

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 doseganju 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.

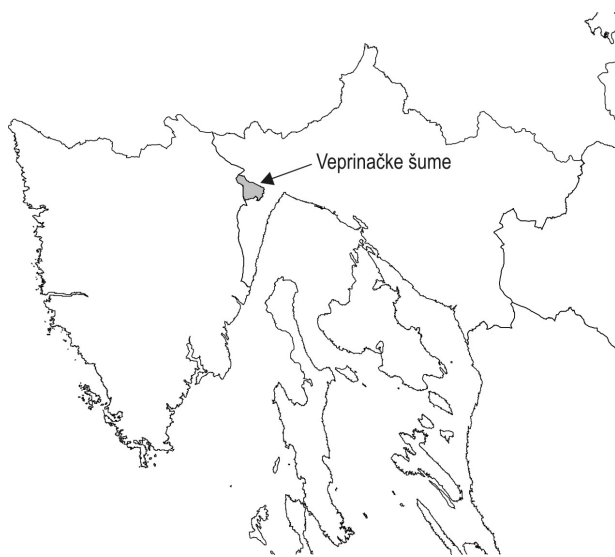
Prvi korak koji je potrebno napraviti prije početka postupka otvaranja određenoga šumskoga područja raščlamba je postojeće mreže kako primarnih tako i sekundarnih šumskih prometnica. Kako bi se proveo postupak raščlambe, potrebno je imati katastar primarnih i sekundarnih šumskih prometnica u digitalnom 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 m/ha, odnosno 16,78 m/ha, ako u obračun uzmemo staru talijansku javnu cestu s gornjim strojem izgrađenim od tucanika. Sekundarna otvorenost iznosi 101,94 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 istraživana 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).

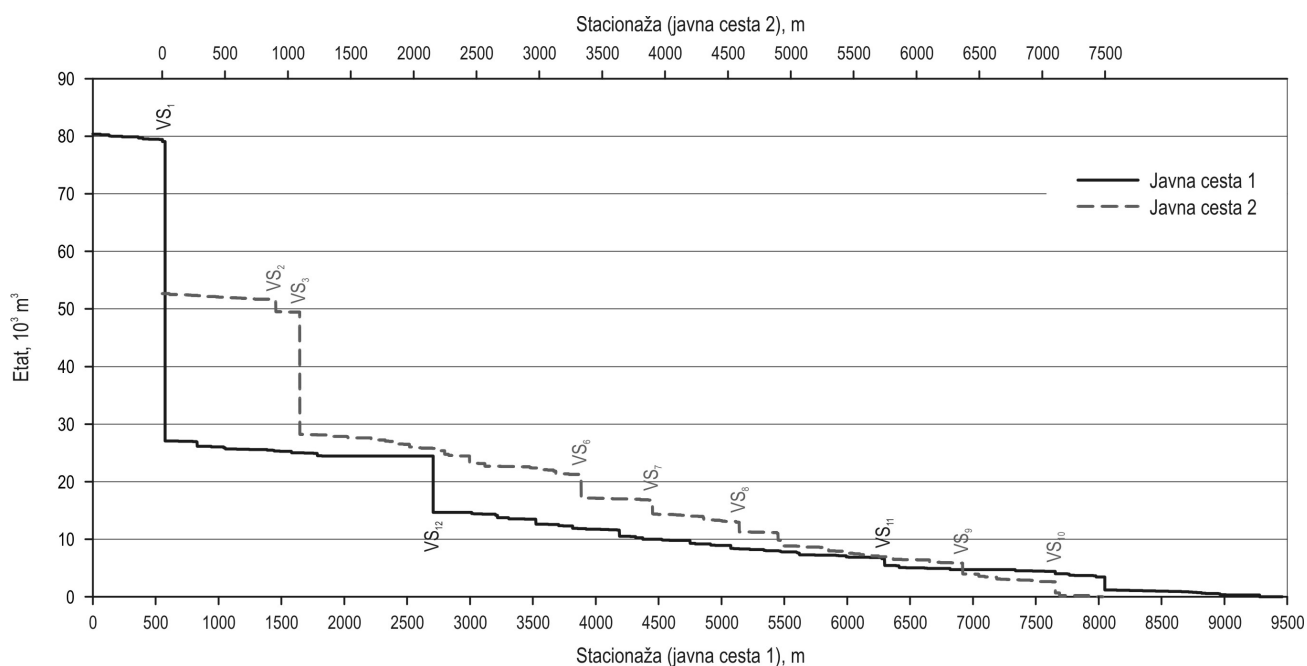
Vrijednosti su neto mase izvezenoga drvnoga obujma izračunate prema izvezenomu etatu svake od cesta na njezinoj početnoj stacionaži, pri čemu je za preračun mase iz obujma korištena prosječna obujamna težina bukve u sirovom stanju od 1,07 t/m³ (Anon. 1966). Broj je kamionskih tura (n) ukupan broj prolazaka 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:

$$n = \frac{m_{\text{net}}}{(m_{\text{max}} - m_{\text{ts}})} \cdot 2 \quad (1)$$

