# Usporedba podataka prikupljenih različitim metodama terenske izmjere pri rekonstrukciji šumske ceste 587 B1 004, G.J. Belevine, NPŠO Zalesina

**Šerić, Tomislav**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2017**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:673073

*Rights / Prava:* In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-03-29**

*Repository / Repozitorij:*

University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology

**ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU**

**ŠUMARSKI ODSJEK**

# USPOREDBA PODATAKA PRIKUPLJENIH RAZLIČITIM METODAMA TERENSKE IZMJERE PRI REKONSTRUKCIJI ŠUMSKE CESTE „587 B1 004“, G.J. „BELEVINE“ NPŠO ZALESINA

**DIPLOMSKI RAD**

Diplomski studij: Šumarstvo - Tehnike, tehnologije i management u šumarstvu

Predmet: Projektiranje šumskih prometnica

Ispitno povjerenstvo: 1. Prof. dr.sc. Tibor Pentek
2. Doc. dr. sc. Hrvoje Nevečerel
3. Dr. sc. Ivica Papa

Student : Tomislav Šerić

JMBAG: 0068215117

Broj indeksa: 634/2015

Datum odobrenja teme: 20.04.2017.

Datum predaje rada: 15.09.2017.

Datum obrane rada: 22.09.2017.

**Zagreb, rujan, 2017.**

**DOKUMENTACIJSKA KARTICA**

| | |
|---|---|
| Naslov | Usporedba podataka prikupljenih različitim metodama terenske izmjere pri rekonstrukciji šumske ceste „587 B1 004“ G.J. „Belevine“ NPŠO Zalesina |
| Title | Comparison of collected data using different methods of field survery in the reconstruction of forest road „587 B1 004“ M.U. „Belevine“ Zalesina |
| Autor | Tomislav Šerić |
| Adresa autora | Ulica specijalne jedinice policije 8, 53000 Gospić |
| Mjesto izrade | Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu |
| Vrsta objave | Diplomski rad |
| Mentor | Prof. dr. sc. Tibor Pentek |
| Izradu rada pomogao | Dr. sc. Ivica Papa |
| Godina objave | 2017. |
| Obujam | I – VI, + str 59, tabl. 7, slika 18, navoda liter. 31 |
| Ključne riječi | šumska cesta, rekonstrukcija, terenska izmjera, glavni projekt, računalni program „Cesta“ |
| Key words | forest road, reconstruction, field surveys, the main project of the forest road, software „Cesta“ |

Sažetak

Šumska prometna infrastruktura predstavlja osnovu za racionalno gospodarenje šumskim ekosustavom. Uspostavom optimalne mreže primarnih šumskih prometnica, ukoliko su pravilno raspoređene i pravilno položene, omogućuju ispunjenje zadaća propisanih Planom gospodarenja uz minimalne troškove i uz maksimalni učinak.

U ovom radu detaljno je razrađena faza prikupljanja terenskih podataka klasičnom i suvremenom metodom izmjere, te njihova usporedba u svrhu izrade glavnog projekta rekonstrukcije šumske ceste „587 B1 004“ smještene u gospodarskoj jedinici „Belevine“, NPOŠ Zalesina

AB (Abstract)

Forest traffic infrastructure represent one of the necessary conditions for the rational management of forest ecosystems. The total amount of forest roads, their geographical distribution and technical features, must be sufficient for rational forest managing with the lowest construction and maintenance costs. If they are properly spaced they perform all the tasks associated with the management program in a particular forest area, with minimum cost and with maximum impact.

In this paper, it was described detail phase of the field data survey using classic and modern method of measurement and their later on comparison for the purpose of designing the main project for the reconstruction of the forest road "587 B1 004" located in the "Belevine" management unit, TFRC Zalesina

# Kazalo sadržaja:

**1. UVOD ..... 1**

**2. PROBLEMATIKA ISTRAŽIVANJA ..... 2**

2.1. ŠUMSKE PROMETNICE ..... 2

2.2 KATEGORIZACIJA ŠUMSKIH PROMETNICA U REPUBLICI HRVATSKOJ ..... 2

2.2. KATEGORIZACIJA ŠUMSKIH PROMETNICA U SVIJETU ..... 5

2.2.1. Klasifikacija šumskih prometnica u Sloveniji ..... 5

2.2.2. Klasifikacija šumskih prometnica prema međunarodnoj organizaciji FAO ..... 7

2.2.3. Klasifikacija šumskih prometnica u Austriji ..... 7

2.2.4. Klasifikacija šumskih prometnica u Kanadi ..... 8

2.2.5. Klasifikacija šumskih prometnica u Bosni i Hercegovini ..... 8

2.2.6. Klasifikacija šumskih prometnica u Njemačkoj ..... 9

2.3 SEKUNDARNA ŠUMSKA PROMETNA INFRASTRUKTURA ..... 9

2.4. FAZE USPOSTAVLJANJA OPTIMALNE MREŽE PRIMARNE ŠUMSKE PROMETNE INFRASTRUKTURE ..... 11

2.4.1. Planiranje šumskih cesta ..... 13

2.4.2. Projektiranje šumskih cesta ..... 16

2.5. IZGRADNJA ŠUMSKE CESTE UZ NADZOR ..... 28

2.6. ODRŽAVANJE ŠUMSKIH CESTA ..... 31

2.7. REKONSTRUKCIJA ŠUMSKIH CESTA ..... 34

2.8. ZATVARANJE ŠUMSKIH CESTA ..... 34

**3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA ..... 36**

3.1. NASTAVNO-POKUSNI ŠUMSKI OBJEKT ZALESINA(OPĆI PODACI) ..... 36

3.2. OPĆI PODACI O GOSPODARSKOJ JEDINICI „BELEVINE“ ..... 36

**4. CILJ I METODE ISTRAŽIVANJA ..... 39**

4.1.CILJEVI RADA ..... 39

4.2. METODA RADA ..... 39

4.2.1. Prikupljanje podataka klasičnom metodom ..... 39

4.2.2. Prikupljanje podataka suvremenom metodom ..... 39

4.2.3. Usporedba klasične i suvremene metode ..... 40

**5. REZULTATI ..... 42**

5.1 HORIZONTALNO RAZVIJANJE TRASE ..... 42

5.1.1. Uočene razlike pri horizontalnom razvijanju rekonstruirane šumske ceste ..... 42

5.2. VERTIKALNO RAZVIJANJE TRASE ..... 44

5.2.1. Uočene razlike pri vertikalnom razvijanju rekonstruirane šumske ceste ..... 44
5.3. POPREČNI PRESJECI ..... 49
5.3.1. Uočene razlike kod poprečni presjeka ..... 49
5.4. DIJAGRAM RASPODIJELE ZEMLJANIH MASA ..... 49
5.4.1. Uočene razlike kod dijagrama raspodijele zemljanih masa ..... 50
5.5. UOČENE RAZLIKE U PREDMJERU RADOVA – DOKAZNICI MJERA ..... 53
5.6. UOČENE RAZLIKE U TROŠKOVNIKU – PREDRAČUNU ..... 54
**6. ZAKLJUČCI ..... 55**
**7. LITERATURA ..... 57**

# Kazalo slika:

**SLIKA 1.** PRIMARNA ŠUMSKA PROMETNICA ..... 2
**SLIKA 2.** PRIKAZ ŠUMSKIH PROMETNICA PREMA ZNAČENJU ( PENTEK 2016.) ..... 3
**SLIKA 3.** TRAKTORSKA VLAKA ..... 10
**SLIKA 4.** TRAKTORSKI PUT ..... 10
**SLIKA 5.** SHEMATSKI PRIKAZ USPOSTAVLJANJE OPTIMALNE MREŽE ŠUMSKE PROMETNE INFRASTRUKTURE. (PENTEK I DR. 2014) ..... 13
**SLIKA 6.** RELJEFNA KARTA REPUBLIKE HRVATSKE (GDDIZAJN.HR) ..... 14
**SLIKA 7.** TAKTIČKO PLANIRANJE NA RAZINI GOSPODARSKE JEDINICE ..... 15
**SLIKA 8.** PLANIRANJE KONKRETNE ŠUMSKE PROMETNICE ..... 15
**SLIKA 9.** TEODOLIT I NIVELIR ..... 18
**SLIKA 10.** TRIMBLE GEOEXPLORER 3 ..... 26
**SLIKA 11.** RAD GEODETSKOM RADNOM STANICOM ..... 27
**SLIKA 12**. IZGRADNJA ŠUMSKE CESTE NA NAGNUTOM TERENU, BAGER SA HIDRAULIČNIM ČEKIĆEM ..... 30
**SLIKA 13.** ODRŽAVANJE CESTE PRIMJENOM GREJDERA ..... 33
**SLIKA 14.** CESTA IZVAN UPORABE ..... 35
**SLIKA 15.** KARTA GJ BELEVINE SA ŠUMSKIM CESTAMA ..... 37
**SLIKA 16.** PRIKAZ HORIZONTALNOG RAZVIJANJA ŠUMSKE CESTE „587 B1 004“ PRIKUPLJENIH KLASIČNOM I SUVREMENOM METODOM TERENSKE IZMJERE ..... 43
**SLIKA 17.** PRIKAZ VERTIKALNOG RAZVIJANJA ŠUMSKE CESTE „587 B1 004“ PRIKUPLJENIH KLASIČNOM I SUVREMENOM METODOM TERENSKE IZMJERE ..... 45
**SLIKA 18.** DIJAGRAM RASPODIJELE ZEMLJANIH MASA PRI REKONSTRUKCIJI ŠUMSKE CESTE „587 B1 004“ PRIKUPLJENIH KLASIČNOM I SUVREMENOM METODOM TERENSKE IZMJERE ..... 51

# Kazalo tablica:

**TABLICA 1.** KARAKTERISTIKE TERENA PREMA KONFIGURACIJI (ŠIKIĆ I DR. 1989.) ..... 4

**TABLICA 2.** NAJVEĆI UZDUŽNI NAGIB ŠUMSKE CESTE % (ŠIKIĆ I DR. 1989.) ..... 4

**TABLICA 3.** POPREČNI NAGIBI ZA SVE KATEGORIJE ŠUMSKIH CESTA (ŠIKIĆ I DR. 1989.) ..... 5

**TABLICA 4.** TEHNIČKI UVJETI ŠUMSKIH CESTA NA STRMIM TERENIMA (FAO 1998) ..... 7

**TABLICA 5.** KLASIFIKACIJA ŠUMSKIH PROMETNICA I NJIHOVE TEHNIČKE ZNAČAJKE U AUSTRIJI (STAMPFER 2009) .... 8

**TABLICA 6.** KLASIFIKACIJA ŠUMSKIH PROMETNICA I NJIHOVE TEHNIČKE ZNAČAJKE U KANADI (STJERNBERG, 1982).. 8

**TABLICA 7.** KLASIFIKACIJA ŠUMSKIH PROMETNICA U BOSNI I HERCEGOVINI (PRAVILNIK O USLOVIMA I ELEMENTIMA ZA PROJEKTIRANJE I IZGRADNJU ŠUMSKIH CESTA, 1985) ..... 9

# 1. UVOD

Prilikom racionalnog gospodarenja šumom i šumskim ekosustavom podrazumijevamo smanjivanje troškova transporta drva na minimum, izgradnjom šumske prometne infrastrukture, uz težnju prema optimalnoj otvorenosti. Optimalna otvorenost osigurava izvođenje svih zadataka predviđenih Planom gospodarenja na određenom području sa što manjim troškovima i što većim učinkom.

