

# Usporedba podataka prikupljenih različitim metodama terenske izmjere pri rekonstrukciji šumske ceste

Ivica Papa, Tibor Pentek, David Janeš, Tomislav Šerić, Dinko Vusić, Andreja Đuka

## Nacrtač – Abstract

Šumske su ceste jednostavni građevinski objekti koji tijekom cijele godine omogućuju stalan i nesmetan promet motornim vozilima u proom redu pri izvodenju radova vezanih uz održivo gospodarenje šumama. Optimalna mreža primarnih šumskih prometnica, ako je pravilno raspoređena i položena, osigurava ispunjenje svih zadaća propisanih šumskogospodarskim planovima uz najmanje troškove i uz najveći učinak.

Istraživanje je provedeno na šumskoj cesti »587 B1 004« stacionaže 15+20,16 hm u gorskim prebornim šumama GJ Belevine, u Zalesini, Nastavno-pokusnom šumskom objektu Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Primijenjene su dvije metode prikupljanja terenskih podataka pri izravnom trasiranju radi izrade glavnoga projekta rekonstrukcije spomenute šumske ceste. Prva, klasična metoda obuhvaćala je upotrebu mjernih uređaja teodolita DE-5A, nivelira Sokkia C330 i ostale mjerne opreme, dok je pri suvremenoj metodi prikupljanja terenskih podataka korištena radna stanica Sokkia Series 3030R.

Prikupljeni terenski podaci obrađeni su u računalnom programu »Cesta«, a za statističku obradu podataka korišten je računalni program STATISTICA 8. Statističkom analizom podataka prikupljenih različitim metodama terenske izmjere ustanovljeno je kako između podataka koji su povezani uz horizontalno i vertikalno razvijanje trase šumske ceste »587 B1 004« ne postoji statistički značajna razlika. Statistički značajna razlika pojavljuje se pri usporedbi površine poprečnih presjeka, volumena zemljanih masa i elemenata kolničke konstrukcije, što se dovodi u izravnu vezu s različitim načinom prikupljanja terenskih podataka pri likom izmjere poprečnih presjeka.

Ključne riječi: šumska cesta, rekonstrukcija, klasična i suvremena metoda, horizontalno i vertikalno razvijanje, poprečni presjeci, volumen zemljorada

## 1. Uvod i problematika istraživanja *Introduction and Scope of Research*

Analizirajući transport drva kroz povijest, Greulich (2002) zaključuje da se, neovisno o autorima, sve teorije transporta drva zasnivaju na dvjema međuovisnim podfazama:

- ⇒ primarnom transportu drva – privlačenju drva po šumskom bespuću, odnosno sekundarnim (traktorski putovi i vlake) ili tercijarnim (žične linije) šumskim prometnicama
- ⇒ sekundarnom transportu drva – daljinskom transportu drva po izgrađenim transportnim

sustavima (prijevoz drva po javnim i šumskim cestama ili željezničkim prugama), odnosno plovnim vodenim putovima.

Komercijalna uporaba kamiona za prijevoz drva u Europi (Brown 1949) započinje 1913. godine, dok se u hrvatsko šumarstvo počinju uvoditi između dvaju svjetskih ratova (Malnar 2000).

Daljinski je transport drva u Hrvatskoj prema Krpanu (1991) u potpunosti mehaniziran te se ponajprije odnosi na prijevoz kopnenim transportnim sustavima (kamionima 75 % i željeznicom 25 %), dok se tek neznatna količina drva transportira brodovima vodenim putem. Razloge prevladavanja kamionskoga

prijevoza drva istražuju Horvat i Šušnjar (2002) te zaključuju kako oni u prvom redu leže u razvoju kamiona i kamionskoga transporta u cjelini, gradnji takvih mreža javnih cesta koje omogućuju široku uporabu kamiona te u otvaranju šuma gradnjom šumskih kamionskih cesta.

Zbog, u današnje doba, izrazite prevlasti kamionskoga prijevoza drva u odnosu na sve ostale oblike transporta upravo je mreža šumskih prometnica prijeko potrebna infrastrukturu pri današnjem održivom gospodarenju šumskim ekosustavima.

### 1.1 Šumska prometna infrastruktura – *Forest Traffic Infrastructure*

Prema Zakonu o šumama (NN 140/05, 82/06, 129/08, 80/10, 124/10, 25/12, 68/12, 148/13, 94/14) šumsku prometnu infrastrukturu čine šumske prometnice (šumske ceste, šumske vlake i stalne žičare) i drugi objekti u šumama koji su namijenjeni gospodarenju i zaštiti šuma.

Važnost šumske prometne infrastrukture istražuje Bumber (2011) koji smatra da se suvremeno gospodarenje šumama u Republici Hrvatskoj, u okvirima pridobivanja drva, uz današnje primijenjene sustave pridobivanja drva, većinom temelji na motornim vozilima s kotačima. Isti autor ističe kako je današnja dinamika bilo koje vrste šumskih radova, a pogotovo transporta drva, nezamisliva bez primarne i sekundarne mreže šumskih prometnica.

Pentek (2012) modificira podjelu prema Greulichu (2002) te šumsku prometnu infrastrukturu, s obzirom na transport drva, dijeli na:

- ⇒ primarne šumske prometnice – javne i šumske ceste, željezničke pruge, odnosno plovne vodene putove (rijeka, jezera, mora, oceani), koji služe za sekundarni transport drva, odnosno za daljnji transport drva od pomoćnoga stovarišta pa do krajnjega korisnika
- ⇒ sekundarne šumske prometnice – traktorske putove, traktorske vlake i žične linije, kojima se odvija primarni transport, odnosno privlačenje drva vučom, izvoženjem ili iznošenjem.

Velik je broj šumarskih stručnjaka, operativaca i znanstvenika (Jeličić 1983, Šikić i dr. 1989, Krpan 1992, Potočnik 1996, 2007, Brinker i Tufts 1995, Pentek i dr. 2005, Enache 2009, Stampfer 2010, Dasović 2012, Sokolović i Bajrić 2013) u povijesti mehaniziranja transporta drva, koja je započela na prijelazu iz 19. u 20. stoljeće pojavom i napretkom industrijske revolucije, prepoznalo važnost i višestruke funkcije koje šumske ceste imaju u gospodarenju šumama.

### 1.2 Uspostavljanje i upravljanje primarnom šumskom prometnom infrastrukturom *Establishment and Management of Primary Forest Traffic Infrastructure*

Troškovi povezani sa šumskim transportnim sustavom te troškovi pridobivanja drva oduvijek su, poglavito zbog troškova izgradnje i održavanja mreže šumskih cesta te troškova privlačenja drva, imali značajan udio u ukupnoj strukturi troškova radova u šumarstvu te šumarski stručnjaci, već desetljećima, pokušavaju pronaći metode koje će pridonijeti njihovom ukupnom smanjenju (Najafi i dr. 2008). Tako Kirby i dr. (1986) navode da su održivost i isplativost operativnih planova gospodarenja šumama pod jakim utjecajem izgradnje i održavanja šumskih cesta te učinkovitosti šumske cestovne infrastrukture, dok Epstein i Sessions (2001) ističu kako su upravo planiranje, projektiranje i izgradnja šumskih cesta najskuplje i najdugotrajnije sastavnice cjelokupnoga sustava pridobivanja drva. Uspostavljanje je optimalne mreže primarne šumske prometne infrastrukture na terenu složen i dugotrajan postupak koji se sastoji od četiriju međusobno povezanih faza rada: 1. planiranje, 2. projektiranje (terenski i uredski dio), 3. izgradnja i 4. održavanje (Pentek i dr. 2006). Te su faze međusobno povezane i ovisne pa je nemoguće doseći svaku sljedeću fazu unutar navedenoga slijeda bez kvalitetno zgotovljene prethodne faze rada.