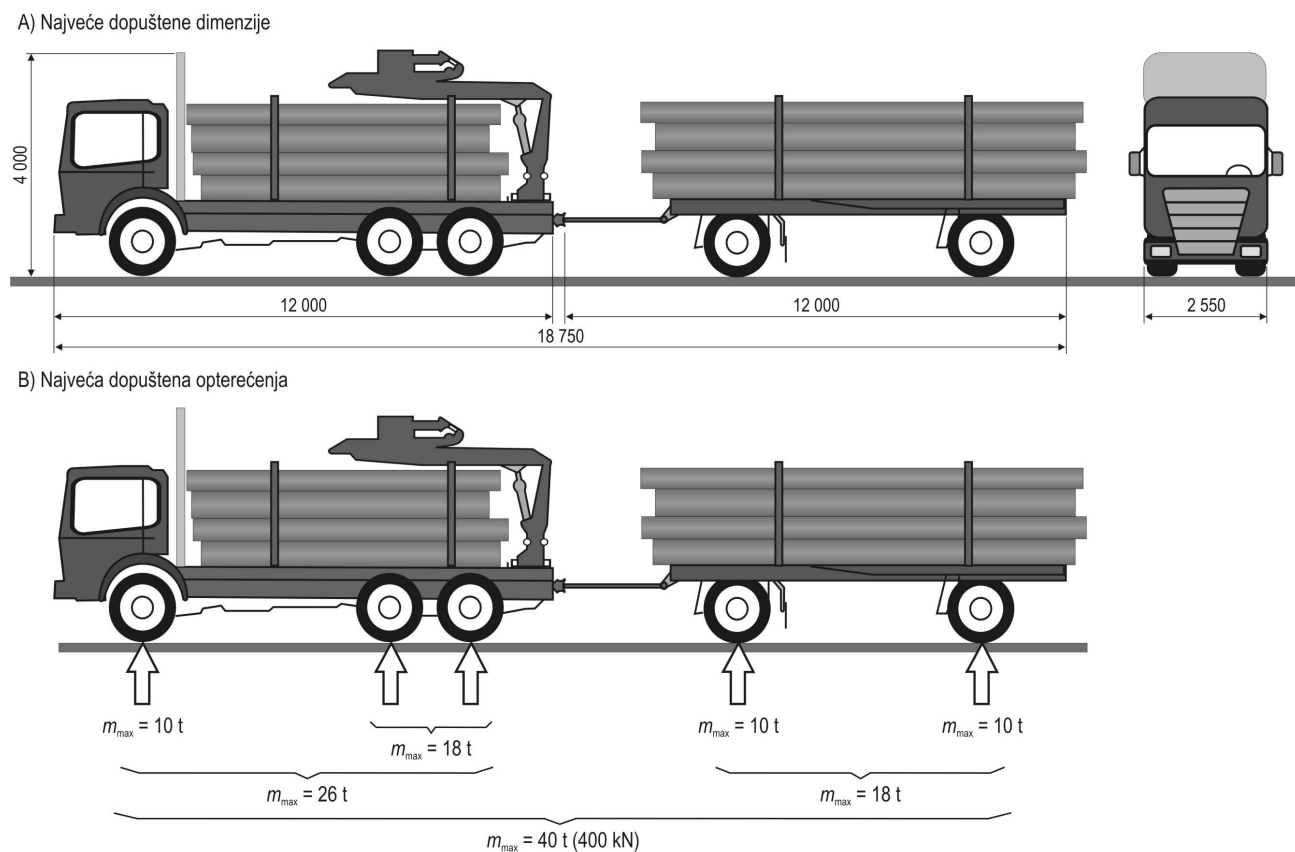
m_{net} – neto masa, t

m_{max} – najveća dopuštena masa, t

m_{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 ³	%	%	%	%	m ³	m ³
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

