istraživanja zapravo su sve šume i šumsko zemljište kojima gospodari poduzeće HŠ u Republici Hrvatskoj (2 018 987 ha ili 75,1 %) preko svojih 16 UŠP. Prirodne se šume rasprostiru na 95 %, a umjetno podignute kulture i plantaže na samo 5 % te površine. Obrasle šumske površine kontinentalnoga dijela RH zauzimaju 59 % površine, a šume na kršu 41 %.

## 4. Rezultati istraživanja

### 4.1 Postojeća situacija glede šumskih prometnica u Republici Hrvatskoj

#### 4.1.1 Primarna otvorenost šuma

Na slici 2 prikazana je najmanja propisana 1990. (Šikić i dr. 1989), planirana 2010. (Anon. 1997a) i ciljano otvorenost 2020. godine (Pentek i dr. 2006) za



**Slika 2.** Najmanja, planirana i ciljana otvorenost za različita reljefna područja Republike Hrvatske

različita reljefna područja Republike Hrvatske kako bi se različite vrste primarne otvorenosti mogle usporediti s postojećom primarnom otvorenosti.

Navedene su vrijednosti otvorenosti samo putokaz koji, u nedostatku boljega, treba slijediti, ali ga se ne treba slijepo držati jer je otvaranje svake gospodarske jedinice, odnosno slivnoga ili gravitacijskoga područja, problem za sebe koji u konkretnim sastojinskim i stanišnim uvjetima traži drugačija rješenja (Pentek i dr. 2005).

U tablici 1 donosi se postojeća primarna otvorenost uprava šuma podružnica (dalje UŠP) koja je izračunata kao prosječna, iako se u većini UŠP nalazi kombinacija različitih reljefnih područja. Za pojedinu se UŠP razlikuju godine ažuriranja katastra pa je današnja situacija, poglavito u onim UŠP koje se intenzivno otvaraju šumskim cestama, puno bolja. Nedostaje dio podataka za UŠP Split, pa oni zbog neusporedivosti nisu prikazani. Ukupan podatak o količini javnih i šumskih cesta te primarnoj otvorenosti šuma na razini HŠ ne uključuje UŠP Split.

Za detaljnu raščlambu primarne otvorenosti i mogućnost dobivanja usporedivih rezultata podatke treba svesti na razinu gospodarske jedinice, a gospodarsku je jedinicu prethodno nužno kategorizirati prema reljefnomu području. Također bi podatku o primarnoj otvorenosti pojedine gospodarske jedinice trebalo pridružiti podatak o srednjoj udaljenosti privlačenja drva. Tada je uz analizu otvorenosti moguće provesti i raščlambu kvalitete prostornoga razmještaja ŠC.

Tablica 1. Postojeća primarna otvorenost UŠP

Uprava šuma podružnica	Kategorija ceste	Duljina	Ulazi u otvorenost	Obrasla površina	Otvorenost	Stanje
		km		ha	m/ha	god.
Vinkovci	Javna	-	91,61	68 173,92	1,34	2003.
	Šumska	397,03	349,95		5,13	
	Ukupno	397,03	441,56		6,47	
Osijek	Javna	-	82,05	57 286,05	1,43	2002.
	Šumska	418,12	298,06		5,20	
	Ukupno	418,12	380,11		6,63	
Našice	Javna	-	140,74	78 537,60	1,79	2003.
	Šumska	1 624,82	1 352,38		17,22	
	Ukupno	1 624,82	1 493,12		19,01	
Požega	Javna	-	85,19	48 714,84	1,75	2003.
	Šumska	707,74	598,58		12,29	
	Ukupno	707,74	683,77		14,04	
Bjelovar	Javna	-	282,34	123 633,00	2,28	2003.
	Šumska	1 838,37	1 216,78		9,84	
	Ukupno	1 838,37	1 499,12		12,12	
Koprivnica	Javna	-	309,21	59 040,00	5,24	2003.
	Šumska	793,15	664,03		11,25	
	Ukupno	793,15	973,24		16,49	
Zagreb	Javna	-	419,32	75 354,53	5,56	2004.
	Šumska	802,95	641,90		8,52	
	Ukupno	802,95	1 061,22		14,08	
Sisak	Javna	-	135,75	83 906,16	1,62	2003.
	Šumska	549,06	421,00		5,02	
	Ukupno	549,06	556,75		6,64	
Karlovac	Javna	-	99,63	76 782,00	1,30	2003.
	Šumska	958,82	674,36		8,78	
	Ukupno	958,82	773,99		10,08	
Ogulin	Javna	-	81,53	51 902,00	1,57	2002.
	Šumska	865,82	718,55		13,84	
	Ukupno	865,82	800,08		15,41	
Delnice	Javna	-	241,26	92 437,99	2,61	2003.
	Šumska	1 989,93	1 742,14		18,85	
	Ukupno	1 989,93	1 983,40		21,46	
Senj	Javna	-	137,00	67 688,56	2,02	2001.
	Šumska	1 612,98	1 033,81		15,27	
	Ukupno	1 612,98	1 170,81		17,29	
Gospić	Javna	-	345,00	266 324,24	1,30	2005.
	Šumska	1 904,22	1 731,11		6,50	
	Ukupno	1 904,22	2 076,11		7,80	
Buzet	Javna	-	289,31	63 276,36	4,57	2003.
	Šumska	434,26	331,97		5,25	
	Ukupno	434,26	621,28		9,82	
Split	nema usporedivih podataka					
Nova Gradiška	Javna	-	64,94	69 019,25	0,94	2003.
	Šumska	650,30	574,79		8,33	
	Ukupno	650,30	639,73		9,27	
Ukupno HŠ	Javna	-	2804,88	1 282 076,50	2,19	-
	Šumska	15 547,57	12 349,41		9,63	
	Ukupno	15 547,57	15 154,29		11,82	



Tablica 2. Obavljeni radovi na niskogradnji u razdoblju 2004 – 2006. na razini poduzeća HŠ

	Radovi na niskogradnji			Obavljeno vlastitim kapacitetima		
	Količina	Vrijednost	Cijena	Količina	Vrijednost	Udio
	km	kn x 10 <sup>3</sup>	kn/km	m	kn x 10 <sup>3</sup>	%
Izrada donjega stroja ŠC						
2004.	251,60	26 788	106 471	173,95	19 042	71,08
2005.	292,43	31 267	106 921	163,14	18 850	60,29
2006.	272,68	38 426	140 920	168,00	24 848	64,66
Ukupno/prosječno	816,71	96 481	<u>118 134</u>	505,09	62 740	<u>65,03</u>
Izrada gornjega stroja ŠC						
2004.	229,64	32 471	141 400	133,58	18 002	55,44
2005.	374,36	47 039	125 652	146,48	22 787	48,44
2006.	351,62	49 518	140 828	205,25	30 692	61,98
Ukupno/prosječno	955,62	129 028	<u>135 020</u>	485,31	71 481	<u>55,40</u>
Održavanje ŠC						
2004.	3 049,07	34 965	11 467	1 267,15	17 461	49,94
2005.	3 287,52	37 880	11 522	1 257,43	18 388	48,54
2006.	4 226,50	48 119	11 385	1 804,20	24 646	51,22
Ukupno/prosječno	10 563,09	120 964	<u>11 452</u>	4 328,78	60 495	<u>50,01</u>
Izgradnja TP						
2004.	799,11	16 946	21 206	229,93	3 929	23,19
2005.	876,68	18 115	20 663	242,18	4 252	23,47
2006.	952,73	22 567	23 687	249,10	5 041	22,34
Ukupno/prosječno	2 628,52	57 629	<u>21 925</u>	721,21	13 222	<u>22,94</u>
Svi radovi na niskogradnji						
2004.		111 170			58 434	52,56
2005.		134 301			64 277	47,86
2006.		158 630			85 227	53,73
Ukupno		404 101			207 938	/
Prosječno		<u>134 700</u>			<u>69 313</u>	<u>51,46</u>

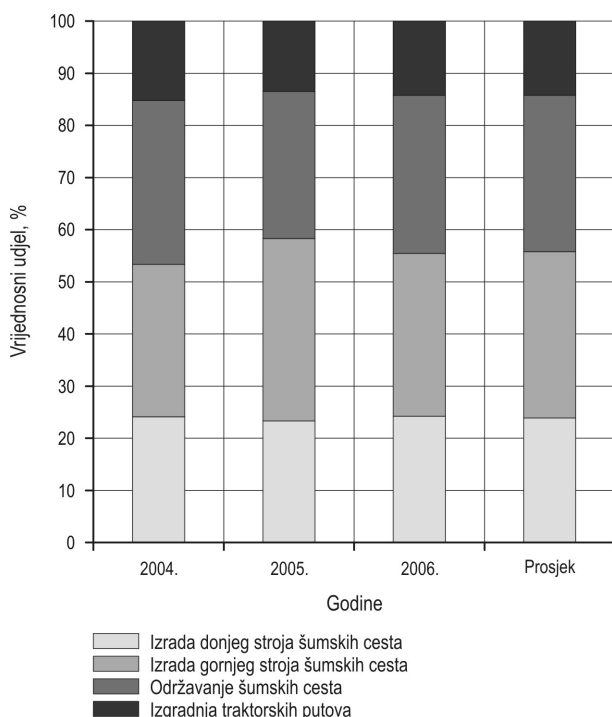
#### 4.1.2 Radovi na niskogradnji u razdoblju 2004 – 2006. na razini poduzeća »Hrvatske šume« d.o.o.

U tablici su 2 prikazani radovi na niskogradnji obavljeni 2004 – 2006. godine na razini poduzeća HŠ. Odabrano je razdoblje u kojem sadašnje poslovanje HŠ rukovodi poduzećem pa su prikazani podaci ujedno i rezultati poslovne politike tvrtke. Radovi su na niskogradnji razdijeljeni u četiri osnovne kategorije: izrada donjega stroja ŠC, izrada gornjega stroja ŠC, održavanje ŠC i izgradnja traktorskih putova.

Prosječno se godišnje izvedu 272 km donjega stroja šumskih cesta uz prosječnu cijenu 118 134 kn/km, radovi na gornjem stroju obave se na 319 km šum-

skih cesta, a srednja je cijena 135 020 kn/km. Prosječna cijena kilometra potpuno izvedene ŠC iznosi 253 154 kn. Stvarna se cijena izgradnje kompletnih ŠC značajno razlikuje od planske cijene poglavito ako se kao realna cijena uzme cijena određena troškovnikom iz glavnoga projekta, a ne cijena postignuta na javnom nadmetanju.

Radovi na održavanju izvedu se u prosjeku godišnje na 3521 km šumskih cesta (21 % od ukupne količine ŠC u Hrvatskoj prema dostupnim podacima iz katastra ŠC uzevši u obračun i ŠC na području UŠP Split) s cijenom od 11 452 kn/km. Svake se godine, uz prosječnu cijenu od 21 925 kn/km, izgradi 876 km traktorskih putova.



**Slika 3.** Udio pojedine skupine radova na niskogradnji u razdoblju 2004 - 2006. na razini poduzeća HŠ

Ukupna vrijednost svih radova na niskogradnji iznosi u prosjeku 134 000 000 kn godišnje, od čega poduzeće HŠ preko polovice (51,46 %), računajući prema vrijednosti radova, izvede vlastitim kapacitetima.

U ukupnoj strukturi troškova radova (slika 3) na niskogradnji najveći prosječni udio u razdoblju 2004 - 2006. ima izrada gornjeg stroja ŠC (31,93 %), slijede radovi na održavanju ŠC (29,93 %), zatim izvedba donjega stroja ŠC (23,88 %) i na kraju izgradnja TP (14,26 %).

#### 4.1.3 Planiranje šumskih prometnica – definiranje problema

Planiranje je šumskih prometnica (dalje ŠP) prva i izuzetno važna faza postupka optimizacije kojom se u konačnici definiraju idejne trase ŠP te se osigurava sveobuhvatno rješavanje problematike otvaranja određenoga šumskoga područja (najčešće gospodarske jedinice).

U praksi se ova faza uspostave optimalne mreže ŠP često preskače. Opravdanje se, s jedne strane, nalazi u nepostojanju studije primarnoga otvaranja šuma i studije sekundarnoga otvaranja šuma, kojima bi trebale biti definirane idejne trase ŠC i TP, a s druge je strane prisutna stalna žurba pri izradi novih ŠC i TP nužnih za realizaciju radova propisanih programima gospodarenja.

Nove se idejne trase ŠP na terenu određuju neprecizno, ne vodi se računa o najboljim mogućim inačicama trasa ŠC i TP (optimiziranim glede svih kriterija procjene optimalnosti), problem se otvaranja šuma ne rješava na razini gospodarske jedinice, već djelomično (najčešće ne vodeći računa o postojećoj primarnoj i sekundarnoj šumskoj prometnoj infrastrukturi), čime se, u konačnici, ciljane srednje udaljenosti privlačenja postižu uz izgradnju većega broja kilometara šumskih cesta nego što je to potrebno. Time rastu troškovi izgradnje i održavanja ŠC na određenom području (zbog većega broja kilometara). Međutim, trase ŠC i TP, i u vodoravnom i u okomitom smislu, položene su tako da je i jedinični trošak izgradnje i održavanja (popravka) veći u usporedbi s trasama ŠC i TP definiranim studijom primarnoga i sekundarnoga otvaranja šuma.

#### 4.1.4 Projektiranje ŠC – definiranje problema

Osnovni su problemi koji se javljaju u projektiranju šumskih cesta povezani sa:

- ⇒ nepostojanjem prikladnih *Tehničkih uvjeta za šumske prometnice* jer su postojeći *Tehnički uvjeti za gospodarske ceste* zastarjeli, nedorečeni, kontradiktorni i previše općeniti
- ⇒ izostankom *Priručnika za projektiranje šumskih cesta* koji bi jasno i nedvosmisleno odgovorio na sva pitanja i nedoumice na koje projektant može naići pri terenskom ili pri uredskom dijelu posla
- ⇒ vrlo mladom *Hrvatskom komorom inženjera šumarstva i drvene tehnologije* (dalje *Šumarska komora*) koja još uvijek nije dovoljno aktivna u zaštiti interesa šumarske struke
- ⇒ zastarjelošću računalnoga program CESTA koji se koristi kao službeni alat za izradu projekata ŠC
- ⇒ neujednačenošću izrađenih projekata ŠC (formom, sadržajem i kakvoćom)
- ⇒ nedovoljnim brojem vrsnih projektanata šumskih cesta (s obzirom na godišnji obujam radova planiranja, projektiranja te nadzora izgradnje šumskih cesta)
- ⇒ nedostatkom cjeloživotne izobrazbe inženjera šumarstva koji se bave problematikom povezanom sa ŠP.

#### 4.1.5 Izgradnja ŠC i TP te nadzor gradnje – definiranje problema

Ova faza rada treba osigurati dosljedno poštivanje projektne dokumentacije te prenošenje ideje projektanta s papira na teren. Ako se žele postići uvjeti koji jamče poštivanje projektne dokumentacije i sustavnu kontrolu radova, nužno je, prije započi-

Tablica 3. Plan izgradnje šumskih cesta 2006 – 2015. i projekcija otvorenosti 2015. godine po UŠP

Uprava šuma podružnica	Plan izgradnje km/10 god.	Vrijednost radova kn	Otvorenost		
			postojeća	plan 2015.	plan 2015. – korigirani
			m/ha		
Vinkovci	68,10	15 118 200	6,47	7,47	7,77
Osijek	116,20	25 796 400	6,63	8,67	9,28
Našice	105,38	23 123 880	19,01	20,35	20,75
Požega	94,70	21 023 400	14,04	15,98	16,56
Bjelovar	100,07	22 214 868	12,12	12,93	13,17
Koprivnica	46,80	10 678 200	16,49	17,28	17,52
Zagreb	172,50	38 295 000	14,08	16,37	17,06
Sisak	55,50	12 321 000	6,64	7,30	7,50
Karlovac	79,80	17 715 600	10,08	11,12	11,43
Ogulin	127,30	20 256 600	15,41	17,87	18,61
Delnice	135,00	29 970 000	21,47	22,92	23,36
Senj	215,88	44 183 270	17,29	20,49	21,43
Gospić	890,02	135 283 040	7,80	11,14	12,14
Buzet	115,00	17 480 000	9,82	11,64	12,19
Split	566,00	86 032 000	-	-	-
Nova Gradiška	102,40	22 732 800	9,27	10,75	11,20
Ukupno HŠ	2990,65	542 224 258	11,82	14,15	14,72

njanja radova, obaviti obnovu građevinskoga iskolčenja osi trase šumske ceste.