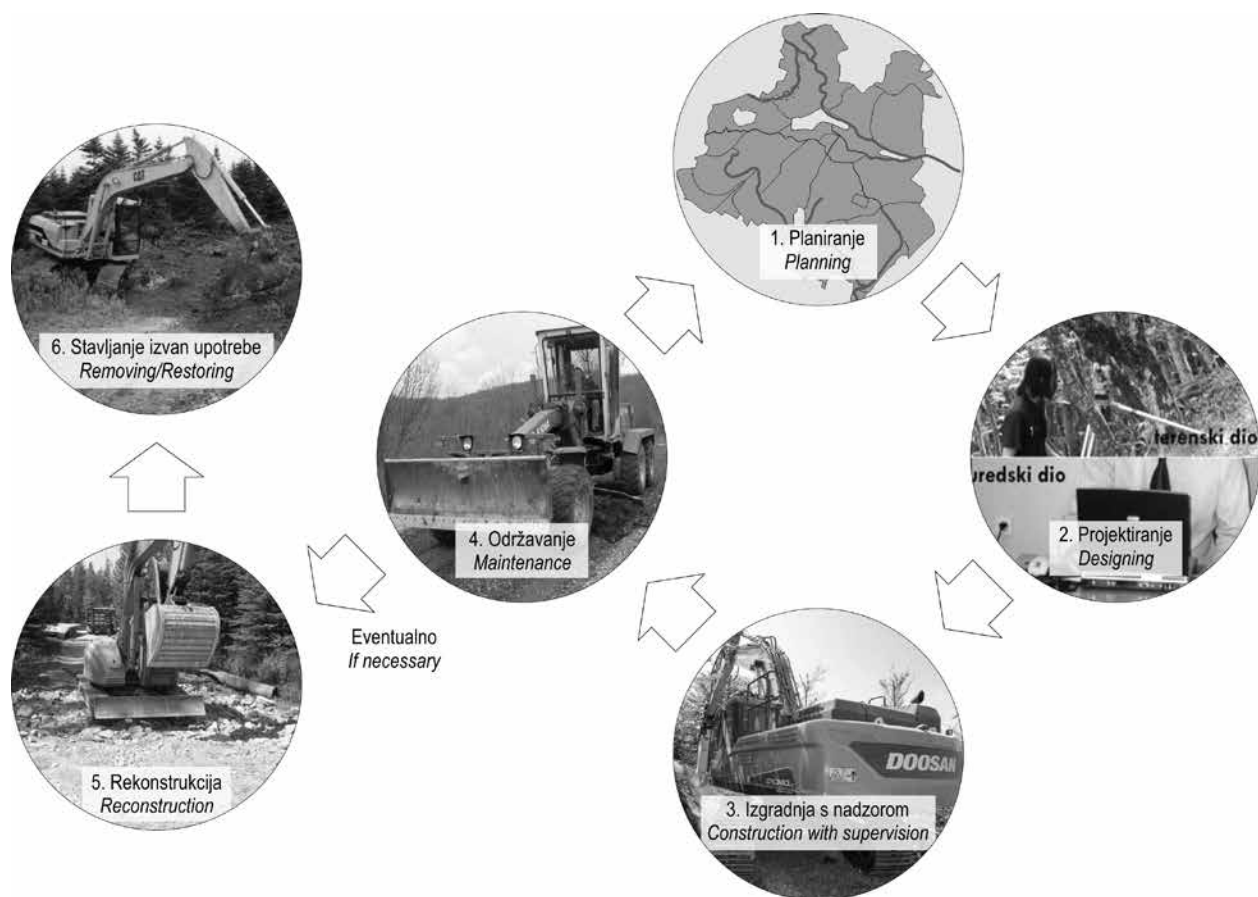
Uz spomenute se, uvijek prisutne radne faze uspostavljanja optimalne mreže primarne šumske prometne infrastrukture, povremeno i prema potrebi, pojavljuju još dvije radne faze: faza rekonstrukcije šumskih cesta (radi povećanja njihova standarda i kvalitete) i faza zatvaranja i stavljanja izgrađenih šumskih cesta izvan uporabe (uz revitalizaciju i restauraciju staništa, odnosno vraćanje staništa funkciji i obliku što bližemu onomu koje je imalo prije izgradnje šumske ceste) (Pentek 2012).

### 1.3 Rekonstrukcija šumskih cesta – *Forest Roads Reconstruction*

Tijekom životnoga ciklusa pojedine sastavnice primarne šumske prometne infrastrukture, kao jedna od faza rada pri upravljanju šumskim cestama, može se pojaviti rekonstrukcija.

Najčešćim razlozima rekonstrukcije šumskih cesta smatra se (Anon. 2000):

- ⇒ poboljšanje (unaprjeđenje) kolničke konstrukcije kako bi šumska cesta zadovoljila postojeće ili buduće prometno opterećenje
- ⇒ klizanje, raspadanje ili urušavanje pokosa nasipa i usjeka
- ⇒ radovi na sanaciji ili zamjeni objekata odvodnje
- ⇒ radovi na sanaciji ili zamjeni prijelaza vodotoka



**Slika 1.** Uspostavljanje i upravljanje optimalnom mrežom šumske prometne infrastrukture (Pentek 2012)

**Fig. 1** Establishment and management of optimal forest traffic infrastructure network (Pentek 2012)

- ⇒ zadovoljavanje svih zahtjeva za sigurnim prometovanjem
- ⇒ ostali nezadovoljavajući konstruktivni elementi koji zahtijevaju značajna poboljšanja.

Slično misle Ryan i dr. (2004) koji radove na rekonstrukciji dijele u tri glavne kategorije:

- ⇒ povećanje širine kolnika (kolničke konstrukcije)
- ⇒ promjena materijala (zastora) kolničke konstrukcije na određenoj dionici
- ⇒ zamjena postojećega sustava odvodnje i/ili značajnoga broja cijevnih propusta.

Kao glavne uvjete koje rekonstrukcija šumskih cesta mora ispunjavati navodi se (Anon. 2000):

- ⇒ poboljšanje konstruktivnih elemenata šumskih cesta kako bi ispunile sve ciljeve naravno tamo gdje je to ekonomski isplativo i okolišno prihvatljivo
- ⇒ sanacija postojeće nezadovoljavajuće situacije
- ⇒ zadovoljavanje važećih tehničkih uvjeta i standarda
- ⇒ sprječavanje štetnoga utjecaja na okoliš.

Ryan i dr. (2004) navode kako troškovi rekonstrukcije šumskih cesta nisu zanemarivi jer u većini slučajeva iznose 30 do 70 % ukupnih troškova izgradnje nove šumske ceste na istom području. Radi smanjenja tih troškova Swift i Burns (1999) predlažu da se rekonstrukcijom obuhvati samo dio trase šumske ceste, dok se dio trase šumske ceste može izmjestiti ili staviti izvan uporabe. Upravo pravovaljan odabir dionica šumskih cesta pogodnih za rekonstrukciju istražuju Grace i Clinton (2006), koji pišu o problemu identifikacije dionica šumskih cesta koje su kritične i koje trebaju rekonstrukciju, a na kojim će se navedeni postupak isplatiti s obzirom na visinu troškova te istodobno smanjiti štetni utjecaji na okoliš i povećati dodatne koristi od njihove buduće uporabe.

