

ANALIZA SEKUNDARNE OTVORENOSTI ŠUMA GORSKOG PODRUČJA KAO PODLOGA ZA ODABIR DULJINE UŽA VITLA

ANALYSIS OF SECONDARY RELATIVE OPENNESS IN HILLY AREAS AS A BASIS FOR SELECTION OF WINCH ROPE LENGTH

Tibor PENTEK¹, Hrvoje NEVEČEREL¹, Katarina DASOVIĆ²,
Tomislav PORŠINSKY¹, Marijan ŠUŠNJAR¹, Igor POTOČNIK³

SAŽETAK: Za kvalitetno i racionalno gospodarenje šumskim ekosustavom neophodno je postojanje prostorno optimalno položene mreže primarne i sekundarne šumske prometne infrastrukture. Postoje različiti parametri za kvantitativnu i kvalitativnu procjenu postojeće mreže šumske prometne infrastrukture, kao i za definiranje nedovoljno otvorenih ili neotvorenih šumskih područja. Relativna otvorenost (primarna ili sekundarna) u kombinaciji s metodom omeđenih površina i GIS alatima, predstavlja vrlo učinkovito sredstvo pri raščlambi kolikoće i kakvoće primarnih i sekundarnih šumskih prometnica: Pri tome se dobija vrlo jasan i pregledan vizualan prikaz rezultata svih analiza. Istraživanja su provedena u g.j. "Bovan-Jelar" Šumarije Perušić smještenoj u gorskom području Like. Formiran je GIS istraživanog područja te uspostavljen katastar primarnih i sekundarnih šumskih prometnica. Obavljena je analiza sekundarne otvorenosti za skider tipa Timberjack 240 C opremljen dvobubanjским vitlom Adler duljine uža 30, 45 i 60 m. Definirane su neotvorene površine i, u odabranim odsjecima, za inačicu duljine uža vitla od 60 m, predložene idejne trase budućih traktorskih putova kojima će se unaprijediti postojeća mreža sekundarnih šumskih prometnica. Analiza je sekundarne otvorenosti napravljena i za novo-projektiranu sekundarnu prometnu infrastrukturu, a polučeni su rezultati uspoređeni sa sadašnjim stanjem sekundarne otvorenosti.

Cljučne riječi: relativna otvorenost, klasična otvorenost, sekundarne šumske prometnice, planiranje, gorsko područje, GIS

UVOD – Introduction

Intenzivno gospodarenje šumskim resursima dovelo je do povećane potrebe za primarnim i sekundarnim šumskim prometnicama, pri čemu izgradnja primarnih šumskih prometnica smanjuje srednju udaljenost privla-

čenja i u konačnici utječe na smanjenje troškova pridobivanja drva. Povećana potreba za šumskim prometnicama jedan je od glavnih razloga za inventarizaciju postojeće šumske prometne infrastrukture, pri čemu je uspostava cjelovitog katastra primarnih i sekundarnih šumskih prometnica preduvjet vjernom prikazu postojećeg stanja.

Pentek i dr. (2008) ističu kako odabir tehničkih sredstava rada koji se koriste pri privlačenju drva, utječe na povećanje količine sekundarnih šumskih prometnica, a vrsta sekundarne šumske prometnice (traktorski put ili traktorska vlakla) ovisi o terenskim čimbenicima.

Prema nekim je autorima (Pentek i dr. 2007, Pentek i dr. 2005a, Pičman i dr. 2006a, Pičman i dr. 2006a, Pentek i dr. 2005b, Pentek i dr. 2007) uspostavom katastra šumskih prometnica omogućeno:

¹ Izv. prof. dr. sc. Tibor Pentek, Šumarski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zavod za šumarske tehnike i tehnologije Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Hrvatska, E-mail: pentek@sumfak.hr
Hrvoje Nevečerel, dipl. ing. šum., E-mail: hnevecerel@sumfak.hr
E-mail: porsinsky@sumfak.hr

Doc. dr. sc. Marijan Šušnjarić, E-mail: susnjari@sumfak.hr
² Katarina Dasović, dipl. ing. šum., UŠP Gospić, Šumarija Perušić
Dr. Ante Starčevića 9, 53202 Perušić, Hrvatska
E-mail: katarina.dasovic@hrsume.hr

³ Izv. prof. dr. sc. Igor Potočnik, University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Forestry and Forest Resources
Večna pot 38, 1000 Ljubljana, Slovenija
E-mail: igor.potocnik@bf.uni-lj.si

- točan i detaljan uvid u postojeće prometne resurse šumskog područja,
- raščlamba postojećeg stanja primarne i sekundarne otvorenosti šuma uz uočavanje eventualnih nedostataka ili manjkavosti,
- kvalitetno primarno i sekundarno otvaranje neotvorenih i nedovoljno otvorenih područja,
- kontrola troškova izgradnje i održavanja šumskih cesta,
- planiranje i kontrola troškova izgradnje i popravaka traktorskih putova,
- izrada elaborata radilišta pri sječi, izradbi i privlačenju drva i dr.