Kao osnovni problemi koji se javljaju u postupku izgradnje i nadzora izgradnje ŠC i TP mogu se izdvojiti sljedeći:

- ⇒ Izostanak postupka licenciranja radova (tehnologija) i izvoditelja radova izgradnje šumskih prometnica, zbog čega se kao izvođači radova pojavljuju neosposobljene pravne osobe najčešće bez odgovarajućega stručnoga kadra koji bi prema važećim zakonima morao biti uposlen te bez primjerenih strojeva i opreme. To u konačnici rezultira nedovoljno kvalitetnim šumskim cestama, a često ima i loše posljedice za okoliš.
- ⇒ Nepostojanje strukovnoga udruženja izvođača radova za poslove izgradnje i održavanja šumskih prometnica koje bi na tržištu rada štitilo njihove interese, ocjenjivalo i procjenjivalo svoje članove te omogućilo zdravu konkurenciju. Zbog toga se cijene na javnim nadmetanjima formiraju slobodno (nema obvezujućih okvira – jedina je granica gornja, isključna cijena koju je istaknuo naručitelj radova) i spuštaju se i za više od 30 % u odnosu na realnu, početnu cijenu. Poslije se izvođači radova ne

mogu pronaći u ponuđenoj cijeni, zbog čega se opet dobiju šumske ceste koje ne odgovaraju u potpunosti glavnomu projektu.

- ⇒ Na terenu se često izbjegava obnova građevinskoga iskolčenja osi trase šumske ceste te obilježba poprečnih profila (iako se i u dokaznici mjera i u troškovniku svake šumske ceste navode kao prve stavke), čime se onemogućuje kvalitetan nadzor radova te prenošenje glavnoga projekta na teren. Rezultat je opet šumska cesta nezadovoljavajuće kvalitete.
- ⇒ Česta nenazočnost voditelja gradilišta (zaposlenika izvoditelja radova) kao odgovorne osobe na gradilištu uz izvođenje trase šumske ceste bez čitanja projekta.
- ⇒ Izostanak nadzornoga inženjera s gradilišta te zamjena stalnoga nadzora s povremenim nadzorom. Tako je teško držati stvari pod kontrolom, evidentirati izvantržovničke radove, a za ispravljanje je nedostataka i nepravilnosti na trasi šumske ceste često kasno.

#### 4.1.6 Održavanje ŠC – definiranje problema

Nakon izgradnje šumskih cesta nužno je, radi zadržavanja propisane kvalitete šumske transportne mreže, stalno i periodično njihovo održavanje.

Temeljne manjkavosti koje se danas javljaju pri održavanju ŠC, uz uvažavanje činjenice da se prosječno godišnje na održavanja ŠC u razdoblju 2004 – 2006. troši 40 000 000 kn (što je 54 % vrijednosti radova izgradnje donjega i gornjega stroja ŠC) jesu:

- ⇒ nedostatak propisa kojim se definira obujam radova stalnoga održavanja te učestalost i intenzitet radova periodičnoga održavanja sukladno kategoriji ŠC
- ⇒ izostanak metodologije utvrđivanja stanja primarne šumske prometne infrastrukture i potrebe održavanja (temeljem uzoraka)
- ⇒ nepostojanje plana održavanja mreže ŠC na razini gospodarske jedinice te elaborata održavanja konkretne ŠC
- ⇒ održavanje svih kategorija ŠC podjednakim standardom.

## 4.2 Smjernice djelovanja

### 4.2.1 Plan izgradnje šumskih cesta u razdoblju 2006 – 2015. na razini poduzeća HŠ

Desetogodišnji (2006 – 2015) plan izgradnje šumskih cesta nalazi se u tablici 3. Temeljem plana izgradnje određena je i planirana otvorenost UŠP 2015. godine. S obzirom na to da su glavne ŠC izgrađene, a grade se ceste nižih kategorija, pretpostavljeno je kako će sve nove ŠC na otvorenost utjecati s čitavom svojom duljinom. Vrijednost radova izračunata je na temelju planske cijene (planska je cijena šumskih protupožarnih cesta 152 000 kn/km, a šumskih gospodarskih cesta 222 000 kn/km). Budući da je postojeći katastar ŠC u većini UŠP ažuriran s 2003. godinom, otvorenost se 2015. treba uvećati za prosječni trogodišnji plan izgradnje u svakoj od uprava šuma podružnica.

Osnovne su značajke plana izgradnje ŠC: godišnja izgradnja oko 300 km novih šumskih cesta, godišnji trošak gradnje oko 54 000 000 kn te neravnomjerna izgradnja po UŠP uvjetovana neravnomjernom postojecom primarnom otvorenošću, različitim sastojinskim i stanišnim prilikama i s time povezanim drugačijim tehnikama i tehnologijama pridobivanja drva.

### 4.2.2 Planiranje šumskih prometnica – preporučene mjere i postupci

Za unapređivanje postupka planiranja šumskih cesta potrebno je pridržavati se ovih mjera i postupaka:

- ⇒ Nužno je zakonski propisati obvezu izrade *Studije primarnoga otvaranja šuma* te *Studije sekundarnoga otvaranja šuma*. Navedene bi studije otvaranja šuma trebale biti sastavni dio

*Programa gospodarenja* (njegov privitak zbog lakšega korištenja na terenu), a izrađivale bi se za razdoblje od 10 (20) godina. Studije otvaranja šuma mora odobriti imenovano povjerenstvo članovi kojega su stručnjaci u području otvaranja šuma.

- ⇒ Pri planiranju ŠP treba koristiti GIS (sustav koji se sastoji od integriranih geokodiranih kartografskih podloga i relacijskih baza podataka, zatim od algoritama pomoću kojih se upravlja tim podacima, te od postupaka za brzo i ekonomično uspostavljanje nastalih promjena, što je osobito značajno u praćenju dinamike promjena u šumarstvu) i uređaje GPS (za inventarizaciju postojećih šumskih prometnica, izradu katastra, ali i za prenošenje računalnim modelima odabranih i na odgovarajućim podlogama simuliranih idejnih trasa ŠP na teren).
- ⇒ *Studiju primarnoga otvaranja šuma* i *Studiju sekundarnoga otvaranja šuma* trebaju izrađivati ovlašteni inženjeri šumarstva – članovi stručnoga smjera *Šumske prometnice i šumarsko graditeljstvo* unutar Hrvatske komore inženjera šumarstva i drvne tehnologije, koji su jedini stručni i osposobljeni za taj posao.
- ⇒ U izradu je studija otvaranja šuma potrebno uključiti sve fizičke i pravne osobe (privatni šumovlasnici, jedinice lokalne uprave i samouprave, nadležna ministarstva i institucije) kojima je u interesu da sudjeluju pri donošenju određenih odluka u šumarstvu (u ovom slučaju u odabiru trasa budućih ŠP). Naime, »glas javnosti« se u zapadnoeuropskim zemljama sve više uzima u obzir. Javnost se uključuje, kada je o ŠP riječ, u postupak planiranja, ali ravnopravno sudjeluje i u raspodjeli troškova njihove izgradnje i održavanja (popravaka).

### 4.2.3 Projektiranje ŠC – preporučene mjere i postupci

Ako se želi unaprijediti projektiranje ŠC, potrebne su ove aktivnosti:

- ⇒ Nužno je u što skorije vrijeme izraditi nove *Tehničke uvjete za šumske prometnice* u okviru kojih treba definirati osnovne sastavnice sadržaja glavnoga projekta ŠC s detaljnom razradom svakoga potpriloga poradi postizanja jednolikosti i ujednačene kakvoće izrađenih projekata.
- ⇒ Prioritet je i izrada *Priručnika za projektiranje šumskih cesta* u kojem bi se, na jednom mjestu, mogli pronaći odgovori na veliku većinu pitanja koja se tijekom postupka projektiranja (i u terenskoj i u uredskoj fazi) javljaju.



- ⇒ Pri Šumarskoj komori treba provesti imenovanje voditelja stručnih smjerova, među ostalim, i stručnoga smjera *Šumske prometnice i šumarsko graditeljstvo*, koji će koordinirati, osmišljavati i provoditi aktivnosti unutar Šumarske komore, a na razini stručnih smjerova. Jedan je od važnijih zadataka organizacija cjeloživotnoga obrazovanja.
- ⇒ Treba dizajnirati novi računalni program za projektiranje ŠC koji bi bio specijaliziran isključivo za ŠC (postojeći program CESTA prvotno je namijenjen projektiranju javnih cesta, a zatim prilagođen za projektiranje ŠC).
- ⇒ Potrebno je ustrojiti stručno, kvalificirano povjerenstvo za reviziju izrađenih projekata ŠC, čime bi se prije ulaska u posao izgradnje osigurala vjerodostojnost i kakvoća tehničke dokumentacije. U povjerenstvo, uz šumarske stručnjake, treba uključiti stručnjake za gospodarenje prostorom te građevinske stručnjake.
- ⇒ Treba razmisliti o izradi glavnih projekata TP jer su oni, kao i ŠC, građevinski objekt trajnoga karaktera u šumi. Već se više puta pokazalo kako je bolje kad kao šumarska struka sami sebi postavljamo određena pravila nego kada nam to čine drugi (pa makar u početku djeluje nerazumno sam sebi određivati pravila, to je dugoročno puno bolja i manje bolna inačica).

#### 4.2.4 Izgradnja ŠC i TP te nadzor gradnje – preporučene mjere i postupci

Kao preporučene mjere i postupke poboljšanja postojeće situacije u svezi s izgradnjom ŠC i TP te nadzora gradnje navodi se sljedeće:

- ⇒ Preko *Šumarske komore*, a unutar stručnoga smjera *Šumske prometnice i šumarsko graditeljstvo* treba započeti s postupkom licenciranja radova i izvoditelja radova povezanih sa šumskim prometnicama. Također je nužno ustrojiti registar privatnih poduzetnika s licencijama za obavljanje predmetnih radova (te licenciranim strojevima i opremom) sastavni dio kojega bi bile i godišnje ocjene kakvoće i pouzdanosti pojedinoga poduzetnika (koje bi uz ostale kriterije odabira najpovoljnijega ponuđača na javnim natječajima također trebale imati određenu težinu).
- ⇒ Izvođači se radova izgradnje, održavanja i popravaka šumskih prometnica trebaju organizirati i ustrojiti svoje strukovno udruženje koje će štititi njihove interese i osigurati korektno tržišno nadmetanje.

- ⇒ Inzistiranje nadzornoga inženjera na provedbi obnove građevinskoga iskolčenja osi trase šumske ceste te obilježbe svih poprečnih profila na terenu prije uvođenja izvoditelja radova u posao.
- ⇒ Stalna prisutnost voditelja gradilišta, kojega imenuje izvoditelj radova, na gradilištu (u slučaju izostanka voditelja gradilišta nadzorni inženjer treba obustaviti radove izgradnje).
- ⇒ Stalna prisutnost nadzornoga inženjera na gradilištu uz kontrolu radova i usporedbu s glavnim projektom te praćenje *Građevinske knjige* i *Građevinskoga dnevnika*. Preporučuje se projektantski nadzor.

#### 4.2.5 Održavanje ŠC – preporučene mjere i postupci

Trebalo bi, radi unapređivanja radova na održavanju ŠC, uzeti u obzir navedene mjere i postupke:

- ⇒ U okviru je *Tehničkih uvjeta za šumske prometnice*, u poglavlju *Održavanje ŠC*, nužno definirati obujam radova stalnoga održavanja te učestalost i intenzitet radova periodičnoga održavanja ŠC sukladno novoj kategorizaciji ŠC.
- ⇒ Razvijanje metodologije prikupljanja uzoraka na razini gospodarske jedinice kojima će se brzo i dovoljno točno dobiti uvid u stanje kakvoće postojeće mreže ŠC. Osim kategorije ŠC njihovo sadašnje stanje mora biti ulazni parametar pri određivanju potrebnih radova na održavanju.
- ⇒ U *Studiji primarnoga otvaranja šuma* treba napraviti godišnje planove održavanja mreže ŠC u pojedinoj gospodarskoj jedinici.
- ⇒ Izrada elaborata održavanja pojedine ŠC poglavito onih koje zahtijevaju veće intervencije.

### 5. Rasprava i zaključna razmatranja

Uspostavljanje katastra primarne šumske prometne infrastrukture na razini HŠ velik je doprinos modernom, integriranom gospodarenju šumama u Hrvatskoj. Njegovo redovito ažuriranje uz mogućnost uvida u trenutno stanje (*up to date*) osigurat će još uspješnije planiranje svih radova u šumarstvu uz poseban naglasak na otvaranje šuma i pridobivanje drva. Budući katastar sekundarnih šumskih prometnica, za koji je definirana metodologija izrade, bit će još jedan iskorak u kvaliteti upravljanja šumskim resursima.

Raščlani li se postojeća primarna otvorenost šuma kojima u Republici Hrvatskoj gospodari poduzeće HŠ preko UŠP, uočavaju se velike razlike. Te su razlike, osim različitih stanišnih i sastojinskih prili-

ka, uvjetovane i drugačijim pristupom primarnom otvaranju šuma različitim tehnikama i postupcima pridobivanja drva (ali i u prošlosti nejednakim financijskim mogućnostima investiranja u primarnu šumsku prometnu infrastrukturu).

Većina se UŠP ne može svrstati u samo jedno reljefno područje (nizinsko, prigrorsko-brdsko, gorsko ili krško); one su najčešće kombinacija dvaju ili više reljefnih područja, pa bi i primarnu otvorenost unutar pojedine UŠP trebalo zasebno iskazati za svako reljefno područje posebno. Iz navedenih razloga nije uputno ni uspoređivati postojeću i planiranu primarnu otvorenost, osim ako se ne radi o homogenim UŠP u kojima je samo jedan oblik reljefa (ili je zastupljen na velikoj većini površine).

Jedan od kriterija procjene optimalnosti postojeće mreže ŠP te planiranja daljnega otvaranja šuma jest i tehničko-tehnološki kriterij (Pentek i dr. 2004a). Potrebno je izraditi operativnu klasifikaciju terena na razini Hrvatske koja će odgovoriti na pitanje koje su tehnike i postupci pridobivanja drva optimalni u određenim terenskim i sastojinskim uvjetima pa temeljem operativne klasifikacije terena optimizirati mrežu ŠP.

Analiza bi se postojeće primarne otvorenosti trebala iskazivati na razini pojedine gospodarske jedinice uz obvezan prikaz vrijednosti srednje udaljenosti privlačenja. Još je bolje, umjesto klasične primarne otvorenosti, odrediti relativnu primarnu otvorenost (prikazuje omjer otvorene i neotvorene šumske površine za ciljanu srednju udaljenost privlačenja drva u postocima) koja je pokazatelj kvalitete prostornoga razmještaja ŠC.

Od osnivanja JP »Hrvatske šume« (danas »Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb) značajna se financijska sredstva ulažu u izgradnju i održavanje ŠC te izgradnju TP. Prosječno je od 2004. do 2006. godine u niskogradnju uloženo 134 000 000 kn svake godine (oko 6 % ukupnoga prihoda HŠ). Najviše se radova na niskogradnji, gledano po UŠP, obavilo u UŠP Gospić, što je i razumljivo; ova UŠP ima slabu primarnu i sekundarnu otvorenost, a većinom se nalazi na zahtjevnim terenima sa stajališta otvaranja šuma i pridobivanja drva.

Prema planu izgradnje ŠC u razdoblju 2006 – 2015. godišnje se planira izgraditi oko 300 km novih ŠC (donji i gornji stroj) uz planirani godišnji trošak gradnje oko 54 000 000 kn (izračunat temeljem planske cijene). U razdoblju 2004 – 2006. u izvedbu je donjega i gornjega stroja ŠC uloženo prosječno 75 000 000 kn godišnje, a izvedena su prosječno 272 km donjega stroja i 319 km gornjega stroja ŠC godišnje. Razlika u cijeni uz približno jednaku količinu novih ŠC godišnje upućuje na preniske planske cijene u odnosu na ostvarene troškove gradnje.

Realno je očekivati veće godišnje troškove izgradnje ŠC od planiranih. Raščlamba plana otvorenosti 2015. godine upućuje na potrebu većega obujma gradnje ŠC nego što je planirano.

Današnja kakvoća postupaka planiranja ŠP, projektiranja ŠC, izgradnje i nadzora gradnje ŠC i TP te održavanja ŠC na puno je višoj razini nego što je bila početkom devedesetih godina. Ipak su, detaljnom raščlambom svake od spomenutih faza uspostave optimalne šumske prometne infrastrukture na terenu, uočeni određeni problemi, nedostaci, manjkavosti i nepravilnosti. Nastojali smo ih prepoznati, izdvojiti i opisati te predložiti učinkovito djelovanje usmjereno ka njihovom otklanjanju, a sve radi racionalizacije troškova otvaranja šuma, poboljšanja kakvoće mreže primarne šumske prometne infrastrukture, smanjenja troškova pridobivanja drva te boljega ukupnoga gospodarenja šumskim ekosustavom.