Istražujući tehnička svojstva šumskih cesta te stanje elemenata površinske i/ili podzemne odvodnje na šumskim cestama gospodarske jedinice Belevine, koja se nalazi u sklopu Nastavno-pokusnoga šumskoga objekta Zalesina, Papa i dr. (2015) zaključuju da su sve sastavnice primarne šumske prometne infrastrukture

istraživanoga područja nedovoljne širine planuma, dok elementi površinske i/ili podzemne odvodnje djelomično ili potpuno nedostaju. Temeljem iznesenoga te na tragu promišljanja Ryana i dr. (2004) kako se rekonstrukcija šumskih cesta može podijeliti u tri glavne kategorije radova, isti autori zaključuju da se u istraživanom području ne može govoriti o potrebi održavanja, već se radi o rekonstrukciji šumskih cesta.

## 2. Ciljevi istraživanja i metode rada *Research Goals and Working Methods*

### 2.1 Ciljevi istraživanja – *Research Goals*

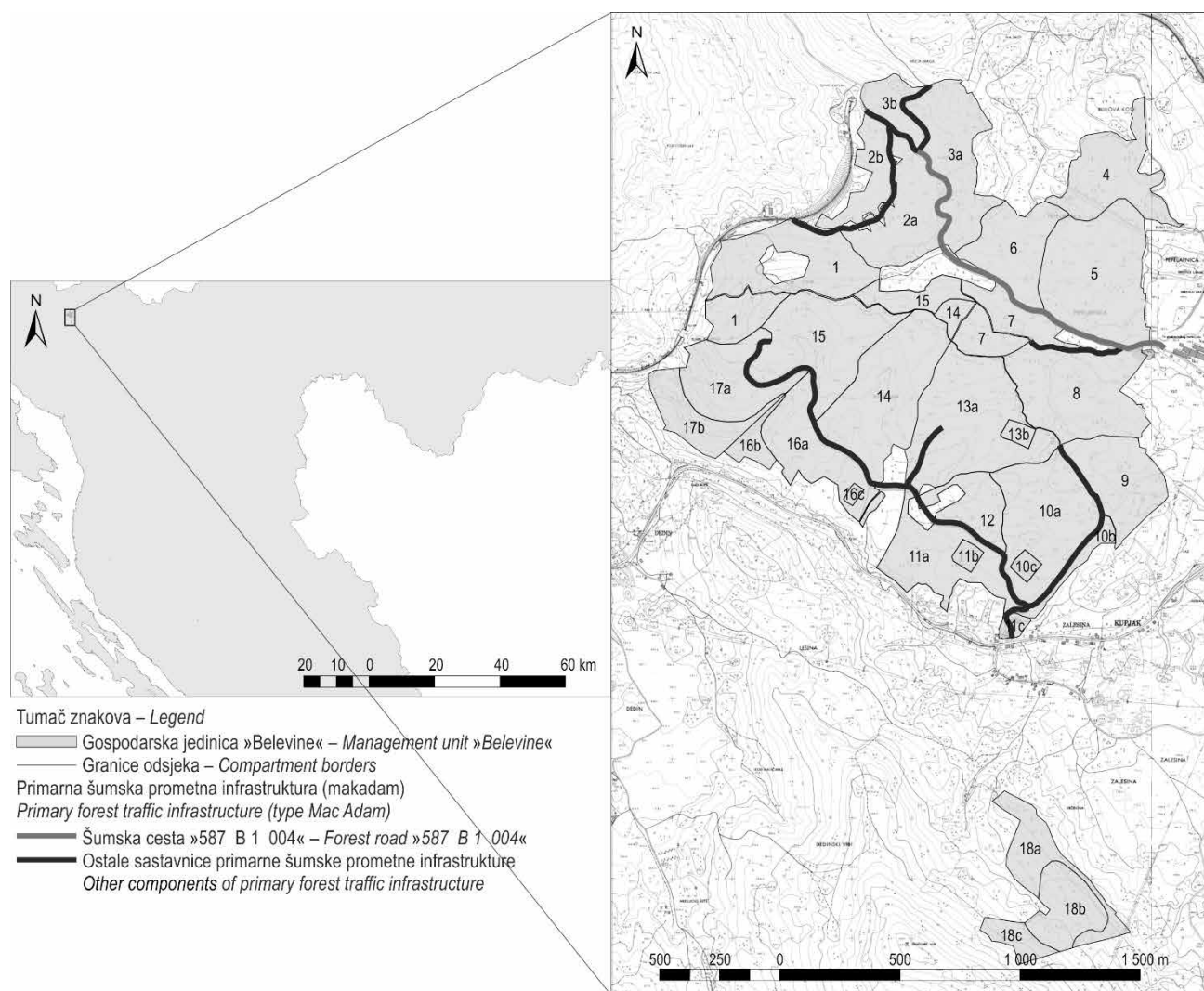
Ciljevi provedenoga istraživanja osmišljeni su u dva koraka:

⇒ istražiti razlike u obrađenim terenskim podacima prikupljenih klasičnom i suvremenom metodom terenske izmjere

⇒ utvrditi količinu radova potrebnih za rekonstrukciju šumske ceste »587 B1 004« vodeći računa o udovoljavanju svih konstruktivnih elemenata definiranih tehničkim uvjetima za gospodarske ceste (Šikić i dr. 1989).

## 3. Područje istraživanja – *Research Area*

Istraživanje je provedeno u GJ Belevine, jednoj od triju gospodarskih jedinica u sastavu Nastavno-pokusnoga šumskoga objekta Zalesina Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. U prebornim šumama



**Slika 2.** Zemljopisni položaj područja istraživanja s registrom primarne šumske prometne infrastrukture

**Fig. 2** Geographic position of the research area with the primary forest traffic infrastructure register

gorskoga reljefnoga područja GJ Belevine nalazi se 8175 km šumskih cesta, a objekt ovoga istraživanja bila je šumska cesta »587 B1 004« ukupne duljine 1520,16 m izmjerene klasičnom metodom terenske izmjere (slika 2).

GJ Belevine nalazi se u Gorskom kotaru na 45°26' zemljopisne širine i 14°53' zemljopisne dužine istočno od Greenwicha. Površina gospodarske jedinice, zajedno s pripadajućim dislociranim Dedinskim vrhom (18,40 ha; odsjeci 18a, 18b i 18c), iznosi 293,94 ha. Od toga je 283,20 ha obraslo, 5,88 ha je neobraslo, a 4,86 ha šumskoga tla neplodno je. Prosječna drvena zalaha gospodarske jedinice iznosi 445 m<sup>3</sup>/ha, s temeljnicom od 41,98 m<sup>2</sup>/ha (najviše je stabala u debljinskom razredu iznad 51 cm prsnoga promjera). Godišnji tečajni prirast iznosi 7,40 m<sup>3</sup>/ha.

Reljef je blago valovit i lepezasto izbrazdan. Ističu se dvije gorske glavice, tri manje zaravni te jedna uska dolina koja se provlači sjeveroistočnim dijelom odjela 7. Ostali dio gospodarske jedinice prostire se po blagim padinama izbrazdanim mnoštvom brdskih potocića, koji mikroreljefu daju specifičnu plastičnost. GJ Belevine leži na nadmorskoj visini od 720 do 870 m. Padine su većinom blagih do umjereno strmih strana (inklinacija do 20 °). Samo su strane korita povremenih brdskih potoka strme do vrlo strme, jer su potoci tijekom vremena usjekli duboka korita u debele naslage tla.