Nevečerec i dr. (2007) ističu kako je cilj otvaranja šuma izgraditi prostorno dobro položenu mrežu šumskih prometnica koja će svojim tehničkim značajkama omogućiti izvršenje svih zadataka gospodarenja određenim šumskim područjem. Pri dosezanju toga cilja nastojimo postići propisanu razinu kvalitete, uz što manja sveukupna financijska ulaganja.

PROBLEMATIKA I CILJ ISTRAŽIVANJA

Scope of research and aims of research

Primarna je namjena sekundarnih šumskih prometnica privlačenje i izvoženje drva. Sekundarne šumske prometnice, za strojeve koji se kreću po zemlji, su građevinski objekti koji povremeno služe za izvršenje zadataka predviđenih Programom gospodarenja, a možemo ih podijeliti na traktorske putove i traktorske vlake (Šikić i dr. 1989).

Traktorski su putovi građevinski objekti kod kojih su prisutni zemljani radovi, ali izostaje gornji stroj, dok su traktorske vlake privremeni građevinski objekti koje dobijemo prosijecanjem kroz šumu i uzastopnim prolaskom traktora istim tragom (kretanje po bespuću).

U izrazito teškim terenskim prilikama, u prigrorskim, brdskim, gorskim i planinskim šumama sekundarne je šumske prometnice potrebno graditi te predstavljaju osnovni preduvjet obavljanju radova privlačenja drva. Nevečerec i dr. (2007) ističu kako bi bez kvalitetno izgrađenih traktorskih putova prometovanje na takvim terenima, za strojeve koji se kreću po zemlji i koriste se za privlačenje drva, bilo gotovo nemoguće.

Prema Koširu (2000), analiza je terenskih značajki i njihov utjecaj na različite faze proizvodnje od iznimne važnosti, ne samo za ukupno proučavanje pojedinih šumskih područja u svezi odabira potencijalnih šumarskih tehnologija, nego ponajprije za unaprijeđivanje (nagradnju) postojeće šumske transportne mreže te planiranje novih šumskih cesta i traktorskih putova.

Gustoća mreže sekundarnih šumskih prometnica i njihov raspored ovise o mnogim čimbenicima (Nevečerec i dr. 2007):

- tehničkim sredstvima koja se koriste pri pridobivanju drva (u fazi privlačenja),
- konfiguraciji reljefa,
- kamenitosti i stjenovitosti terena,
- broju stabala na određenoj površini,
- dimenzijama stabala,
- položaju glavne primarne prometnice do koje se privlači drvo,
- ostalim čimbenicima.

Rebula (1983) zaključuje kako sekundarna otvorenost, tj. potrebna gustoća traktorskih putova i vlaka, u mladim sastojinama iznosi 250–300 m/ha, a u starijim sastojinama, gdje je razmak stabala veći, 100–180 m/ha.

Za područje prebornih šuma Gorskoga kotara utvrđena je optimalna gustoća sekundarnih šumskih prometnica od 150 m/ha (Zdjelar 1990).

S obzirom na horizontalno i vertikalno razvijanje trasa traktorskih putova (Nevečerec i dr. 2007) razlikuju se:

- ravničarski traktorski putovi,
- dolinski traktorski putovi,
- padinski te
- grebenski traktorski putovi.

Kod planiranja i postavljanja trase traktorskoga puta uglavnom se nastoji privlačiti drvo u smjeru sile teže. Traktoru je potrebna manja vučna sila pri vuči tereta nizbrdo, ona mu omogućuje brže kretanje i privlačenje veće količine tereta. Time se povećava učinak i smanjuju troškovi privlačenja drva. Privlačenje uzbrdo se, ako postoji mogućnost privlačenja nizbrdo, nastoji izbjeći.

Traktorski putovi imaju fleksibilnije tehničke uvjete u odnosu na šumske ceste, u većoj se mjeri prilagođavaju terenu, imaju manju širinu vozne površine, pa je stoga, pri izgradnji, obujam zemljanih radova znatno manji nego kod šumskih cesta. Prema Jeličiću (1983) za gradnju iste duljine traktorskoga puta u sličnim terenskim uvjetima potrebno je od 10 do 30 puta manje financijskih sredstava nego pri gradnji šumske ceste.

Pentek i dr. (2008) navode kako je prvi korak koji je potrebno napraviti prije finog otvaranja, raščlamba postojeće mreže sekundarnih šumskih prometnica za čiju je provedbu nužno u okviru GIS-a oformiti sloj sa sekundarnim šumskim prometnicama (katastar sekundarnih šumskih prometnica).