Osnovni, u prvom redu zakonski i organizacijski preduvjeti koji su u ranijim raspravama o poboljšanju postupka otvaranja šuma određeni kao ključni, ostvareni su. Tu mislimo na osnivanje Hrvatske komore inženjera šumarstva i drvne tehnologije i unutar nje zasebnoga stručnoga smjera *Šumske prometnice i šumarsko graditeljstvo*. Time su stvoreni okviri u kojima se treba zalagati za pozicioniranje ovoga segmenta šumarstva unutar šumarske struke, a i izvan nje. Postavljeni su temelji koji pružaju dobre mogućnosti razvoja, ali treba biti svjestan kako će konačan rezultat ovisiti ponajviše o nama samima.

## 6. Literatura

- Akre, B., 1996: Forest road construction policies, guidelines and codes of practice. Proceedings of the »Seminar on Environmentally sound forest roads and wood transport«, Sinaia (Romania), June 17–22, 1996, str. 153–173.
- Anon., 1995: Prijedlog izgradnje protupožarnih prometnica na području krša od 1995. do 1999. godine. J.P. »Hrvatske šume«, Zagreb, 1–5.
- Anon., 1997a: Izvješće o problematici gradnje i održavanja šumskih i protupožarnih prometnica i stanju otvorenosti šuma. J.P. »Hrvatske šume«, Zagreb, str. 1–11.
- Anon., 1997b: Prijedlog metodologije izrade katastra šumskih i protupožarnih prometnica na području J.P. »Hrvatske šume«, Zagreb, str. 1–14.
- Anon., 2002: Forest Road Engineering Guidebook, British Columbia, Ministry of Forests, str. 1–208.
- Cornell, J., K. Mills, 2000: Forest Road Management Guidebook. Oregon Department of Forestry, str. 1–32.
- FAO, 1998: A Manual for the planning, design and construction of forest roads in steep terrain, str. 1–188.
- Pentek, T., 1998: Šumske protupožarne ceste kao posebna kategorija šumskih cesta i čimbenici koji utječu na njihov

razmještaj u prostoru. Glasnik za šumske pokuse, 35: 93–141.

Pentek, T., D. Pičman, A. P. B. Krpan, T. Poršinsky, 2003: Inventory of primary and secondary forest communications by the use of GPS in Croatian mountainous forest. Proceedings of International workshop Austro 2003 – High Tech Forest Operations for Mountainous Terrain, October 5–9, 2003, Schlägl, Austria, University of Natural Resources and Applied Life Sciences Viena, CD-ROM, str. 1–12.

Pentek, T., D. Pičman, T. Poršinsky, 2004a: Planning of forest roads in Croatian mountainous forest by the use of modern technologies. International scientific conference on Forest engineering: new techniques, technologies and the environment, Lviv, Ukraine, October 5–10, 2004, Proceeding, str. 380–389.

Pentek, T., D. Pičman, H. Nevečerel, 2004b: Environmental – ecological component of forest road planning and designing. International scientific conference on Forest constructions and ameliorations in relation to the natural en-

vironment, Technical University in Zvolen, Slovakia, September 16–17, 2004, Proceeding CD, str. 94–102.

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

Pentek, T., D. Pičman, H. Nevečerel, 2006: Planning, designing, construction and maintenance of forest roads in Croatia – problems and recommendations. Proceedings of International Science Conference »Present and Future of Forest Opening-Up and Hydrology«, September 21–22, 2006, Sopron, Hungary, str. 92–103.

Šikić, D., i dr., 1989: Tehnički uvjeti za gospodarske ceste. Znanstveni savjet za promet JAZU, Zagreb, str. 1–40.

Sever, S., S. Šunjić, 1996: Forest opening issues in Croatia. Proceedings of the »Seminar on Environmentally sound forest roads and wood transport«, Sinaia (Romania), June 17–22, 1996, str. 252–260.

---

Adresa autorâ:

Tibor Pentek

e-mail: pentek@sumfak.hr

Hrvoje Nevečerel

e-mail: hnevecerel@sumfak.hr

Dragutin Pičman

e-mail: picman@sumfak.hr

Tomislav Poršinsky

e-mail: porsinsky@sumfak.hr

Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Zavod za šumarske tehnike i tehnologije

Svetošimunska 25

HR-10 000 Zagreb

HRVATSKA





# Suvremeni razvoj šumskih prometnica u Sloveniji

Robert Robek, Jaka Klun

## Nacrtak

*Nakon desetljeća nazadovanja u šumarskom inženjerstvu od 2000. godine znatno je povećana izgradnja traktorskih putova i oživljena izgradnja cesta u državnim šumama. U ovom se radu opisuju novosti i trendovi u izgradnji šumske prometne infrastrukture u Sloveniji. Poboljšani postupci za operativno planiranje cesta i integracija šumske prometne infrastrukture u odgovarajuće nacionalne zakone predstavljaju glavna profesionalna ostvarenja. Najveće su prepreke, povezane s projektima šumske infrastrukture, nepostojanje kapitala, kratkoročna orijentacija i slaba suradnja privatnih šumovlasnika. U budućnosti će se morati primijeniti racionalniji tehnički postupci te uskladiti zakonski propisi s financijskim mjerama kako bi se potaknuli šumovlasnici na bolju suradnju, dugoročno orijentirana ulaganja i složena tehnološka rješenja.*

*Ključne riječi: šumarsko inženjerstvo, zakonodavstvo, šumske ceste, Slovenija, prometnice*

## 1. Uvod

Šumska je prometna infrastruktura sredstvo ostvarivanja ciljeva višefunkcionalnoga gospodarenja šumama. Slovensko društvo i šumarska struka odlučili su povećati proizvodnju i uporabu drva kao domaći obnovljivi prirodni izvor. Međutim, ti se ciljevi neće ostvariti bez izgradnje novih i rekonstrukcije postojećih šumskih prometnica.

Uspostavljanje mreže šumskih prometnica, kao jedna od tradicionalnih šumskih aktivnosti u Sloveniji, obuhvaća planiranje, projektiranje, izgradnju i održavanje šumskih cesta, traktorskih putova i protupožarnih šumskih prometnica. Iako je posljednjih 15 godina u Sloveniji došlo do značajnih socijalnih, gospodarskih i tehnoloških promjena, one su bile nepovoljne u odnosu prema šumskom inženjerstvu. Unatoč tomu uvedene su brojne uspješne i neuspješne novosti. Ovaj članak prikazuje:

- ⇒ izgradnju šumske prometne infrastrukture u Sloveniji nakon 1970. godine
- ⇒ sadašnje stanje u izgradnji šumskih cesta u Sloveniji
- ⇒ potkrijepljene preporuke za razvoj šumskoga inženjerstva.

## 2. Metode rada

Tijekom našega ispitivanja završenih projekata izgradnje u obzir su uzeta dvogodišnja istraživanja o

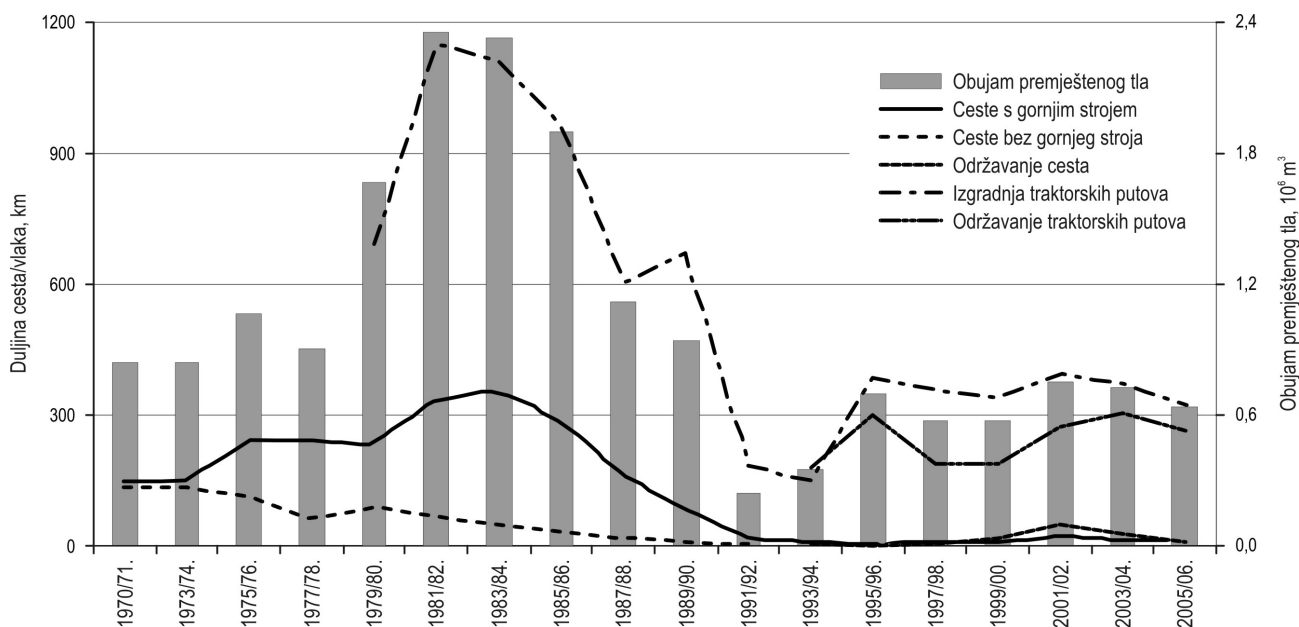
stanju strojeva i djelotvornosti u pridobivanju drva za razdoblje 1970 – 1992. te izvješće Slovenske šumarske agencije o šumama za razdoblje poslije 1992. godine. Izvori podataka za planirane radove izgradnje bili su planovi gospodarenja šumama područja za razdoblje 2001 – 2010. Financijski aspekt sadašnjih projekata investiranja u izgradnju šumskih cesta analiziran je na primjeru šumskoga gospodarstva Tolmin d.d. u razdoblju 1999 – 2005. Razvoj, uvođenje i procjena novosti u izgradnji šumskih cesta primijenjen je tijekom nadzora četiriju praktičnih slučajeva izgradnje šumske prometne infrastrukture od njezina samoga koncepta do njezina korištenja. Za slučajeve ispitivanja šumsko je gospodarstvo Tolmin također pripremio projektnu dokumentaciju.

## 3. Rezultati

### 3.1 Dosadašnja i očekivana (buduća) dinamika izgradnje šumskih prometnica

Godine 1970. u Sloveniji su registrirana 5064 km šumskih cesta u državnim šumama i šumama u privatnom vlasništvu (Remic 1971). Godišnja je dinamika izgradnje nakon 1970. prikazana na slici 1.

U razdoblju 1971 – 1980. u Sloveniji su izgrađene mnoge ceste bez gornjega stroja i javne ceste koje su omogućile pristup farmama i selima u šumskim područjima. Izgradnja cesta i traktorskih putova dosegla



Slika 1. Prosječne godišnje količine radova na izgradnji i rekonstrukciji šumskih prometnica

je vrhunac u razdoblju 1982 – 1984, kada je godišnje građeno više od 300 km šumskih cesta. Početkom 90-ih godina 20. stoljeća prestalo je financiranje izgradnje cesta, što je uzrokovalo znatnu degradaciju šumskoga inženjerstva. Zbog lošega stanja postojeće šumske prometne infrastrukture ustrojen je financijski sustav za održavanje šumskih cesta. Tijekom 2000. godine Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i prehrane objavilo je prvi natječaj za sufinanciranje projektiranja i izgradnje šumskih cesta u vrijednosti 200 000 €, a Slovenski fond za poljoprivredno i šumsko zemljište investirao je 625 000 € za izgradnju novih šumskih cesta. Posljednje dvije godine zabilježeno je nešto veće zanimanje privatnih šumovlasnika (organiziranih unutar udruženja) za izgradnju šumskih cesta i traktorskih putova. Godine 2006. cjelokupni je iznos državnih subvencija za ceste uložen u otvaranje privatnih šumoposjeda, 2004. bilo je 4335 km šumskih cesta u državnim i 8348 km u drugim šumama (ZGS 2005), a 2001. prosječna otvorenost slovenskih šuma cestama iznosila je do 20,9 m/ha (ZGS 2005). Zbog uspostavljanja infrastrukture nastala su znatna oštećenja tla i premještanja tla (slika 1).

Mreža šumskih cesta u Sloveniji nije optimalna. Ubrzano trošenje šumskih cesta zbog većega prometa i novih načina transporta zahtijeva izvođenje određenih preinaka u postojećim tehničkim elementima. Planirana izgradnja za razdoblje 2001 – 2010. (ZGS 2004) bila je 1077 km ceste i 2923 km traktorskih putova. U razdoblju 2001 – 2005. ukupna duljina novosagrađenih cesta dosegla je 80,9 km te 1846,4 km novosagrađenih traktorskih putova. U prvih pet go-

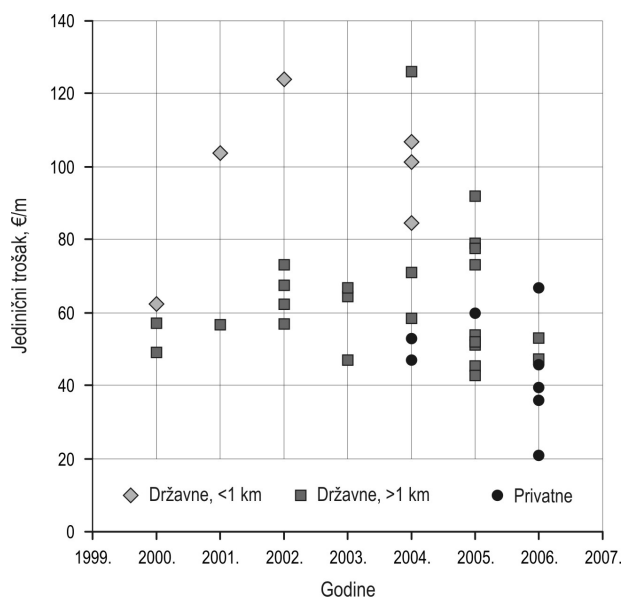
dina primjene regionalnih planova planirani doseg sagrađenih traktorskih putova dosegao je 63 %, dok je planirani opseg sagrađenih cesta dosegao 7,5 %.

### 3.2 Značajke projekata šumskih cesta u razdoblju 2000 – 2006.

Prema europskoj klasifikaciji građevinskih struktura (SURS 2006) šumske ceste i putovi klasificirani su kao objekti prometne infrastrukture. U planiranju i izgradnji cesta u obzir se trebaju uzeti primjenjivi zakoni i odredbe koji se odnose na šumarstvo, zaštitu okoliša, prostorno planiranje, rad, investiranje i izgradnju. Izravni sudionici u izgradnji cesta su investitor, projektant, izvođač radova i nadzornik. Investitor donosi sve glavne odluke, koordinira aktivnostima i dodjeljuje različite odgovornosti. Izgradnja se odvija u pet faza: specifikacija inicijativa, odabir optimalne varijante, primjena plana, primjena same izgradnje, detaljno izvješće o radovima te dobivanje uporabne dozvole. U primjeni investicijskoga projekta ima nekoliko prepreka od kojih je najveća financijske prirode.

Analizom 43 projekta ukupna vrijednost investiranja u državne šume iznosila je gotovo 4 milijuna eura za razdoblje 2000 – 2006. Prosječna vrijednost izgradnje (izračunata za 2006. godinu) pri izgradnji cesta za analizirane projekte u državnim i privatnim sektorima iznosila je 65 €/m (slika 2).

Detaljnijom analizom troškova koji su nastali u izgradnji šumske prometne infrastrukture u okviru 13 projekata pokazalo se da su prosječni troškovi



Slika 2. Neposredni troškovi izgradnje šumskih cesta

projektne dokumentacije za dostupne projekte šumskih cesta jednostavnijih i manje zahtjevnih građevinskih objekata iznosili 3,2 €/m (bez PDV-a).

Tijekom izgradnje više šumskih cesta dužih od 2 km te traktorskih putova dužih od 1 km investitor mora osigurati stručni nadzor planirane izgradnje. Troškovi takva nadzora iznose 1,5 – 2,5 % neto vrijednosti radova izgradnje. Privatni investitori uglavnom sami nadziru izgradnju ili nadzor povjeravaju korporativnim tijelima koja ne ispunjavaju uvjete povezane s tim tipom aktivnosti.

Posljednjih godina navedeni uobičajeni troškovi izgradnje šumskih cesta imali su dodatne troškove ovisno o tipu projekta i prikazat će se dalje u tekstu.

