

ODREĐIVANJE OPTIMALNOG PROSTORNOG RASPOREDA MREŽE SEKUNDARNIH ŠUMSKIH PROMETNICA

DETERMINATION OF OPTIMAL SECONDARY FOREST ROAD NETWORK LAYOUT

Dževada SOKOLOVIĆ¹, Dragutin PIČMAN², Ahmet LOJO³, Safet GURDA¹, Muhamed BAJRIĆ¹, Haris KOLJIĆ⁴

Sažetak

Određivanje prostornog rasporeda sekundarnih šumskih prometnica predstavlja jedan od osnovnih parametara za određivanje optimalne otvorenosti odjela. Za što kvalitetniju izradu studije otvorenosti odjela, primijenjeni su moderni instrumenti, softveri i metode u postupku prikupljanja i analize terenskih i sastojinskih čimbenika, te analize postojeće sekundarne mreže. Ove analize su neophodne za pravilno i opravdano projektiranje novih i optimizaciju postojećih elemenata sekundarne prometne mreže u odjelu. Također, obrađena je problematika s tehničkog, ekološkog i ekonomskog gledišta privlačenja te funkcija sekundarne mreže u istom.

Značajan segment rada predstavlja analiza kvantitativnih i kvalitativnih obilježja postojeće mreže u odjelu 94/1 G.J. "Šiša-Palež" Š.P.P. "Ključko". Analiza kvantitativnih obilježja rađena je na temelju prethodno snimljenih elemenata sekundarne mreže pomoću GPS uređaja i njihove obrade u GIS-u. Na ovaj se način planirala sekundarna mreža, te uz pomoć GIS alata i analiza došlo se do podataka na temelju kojih su izračunati parametri otvorenosti i kreirale se odgovarajuće tematske karte. Slijedom toga planirao se uzorak za procjenu kvalitativnih obilježja postojećih elemenata sekundarne mreže. Ove informacije imale su veliko značenje u fazi optimizacije postojeće mreže prometnica te izrade varijante I.

KLJUČNE RIJEČI: sekundarne šumske prometnice, sekundarna otvorenost, planiranje šumskih prometnica, GPS i GIS.

Uvod Introduction

Sekundarnu prometnu mrežu čine objekti čiji je osnovni cilj da otvore šumu i šumsko zemljište, tako da se planirane šumarske aktivnosti realiziraju na način da troškovi i štete, ponajprije u iskorištavanju šuma (fazi privlačenja šumskih

drvnih proizvoda) budu najmanje, a produktivnost i ekonomičnost najveća. Osim u iskorištavanju šuma važnost sekundarne mreže je i u dopremi sadnog materijala, kao i za druge potrebe iz područja uzgajanja šuma, zaštite šuma kao fizička barijera u širenju požara te omogućava kretanje ljudi i vozila za gašenje požara i slično.

¹ Doc. dr. sc. Dževada Sokolović (dzsokolovic@yahoo.com), Dr. sc. Muhamed Bajrić, (bajric_muhamed@yahoo.com), Prof. dr. sc. Safet Gurda, (safetgurda@yahoo.com), Šumarski fakultet, Univerziteta u Sarajevu, Katedra za iskorištavanje šuma, projektovanje i građenje u šumarstvu i hortikulturi, Zagrebačka 20, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina

² Izv. prof. dr. sc. Dragutin Pičman, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, Zagreb, e-mail: dpicman@sumfak.hr

³ Doc. dr. sc. Ahmet Lojo, Šumarski fakultet, Univerziteta u Sarajevu, Katedra za uređivanje šuma i urbanog zelenila, Zagrebačka 20, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina, e-mail: ahmetlojo@yahoo.com

⁴ Haris Koljić BSc. šumarstva, ul. Rejzovići bb, 79280 Ključ, e-mail: hariskoljic@hotmail.com



Slika 1. A – traktorski put, B – traktorska vlaka, C – animalna vlaka (foto Koljić, H)

Figure 1 A – Skid road, B – Tractor path, C – Animal path

Osnovne vrste sekundarne mreže u Bosni i Hercegovini su traktorski putovi, traktorske vlake i animalne vlake (slika 1).

Prema Pičmanu (2007) traktorski putovi su glavni sekundarni putovi koji kreću od kamionskog puta i razvijaju se duboko po šumskoj površini s koje drvo treba prevoziti. Traktorske vlake predstavljaju ogranke traktorskog puta, najdublje prodiru u šumu, a izgrađuju se kako bi se smanjila udaljenost privlačenja i ukupnih troškova. Animalne vlake su dio sekundarne mreže prometnica koje služe u svrhu privlačenja drveta pomoću animala. Nastaju bez građevinskih radova na način da se vrši samo prosijecanje prethodno utvrđene trase.

Traktorski putovi i animalne vlake predstavljaju jedan od najznačajnijih čimbenika za provođenje planiranih biotehničkih mjera gospodarenja šumama. U proizvodnom procesu iskorištavanja šuma, na smanjivanje ukupnih troškova najviše se može utjecati investicijskim ulaganjem u bolja sredstva rada, a tu je najvažnija sekundarna mreža prometnica.

Za gradnju traktorskih putova potrebno je 10 do 30 puta manje financijskih sredstava nego za istu dužinu kamionskog puta (Jeličić, 1983). Manje investiranje u gradnju odražava se na moguće veće ekološke posljedice, zbog čega je neophodna njihova sanacija nakon eksploatacije.

Prema Zakonu o šumama FBiH 2002. godine, sekundarna mreža prometnica mora biti održavana. Međutim, ne postoji pravilnik o održavanju sekundarne mreže prometnica gdje bi se preciziralo što se pod održavanjem podrazumijeva. Nepostojanjem pravilnika o planiranju, izgradnji i održavanju šumskih prometnica daje se sloboda djelovanja, poduzećima šumarstva, izvođačima radova u fazi sječe i privlačenja ŠDP i organima vlasti – inspekciji.

Različite mreže traktorskih putova imat će kao rezultat različite ukupne troškove, čime se faza planiranja otvaranja šuma sekundarnom mrežom nameće kao neophodna.

Problematika istraživanja

Problems of research

Optimizacija izgradnje sekundarne mreže šumskih prometnica razmatrana je na različite načine i s različitih gledišta, tako Klemenčić (1939) koristi ukupne troškove otpreme kao parametar da ocijeni da li se mreža šumskih putova nalazi u optimalnom stanju. Pod troškovima otpreme podrazumijeva troškove privlačenja, gradnje transportnog sredstva i izvoza.

Petrović (1961) za parametre otvorenosti šuma koristi optimalnu gustoću i optimalan razmak šumskih putova i daje obrasce za isto.

Popović i Nikolić (1968) koriste troškove kao parametar i smatraju da se pri minimalnim troškovima transporta drvnih sortimenata za određenu dužinu putova u odjelu, mreža putova nalazi u optimalnom stanju.

Jeličić (1969, 1984) daje obrazac za optimalan razmak između šumskih putova i koristi apsolutnu otvorenost prilikom ocjene mreže putova. Također, računa troškove gradnje putova i troškove privlačenja za određeni stupanj otvorenosti putova, te smatra da se mreža putova nalazi u optimalnom stanju kad su minimalni troškovi za određenu apsolutnu otvorenost.

Pičman i Pentek (1998) u izračunu otvorenosti šuma koriste se relativnom otvorenošću kao jednim od parametara za ocjenu optimalne mreže putova.

Prema Koširu (2000) od iznimne je važnosti analiza terenskih podataka i njihov utjecaj na različite faze proizvodnje.

Pičman et. all (2005) pri utvrđivanju stanja mreže šumskih prometnica koriste apsolutnu, relativnu otvorenost i koeficijent učinkovitosti otvaranja kao parametre otvorenosti odjela.

Pičman i dr. (2006) i Pentek i dr. (2007) obrađuju uspostavu katastra šumskih prometnica, koji između ostalog omogućuje kvalitetno primarno i sekundarno otvaranje neotvorenih i nedovoljno otvorenih površina, planiranje i kontrolu troškova izgradnje i popravka traktorskih putova.

U današnje vrijeme za prikupljanje i analizu podataka koriste se različiti instrumenti i softveri koji imaju utjecaja na planiranje sekundarne mreže prometnica. Uz pomoć istih nastoje se prikupiti podaci koji daju pravu sliku čimbenika terena i sastojine u odjelu, a koji će poslužiti da se donesu pravilna rješenja u smislu izbora optimalne tehnologije rada u fazi privlačenja i u smislu projektiranja i realizacije optimalne mreže prometnica u odjelu.

Chung, W., and Sessions, J., (2001), izrađuju idejne trase mreže putova, pomoću heurističkih metoda rješavanja. Determinacija lokacija za trase putova zasniva se na tehničkim elementima, drvnjoj masi, transportnim troškovima i topografskim uvjetima. Prvo se dizajnira glavni traktorski put, a zatim se od njega granaju ostali traktorski putovi. Ovaj rad predstavlja kompjuteriziranu metodu za stvaranje dobrih alternativnih rješenja za mreže šumskih putova, koristeći DTM. Autori zaključuju da će dobro osmišljena mreža putova i plan sječe utjecati na smanjivanje šteta u okolišu i visinu troškova u iskorištavanju šuma.

Lotfalian, M., Kooch, Y., and Sarikhani, N. (2008) u svom radu postavljaju cilj istraživanja, a to je određivanje optimalne otvorenosti putova u jednoj pokrajini u Iranu. U istraživanju se pretpostavlja da se učinkoviti čimbenici u ukupnim troškovima transporta mogu odrediti pomoću matematičkog i grafičkog modela. Manjim troškovima privlačenja i manjim troškovima za gradnju putova može se dobiti optimalna gustoća putova.

Abdi1, E. et al (2009), pomoću GIS metoda i tehnika planiraju mrežu šumskih putova kreiranom procedurom nazvanom MCE (procjena kroz više kriterija – Multi-criteria Evaluation). Prvi korak u MCE analizi je utvrđivanje kriterija. Izdvojeno je šest čimbenika koji su bitni kod cijene gradnje šumskog puta: nagib, tlo, geologija, nadmorska visina, stanište i volumen. Jedna od najpoznatijih procedura za MCE je WLC (kombinacija težinskih koeficijenata – Weighted linear combination). Jedna od ArcView GIS ekstenzija, zvana PEGGER model koji automatizira putnu projekciju, korišten je za dizajniranje šest alternativnih putnih mreža, zadržavajući standardne propise izgradnje šumskih putova.

Hasmadi, M., et al. (2010) pomoću GIS tehnika planiraju mrežu šumskih putova i zaključuju da ceste planirane pomoću GIS tehnike imaju manje utjecaja na okoliš i propadanje šuma, jer su osjetljiva područja na velikim nagibima terena izbjegnuta.