Ciljevi su ovoga istraživanja definirani kroz sljedeće faze rada:

- oblikovanje katastra sekundarnih šumskih promet-

- nica,
- razredba sekundarnih šumskih prometnica,
 - analiza sekundarne relativne otvorenosti,
 - planiranje budućih trasa sekundarnih šumskih pro-

metnica uz analizu novonastale situacije.

PODRUČJE ISTRAŽIVANJA – Research area

Za područje je istraživanja odabrana gospodarska jedinica “Bovan-Jelar” koja je sastavni dio masiva Sjevni Velebit, a proteže se u smjeru od istoka ka zapadu. Po svome smještaju i nadmorskoj visini ubraja se u visoko gorje. Ukupna površina gospodarske jedinice iznosi 2.413,14 ha od čega je obraslo 2.392,65 ha.

Pri sječi i izradbi drva koristi se sortimentna metoda. Primanje obloga drva obavlja se u sječini. Drvo se privlači skiderima (Timberjack 240 C) opremljenima mehaničkim vitlom Adler. Ovakav način primarnoga transporta drva zahtijeva dobru sekundarnu otvorenost. Zbog konfiguracije terena i razvijene orografije sekundarne se prometnice moraju graditi.

Osnovne značajke otvaranja šuma i pridobivanja drva su strm i razveden planinski teren, bogatstvo kr-

ških reljefnih fenomena, plitka tla, stjenovita podloga i teške građevinske kategorije materijala. Prosječan nagib terena iznosi 20 – 40°. Navedene značajke ukazuju na potrebu dobre primarne i sekundarne otvorenosti šuma. Etat (26,36 m³/ha) je vrlo dobre kakvoće, a glavne gospodarske vrste su bukva i jela, kojima se gospodari jednodobno.

Primarna je otvorenost kompletne gospodarske jedinice “Bovan – Jelar” 9,97 m/ha, a otvorenost sekundarnim šumskim prometnicama iznosi svega 26,74 m/ha. Promatramo li samo odabrano područje, tada primarna otvorenost iznosi 27,13 m/ha, a sekundarna otvorenost 45,19 m/ha.

METODE RADA – Methods of research

Formiranje katastra sekundarnih šumskih prometnica

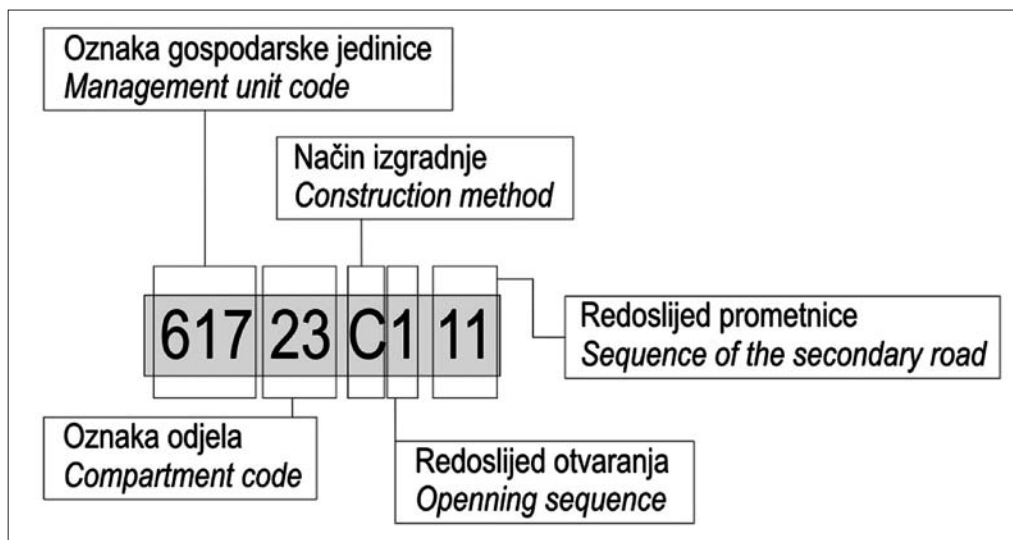
Design of secondary forest roads cadastre

Cjelokupan je posao izrade katastra sekundarnih šumskih prometnica podijeljen u dva osnovna dijela: prvi je dio predstavljen terenskom izmjerom potrebnih podataka, a drugi dio obuhvaća unos i obradu podataka na računalu.

Mjerenje je izvršeno tzv. povratnom metodom pri kojoj se snimanje obavlja hodanjem u oba smjera, što omogućava bolje uklapanje podataka u prostor. Pri snimanju sekundarnih šumskih prometnica koristili smo suvremenu metodu rada – GPS uređaj, Trimble, GeoEx-

plorer 3, uz primjenu interne antene, a interval snimanja je bio 5 sekundi. Dobiveni su podaci preuzeti i obrađeni pomoću programskog paketa GPS Pathfinder Office 2.80. i uvedeni u programski paket ArcGIS 9.2 te ucrtani na prije pripremljene digitalne zemljovide.