U najvećem dijelu GJ Belevine matični je supstrat izgrađen od permkarbonskih (paleozojskih) naslaga crnih brusilovaca, hrđastih škriljevaca, pješčenjaka i konglomerata. Geološka je podloga omogućila neobično jaku hidrografiju, tj. razvoj vodene mreže s obiljem izvora i vodotoka. Obilni izvori i jaki vodotoci uzrokuju u reljefu paleozojske podloge mnogobrojne dublje ili pliće jarke strmih strana sklonih odronjavanju. Sastojine gospodarske jedinice Belevine prostiru se na sedimentima paleozoika odnosno na podzolima, kiselim smeđim tlima i smeđim podzolasnim tlima.

#### 4. Metode rada – *Working Methods*

Kako se ovdje nije radilo o planiranju i projektiranju nove šumske prometnice, preskočena je faza planiranja, prva faza uspostavljanja optimalne mreže primarne šumske prometne infrastrukture na terenu. Inicijalni zadatak na terenu bio je u već postojeću šumsku cestu »587 B1 004« uklopiti osovinski poligon koji nam je bio ishodište za prikupljanje svih terenskih podataka izravnim trasiranjem radi izrade glavnoga projekta rekonstrukcije šumske ceste »587 B1 004«.

#### 4.1 Prikupljanje terenskih podataka klasičnom metodom izmjere – *Classical Method of Field Data Survey*

Nakon postavljenoga osovinskoga poligona trebalo ga je zaobliti horizontalnim krivinama oblika kružnoga luka predstavljenim glavnim točkama (početak kružnoga luka /PL/, sredina kružnoga luka /SL/ i kraj kružnoga luka /KL/) u svakoj poligonnoj točki (tjemenu). Za taj je postupak iskolčenja na terenu upotrijebljen mjerni uređaj teodolit DE-5A, mjerna vrpca, trasirke, priručnik za iskolčenje kružnih krivina te pozicijski čelični vijci i markirni drveni kolčići kao terenske oznake.

Usporedno s iskolčenjem glavnih točaka horizontalnih krivina, međutočaka i detaljnih točaka izračunata je i stacionaža svakoga profila na šumskoj cesti. Razmak između profila na ravnim je dijelovima trase mjeren pomoću mjerne vrpce (s točnošću na centimetar), dok su za izračun stacionaže u horizontalnim kružnim lukovima korišteni podaci o vrijednostima duljine kružnih lukova.

Po završetku iskolčenja glavnih točaka horizontalnih krivina i izračuna stacionaže obavljena je nivelacija profila kojom je zapravo izračunavana visina pojedinačnoga profila na trasi šumske ceste. Pri tome je korišten mjerni uređaj nivelir Sokkia C330 i mjerna letva duljine 5,00 m. Nadmorska visina početne točke na šumskoj cesti »587 B1 004« predviđenoj za rekonstrukciju očitana je sa šumskogospodarske karte mjerila 1:25 000.

Naposlijetku, snimljeni su poprečni profili metodom ravnjače i podravnjače pri čemu su upotrijebljene dvije klasične trasirke s podjelom na 50 cm i jedna trasirka s ugrađenom libelom. Snimanje poprečnih profila obavljalo se okomito na uzdužnu os trase šumske ceste u pojasu širine osam metara sa svake strane, u pravilu na svaka dva metra ili po potrebi češće, ovisno o promjeni poprečnoga nagiba terena. Mjerena je visinska razlika pojedine točke u odnosu na prethodno snimljenu točku loma terena. Ujedno su vizualno procjenjivane građevinske kategorije materijala u svakom profilu šumske ceste. Primijenjena je ABC kategorizacija građevinskih kategorija materijala prilagođena šumarskomu graditeljstvu (Pentek 2012).

#### 4.2 Prikupljanje terenskih podataka suvremenom metodom izmjere – *Modern Method of Field Data Survey*

Kod suvremene je metode, nakon što je na terenu, odnosno na trasi šumske ceste »587 B1 004« predviđene za rekonstrukciju bio uklopljen osovinski poli-

gon te iskolčeni svi profili klasičnom metodom terenske izmjere, pristupljeno snimanju navedenih profila primjenom radne stanice Sokkia Series 3030R. Ujedno sa snimanjem svakoga profila, a okomito na uzdužnu os šumske ceste sniman je i poprečni izgled terena odnosno sve terenske točke u kojima je poprečni nagib terena mijenjao vrijednost u istom pojasa, širine osam metara na svaku stranu, kao što je to bio slučaj i pri izmjeri poprečnih profila klasičnom metodom.

### **4.3 Obrada terenskih podataka – Field Data Processing**

#### **4.3.1 Obrada terenskih podataka prikupljenih klasičnom metodom terenske izmjere – Processing of Field Data Collected by the Classical Method of Field Data Survey**

Snimljene točke prenesene su u računalo te je uz pomoć računalnoga programa »Cesta« slovenske tvrtke Softdata obavljen unos svih profila snimljenih na trasi šumske ceste (početak, sredina i kraj kružnoga luka te međutočaka). Zatim su uneseni podaci o nadmorskoj visini svakoga profila (podaci dobiveni nivelacijom profila) te je naposljetku unesen poprečni izgled terena dobiven metodom ravnjače i podravnjače.

Nakon unosa svih terenskih podataka definirani su propisi kako bi se zadovoljili minimalno potrebni tehnički uvjeti koje su za gospodarske ceste propisali Šikić i dr. (1989).

#### **4.3.2 Obrada terenskih podataka prikupljenih suvremenom metodom terenske izmjere Processing of Field Data Collected by the Modern Method of Field Data Survey**

Obrada terenskih podataka prikupljenih mjernom stanicom Sokkia Series 3030R započela je u računalnom programu ProLink Version 1.15.Ink koji je razvila Sokkia Co, Ltd. Pomoću toga računalnoga programa svi podaci snimljeni mjernom stanicom Sokkia Series 3030R spremljeni u obliku datoteke (.sdr) prebačeni su u datoteku (.dxf) koja je čitljiva u računalnom programu »Cesta« slovenske tvrtke Softdata.

Nakon digitalnoga unosa terenskih podataka slijedila je njihova obrada tako da su sve terenske točke snimljene na terenu spajane terenskim linijama kako bi se dobio slojnički plan u širini od osam metara na svaku stranu od sredine šumske ceste, dok su položaji snimljenih terenskih profila ujedno predstavljali pozicije profila u računalnom programu »Cesta«. Zatim su definirani propisi jednako kao što je opisano u poglavlju 4.3.1.

### **4.4 Definiranje tehničkih svojstava šumske ceste »587 B1 004« u računalnom programu »Cesta« Defining of Technical Characteristics for the Forest Road »587 B1 004« in the Computer Program »Cesta«**

#### **4.4.1 Definiranje propisa i poprečnih presjeka Definition of Regulations and Cross-Sections**

Definirana širina planuma koja će se koristiti pri rekonstrukciji šumske ceste »587 B1 004« iznosi 4,50 m, od čega kolnik ima širinu 3,50 m, a bankina 0,50 m sa svake strane kolnika. Planum šumske ceste ima jednostrušan poprečni nagib min. 2 % (2,50 %) u skladu s poprečnim nagibom terena i odgovarajućim poprečnim presjekom, odnosno u smjeru prema odvodnom jarku.

Trapezni su odvodni jarci dimenzija 30 × 30 cm i nagiba kosina 1:1. Nagibi kod planiranih kosina nasipa projektirani su u omjeru 1:1 odnosno kod planiranih kosina iskopa 2:1. Za slučajeve susretanja vozila iz suprotnih smjerova, s obzirom na jedan prometni trak šumske ceste, a dvosmjerno prometovanje, na udaljenostima ne većima od 500 m projektirane su mimoilaznice. Širina planuma u mimoilaznici iznosi 6,00 m (proširenje kolnika je 2,50 m), puna duljina mimoilaznice je od 15,00 do 20,00 m, a duljina ulazne i izlazne rampe od 10,00 do 15,00 m.