Odabir optimalne tehnologije rada u fazi privlačenja šumskih drvnih proizvoda i uspostava optimalne mreže prometnica u odjelu ima veliko značenje za šumarstvo koje gospodari tim šumama, šumu kao prirodni objekt i širu društvenu zajednicu.

Šumarska operativa nastoji ostvariti planirane poslove sa što nižim troškovima. Zna se da je faza privlačenja najsku-

plja faza u iskorištavanju šuma, koja šumariju opterećuje s najvećim troškovima. Prema istraživanju Delić et al., (2006) za J. P. "Unsko-sanske šume" troškovi djelatnosti iskorištavanja šuma sudjeluju s 52,20 % od ukupnih troškova. U okviru ovih troškova, troškovi sječe, izrade i izvoza sudjeluju s 57,20 % i imaju karakter izravnih troškova. Samim time je itekako bitno riješiti pitanje optimalne tehnologije u fazi privlačenja i optimalne otvorenosti odjela.

Imajući u vidu navedeno, u ovome radu nastoje se ponuditi odgovarajuća rješenja kada je u pitanju projektiranje optimalne sekundarne mreže prometnica u odjelu.

Razdioba i tehničke značajke sekundarnih šumskih prometnica u BiH

Distribution and technical characteristics of secondary forest roads in BiH

Tehnički elementi traktorskih putova određeni su vrstom i tehničkim karakteristikama sredstava rada, te oblikom i dimenzijama tereta. Zato traktorski putovi moraju biti projektirani i izgrađeni, kako bi određeno sredstvo rada (stroj) u fazi privlačenja drveta ostvarilo najveće moguće radne učinke (ekonomsko gledište) uz minimiziranje šteta u obavljanju istog (ekološki gledište), te osiguranju normalnog i sigurnog rada radnika (sociološki gledište).

Prema ŠPO za šumsko-privredno područje "Ključko" (2000) maksimalni uzdužni nagib kod privlačenja niz brdo može iznositi do 45 % (ako teren nije podložan eroziji), dok je maksimalni uzdužni nagib kada je u pitanju vožnja uzbrdo 20 %.

Uzdužni nagib traktorskih putova ne treba prelaziti 16 %, ako se uzme u obzir erozivno djelovanje vode i dugoročno korištenje. Ipak uzdužni nagib može biti i do 30 %, što ovisi o vrsti traktora, vremenskim uvjetima te strukturi i nosivosti zemljišta (Jeličić, 1983).

Širina planuma traktorskih putova je za 1–1,25 m veća od širine traktora i za zglobne traktore iznosi 3,4–3,6 m. Za odvodnju površinske vode s traktorskih putova preporučuje se izvođenje poprečnog nagiba u smjeru padine 3–5 %.

Poprečni nagib traktorskih putova ne smije biti veći od 14 %, kod paralelno i koso položenih putova u odnosu na izohipse, jer u suprotnom može doći do zanošenja tereta i prevrtanja traktora (Kulušić, 1977).

Na traktorskim putovima radijusa manjeg od 50 m, daje se proširenje koje se računa po empirijskom obrascu:

$$p_k = \frac{10}{r}$$

gdje je:

p_k – proširenje planuma u krivinama, m

r – radijus krivine, m.



Slika 2. Prikaz klasa dubine pedološkog sloja: A¹ – Klasa I: Izrazita dubina pedološkog sloja, B – Klasa II: Srednja dubina pedološkog sloja, C – Klasa III: Plitak pedološki sloj

Figure 2 Showing class depth of soil layer: A – Class I: to express the depth of soil layer, B – Class II: Medium depth of soil layer C – Class III: a shallow layer of pedological

Cilj i metode istraživanja

Aim and research methods

Cilj istraživanja je analiza mogućnosti primjene novih metoda i tehnologija u postupku uspostavljanja optimalnog stanja prometnica u odjelu s obzirom na ekonomsko, ekološko i tehničko gledište.

Za postizanje postavljenog cilja potrebno je provesti sljedeće zadatke:

- analiza terenskih i sastojinskih čimbenika,
- analiza postojeće sekundarne mreže prometnica,
- formiranje optimalne sekundarne mreže prometnica – optimizacija.

U okviru analize postojeće sekundarne mreže prometnica u odjelu definirana je sljedeća hipoteza: Sekundarna mreža prometnica u analiziranom odjelu ne nalazi se u optimalnom stanju.

Terenska prikupljanja kvantitativnih podataka

Terrain collecting quantitative data

Sekundarna mreža prometnica u odjelu snimana je pomoću GPS uređaja Magellan Explorist 210 kretanjem po traktorskom putu u dva smjera (naprijed i nazad). Nakon što je snimanje trasa traktorskih putova završeno, za prebacivanje podataka na osobno računalo koristio se računalni program EXPERTGPS 4.52. U istom programu izvršeno je konvertiranje podataka u "SHP format", koji je primjenjiv za WIN-GIS.

Terenska prikupljanja kvalitativnih podataka

Terrain collecting qualitative data

Prilikom snimanja kvalitativnih karakteristika traktorskih putova izabran je razmak između stacionarnih točaka od 200 m. Prva stacionarna točka od koje se vrši raspored (odmjeravanje) ostalih točaka, odredit će se uz pomoć Microsoft Excela 2007 tako što će se generirati slučajni broj koji predstavlja stacionažu prve točke uzorka.

Mjerenje širine traktorskog puta izvršeno je mjernom vrpcom, odmjeravanjem horizontalne udaljenosti između rubova puta koja je okomita na njegovu os.

Dubina pedološkog sloja određena je na bazi procjene. U tu svrhu izrađene su tri klase dubine pedološkog sloja (slika 2):

klasa I – izrazita dubina sloja, jako dubok sloj tla gdje bi se u nepovoljnim vremenskim prilikama nakon prolaska traktora pojavili kolotrazi, ali na površinu ne bi izbio matični supstrat;

klasa II – srednje dubok sloj je takav, da matični supstrat prekriva sloj zemljišta koji bi u nepovoljnim uvjetima (u stanju velike vlažnosti) nakon višestrukog prolaska traktora bio narušen ("oguljen"), a u povoljnim uvjetima bi zadržao svoj prirodan oblik i stabilnost;

klasa III – tanak sloj je takav, da u znatnoj mjeri izbija matični supstrat na površinu uz zanemarivo malu količinu tla. U nepovoljnim vremenskim uvjetima traktor bi mogao nastaviti s radom na ovom putu, jer se neće pojavljivati veće štete zbog tankog sloja tla koji se pojavljuje mjestimično.

Tablica 1. Terenski obrazac za prikupljanje kvalitativnih podataka o traktorskom putu

Table 1. The manual for collecting of qualitative data about the skid road

Oznaka traktorskog puta Designation skid road						
Broj profila Number of profiles	1	2	3	4	5	6
Podaci koji se prikupljaju na stacionarnim točkama Data collected on stationary points						
Širina traktorskog puta Width skid road						
Dubina pedološkog sloja Depth of soil layer						
Podaci koji se prikupljaju na elementarnoj površini Data collected on elementary surface						
Stanje traktorskih putova Conditions skid road						
Uzdužni nagib traktorskog puta Longitudinal slope skid road						

Sve snimljene deformacije nastale na planumu traktorskih putova opisane su i razvrstane u tri klase:

- traktorski put bez deformacija,
- prisutne udarne rupe na traktorskom putu,
- prisutni kolotrazi na traktorskom putu.

Uzdužni nagibi traktorskih putova na elementarnoj površini utvrđeni su pomoću padomjera, a na osnovi njih odredit će se stupanj prohodnosti traktorskog puta i ispitati mogućnost pojave štete na njima.

Za prikupljanje kvalitativnih podataka o traktorskom putu izrađen je terenski obrazac (tab. 1).

Obrada podataka

Data processing

Kreiranjem odgovarajućih tematskih karata u WinGis 2003 softveru utvrđeni su: nagib terena, prostorni raspored doznanih stabala po radnim poljima i gravitacijskim zonama, duljine traktorskih putova, površina odjela, površina otvorenih, neotvorenih i neučinkovitih površina (mrtve zone i površine izvan odjela).

Na temelju broja radnih dana, predviđenih sredstava rada i troškova rada (materijalnih troškova i troškova radne snage) izraženih u €/RD obračunati su ukupni izravni troškovi rada. Jedinični izravni troškovi rada obračunati su dijeljenjem ukupnih izravnih troškova s obimom posla predviđenog sredstva rada.

Ukupni i jedinični troškovi izgradnje traktorskih putova obračunati su na temelju normi rada dozera, duljine novo projektiranih traktorskih putova i jedinične cijene rada dozera. Na bazi dnevnih normi rada i doznane drvene mase izračunat je potreban broj radnih dana za realizaciju faze privlačenja šumskih drvnih proizvoda.

Ukupni i jedinični troškovi sanacije traktorskih putova obračunati su na temelju normi rada dozera prilikom sanacije traktorskih putova, dužine oštećenih traktorskih putova i jedinične cijene rada dozera, uz pretpostavku da je norma rada dozera prilikom sanacije traktorskih putova za 50 % veća od norme rada dozera prilikom izgradnje traktorskih putova.

Za definiranje kategorije uvjeta rada i obračun normi za sve radove u iskorištavanju šuma korištene su "Norme rada u iskorištavanju šuma, šumsko uzgojnih radova i tehničkog održavanja mehaniziranih sredstava" (ŠPD "Sarajevo šume" d.o.o., 2005). Utvrđeno je da uvjeti rada u fazi privlačenja šumskih drvnih proizvoda zglobnim traktorom i animalnom vučom spadaju u III kategoriju.

Područje istraživanja

Research area

Za analizu sekundarne mreže putova izabran je odjel 94/1, G.J. "Šiša-Palež" koja se nalazi u sklopu Š.P.P. "Ključko". Na istraživanom području šume pripadaju gospodarskoj klasi 1201 (šume bukve i jele na pretežno dubokim kalkokambisolu i luvisolu i njihovim kombinacijama na jedrim vapnencima i dolomitima). Matični supstrat na ovom području čine vapnenci i to rudistički krečnjaci gornje krede. U većem dijelu odjela formirano je smeđe zemljište slabo kisele reakcije. Za ovu gospodarsku klasu predviđen je skupina-sto-preborni sustav gospodarenja. Provođenjem ovog sustava gospodarenja u odjelu 94/1 doznano je ukupno 2115 stabala ili 35 stabala po hektaru. Ukupno doznana drvena masa krupnog drveta iznosi 4148,12 m³ ili 67,78 m³ po hektaru. Intenzitet sječe bio je 4 % za četinjače i 19 % za listače. Prosječni volumen doznane stabla je 1,96 m³

Ekspozicija u odjelu je raznovrsna, a ona koja prevladava je sjeveroistok i zastupljena je na približno 64 % površine odjela. Prosječna vrijednost nagiba u odjelu iznosi 33,45 %, a maksimalna vrijednost 95,69 %. Najniža točka nalazi se na nadmorskoj visini 620 m, a najviša na nadmorskoj visini 686 m.