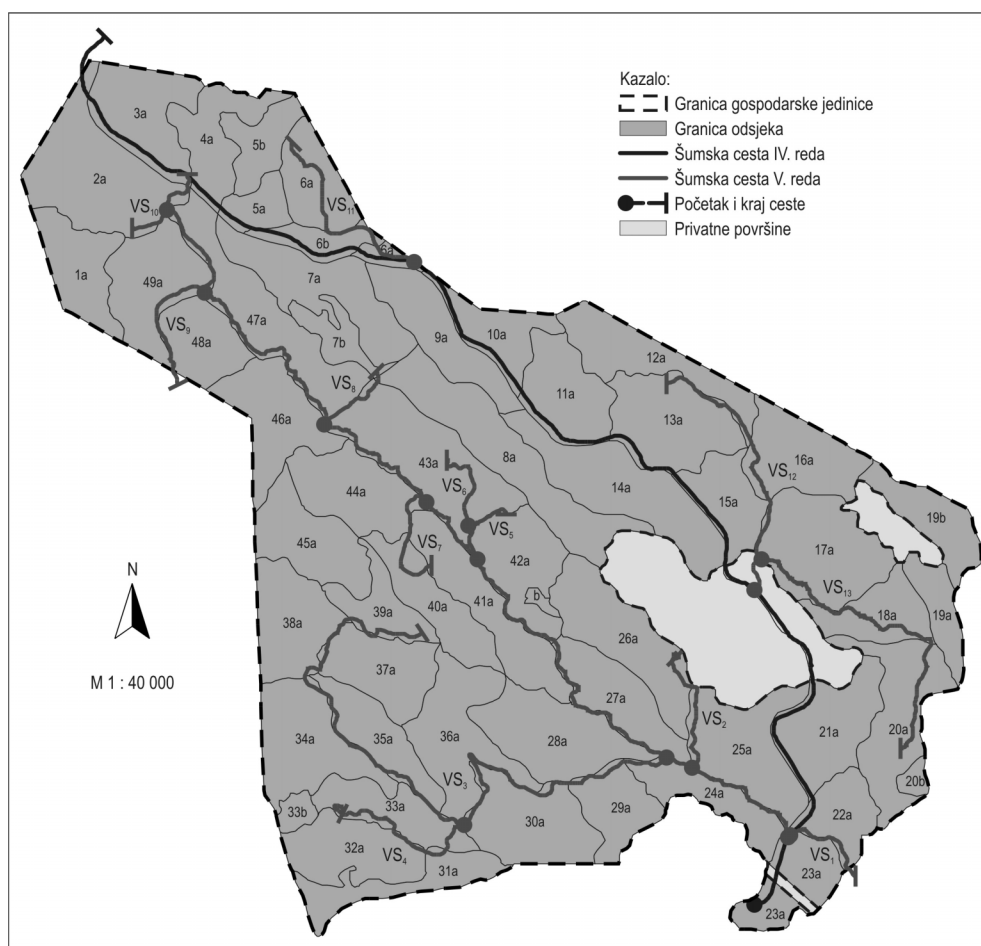
Odsjek	Površina	Etat	Otvorenost			Neotvorena područja	Drvo koje gravitira	
			traktorski putovi	javne i šumske ceste	ukupno		traktorskim putovima	javnim i šumskim cestama
	ha	m ³	%	%	%	%	m ³	m ³
38a	37,16	1.611,00	11,38	7,22	18,60	81,40	1.494,71	116,29
39a	20,86	1.745,25	61,38	22,62	84,00	16,00	1.350,48	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 ³		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 ³	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 ₁	460,32	493	84	1680	46	1354
Šumska cesta VS ₂	1821,63	1949	328	6586	184	5394
Šumska cesta VS ₃	21226,85	22713	3830	76861	2134	62668
Šumska cesta VS ₄	3348,02	3582	604	12122	336	9873
Šumska cesta VS ₅	2242,89	2400	404	8112	226	6631
Šumska cesta VS ₆	4074,09	4359	734	14737	410	12036
Šumska cesta VS ₇	2374,73	2541	428	8592	238	6997
Šumska cesta VS ₈	1200,44	1284	216	4338	120	3531
Šumska cesta VS ₉	1837,57	1966	332	6660	184	5411
Šumska cesta VS ₁₀	1957,48	2095	354	7099	196	5764
Šumska cesta VS ₁₁	1190,10	1273	214	4299	120	3520
Šumska cesta VS ₁₂	9774,46	10459	1764	35398	984	28882
Šumska cesta VS ₁₃	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