### 3.3 Novosti i trendovi pri gradnji šumskih prometnica u Republici Sloveniji

#### 3.3.1 Zakonska regulativa

Zakonska je osnova za izgradnju šumskih cesta Zakon o gradnji objekata (2002) i srodni pravilnici, posebice direktive u svezi s različitim zahtjevnim, manje zahtjevnim i jednostavnim objektima te uvjeta za njihovu izgradnju (2004). Zakonska regulativa propisuje detalje koji se tiču dopuštenih posebnih značajki šumske prometne infrastrukture, dok preostala zakonska regulativa utvrđuje uvjete za njihovu izgradnju. Registar relevantne zakonske regulative za tehničku izgradnju uključuje preko 100 jedinica (MOP 2006), ali popis ne uključuje ekonomske, porezne, radne, sigurnosne ili šumarske odredbe. Međutim, takva zakonska regulativa nije prikladna sa šumarskoga gledišta jer:

- ⇒ izjednačuje pravne uvjete za izgradnju na šumskim površinama s izgradnjom na urbanim površinama
- ⇒ sprječava afirmaciju javnoga interesa u izgradnji šumske prometne infrastrukture unutar malih posjeda (ravnodušni, nedostupni vlasnici)
- ⇒ ozbiljno ograničava autonomiju šumarstva u izgradnji traktorskih putova, posebice u zaštićenim područjima
- ⇒ utvrđuje različite porezne stope u izgradnji i održavanju šumske prometne infrastrukture
- ⇒ opterećuje izgradnju s različitim zadacima koji neproporcionalno povećavaju cijenu ulaganja
- ⇒ isključuje javni sektor iz poduzetničkih aktivnosti planiranja i nadzora izgradnje.

Glavno ostvarivanje u sferi zakonske regulative izgradnje jest prihvaćanje pravila za šumsku prometnu infrastrukturu (2004) koje uvodi plan nulte linije, navodi minimalne tehničke uvjete i kategorizaciju šumskih prometnica te regulira njihovo planiranje, projektiranje, izgradnju i uporabu. Osim brojnih dobrih rješenja skup tih odredaba bavi se prilično neadekvatno statusom rekonstrukcije i poboljšanjima te nejasno regulira izgradnju i popravak traktorskih putova.

#### 3.3.2 Razvoj planiranja

Danas Slovenska šumarska agencija (ZGS) potpuno provodi planiranje otvaranja šuma, koje je podijeljeno na generalno i operativno. Generalno se planiranje odvija u okviru planiranja gospodarenja šumama na razini gospodarske jedinice, dok se operativno planiranje bavi područjem koje se otvara planiranim prometnim putem na zahtjev investitora, prije izrade projektne dokumentacije.

Osnovni proizvod operativnoga planiranja šumskoga otvaranja jest plan nulte linije koji priprema Slovenska šumarska agencija od 2005. i određuje dopušteni tip prometnice i njezin osnovni položaj. Raščlambe planova nulte linije za ispitivane slučajeve pokazale su:

- ⇒ da je vrijeme za razradu plana nulte linije proporcionalno veličini područja i broju inačica
- ⇒ da kakvoća plana jako ovisi o dostupnim podlogama
- ⇒ da je glavni izvor troškova plana stručno osoblje na terenu
- ⇒ da plan neadekvatno prikazuje mrežu traktorskih putova i procjenjuje udaljenosti privlačenja.

Jedno je od otvorenih pitanja planiranja šumskoga otvaranja odabir pravih pokazatelja, posebice optimalna gustoća cesta. Prema praktičnim iskustvima optimalna gustoća cesta nije pouzdan parametar

za poboljšanje pristupa izoliranim udaljenim područjima. Glavna je buduća prijetnja u svezi s planiranjem prometnica ignoriranje profesionalnih šumara u budućoj zakonskoj regulativi izgradnje.

### 3.3.3 Projektiranje

Projektiranje je ekonomska disciplina pripreme projekta i tehničke dokumentacije i predstavljanje investitora u različitim fazama izgradnje. U izradi šumske prometne infrastrukture razlikuju se tri razine složenosti dokumentacije: za manje zahtjevne objekte građevinarstva (tip A), za jednostavne objekte bez šumskoga odobrenja (tip B) te za jednostavne objekte (tip C). Složenost projektne dokumentacije ovisi o tehničkim elementima, stupnju interakcija planiranoga projekta i zaštićenih područja, te broja šumovlasnika i investitora.

Prije izgradnje svake šumske prometnice treba se osigurati dostupnost zemljišta koje pokriva područje buduće ceste te područje utjecaja cijeloga projekta, uključujući područje koje izlazi iz minimalnih udaljenosti od graničnih posjeda. Ako investitor ima pravo vlasništva nad cijelom površinom zemljišta u području utjecaja planirane gradnje na svom raspolaganju, projektnoj dokumentaciji trebaju se priložiti ovjereni izvaci iz zemljišnih knjiga, dok, ako je područje utjecaja ceste viševlasničko, investitor mora dobiti pravo izgradnje sa suinvestitorom ili ugovorom o korištenju zemljišta s korisnicima zemljišta. Utvrđuje se individualno financijsko sudjelovanje u jednostavnim slučajevima, s metodom pregovora, proporcionalnim troškovima ili koristima ili s njihovim kombinacijama u složenim situacijama. Osim financijske strukture najteže pitanje u projektu izgradnje jest pitanje posredovanja između zemljoposjednika i različitih interesnih skupina. Viševlasnički cestovni projekti implicitno zahtijevaju *spiritus agens* – osobu koja vodi projekt na vlastitu inicijativu preko svih prepreka. Najčešće je to zainteresirani šumovlasnik, tek iznimno lokalni šumar ili projektant.

Za tip A projekata šumskih cesta potrebno je dobiti geodetski plan za projektnu dokumentaciju za samo konceptualno rješenje, dok je za ostale potrebno dobiti točan grafički prikaz projekta s obzirom na granično zemljište, za što se sve više koristi DGPS. Cijena tih usluga kreće se između 800 i 1500 € neto za trase duge 2000 – 5000 m.

Za sve projekte šumskih cesta već u fazi projektiranja treba imenovati licenciranoga koordinatara za sigurnost i zaštitu na radu, čija će uloga biti da pripremi ili revidira plan sigurnosti. Jako je praktično ako je imenovani koordinatorka u fazi projektiranja također i koordinatorka u fazi stvarne primjene radova. Projektant ili graditelj odgovoran je za imenovanje koordinatorka. Cijena tih usluga kreće se između 150 i 400 € po individualnom projektu.

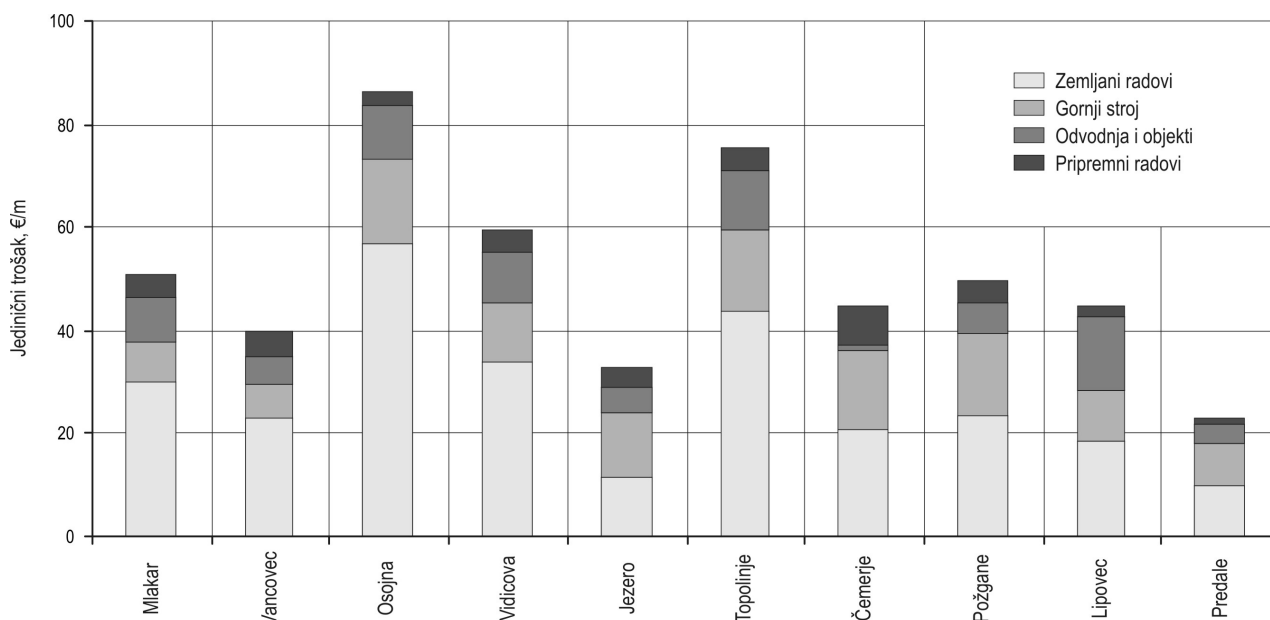
Od početne ideje do početka zakonske gradnje, prema nekim grubim procjenama, treba barem 6 mjeseci za dokumentaciju tipa A, 3 – 4 mjeseca za tip B te barem 2 mjeseca za dokumentaciju tipa C. U pravilu omjer vremena za administrativne poslove iznosi preko 50 % za tip A, 30 – 50 % za tip B te do 30 % za tip C, što vrijedi samo u slučajevima u kojima nema konceptualnih komplikacija i u kojima se pri svim postupcima pridržava utvrđenih vremenskih ograničenja, što je uglavnom više iznimka nego pravilo. Sva kašnjenja i nepotrebni troškovi u pripremi projektne dokumentacije mogu se najbolje izbjeći u tzv. fazi pristupa, gdje se postupno razvijaju zaključne sastavnice projektne dokumentacije. Tržište usluga projektiranja gradnje šumskih cesta slabo je razvijeno.

### 3.3.4 Izgradnja

Postupak izgradnje započinje odabirom najpovoljnijega izvođača radova. Ako se radi o realizaciji projekta u državnim šumama, raspisuje se javni natječaj. U koncesijskim šumama grade koncesionari prema cijenama predviđenima projektom dokumentacijom. I privatni investitori pokušavaju uštedjeti novac u fazi izgradnje. Cijene usluga izgradnje koje nude privatni graditelji u prosjeku su do 15 % niže za usporedive radove od koncesionara s vlastitim osobljem, no kakvoća je radova izvedenih u državnim šumama veća, zajamčeni krajnji rokovi za radove koje izvode koncesionari su duži, dok su troškovi održavanja za ceste sagrađene u državnim šumama niži. Usporedba strukture troškova glavnih potfaza izgradnje za istraživane trase s dostupnim podacima pokazuje da je oko pola troškova izgradnje nastalo na zemljanim radovima (slika 3). Drugi najveći troškovi odnose se na pripremu kolnika, što uključuje izgradnju jaraka uz cestu i odvoda. Udio troškova objekata jako se razlikuje i ovisi o stvarnom stanju na trasi ceste. Kraće ceste nisu nužno i jeftinije prema dužini jedinice.

Danas je, u prosjeku, cijena izgradnje šumskih cesta realno 30 % veća nego 70-ih i 90 % veća nego 80-ih godina prošloga stoljeća. Povećanje je cijena očekivano s obzirom na to da je prosječno stanje terena na kojem se danas grade ceste puno zahtjevnije nego prije. S druge strane, očekivalo se da će tržište usluga znatno ublažiti povećanje cijena. Međutim, to se uopće nije dogodilo. Razlozi za takvo stanje stvari mogu se djelomice pripisati manjemu opsegu izgradnje i činjenici da prema novoj zakonskoj regulativi graditelji moraju popraviti štete nanesene cijenama u roku zajamčenoga krajnjega roka o vlastitom trošku. U zajamčenom razdoblju taj opseg poslova doseže 3 – 8 % vrijednosti građevinskih radova i uglavnom je uključen u troškove izgradnje. Iako su cijene izgradnje u šumarstvu niže od uspo-





**Slika 3.** Struktura troškova izgradnje nekih projektiranih šumskih cesta

redivih radova u izgradnji javnih cesta, predviđa se da još uvijek ima 10 % manevarskoga prostora u troškovima izgradnje.

Posljednjih deset godina postupci izgradnje šumskih cesta nisu se značajnije mijenjali. Glavnina se radova obavlja bagerima snage preko 100 kW te se praktično više ne minira. Najuočljivija je promjena istodobna prisutnost bagera, buldožera i cestovnih valjaka. Sve se više uzdužno transportira iskopani materijal do 1 km, što predstavlja izravne troškove zaštite okoliša.

Većina je cesta sagrađenih 70-ih i 80-ih godina prošloga stoljeća prolazila kroz manje zahtjevan teren i nisu im trebali posebni objekti. Današnje se neotvorene šume nalaze uglavnom na građevinsko izuzetno teškom terenu, na kojem objekti za potporu, podupiranje, odvodnju i premošćivanje slijede jedan iza drugoga. Iako su tehnički elementi takvih objekata predviđeni u projektnoj dokumentaciji, ne mogu se predvidjeti do zadnjega detalja. Unatoč dobromu pružanju usluga u svezi s građevinskom mehanizacijom ima tek nekoliko vrsnih graditelja u zemlji. Zbog toga je sve veća potreba za nadzornim inženjerima koji mogu osigurati dobru kakvoću izgradnje.

### 3.3.5 Uporabna dozvola i pravila uporabe

Objekti koji su izgrađeni na temelju građevinske dozvole ne mogu se koristiti bez uporabne dozvole. Da bi se ona dobila, potrebno je dobiti odgovarajuću tehničku dokumentaciju (projekt radova napravljen prema izjavi projektanta da je objekt sagrađen u

skladu s projektom za građevinsku dozvolu) te geodetski plan novoga stanja zemljišta. Nadalje, administrativno tijelo koje izdaje uporabnu dozvolu treba obaviti tehnički pregled. Cijena je tehničke dokumentacije od 20 do 35 % vrijednosti projektne dokumentacije. Cijena geodetskoga plana ovisi o dostupnim podlogama. Ako je geodetski plan napravljen za dobivanje projektne dokumentacije, cijena geodetskoga plana novoga stanja zemljišta u geodetskom planu za upis u registar objekata je 800 – 1000 €, inače je njegova cijena dva do tri puta veća.

Za ceste koje su sagrađene za jednostavne i manje zahtjevne objekte, koje želimo uključiti u mrežu šumskih cesta i u sustav njihova održavanja, potrebna je i stručna tehnička inspekcija Slovenske šumarske agencije. Međutim, ta inspekcija ne zamjenjuje tehničku inspekciju koju obavlja administrativno tijelo. Nakon uporabne dozvole slijedi konačna procjena radova, koja tijekom gradnje u prirodnom okolišu obično odstupa od procijenjenih i ugovornih vrijednosti. Dosadni pregovori u procjeni dodatnih radova najbolje se mogu izbjeći sa stalnim vođenjem dnevnika o izgradnji i s nadzorom izgradnje. Troškovi su ovlaštenoga nadzornika obično manji od neutemeljenih zahtjeva graditelja.

Slovenska šumarska agencija predviđa režim korištenja šumske ceste u suradnji sa šumovlasnicima. S obzirom na javno značenje šumskih cesta neugodne su mjere ograničavanja uporabe šumskih cesta njihovo zatvaranje preprekama. Međutim, to se u određenim slučajevima jednostavno ne može izbjeći.

#### 4. Rasprava i preporuke

Devedesetih godina 20. stoljeća slovensko je šumsko inženjerstvo bilo prilično slabo. U to su se vrijeme na stručnim i administrativnim mjestima nalazili ljudi čiji je moto bio da se izgradnjom mreže šumskih prometnica treba pozabaviti što je nježnije i jeftinije moguće. Općenito, to je točno, ali u specifičnim situacijama odluke treba donijeti u skladu s činjenicama koje diktiraju funkcionalne jedinice, drvena zaliha, udaljenost privlačenja i opseg područja utjecaja u višenamjenskom otvaranju šuma. U višenamjenskim šumama s drvnim zalihama od preko 250 m<sup>3</sup>/ha i s prosječnom udaljenošću privlačenja koja premašuje 800 m, cesta je tehnološka nužnost. U šumama visoke kakvoće s bogatijom drvnom zalihom treba graditi šumske ceste ako srednja udaljenost privlačenja iznosi više od 500 m. Ako je riječ o neotvorenim manjim šumskim područjima s niže profitabilnim šumama treba razmisliti o gradnji šumskih cesta bez gornjega stroja – s očekivanim uštedama do 20 % investicije. Načelno u šumama sa srednjom udaljenošću privlačenja ispod 400 m treba graditi traktorske putove ili koristiti šumske žičare.

Usred razdoblja uključenoga u planove područja iz 2001. možemo zaključiti da će oni vjerojatno ostvariti planirane ciljeve izgradnje traktorskih putova, ali sigurno neće biti toliko uspješni u izgradnji šumskih cesta. Situacija je posebice nepovoljna u šumama u privatnom vlasništvu u kojima se praktično uopće ne grade ceste. Razlog je takvu stanju višestruk i tiče se i investitora i same šumarske struke.