Analiza sekundarne mreže prometnica određivana je kroz terensko prikupljanje podataka i njihovu obradu.

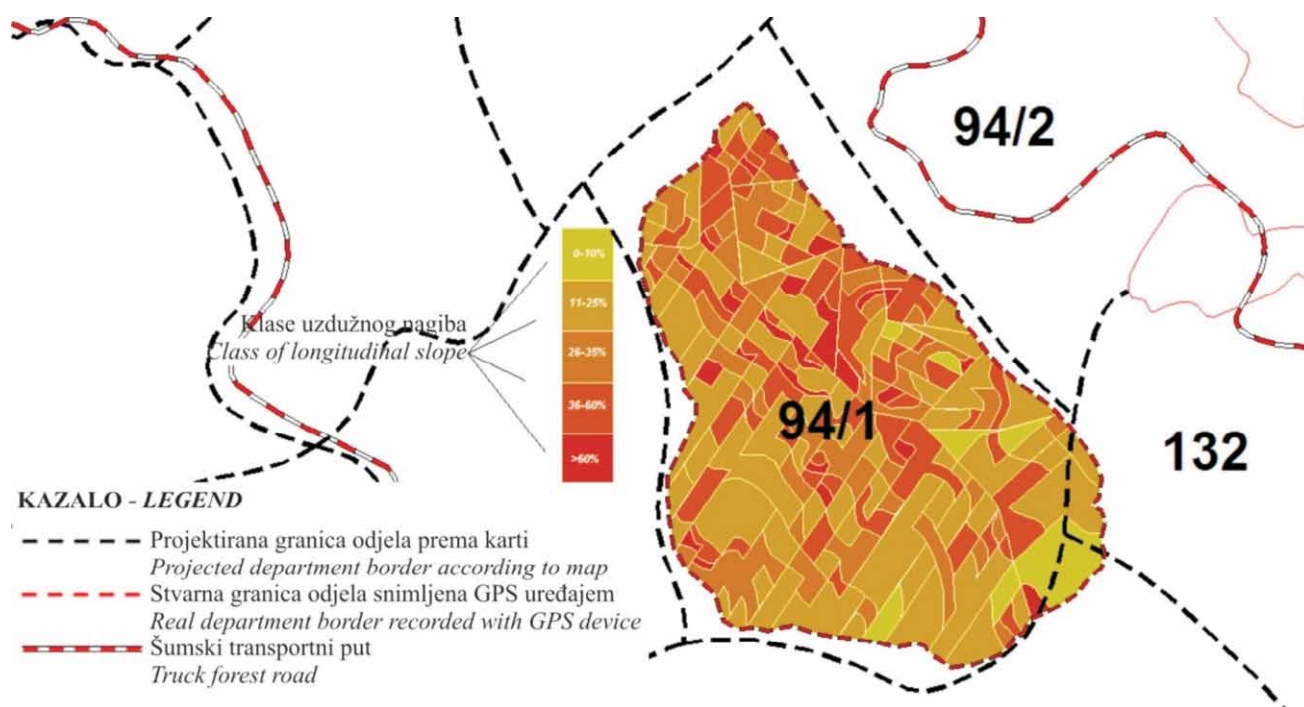
Rezultati istraživanja

Research results

1. Analiza terenskih i sastojinskih faktora – Analysis of terrain and ingredients factors

Utvrđivanje klasa nagiba terena – Determining class terrain slope

Tip uzorka koji je primjenjivan za procjenu nagiba terena je jednostavan slučajni uzorak oblika vizurnih dužina na međusobnoj udaljenosti od 40 m. Nagib terena je određen



Slika 3. Klase nagiba terena
Figure 3. Classes a slope of terrain

pomoću GIS alata mjerenjem udaljenosti između dvije izohipse, pri čemu ekvidistanca ostaje ista. Karta nagib terena prikazana je na slici 3.

Kriteriji o kojima se vodilo računa prilikom formiranja klasa nagiba terena je tip traktorskih putova koji je moguće uspostaviti na istim, sa svim njihovim njihovim specifičnostima.

Prema Ljubojeviću (2010) razlikujemo nekoliko tipova mreža koje se uspostavljaju na različitom nagibu terena:

- tereni nagiba do 10 % – primjenjuje se shematski raspored traktorskih putova, obično u obliku pravokutnika i kvadrata,
- tereni nagiba do 25 % – traktorski putovi se obično vode okomito na izohipse,
- tereni nagiba od 25–35 % – traktorski putovi se vode koso po izohipsama,
- tereni nagiba 35–60 % – glavni traktorski put vodi se koso po izohipsama, dok se bočni putovi razvijaju paralelno sa izohipsama,
- tereni nagiba iznad 60 % – predstavljaju u određenom smislu gornju granicu izgradnje traktorskih putova.

Na osnovi ovih kriterija, nagib terena u odjelu 94/1 je razvrstan u klase (tab. 2).

Na osnovi slike 3 i tablice 2, može se zaključiti sljedeće:

Svi dijelovi odjela su pogodni za otvaranje mrežom traktorskih putova, izuzev središnjeg dijela odjela u kojemu je koncentriran određen broj zona na kojima nagib prelazi 60 %.

Udio površina na kojima je nagib terena manji od 60 % iznosi 94,88 %.

Udio zona u ukupnoj površini odjela na kojima nagib iznosi preko 60 % iznosi 5,12 % površine odjela (3,06 ha), (na slici 3 prikazano crvenom bojom).

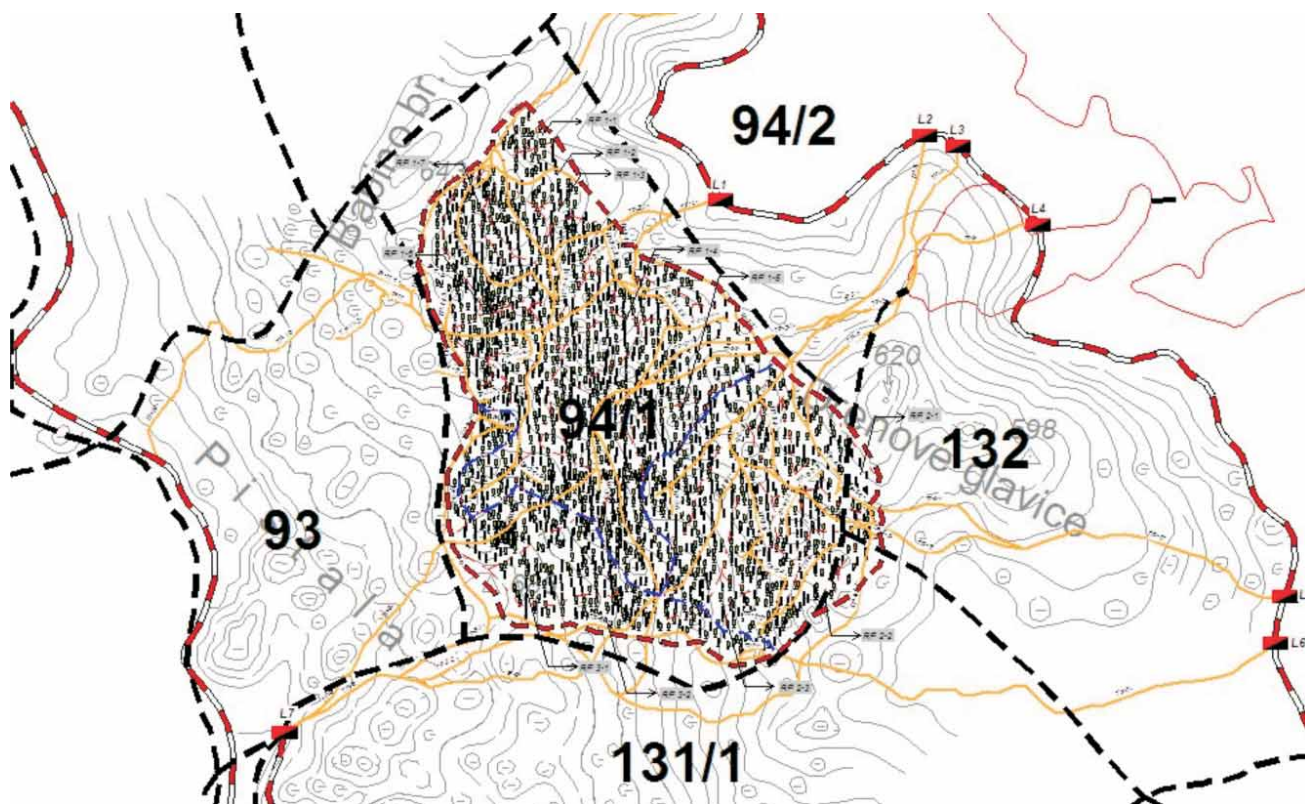
Potrebu za uvođenjem drugog sredstva rada (npr. animalna vuča) u fazi privlačenja drva, isključivo zbog nagiba terena, možemo okarakterizirati kao neprihvatljivom.

Položaj doznačenih stabala – Marked trees position

U ovom odjelu nalaze se i doznačene su: bukva, jela i smreka. Na najvećem dijelu površine zastupljena su bukova stabla

Tablica 2. Podaci o udjelu klasa nagiba
Table 2. Data about classes of slope share

Klase nagiba terena Classes a slope of terrain	Udio u površini odjela Share in the area department	
	apsolutni absolute	relativni relative
	ha	%
0–10 %	3,57	5,97
11–25 %	28,75	48,06
26–35 %	11,82	19,76
36–60 %	12,62	21,10
> 60 %	3,06	5,12
Ukupno – Total	59,82	100



Slika 4. Položaj doznačenih stabala
Figure 4. Marked trees position

većih dimenzija s velikim razmakom između stabala (što je uočeno prilikom snimanja traktorskih putova u odjelu i prilikom rekognosciranja terena). U zapadnom dijelu odjela nalaze se grupe sa stablima jele i smreke. Ovaj dio sastojine karakterizira puno manji razmak između stabala i veći broj stabala po jedinici površine.

Prema Izvedbenom projektu (2011) za odjel 94/1 ukupan broj doznačenih stabala iznosi 2115, od čega je četinjača 259 (490,18 m³), a listača 1856 (3657,94 m³). Sustav iskorištavanja šuma koji će se primijeniti u odjelu je sortimentna metoda. U ovome radu projektirali smo elemente tehnološkog račlanjenja odjela na bazi utvrđenih faktora terena i sastojine i elemenata sekundarne mreže prometnica. Projektirane su transportne granice, gravitacijske zone i radna polja.