Šumsku prometnu infrastrukturu dijelimo na primarnu (šumske ceste), sekundarnu (traktorski putevi, traktorske vlake i žične linije) i posebnu (posebne šumske prometnice). Primarne šumske prometnice su trajni građevinski objekti koji omogućuju stalan promet motornim vozilima radi izvršenja svih zadataka predviđenih Planovima gospodarenja (prijevoz drva, lov, zaštita šuma, uzgojni radovi, njega). Sastoje se od donjeg i gornjeg ustroja sa svim tehničkim obilježjima ceste, te šumi trajno oduzimaju plodno tlo (za širinu tijela šumske ceste). Sekundarne šumske prometnice su građevinski objekti koji povremeno služe za izvršenje zadataka predviđenih Planovima gospodarenja a prvenstveno su namijenjene za traktorsku vuču, izvoženje drva forvarderima i iznošenje drva šumskim žičarama (Pentek (2012a).

Uspostavljanje optimalne mreže šumskih prometnica na terenu se odvija kroz sljedeće faze: planiranje, projektiranje, izgradnja s nadzorom te održavanje, a u iznimnim situacijama rekonstrukciju i stavljanje izvan upotrebe. Prilikom faze projektiranja šumskih cesta razlikujemo dva različita načina prikupljanja terenskih podataka, klasičnom i suvremenom metodom. Pri prikupljanju terenskih podataka u svrhu izrade glavnog projekta rekonstrukcije šumske ceste „587 B1 004“, koja se nalazi u gospodarskoj jedinici „Belevine“ na području nastavno pokusnog šumskog objekta Zalesina, korištene su obje metode (klasična i suvremena). U okviru ovoga rada usporedit će se točnost prikupljanja podataka klasičnom sa točnošću prikupljanja suvremenom metodom, kao i njihove prednosti i nedostatke.

Rekonstrukcija je jedna od dodatnih faza uspostavljanja optimalne mreže šumske prometne infrastrukture koja se odvija iz razloga prevođenja neke sekundarne prometnice u primarnu, povećanja standarda primarne prometnice te prevođenja u višu kategoriju šumske ceste.

# 2. PROBLEMATIKA ISTRAŽIVANJA

## 2.1. Šumske prometnice

Šumske prometnice su građevinski objekti po kojima se odvija promet motornim vozilima. Pravilno raspoređena mreža šumskih prometnica omogućuje izvođenje svih zadataka predviđenih Planovima gospodarenja (Gospodarskom osnovom ili Programom gospodarenja) na određenom šumskom području uz minimalne troškove i maksimalan učinak. Izgrađene su od donjeg i gornjeg ustroja sa svim tehničkim obilježjima ceste (Pentek 2012).

Zakon o šumama (NN 140/05, 82/06, 129/08, 80/10, 124/10, 25/12, 68/12, 148/13, 94/14) pod šumskom prometnom infrastrukturom smatra šumske prometnice (šumske ceste, vlake i stalne žičare) i druge objekte u šumama namijenjene prvenstveno gospodarenju i zaštiti šuma.



**Slika 1.** Primarna šumska prometnica

## 2.2 Kategorizacija šumskih prometnica u Republici Hrvatskoj

Šumske ceste dijelimo prema različitim kriterijima (Šikić i dr. 1989.).

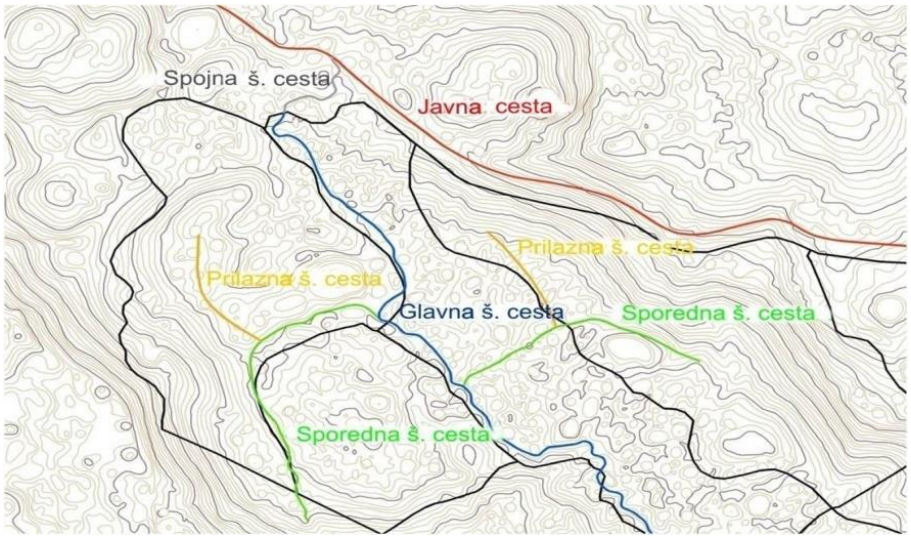
⇒ Prema vrsti prometa:

- ✓ Primarne šumske prometnice – u njih ubrajamo šumske ceste. To su trajni građevinski objekti koji omogućavaju stalan promet motornih vozila i omogućavaju izvođenje zadataka predviđenih Gospodarskom osnovom (lov, zaštita, njega, prijevoz drva i dr.);

- ✓ Sekundarne šumske prometnice – u njih ubrajamo traktorske putove i traktorske vlake koji su namijenjeni isključivo za traktorsku vuču i izvoženje forvarderima.

⇒ Prema značenju:

- ✓ Spojne ceste – povezuju gospodarske šumske ceste s javnim cestama i s njima čine prometnu mrežu gospodarskih cesta šireg šumskog područja. Tijekom cijele godine povezuju šumske ceste s javnim cestama i s njima čine cjelokupnu prometnu mrežu gospodarskih cesta šireg šumskog područja. U pogledu prostornog rasporeda, planiranje i projektiranje ovih cesta obično se izvodi prema kriterijima za javne ceste približno jednake kategorije, ali sa specifičnostima strojeva i vozila.
- ✓ Glavne šumske ceste – prolaze kroz šumsko područje i na taj način spajaju šumski kompleks s javnim prometnicama.
- ✓ Sporedne šumske ceste – odvajaju se od glavne šumske ceste, ulaze u pojedine dijelove šumskog kompleksa ili otvaraju manji šumski kompleks.
- ✓ Prilazne šumske ceste – mogu se odvajati od glavnih ili sporednih šumskih cesta, prolaze kroz šumski kompleks do pojedinih većih ili manjih šumskih radilišta.




**Slika 2.** Prikaz šumskih prometnica prema značenju ( Pentek 2016.)

⇒ Prema veličini i učestalosti transporta drvne mase :

- ✓ Šumska cesta 1. reda,
- ✓ Šumska cesta 2. reda,
- ✓ Šumska cesta 3. reda.

⇒ Prema prometnom opterećenju(izražen i bruto tonama dnevno):

- ✓ Cesta s neznatnim prometnim opterećenjem (do 100 bruto tona dnevno).
- ✓ Ceste s lakim prometnim opterećenjem ( 100-500 bruto tona dan).
- ✓ Ceste sa srednje teškim prometnim opterećenjem ( 500-2500 bruto tona dan).

⇒ Prema konfiguraciji terena:

- ✓ Ravničarske šumske ceste.
- ✓ Prigorsko-brdske šumske ceste.
- ✓ Planinske šumske ceste.

⇒ S obzirom na određivanje vrste kolničkih konstrukcija šumskih cesta, mjerodavno je i prometno opterećenje iskazano u bruto tonama po danu kako ih dijele Šikić i dr. (1989), te Pičman (2007). Osim navedenog Nevečerel i dr. (2007), ovisno o prometnom opterećenju u bruto tonama u godini, dijele šumske ceste na pet razreda:

- ✓ I. razred (> 80 000 t) ,
- ✓ II. razred (60 000 – 80 000 t),
- ✓ III. razred (40 000 – 60 000 t),
- ✓ IV. razred (20 000 – 40 000 t) ,
- ✓ V. razred (< 20 000 t).

Tablica 1. Karakteristike terena prema konfiguraciji (Šikić i dr. 1989.)

| Osnovne karakteristike terena | Konfiguracija terena | | |
|---|---|---|---|
| | Ravničast (RT) | Brdovit (BT) | Planinski (PT) |
| Visinska razlika u reljefu u duljini do 1 km | manje od 20 m | 20 - 120 m | više od 120 m |
| Nagib padine | do 1:10 | 1:10 do 1:3 | 1:3 do 1:0 |
| Naboranost terena | neznatna | izražena | vrlo jaka |
| Mogući elementi trase | izbor slobodan | izbor djelomično ograničen | elementi ceste minimalni |

Razlikujemo četiri kategorije šumskih cesta koje sadrže pet širina cestovnog tijela. Šumske prometnice sa dva prometna traka trebaju imati od 6,00 do 7,50 m, dok šumske prometnice s jednim prometnim trakom trebaju imati širinu od 5,00 do 5,50 m (1989).

Jedan od važnijih čimbenika kod polaganja mreže šumskih cesta je dozvoljeni uzdužni nagib u prigorsko-brdskim i planinskim područjima. Treba se pridržavati propisanih najvećih dozvoljenih uzdužnih nagiba (tablica 2.)

Tablica 2. Najveći uzdužni nagib šumske ceste % (Šikić i dr. 1989.)

| Kategorija šumske ceste | Najveći uzdužni nagib šumske ceste (%) | | |
|---|---|---|---|
| | **Nizinski teren** | **Brdski teren** | **Planinski teren** |
| **Spojna** šumska cesta (SŠC) | 4 | 8 (12)* | 8 (12)* |
| **Glavna** šumska cesta (GŠC) | 4 | 6 (8)* | 6 (8)* |
| **Sporedna** šumska cesta (SPŠC) | 4 | 6 | 15 (20)* |
| **Prilazna** šumska cesta (PŠC) | 4 | 6 | 15 (20)* |

* smije se koristiti samo u izuzetnim slučajevima i na kraćim potezima

Poprečni se nagibi (tablica 3) šumske ceste izvode zbog odvodnje površinske vode s kolnika. U pravcu su jednostrani, usmjereni prema odvodnim elementima ceste, dok su u horizontalnim krivinama usmjereni prema centru krivine.

Tablica 3. Poprečni nagibi za sve kategorije šumskih cesta (Šikić i dr. 1989.)

| Kategorija šumske ceste | Poprečni nagib šumske ceste, % | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | U horizontalnoj krivini | | | | U pravcu |
| | R ≥ 200 m | R ≥ 150 m | R ≥ 100 m | R ≥ 80 m | |
| **Spojne** ceste | 3 | 4 | 5 | 6 | 1,5 - 3 |
| **Glavne** ceste | 3 | 4 | 5 | 6 | 3 - 4 |
| **Sporedne** šumske ceste | 3 | 4 | 5 | 6 | 3 - 4 |
| **Prilazne** šumske ceste | 3 | 4 | 5 | 6 | 3 - 4 |

Podjela šumskih cesta s obzirom na učestalost uporabe i s obzirom na potrebu održavanja ( Pičman i Pentek 1996) :

⇒ primarne šumske ceste - koriste se tijekom cijele godine i zahtjevaju redovito održavanje,
⇒ sekundarne šumske ceste – koriste se povremeno, ovisno prema potrebi i održavanje im je periodično.

Krpan (1992) navodi da 3/4 prometa po učestalosti pripada prometu izvan pridobivanja drva, dok se po opterećenju taj odnos mijenja jer prijevoz drva opterećuje šumske ceste sa 67 %. Isto potvrđuju podaci koje iznosi Robek (2015) tijekom praćenja prometa na šumskoj cesti, u periodu od godine dana zabilježio je 22.383 vozila, od koji su 28,7 % bili kamioni (vozila mase veće od 7 t), dok su preostalih 71,3 % bila osobna vozila. Prema Hodiću i Jurušiću (2011) u Hrvatskoj je 2009. godine ukupna duljina šumskih cesta iznosila 18.735,57 km, od čega se u obračun otvorenosti šuma uzima 14.605,66 km.