Nova društvena stanja dovela su nove investitore i potpuno novo razumijevanje vlasništva. U ovom radu pokazali smo da je država primjer vlasnika koji je postao svjestan potrebe investiranja u šume s relativnom izgradnjom traktorskih putova i cesta. Nasuprot tomu u šumama u privatnom vlasništvu svjedoci smo prevladavajuće izgradnje traktorskih putova bez motiva za dugoročno investiranje i manje posljedice za okoliš. Dok je točno da u našoj zemlji prevladavaju maloposjedi, a privatni vlasnici imaju malo kapitala, očita je prilično niska razina njihove ekološke osviještenosti i spremnosti za financijsko sudjelovanje u različitim infrastrukturnim projektima. Izgradnja je šumskih cesta bez sumnje u javnom interesu, neovisno o vlasništvu. Zato vlasnici opravdano i očekuju da će država sudjelovati u njihovim investicijskim namjerama.

U izgradnji traktorskih putova i cesta sve do 1993. šumarska struka nije uspjela u utvrđivanju sustava gradnje šumarske infrastrukture, ali se uglavnom bavila prilagođavanjem propisanoga okvira građevinarske regulative. Za razliku od održavanja cesta, gdje je stanje sredinom 90-ih godina prošloga sto-

ljeća ustvari pojačalo stvaranje sustava, utvrdili smo praksu:

- ⇒ u kojoj regulativa daje prvenstvo obliku dokumentacije nad njegovim sadržajem
- ⇒ u kojoj je sve teže primijeniti vrlo kvalitetna građevinska rješenja
- ⇒ u kojoj su financijski instrumenti apsolutno premali, nepredvidljivi i nedjelotvorni.

Ako se želi povećati opseg proizvodnje drva u razdoblju 2007 – 2013. i zadržati visoka razina ekološke održivosti, treba nastaviti sa stalnom izgradnjom traktorskih putova i intenzivno poticati izgradnju cesta na mjestima na kojima su zaista potrebne. Tehnička rješenja koja su uvedena u prošlom razdoblju većinom su prikladna, ali nema dovoljno znanja i volje za njihovom primjenom.

U budućnosti treba nastaviti s razvojem tehničkih i administrativnih procedura koje će potaknuti investitore na zajednička, međusobno povezana i dugoročno isplativa ulaganja. Glavni stručni izazovi u izgradnji šumskih prometnih putova u sljedećem su razdoblju:

- ⇒ primjena plana nulte linije kao obveznoga stručnoga proizvoda za sva područja u kojima se trebaju sagraditi nove glavne ceste ili obaviti rekonstrukcije postojećih cesta
- ⇒ poduprijeti i primijeniti instrument koji će omogućiti pravednu afirmaciju javnoga interesa tijekom izgradnje šumskih cesta u višenamjenskim šumama u slučaju nepristupačnoga ili nezainteresiranoga vlasnika
- ⇒ prilagoditi projekt i tehničku dokumentaciju tehničkim zahtjevima i ekološkim posljedicama obavljene izgradnje
- ⇒ racionalizirati primjenu radova na izgradnji na temelju stvarnih troškova koji odražavaju projektna rješenja i stvarna stanja na terenu
- ⇒ povećati količinu financijskih poticaja u svim fazama izgradnje i razlikovati ih prema prioritetima razvoja (udruživanje vlasnika šuma, planinska područja, državni/privatni projekti ...).

Svladavanjem navedenih izazova mnoštvo bi postupaka u izgradnji šumskih cesta postalo transparentnije, izvedivo i privlačnije za potencijalne investitore. Dodavanjem ključnih rješenja postojećemu zakonodavstvu dobio bi se tzv. »sustav izgradnje šumskih prometnica« koji bi obuhvatio i uravnotežio rješenja u području nove izgradnje, rekonstrukcije i održavanja svih izgrađenih šumskih prometnica.

Ustanovljavanje »sustava izgradnje šumskih prometnica« nije stvar jedne institucije, već dugoročni zadatak svih stručnih i administrativnih usluga slovenskoga šumarstva. Kao prvo, rješenja se trebaju

pripremiti te prilagoditi unutar šumarske struke, primijeniti unutar ostalih relevantnih usluga i nadzirati, te se razlike trebaju kritički ocijeniti i prilagoditi novim okolnostima. Sustav izgradnje može se oblikovati ili postupno ili radikalno. Prvi se pristup bavi problemom od jednostavnijega ka složenijemu. Drugi pristup mijenja samo jedan od osnovnih stavaka sadašnjega postupka u ovoj sferi i uzrokuje promjene u većini organizacijskih i financijskih rješenja. Za naše je stanje prikladniji postupni scenarij, iako se ne može potpuno isključiti ni radikalni pristup. Mi ga možemo sami odabrati ili nam ga mogu drugi nametnuti kao rezultat naših pogrešaka ili profesionalne inercije.

## 5. Literatura

Ministrstvo za okolje in prostor (MOP), 2006: URL: <http://www.sigov.si/mop/>

Remic, C., 1971: Stanje mehanizacije v izkorišćanju gozdov SR Slovenije koncem leta 1970. Biotehniška fakulteta, In-

štitut za gozdno in lesno gospodarstvo Slovenije, Poslovno združenje gozdnogospodarskih organizacij, Ljubljana, 26 str.

Statistični urad Republike Slovenije (SURS), 2006: CC\_SI – Enotna klasifikacija vrst objektov. URL: <http://www.stat.si/klasje/tabela.aspx?cvn=2188>

Zakon o graditvi objektov, 2002, Uradni list RS št. 110/02, 97/03-odl. US, 41/04.

Zavod za gozdove Slovenije (ZGS), 2004: Podatki iz območnih načrtov 2001–2010. Zavod za gozdove Slovenije, CD, 2004.

Zavod za gozdove Slovenije (ZGS), 2005: Poročilo Zavoda za gozdove Slovenije o gozdovih za leto 2004. ZGS, Ljubljana, str. 44–53.

Uradni list RS 114-4980/2003: Pravilnik o vrstah zahtevnih, manj zahtevnih in enostavnih objektov, o pogojih za gradnjo enostavnih objektov brez gradbenega dovoljenja in o vrstah del, ki so v zvezi z objekti in pripadajoćimi zemljišći.

Uradni list RS 104/2004: Pravilnik o gozdnih prometnicah.

---

Adresa autorâ:

Robert Robek

e-mail: [robert.robek@gozdis.si](mailto:robert.robek@gozdis.si)

Jaka Klun

e-mail: [jaka.klun@gozdis.si](mailto:jaka.klun@gozdis.si)

Gozdarski inštitut Slovenije

Oddelek za gozdno tehniko in ekonomiko

Većna pot 2

1000 Ljubljana

SLOVENIJA





# Prometno opterećenje šumskih cesta kao kriterij njihove kategorizacije – GIS analiza

Hrvoje Nevečerel, Tibor Pentek, Dragutin Pičman, Igor Stankić

## Nacrtao

*Šumske se ceste mogu kategorizirati temeljem različitih kriterija. U ovom su radu sastavnice primarne šumske prometne infrastrukture razdijeljene prema prometnom opterećenju koje se javlja pri daljinskom prijevozu drva. Istraživanja su provedena u gospodarskoj jedinici Veprinačke šume Šumarije Opatija, Uprave šuma podružnice Buzet. U radu je definirana metodologija provedbe kategorizacije šumskih cesta primjenom analiza pomoću GIS-a, koja bi trebala postati obvezujuća pri otvaranju šuma u Republici Hrvatskoj.*

*Prometno opterećenje kao kriterij kategorizacije šumskih cesta može poslužiti za racionalizaciju troškova izgradnje i održavanja primarne šumske prometne infrastrukture, a daljnja bi istraživanja trebala definirati standarde izgradnje i održavanja svake od kategorija šumskih cesta.*

*Glavne riječi: šumska prometnica, prometno opterećenje, kategorizacija, relativna otvorenost, daljinski transport drva*

## 1. Uvod

Ukupna količina šumskih prometnica, njihov razmještaj u prostoru te njihove propisane tehničke značajke moraju biti dostatne za što uspješnije upravljanje šumskim ekosustavom uz što manja početna i naknadna financijska ulaganja. Izgradnja i održavanje primarne mreže šumske prometne infrastrukture, te izgradnja i popravci sekundarne mreže šumskih prometnica (traktorskih putova) čine značajnu sastavnicu u ukupnoj strukturi troškova povezanih s gospodarenjem šumom.

Cilj je izgraditi prostorno dobro položenu mrežu šumskih prometnica koja će svojim tehničkim značajkama omogućivati obavljanje svih zadataka predviđenih programom gospodarenja određenim šumskim područjem. Pri dosezanju toga cilja također se nastoji postići zadovoljavajuća razina kakvoće uza što manja financijska ulaganja.

Geografski se informacijski sustav (GIS) danas koristi u gotovo svim segmentima društva pa ni šumarstvo nije moglo ostati po strani. Do sada se GIS u području šumarstva vezanom uz šumske prometnice koristio pri planiranju primarne i sekundarne mreže šumskih prometnica, odnosno pri izradi primarnih i sekundarnih studija otvaranja šuma (Pentek 2002).

Temeljna je ideja ovoga rada kako se GIS, u kombinaciji s odgovarajućim računalnim programima,

može vrlo uspješno iskoristiti pri racionalizaciji troškova gradnje i održavanja šumskih prometnica, poglavito šumskih cesta.

Potočnik i dr. (2005a) iznose kako bi se izradom dobrih studija primarnoga otvaranja šuma mogli značajno racionalizirati i kontrolirati troškovi izgradnje i održavanja primarne šumske prometne infrastrukture.

Pentek i dr. (2006) smatraju da se kakvoća izgrađene primarne šumske prometne infrastrukture može u razdoblju amortizacije zadržati samo redovitim zahvatima održavanja čija frekvencija i intenzitet ovise o kategoriji šumske ceste.

Uspostavom se GIS-a istraživana područja, raščlambom sekundarne otvorenosti te simulacijom transporta drvnih sortimenata od sječine do sustava asfaltiranih javnih cesta određuje prometna opterećenost primarne šumske prometne infrastrukture kao podloga za planiranje i racionalizaciju troškova izgradnje i održavanja.

## 2. Problematika istraživanja

### 2.1 Kategorizacija šumskih prometnica

Šikić i dr. su (1989) šumske prometnice, s obzirom na promet koji se njima odvija, podijelili na primarne i sekundarne šumske prometnice.

U primarne šumske prometnice ubrajaju se šumske ceste (ŠC). To su trajni građevinski objekti koji omogućuju stalan promet motornim vozilima radi obavljanja svih zadataka predviđenih programom gospodarenja. Izgrađene su od donjega i gornjega stroja sa svim tehničkim obilježjima ceste te šumi trajno oduzimaju proizvodnu površinu (za širinu planuma, odnosno tijela ceste).

U sekundarne šumske prometnice ubrajaju se traktorski putovi (TP) i traktorske vlake (TV). Sekundarne su šumske prometnice građevinski objekti koji povremeno služe za obavljanje zadataka predviđenih programom gospodarenja. Namijenjene su u prvom redu za traktorsku vuču i izvoženje drva forvarderima.

Šikić i dr. (1989) razlikuju četiri kategorije šumskih cesta s pet širina cestovnoga tijela. Ako se radi o cestama s dva prometna traka, širina šumskih cesta kreće se od 6,0 do 7,5 metara, odnosno ako se radi o cestama s jednim prometnim trakom, širina se kreće od 5,0 do 5,5 metara. Prema istom izvoru, propisane su sljedeće tehničke značajke šumskih prometnica u Republici Hrvatskoj: 1. minimalni radijusi horizontalnih krivina, 2. potrebna proširenja kolnika u krivinama, 3. poprečni nagibi šumske ceste, 4. najveći dopušteni uzdužni nagibi šumskih cesta i 5. najmanji dopušteni radijusi vertikalnih krivina.

S obzirom na učestalost uporabe i s obzirom na potrebu održavanja Pičman i Pentek (1996) šumske ceste dijele na:

- ⇒ primarne šumske ceste, koje se u uporabi nalaze tijekom cijele godine i zahtijevaju redovito održavanje
- ⇒ sekundarne šumske ceste, koje se rabe povremeno, prema potrebi pa im je i održavanje periodično.

Potočnik (1996) navodi da šumske ceste postoje u šumi koja ima višestruke funkcije pa samim tim i šumska cesta postaje višefunkcionalna. Nadalje, on funkcije šumske ceste dijeli na funkcije u šumarstvu i funkcije izvan šumarstva. Vrlo je važno promotriti smjer promjene strukture i intenziteta prometa na šumskim cestama, što zasigurno povećava troškove njihova održavanja, ali i troškove same izvedbe radi zahtjeva veće prometne sigurnosti i tehničke opremljenosti šumskih cesta. Intenzitet nešumarskih funkcija šumske ceste, koji uzrokuje pojavu dodatnih troškova, raznolik je i ovisi o prostornom položaju šumske ceste te o postojećim uvjetima okruženja i njegovoj perspektivi.

Po preporukama FAO-a (FAO 1998) provedena je razredba šumskih prometnica na strmim terenima, i to na:

- ⇒ pristupne šumske ceste
- ⇒ glavne šumske ceste

- ⇒ sekundarne (sporedne) – spojne šumske ceste
- ⇒ šumske ceste za privlačenje (šumske putove i vlake).

Prema kriterijima učestalosti uporabe i važnosti Potočnik i dr. (2005b) šumske ceste razvrstavaju u tri glavna razreda: glavne šumske ceste, sporedne šumske ceste i prilazne šumske ceste, pri čemu su propisane tehničke značajke i standard gradnje podjednaki za sve tri kategorije šumskih cesta, dok se razlika očituje u njihovoj osnovnoj zadaći, frekvenciji i intenzitetu prometa te u konačnici u troškovima radova održavanja u razdoblju amortizacije šumskih cesta.

Prema Potočniku i dr. (2005a) najveći utjecaj na kumulativno prometno opterećenje i frekvenciju prometa, uz pretpostavku stalnosti stanišnih prilika, ima položaj i udaljenost pojedinoga odsječka šumske ceste od javne ceste, mreža sekundarnih šumskih prometnica te položaj okretišta na šumskoj cesti. Nadalje, što su odsječci šumske ceste bliže spoju šumske i javne ceste, to trebaju biti izvedeni s višim standardom gradnje te održavani kvalitetnije i u kraćim razdobljima, zbog čega je i opravdana razredba ne samo šumskih cesta već i odsječaka pojedine šumske ceste.

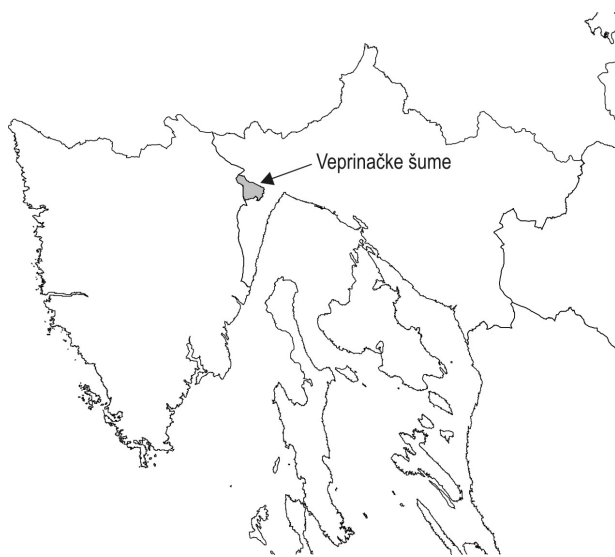
Prvi korak koji je potrebno napraviti prije početka postupka otvaranja određenoga šumskoga područja raščlamba je postojeće mreže kako primarnih tako i sekundarnih šumskih prometnica. Kako bi se proveo postupak raščlambe, potrebno je imati katastar primarnih i sekundarnih šumskih prometnica u digitalnom obliku.

Prema Penteku i dr. (2003) katastar primarnih i sekundarnih šumskih prometnica omogućuje:

- ⇒ točan i detaljan uvid u postojeće resurse određenoga šumskoga područja
- ⇒ raščlambu postojećega stanja primarne i sekundarne otvorenosti šuma
- ⇒ uočavanje eventualnih potreba, nedostataka i manjkavosti šumske prometne infrastrukture
- ⇒ planiranje i kontrolu troškova održavanja šumskih cesta i popravaka traktorskih putova
- ⇒ izradu elaborata gradilišta pri sječi određenih šumskih područja.

### 3. Područje istraživanja

Istraživanja su provedena u prebornim šumama GJ Veprinačke šume Šumarije Opatija, UŠP Buzet. Ukupna je površina gospodarske jedinice 1.950,87 ha, od čega je obraslo 1.899,23 ha, neobraslo proizvodno 43,36 ha, neobraslo neproizvodno 3,12 ha te neplodno 5,16 ha. Gospodarska jedinica Veprinačke šume



**Slika 1.** Položaj GJ Veprinačke šume

(slika 1) dio je planinskoga masiva Ćićarije te se nalazi između  $45^{\circ}20'$  i  $45^{\circ}24'$  sjeverne zemljopisne širine te  $14^{\circ}11'$  i  $14^{\circ}16'$  istočne zemljopisne duljine. Najviša je točka na 1144 m n. v., a najniža na 760 m n. v.