2. Analiza postojeće mreže traktorskih prometnica u odjelu 94/1 – Analysis of the existing skid road network in the department 94/1

Kvantitativni pokazatelji traktorskih putova – Quantitative indicators of skid roads

Elementi sekundarne mreže prometnica u odjelu 94/1 snimani su pomoću GPS uređaja MAGELLAN EXPLORIST 210 tijekom travnja 2012. godine (slika 5).

Za oznaku traktorskih putova korišten je simbol [TP], obrojčavanje je vršeno pomoću simbola [-X-], gdje [X]

označava broj traktorskog puta. U koliko se traktorski put grana, svaka grana je označavana simbolom [-X-], gdje [X] označava broj grane i nadovezana je na početnu oznaku.

Na temelju ukupne duljine traktorskih putova izračunata je apsolutna klasična otvorenost odjela pomoću sljedeće formule:

$$O_{tp} = \frac{D_{tp}}{P_{od}}$$

gdje je:

O_{tp} – otvorenost odjela traktorskim putovima, m/ha

D_{tp} – ukupna duljina svih traktorskih putova koji se nalaze u odjelu, m,

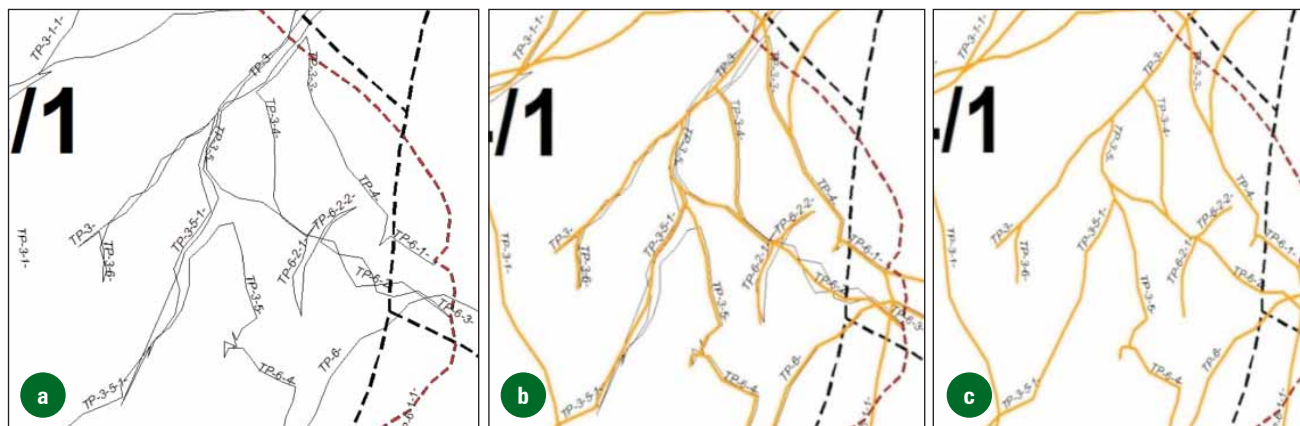
P_{od} – površina odjela, ha.

Postojeća klasična sekundarna otvorenost iznosi 201,35 m/ha.

U Bosni i Hercegovini preporučuje se gustoća traktorskih putova 100 m/ha, a kada se radi o prebornoj sječi i do 200 m/ha (Jeličić, 1983).

Relativna otvorenost izračunata je metodom kreiranja "bafera", gdje se u "bafer" uzimala duljina užeta na vitlu skidera Timberjack 240C od 60 m, te pomoću matematičke formule:

$$O_R = \frac{P_O}{P_{od}} \cdot 100$$



Slika 5. Prikaz postupka iscertavanja konačne linije koja predstavlja traktorski put: A – Izgled traktorskih putova nakon prebacivanja sa GPS u GIS, B – Iscrtni traktorski putovi, C – Konačna linija koja predstavlja traktorski put

Figure 5. The procedure for drawing a final line that represents skid road:

A – Appearance openness after switching from GPS to GIS B – Dashed skid roads, C – Final line that represents skid road

gdje je:

O_R – relativna otvorenost, %

P_O – otvorena površina odjela, ha

P_{od} – površina odjela, ha

Relativna otvorenost iznosi 87,36 % i prema klasifikaciji Penteka (2002) okarakterizirana je kao "vrlo dobra otvorenost" te pokazuje da je 87,36 % površine odjela 94/1 dostupno za privlačenje izrađenih drvnih sortimenata do postojeće mreže sekundarnih šumskih prometnica.

Relativna otvorenost izračunata preko broja stabala:

$$O_{RN} = \frac{N_O}{N_{OD}} \cdot 100$$

gdje je:

O_{RN} – relativna otvorenost izračunata preko broja stabala, %

N_O – broj doznačenih stabala u otvorenoj površini odjela,

N_{OD} – ukupan broj doznačenih stabala.

Na ovaj način izračunata relativna otvorenost (preko broja stabala ili doznačene drvene mase) određuje potencijalni obim poslova mehaniziranog privlačenja.

Kvalitativni pokazatelji traktorskih putova – Qualitative indicators of skid roads

Ukupan broj položenih točaka na traktorskim putovima iznosi 178.

Prikupljeni podaci obrađeni su pomoću računalnog programa ME2007. Na temelju podataka sa terena, obračunate su prosječne veličine:

- prosječna širina traktorskih putova u odjelu iznosi 3,64 m,

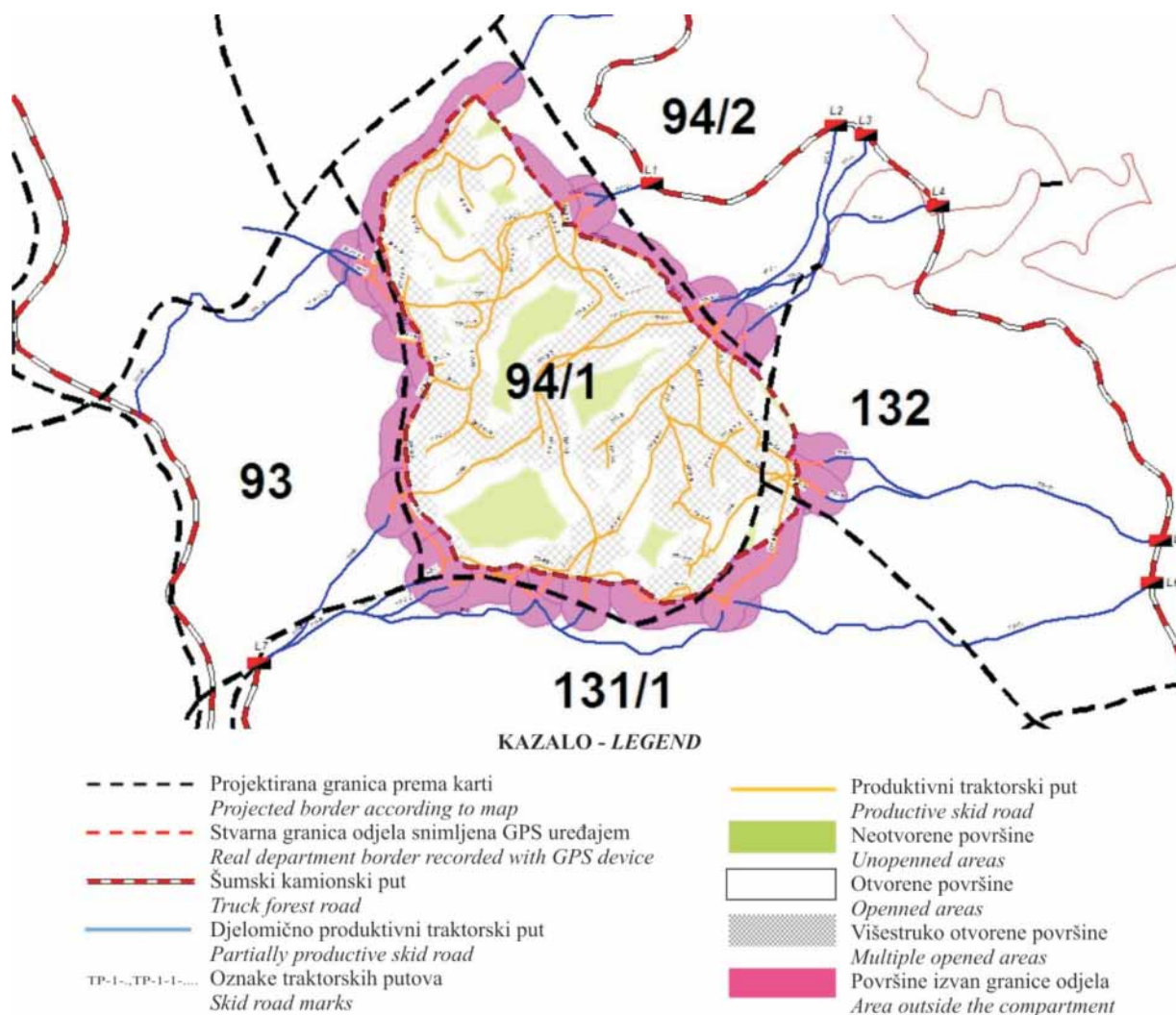
- prosječan nagib traktorskih putova iznosi 7,94 %, – u padu, a najveći nagib iznosi 28,60 % u padu (TP 2-1),
- od svih traktorskih putova 28,94 % je s izrazito dubokim pedološkim slojem, 47,34 % je sa srednje dubokim pedološkim slojem i 23,69 % s tankim pedološkim slojem,
- od ukupne površine svih traktorskih putova u odjelu 94/1 evidentirano je da 11,02 % površine puta je bez deformacija, na 8,45 % površine su prisutne udarne rupe, a na 80,53 % površine su prisutni kolotrasi.

Na temelju izloženog, može se zaključiti da većina traktorskih putova u odjelu 94/1 posjeduje širinu potrebnu za učinkovit rad skidera Timberjack 240C.

Kada je u pitanju prosječan uzdužni nagib traktorskih putova u odjelu 94/1, može se zaključiti da je on manji od onog koji mnogi autori preporučuju u literaturi, a on iznosi 30 % (Pičman, 2007), 25 % u padu i 20 % u usponu (Hrvatske šume, 2006).

Na 80 % površine svih traktorskih putova u odjelu 94/1 prisutno je ozbiljno oštećenje pedološkog sloja (kolotrasi), koji predstavljaju potencijalnu opasnost za pojavu erozije ukoliko se ne poduzmu odgovarajući radovi za sprječavanje nastanka erozija. Ovo oštećivanje pedološkog sloja je u najvećoj mjeri posljedica čimbenika tla koji vladaju u odjelu 94/1, odnosno preko 75 % površine traktorskih putova (klasa dubina pedološkog sloja I i II) je sa takvim slojem, koji kada se nađe u uvjetima razmočenosti i kada se po njemu kreće traktor, dolazi neminovno do pojave oštećenja tla na traktorskom putu koje se očituje u obliku kolotraga.