#### **4.4.2 Definiranje nivelete u crtanom uzdužnom presjeku – Defining of Vertical Alignment in Longitudinal Section**

Prema pravilima struke radi minimiziranja količine iskopa i nasipa, te pazeći da transportna udaljenost materijala u dijagramu raspodjele zemljane mase ne prelazi vrijednost od 40 m, u crtani uzdužni presjek trase šumske ceste nacrtan prema podacima dobivenim terenskom izmjerom upotrebom klasične metode, uklopljena je nezaobljena niveleta šumske ceste. Poslije su, kako bi se dobio konačni izgled vertikalnoga razvijanja trase odnosno zaobljena niveleta, lomovi nezaobljene nivelete – vertikalna tjemena zaobljavana vertikalnim krivinama odabranih radijusa (vođeci računa o udovoljavanju važećim tehničkim uvjetima).

Potom je izračunata visinska i horizontalna udaljenost svakoga loma vertikalne krivine od najbližega profila na trasi šumske ceste. Tako dobivena visinska i horizontalna razlika pribrajana je ili oduzimana od kota istoimenih profila na trasi šumske ceste dobivenih suvremenom metodom terenske izmjere. Ovako opisanom načinom dobivene su kote lomova nivelete koje su u relativnom koordinatnom sustavu od najbližih profila udaljene za istu vrijednost kao i kod klasične metode prikupljanja terenskih podataka.

**Tablica 1.** Razlike u vrijednostima vršnih kutova ( $\alpha$ ) u horizontalnim krivinama šumske ceste »587 B1 004«

**Table 1** Differences in deflection angle ( $\alpha$ ) value in horizontal curves of the forest road »587 B1 004«

Redni broj tjemena <i>Number of polygon point</i>	Vršni kut $\alpha$ <i>Deflection angle <math>\alpha</math></i>	Vršni kut $\alpha$ <i>Deflection angle <math>\alpha</math></i>	Razlika u vršnim kutovima Klasična < Suvremena <i>Differences in deflection angle Classical &lt; Modern</i>	Razlika u vršnim kutovima Klasična > Suvremena <i>Differences in deflection angle Classical &gt; Modern</i>
	Klasična metoda <i>Classical Method</i>	Suvremena metoda <i>Modern Method</i>		
1	–	–	–	–
2	–13°30'00"	–13°37'01"	00°07'01"	–
3	–17°54'01"	–17°51'05"	–	00°02'56"
4	–15°14'00"	–15°32'12"	00°18'12"	–
5	19°21'57"	19°16'30"	–	00°05'27"
6	22°37'57"	22°30'55"	–	00°07'02"
7	–8°54'00"	–9°10'06"	00°16'06"	–
8	20°23'59"	20°25'20"	00°01'21"	–
9	–18°18'02"	–18°14'25"	–	00°03'37"
10	14°36'00"	14°33'54"	–	00°02'06"
11	–2°12'00"	–2°15'18"	00°03'18"	–
12	21°20'00"	22°21'16"	01°01'16"	–
13	–14°20'03"	–14°28'42"	00°08'39"	–
14	–23°30'03"	–23°24'45"	–	00°05'18"
15	10°30'01"	10°27'16"	–	00°02'45"
16	18°00'02"	17°37'56"	–	00°22'06"
17	13°27'59"	13°50'13"	00°22'14"	–
18	26°25'59"	26°25'02"	–	00°00'57"
19	–22°22'01"	–22°23'29"	00°01'28"	–
20	–17°28'00"	–17°07'30"	–	00°20'30"
21	–14°18'00"	–14°06'21"	–	00°11'39"
22	18°02'01"	18°06'49"	00°04'48"	–
23	22°50'01"	23°18'49"	00°28'48"	–
24	26°36'01"	26°29'14"	–	00°06'47"
25	33°30'00"	33°22'02"	–	00°07'58"
26	–52°30'03"	–52°26'25"	–	00°03'38"
27	–59°12'04"	–59°20'59"	00°08'55"	–
28	57°14'02"	56°44'38"	–	00°29'24"
29	46°10'01"	47°38'05"	01°28'04"	–
30	–40°48'00"	–39°22'22"	–	01°25'38"
31	–47°47'58"	–46°59'51"	–	00°48'07"
32	–34°39'58"	–34°32'46"	–	00°07'12"
33	–34°13'58"	–33°33'41"	–	00°40'17"
34	–32°12'01"	–32°53'26"	00°41'25"	–
35	50°17'58"	50°44'32"	00°26'34"	–
36	–	–	–	–
Ukupno – <i>Total</i>			5°38'09"	5°13'24"

## 5. Rezultati s raspravom – Results with Discussion

### 5.1 Razlike pri horizontalnom razvijanju Differences in Horizontal Alignment

Na trasi šumske ceste »587 B1 004« predviđene za rekonstrukciju projektirana su 34 horizontalna kružna luka (postavljeno je 36 poligonih točaka) s rasponom radijusa od minimalnih 16,00 m u tjemenu T 26 i T 27 (radi se o spojenim krivinama istoga smjera) do maksimalnih 650 m u tjemenu T 11. Korišteni minimalni radijusi u horizontalnim krivinama T 26 i T 27 veći su od minimalno (iznimno) propisanih tehničkim uvjetima za gospodarske ceste (Šikić i dr. 1989) koji iznose 12 m.

#### 5.1.1 Razlike u vrijednostima vršnih kutova Differences in Deflection Angle Value

U tablici 1 prikazane su vrijednosti vršnih kutova  $\alpha$ , tj. kutova skretanja za svaku horizontalnu krivinu

na trasi šumske ceste »587 B1 004«. Vidljivo je kako najmanja razlika u horizontalnim kutovima mjerenim klasičnom i suvremenom metodom terenske izmjere izračunata za tjeđe T 18 i iznosi  $00^{\circ}00'57''$ , dok najveća razlika iznosi  $01^{\circ}28'04''$ , a dobivena je u tjemenu T 29. Uprosječena razlika u vršnim kutovima svih horizontalnih krivina iznosi  $00^{\circ}19'10''$ .

Zanimljiva je i činjenica kako je razlika, u vršnim kutovima kod kojih je klasična metoda terenske izmjere dala manje ( $5^{\circ}38'09''$ ) odnosno veće vrijednosti ( $5^{\circ}13'24''$ ), vrlo mala i iznosi  $00^{\circ}24'45''$ . Sukladno navedenom kod preklapanja podataka vezanih uz horizontalno razvijanje trase u konačnici nisu uočene velike razlike odnosno razlike u vršnim kutovima nisu se akumulirale, već su se gotovo poništavale iz jedne horizontalne krivine u drugu.