Šifriranje sekundarnih šumskih prometnica prikazano je na slici 1. Prva oznaka je troznamenkasti arapski broj i predstavlja broj gospodarske jedinice koji ona ima u gospodarskoj podjeli šumskogospodarskog područja Hrvatske. Druga je oznaka arapski broj i predstavlja broj



Slika 1. Pridjeljivanje šifre sekundarnim šumskim prometnicama
Figure 1 Assigning code of secondary forest roads

odjela unutar gospodarske jedinice. Treća je oznaka veliko slovo kojime je definirana kategorija sekundarne šumske prometnice: C – traktorski put, D – traktorska

vlaka. Pridodani arapski broj (1–4) predstavlja oznaku redoslijeda odvajanja. Četvrta oznaka (dvije znamenke) određuje redoslijed prometnice u gospodarskoj jedinici.

Analiza sekundarne relativne otvorenosti (Metoda omeđenih površina)

Analysis of secondary relative openness (buffer method)

Relativna otvorenost (Pentek 2002) je veličina koja pruža dobar uvid u prostorni raspored šumskih prometnica, daje mogućnost utvrđivanja otvorenih i neotvorenih površina i projektantu nudi mogućnost odabira najpovoljnijih inačica šumskih prometnica.

Utvrđivanje relativne otvorenosti sastoji se u polaganju omeđenih površina (tzv. *buffera*) oko sastavnica složenog sustava primarne i sekundarne šumske prometne infrastrukture (i oko primarnih šumskih prometnica jer je i sa njih moguće privitlavanje izrađenih drvnih sortimenata).

Omeđene su površine na svom rubnom dijelu udaljene od šumskih prometnica za veličinu korigirane odabrane duljine uža vitla. Sumiranjem izračunatih vrijednosti omeđenih površina koje su položene oko svih šumskih prometnica (prosječne se omeđene površine dvije ili više primarnih i sekundarnih šumskih prometnica u obračun uzimaju samo jednom i to redoslijedom raščlambe) dobijemo ukupnu otvorenu ploštinu.

Tablica 1. Modificirani sustav procjene sekundarne relativne otvorenosti (Pentek 2002)

Table 1 Modified sistem of secondary relative openness evaluation

Relativna otvorenost <i>Relative openness</i>	Ocjena otvorenosti <i>Evaluation of openness</i>
< 60 %	nedovoljna otvorenost (1) <i>insufficient openness (1)</i>
60 - 70 %	slaba otvorenost (2) <i>weak openness (2)</i>
70 - 80 %	jedva dobra otvorenost (3) <i>barely good openness (3)</i>
80 - 90 %	vrlo dobra otvorenost (4) <i>very good openness (4)</i>
> 90 %	odlična otvorenost (5) <i>excellent openness (5)</i>

Pri ocjeni i komentaru sekundarne relativne otvorenosti koristit će se modificirani sustav procjene sekundarne relativne otvorenosti (Pentek 2002).

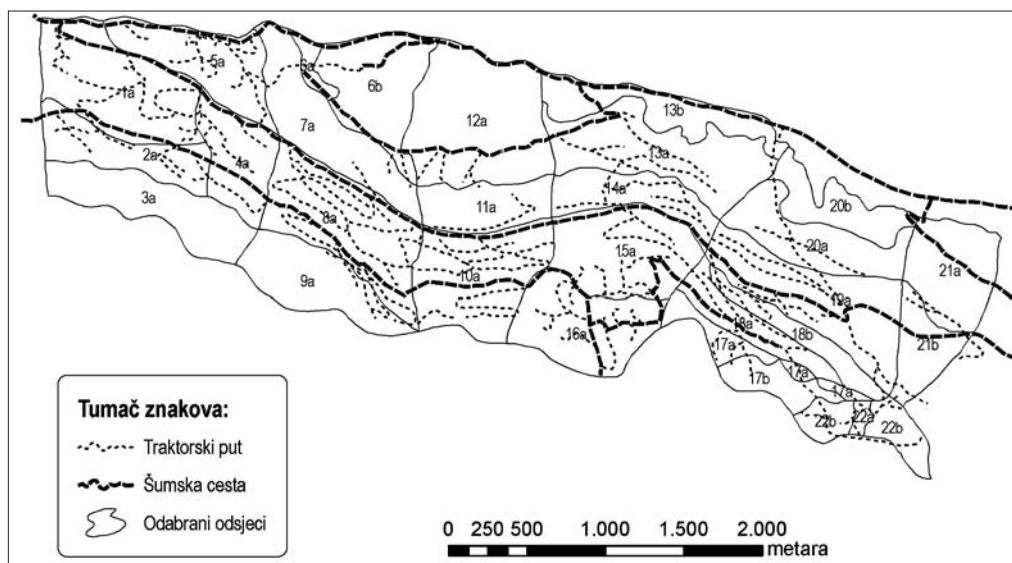
Otvaranje neotvorenih površina – *Opening of unopened areas*