## 2.2. Kategorizacija šumskih prometnica u svijetu

### 2.2.1. Klasifikacija šumskih prometnica u Sloveniji

Potočnik (1996) razvrstava šumske ceste u tri kategorije ovisno o njihovoj uporabi:

⇒ 1. kategorija (G1) – ceste na kojima se pored prometa namijenjenog gospodarenju šumama značajan i svakodnevni javni promet koji može doseći i više od 50% ukupnog učešća

⇒ 2. kategorija (G2) – ceste koje otvaraju više od 1000 ha šumom prekrivene površine i na njima prevladava promet namijenjen gospodarenju šumama.

⇒ 3. kategorija (G3) – ceste koje otvaraju manje od 1000 ha šumom prekrivene površine te na njima prevladava promet namijenjen gospodarenju šumom. U ovu kategoriju Potočnik (2005) uvodi dvije podkategorije:

- ✓ G II – glavne izvozne ceste, dnevni broj vozila na spoju šumske ceste i javne prometnice veći je od 12,
- ✓ G III – sporedne šumske ceste, dnevni broj vozila na spoju šumske ceste i javne prometnice manji je od 12.

Prema pravilniku o gozdnih prometnicah, Uradni list RS, št. 4/2009 z dne 19.1.2009. Tehnički se uvjeti nove šumske ceste ili šumske ceste namijenjene rekonstrukciji, u tlocrtnoj projekciji (situaciji) te u nacrtu (uzdužni i poprečni presjek) mogu sažeti na sljedeći način:

⇒ širina kolnika na ravnim pravcima iznosi do 3,5m,

⇒ minimalni radijus horizontalnih krivina iznosi 9,0m, a u horizontalnim je krivinama do radijusa od 50,0m potrebno projektirati proširenja kolnika,

⇒ oborinske vode sakupljene cijevnim propustima nije dozvoljeno odvoditi neposredno u stalne vodotoke, nego je istjecanje potrebno izvoditi tako da se ne uzrokuju progresivni erozijski procesi,

⇒ najveći uzdužni nagib nivelete iznosi 12%, a sva odstupanja iznad toga, odnosno nagib nivelete od 0%, moraju biti posebno obrazložena u tehničkom opisu,

⇒ minimalni radijus vertikalnih krivina iznosi 350m, a sva odstupanja ispod toga radijusa moraju biti utemeljena i obrazložena,

⇒ pokosi kosine zasjeka moraju biti u rasponu od 1:1 do 5:1 s obzirom na kategoriju tla, a pokosi kosine nasipa u rasponu od 1:1,25 do 1:1,50,

⇒ bankine moraju imati horizontalnu širinu od najmanje 0,5m,

⇒ odvodni jarci trebaju biti najmanje 0,8m horizontalne širine u visini planuma,

⇒ minimalni promjer betonskog cijevnog propusta za odvodnjavanje oborinske vode mora biti 500mm odnosno 400mm ukoliko se upotrebljavaju dvoslojne polipropilenske ili čelične cijevi sa glatkom unutarnjom površinom,

⇒ poprečni nagib kolnika (i u pravcu i u horizontalnoj krivini) mora iznositi minimalno 3%.

## 2.2.2. Klasifikacija šumskih prometnica prema međunarodnoj organizaciji FAO

Klasifikacija šumskih prometnica prema međunarodnoj organizaciji **FAO** 1976 :

⇒ transportne ceste :
- ✓ primarne ili glavne,
- ✓ sekundarne ili sporedne,

⇒ pristupne (spojne) ceste,

⇒ traktorski putovi.

Najmanje potrebne vrijednosti širine trupa i kolnika te najveće dopuštene uzdužne nagibe šumskih cesta na strmim terenima s obzirom na njihov tip te predviđeno sredstvo transporta (tablica 5), međunarodna organizacija FAO (1998).

Tablica 4. Tehnički uvjeti šumskih cesta na strmim terenima (FAO 1998)

| Tip prometnice | Sredstvo transporta | Širina planuma prometnice | Širina kolnika | Maksimalni nagib | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Nizbrdo | Uzbrdo |
| | | m | m | % | % |
| Glavna šumska cesta | Kamion s prikolicom (trajno) | 5,0 | 4,5 | 9 | 6 |
| Sporedna šumska cesta | Kamion s prikolicom (privremeno) | 4,5 | 3,5 | 10(12)* | 8 |
| Traktorski put | Skider, Traktor, Traktor gusjeničar | 3,5 | – | 12(20)* | 10 |

## 2.2.3. Klasifikacija šumskih prometnica u Austriji

Trzesinovski (1988) prema standardu gradnje dijeli šumske prometnice na:

⇒ glavne šumske ceste,

⇒ sporedne šumske ceste,

⇒ uređene šumske putove,

⇒ glavne i sporedne vlake.

Tablica 5. Klasifikacija šumskih prometnica i njihove tehničke značajke u Austriji (Stampfer 2009)

| Osnovne tehničke značajke | Glavna šumska cesta | Primarna šumska cesta | Sekundarna šumska cesta | Traktorski put | Traktorska vlaka |
|---|---|---|---|---|---|
| Korištenje | Kamion | Kamion | Kamion | Traktor | Traktor |
| Prohodnost | Trajna | Trajna | Trajna | Sezonska | Sezonska |
| Broj prometnih traka | 2 (1) | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Širina kolnika, m | 7 – 9 | 3,5 – 4,5 | 3 – 4 | 2,5 – 3,5 | 2,5 – 3,5 |
| Širina planuma, m | > 9/10 | 5 – 7 | 5 – 6 | – | – |
| Gornji stroj | Čvrst | Čvrst | Slab | Bez gornjeg ustroja | Bez gornjeg ustroja |
| Indeks nosivosti, $Ev^2$ $MN/m^2$ | > 120 | > 80 | > 60 | – | – |
| Radijus hor. kruž. luka, m | > 40/50 | > 20(16) | > 20(16) | – | – |
| Uzdužni nagib, % | 2 – 6 | 2 – 8(10) | 2 – 8(10) | < 20/25 | < 20/25 |

## 2.2.4. Klasifikacija šumskih prometnica u Kanadi

U Kanadi Stjernberg (1982) donosi smjernice za najmanju širinu planuma, debljinu kolničke konstrukcije i posteljice te najveći dopušteni uzdužni nagib šumskih cesta (tablica 6)

Tablica 6. Klasifikacija šumskih prometnica i njihove tehničke značajke u Kanadi (Stjernberg, 1982)

| | Primarne prometnice | Sekundarne prometnice | | Tercijarne prometnice | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | A | B | Ljeto | Zima |
| Minimalna širina planuma, m | 9,8 | 7,9 | 4,6 | 4,6 | 4,6 |
| Minimalna debljina posteljice, m | 0,9 | 0,6 | 0,3 – 0,5 | 0,3 – 0,5 | Minimalno |
| Minimalna debljina kolničke konstrukcije, m | 0,15 – 0,20 Izvodi se jarak | 0,15 – 0,20 Izvodi se jarak | 0,15 Izvodi se jarak | Ništa | Ništa |
| Tip posteljice | Organska tvar | Organska tvar | Organska tvar | Organska tvar | Snijeg i led |
| Najveći uzdužni nagib, % | 6 – 8 | 6 – 8 | 10 – 12 | 10 – 12 | 10 |
| Vijek trajanja, god. | 10 + | 10 + | 7 – 9 | 1 – 2 | Sezonska |
| Količina zemljorada, $m^3/km$ | 10000 | 5200 | 2400 | 2400 | Min. |

## 2.2.5. Klasifikacija šumskih prometnica u Bosni i Hercegovini

U Bosni i Hercogovini šumske ceste prema „Pravilniku o uslovima i elementima za projektiranje i izgradnju šumskih cesta“iz 1985. dijele se:

Prema vrsti transportnog sredstva i intenzitetu prometnog opterećenja dijele se na:

⇒ Kamionske šumske ceste,

⇒ Traktorske šumske ceste

Prema značenju:

⇒ Glavne šumske ceste – otvara šumu: područje, gospodarsku jedinicu, sliv i povezuje ih sa javnom cestom ili mjestom za preradu drva,

⇒ Sporedne šumske ceste – otvara dijelove šume: grupu odjela, odjele, manje slivove i povezuje ih sa javnim cestama ili glavnim šumskim cestama,

⇒ Prilazne šumske ceste – otvara manje dijelove šume: odjel, odsjek ili njihove dijelove i povezuje ih sa javnom cestom, glavnom ili sporednom šumskom cestom.

Tablica 7. Klasifikacija šumskih prometnica u Bosni i Hercegovini (Pravilnik o uslovima i elementima za projektiranje i izgradnju šumskih cesta, 1985)

| | Kategorija šumske ceste | Vrsta terena | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Laki | Srednji | Teški | Vrlo teški |
| Računska brzina, km/h | Glavna | 80 (60) | 70 (50) | 60 (40) | 40 (30) |
| | Sporedna | 60 (50) | 50 (40) | 40 (30) | 40 (20) |
| Širina kolnika, m | Glavna | 3,5 (3,0) | 3,5 (3,0) | 3,0 | 3,0 |
| | Sporedna | 3,5 (3,0) | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| Maksimalni uzdužni nagib nivelete, % | Glavna | 6 (8) | 6 (8) | 7 (8) | 7 (8) |
| | Sporedna | 6 (8) | 7 (8) | 8 (9) | 8 (10) |

Prilazna se cesta definira Osnovom, Izvedbenim projektom, Investicijskim programom ili posebnom Studijom
( ) koristi se u iznimnim slučajevima

## 2.2.6. Klasifikacija šumskih prometnica u Njemačkoj

Prema Dietzu, Loffleru i Kniggeu (1984) šumske ceste se dijele prema broju prometnih trakova, širine kolnika, minimalnog radijusa horizontalnih krivina, dozvoljenog opterećenja i uzdužnog nagiba na:

⇒ glavne šumske ceste- 1. razred,

⇒ primarne šumske ceste- 2.razred,

⇒ sekundarne šumske ceste- 3. razred.

## 2.3 Sekundarna šumska prometna infrastruktura

Sekundarnu šumsku prometnu infrastrukturu čine traktorski putovi i traktorske vlake, a to su građevinski objekti namijenjeni za traktorsku vuču i izvoženje drva, koji ispunjavaju zadatke previđenih gospodarskom osnovom.

Prilikom izgradnje traktorskih putova prisutni su samo zemljani radovi, to znači da se sastoje samo od donjeg ustroja.

Za razliku od traktorskih putova, traktorske vlake dobijemo uzastopnim prolaskom šumskih vozila istim tragom, te prosijecanjem kroz šumu. Nakon što vlake obave svoju ulogu ponovno postaju obraslo šumsko zemljište.

Prilikom planiranja mreže sekundarnih šumskih prometnica razlikujemo tri sustava:

⇒ sekundarne šumske prometnice na ravničarskom terenu – moguće je vođenje trase okomito na izohipse,
⇒ sekundarne šumske prometnice na brdskim terenima s vodotocima i uvalama – trasa se polaže uz vodotoke te se na završnim dijelovima vodotoka može granati u obliku lepeze,
⇒ sekundarne šumske prometnice na strmim planinskim terenima – trasa se razvija po padinama prilagođavajući se padu terena.