Kako bi se utvrdila statistička značajnost razlike u vršnim kutovima ( $\alpha$ ), proveden je t-test za zavisne uzorke koji pokazuje kako razlike u vršnim kutovima

**Tablica 2.** t-test razlike vršnih kutova ( $\alpha$ ) na trasi šumske ceste »587 B1 004«

**Table 2** t-test for deflection angles ( $\alpha$ ) differences on the forest road »587 B1 004«

Varijable Variables	t-test za zavisne uzorke – t-test for Dependent Samples Razlike su značajne kod $p < 0,05000$ – Differences are significant at $p < 0.05000$							
	Aritmetička sredina Mean	Standardna devijacija Std. dv.	N	Diff.	Std. dv. diff.	t	df	p
Vršni kutovi mjereni klasičnom metodom Deflection angles measured by classical method	26,200	14,671						
Vršni kutovi mjereni suvremenom metodom Deflection angles measured by modern method	26,212	14,625	34	-0,012	0,499	-0,142	133	0,888

**Tablica 3.** t-test razlike udaljenosti između susjednih profila na trasi šumske ceste »587 B1 004«

**Table 3** t-test for differences in distance between adjacent profiles on the forest road »587 B1 004«

Varijable Variables	t-test za zavisne uzorke – t-test for Dependent Samples Razlike su značajne kod $p < 0,05000$ – Differences are significant at $p < 0.05000$							
	Aritmetička sredina Mean	Standardna devijacija Std. dv.	N	Diff.	Std. dv. diff.	t	df	p
Udaljenost između susjednih profila mjerenih klasičnom metodom Distance between adjacent profiles measured by classical method	9,683	2,891						
Udaljenost između susjednih profila mjerenih suvremenom metodom Distance between adjacent profiles measured by modern method	9,674	2,893	157	0,008	0,099	1,021	156	0,309



( $\alpha$ ) prikupljenih klasičnom i suvremenom metodom nisu statistički značajne. Rezultati t-testa prikazani su u tablici 2.

### 5.1.2 Razlike u vrijednostima stacionaže pojedinoga profila – *Differences in Stationing of Specific Profiles*

Na ukupnoj duljini trase šumske ceste »587 B1 004« iskolčeno je ukupno 157 profila ukupne stacionaže od 1520,16 m (klasična metoda terenske izmjere), tj. 1518,89 m (moderna metoda terenske izmjere). Uvi-dom u horizontalno razvijanje trase uočeno je da je udio krivina (102 profila), na trasi šumske ceste predviđene za rekonstrukciju, veći nego li pravaca (56 profila).

Kako razlika u stacionaži šumske ceste »587 B1 004« mjerene klasičnom odnosno suvremenom metodom terenske izmjere iznosi 1,27 m (0,08 % u odnosu na ukupnu duljinu), možemo reći da je s gledišta šumske cestogradnje navedena razlika zanemariva, što je u konačnici potvrđeno i t-testom kojim je uspoređivana statistička značajnost razlike udaljenosti između dva susjednih profila (tablica 3).

### 5.2 Razlike pri vertikalnom razvijanju *Differences in Vertical Alignment*

Niveleta trase projektirane šumske ceste nalazi se, općenito gledajući, u minimalnom padu jer se od početnih 789,40 m nadmorske visine spušta i završava na 789,26 m (789,23 m suvremena metoda) nadmorske

visine. Pravci između završetaka i početaka nasuprotnih vertikalnih krivina (konkavnih i konveksnih i obrnuto) projektirani su s minimalnom duljinom od 30,00 m.

Kako prema važećim tehničkim uvjetima (Šikić i dr. 1989)

⇒ maksimalni uzdužni nagib nivelete kod šumskih cesta iznosi 12 %, a u iznimnim slučajevima, na pravcu i na kratkim udaljenostima dopuštene su vrijednosti do 20 %, dok minimalni uzdužni nagib iznosi 0,5 %

⇒ minimalne vrijednosti radijusa konveksnih krivina iznose 400 m odnosno 200 m za konkavne krivine, vidljivo je da sve tehničke značajke vezane uz vertikalno razvijanje trase (tablica 4) udovoljavaju minimalno potrebnima.

Vrlo slično podacima koji su prikazivali horizontalno razvijanje šumske ceste »587 B1 004« i kod podataka vezanih uz vertikalno razvijanje šumske ceste »587 B1 004« nije uočena statistički značajnija razlika (tablica 5).

### 5.3 Razlike u površini poprečnih presjeka *Differences in Cross Section areas*

Računalni program »Cesta« pri izračunu površina poprečnih presjeka izračunava vrijednosti površina iskopa, nasipa, podloge i bankine, odvodnih jaraka i tampona. Pomoću vrijednosti navedene površine računalni program, u kasnijoj obradi, izračunava volumen zemljanih masa koji u konačnici, s ostalim

**Tablica 4.** Osnovna obilježja zaobljene nivelete šumske ceste »587 B1 004«

**Table 4** Basic features of vertical alignment on the forest road »587 B1 004«

Osnovna obilježja zaobljene nivelete <i>Basic features of vertical alignment</i>	Klasična metoda terenske izmjere <i>Classical method of field survey</i>	Suvremena metoda terenske izmjere <i>Modern method of field survey</i>
Prosječan nagib, % – <i>Average slope, %</i>	–0,009	–0,011
Najveći nagib – <i>Maximum slope</i>	+5,23 % (72,59 m)	+5,27 % (72,51 m)
	–9,11 % (137,11 m)	–9,08 % (136,83 m)
Najmanji nagib – <i>Minimum slope</i>	+1,53 % (54,18 m)	+1,75 % (47,44 m)
	–1,11 % (86,36 m)	–0,93 % (86,41 m)
Prosječna duljina loma nivelete, m <i>The average length of vertical alignment, m</i>	101,34	101,26
Najmanje vrijednosti radijusa konveksnih krivina <i>Minimum values of radius in convex curves</i>	500 m u tjemenima 12 i 15 – <i>500 m in vertical curve 12 and 15</i>	
Najmanje vrijednosti radijusa konkavnih krivina <i>Minimum values of radius in concave curves</i>	800 m u tjemenu 13 – <i>800 m in vertical curve 13</i>	
Ukupno isprojektiranih vertikalnih krivina <i>Projected vertical curves in total</i>	13	13

**Tablica 5.** t-test razlike u nadmorskoj visini između susjednih profila na trasi šumske ceste »587 B1 004«

**Table 5** t-test for differences in altitude between adjacent profiles on the forest road »587 B1 004«

Varijable – Variables	t-test za zavisne uzorke – t-test for Dependent Samples							
	Razlike su značajne kod $p < 0,05000$ – Differences are significant at $p < 0.05000$							
	Aritmetička sredina Mean	Standardna devijacija Std. dv.	N	Diff.	Std. dv. diff.	t	df	p
Razlika u nadmorskoj visini između susjednih profila mjerenih klasičnom metodom <i>Differences in altitude between adjacent profiles measured by classical method</i>	-0,001	0,501						
Razlika u nadmorskoj visini između susjednih profila mjerenih suvremenom metodom <i>Differences in altitude between adjacent profiles measured by modern method</i>	-0,001	0,483	157	0,0002	0,134	0,018	156	0,986

**Tablica 6.** Ukupna površina poprečnih presjeka na trasi šumske ceste »587 B1 004« i rezultati t-testa koji je proveden za razlike u površini poprečnih presjeka za sve profile

**Table 6** Cross-section areas in total on the forest road »587 B1 004« and results of t-test for differences in cross-section areas for all profiles

	Klasična metoda terenske izmjere <i>Classical method of field survey</i>	Suvremena metoda terenske izmjere <i>Modern method of field survey</i>	Razlika u površini <i>Differences in area</i>	Rezultati t-testa <i>t-test results</i>
Ukupna površina iskopa, m <sup>2</sup> <i>Value of cut area in total, m<sup>2</sup></i>	98,89	80,23	18,66	$p = 0,1251$
Ukupna površina nasipa, m <sup>2</sup> <i>Value of fill area in total, m<sup>2</sup></i>	312,81	254,20	58,61	$p = 0,0009$
Ukupna površina (podloga + bankina), m <sup>2</sup> <i>Value of (bases + road shoulders) area in total, m<sup>2</sup></i>	34,76	34,76	0	–
Ukupna površina odvodnih jaraka, m <sup>2</sup> <i>Value of side ditches area in total, m<sup>2</sup></i>	25,46	24,54	0,92	$p = 0,0014$
Ukupna površina tampona, m <sup>2</sup> <i>Value of buffer area in total, m<sup>2</sup></i>	157,00	155,91	1,09	$p = 0,0212$

Razlike su značajne kod  $p < 0,05000$  – Differences are significant at  $p < 0.05000$   
N = 157

utjecajnim čimbenicima, određuje cijenu koštanja pojedine šumske ceste.