Analizom relativne otvorenosti postojećega stanja određene su otvorene i neotvorene površine. Relativna se otvorenost izračunava za tri inačice duljine uža vitla tipa Adler – 30, 45 i 60 metara, montiranog na skider Timberjack 240 C. Primjenjuje se metoda omeđenih po-

vršina, pri čemu je odabrane duljine uža vitla potrebno umanjiti zbog horizontalnih prepreka (dubeća stabla, stijenje, pomladne površine, vodene prepreke i slično) te zbog nagiba terena u smjeru privitlavanja drva.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA – *Research results*

Uspostava katastra sekundarnih šumskih prometnica *Establishing a secondary forest roads cadastre*



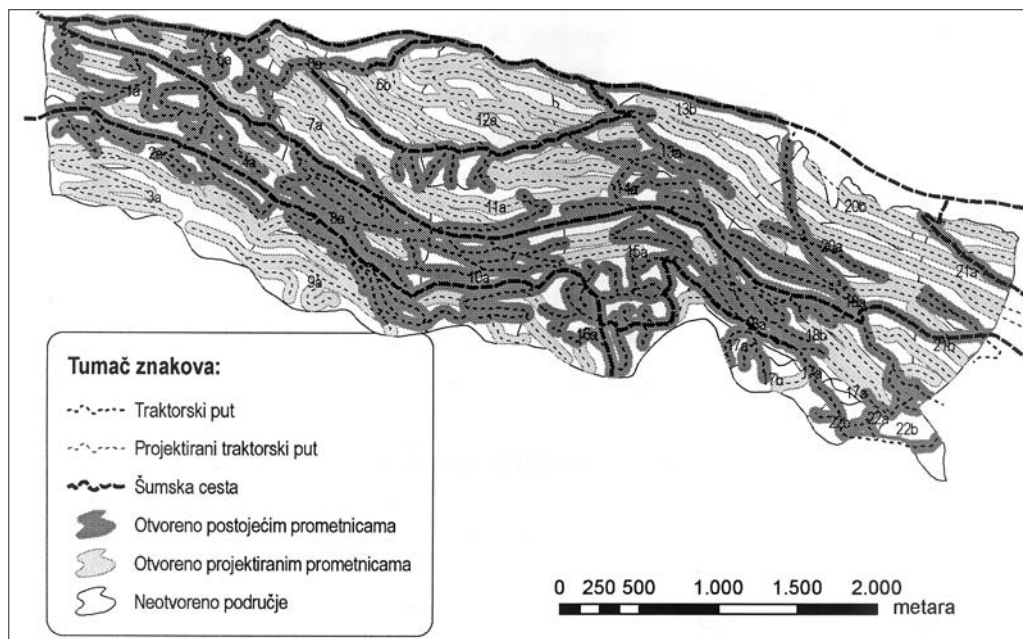
Slika 2. Postojeća šumska prometna infrastruktura
Figure 2 Existing forest traffic infrastructure

Za potrebe su ovoga istraživanja snimljeni svi traktorski putovi i traktorske vlake gospodarske jedinice “Bovan-Jelar”. Snimljeno je 176 sekundarnih šumskih prometnica ukupne duljine 64.539 metara. Mala sekundarna otvorenost rezultat je velike površine istraživanog područja koje je proglašeno zaštitnim i gdje nikada nisu građene šumske prometnice. Stoga je za istraživanje

odabran cjeloviti dio gospodarskih šuma g.j. “Bovan-Jelar” ukupne površine 942,10 ha.

Svako je sekundarnoj šumskoj prometnici pridjevana šifra – njezin katastarski broj sukladno metodologiji izrade katastra sekundarnih šumskih prometnica (Pentek 2008).

Raščlamba sekundarne relativne otvorenosti Secondary relative openness analysis



Slika 3. Otvorenost postojećim i novoplaniranim sekundarnim šumskim prometnicama
Figure 3 Openness for existing and newly planned secondary forest roads

Na odabranim su površinama utvrđena 123 traktorska puta ukupne duljine 46.656 metara, što na površini od 942,10 ha čini sekundarnu otvorenost od 49,52 m/ha.

Pri analizi sekundarne relativne otvorenosti odabrane su tri različite vrijednosti pristupa površini: 30, 45 i 60 metara, koje predstavljaju duljine uža vitla skidera. Odabrane su duljine uža vitla zbog nagiba terena i površinskih prepreka smanjene za 10 %. Određeni su nagibi traktorskih putova i izračunati poprečni nagibi terena (nagibi terena okomiti na trasu traktorskih putova) koji predstavljaju smjer izvlačenja uža i privitla-

vanja izrađenih drvnih sortimenata. U obzir su uzete površinske prepreke, prostorni razmještaj dubećih stabala u sastojini te usmjereno rušenje stabala.