Pri sječi i izradbi drva koristi se poludeblovna metoda izradbe. Drvo se privlači zglobnim traktorima s vitlom. Takav način primarnoga transporta drva zahtijeva dobru sekundarnu otvorenost. Zbog konfiguracije terena i razvijene orografije sekundarne se šumske prometnice moraju graditi. Oblo se drvo prima u sječini.

Osnovne značajke otvaranja šuma i pridobivanja drva su strm i razveden planinski teren, bogatstvo krških reljefnih fenomena, plitka tla, stjenovita podloga i teške građevinske kategorije materijala. Prosječan nagib terena iznosi  $5 - 30^{\circ}$ . Iz navedenih značajki očita je potreba dobre primarne i sekundarne otvorenosti. Etat je ( $81.131,75 \text{ m}^3$ ) vrlo dobre kakvoće, a glavna je gospodarska vrsta bukva.

Primarna otvorenost iznosi  $8,58 \text{ m/ha}$ , odnosno  $16,78 \text{ m/ha}$ , ako u obračun uzmemo staru talijansku javnu cestu s gornjim strojem izgrađenim od tucanika. Sekundarna otvorenost iznosi  $101,94 \text{ m/ha}$ .

## 4. Cilj i metode rada

### 4.1 Cilj rada

Cilj je ovoga rada izračun prometnoga opterećenja svake od sastavnica primarne šumske prometne infrastrukture primjenom analize pomoću GIS-a. Prometno će se opterećenje izračunati za kamionski transport drva. Planirani su ovi radni koraci:

- ⇒ uspostava GIS-a istraživanoga područja
- ⇒ određivanje položaja pomoćnih stovarišta
- ⇒ raščlamba sekundarne otvorenosti GJ Veprinačke šume
- ⇒ utvrđivanje gravitacijskih područja
- ⇒ određivanje prometnoga opterećenja primarne šumske prometne infrastrukture
- ⇒ kategorizacija sastavnica primarne šumske prometne infrastrukture.

## 4.2 Metode rada

### 4.2.1 Snimanje šumskih prometnica GPS uređajem

Šumske su prometnice snimane GPS uređajem Trimble Geoexplorer 3 uz interval snimanja od 5 sekundi. Za šumske je ceste korištena vanjska antena pričvršćena na terenskom vozilu, a traktorski su putovi prohodani.

Primarne i sekundarne šumske prometnice snimljene su tzv. povratnom metodom u vrijeme mirovanja vegetacije, prema prethodno određenom kalendaru.

Dobiveni su podaci preuzeti pomoću programskog paketa GPS Pathfinder Office 2.80. i uvedeni u programski paket ArcView 3.1 te ucrtani na prije pripremljene digitalne zemljovide.

### 4.2.2 Obrada podataka

#### 4.2.2.1 Određivanje otvorenih površina za odabranu duljinu užeta vitla zglobnoga traktora

Duljina užeta vitla zglobnoga traktora, korištenoga u istraživanim sastojinskim i stanišnim uvjetima, iznosi 60 m. Izrađeni se drveni sortimenti, zbog nagiba terena i površinskih prepreka, ne mogu privitlavati s udaljenosti od 60 m s obje strane šumskih prometnica, već »korisna« duljina užeta vitla iznosi 45 m (Nevečerel 2004).

Na zemljovidima u digitalnom obliku s obje su strane primarnih i sekundarnih šumskih prometnica položene omeđene površine širine 45 m. Šumske su površine koje se nalaze unutar omeđenih površina otvorene za odabranu duljinu užeta vitla zglobnoga traktora, odnosno izrađeni se drveni sortimenti unutar omeđenih površina mogu privitlavati bez silaska zglobnoga traktora sa sekundarne šumske prometnice. Vrijedi i obrnuto.

#### 4.2.2.2 Raščlamba sekundarne relativne otvorenosti

Raščlamba se provodi za svaku šumsku prometnicu, za pojedinu kategoriju šumskih prometnica (primarne i sekundarne), za svaki odsjek i konačno za čitavu gospodarsku jedinicu. Pri raščlambi sekun-



**Slika 2.** Određivanje prioriteta kod sekundarnih šumskih prometnica zbog isključivanja »višestruko otvorenih površina«

darne relativne otvorenosti prioritet imaju primarne šumske prometnice idući od onih višega reda ka onima nižega reda. Kod šumskih prometnica istoga reda prioritet se određuje sukladno redoslijedu izgradnje.

Pretpostavimo li homogenu strukturu svih sastojinskih i stanišnih čimbenika unutar odsjeka, tada rezultate raščlambe sekundarne relativne otvorenosti možemo iskoristiti za određivanje etata, propisanoga programom gospodarenja na razini odsjeka, koji gravitira pojedinoj šumskoj prometnici. Etat koji se nalazi izvan omeđenih površina raspoređuje se na šumske prometnice sukladno njihovu udjelu u raspodjeli etata unutar omeđenih površina.

Svaki je spoj sekundarne i primarne šumske prometnice pomoćno stovarište (manjega ili većega kapaciteta). Svaka je primarna šumska prometnica podijeljena na odsječke (segmenti između dvaju pomoćnih stovarišta) kao najmanje dijelove za koje se izračunava prometno opterećenje. Izrađeni se drveni sortimenti, osim na pomoćnim stovarištima, skladište uz rub javnih i šumskih cesta.

## 5. Rezultati istraživanja

### 5.1 Raščlamba sekundarne relativne otvorenosti

Uzevši u obzir ukupno otvorenu površinu u odnosu na ukupnu površinu, dobivena srednja relativna otvorenost gospodarske jedinice Veprinačke šume iznosi 72,34 %, od čega na ceste otpada 14,65 %, a na

traktorske putove/vlake 57,69 %. Neotvoreno se područje proteže na 27,66 % površine gospodarske jedinice.

### 5.2 Određivanje prometnoga opterećenja primarne šumske prometne infrastrukture

Na slici 3 prikazano je ukupno prometno opterećenje javnih cesta s označenim gravitacijskim područjima u stacionaži spoja sa šumskim cestama.

Opterećenje primarne šumske prometne infrastrukture izračunato je za dvije inačice. U prvoj je inačici kao sredstvo daljinskoga transporta drva korišten kamion, dok je u drugoj inačici sredstvo daljinskoga transporta drva kamion s prikolicom (slika 4).

Vrijednosti su neto mase izvezenoga drvnoga obujma izračunate prema izvezenomu etatu svake od cesta na njezinoj početnoj stacionaži, pri čemu je za preračun mase iz obujma korištena prosječna obujamna težina bukve u sirovom stanju od 1,07 t/m<sup>3</sup> (Anon. 1966). Broj je kamionskih tura ( $n$ ) ukupan broj prolazaka odabranoga sredstva daljinskoga transporta drva potreban za izvoženje ukupnoga etata (punoga transportnoga sredstva u odlasku i praznoga transportnoga sredstva u dolasku). Primijenjen je sljedeći izraz:

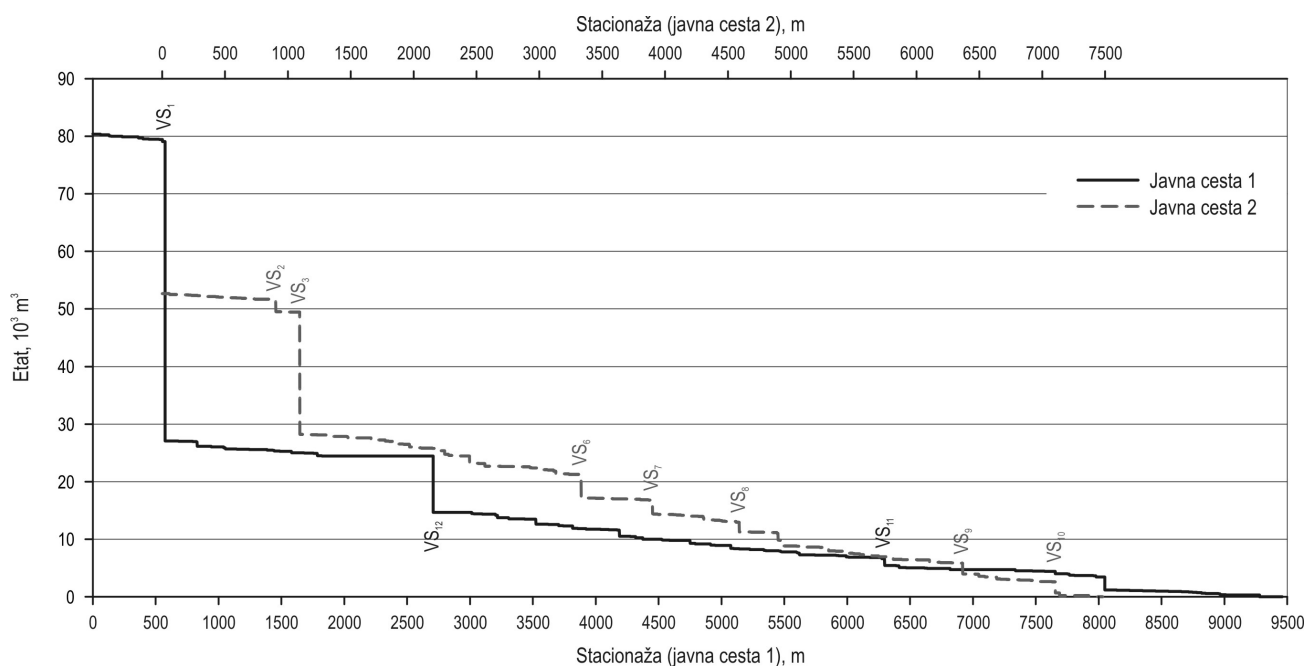
$$n = \frac{m_{\text{net}}}{(m_{\text{max}} - m_{\text{ts}})} \cdot 2 \quad (1)$$

$m_{\text{net}}$  – neto masa, t

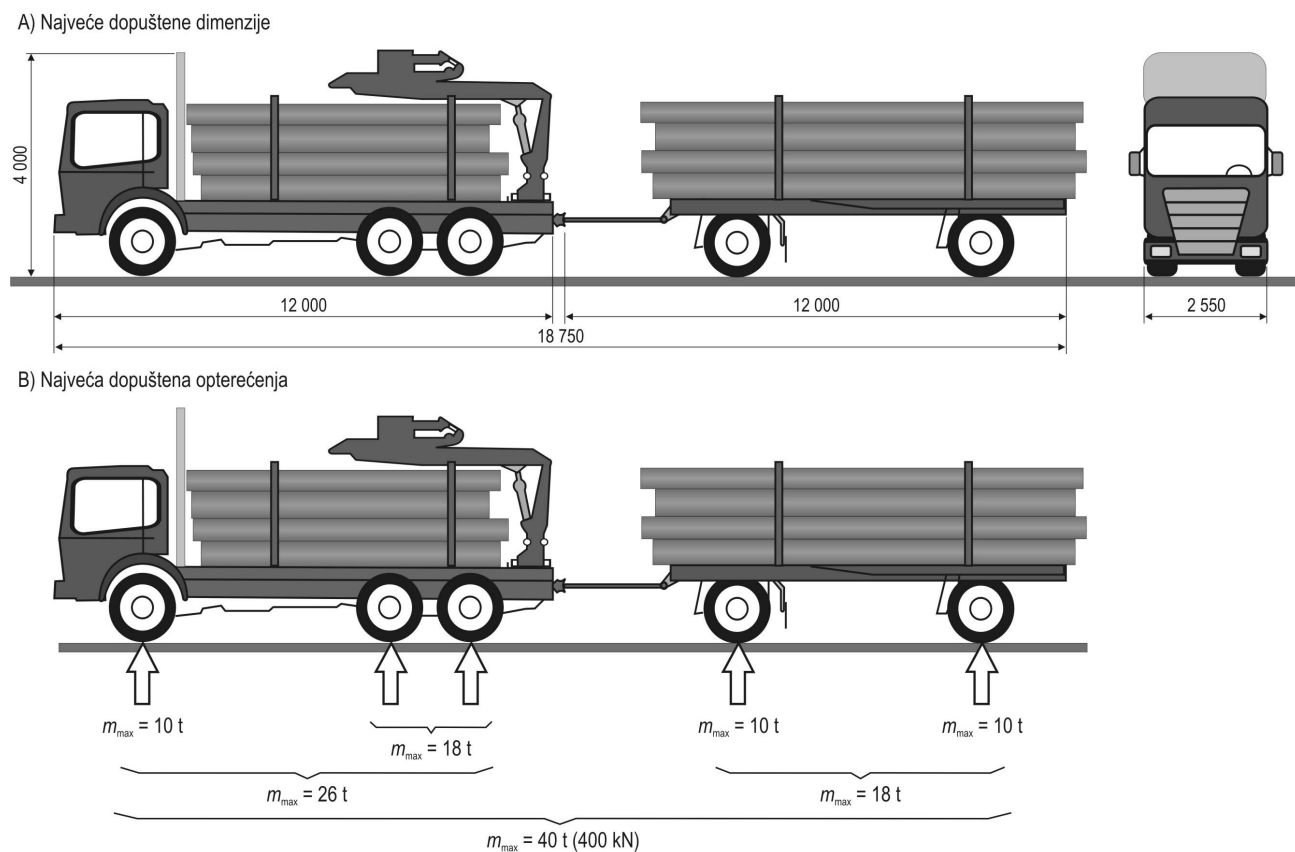
$m_{\text{max}}$  – najveća dopuštena masa, t

$m_{\text{ts}}$  – masa odabranoga sredstva daljinskoga transporta drva, t





Slika 3. Prometno opterećenje javnih cesta



Slika 4. Najveće dopuštene dimenzije i opterećenja kamiona s prikolicom

Tablica 1. Relativna otvorenost i raspodjela etata

Odsjek	Površina	Etat	Otvorenost			Neotvorena područja	Drvo koje gravitira	
			traktorski putovi	javne i šumske ceste	ukupno		traktorskim putovima	javnim i šumskim cestama
	ha	m <sup>3</sup>	%	%	%	%	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
1a	30,56	895,00	59,20	0,00	59,20	40,80	895,00	0,00
2a	64,35	1.521,50	56,62	9,79	66,41	33,59	1.372,52	148,98
3a	40,35	2.237,50	50,69	21,29	71,98	28,02	1.761,22	476,28
4a	30,56	1.190,35	68,76	8,00	76,76	23,24	1.095,17	95,18
5a	13,18	751,80	56,38	21,44	77,82	22,18	590,64	161,16
5b	19,73	67,13	27,62	0,00	27,62	72,38	67,13	0,00
6a	32,57	1.512,55	47,13	37,41	84,54	15,46	946,68	565,87
6b	13,80	0,00	5,42	66,46	71,88	28,12	0,00	0,00
7a	47,58	537,00	9,51	0,26	9,78	90,22	535,58	1,42
7b	13,64	0,00	16,32	4,10	20,42	79,58	0,00	0,00
8a	61,63	2.640,25	39,33	0,53	39,86	60,14	2.626,17	14,08
9a	35,52	1.320,13	70,48	3,89	74,38	25,62	1.268,72	51,40
10a	24,83	895,00	53,30	31,84	85,14	14,86	610,03	284,97
11a	35,73	1.136,65	64,02	17,65	81,67	18,33	936,00	200,65
12a	37,48	1.700,50	63,03	8,75	71,77	28,23	1.551,76	148,74
13a	47,47	1.807,90	58,11	17,88	75,99	24,01	1.484,71	323,19
14a	56,85	2.622,35	57,31	5,91	63,22	36,78	2.467,36	154,99
15a	25,97	1.118,75	63,59	22,99	86,58	13,42	861,54	257,21
16a	38,89	2.022,70	64,82	10,85	75,67	24,33	1.803,19	219,51
17a	54,30	2.452,30	70,86	15,13	85,99	14,01	2.081,28	371,02
18a	26,51	671,25	43,82	27,77	71,60	28,40	484,82	186,43
19a	16,83	554,90	81,53	1,02	82,55	17,45	549,25	5,65
19b	25,82	223,75	22,53	0,00	22,53	77,47	223,75	0,00
20a	46,61	1.342,50	64,77	16,42	81,20	18,80	1.122,01	220,49
20b	3,97	35,80	65,06	0,00	65,06	34,94	35,80	0,00
21a	41,43	1.548,35	65,97	17,71	83,67	16,33	1.274,20	274,15
22a	23,12	1.163,50	66,46	24,61	91,07	8,93	877,20	286,30
23a	27,96	1.163,50	58,26	22,49	80,75	19,25	901,83	261,67
24a	25,57	1.342,50	62,04	26,28	88,32	11,68	989,68	352,82
25a	47,81	895,00	58,02	22,48	80,50	19,50	693,79	201,21
26a	48,48	2.595,50	85,20	7,01	92,21	7,79	2.413,59	181,91
27a	34,21	1.360,40	68,60	23,80	92,41	7,59	1.036,57	323,83
28a	48,26	2.461,25	84,48	10,25	94,74	5,26	2.208,86	252,39
29a	25,58	1.476,75	78,59	13,19	91,77	8,23	1.282,00	194,75
30a	44,99	2.774,50	72,91	16,80	89,70	10,30	2.308,51	465,99
31a	26,84	0,00	19,03	5,08	24,11	75,89	0,00	0,00
32a	36,39	1.378,30	71,38	6,07	77,45	22,55	1.294,63	83,67
33a	28,69	1.432,00	52,40	33,05	85,45	14,55	958,78	473,22
33b	5,76	268,50	16,52	0,00	16,52	83,48	268,50	0,00
34a	46,23	1.745,25	80,62	9,83	90,45	9,55	1.573,65	171,60
35a	28,10	1.118,75	70,94	25,76	96,70	3,30	830,58	288,17
36a	48,31	2.640,25	80,03	10,02	90,05	9,95	2.375,79	264,46
37a	34,65	2.971,40	86,35	9,55	95,90	4,10	2.687,58	283,82