**Slika 3.** Traktorska vlaka



**Slika 4.** Traktorski put

## 2.4. Faze uspostavljanja optimalne mreže primarne šumske prometne infrastrukture

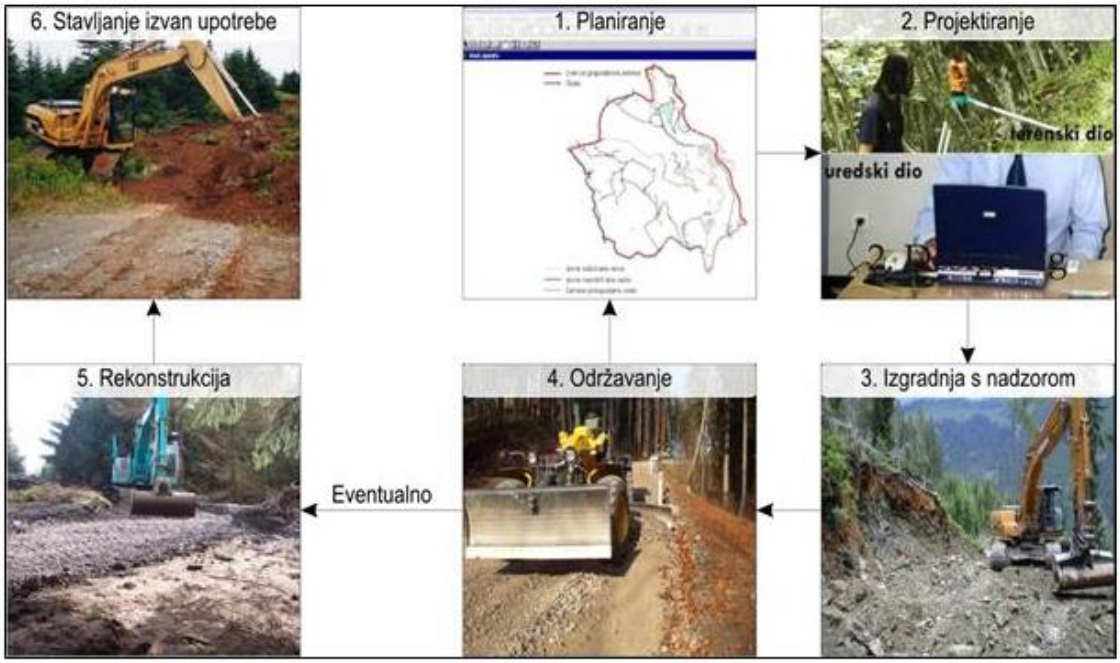
Za sustav transporta drvnih sortimenata kombinacijom privlačenja skiderom, izvoženja forvarderom i prijevoza kamionom postoji više modela određivanja optimalne gustoće mreže primarnih šumskih prometnica. Najveći broj modela se temelji na kalkulaciji najmanjih sveukupnih troškova od troškova privlačenja do troškova vezanih uz primarnu šumsku prometnu infrastrukturu. Troškovi povezani sa šumskim cestama te troškovi pridobivanja drva oduvijek su, poglavito zbog izgradnje i održavanja mreže šumskih cesta te privlačenja drva, imali značajan udio u ukupnoj strukturi troškova radova u šumarstvu te šumarski stručnjaci već desetljećima pokušaju definirati metode koje će pridonijeti njihovom ukupnom smanjenju (Najafi i dr. 2008, Sunberg i Silversides, 1988, Akay i Sessions, 2011). Kirby i dr. (1986) navode da su održivost i isplativost operativnih planova gospodarenja šumama pod jakim utjecajem cestogradnje i održavanja, kao i učinkovitosti cestovne mrežne infrastrukture. Planiranje, projektiranje i izgradnja šumskih cesta su prema Epsteinu i Sessionsu (2001) najskuplje i najdugotrajnije sastavnice sustava pridobivanja drva. Prema analizi Martinića (1995) vidi se da troškovi vezani uz sječu, izradbu i transport drva, te izgradnju i održavanje šumske prometne infrastrukture dosežu 59 % ukupne prodajne cijene drva.

Prema zakonu o šumama Republike Hrvatske (NN 140/05, 82/06, 129/08, 80/10, 124/10, 25/12, 68/12, 148/13, 94/14) odnosno članku 47. propisano je da se šumska infrastruktura planira, gradi i održava uz poštivanje tehničkih, gospodarskih i ekoloških uvjeta šumskog tla, raslinja i divljači te uz njihovu zaštitu. Pri planiranju se šumskih prometnica treba prilagoditi prirodnome okolišu te uvažavati turističke, rekreativne i protupožarne zahtjeve. Prije planiranja i izgradnje novih šumskih prometnica trgovačko društvo i šumoposjednici obvezni su zatražiti dopuštenje središnjeg tijela državne uprave nadležnog za zaštitu okoliša i zaštitu prirode. Stavak 4. istog članka napominje da se šumske prometnice moraju graditi, održavati i koristiti tako da se ne ugroze vodni izvori i utvrđeni ekološki važni dijelovi šumskih ekosustava (dijelovi ekološke mreže, staništa rijetkih i ugroženih vrsta i dr.), ne prouzroče erozijski procesi, ne zapriječi protok površinskih i podzemnih voda, ne poveća razina opasnosti od odrona, ne spriječi otjecanje oborinskih i poplavnih voda koje bi ugrozile seoska gospodarstva i druga zemljišta, ne ugrozi opstojnost šume, njezina obnova i razvoj, ne oštete područja pogodna za hranidbu i zimovanje divljači, ne ošteti prirodna i kulturna baština i ne ugroze druge funkcije višenamjenske uporabe šume.

Postupak privlačenja relativno malog broja drvnih sortimenata skiderima se odvija sporo, te su upravo iz toga razloga troškovi veći u odnosu na prijevoz drva kamionima, Prema jeličiću, (1983), troškovi prijevoza sortimenata drva kamionima manji su od troškova privlačenja drva skiderima na istu udaljenost 20 do 30 puta. Prema Penteku (2012b) s gledišta šumarske proizvodnje, odluka o izgradnji šumske transportne mreže donosi se iz razloga da bi se, nakon značajnog početnog financijskog ulaganja, povećao dohodak smanjenjem drugih troškova i ulaganja koja su u vezi sa gospodarenjem šumom. Šumska je cesta, dakle, s ekonomskog gledišta, gospodarski objekt za koji vrijede načela gospodarskog računa. Može se reći da je izgradnja šumske ceste opravdana ako su koristi koje možemo polučiti za njezinog vijeka trajanja (amortizacije) veće od troškova izgradnje, održavanja i štetnih posljedica gradnje na šumski ekosustav (troškova njihova saniranja). Prema tome što je mreža šumskih prometnica gušća, veći su troškovi vezani uz izgradnju i održavanje šumskih cesta, a transport drva je jeftiniji i obratno. Optimalna gustoća šumskih cesta određena je onim razmakom, kod kojeg su troškovi primarnog transporta i troškovi uz postojanje šumskih cesta najmanji.

Iz navedenih razloga nastoji se smanjiti udaljenost privlačenja drva, te omogućiti kamionima pristup posječenom sortimentu. To se postiže uspostavom optimalne mreže šumskih prometnica na terenu kroz sljedeće faze rada: planiranje, projektiranje, izgradnja s nadzorom i održavanje (Pentek i dr. 2004.), a povremeno i prema potrebi, pojavljuju još dvije faze rada: faza rekonstrukcije šumskih cesta i stavljanje izgrađenih šumskih cesta izvan uporabe (Pentek 2012b).

Navedene faze su međusobno ovisne jedna o drugoj te iz tog razloga treba voditi računa o njihovom redoslijedu. Svaku sljedeću fazu obavljati nakon što je prethodna provedena na zadovoljavajući način.




**Slika 5.** Shematski prikaz uspostavljanje optimalne mreže šumske prometne infrastrukture. (Pentek i dr. 2014)

## 2.4.1. Planiranje šumskih cesta

Planiranje šumskih prometnica se prema razini na kojoj se planiranje provodi, složenosti postupaka planiranja, vremenskom razdoblju za koje se planiranje provodi te s obzirom na veličinu područja može podijeliti na tri osnovne razine:

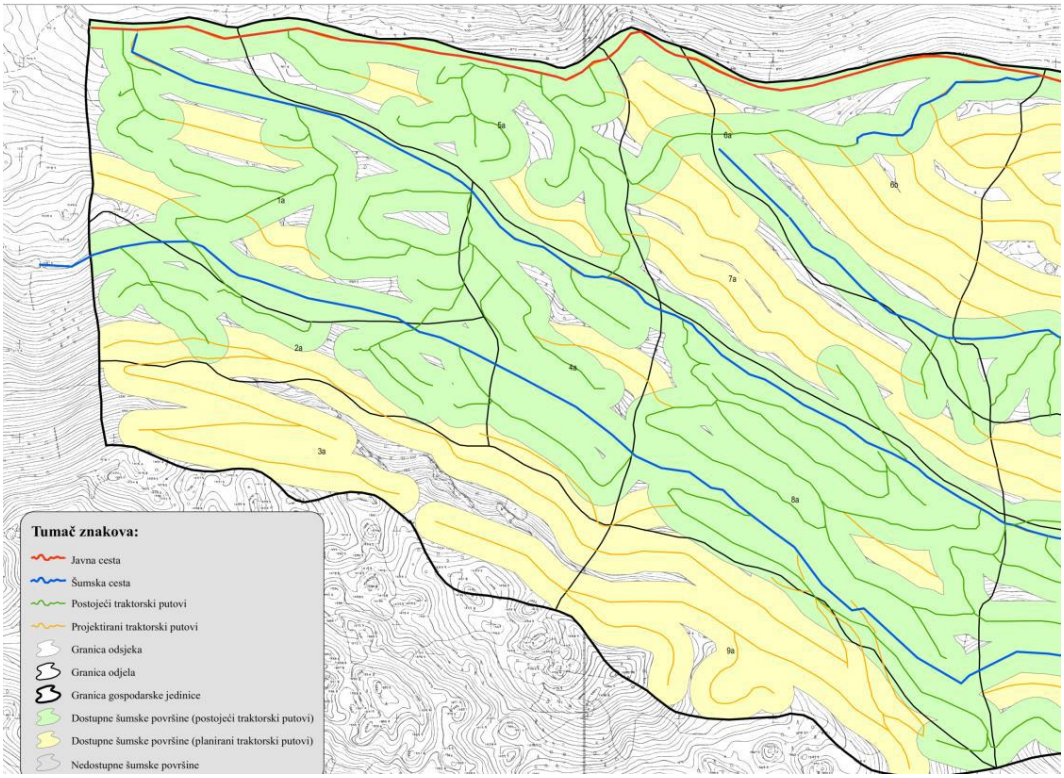
⇒ planiranje primarnog i sekundarnog otvaranja šuma na razini države,
⇒ planiranje primarnog i sekundarnog otvaranja šuma na razini gospodarske jedinice,
⇒ planiranje konkretne šumske prometnice.

Kod planiranja primarnog i sekundarnog otvaranja šuma na razini države odnosi se na reljefna područja kao što su nizinsko, brdsko, gorsko/planinsko, krško. U reljefna područja se objedinjuju gospodarske jedinice sličnih sastojinskih i stanišnih značajki. Navedena faza je ujedno i najviša razina od koje se započinje planiranje Poršinsky 2014.