Na temelju navedenog, može se zaključiti da se mreža traktorskih putova sa gledišta tehničkih karakteristika (uzdužni nagib i širina) nalazi u optimalnom stanju, dok se sa gledišta konstruktivnih karakteristika ne nalazi u optimalnom stanju zbog veličine i vrste prisutnih deformacija.



Slika 6. Otvorene površine za duljinu užeta vitla od 60 m
Figure 6. Openness area for the winch rope length 60 m

3. Optimiziranje sekundarne mreže šumskih prometnica – Optimization of the secondary forest road network

Optimiziranjem sekundarne mreže prometnica sve čimbenike otvorenosti odjela treba dovesti u optimalno stanje, jer se jedino tako mogu postići najbolji ukupni rezultati. Da bi se čimbenici otvorenosti doveli u optimalno stanje, potrebno je neke traktorske putove iz postojeće mreže odstraniti, drugima promijeniti smjer i/ili duljinu trase, a neke traktorske putove projektirati i izgraditi.

Da bi se tehnički i konstruktivni elementi traktorskih putova doveli u optimalno stanje potrebno je utvrditi koji su putovi sastavni dio optimalne mreže, da li spomenuti elementi zadovoljavaju propisane vrijednosti, te u slučaju da ne zadovoljavaju, potrebno je propisati mjere (radnje) koje će ih dovesti u optimalno stanje.

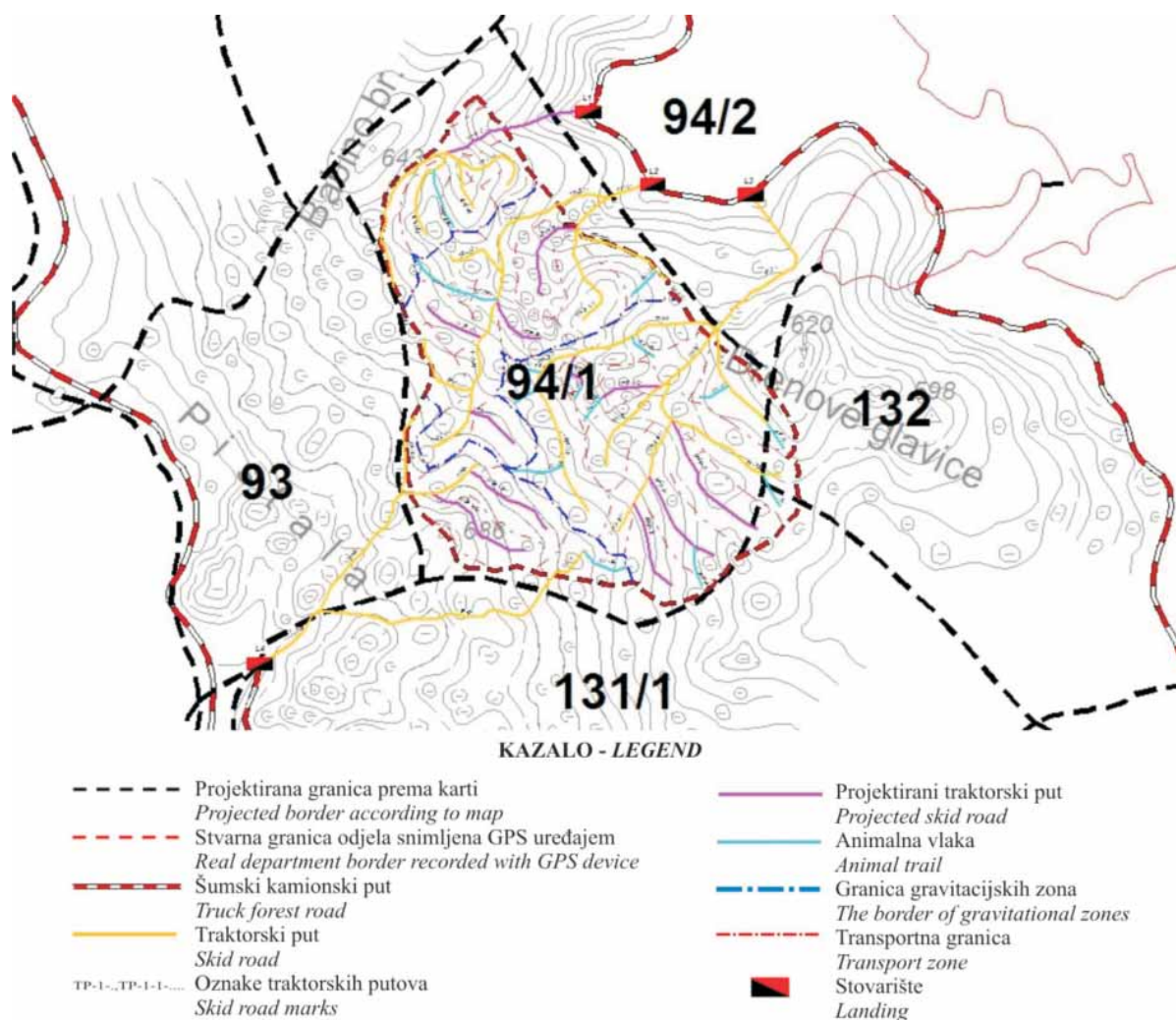
Analizom postojeće mreže traktorskih putova zaključeno je da je neke traktorske putove zbog niza razloga potrebno

eliminirati. Nadalje, pristupilo se projektiranju novih traktorskih putova u neotvorenim dijelovima odjela 94/1 (slika 7).

Da bismo mogli ocijeniti da li se mreža putova varijante I može u određenom smislu smatrati optimalnom, neophodno je analizirati otvorenost odjela predloženom mrežom putova.

Na osnovi analize varijante I možemo zaključiti sljedeće:

- proizvodna duljina putova varijante I iznosi 7.410,22 m i apsolutna otvorenost od 123,87 m/ha. Ovu apsolutnu otvorenost prati visoka relativna otvorenost (izračunata preko broja stabala) koja iznosi 95,55 % i visok koeficijent učinkovitosti otvaranja (izračunat preko broja stabala) koji iznosi 73,82 %. To znači da od ukupno doznačenog broja stabala, 2021 stablo je predmet privlačenja zglobnim traktorom, a 529 stabala ima mogućnost primicanja sa dva ili više traktorskih putova. Ovo je važno za direktne troškove rada i štete u sastojini,



Slika 7. Optimizirana mreža sekundarnih šumskih prometnica
Figure 7. Optimization of the secondary network of communications

- projektno rješenje sekundarne mreže prometnica varijante I osigurava da sva doznačena stabla budu dostupna za privlačenje. Od ukupnog broja stabala 2021 stablo će se privlačiti zglobnim traktorom, a 94 stabla animalnom vučom,
- tipovi traktorskih putova koji čine sekundarnu mrežu prometnica varijante I su oni koji se pružaju paralelno s izohipsama. Samo tri traktorska puta (točnije, dionice ovih putova), koja omogućuju visinsko razvijanje trase, idu okomito na izohipse. Položaj traktorskih putova je od velikog značaja za štete na dubećim stablima.

Tehnologija radova pridobivanja drva za postojeću mrežu sekundarnih šumskih prometnica –
 Technology of attracting the existing secondary forest road network openness

U ovome radu projektirani su elementi tehnološke razdiobe odjela na bazi utvrđenih čimbenika terena, sastojine i elemenata sekundarne mreže prometnica. Projektirane su

transportne granice, gravitacijske zone i radna polja. Stovarišta su snimljena GPS uređajem. Na slici 8 prikazana je tehnološka razdioba odjela s elementima prostornog uređenja.

Tehnološki procesi koji će se primjenjivati po radnima poljima [RP] su sljedeći:

u RP 1-2, RP 2-1 i RP 3-1, zbog veće koncentracije drvene mase i postojanja mreže traktorskih putova, koristit će se zglobni traktor. Primicanje će se vršiti vitlom, a duljina užeta koja će se koristiti je 60 m. U gravitacijskoj zoni 1 i 2 privlačenje će se odvijati u padu, a u gravitacijskoj zoni 3 u usponu. Metoda iskorištavanja šuma koja će se primjenjivati je poludeblovna.

u ostalim radnim poljima, zbog nepostojanja traktorskih putova i manje koncentracije drvene mase koristit će se animalna vuča. Privlačenje će se vršiti u padu, osim RP 3-1. Metoda iskorištavanja šuma koja će se primjenjivati je sortimentna.

Tablica 3. Proračun izravnih troškova privlačenja šumskih drvnih proizvoda**Table 3.** Calculation of direct costs of skidding forest timber products

Izvršitelji Workers	Broj radnika Number of workers	Bruto osobni dohodak Gross personal income	Materijalni troškovi Material costs	Broj dana Number of days	Ukupno Total	Jedinični troškovi Unit costs
		€/dan €/day	€/dan €/day		€	€/m ³
Privlačenje skiderom – Skidding tractor						
Rukovalac – Operator	1	17,58	185,80	125	27.140,01	7,41
Pomoćnik – Helper	1	13,73				
Ukupno – Total		31,32				
Privlačenje animalnom vučom – Skidding animal-drawn						
Gonič – Horse hound	1	48,57		38	1.845,76	3,80
Ukupno – Total					28.985,77	6,99

U tablici 3 prikazani su izravni troškovi privlačenja drvnih sortimenata za postojeću sekundarnu mežu prometnica.

Izračun troškova postojeće mreže sekundarnih šumskih prometnica – Costs analysis of the existing secondary forest road network

Troškovi izgradnje novih traktorskih putova postojeće sekundarne mreže – Construction cost of existing secondary roads network

Kod postojeće sekundarne mreže putova nije bilo radova na izgradnji novih traktorskih putova, već su korišteni oni koji potječu iz nekih od prethodnih uređajnih razdoblja.

Troškovi sanacije i konzerviranja postojeće sekundarne mreže putova – Costs of rehabilitation and conservation of existing secondary roads network

Na bazi uzorka za procjenu kvalitativnih obilježja procijenjeno je da je 88,98 % putova oštećeno, od toga na 80,53 % putova evidentirano je oštećenje tipa kolotruga. Ukupna duljina traktorskih putova koju je izvođač radova koristio u svrhu privlačenja ŠDP iznosi 19.492,17 m.

Na osnovi postotka oštećenja i ukupne duljine traktorskih putova od 15.697,04 m izračunata je duljina putova za koje će se prilikom sanacije primijeniti strojna izrada dozerom. Potreban broj radnih sati za dozer je 214 PS, a troškovi rada iznose 10.941,65 €.