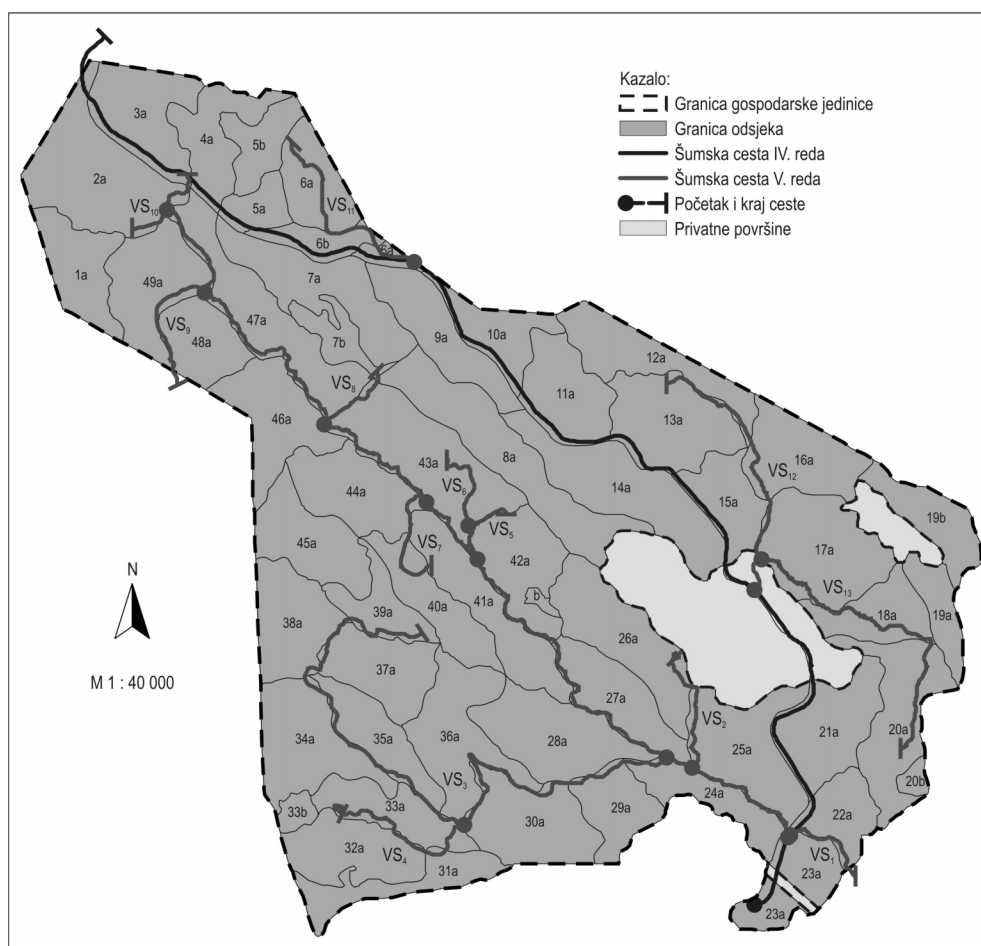
Odsjek	Površina	Etat	Otvorenost			Neotvorena područja	Drvo koje gravitira	
			traktorski putovi	javne i šumske ceste	ukupno		traktorskim putovima	javnim i šumskim cestama
	ha	m <sup>3</sup>	%	%	%	%	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
38a	37,16	1.611,00	11,38	7,22	18,60	81,40	1.494,71	116,29
39a	20,86	1.745,25	61,38	22,62	84,00	16,00	1.350,48	394,77
40a	30,35	1.969,00	74,75	12,86	87,62	12,38	1.715,70	253,30
41a	41,41	1.790,00	73,21	17,82	91,03	8,97	1.471,06	318,94
42a	37,46	1.637,85	74,28	20,27	94,55	5,45	1.305,88	331,97
42b	2,13	0,00	55,93	0,00	55,93	44,07	0,00	0,00
43a	62,41	2.774,50	61,43	32,55	93,98	6,02	1.871,51	902,99
44a	39,36	2.103,25	79,05	9,64	88,69	11,31	1.900,47	202,78
45a	37,22	1.700,50	42,11	0,00	42,11	57,89	1.700,50	0,00
46a	40,12	2.685,00	84,62	4,89	89,50	10,50	2.553,79	131,21
47a	54,58	2.908,75	36,78	29,05	65,83	34,17	2.063,75	845,00
48a	26,90	912,90	50,91	11,79	62,70	37,30	805,23	107,67
49a	41,87	1.700,50	66,80	18,16	84,96	15,04	1.391,64	308,86
Ukupno, m <sup>3</sup>		81.131,75					68.970,79	12.160,96
Prosječno, %			57,69	14,65	72,34	27,66		

Najveća dopuštena masa kamiona iznosi 26 t, a najveća dopuštena masa kamiona s prikolicom iznosi 40 t (Anon. 2005). Masa je odabranoga sredstva transporta u prvoj inačici 14,138 t, a u drugoj inačici 18,723 t (Krpán i dr. 2002). Bruto je masa dobivena

kao zbroj neto mase i ukupne mase broja kamionskih tura odabranoga transportnoga sredstva. Opterećenja su primarne šumske prometne infrastrukture pri upotrebi kamiona i kamiona s prikolicom prikazana u tablici 2.

**Tablica 2.** Opterećenje javnih i šumskih cesta na stacionaži 0 + 00,00 hm

Oznaka ceste	10-godišnji etat	Neto masa (10 godina)	Kamion		Kamion s prikolicom	
			Broj kamionskih tura	Bruto masa (10 godina)	Broj kamionskih tura	Bruto masa (10 godina)
	m <sup>3</sup>	t		t		t
Javna cesta 1	81131,75	86811	14636	293735	8160	239591
Javna cesta 2	51880,44	55512	9360	187844	5218	153209
Šumska cesta VS <sub>1</sub>	460,32	493	84	1680	46	1354
Šumska cesta VS <sub>2</sub>	1821,63	1949	328	6586	184	5394
Šumska cesta VS <sub>3</sub>	21226,85	22713	3830	76861	2134	62668
Šumska cesta VS <sub>4</sub>	3348,02	3582	604	12122	336	9873
Šumska cesta VS <sub>5</sub>	2242,89	2400	404	8112	226	6631
Šumska cesta VS <sub>6</sub>	4074,09	4359	734	14737	410	12036
Šumska cesta VS <sub>7</sub>	2374,73	2541	428	8592	238	6997
Šumska cesta VS <sub>8</sub>	1200,44	1284	216	4338	120	3531
Šumska cesta VS <sub>9</sub>	1837,57	1966	332	6660	184	5411
Šumska cesta VS <sub>10</sub>	1957,48	2095	354	7099	196	5764
Šumska cesta VS <sub>11</sub>	1190,10	1273	214	4299	120	3520
Šumska cesta VS <sub>12</sub>	9774,46	10459	1764	35398	984	28882
Šumska cesta VS <sub>13</sub>	4932,36	5278	890	17860	496	14564



**Slika 5.** Prikaz kategorizacije prometnog opterećenja

Sastavnice primarne šumske prometne infrastrukture, prema prometnom opterećenju iskazanom u bruto tonama/godišnje, podijeljene su u 5 kategorija:

- ⇒ I. reda (>80 000 t)
- ⇒ II. reda (60 000 – 80 000 t)
- ⇒ III. reda (40 000 – 60 000 t)
- ⇒ IV. reda (20 000 – 40 000 t)
- ⇒ V. reda (<20 000 t).

Temeljem analiza prometnoga opterećenja za primarnu šumsku prometnu infrastrukturu gospodarske jedinice Veprinačke šume izrađena je kategorizacija (jedna cesta je IV. reda, a ostale V. reda) prikazana na slici 5.

## 6. Zaključci

Na kraju ovoga rada, a temeljem dobivenih rezultata istraživanja, mogu se izvesti ovi zaključci:

- ⇒ Inventarizacija šumskih prometnica primjenom GPS-a i uporabom povratne metode vrlo

je brza i dovoljno točna metoda kojom je moguće provesti kartiranje snimljenih prometnica na zemljovidu mjerila 1 : 5000.

- ⇒ Jednom uspostavljen katastar šumskih prometnica omogućuje točan i detaljan uvid u postojeće resurse određenoga šumskoga područja, analizu postojećega stanja primarne i sekundarne otvorenosti šuma te uočavanje eventualnih potreba, nedostataka i manjkavosti, planiranje i kontrolu troškova održavanja šumskih cesta i popravaka traktorskih putova, izradu elaborata radilišta pri sječi i dr.
- ⇒ Metoda omeđenih površina u kombinaciji s relativnom otvorenošću vrlo je dobar pokazatelj uspješnosti kvalitetnoga prostornoga rasporeda primarnih i sekundarnih šumskih prometnica.
- ⇒ Prikaz otvorenoga područja za odabranu duljinu užeta vitla, za razliku od neotvorenoga, zorno prikazuje na kojim je šumskim površinama potrebna daljnja intervencija u proved-



bu sekundarnoga otvaranja. Također prisutnost tzv. »višestruko otvorenih površina« koje nisu definirane kao nužne, prikazuje neproduktivne duljine sekundarnih šumskih prometnica.

- ⇒ Raščlamba sekundarne relativne otvorenosti pokazala je kako je značajna količina šumske površine otvorena javnim i šumskim cestama, odnosno kako se velika količina neto etata može privući s javne, odnosno šumske ceste. Takav je podatak uzet u obzir i pri određivanju prometnoga opterećenja gdje su, osim pomoćnih stovarišta, na spojevima grana traktorskih putova, kao mjesta koncentracije privučenoga neto etata, u obzir uzeta i »stovarišta« uz cestu.
- ⇒ Rezultati provedene raščlambe prometne opterećenosti pokazuju da određene šumske ceste, pa čak i pojedine dionice iste šumske ceste treba graditi uzimajući u obzir različite standarde gradnje, odnosno primjenjujući drugačije tehničke uvjete. Time je moguće racionalizirati troškove izgradnje te tako sačuvana financijska sredstva investirati u daljnje otvaranje još neotvorenih šumskih područja.
- ⇒ Na šumskim cestama s većom frekvencijom prometa potrebno je provoditi češće periodično i kvalitetnije tekuće održavanje.

## 7. Literatura

Anon., 1966: Šumarsko-tehnički priručnik. Nakladni zavod »Znanje«, Zagreb.

Anon., 2005: Pravilnik o tehničkim uvjetima vozila u prometu na cestama. Narodne novine, 92/2005.

FAO, 1998: A Manual for the planning, design and construction of forest roads in steep terrain. Str. 1–188.

Krpan, A. P. B., D. Horvat, T. Poršinsky, M. Šušnjar, 2002: Tehničke i tehnološke značajke kamiona SCANIA P124 B 6x4 NZ400, prikolice Narkö i dizalica Jonsered 1090. Studija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1–69.

Nevečerel, H., 2004: Primjena GIS-a pri određivanju prometnog opterećenja primarne šumske prometne infrastrukture. Diplomski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1–45.

Pentek, T., 2002: Računalni modeli optimizacije mreže šumskih cesta s obzirom na dominantne utjecajne čimbenike. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1–271.

Pentek, T., D. Pičman, A. P. B. Krpan, T. Poršinsky, 2003: Inventory of primary and secondary forest communications by the use of GPS in Croatian mountainous forest. Proceedings of International workshop Austro 2003 – High Tech Forest Operations for Mountainous Terrain, October

5–9, 2003, Schlaegl, Austria, University of Natural Resources and Applied Life Sciences Viena, CD-ROM, str. 1–12.

Pentek, T., D. Pičman, H. Nevečerel, 2005: Planiranje šumskih prometnica – postojeće stanje, određivanje problema i smjernice budućeg djelovanja. Nova meh. šumar., 26: 55–63.

Pentek, T., D. Pičman, H. Nevečerel, 2006: Uspostava optimalne mreže šumskih cesta na terenu – smjernice unapređenja pojedine faze rada. Glasnik za šumske pokuse, posebno izdanje, 5: 647–663.

Pičman, D., T. Pentek, 1996: Čimbenici koji utječu na opravdanost izgradnje mreže šumskih prometnica. Savjetovanje »Skrb za hrvatske šume od 1846. do 1996.«, Znanstvena knjiga 2 »Zaštita šuma i pridobivanje drva«, str. 293–300.

Pičman, D., T. Pentek, T. Poršinsky, 2002: Application of Modern Technologies (GIS, GPS,...) in Making Methodological Studies on the Primary Opening of Hilly-Mountain Forests. International Forest Information Technology Congress – Forest IT, September 3–4, 2002, Helsinki, Finland, Proceedings, str. 1–10.

Pičman, D., T. Pentek, H. Nevečerel, 2006: Katastar šumskih prometnica – postojeće stanje, metodologija izradbe i koristi od njega. Glasnik za šumske pokuse, posebno izdanje, 5: 635–646.

Potočnik, I., 1996: Mnogonamenska raba gozdnih cest kot kriterij za njihovo kategorizaciju. Disertacija, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo, str. 1–241.

Potočnik, I., T. Pentek, D. Pičman, 2005a: Impact of traffic characteristics on forest roads due to forest management. Croatian Journal of Forest Engineering, 26(1): 51–57.

Potočnik, I., T. Yoshioka, Y. Miyamoto, H. Igarashi, H. Sakai, 2005b: Maintenance of forest road network by natural forest management in Tokyo University Forest in Hokkaido. Croatian Journal of Forest Engineering, 26(2): 71–78.

Šikić, D., i dr., 1989: Tehnički uvjeti za gospodarske ceste. Znanstveni savjet za promet JAZU, Zagreb, str. 1–40.

Tomašić, Ž., Ž. Sučić, M. Slunjski, M. Polaček, 2005: Ovdobno stanje prijevoza drva kamionskim skupovima u šumarstvu RH. Nova mehanizacija šumarstva, 26: 65–71.

---

### Adresa autorâ:

Hrvoje Nevečerel  
e-mail: hnevecerel@sumfak.hr  
Tibor Pentek  
e-mail: pentek@sumfak.hr  
Dragutin Pičman  
e-mail: picman@sumfak.hr  
Igor Stankić  
e-mail: stankic@sumfak.hr  
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije  
Svetošimunska 25  
HR-10000 Zagreb  
HRVATSKA

## Iveco Trakker: idealan partner.

Robustan, učinkovit, tih i udoban: Trakker je stvoren da bude najpouzdaniji partner na asfaltu i izvan njega. Vozilo koje kombinira udobnost cestovnih vozila, iznimnu izdržljivost podvozja i snagu Cursor motora. Trakker unapređuje kvalitetu Vašeg rada i pruža Vam više vremena za poboljšanje životne svakodnevice. Kao i svaki Iveco, Trakker je dizajniran da poveća produktivnost, donese sigurnost i poštuje okoliš.

# IVECO

[www.iveco.hr](http://www.iveco.hr)

## Pozor! Opasnost od ljubomore!



**STRADA d.o.o.**  
Slavonska avenija 53, Zagreb  
tel.: 01/2050 555





# Husqvarna

Great experience



Iskorištavajući 300 godina iskustva u strojogradnji, Husqvarna danas nudi vodeća rješenja za brigu o šumama, parkovima i vrtovima, u svijetu. S optimalno objedinjenjem profesionalnim karakteristikama i naklonjenosti korisniku, Husqvarna proizvodi pružaju učinkovitost, zadovoljstvo u radu i rezultate najviše kvalitete.

Za podatke o proizvodima i prodajnim mjestima upitajte ili nadite na Drezga-Deržić d.o.o., Bestovje, 01/3335301, 3335302, [www.hr.husqvarna.com](http://www.hr.husqvarna.com)





ECO **TRAC**

**55 V...**



**...120 V**

Uspješnom suradnjom znanosti, prakse i industrije razvili smo  
šumske zglobne traktore ECO 55 V i ECO 120 V.  
Šumarski fakultet Zagreb • "Hrvatske šume" d.o.o. • "Hittner" d.o.o.