Analizom postojećega stanja, u odabranim odsjecima gospodarske jedinice “Bovan-Jelar”, dobiveni su podaci o nedovoljnoj sekundarnoj relativnoj otvorenosti (ocjena 1) bez obzira na odabranu duljinu uža vitla.

Potrebno je daljnje fino otvaranje područja istraživanja s ciljem optimiziranja sekundarne mreže šumskih prometnica i dosezanja odlične otvorenosti.

Tablica 2. Raščlamba postojeće sekundarne relativne otvorenosti istraživanog područja za odabrane inačice duljine uža vitla
Table 2 Analyses of existing secondary relative openness for selected winch rope lengths

Duljina uža Winch rope length	Korigirana duljina uža Corrected winch rope length	Otvorena površina Opened area	Relativna otvorenost Relative openness	Ocjena relativne otvorenosti Evaluation of relative openness
	m	ha	%	
30	27	332,25	35,27	1
45	40,5	454,21	48,21	1
60	54	543,10	57,65	1

Planiranje novih sekundarnih šumskih prometnica – Planning of new secondary forest roads

Pri unaprijeđenju (nadogradnji) postojećeg sekundarnog šumskog transportnog sustava, kao mjerodav-

na, odabrana je duljina uža vitla od 60 m. Za tu je inačicu projektirano (idejne trase) 66 novih traktorskih pu-

tova ukupne duljine 40.285,07 metara. Novoprojektirana mreža sekundarnih šumskih prometnica daje sekundarnu relativnu otvorenost od 89,79 % (ocjena 4)

što je gotovo odlična otvorenost. Takva je sekundarna relativna otvorenost postignuta s gustoćom od samo 92,28 m/ha traktorskih putova.

Tablica 3. Raščlamba unaprijeđenog sekundarnog šumskog transportnog sustava za odabranu duljinu uža vitla od 60 m
Table 3 Analyses of improved secondary forest transport system for selected winch rope length of 60 m

Duljina uža <i>Winch rope length</i>	Korigirana duljina uža <i>Corrected winch rope length</i>	Otvorena površina <i>Opened area</i>	Relativna otvorenost <i>Relative openness</i>	Ocjena relativne otvorenosti <i>Evaluation of relative openness</i>
	m	ha	%	
30	27	524,85	56,80	1
45	40,5	721,03	76,53	3
60	54	845,94	89,79	4

Raščlamba sekundarne relativne otvorenosti za duljine uža vitla od 30 i 45 m dala je očekivane (loše) rezultate; naime daljnje sekundarno otvaranje proveli

smo za duljinu uža vitla od 60 m, pa su za manje duljine uža vitla, (između otvorenih omeđenih površina) ostajala uska neotvorena područja.

RASPRAVA – Discussion

Budući se u Republici Hrvatskoj pridobivanje drva obavlja po zemlji kretnim strojevima, šumske su žičare vrlo rijetke, a helikopteri i drugi oblici zračnog transporta nisu ušli u širu primjenu, naglašena je potreba za dobrom primarnom i poglavito sekundarnom otvorenosti šuma šumskim prometnicama. Pri privlačenju se drva u šumskim područjima sličnima istraživanom, zbog svekolikih sastojinskih i stanišnih uvjeta te troškovnih pokazatelja koriste skideri.

Uspoređujući dobivene rezultate s prijašnjim istraživanjima u sličnim stajbinskim uvjetima (Rebula 1983 i Zdjelar 1990) polučena je optimalna (gotovo odlična) sekundarna relativna otvorenost sa manjom ukupnom duljinom sekundarnih šumskih prometnica (za duljinu uža vitla od 60 m sekundarna relativna otvorenost područja istraživanja iznosi 89,79 % uz gustoću traktorskih putova od 92,28 m/ha).

Po obavljenoj raščlambi postojeće sekundarne relativne otvorenosti i utvrđenoj nedovoljnoj (1) otvorenosti za sve odabrane duljine uža vitla, pristupilo se daljnjem sekundarnom otvaranju za duljinu uža vitla od 60 m, te je dostignuta vrlo dobra (skoro odlična) sekundarna relativna otvorenost od 89,79 % i to s 92,28 m/ha traktorskih putova. Želi li se, prije svega zbog humanizacije rada, provesti optimizacija mreže sekundarnih

šumskih prometnica za duljinu uža vitla od 45 ili 30 m, cjelokupan postupak otvaranja (nadogradnje postojeće sekundarne transportne mreže) treba provesti od početka. Pri tome je potrebno uvažiti troškovnu sastavnicu postupka otvaranja.