Vidljivo je kako se prve statistički značajne razlike između terenskih podataka dobivenih različitim (klasična, suvremena) metodama terenske izmjere pojavljuju prilikom izračuna površine poprečnih presjeka (tablica 6), što se dovodi u izravnu vezu s drugačijim načinima terenske izmjere poprečnih profila. Naime, prilikom izmjere poprečnih presjeka klasičnom metodom upotrebljavane su tri trasirke,

dvije s podjelom na 5 cm i jedna s ugrađenom libelom, tzv. metoda ravnjače i podravnjače. Kako se kod klasične metode izmjera poprečnih presjeka obavlja s točnošću na 5 cm, a kod suvremena metode točnost je izražena u milimetrima, pretpostavka je da je klasična metoda nepreciznija metoda terenske izmjere od suvremene metode, što je u konačnici i u uzročno-posljedičnoj vezi s dobivenom statistički značajnom razlikom u površini iskopa, nasipa, odvodnih jaraka i tampona.

**Tablica 7.** Razlika u ukupnim površinama poprečnih presjeka na trasi šumske ceste »587 B1 004« i rezultati t-testa koji je proveden za razlike u površini poprečnih presjeka za sve profile

**Table 7** Difference in cross-section areas in total on the forest road »587 B1 004« and results of t-test for differences in cross-section areas for all profiles

	Klasična metoda terenske izmjere <i>Classical method of field survey</i>	Suvremena metoda terenske izmjere <i>Modern method of field survey</i>	Razlika u površini <i>Differences in area</i>	Rezultati t-testa <i>t-test results</i>
Ukupni volumen iskopa, m <sup>3</sup> <i>Value of cut volume in total, m<sup>3</sup></i>	3027,95	2445,69	582,26	$p = 0,000022$
Ukupni volumen nasipa, m <sup>3</sup> <i>Value of fill volume in total, m<sup>3</sup></i>	966,10	789,44	176,66	$p = 0,0351$
Ukupni volumen tampona, m <sup>3</sup> <i>Value of buffer volume in total, m<sup>3</sup></i>	5625,94	5588,43	37,51	$p = 0,0074$
Ukupni volumen posteljice, m <sup>3</sup> <i>Value of subgrade volume in total, m<sup>3</sup></i>	7802,88	7763,16	39,72	$p = 0,0201$

Razlike su značajne kod  $p < 0,05000$  – Differences are significant at  $p < 0.05000$   
 $N = 157$

#### 5.4 Volumen zemljanih masa i volumen elemenata kolničke konstrukcije – Volume of Erath-Mass and Volume of Road Construction Elements

Naposljetku su analizirani podaci o volumenu zemljanih masa i volumenu onih elemenata kolničke konstrukcije koji u konačnici definiraju cijenu koštanja rekonstruirane šumske ceste. Volumen koji računalni program »Cesta« izračunava, a koji ulazi u izračun dokaznice mjera i troškovnika jest:

- ⇒ volumen iskopa (sadrži i podatke u volumenu odvodnih jaraka)
- ⇒ volumen nasipa
- ⇒ volumen tampona
- ⇒ volumen posteljice.

Kako spomenute vrijednosti volumena, s ostalim utjecajnim čimbenicima, uvjetuju cijenu koštanja pojedine šumske ceste, a vrlo su usko povezane s površinom poprečnih presjeka, one su obrađene radi utvrđivanja međusobnih razlika. Zanimljiva je činjenica da sve četiri analizirane vrijednosti volumena pokazuju da postoji statistički značajna razlika između vrijednosti volumena dobivene pomoću podataka prikupljenih klasičnom odnosno suvremenom metodom terenske izmjere (tablica 7). Ovakvi rezultati u ispitivanom volumenu ne iznenađuju s obzirom na to da su se i razlike u površini poprečnih presjeka pokazale statistički značajnima, a držimo da razlozi ovakvih rezultata u prvom redu leže u načinu izmjere poprečnih presjeka opisanih u poglavlju 5.3.

#### 6. Zaključci – Conclusions

Projektiranje se šumskih cesta, kao druga u slijedu od četiriju uvijek prisutnih radnih faza uspostavljanja i upravljanja optimalnom mrežom šumskih cesta na terenu, dijeli na: 1. prikupljanje općih i tehničkih podataka i 2. trasiranje. Trasiranje se sastoji od: 1. terenskoga prikupljanja podataka (terenske izmjere) i 2. uredske obrade i ispisa podataka. Radi povećanja kakvoće glavnih projekata šumskih cesta pri izravnom trasiranju, koje je karakteristično za šumske ceste, primjenjuju se različite metode terenske izmjere.

Usporedba klasične i suvremene metode prikupljanja terenskih podataka za potrebe rekonstrukcije šumske ceste pokazuje da je suvremena metoda funkcionalniji izbor (potreban manji broj pomoćnih radnika na terenu i brže prikupljanje terenskih podataka). Jednostavniji je (automatski) unos podataka u osobno računalo, odnosno računalni program »Cesta«.

Obje su metode prikupljanja terenskih podataka, i klasična i suvremena, s gledišta horizontalnoga i vertikalnoga razvijanja trase, dale vrlo slične podatke i nije zamijećeno statistički značajno odstupanje kod spomenutih podataka.

Najveće razlike među prikupljenim terenskim podacima uočene su pri obradi podataka vezanih uz snimanje poprečnih presjeka na trasi šumske ceste predviđene za rekonstrukciju, što se dovodi u izravnu vezu s prikupljanjem terenskih podataka. Naime, klasičnom metodom poprečni izgled terena prikuplja se metodom ravnjače i podravnjače s 5 cm točnošću,

dok je suvremenom metodom terenske izmjere spomenuta točnost subcentimetarska, što smatramo glavnim razlogom odstupanja terenskih podataka.

Kako su najveće razlike između terenskih podataka prikupljenih klasičnom i suvremenom metodom terenske izmjere uočene pri snimanju poprečnih presjeka, smatramo kako bi navedene razlike bile puno manje pri prikupljanju podataka tijekom projektiranja nove trase šumske ceste u odnosu na podatke koji su analizirani u ovom radu, a vezani su uz rekonstrukciju šumske ceste »587 B1 004«. Spomenutu tvrdnju potkrepljujemo činjenicom kako su promjene u poprečnim nagibima terena, u prosječnim terenskim uvjetima, manje izražene pri projektiranju nove šumske ceste u odnosu na rekonstrukciju postojeće.

Rekonstrukcijom šumske ceste »587 B1 004« u GJ Belevine podiže se njezin standard i izvedbom gornjega ustroja od asfalta omogućuje se promet u gotovo svim vremenskim uvjetima i smanjuju se mogućnosti oštećivanja gornjega i donjega ustroja šumske ceste.

### Zahvala – Acknowledgement

Istraživanje je provedeno u sklopu projekta »Optimizacija sustava pridobivanja drva i šumske prometne infrastrukture na strateško-taktičkoj razini planiranja« koji sufinancira Ministarstvo poljoprivrede sredstvima naknade za korištenje općekorisnih funkcija šuma.