ECO **TRAC**

**30**

**32...**



**...sa širokim spektrom  
priključaka**

HITTNER d.o.o.

Slavonska cesta bb, 43000 BJELOVAR, HRVATSKA

Tel. +385 43 / 244 111 • fax +385 43 / 244 229

e-mail: info@hittner.hr



[www.hittner.hr](http://www.hittner.hr)





**IVERAK**  
d.o.o. za trgovinu i usluge

## 15 godina u službi šumarstva

Zastupa i uvozi:



**Valmet**

Komatsu Forest AB

Umea  
Švedska

- harvesteri – vozila za sječu i izradbu drva
- forvarderi – vozila za izvoženje drva po šumskom bespuću
- bandleri – strojevi za prikupljanje biomase (šumskog ostatka)
- proizvodnja i isporuka rezervnih dijelova



**IGLAND**

IGLAND AS

Grimstad  
Norveška

- mehanička i elektrohidraulična vitla, vučne sile 25 do 90 kN
- dizalice za utovar i istovar te prikolice za prijevoz obloga drva
- proizvodnja i isporuka rezervnih dijelova



Exte Fabriks AB

Farilla  
Švedska

- bočni i poprečni oslonci tereta za nadogradnju kamionskih skupova namijenjenih prijevozu drva (čelično-aluminijske izvedbe, male mase, velike čvrstoće)
- zatezači – uređaji za učvršćivanje tereta
- proizvodnja i isporuka rezervnih dijelova



BCC AB

Landskrona  
Švedska

- trušnice – oprema za čišćenje i obradu šumskog sjemena
- oprema za sijanje šumskog sjemena
- plastenici – otvoreni i zatvoreni (grijani) za uzgoj šumskih sadnica
- oprema za novodnjavanje tretiranje i prihranu šumskih sadnica
- kontejneri za uzgoj šumskih sadnica obloženog korijena
- proizvodnja i isporuka rezervnih dijelova

Sa punim povjerenjem obratite se na:

Iverak d.o.o.  
Maksimirska 132  
10000 Zagreb

tel. ++ 385 1 2910 399  
fax. ++ 385 1 2910438  
mob. ++ 385 98 417 549  
e-mail: iverak@zg.htnet.hr  
www.iverak.hr

# FinvestCorp

dioničko društvo za proizvodnju, trgovinu i usluge  
Osnovano 1993.

## ORGANIZACIJA:

### PROFITNI CENTRI:

PILANSKA PROIZVODNJA  
PROIZVODNJA NAMJEŠTAJA  
HOTELI NJIVICE

GRADITELJSTVO I USLUGE  
TRGOVINA I ŠPEDICIJA

PROIZVODNJA STUPOVA I IMPREGNACIJA  
TRGOVINA REZERVNIM DIJELOVIMA

VELEPRODAJA I MALOPRODAJA DRVNOM GRAĐOM I STOLARIJOM

ZAJEDNIČKE SLUŽBE (OPĆI, PRAVNI, KADROVSKI, RAČUNOVODSTVENI I FINANCIJSKI POSLOVI)

## VODEĆA DRVOPRERAĐIVAČKA TVRTKA U HRVATSKOJ



PILJENA GRAĐA I DRVNI ELEMENTI



### POSLOVNICE:

Čavle  
Krk  
Prezid  
Rijeka  
Zagreb



## DJELATNOST:

PRIMARNA I SEKUNDARNA PRERADA DRVA  
PROIZVODNJA KUĆNOG NAMJEŠTAJA  
OPREMANJE POSLOVNIH I DRUGIH OBJEKATA  
GRADITELJSTVO I PROIZVODNJA KAMENOG AGREGATA  
TRGOVINA - MALOPRODAJA I VELEPRODAJA  
PROIZVODNJA SLATKOVODNE RIBE U MANDLIMA  
TURIZAM I HOTELIJERSTVO U HOTELIMA NJIVICE  
LOVNI TURIZAM U LOVIŠTU "SNJEŽNIK"  
PROIZVODNJA STUPOVA I PRAGOVA, IMPREGNACIJA DRVA I BRIKETIRANJE



## EKOLOŠKA OSVJEŠTENOST I INVESTICIJE:

### 2 VLASTITE MIKROHIDROELEKTRANE

SNAGE 2 MW I 33 kW

UGOVORENA KONCESIJA NA KORIŠTENJE VODNE SNAGE

U 2007. PLANIRAMO PUSTITI U POGON NOVU HALU ZA PROIZVODNJU LJEPLJENIH GREDA I NOSAČA NA PODRUČJU PILANE GERVOVO TE IZGRADNJU POGONA ZA PROIZVODNJU PALETAS IZVEDBOM SAMOSTOJEĆEG SUSTAVAZA PROIZVODNJE ENERGIJE IZ BIOMASE, SNAGE 1,6 MW U SKLADU S PROGRAMOM KORIŠTENJA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

© Blažica Svetički



STROJNI ISKOPI, ZEMLJANI RADOVI, GRAĐEVINSKI I OBRTNIČKI RADOVI, IZVEDBA PROMETNICA I DRUGIH OBJEKATA NISKOGRADNJE, VISOKOGRADNJA

POSEBAN POGON GRAĐEVINSKE JEDINICE SA BETONAROM NA PODRUČJU ŠKRLJEVA (GRAD RIJEKA)

## SALONI NAMJEŠTAJA u Krku, Prezidu, Rijeci i Zagrebu

## SKLADIŠTA GRAĐEVNOG MATERIJALA u Čavlima i Prezidu

DRUŠTVO IMA KONCESIJU ZA ISKORIŠTAVANJE MINERALNIH SIROVINA GRAĐEVNOG TEHNIČKOG KAMENA NA EKSPLOATACIJSKOM POLJU U PREZIDU SA OPREMOM ZA SEPARACIJU KAMENA I BETONARU



OJASTUČENI NAMJEŠTAJ



MASIVNI I PLOČASTI  
KUĆNI I UREDSKI NAMJEŠTAJ



AUTODIJELOVI ZAGREB



OVLAŠTENI CARINSKI OTPREMNIK NA MEĐUNARODNIM PRIJELAZIMA U PREZIDU I STRMICI SA LICENCOM ZA UNUTARNJI I MEĐUNARODNI CESTOVNI TERETNI I PUTNIČKI PROMET

610 STALNO ZAPOSLENIH RADNIKA U 9 PROFITNIH CENTARA DILJEM HRVATSKE  
18% VIŠE I VISOKO OBRAZOVANI KADAR

Glavni rukovoditelji: Marijan Filipović - predsjednik Uprave društva, Marin Filipović - zamjenik predsjednika Uprave

Sjedište: I. G. Kovačića 24, 51 306 Čabar; Tel: +385 (0) 51/821 007; Fax: +385 (0) 51/821 225

Poslovnice: Zagreb, V. Škorpika 24; +385 (0) 1/3440 175; Rijeka, Ul. Žrtava fašizma 1a, +385 (0) 51/335 535; Prezid, Goranska 114/I, +385 (0) 51/822 348; Krk, Robna kuća Krk, +385 (0) 51/222 378; Čavle (Rijeka), Buzdohanj bb, +385 (0) 51/250 105

Internet: [www.finvestcorp.hr](http://www.finvestcorp.hr)



# MJERNA OPREMA U ŠUMARSTVU

## Visinomjeri

### Spiegel Realscop (Bitterlich-ov relaskop)



### Blume Leiss analogni visinomjer

- |       |  |
|-------|--|
| BL 6  | 2 kočnice, skala 15, 20, 30, 40 / m (letva+torbica u kompletu)         |
| BL 60 | 2 kočnice, skala 15, 20, 30, 40, 60, 80 / m (letva+torbica u kompletu) |
| BL 8  | 1 kočnica, skala 15, 20, 30, 40 / m (letva+torbica u kompletu)         |
| BL 9  | 2 kočnice, BEZ skale i letve u torbici                                 |
| BL 7  | 1 kočnica, BEZ skale i letve u torbici                                 |

### VERTEX - digitalni visinomjer Haglöf

(komplet sa daljinomjerom, odašiljačem, prijemnikom i softverom)



- |          |                                    |
|----------|------------------------------------|
| VERTEX   | visinomjer + odašiljač + prijemnik |
| VERTEX-M | visinomjer digitalni               |
| VERTEX-T | odašiljač 360° - 60°               |



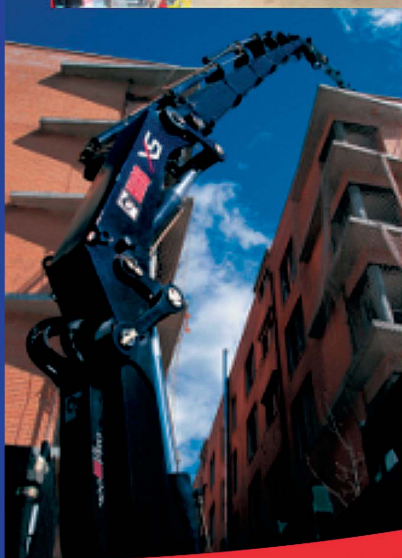




# DASOVIĆ d.o.o.

53260 BRINJE, Lovačka 22  
e-mail: [dasovic@gs.t-com.hr](mailto:dasovic@gs.t-com.hr)

tel/fax: 053/700-688  
tel: 053/701-206



Ovlašteni serviser za:

## BERGER



**HIAB**



**LOGLIFT**



**JONSERED**



**MULTILIFT**



# Šumarske usluge i trgovina

vl. Božo Žilić

DONJI DESINEC 9416  
10450 JASTREBARSKO  
TEL/FAX: +385 (0) 1 6279 547  
CSM: + 385 (0) 98 1699 956



e-mail: [sumusluge@hi.t-com.hr](mailto:sumusluge@hi.t-com.hr)

SJEČE HARVESTEROM  
TIMBERJACK 870



IZNOŠENJE FORWARDERIMA  
ÖSA MASTER TURBO

USKORO U STROJNOM PARKU  
NOVI HARVESTER  
ZA NAJZAHTJEVNIJE TERENE  
I STABLA VELIKIH PROMJERA



TIMBERJACK 1470

# FOREST

Šumarske usluge, trgovina i prijevoz  
vl. Goran Navoj

BAKAČEVA 23/1  
10450 JASTREBARSKO  
TEL: +385 (0) 1 6283 661  
FAX: +385 (0) 1 6279 547  
CSM: +385 (0) 99 6719 436



PROIZVODNJA  
OCRIJEVNOG DRVA

PAKIRANJE

U VREĆE



[www.forest.hr](http://www.forest.hr)



I NA PALETE

e-mail: [forest@post.t-com.hr](mailto:forest@post.t-com.hr)

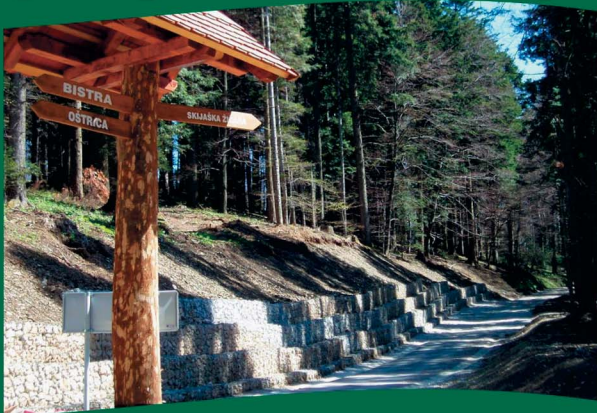




Mjerne stanice za  
praćenje mikroklimatskih uvjeta



Žičane ograde za  
zaštitu lovišta



Potporni zidovi  
(gabionske strukture)



Stabilizacija slabonosivog tla



**Werkos d.o.o.**  
**Ribarska 1**  
**31000 Osijek, Hrvatska**  
tel.: +385(0)31 228 700  
fax.: +385(0)31 228 701  
e-mail: [werkos@werkos.com](mailto:werkos@werkos.com)

**Poslovnica Zagreb**  
Milana Amruša 11  
10000 Zagreb, Hrvatska  
tel.: +385(0)1 4886 499  
fax.: +385(0)1 4873 906  
e-mail: [werkos-zg@werkos.com](mailto:werkos-zg@werkos.com)

**Poslovnica Rijeka**  
Dolac 7  
51000 Rijeka, Hrvatska  
tel.: +385 (0)51 322 157  
fax.: +385 (0)51 322 156  
e-mail: [werkos-ri@werkos.com](mailto:werkos-ri@werkos.com)

**Poslovnica Split**  
Bihačka 2A  
21000 Split, Hrvatska  
tel.: +385 (0)21 314 072  
fax.: +385 (0)21 314 076  
e-mail: [werkos-st@werkos.com](mailto:werkos-st@werkos.com)

**Poslovnica Vukovar**  
J.J.Strossmayera 21A  
32000 Vukovar, Hrvatska  
tel.: +385 (0)32 450 014  
fax.: +385 (0)32 450 016  
e-mail: [werkos-vu@werkos.com](mailto:werkos-vu@werkos.com)





## Nova generacija u profesionalnoj klasi.

### Zbog nje se trese šuma.

Uz pomoć svog inovativnog antivibracijskog sistema, nova **STIHL MS 441** pojednostaviti će vam rad. Inteligentna kombinacija AV- sistema na ručkama, prigušenim ovjesom rasplinjača i specijalnim lancem sa smanjenim vibracijama, jamči se se olakšan rad i ušteda snage. No MS 441 nudi još i mnogo više.

Na primjer novu tehnologiju motora. S osjetno više snage uz osjetno manju potrošnju. Ili novi sistem pročištača zraka s pred čišćenjem, za osjetno dulji radni vijek pročištača i manje održavanja. Najbolje da sami isprobate ovu novu generaciju motornih pila. Za sva pitanja stojimo vam vrlo rado na usluzi na [www.unikomerc-uvoz.hr](http://www.unikomerc-uvoz.hr) ili na telefon 01 6370 010.

Br. 1 u svijetu

**STIHL**®



# Sadržaj

<b>Tibor Pentek, Tomislav Poršinsky, Marijan Šušnjar</b> Međunarodno znanstveno savjetovanje »Položaj i perspektiva šumarskoga inženjerstva«, Zalesina – Ravna Gora, 12. i 13. travnja 2007. . . . .	1
<b>Darko Beuk, Željko Tomašić, Dubravko Horvat</b> Stanje i razvoj mehaniziranosti pridobivanja drva u hrvatskom državnom šumarstvu . . . . .	3
<b>Hans Rudolf Heinemann</b> Šumarsko inženjerstvo i upravljanje šumskim radovima – osvrt na put unazad i naprijed znanstvene discipline . . . . .	21
<b>Karl Stampfer, Christian Kanzian</b> Sadašnje stanje i mogućnosti razvoja lanca dobave drvnoga iverja u Austriji . . . . .	35
<b>Ante P. B. Krpan</b> Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Zavod za šumarske tehnike i tehnologije u bolonjskom procesu . . . . .	45
<b>Raffaele Spinelli, Carla Nati, Natascia Magagnotti</b> Iskorištavanje drvnoga ostatka pri sječi i izradbi – iskustvo iz talijanskih istočnih Alpa . . . . .	57
<b>Boštjan Košir, Živko Košir, Janez Krč</b> Prirodni sastav vrsta drveća kao osnova razvoja modela cijena drva na panju . . . . .	65
<b>Mitja Piškur, Nike Krajnc</b> Raščlamba tokova drva u Sloveniji . . . . .	75
<b>Dubravko Horvat, Željko Zečić, Marijan Šušnjar</b> Morfološke i proizvodne značajke traktora Ecotrac 120V . . . . .	81
<b>Jaka Klun, Mirko Medved</b> Smrtne nesreće u šumarstvu u nekim europskim zemaljama . . . . .	93
<b>Igor Potočnik</b> Cestovni promet u zaštićenim šumskim područjima – studija za Nacionalni park Triglav . . . . .	101
<b>Ivan Martinić, Vencel Vondra, Mario Šporčić</b> Razvoj novoga koncepta za unapređivanje šumarske tehnike u Hrvatskoj – područja mogućega doprinosa . . . . .	107
<b>Tibor Pentek, Hrvoje Nevečerel, Dragutin Pičman, Tomislav Poršinsky</b> Šumske prometnice u Republici Hrvatskoj – stanje i perspektiva . . . . .	113
<b>Robert Robek, Jaka Klun</b> Suvremeni razvoj šumskih prometnica u Sloveniji . . . . .	125
<b>Hrvoje Nevečerel, Tibor Pentek, Dragutin Pičman, Igor Stankić</b> Prometno opterećenje šumskih cesta kao kriterij njihove kategorizacije – GIS analiza . . . . .	133

ISSN 1845-8815



9 771845 881505