U prijašnjim je istraživanjima (Pentek i dr. 2008), na sličnim terenima (gospodarska jedinica Veprinačke šume, šumarija Opatija, UŠP Buzet) obavljena optimizacija mreže sekundarnih šumskih prometnica, za četiri odabrane duljine uža vitla: 30, 40, 50 i 60 metara. Zbog konfiguracije terena, horizontalnih prepreka, postojeće mreže sekundarnih šumskih prometnica (količine i prostornog razmještaja) te humanizacije rada, odabrana je duljina uža vitla od 40 m. Postojeća je sekundarna relativna otvorenost iznosila 78,42 %. Projektiranjem 23,03 km novih traktorskih putova, postignuta je odlična sekundarna relativna otvorenost od 90 % uz klasičnu sekundarnu otvorenost od 113,47 m/ha. Koeficijent korekcije duljine uža vitla iznosio je 20 %.

Uspoređujući dobivene rezultate s novijim istraživanjima (Pentek i dr. 2008), uz uvažavanje posebnosti pojedinih područja istraživanja, zamjetan je trend stalnog razvijanja metoda procjene postojeće i optimizacije buduće mreže sekundarnih šumskih prometnica.

ZAKLJUČCI – Conclusions

Terenska izmjera sekundarnih šumskih prometnica GPS prijemnikom uz primjenu povratne metode snimanja predstavlja dovoljno brzu i točnu metodu za uspostavu katastra sekundarne šumske prometne infrastrukture (za ucrtavanje sekundarnih šumskih prometnica na digitalne zemljovide do M 1:5.000).

Primijenjena je metodologija izrade katastra sekundarnih šumskih prometnica jamstvo daljnje uporabe jednoobraznog sustava šifriranja sastavnica na razini čitave Republike Hrvatske te predstavlja vrlo dobar alat za inventarizaciju postojećih prometnih resursa.

Izrada je katastra sekundarnih šumskih prometnica, u g.j. "Bovan-Jelar", putokaz šumarskim stručnjacima na koji način te kojim metodama treba pristupiti izradi katastra sekundarnih šumskih prometnica na razini javnog poduzeća "Hrvatske šume", d.o.o. Zagreb, a zatim i u šumama privatnih i ostalih šumovlasnika.

Koristi su od katastra sekundarnih šumskih prometnica brojne; dobivamo uvid u stvarne infrastrukturne resurse, a omogućena je i analiza kvalitete postojeće sekundarne šumske prometne infrastrukture te po potrebi definiranje smjernica daljnjeg finog otvaranja.

Katastar također može poslužiti kao dobra podloga pri odabiru izvoditelja radova koji raspolažu odgovarajućim strojevima i opremom za obavljanje istih.

Planiranje mreže sekundarnih šumskih prometnica značajno je određeno postojećom sekundarnom šumskom prometnom infrastrukturom koja često usmjerava daljnje otvaranje. Faza je planiranja, kao inicijalna faza uspostavljanja optimalne mreže sekundarnih šumskih prometnica na terenu, važna i nezaobilazna iz razloga

ušteđanja značajnih financijskih sredstava kako u izgradnji, tako i u kasnijim popravcima pojedinih sastavnica.

Pravilan odabir tehnike/tehnologije rada na određenom području (uz kvalitetno obavljeno planiranje i projektiranje) osnovni je preduvjet za uspostavljanje kvalitetne mreže primarnih i sekundarnih šumskih prometnica na terenu te racionaliziranje budućih troškova održavanja i popravaka.