Tehnologija privlačenja drva (varijanta I) – Timber extraction technology (variant I)

Tehnološki proces primicanja i privlačenja obaviti će se uz uporabu animalne vuče i skidera Timberjack 240C. Zbog postizanja najpovoljnijih ekonomskih učinaka i potpunijeg iskorištenja sredstava rada, a sve u skladu s danim uvjetima terena i sastojine, u odjelu 94/1 formirane su gravitacijske zone i radna polja za sekundarnu mrežu putova varijante I. Tehnološki procesi koji će se primjenjivati po radnim poljima su sljedeći:

- u radnim poljima RP 1-1, RP 2-1, RP 3-2 i RP 4-1, zbog veće koncentracije drvene mase i postojanja odgovarajuće mreže putova koristiti će se zglojni traktori. Primicanje će se obaviti vitlom, a duljina užeta koja će se koristiti je 60 m. U gravitacijskim zonama 1, 2 i 3 privlačenje će se odvijati u padu, dok u gravitacijskoj zoni 4 u usponu. Metoda sječe i izrade koja će se primjenjivati je poludeblovna.
- u ostalim radnim poljima primjenjivat će se animalna vuča zbog manje koncentracije drvene mase i nepostojanja traktorskih putova. Metoda sječe i izrade koja će se primjenjivati je sortimentna.

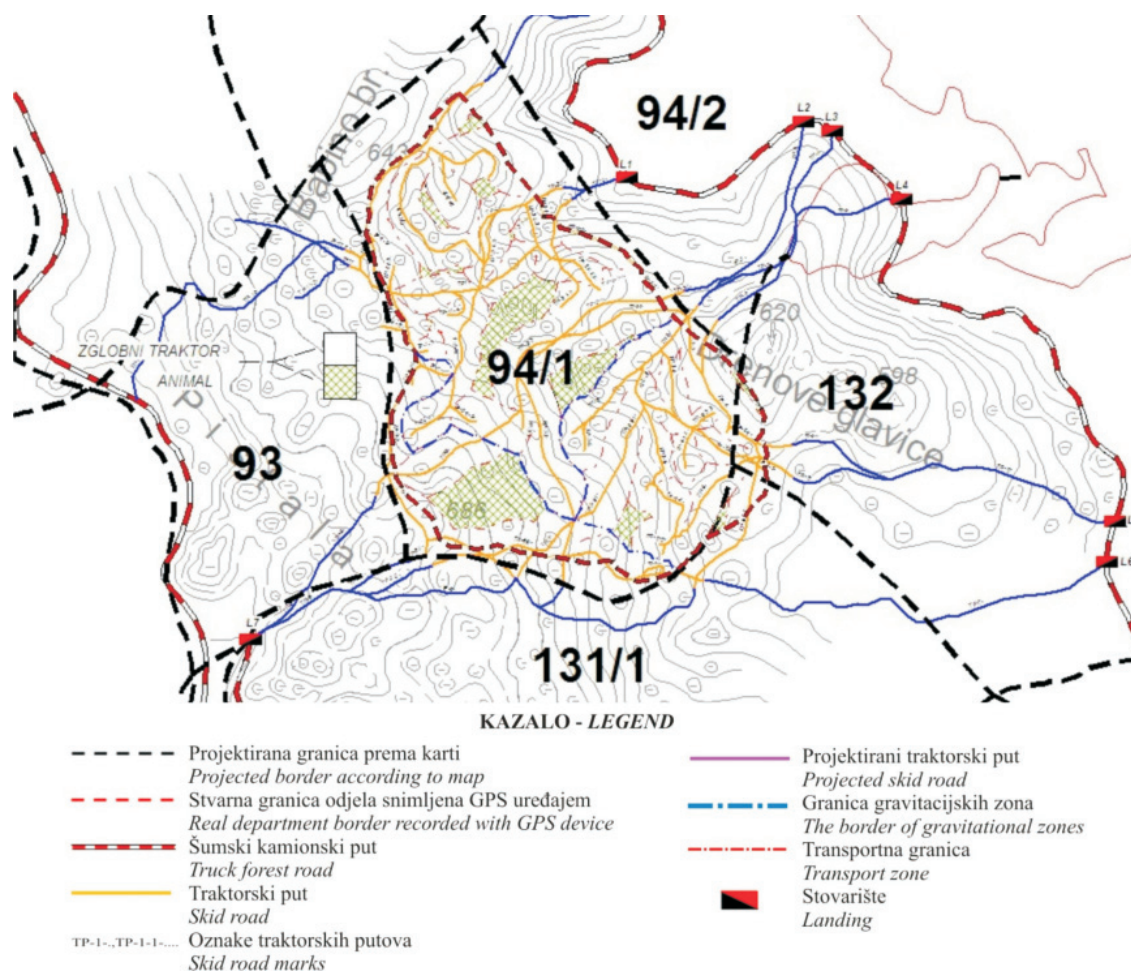
Jednu gravitacijsku zonu može činiti više radnih polja, jedno radno polje odlikuje jedno sredstvo rada u fazi privlačenja ŠDP, dok u jednoj gravitacijskoj zoni može raditi više različitih sredstava rada u fazi privlačenja ŠDP. U konkretnom slučaju za odjel 94/1 osnova izdvajanja gravitacijskih zona je da li se privlačenje vrši u usponu i padu te položaj stovarišta, dok je osnova za izdvajanje radnih polja predviđeno sredstvo rada u fazi privlačenja. Odluka o sredstvu rada po radnim poljima donesena je nakon sagledavanja terenskih i sastojinskih prilika.

U tablici 4 prikazani su izravni troškovi privlačenja šumskih drvnih proizvoda za varijantu I sekundarne meže prometnica.

Troškovi izgradnje novih putova varijante I – Costs of construction of new roads variant I

Projektno rješenje varijante 1 zahtijeva izgradnju novih traktorskih putova u ukupnoj duljini 2.81,36 m i obilježavanje i prosijecanje animalnih vlakova u dužini 1.236,44 m.

Traktorski putovi će se izgraditi pomoću dozera. Prosječan radni učinak dozera na izgradnji traktorskih putova iznosi 220m/RD ili 36,7 m/PS. Za izgradnju 2.381,36 m novih traktorskih putova potrebno mu je 65 PS rada. Ako kao realnu cijenu rada dozera pretpostavimo 51,13 €/PS ukupni troškovi izgradnje iznose 3.323,40 €.



Slika 8. Tehnološka razdioba odjela s elementima prostornog uređenja – postojeća mreža

Figure 8. Technological department distributions with elements of spatial planning – existing secondary roads network

Troškovi sanacije i konzervacije sekundarne mreže putova varijante I – Costs of rehabilitation and conservation of the secondary network variant I

Na temelju analize kvalitativnih obilježja varijante I ustanovljeno je da od cjelokupne postojeće mreže deformirano 82,71 % traktorskih putova. Predmet sanacije traktorskih putova su oni kod kojih su evidentirane deformacije tipa kolotruga. Takvih traktorskih putova ima 69,67 %.

Ukupna duljina traktorskih putova varijante I iznosi 9.156,68 m. Potreban broj radnih sati za strojni rad doze-rom iznosi 87 PS rada. Troškovi sanacije iznose 4.448,24 €.

Rasprava Discussion

Usporedba pokazatelja otvorenosti odjela postojećom mrežom i varijantom I – Comparison of the existing network openness departments variant I

Usporedba kvantitativnih pokazatelja otvorenosti – Comparison of quantitative indicators of openness

U tablici 5 prikazani su kvantitativni pokazatelji otvorenosti kod postojeće sekundarne mreže prometnica i varijante I.

Odjel 94/1 je specifičan kada je u pitanju mreža prometnica. Njegova specifičnost ogleda se u tome što ga ni s jedne strane ne tangira šumski kamionski put, niti prolazi kroz njega. Zato se moraju koristiti traktorski putovi za privlačenje. Ti traktorski putovi su neučinkoviti iz razloga što se na nekim dionicama vrši samo privlačenje bez primicanja, a na nekima i primicanje i privlačenje. Zato je izvršena diferencijacija na putove koji produktivno otvaraju odjel (služe za primicanje i privlačenje) i putovi koji djelomično otvaraju odjel (s jednog dijela puta moguće je obavljati primicanje i privlačenje, dok je na drugim dionicama moguće samo privlačenje).

Na temelju pokazatelja prikazanih u tablici 5 može se zaključiti:

Ukupna dužina traktorskih putova varijante I manja je za 10.436,30 m ili 53,54 %. Dužina proizvodnih traktorskih putova varijante I manja je za 4.634,65 m ili 38,48 %. Glavni razlog zašto je duljina traktorskih putova varijante I manja je u tome, što je veći dio traktorskih putova postojeće mreže eliminiran po nekoj osnovi (uglavnom su to neučinkoviti putovi). Duljina traktorskih putova ima važnost na pojavu erozije, oštećenja dubećih stabala te

Tablica 4. Proračun izravnih troškova privlačenja šumskih drvnih proizvoda (varijanta I)**Table 4.** Calculation of direct costs of skidding forest timber products (variant I)

Izvršitelji Workers	Broj radnika Number of workers	Bruto osobni dohodak Gross personal income	Materijalni troškovi Material costs	Broj dana Number of days	Ukupno Total	Jedinični troškovi Unit costs
		€/dan €/day	€/dan €/day			
Privlačenje traktorom – Skidding tractor						
Rukovalac – Operator	1	17,58	36,4	128	27.791,37	7,04
Pomoćnik – Helper	1	13,73				
Ukupno – Total		31,32				
Privlačenje animalnom vučom – Skidding animal-drawn						
Gonič – Horse hound	1	95		14	680,02	3,44
Ukupno – Total					28.471,39	6,86

troškove sanacije i konzervacije tla. Osim toga, u značajnoj mjeri se uštedjelo na proizvodnoj šumskoj površini.

Otvorene površine mreže traktorskih putova varijante I povećane su za 4,5 ha. Ovo povećanje je posljedica izgradnje traktorskih putova u neotvorenim dijelovima odjela i boljeg prostornog rasporeda istih. Ovo je važno zbog mogućnosti povećavanja obima radova zglobnog traktora prilikom privlačenja drveta, a samim time i smanjenja jediničnih troškova privlačenja drveta. Kod varijante I obim radova zglobnog traktora je veći za 287,62 m³.

Ukupno neučinkovite površine varijante I su manje za 46,47 ha ili 50 %. Ovo smanjenje je posljedica eliminacije neučinkovitih traktorskih putova iz postojeće mreže i korekcije dionica putova postojeće mreže.