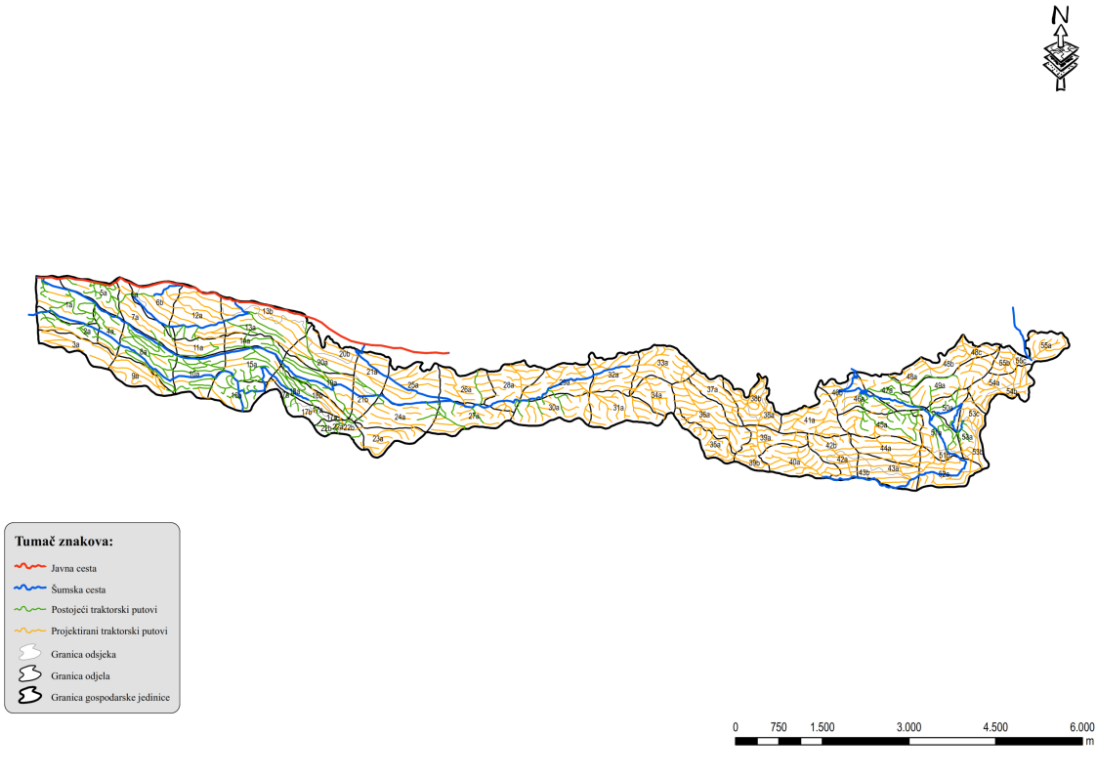



**Slika 6.** Reljefna karta Republike Hrvatske (gddizajn.hr)

Planiranje primarne i sekundarne šumske transportne infrastrukture na razini gospodarske jedinice predstavlja srednju razinu planiranja i nazivamo ga taktičko planiranje (slika 7). Najnižu razinu planiranja (lokalno,operativno planiranje) predstavlja planiranje konkretne šumske prometnice, nakon kojega slijedi faza projektiranja šumske prometnice (slika 8).




**Slika 7.** Taktičko planiranje na razini gospodarske jedinice




**Slika 8.** Planiranje konkretne šumske prometnice

U šumarstvu je od izuzetne važnosti provoditi kvalitetno planiranje na svim razinama kako bi se, promatrano sa svih stajališta, ostvarili najbolji rezultati. Planiranje gospodarenja šumom

označava proces prostorno-vremenskoga određivanja (propisivanja) vrste, količine i načina provedbe postupaka u šumi (Bončina i Čavlović, 2009).

Pentek (2012a) ističe da je planiranje šumskih prometnica prva, inicijalna, nezaobilazna i vrlo važna radna faza pri postupku uspostave optimalne mreže šumskih prometnica na terenu. Hayati i dr (2013) istražuju metodologije koji bi pomogle pri planiranju mreže šumskih cesta uzimajući u obzir tehničke, ekonomske i okolišne faktore koji utječu na planiranje. Zaključuju da je najbolja ona mreža šumskih prometnica koja najbolje zadovoljava okolišne i ekonomske kriterije. Acar idr. (2017) navode da je planiranje mreže šumskih cesta temelj za iskorištavanje šuma. Firozan i dr. (2010) ističu da je planiranje mreže šumskih cesta najbitniji element u dugoročnom planiranju u šumarstvu. Murray (1998.) naglašava da je planiranje šumske cestovne mreže u svrhu efikasnijeg i učinkovitijeg pridobivanja drva težak i dugotrajan posao.

### 2.4.2. Projektiranje šumskih cesta

Projektirati određenu šumsku cestu znači osmisliti je, na terenu postaviti, tekstualno opisati te numerički (računski) i grafički prikazati kako bi se projekt mogao razmotriti, prihvatiti i temeljem njega izvršiti gradnja (Pentek 2012b).

Projektiranje šumskih prometnica važna je faza u uspostavljanju optimalne mreže primarne prometne infrastrukture koja se sastoji od dvije faze, a to su prikupljanje općih i tehničkih podataka , te trasiranje (terenska izmjera) buduće šumske ceste i izrada projekta (uredska obrada podataka i ispis rezultata). Opći podaci su osnova za izradu elaborata, koji se prikupljaju u prvom segmentu, te su ekonomske prirode, dok tehnički obuhvaćaju geometrijske, geološke, geodetske, hidrološke, geofizičke, katastarske, biološke i ostale podatke. Druga faza projektiranja objedinjuje terenske i uredske poslove trasiranja, izradu investicijskog programa, te idejnog i glavnog projekta šumske ceste.

Pri projektiranju se postupak trasiranja cesta može izvršiti na dva različita načina:

⇒ posredno ili indirektno trasiranje,
⇒ neposredno ili direktno trasiranje.

Prema Pičmanu (2007) i Penteku (2014) posredno ili indirektno trasiranje najčešće se koristi kod trasiranja javnih cesta. Na slojničkim zemljovidima odgovarajućeg mjerila, buduća trasa ceste se predstavlja većim brojem inačica nulte linije. Nakon toga se vrši rekognosciranje terena

te prikupljanje podataka koji nisu ucrtani ili označeni na kartama (npr. vrtače, močvare, klizišta i dr.).

Nakon toga se u uredu na zemljovidu odabire najpovoljnija inačica nulte linije, na temelju koje se odredi poligoni vlak odnosno operativni poligon. Zatim se ponovo odlazi na teren gdje se temeljem operativnog poligona vrši tahimetrijska izmjera radi izrade slojnog plana u mjerilu 1:1000 ili 1:2000. U novije se vrijeme koriste i aerofoto snimci terena u mjerilu 1:2000 ili 1:5000 pa stoga nije potrebno izrađivati slojni plan.

Sljedeći korak pri indirektnom trasiranju je uklapanje osovinskog poligona (tjemena) na slojničkom planu sa svim detaljima trase te sa svim propisanim tehničkim elementima i podacima potrebnim za iskolčenje na terenu. Zatim se trasa prenosi na teren, obavlja se nivelacija te se pristupa izradi glavnog/izvedbenog projekta ceste.

Neposredno ili direktno trasiranje primjenjuje se kod trasiranja šumskih cesta, a temelji se na pretpostavci da je završena faza planiranja, koja donosi veći broj inačica nulte linije (najmanje tri) na šumsko-gospodarskim slojničkim zemljovidima mjerila 1:5000 ili 1:10000. To je tzv. idejna trasa, odnosno idejni projekt šumske ceste.

Samo faza trasiranja šumske ceste započinje u šumi rekognosciranjem terena, nakon čega se prethodno osmišljene nulte linije na slojničkom zemljovidu prenose na teren. Nakon toga se odabire najpovoljnija inačica nulte linije, koja se najčešće sastoji od kombinacije svih nultih linija iz razloga što, rijetko ili gotovo nikada, samo jedna inačica ne zadovoljava sve uvjete. Sljedeći korak je uklapanje operativnog a zatim i osovinskog poligona koji je određen poligonim točkama ili tjemenima.

Sama terenska izmjera može se obaviti klasičnom ili suvremenom metodom na temelju koje je i izrađen ovaj rad, pa će u daljnjem tekstu biti više riječi o istoj.

Nakon terenske izmjere slijedi uredska obrada prikupljenih podataka na terenu, na temelju kojih se izrađuje glavni ili izvedbeni projekt.

2.4.2.1. Izmjera podataka klasičnom metodom

Primjena klasične metode podrazumijeva uporabu mjernih instrumenata teodolita i nivelira (koji služe za mjerenje vrijednosti točaka) zasebno uz direktno iskolčenje profila na terenu.

Obavlja se uklapanje osovinskog (operativnog) poligona u najbolju odabranu nultu liniju, :iskolčenje glavnih i detaljnih točaka horizontalnih lukova, međutočaka i detaljnih točaka trase šumske ceste, nivelacija profila, stacioniranje profila, izmjera poprečnih profila, procjena građevinskih kategorija materijala, definiranje položaja cestovnih objekata (propust, preljevnica, odvodni jarak, mimoilaznica, potporni zid, obložni zid, okretaljka itd.), prikupljanje ostalih podataka o trasi šumske ceste, terenu i sastojini, snimanje trase šumske ceste GPS uređajem, konačna obilježba i osiguranje (fiksiranje) profila.




**Slika 9.** Teodolit i nivelir

*2.4.2.1.1. Postavljanje osovinskog (operativnog) poligona šumske ceste*

Prije postavljanja nul-linije na samom terenu, potrebno je izvršiti njezino projektiranje na karti s ucrtanim slojnicama. Pri otvaranju neotvorenih područja na višoj razini koristimo karte sitnijeg mjerila (1:5000 ili 1:10000). U slučaju konkretne šumske ceste koriste se slojničke karte krupnije mjerila (1:1000 ili 1:2000) na kojima bolje uočavamo konfiguraciju terena, površinske prepreke, hidrografiju i dr.

Postupak projektiranja na karti se izvodi na dva načina, prvi način projektiranja nul linije je pomoću nagiba, koji se izračunava iz kote terena pomoću zadanih točaka i njihove međusobne udaljenosti očitanih sa karte. Korak šestara izračunavamo iz nagiba između zadanih točaka i

razmaka između slojnica (ekvidistanta), uzimajući u obzir mjerilo karte. Drugi način koji je češće primijenjen podrazumijeva da nagib nivelete određujemo sami ( pazimo na najveći dozvoljeni) , te nakon izračuna koraka šestara, na temelju kota terena zadanih točaka, njihovih udaljenosti, očitane ekvidistante i mjerila karte vršimo projektiranje nul-linije određenog nagiba.

Polaganje nul-linije na terenu započinjemo od ishodišne točke koristeći određeni nagib, koristeći padomjer, trasirke s markicom, sjekiru, kolčiće s upisanim brojevima lomova nul-linije na način da viziramo s ishodišne točke na trasirku s markicom koju figurant pomiče dok padomijer ne pokaže željeni nagib. To mjesto označava lom nul-linije i tu zabijemo kolčić s oznakom, zatim se premještamo na sljedeću točku i ponavljamo postupak sve do posljednje točke kojoj prilazimo sa što manjim nagibom i što kraćom duljinom. Nakon što smo postavili nul-liniju omogućeno je uklapanje osovinskog poligona koji predstavljaju poligone točke ili tjemena. Pomoću tih točaka smo fiksirali trasu buduće šumske ceste. Za uklapanje poligona koristimo veći broj trasirki (4-6) kojima provjeravamo izgled segmenta buduće trase, padomjer za kontrolu nagiba, te udaljenost pomoću mjerne vrpce. Tjemena na terenu obilježavamo kolčićima duljine 50 do 70 centimetara na koje upisujemo redni broj tjemena ( olovkom okomito i čitko) te zabijemo u tlo. Okomito nas os ceste upisujemo podatke sprejem ili crvenom bojom radi lakšeg pronalaženja poligonih točaka, ali izvan širine budućeg tijela šumske kako bi se osigurali profili i nakon provedene doznake i sječe koridora trase šumske ceste. Po završetku postavljanje osovinskog poligona uklanjaju se kolčići koji su obilježavali nul-liniju da ne dolazi do greške kod iskolčavanja horizontalnih kružnih lukova.