## 7. Literatura – References

Anon., 2000: Forest roads manual. Oregon department of forestry, State forest program, 1–207.

Brinker, R. W., R. A. Tufts, 1995: Forest Roads And Construction Of Associated Water Diversion Devices. Alabama cooperative extension system, ANR – 0916, 1–4.

Brown, N. C., 1949: Logging. The principle and methods of harvesting timber in the United States and Canada. John Willey & Sons, Inc. New York, Champan & Hall, Ltd, London.

Bumber, Z., 2011: Primjena GIS-a pri analizi otvorenosti G.J. Šiljakovačka Dubrava II kroz strukturu prihoda drva u prostoru i vremenu. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–139.

Dasović, K., 2012: Izrada katastra sekundarnih šumskih prometnica i analiza sekundarne otvorenosti G.J. »Bovan-Jelar« i G.J. »Križiči«, Šumarije Perušić. Magistarski specijalistički rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–109.

Enache, A., 2009: Elaboration of a Forest Road Network in Trauch Forest District, Wittgenstein Forest Administration, Hohenberg, Austria. Master Thesis. University of Natural Resources and Life Sciences – BOKU, Vienna, 1–67.

Epstein, R., J. Sessions, 2001: PLANEX: A System to Identify Landing Locations and Access. 11<sup>th</sup> International Mountain Logging and Pacific Northwest Skyline Symposium, Seattle, Washington, USA.

Grace, J. M., B. D. Clinton, 2006: Forest road management to protect soil and water. American society of agricultural and biological engineers (ASABE) annual meeting presentation, 1–14.

Greulich, F., 2002: Transportation Networks in Forest Harvesting: Early Development of the Theory. Proceedings of the International Seminar on New Roles of Plantation Forestry Requiring Appropriate Tending and Harvesting Operations, September 29 – October 5. The Japan Forest Engineering Society & IUFRO 3.04/3.06/3.07, Tokyo, Japan, 1–9.

Horvat, D., M. Šušnjar, 2002: Istraživanje tehničkih značajki šumskog kamionskog skupa Scania, Šumarski fakultet, ZIŠ, 1–25.

Jeličić, V., 1983: Šumske ceste i putevi. Samoupravna interesna zajednica odgoja i usmjerenog obrazovanja šumarstva i drvne industrije, Zagreb, 1–193.

Kirby, M., W. Hager, W. Wong, 1986: Simultaneous Planning of Woodland Management and Transportation Alternatives. TMS Stud. Mnage. Sci., 21: 371–387.

Krpan, A.P.B., 1991: Daljinski transport drvne mase u Hrvatskoj – faktori razvoja i stanje. Drvna industrija, 42(3–4): 49–54.

Krpan, A. P. B., 1992: Iskorišćivanje šuma. Šume u Hrvatskoj, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Hrvatske šume j. p., Zagreb, 153–170.

Malnar, M., 2000: Tehničkotehnološki čimbenici prijevoza drva u brdsko-gorskim uvjetima na primjeru šumarije Prezid, Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–124.

Najafi, A., H. Sobhani, A. Saeed, M. Makhdom, M.M. Mohajer, 2008: Planning and Assessment of Alternative Forest Road and Skidding Networks. Croatian Journal of Forest Engineering, 29(1): 63–73.

Papa, I., T. Pentek, H. Nevečerel, K. Lepoglavec, A. Đuka, B. Šafran, S. Risović, 2015: Raščlamba tehničkih značajki i sustava odvodnje postojećih šumskih cesta radi utvrđivanja potrebe njihove rekonstrukcije – studija slučaja za g.j. »Belevine« NPŠO Zalesina. Šumarski list, 139 (11–12): 497–517.

Pentek, T., 2012: Šumske prometnice. Skripta, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–373.

Pentek, T., D. Pičman, H. Nevečerel, 2005: Planiranje šumskih prometnica – postojeća situacija, determiniranje problema i smjernice budućeg djelovanja. Nova mehanizacija šumarstva, 26(1): 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.

Potočnik, I., 1996: Mnogonamenska raba gozdnih cest kot kriterij za njihovo kategorizacijo. Disertacija, Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani, 1–241.

Potočnik, I., 2007: Gozdne prometnice. Skripta, Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani, 1–221.

Ryan, T., H. Phillips, J. Ramsay, J. Dempsey, 2004: Forest Road Manual. COFORD, Ireland, 1–170.

Šikić, D., B. Babić, D. Topolnik, I. Knežević, D. Božičević, Ž. Švabe, I. Piria, S. Sever, 1989: Tehnički uvjeti za gospodarske ceste. Znanstveni savjet za promet Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti, Zagreb, 1–78.

Sokolović, Dž., M. Bajrić, 2013: Otvaranje šuma. Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, 1–248.

Stampfer, K., 2010: Forest Engineering – Course Script. Institute of Forest Engineering, Department of Forest and Soil Sciences, University of Natural Resources and Life Sciences – BOKU, Vienna, Austria.

Swift, L.W., R.G. Burns, 1999: The three R's of roads. Journal of Forestry, 97(8): 40–44.

\* Zakon o šumama (NN 140/05, 82/06, 129/08, 80/10, 124/10, 25/12, 68/12, 148/13)

---

## Abstract

---

### *Comparison of Data Collected by Different Methods of Field Survey During the Reconstruction of Forest Road*

*Forest roads are simple construction units that enable continuous and unobstructed traffic of motor vehicles throughout the year, primarily concerning sustainable forest management. By establishing an optimal network of primary forest roads, if suitably arranged and laid out, they enable the fulfilment of the tasks prescribed by the Management Plan at minimum cost and with maximum efficiency.*

*The research was carried out on the forest road »587 B1 004« of the station label 15+20.16 hm in the hilly and pre-mountainous forests in the Management Unit »Belevine« of the Forest Training and Research Center Zalesina of the Faculty of Forestry, University of Zagreb. Two different ways of collecting field data were used to create the Main Project for the reconstruction of the mentioned forest road. The first, classical method included the use of theodolite measuring device, levelling device and other measuring equipment, while the Sokkia Series 3030R workstation was used in the second, modern way of collecting field data.*

*The collected field data were processed in the computer program »Cesta«, while the statistical data processing was performed using the computer program STATISTICA 8. Statistical analysis of the data collected by two different methods of field measurements revealed that there is no statistically significant difference between the data related to the horizontal and vertical development of the forest road »587 B1 004«. A statistically significant difference occurs when comparing the cross-sectional areas and the volume of earth masses and pavement structures, which is directly linked to the different way and accuracy of collecting field data when measuring cross-sections.*

*Keywords: forest road, reconstruction, classical and modern method, horizontal and vertical alignment, cross-sections, earth-mass volume*

---

Adrese autorâ – *Authors' addresses:*

Dr. sc. Ivica Papa

e-pošta: ipapa@sumfak.hr

Prof. dr. sc. Tibor Pentek

e-pošta: tpentek@sumfak.hr

David Janeš, mag. ing. silv.\*

e-pošta: djanes@sumfak.hr

Dr. sc. Dinko Vusić

e-pošta: dvusic@sumfak.hr

Dr. sc. Andreja Đuka

e-pošta: aduka@sumfak.hr

Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Zavod za šumarske tehnike i tehnologije

Svetošimunska 25

10 000 Zagreb

HRVATSKA

Tomislav Šerić, mag. ing. silv.

e-pošta: tomlavgs82@gmail.com

Ulica specijalne jedinice policije 8

53000 Gospić

HRVATSKA

\* Glavni autor – *Corresponding author*

Primljeno (*Received*): 1. 9. 2017.

Prihvaćeno (*Accepted*): 28. 9. 2017.