Apsolutna otvorenost mreže traktorskih putova je manja za 77,48 m/ha. Smanjenje apsolutne otvorenosti je pozitivno u

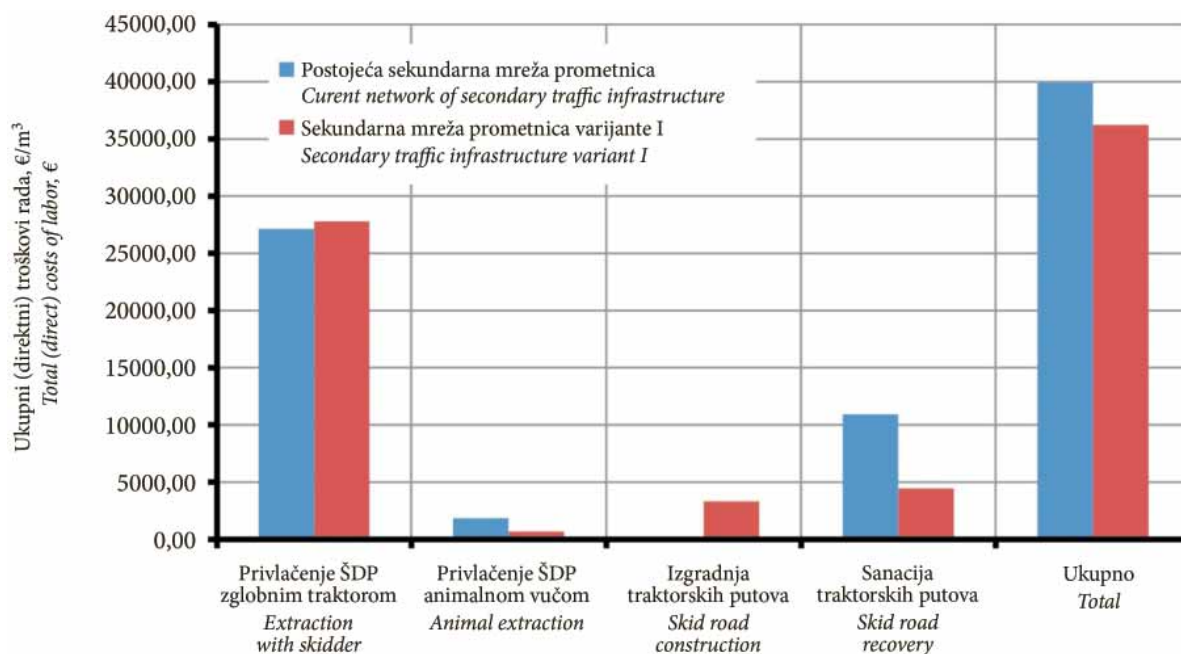
slučaju ako tu promjenu prati povećanje relativne otvorenosti i koeficijenta učinkovitosti otvaranja. U konkretnom slučaju ostvarilo se prethodno navedeno. Smanjenje apsolutne otvorenosti je izravna posljedica smanjenja dužine proizvodnih traktorskih putova te ima iste posljedice i značenje koje su navedene kod smanjenja ukupne dužine putova.

Relativna otvorenost mreže traktorskih putova varijante I veća je za 7,52 %. Ovo povećanje relativne otvorenosti je posljedica izgradnje traktorskih putova u neotvorenim dijelovima odjela i za sobom je povuklo povećanje obima radova zglobnog traktora u fazi privlačenja šumskih drvnih proizvoda za 287,62 m³ ili 167 stabala. Dalje se odražava na snižavanje jediničnih troškova rada u fazi privlačenja šumskih drvnih proizvoda.

Koeficijent učinkovitosti otvaranja varijante I veći je za 27,75 %. Ovo je važno za pitanje šteta na dubecim stablima prilikom primicanja i privlačenja zglobnim traktorom.

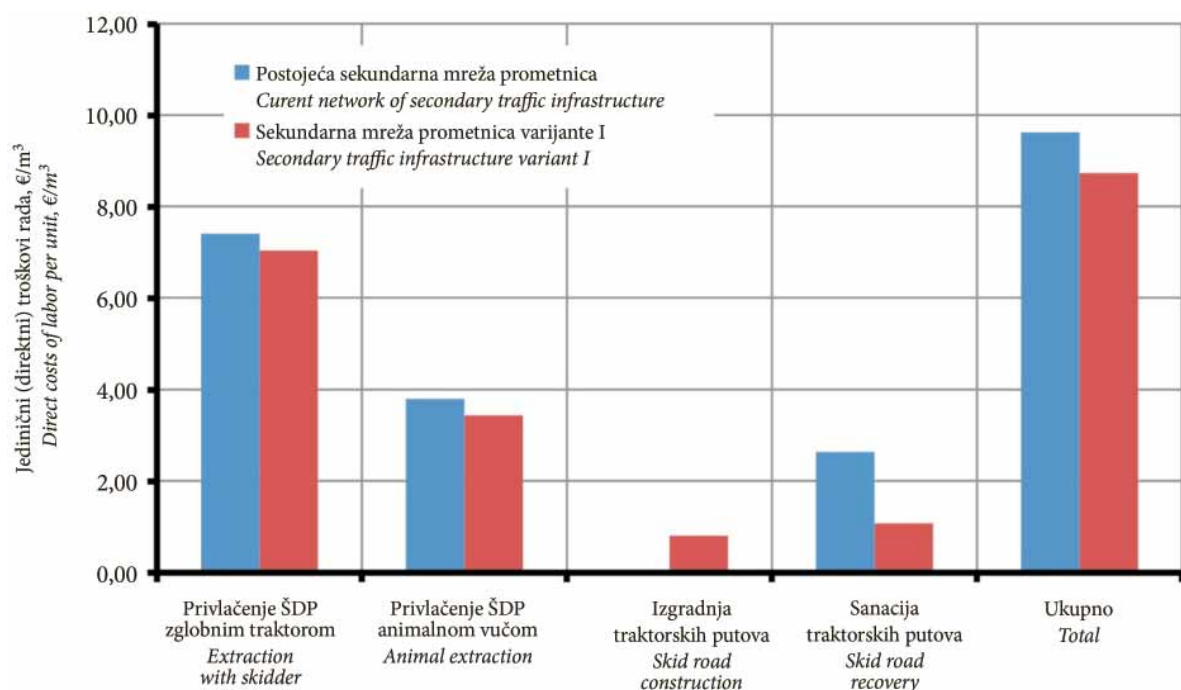
Tablica 5. Pokazatelji otvorenosti postojeće mreže i varijante I**Table 5.** Indicators openness for the existing network and varinat I

Parametri Indicators	Jedinična mjera Unit measures	Postojeća mreža Existing network	Varijanta I Varinat I	Razlika Difference
Ukupna površina odjela – Total area of department	ha		59,82	
Ukupna dužina traktorskih putova – Total length of skidding roads	m	19.492,17	9.055,84	-10.436,3
Produktivna dužina putova – Productivity length of roads	m	12.044,87	7.410,22	-4.634,65
Otvorene površine – Openness areas	ha	52,26	56,76	4,5
Neotvorene površine – Unopenness areas	ha	7,53	3,06	-4,47
Ukupno površine – Total inefficient area	ha	91,98	45,51	-46,47
Ocjena relativne otvorenosti (Pentek 2002) – Evaluation of relative openness (Pentek 2002)		Vrlo dobra otvorenost Very good openness	Odlična otvorenost Great openness	
Parametar otvorenosti – Indicators of openness				
Apsolutna otvorenost – Absolute openness	m/ha	201,35	123,87	-77,48
Relativna otvorenost – Relative openness	%	87,36	94,88	7,52
Koeficijent efikasnosti otvaranja – The coefficient of efficiency of opening	%	34,64	62,39	27,75



Slika 9. Prikaz ukupnih izravnih troškova

Figure 9. Display the total direct cost



Slika 10. Prikaz jediničnih izravnih troškova

Figure 10. Display the unit direct cost

Usporedba troškova rada – Comparison of labor costs

Ukupni i jedinični izravni troškovi rada kod postojeće sekundarne mreže putova i mreže putova varijante I prikazani na slikama 9 i 10.

U ukupnom iznosu izravni troškovi rada kod SMP varijante I manji su za 3.684,39 € ili 9,23 %. U ukupnom iznosu jedinični troškovi manji su za 0,88 €/m³ ili 9,19 %.

Troškovi privlačenje ŠDP zglobnim traktorom kod varijante I veći su u ukupnom iznosu za 651,36 € ili 2,4 %.

Jedinični troškovi privlačenja iznose 7,41 €/m³ za postojeću sekundarnu mrežu putova.

Ghaffarian¹, M. R., Stampfer¹, K., Sessions, J. (2009) dobili su minimalne ukupne troškove vožnje i privlačenja 6,04 €/m³.

Naghdi, R., and Limaei, S.M. (2009) nakon obavljenih analiza objavljuju dobivene troškove privlačenja za skider Timber Jack 6.38 \$/m³.

Jour Gholami, M., (2005) došao je do ovih rezultata: učinak zglobnoga traktora TimberJack 450C iznosi 8,22 m³/ha, trošak strojnog rada 46,91 EUR/h, a jedinični trošak 5,69 EUR/m³.

Jedinični troškovi privlačenja ŠDP kod varijante I manji su za 0,37 €/m³ ili 5,04 %. Treba naglasiti da je obim radova zglobnog traktora kod varijante I bio veći za 287,62 m³, što se odrazilo na ukupne izravne troškove privlačenja. Glavni razlog zašto su jedinični troškovi privlačenja zglobnim traktorom kod varijante I manji je srednja transportna udaljenost privlačenja.

Troškovi privlačenje ŠDP animalnom vučom kod varijante I manji su u ukupnom iznosu za 1.165,75 € ili 171,43 %. Jedinični troškovi privlačenja ŠDP animalnom vučom kod varijante I manji su za 0,36 €/m³ ili 10,55 %. Obim radova animala kod varijante I bio je manji za 282,84 m³. Ovo je glavni razlog zašto su ukupni troškovi značajno manji kod varijante I. Glavni razlog zašto su jedinični troškovi značajno manji kod varijante I je srednja udaljenost privlačenja.

Troškovi izgradnje traktorskih putova postoje kod SMP varijante I. Ukupno iznose 3.323,40 € i opterećuju proizvodnju ŠDP sa 0,80 €/m³ privučenog oblog drva.

Troškovi sanacije SMP varijante I manji su u ukupnom iznosu 6.493,41 € ili 245,98 %. Jedinični troškovi sanacije SMK varijante I manji su za 1,56 €/m³ ili 245,71 %. Glavni razlog zašto su ukupni i jedinični troškovi kod varijante I značajno manji je manja ukupna duljina traktorskih putova i manji postotak oštećenih traktorskih putova.

Zaključci Conclusions

Na temelju rezultata istraživanja, može se zaključiti:

Optimizacija sekundarne mreže prometnica predstavlja skup metoda na osnovi kojih se vrši analiza i projektiranje prometnica u odjelu.