*2.4.2.1.2. Iskolčenje horizontalnih kružnih lukova*

Nakon postavljenog osovinskog (operativnog) poligona koji predstavlja nezaobljeni poligon potrebno ga je zaobliti radi mogućnosti prolaska motornih vozila. Osnovne točke svakog kružnog luka su početak kružnog luka (PL), sredina kružnog luka (SL) i kraj kružnog luka (KL), koje su dovoljne ako duljina kružnog luka nije velika. Kod kružnih lukova većih duljina vrši se iskolčavanje određenog broja detaljnih točaka (Ln) kružnog luka radi lakšeg izvođenja koristeći se nekim od metoda poput ortogonalne metode, metode pomicanja od tetive, polarne metode, iskolčavanja od tangente ili četvrtinske metode. Izbor metode ovisi o određenim terenskim prilikama. Za postupak iskolčavanja na terenu koristimo mjerni uređaj teodolit, mjernu vrpcu, tri trasirke, priručnik za iskolčavanje kružnih krivina (*Žnideršić, 1964.*) i kolčiće kao terenske oznake. Početak, sredinu i kraj kružnog luka obilježavaju kolčići na kojima su upisane kratice

ovisno o položaju u kružnom luku (PL, SL, KL) te odgovarajući redni broj na trasi šumske ceste. Detaljne točke kružnog luka osim oznake L i odgovarajući redni broj nose i sufiks kojim se označava njihov redoslijed na pojedinom kružnom luku (npr. 26L2). Horizontiranjem teodolita na ishodišnoj točci započinjemo postupak izmjere. Viziranjem trasirki mjerimo horizontalne kutove prema prethodnom i sljedećem tjemenu, te vrijednosti zaokružujemo na parne minute. Iz dobivenih podataka računamo kut α lijevo i kut α desno (radi kontrole). Ovisno o situaciji na terenu određujemo radijus R koji mora biti veći od minimalnog propisanog radijusa horizontalnih krivina (20 m). Iznimku činimo u serpetinama i kod njihove konstrukcije dozvoljavaju se radijusi minimalnih vrijednosti od 12 metara zbog specifičnog načina iskolčavanja s vanjske strane poligona. Veličina radijusa utječe na elemente kružnog luka pa moramo obratiti pozornost da se vrijednost tangenata kreće između 10 i 15 m. Točka sredine kružnog luka iskolčava se u smjeru simetrale vršnog kuta s unutrašnje strane horizontalne krivine na potpuno isti način onome za iskolčavanje točaka početka i kraja kružnog luka, samo što u ovom slučaju koristimo vrijednosti bisektrise umjesto tangente. U situacijama kada su kružni lukovi nešto duži iskolčava se i određeni broj detaljnih točaka. Broj tih točaka i metoda koju ćemo izvesti određuje konfiguracija terena, duljina kružnog luka, vrijednosti radijusa, kuta skretanja i položaj luka na trasi šumske ceste.

Na ravnim pravcima se između dva kružna luka, ukoliko su razmaci veći od 15 m iskolčavaju se međutočke. Kod njihovog iskolčavanja uzimaju se okrugle vrijednosti razmaka od 10 ili 15 metara s iznimkom razmaka zadnje međutočke i početka sljedećeg kružnog luka. Broj međutočaka ovisi o izgledu terena i konfiguraciji. Obilježavaju se isto kao glavne točke samo s razlikom da se na markirno-pozicijski kolčić upisuje samo broj, a ne i oznaku profila. Po završetku iskolčavanja potrebno je u ravnini svih kolčića, okomito na smjer kretanja trase upisati oznake svake pojedine točke. Također oznake upisujemo na stabla ili druge nepomične dijelove (kamen, zid i sl.) okoliša u razini pogleda ili uz kolčić koristeći se crvenom bojom (sprejem). Tjemena se označavaju oznakom T i brojem tjemena, a početak, sredina i kraj kružnog luka nose oznake PL, SL, i KL uz pripadajući redni broj ,a međutočke samo rednim brojem. Nakon toga slijedi postupak nivelacije terena odnosno profila.

*2.4.2.1.3. Nivelacija profila*

Nivelacijom profila zapravo izračunavamo visinu pojedinog profila na trasi šumske ceste uz pomoć instrumenta nivelira i letve duljine 4,00 m. Pri izmjeri se koristi kontrolna metoda tj. vršimo dva mjerenja, od početka i od kraja trase, radi kontrole. Kod postavljanja instrumenta

potrebno ga je staviti u takav položaj da se sa jednog stajališta može dogledati što veći broj iskolčenih točaka. Visine profila predstavljaju kote terena. Potrebna nam je početna točka na koju se vežemo i njezina kota koja nam je poznata i određena altimetrom, GPS uređajem ili je očitana s karte. Horizontiranim instrumentom obavljamo očitanje središnje niti križa sa vertikalno postavljene letve. Da bi letva bila u vertikalnom položaju koristimo libelu. Tako dobivamo vrijednost za početnu točku, te taj podatak obilježava očitanje natrag. Dodavajući tom očitanju poznatu kotu terena dobivamo visinu horizonta koju upisujemo u za to predviđenu rubriku. Figurant zatim premiješta letvu na točku 2. pa na točku 3. i tako na sve točke na kojima je moguće očitati razliku, odnosno koje se dogledaju sa stajališta. Podaci se upisuju u kolonu vizura (očitanje) među. Visina (kota) terena svakog pojedinog profila određuje se razlikom očitanja za svaku iskolčenu točku i visine horizonta. Te podatke upisujemo u kolonu kota terena Postupak se ponavlja sve do zadnje točke koju možemo dogledati nivelirom sa prvog stajališta. Letva ostaje na zadnjoj točki koja je očitana , zatim nivelir premještamo na sljedeće mjesto sa kojeg možemo dogledati što više točaka. Sa sljedećeg stajališta viziramo natrag na prethodno stajalište i dobivenu vrijednost upisujemo u kolonu očitanje naprijed. Tu vrijednosti dodajemo koti terena snimane točke i rezultat upisujemo u kolonu visina horizonta. Navedeni postupak ponavljamo do kraja trase šumske ceste.

*2.4.2.1.4. Određivanje stacionaže profila*

Odrediti stacionažu pojedinog profila trase šumske ceste znači odrediti njegovu udaljenost od početne točke trase. Razmak između točaka na ravnim dijelovima trase mjeri se pomoću mjerne vrpce (sa točnošću na centimetar), a za izračunavanje stacionaže u horizontalnim kružnim lukovima potrebni su nam podaci o vrijednosti duljine kružnih lukova. Izmjerene vrijednosti stacionaža u formular upisujemo u hektometrima (hm), koji imaju oblik 0+00,00 hm. Početni profil šumske ceste 1 (PT0) ima stacionažu 0+00,00 hm.

Udaljenosti na ravnim dijelovima trase mjerimo koristeći mjernu vrpcu između susjednih profila i upisujemo ih u za to predviđene formular u kolonu razmak profila. Za razmak između profila na kružnom luku koristimo podatke iz formulara o glavnim elementima kružnih lukova i također ih upisujemo u kolonu razmak profila. Zbrajanjem razmaka između svih profila dobivamo stacionažu svakog profila , koji prethode tom profilu.

2.4.2.1.5. Snimanje poprečnih profila

Za svaki profil na trasi šumske ceste vrši se izmjera, koju možemo obavljati na nekoliko načina, metodom ravnjače i podravnjače, primjenom meridyan padomjera, skidanjem detaljnog slojničkog plana uokolo trase i dr. Najčešće se koristi metoda ravnjače i podravnjače, za koju su potrebne dvije klasične trasirke s podjelom na 5 cm i jedna trasirka s ugrađenom libelom. Snimaje poprečnih profila vrši se okomito na uzdužnu os trase šumske ceste u pojasu širine osam metara na svaku stranu, na svaka dva metra i mjerimo visinsku razliku točke u odnosu na prethodno snimljenu točku loma terena. Izmjeru započinjemo od markirno-pozicijskog kolčića na osi trase ceste određenog profila. Jedna trasirka se postavi u os ceste, a druga na 2 m (imi manje) od nje u uspon ili pad, a trećom trasirkom, koja se nalazi u horizontalnom položaju, određujemo visinsku razliku između točaka. Očitanje visinskih razlika obavlja se na bližoj trasirci ako je teren u usponu, odnosno na daljoj ako je teren u padu. Mjerenje se vrši na točnost od 5 cm i svaki poprečni profil potrebno je skicirati i podatke unesti u za to predviđene formulare.

*2.4.2.1.6. Utvrđivanje građevinskih kategorija materijala*

Građevinske kategorije materijala vršimo vizualnom procjenom na terenu za vrijeme projektiranja trase. Procjenom se vrši izrada dokaznica mjera i troškovnika, koji nam daju uvid u moguće troškove zemljanih radova za predviđeni projekt, do stvarnih podataka dolazimo tek na terenu prilikom samog izvođenja zemljanih radova. Zbog toga su dozvoljena određena odstupanja od projektantove procjene u vidu povećanja ili smanjenja troškova.

Građevinske kategorije materijala se procjenjuju u svakom profilu šumske ceste te predstavljaju dionicu šumske ceste od polovice udaljenosti procijenjenog profila prema prethodnom profilu i od polovice udaljenosti prema idućem profilu. U praksi se utvrđivanje građevinskih kategorija materijala obavlja s izmjerom poprečnih profila te se upisuje na zajednički formular.

*2.4.2.1.7. Definiranje položaja cestovnih objekata*

Radi izrade projektne dokumentacije na terenu je potrebno definirati položaj svih cestovnih objekata te prikupiti sve nužne podatke . U cestovne objekte ubrajamo: cijevni propust,pomoćno stovarište, odvodni jarak, mimoilaznica, potporni zid, obložni zid, okretaljka, i dr.

*2.4.2.1.8. Mimoilaznice*

Šumske ceste se grade sa jednim prometnim trakom, stoga mimoilaznice služe da bi bilo moguće mimoilaženje vozila koji se nalaze na trasi, naročito u vrijeme sječa kada je promet vrlo intenzivan. Nakon što se na terenu utvrdi pogodno mjesto za izgradnju mimoilaznice, pristupa se snimanju i obilježavanju profila kojima se definira početak mimoilaznice, početak punog proširenja mimoilaznice, kraj punog proširenja mimoilaznice i kraj mimoilaznice. Ukupna je duljina punog proširenja za šumsko-gospodarske ceste predviđene za prometovanje kamionima s prikolicom 15,00 m i duljuna ulazne i izlazne rampe 10,00 m. Projektiraju se djelomične mimoilaznice (širina iznosi 3/2 širine kolnika), i pune mimoilaznice (dvostruke širine kolnika). Mimoilaznice se izvode na međusobnoj udaljenosti od 200 do 500 metara.

*2.4.2.1.9. Pomoćna stovarišta*

Na pomoćnim stovarištima se vrši izmjena transporta (na tim mjestima završava privlačenje drvne mase traktorima te započinje utovar i prijevoz kamionima) i sastavni su dio prometne infrastrukture. Njihov položaj se definira već pri projektiranju šumskih cesta u dogovoru sa stručnjacima na poslovima iskorištavanja šuma. Njihov položaj i kapacitet mora biti u suglasju s primjenjivanim tehnologijama pridobivanja drvne mase, metodom izrade drva, terenskim čimbenicima, sekundarnom mrežom šumskih prometnica i dr. Pri projektiranju pomoćnih stovarišta potrebno je prikupiti sve podatke za uvrštenje ovih objekata u glavni projekt šumske ceste.

*2.4.2.1.10. Okretaljke*

Okretaljke su cestovni objekti koji služe za okretanje vozila, koje se izvode na kraju slijepih šumskih cesta, te kod povezanih šumskih cesta na međusobnim razmacima od najviše 2000 m. Razlikujemo kružne, kruškolike i T-okretaljke. Kružne okretaljke izvode se na razmacima od najviše 1500 metara kod I, II i III kategorije šumskih cesta (radijus 12 metara), odnosno najviše 2000 metara kod IV kategorije šumskih cesta (radijus 10 metara). Kod III i IV kategorije kružne se okretaljke mogu zamijeniti T okretaljkama. Prema ispunjenosti razlikujemo pune i prazne okretaljke., a prema položaju u odnosu na os šumske ceste razlikujemo simetrične i asimetrične.

*2.4.2.1.11. Propusti*

Svrha propusta je prikupljanje vode iz odvodnih jaraka, rigola, okolnih terena te provođenje tijelo šumske ceste te odvođenje u okolni teren. Otvor u trupu šumske ceste do 5,00 m čini propust a sve preko toga most. Dijelovi propusta su prikupilište ( uljevni dio), slapište (izljevni dio) te sama cijev propusta. Dijelimo ih prema obliku cijevi cijevnog propusta, pa razlikujemo okrugle i četvrtaste cijevne propuste.