LITERATURA – References

- Anderson, A. E., J. Nelson, 2004: Projecting vector-based road networks with a shortest path algorithm. *Canadian Journal of Forest Research*, 1 July 2004, vol. 34, no. 7, p. 1444–1457.
- Clark, M. M., 1998: The forest harvesting problem: Integrating operational and tactical planning. Ph.D. Diss., Auburn University., p. 150.
- Ertl, G., 1998: Shortest path calculation in large road networks, *OR Spectrum (Historical Archive)*, Volume 20, Issue 1, Mar 1998, p. 15–20.
- Jeličić, V., 1983: Šumske ceste i putevi, SIZ odgoja i usmjerenog obrazovanja šumarstva i drvne industrije SRH, Zagreb, str. 1–193.
- Karlsson, J., M. Rönnqvist, J. Bergström, 2004: An optimization model for annual harvest planning. *Canadian Journal of Forest Research*, 1 August 2004, vol. 34, no. 8, p. 1747–1754.
- Košir, B., 2000: Where to Place and Build Forest Roads — Experience From the Model. *Journal of Forest Engineering*, vol. 11 no. 1.
- LIRO Forestry Solutions, 1999: Forest Roding Manual. Logging Industry Research Organisation, Rotorua, New Zealand., p. 404.
- Murray, A. T., 1998: Route planning for harvest site access. *Can. J. for. Res.* 28:1084–1087.
- Nevečerel, H., T. Pentek, D. Pičman, I. Stankić, 2007: Traffic load of forest roads as a criterion for their categorization-GIS analysis. *Croatian Journal of Forest Engineering*. 28 (2007), 1; p. 27–38.
- Pentek, T., 2002: Računalni modeli optimizacije mreže šumskih cesta s obzirom na dominantne utjecajne čimbenike, Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 46–82.
- Pentek, T., D. Pičman, A. Krpan, T. Poršinsky, 2003: Inventory of primary and secondary forest communications by the use of GPS in Croatian mountainous forest, *Proceedings of Austro 2003 CD/DVD MEDIJ – High Tech Forest Operations for Mountainous Terrain Schlaegl*, Austrija, 5–9. 10. 2003. / Karl, Stampfer (ur.). – Viena: University of Natural Resources and Applied Life Sciences Viena, 2003, p. 1–12.
- Pentek, T., D. Pičman, I. Potočnik, P. Dvorščak, H. Nevečerel, 2005a: Analysis of an existing forest road network. // *Croatian journal of forest engineering*. 26 (2005), 1; 39–50.
- Pentek, T., D. Pičman, H. Nevečerel, 2005b: Planiranje šumskih prometnica – postojeća situacija, determiniranje problema i smjernice budućeg djelovanja. *Nova mehanizacija šumarstva*. 26 (2005); str. 55–63.
- Pentek, T., H. Nevečerel, T. Poršinsky, D. Horvat, M. Šušnjar, Ž. Zečić, 2007: Quality planning of forest road network – precondition of building and maintenance cost rationalisation. *Meeting the Needs of Tomorrow's Forests – New Developments in Forest Engineering*. Beč, BOKU, 2007.
- Pentek, T., H. Nevečerel, T. Poršinsky, D. Pičman, K. Lepoglavec, I. Potočnik, 2008: Methodology for Development of Secondary Forest Traffic Infrastructure Cadastre. *Croatian Journal of Forest Engineering*. 29 (2008), 1, p. 75–83.
- Pičman, D., T. Pentek, H. Nevečerel, 2006a: Otvaranje šuma šumskim cestama – odabir potencijalnih lokacija trasa budućih šumskih cesta. *Glasnik za šumske pokuse*. 1 (2006), Posebno izdanje 5; str. 617–633.
- Pičman, D., T. Pentek, H. Nevečerel, 2006b: Katastar šumskih prometnica – postojeće stanje, metodologija izradbe i polučene koristi. *Glasnik za šumske pokuse*. 1 (2006), Posebno izdanje 5; str. 635–646.
- Rebula, E., 1983: Optimalna gustoća traktorskih vlaka, *Mehanizacija šumarstva*, Zagreb, 8 (3–4), str. 317–321.
- Šikić, D. i dr., 1989: Tehnički uvjeti za gospodarske ceste, *znanstveni savijet za promet JAZU*, Zagreb, str. 1–40.
- Tan, J., 2000: Application of Dynamic Programming to Optimum Location of a Forest Road. *Journal of Forest Engineering*, Vol. 11 No. 2.

- Tucek, J., E. Pacola, 1999: Algorithms for skidding distance modelling on a raster digital terrain model. *Journal of Forest Engineering* 10 (1): p. 67–79.
- Yoshimura, T., K. Kanzaki, 1996: Method of planning a forest-road network using the degrees of slope failure potentials. *IUFRO XX World Congress. Proceedings of the Technical Sessions of Subject Group 3.06*: p. 103–110.
- Zdjelar, M., 1990: Utjecaj metoda gradnje traktor-skih vlaka na proizvodnost i ekonomičnost rada, oštećivanje stabala i naprezanje radnika, *Mehanizacija šumarstva, Zagreb*, 15 (1990) 1–2, str. 3–26.

ABSTRACT: For quality and rational forest ecosystem management the existence of an optimal spatial laid network of primary and secondary forest traffic infrastructure is necessary. There are different parameters for the quantitative and qualitative assessment of the existing network of forest traffic infrastructure as well as to define unopened or insufficiently open forest areas. The relative openness (primary or secondary) in combination with the GIS buffer tools, is a very effective tool in analyzing quantity and quality of primary and secondary forest roads, but also very distinct and descriptive overview of results of the analysis. Research is conducted in management unit "Bovan-Jelar" Forest office Perušić located in the mountainous region of Lika. GIS study area is formed and the cadastre of primary and secondary forest roads was established. Analysis of a secondary openness was performed of skidder type Timberjack 240 C equipped with Adler two-drum winch rope length 30, 45 and 60 m. Unopened areas are defined and, in selected subcompartments, for the length of the winch rope of 60 m, the proposed route of the future skid roads that will improve the existing secondary forest roads network. Secondary openness analysis is performed again and obtained results are compared with the current state of secondary openness.

Key words: relative openness, road density, secondary forest roads, planning, hilly area, GIS