Za projektiranje novih elemenata sekundarne mreže prometnica u odjelima u kojima nisu postojali isti dovoljno je napraviti analizu terenskih i sastojinskih čimbenika, koji će se predstaviti u formi tematskih karata i koje će biti temelj za pravilno projektiranje. Za optimiziranje postojeće mreže, gdje već postoje elementi sekundarne mreže prometnica u odjelu, uz analize terenskih i sastojinskih čimbenika potrebno je izraditi i analizu postojeće mreže s obzirom na njena kvalitativna i kvantitativna obilježja. Na bazi ovih informacija radi se idejno rješenje optimalne mreže prometnica u odjelu.

Parametri otvorenosti odjela postojećom sekundarnom mrežom prometnica nisu u optimalnom stanju. Postojeću sekundarnu mrežu prometnica karakterizira velika duljina traktorskih putova, visoka apsolutna otvorenost i nizak koeficijent učinkovitosti otvaranja. Sekundarnu mrežu prometnica označenu kao varijanta I karakterizira manja duljina u odnosu na postojeću, manja apsolutna otvorenost koju prati visoka relativna otvorenost i značajno veći koeficijent učinkovitosti otvaranja. Na primjeru varijante I potvrđena je teza da nije bitna ukupna količina putova u odjelu niti apsolutna otvorenost, koliko je značajna relativna otvorenost i koeficijent učinkovitosti otvaranja. Ovakvi parametri otvorenosti odrazili su se na ukupne i jedinične izravne troškove rada.

Kvalitativni pokazatelji mreže traktorskih putova, procijenjeni na bazi uzorka, služe kao jedno od uporišta prilikom postupka eliminacije putova iz postojeće mreže. Zato su eliminirani traktorski putovi iz postojeće mreže koje, osim što su neučinkoviti, karakterizira postotno veći udjel oštećenja planuma puta tipa kolotruga. Osim toga, na bazi podataka o stanju traktorskog puta moguće je izraditi kalkulaciju troškova sanacije traktorskih putova nakon eksploatacije.

Sekundarna mreža prometnica varijante I, u odnosu na postojeću mrežu, bolja je s gledišta otvorenosti i konstruktivnih elemenata traktorskih putova te ukupnih i jediničnih izravnih troškova rada. Ova mreža traktorskih putova daje bolje rezultate u ekološkom i ekonomskom pogledu za šumsko poduzeće.

Pravilno projektirana mreža prometnica može smanjiti troškove privlačenja drveta, broj i intenzitet šteta na dubecim stablima i podmlatku te količinu erodiranog materijala s traktorskih putova. Važnost pravilno projektirane i uspostavljene sekundarne mreže prometnica u odjelu odražava se na šumu (oštećenja), šumsko poduzeće (troškovi i ekonomičnost rada) i društvenu zajednicu.

Literatura References

- Abdi, E. et al., 2009: A GIS-MCE based model for forest road planning, *Journal of forest science*, 55: (4): 171–176
- Benić, R., 1957: Analiza troškova i kalkulacije ekonomičnosti u iskorištavanju šuma., *Stručno udruženje šumsko-privrednih organizacija Hrvatske*, Zagreb 1957
- Bozalo, G., 2007: Uređivanje šuma – manuskript predavanja, *Šumarski fakultet Sarajevo*
- Chung, W., and Sessions, J., (2001), NETWORK 2001 – Transportation Planning Under Multiple Objectives, Council on Forest Engineering (COFE) Conference Proceedings: "Appalachian Hardwoods: Managing Change" Snowshoe, July 15–18
- Delić et al., (2006): Karakteristika i prethodna analiza troškova gospodarenja šumskim resursima, *Radovi Šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu*, No.1, 2006 (69–76).

- Ghaffarian¹, M. R., Stampfer¹, K., Sessions, J., 2009: Comparison of three methods to determine optimal road spacing for forwarder-type logging operations, *Journal of forest science*, 55: (9): 423–431
- Gurda, S. i dr., 2011: Izvještaj o napretku realizacije konsultantske usluge za izradu studije: "Tehnologije u šumarstvu, standardi šumskih drvnih sortimenata i šumska biomasa", www.fmpvs.gov.ba/text/239_367_s.pdf
- Hasmadi, M., at all. (2010) Geographic Information System-Allocation Model for Forest Path, A Case Study in Ayer Hitam Forest Reserve, Malaysia, *American Journal of Applied Sciences* 7 (3): 376–380, ISSN 1546–9239
- Hrvatske šume, 2006: Zakonske odredbe i opće smjernice kod projektiranja i gradnje šumskih prometnica, Hrvatske šume, Zagreb, 2006
- Jeličić, V., 1957: Privremeni tehnički propisi za projektovanje šumskih putova, službeni list FNRJ br. 41
- Jeličić, V., 1983: Šumske ceste i putevi, skripta, SIZ odgoja i usmjerenog obrazovanja šumarstva i drvne industrije SRH, Zagreb, str. 1–193.
- J.P. Sarajevo šume, 2005: "Norme rada u iskorištavanju šuma, šumskouzgojnih radova i tehničkog održavanja mehaniziranih sredstava", JP Sarajevo šume, Sarajevo 2005
- J.P. Sarajevo šume, 2005: "Cijene rada u iskorištavanju šuma", JP Sarajevo šume, Sarajevo 2005
- J.P. Unsko-sanske šume, 2000: Šumskoprivredna osnova za šumskoprivredno područje "Ključko", JP Unsko-sanske šume, Bosanska Krupa 2000, str. 271.
- Jour Gholami, M. (2005), Study of efficiency, production and cost of large and small skidders (Case study of TAF and Optimum road spacing of ground based 112 skidding operations Timberjack 450 C). MSc Thesis, Faculty of Natural Resources, Tehran University
- Košir, B., 2000: Where to Place and Build Forest Roads – Experience From the Model, *Journal of Forest Engineering*, vol. 11, no. 1
- Kulušić (1977): Iskorištavanje šuma, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo.
- Lojo, A., i Ponjavić, M., 2004: Geografski informacioni sistem u gazdovanju prirodnim resursima. Gauss, Tuzla.
- Lotfalian, M., Kooch, Y., and Sarikhani, N. (2008): Effective Factors in Determination Optimal Density of Forest Road Network, *Asian Journal of Scientific Research* 1(4): 470–457
- Ljubojević, S., 2010: Principi otvaranja šuma u zavisnosti od uslova terena i načina prirodne obnove; www.azsrs.net/wp-content/uploads/2010/11/Seminar-Sistemi-
- Matić, V. i dr., 1980: Tablice taksacionih elemenata visokih i izdanačkih šuma u SR Bosni i Hercegovini, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Posebno izdanje br. 13, Sarajevo 1980
- Mršić, A., 2012: Izvedbeni projekat za odjel 94/1., JP "Unsko-sanske šume", Bosanska Krupa
- Naghdi, R., and Limaie, S.M., (2009): Optimal Forest Road Density Based on Skidding and Road Construction Costs in Iranian Caspian Forests, *Caspian J. Env. Sci.*, Vol. 7 No.2 pp. 79–86
- Pentek, T., Pičman, D., Nevečerel, H., 2005: Planiranje šumskih prometnica – postojeće stanje, određivanje problema i smjernice budućeg djelovanja. *Nova mehanizacija šumarstva* 26 (2005), str. 55–63.
- Pentek, T. i dr., 2005: Analysis o fan existing forest road network. *Croatian journal of forest engineering* 26 (2005), str. 39–50.
- Pentek, T. i dr., 2010: Analiza sekundarne otvorenosti šuma gorskog područja kao podloga za odabir duljine uža vitla. *Šumarski list* 5–6, CXXXIV (2010), str. 241–248.
- Pičman, D. i Pentek, T., 1998: Relativna otvorenost šumskog područja i njena primjena pri izgradnji šumskih protupožarnih, *Šumarski list*, 1–2, CXXXII (1998), 19–30.
- Pičman, D., Pentek, T., Nevečerel, H., 2006: 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., Pentek, T., Nevečerel, H., 2006: Katastar šumskih prometnica – postojeće stanje, metodologija izradbe i polučene koristi. *Glasnik za šumske pokuse*, 1 (2006). Posebno izdanje 5, str. 635–646.
- Pičman, D., 2007: Šumske prometnice, sveučilišni udžbenik. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, str. 405–422.
- Sokolović, Dž. i Bajrić, M. (2011): Izvještaj o napretku realizacije konsultantske usluge za izradu studije: "Šumska transportna infrastruktura", www.fmpvs.gov.ba/texts/239_349_b.pdf
- Šikić, D. i dr., 1989: Tehnički uvjeti za gospodarske ceste. Znanstveni savjet za promet JAZU, Zagreb, str. 1–40.
- Zakon o šumama FBiH, 2002: <http://www.usitfbih.ba/dokumenti/zakoni/Zakon-o-sumama.pdf>

Summary

In this paper different instruments and softwares for collecting and analysis of data influencing on planning of the secondary network of communications have been applied. By means of them data has been given which present actual picture of factors of terrain and factors of forest in the department. These factors are necessary to enable right solutions in the sense of selection of optimum technology of work in the phase of skidding and in the sense of designing and construction of optimum network of communication in the department. The existing secondary network of communication is characterized by very long tractor roads (19.492,17 m), high absolute openness (201,35 m/ha) and low ratio openness efficiency (calculated via number of trees) 28,86 %. The secondary network of roads designated as variant I is characterized by less length of roads in comparison with existing one (by 53 %), lower absolute openness, high relative openness (calculated via number of trees) which amounts to 95,55 % and significantly higher ratio of openness efficiency (calculated via number of trees) which amounts to 73,82 %.

The qualitative indicators of the network of tractor roads estimated on the basis of examples serve as one of the foundations in occasion of the procedure of elimination of roads from existing network. Because of that from the existing network the inefficient roads have been eliminated which have also been characterized by higher percentage of damages. Besides that, on the basis of condition of skid road it is possible to make calculation of the costs of rehabilitation of tractor road after exploitation. The secondary network of communication of variant I has got lower total costs of labour in all phases (from skidding to rehabilitation) by 1.883,80 € or 9,23 % and lower unit costs of labour by 0,88 €/m³ or 9,19 %. The costs of rehabilitation of skid roads of variant I are much lower than for the existing network. In total amount direct costs of rehabilitation are lower by 6.493,41 € or 59 %. This difference in total costs of rehabilitation of tractor roads is the consequence of less length and higher percentage of undamaged skid roads of variant I.

The selection of optimum technology of work in the phase of skidding of forest wooden products and establishment of optimum network of communication in the department are very important for forestry company which manages these forests and for the forest as the natural object and broader social community.

KEY WORDS: secondary forest roads, secondary openness, planning of forest roads, GPS and GIS.

Značenje kratica:

Abbreviations:

Š.P.P. – šumsko-privredno područje – forest management area

BLD – bruto osobni dohodak – gross personal income (GDP)

ŠPD – šumskoprivredno društvo – FMP society

ŠDP – šumski drvni proizvodi – forest wood products

SMP – sekundarna mreža prometnica – secondary road network

PS – pogonski sati – operating hours