*2.4.2.1.12. Preljevnice*

Kod križanja šumskih cesta s vodotocima koji su periodičnog karaktera i nemaju veliki protok koristimo preljevnice koje se postavljaju u odnosu na uzdužnu os šumske ceste pod pravim kutom jer se tada protok vode odvija u punom profilu otvora šumske ceste uz najmanje otpora. Kod planiranja trase šumske ceste , nastoji se dovesti što je više moguće okomito na smjer vodotoka a po potrebi obaviti korekciju korita vodotoka.

*2.4.2.1.13. Procjednice*

Procjednice predstavljaju poprečne jarke izvedene na kolničkoj konstrukciji šumske ceste s ciljem odvodnje površinske vode, i izvode se pod kutom od 30° na uzdužnu os šumske ceste u smjeru uzdužnog pada nivelete. Nalazimo ih kod šumskih cesta koje se grade na strmim terenima.Mogu biti jednostavno izvedene kao jarak koji s donje strane ima prebačenu zemlju dobivenu iskapanjem jaraka i sabijanjem, ali postoje i složenije procjednice izrađene od čeličnih „U“ profila, izdubljenih drvenih trupaca, teflonskih polukružnih profila itd. Ugrađuju se na uzdužnim nagibima nivelete većih od 6% kako bi se erozivna snaga vode smanjila i na taj način umanjila oštećenja kolničke konstrukcije, produljio period između periodičnih popravaka te smanjili troškovi održavanja.

*2.4.2.1.14. Stepenice, potporni i obložni zidovi*

Pri projektiranju i izgradnji nasipa na strmim terenima javlja se problem stabilnosti nasipa i opasnosti od klizanja dijela ili cijelog nasipa niz strminu. Klizanje nasipa spada među najteže deformacije i predstavlja stvarno rušenje tijela šumske ceste. Pa je potrebno izraditi proračun stabilnosti za sve kritične nasipe. Danas koristimo pri izvedbi šumskih cesta, na nagnutim terenima, bagere koji primjenjuju posebnu tehnologiju gradnje. S donje se strane nasipa iskopa temeljni rov koji osigurava stabilnost nasipa, od dna temeljnog rova započinje se sa slaganjem

kamenog materijala, od jako krupnog u dnu od manje krupnog idući prema vrhu tzv. potpornog suhozida. Na izvedeni se potporni suhozid naslanja pokos nasipa koji je sada manje duljine i većeg nagiba.

Iako za svaki kritični poprečni presjek nasipa treba izraditi proračun stabilnosti (zbog različitih značajki tala u kojima se radovi izvode), općenito možemo zaključiti kako je u istom tipu tla ključan čimbenik za stabilnost nasipa kut nagiba terena – α.

Ovisno o kutu α razlikujemo sljedeće slučajeve:

⇒ $\alpha \leq 20\%$ - nasip je siguran od klizanja,
⇒ $20\% < \alpha \leq 50\%$ - potrebno je projektirati i izvesti stepenice od nasipa,
⇒ $50\% < \alpha \leq 67\%$ - potrebno je predvidjeti i projektirati potporne zidove,
⇒ $\alpha > 67\%$ - obavezna je izvedba potpornih zidova.

Potporni zidovi se projektiraju u visini nivelete šumske ceste ili ispod nivelete što ovisi o i nagibu terena i vrsti materijala koji će se ugraditi u nasip. Dimenzioniranje potpornih zidova izvodi se prema poznatim postupcima iz tehničke mehanike.

Obložni zidovi služe kao oslonac umjesto ranije iskopanog materijala uz istovremeno zaštićivanje pokosa iskopa od ispadanja materijala. Izvode se u usjecima, odnosno na iskopnoj strani zasjeka, a ukoliko su obložni zidovi dulji izvode se sa fugama (lamelama) u razmacima od 6,00 do 10,00 metara.

Za sprječavanje odronjavanja kosina usjeka i zasjeka manjih dubina mogu se upotrijebiti i gabioni. To su koševi od pocinčanog žičanog pletiva koji se napune kamenom. Kamen se slaže tako da ima što manje šupljina, kako tijekom vremena ne bi došlo do deformiranja koša. Na već izrađeni red gabiona, prema potrebi, može se postaviti drugi red kako bi se postigla dostatna visina i spriječilo presipanje materijala.

*2.4.2.1.15. Prikupljanje ostalih podataka o trasi šumske ceste*

U ostale podatke o trasi šumske ceste potrebne za izradu glavnog projekta ubrajamo:

⇒ podaci o spajanju (križanju) projektirane šumske ceste s ostalim šumskim prometnicama (šumskim cestama, traktorskim putovima, traktorskim vlakama),

⇒ podaci o spajanju (križanju) projektirane šumske ceste s javnim cestama,

⇒ podaci o križanju projektirane šumske ceste sa željezničkom prugom,

⇒ podaci o križanju projektirane šumske ceste s nadzemnim i podzemnim vodama,

⇒ podaci o vertikalnoj signalizaciji,

⇒ podaci o vlasništvu i posjedu parcela kojima prolazi šumska cesta,

⇒ podaci o terenu (rezultati geomehaničkih ispitivanja, lokacije pozajmišta, lokacije deponija itd.),

⇒ podaci o sastojini (broj stabala za sječu i panjeva za vađenje, površina šikare za čišćenje itd.),

⇒ ostali potrebni podaci.

*2.4.2.1.16. Snimanje trase šumske ceste GPS-om*

Zbog ucrtavanja šumske ceste u šumsko-gospodarske karte i izrade položajnog nacrta kao jedne od sastavnica glavnog projekta šumske ceste, trasa se snima GPS prijemnikom. Najčešće se koriste GPS prijamnici razne kakvoće i preciznosti snimanja uređaja Trimble GeoExplorer 3.




**Slika 10.** Trimble GeoExplorer 3

*2.4.2.1.17. Konačna obilježba i fiksiranje profila*

Na samom završetku terenskih radova obavlja se kontrola obilježavanja na terenu i konačno obilježavanje profila trase šumske ceste i njihovo fiksiranje.

2.4.2.2. Izmjera podataka suvremenom metodom

Geodetska radna stanica (totalna radna stanica, mjerna radna stanica) spada u suvremenu metodu izmjere podataka na terenu u postupku projektiranja šumskih cesta. Mjerna stanica je najsuvremeniji uređaj koji se danas operativno koristi pri projektiranju šumskih cesta (GPS prijamnici su još uvijek u eksperimentalnoj fazi rada) . Geodetske se radne stanice koriste pri projektiranju javnih cesta indirektnom ili posrednom metodom projektiranja. Preslikavanje indirektne metode projektiranja javnih cesta na šumske ceste, zbog primjene istog mjernog uređaja, nije opravdano. I kod uporabe se mjerne stanice pri projektiranju šumskih cesta, kao i kod primjene klasične metode rada, rabi direktna ili neposredna metoda projektiranja (Pentek 2014).



**Slika 11.** Rad geodetskom radnom stanicom

2.4.2.3. Točnost geodetske radne stanice

Totalna radna stanica, je računalna inačica elektroničkog teodolita. Totalne stanice imaju u sebi računalo, memoriju i elektronički daljinomjer. Totalna stanica omogućava jednostavnije snimanje detalja, iskolčavanja, te brže i preciznije izvođenje radova. Elektronički daljinomjer je najveća prednost totalnih stanica.

Sokkia Series 3030R je nova serija mjernih stanica s ugrađenim registratorom podataka i mogućnošću mjerenja bez prizme na udaljenosti do 350 m s točnošću ± (3 + 2ppm x D) mm. Koristeći prizmu točnost mjerenja duljine je ± (2 + 2ppm x D) mm, a domet mjerenja je 0,3 m do 5000 m.

Prednosti suvremene u odnosu na klasičnu metodu terenske izmjere (u prosječnim sastojinskim i stanišnim uvjetima) (Pentek 2014):

⇒ veća točnost,
⇒ jednostavniji i brži rad,
⇒ manji broj pomoćnih radnika,
⇒ manja mogućnost pogreške na terenu,
⇒ brži (automatski) prijenos podataka u osobno računalo,
⇒ manja mogućnost pogreške pri unosu terenskih podataka u osobno računalo.

Nedostatci suvremene u odnosu na klasičnu metodu terenske izmjere (Pentek 2014):

⇒ skuplji uređaj,
⇒ skuplje održavanje i popravci,
⇒ veće dimenzije i težina uređaja,
⇒ složenija edukacija.

## 2.5. Izgradnja šumske ceste uz nadzor

Ova faza predstavlja početak izvođenja građevinskih radova na trasi primarne šumske prometne infrastrukture. Važno je istaknuti da je prilikom izgradnje javnih cesta, prema članku 16. Zakona o javnim cestama (NN 180/04, 138/06, 146/08, 38/09, 124/09, 153/09, 73/10), potrebno ishoditi lokacijsku i građevinsku dozvolu. Za razliku od javnih cesta, druge šumske ceste smatraju se jednostavnim građevinama i za njihovu gradnju, prema člancima 104. i 209. Zakona

o prostornom uređenju i gradnji (NN 76/07, 38/09, 55/11, 90/11, 50/12), nije potrebno ishoditi lokacijske i građevinske dozvole, već glavni projekt koji je potvrdilo mjerodavno upravno tijelo.

Izgradnja šumskih cesta u Republici Hrvatskoj, za obveznike postupka javne nabave obavlja kroz sljedeće faze rada (Pentek 2012a):

⇒ provedba postupka javnog nadmetanja i odabir najpovoljnijeg ponuđača,
⇒ sklapanje ugovora o izvođenju radova,
⇒ izrada zapisnika o primopredaji radilišta,
⇒ obnova građevinskog iskolčenja osi trase šumske ceste,
⇒ izvedba radova izgradnje šumske ceste,
⇒ stalan i povremen nadzor radova,
⇒ izrada zapisnika o primopredaji radova.

Pri izgradnji šumskih prometnica razlikujemo sljedeće grupe radova (Pentek 2012):

⇒ pripremni radovi,
⇒ radovi na donjem ustroju (zemljani radovi),
⇒ radovi na poboljšanju tla,
⇒ radovi na objektima podzemne i površinske odvodnje,
⇒ betonski i kamenarski radovi,
⇒ radovi na gornjem ustroju,
⇒ saniranje tla i saniranje klizišta,
⇒ izvedba objekata na trasi šumske ceste,
⇒ ostali radovi.

Izgradnja šumskih cesta obuhvaća stalnu, povremenu kontrolu i nadzor radova na način da voditelj gradilišta stalno kontrolira strojara te svakodnevno ispunjava građevinski dnevnik i građevinsku knjigu. Nadzorni inženjer svakodnevno kontrolira voditelja gradilišta i izvoditelja radova te ovjerava građevinski dnevnik i građevinsku knjigu. Povremeno i prema potrebi izgradnju šumske ceste kontrolira glavni nadzorni inženjer, a konačnu kontrolu provodi Povjerenstvo za primopredaju radova.

Različita reljefna područja zahtjevaju različite metode i tehnologije koje se primjenjuju kod izgradnje šumskih cesta. Prema Penteku (2012a) na nizinskom se području primjenjuje izgradnja dozerima i bagerima, dok su za prigorsko-brdske i planinske predjele pogodniji i ekološko prihvatljiviji bageri Winkler (1998). Sedlak (1996) ističe da je na strmim terenima gdje poprečni nagib terena prelazi 40 % obavezna upotreba bagera opremljenog hidrauličkim čekićem.

Šušnjar (2011) nabraja nekoliko prednosti izgradnje šumskih prometnica na nagnutim terenima primjenom bagera s hidrauličnim čekićem:

- ⇒ ušteda materijala potrebnog za izgradnju nasipa (poradi kraćih nožica nasipa i izbjegavanja rasipanja materijala niz padinu, ali i zbog mogućnosti izvedbe dijela tijela šumskih protupožarnih cesta u nasipu),
- ⇒ osigurava se stabilnost kosina nasipa,
- ⇒ izbjegava se veće oštećivanje stabala s donje strane ceste,
- ⇒ preventivno se djeluje na erozivne procese,
- ⇒ iz uporabe se u potpunost izbacuje primjena eksploziva.




**Slika 12.** Izgradnja šumske ceste na nagnutom terenu, bager sa hidrauličnim čekićem

Pentek (2012a), uz reljef, nabraja i ostale čimbenike koji utječu na odabir tehnologija gradnje:

- ⇒ reljefne značajke terena na kojem se radovi izvode,
- ⇒ građevinske kategorije materijala na trasi šumske ceste,
- ⇒ ekonomski pokazatelji,

⇒ raspoloživost strojeva i opreme,

⇒ važeći zakonski propisi u domeni šumarstva, graditeljstva te zaštiti prirode i okoliša.

## 2.6. Održavanje šumskih cesta

Šumske prometnice karakterizira nisko prometno opterećenje (Koczwański and Nowakowska Moryl 1992, Fertal 1994), u smislu broja prolaza vozila, ali i velike vrijednosti dodirnih tlakova koji se javljaju između kotača i šumske ceste, a koja prelaze 80 kN (Trzciński and Kaczmarzyk 2006) što uzrokuje oštećenja gornjeg i donjeg ustroja šumske ceste (Bayoglu 1997). Zbog pojave i utjecaja dodirnog tlaka između kotača i šumske ceste dolazi do oštećenja ŠC, koje tijekom određenog vremena može rezultirati potpunom nedostupnošću šumskog područja, kao posljedice oštećenja nastalih uslijed prevelikog opterećenja osovina ŠKS i nedostatka odgovarajućeg održavanja šumske ceste (Öztürk and Sentürk 2009). Održavanje šumskih cesta gotovo je jednako značajno kao i njihova izgradnja, jer se šumske ceste pod utjecajem prometnog opterećenja i vremenskih prilika oštećuju, deformiraju i razaraju. Svrha održavanja svake sastavnice primarne šumske prometne infrastrukture je otklanjanje oštećenja i omogućavanje nesmetanog i sigurnog prometovanja po istoj (Jeličić 1983).

Održavanje šumskih cesta obuhvaća niz građevinsko-tehničkih postupaka koje je potrebno napraviti kako bi cestu održali u dobrom stanju. Vrste održavanja s obzirom na vrstu radova, njihov intenzitet i financijsku vrijednost te razmak zahvata jesu redovito, investicijskom i periodično održavanje šumskih cesta.

Pravilnim održavanjem šumskih cesta se smanjuje negativan utjecaj na prirodne resurse te omogućuje njihovo dugoročno korištenje. Time se osiguravaju investicije uložene u planiranje i izgradnju mreže šumskih cesta (Anon. 2000).

Prema Klassenu (2006) te Pellegriniu i dr. (2013) tekuće je održavanje prometnica neophodno za očuvanje njihove prohodnosti i omogućavanje pravilnog funkcioniranja objekata odvodnje. Pravilno održavana šumska cesta s obzirom na neodržavanu, sadržava manju količinu sedimenta koji mogu biti izvor onečišćenja vodnih tijela a ujedno umanjuje troškove daljinskog transporta i rizik od naglog propadanja kolničke konstrukcije. Neodržavane ceste utječu na povećanje oštećenja vozila, povećanje potrošnje goriva, povećavanje troška popravka vozila (Douangphachanh i Oneyama 2013). Mnoge studije pokazuju kako su pravilno održavane šumske cesta otpornije na štetan utjecaj erozivnih i ostalih destruktivnih procesa, što dovodi do

smanjenog taloženja sedimenta u vodnim tijelima (Thompson i dr. 2010) dok s druge strane radovi održavanja poboljšavaju provoznost šumskih cesta te umanjuju troškove transporta drva (Feng i Douglas 1993, Talbot i Nitteberg 2011).

Hajak i Szilagyi (1972), Potočnik (2007) i Pentek (2012a) navode da se uzroci oštećenja na šumskim cestama mogu podijeliti u sljedeće grupe:

⇒ posljedice loše obavljenog planiranja, projektiranja ili izgradnje šumskih cesta,
⇒ posljedice nepravilne ili prekomjerne uporabe šumskih cesta,

posljedice djelovanja prirodnih čimbenika (voda, snijeg, led, mraz, prirodne katastrofe, vegetacija i dr.).

Nepravilna ili prekomjerna uporaba cesta se odnosi na njihovo korištenje u nepovoljnim vremenskim uvjetima, uvjetima narušene stabilnosti tijela ceste, prometovanje neprimjerenim sredstvima te nepoštivanje zakonskih ograničenja o najvećim dopuštenim osovinskim

opterećenjima. Promatrajući interakciju prometa (prometnog opterećenja) i kolničke konstrukcije Reissinger (1972) zaključuje da promet (teretni i putnički) svojim vibracija manegativno utječe na vezivno sredstvo kolničke konstrukcije te ističe da je navedeni negativan utjecaj proporcionalan težini vozila odnosno pritisku samog vozila na kotače. Dietz i dr. (1984) bave se problematikom amortizacije šumskih cesta te zaključuju da se uslijed djelovanja kotača vozila (prometno opterećenje) i kao posljedica djelovanja prirodnih čimbenika, nosivost, kao temeljni preduvjet za sigurnost sudionika u prometu, konstantno smanjuje. Prema Wellsu (2002) se šumske ceste ne bi smjele upotrebljavati u mokrim uvjetima jer su tada najpodložnije nastanku oštećenja. Osim toga umanjuje se i proizvodnost transporta drva.

Održavanje šumskih cesta, generalno, prema Pičmanu (2007) i Penteku (2012a), a modificirano prema Potočniku (1992) s obzirom koja se sastavnica šumske ceste održava, možemo podijeliti na:

⇒ održavanje donjeg ustroja;
- ✓ održavanje zemljanog trupa,
- ✓ održavanje sustava površinske i podzemne odvodnje,
- ✓ održavanje potpornih i obložnih zidova,
- ✓ održavanje pokosa usjeka i nasipa,

- ✓ održavanje vegetacije,
- ✓ održavanje mostova.

⇒ održavanje gornjeg ustroja:

- ✓ zemljani je trup šumske ceste (uz temeljno tlo na kojem se izvodi donji ustroj) osnova na kojoj se izvodi gornji ustroj. Kvaliteta zemljanog trupa presudna je za kvalitetu, trajnost i izdržljivost čitave šumske ceste,
- ✓ sastoji se u pregledu i provjeri ispravnosti funkcioniranja cjelokupnog sustava uz pravodobno čišćenje odvodnih jaraka, kanala, rigola i propusta od nanesenog mulja, blata, granja, lišća, kamenja i sl,
- ✓ predstavlja redoviti obilazak navedenih objekata na trasi šumskih cesta i utvrđivanje eventualnih oštećenja ili deformacija,
- ✓ održavanje treba biti redovito i orijentirano na radove koji sprječavaju stvaranje nestabilnosti, odrona ili potpunog nestanka šumske ceste u usjeku i u nasipu,
- ✓ provodi se 2 – 4 puta godišnje, a podrazumijeva košnju trave te uklanjanje nepoželjnog drveća i grmlja sa koridora šumske ceste kao i uništavanje grmlja i šiblja sa bankina,
- ✓ obavljaju se redoviti i izvanredni pregledi konstrukcije i zemljanog dijela mostova.




**Slika 13.** Održavanje ceste primjenom grejdera

## 2.7. Rekonstrukcija šumskih cesta

Rekonstrukcija šumskih cesta ima svrhu poboljšanja i unaprjeđenja onih cesta čiji jedan ili više konstruktivnih elemenata nisu u skladu s propisanim tehničkim uvjetima ili standardima. Može uključivati razna poboljšanja cijevnih propusta kako bi odgovarali tehničkim uvjetima, ugradnju dodatnih drenažnih struktura, promjenu oblika posteljice i njenu prilagodbu poboljšanim objektima odvodnje, uklanjanje i/ili stabilizaciju erodibilnih nasipa, itd.

Troškovi rekonstrukcije nisu zanemarivi te u većini slučajeva iznose 30 do 70 % troškova izgradnje nove šumske ceste na istome području. Radovi na rekonstrukciji šumskih cesta podrazumijevaju sljedeće( Ryan i dr 2004):

⇒ povećanje širine kolnika (kolničke konstrukcije),
⇒ promjenu materijala (zastora) kolničke konstrukcije na određenoj dionici (za razliku od krpanja kolnika koje spada u načine održavanja),
⇒ zamjena postojećeg sustava odvodnje i/ili značajnog broja cijevnih propusta.

Prema (Papa 2014) šumske ceste su gotovo na svim istraživanim plohama nedovoljne širine planuma te elemenata površinske i/ili podzemne odvodnje djelomično ili potpuno nedostaku. Isti autor s obzirom na navedene nedostatke i saznanja Ryana i dr. (2004) koji radovima na rekonstrukciji šumskih cesta smatraju: povećanje širine kolnika (kolničke konstrukcije), promjenu materijala (zastora) kolničke konstrukcije na određenoj dionici (za razliku od krpanja kolnika koje spada u načine održavanja), zamjenu postojećeg sustava odvodnje i/ili značajnog broja cijevnih propusta, postavlja pitanje je da li se pri optimizaciji postojeće, primarne šumske prometne infrastrukture, na temelju rezultata prikupljenih na mjernim plohama može govoriti o održavanju ili se ustvari radi o rekonstrukciji šumskih cesta.

## 2.8. Zatvaranje šumskih cesta

Zatvaranje šumskih cesta je postupak kojim se ograničava pristup cesti uz njeno održavanje u stanju pogodnom za daljnje korištenje (Anon. 2000a).

Podjela zatvaranja šumskih cesta:

⇒ privremeno zatvaranje šumskih cesta,
⇒ trajno zatvaranje šumskih cesta.

Privremenom zatvaranju se najčešće postupa u razdobljima obilnih oborina ili u slučajevima kada se cesta ne planira koristiti određeni vremenski period. Trajnim zatvaranjem ceste se podrazumijeva nekorištenje u neodređenom vremenskom razdoblju, ali ona i dalje ostaje sastavnim dijelom šumskog područja kroz koje prolazi, te iziskuje održavanje kako bi se izbjegli negativni utjecaji na okoliš. Pritom su troškovi održavanja manji u odnosu na one za šumske ceste koje se aktivno koriste (Adams i Storm 2011).




**Slika 14.** Cesta izvan uporabe

Weaver i Hagans (1994) navode nekoliko najčešćih razloga za zatvaranje:

⇒ cesta je od početka namijenjena samo za privremenu uporabu,
⇒ ogranci mreže šumskih cesta su ispunili svoju svrhu i ne planiraju se koristiti u određenom vremenskom periodu ili uopće (u slučaju privođenja zemljišta nekoj drugoj svrsi),
⇒ troškovi održavanja ceste su izrazito visoki,
⇒ kontinuirano se pojavljuju problemi s erozijom i sedimentacijom s ceste koji ugrožavaju kvalitetu okolnih voda, bilo zbog položaja trase ceste ili pogrešaka u projektu i izgradnji,
⇒ cesta se nalazi na izrazito strmom terenu podložnom nastanku klizišta,
⇒ cesta je napuštena određeni vremenski period te predstavlja opasnost za okoliš zbog propadanja objekata odvodnje, pokosa nasipa i usjeka, itd.

Česta potreba za zatvaranjem i revitalizacijom šumskih cesta u SAD-u proizlazi iz činjenice da su mnoge građene s početnim ciljem da privremeno otvore određeno šumsko područje za vrijeme trajanja sječa. Jednom kada se navedene ceste više ne koriste, troškovi njihova održavanja te negativan utjecaj na hidrologiju i geomorfologiju okolnog staništa ne mogu opravdati njihovo rijetko korištenje (Switalski i dr. 2003).

# 3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

## 3.1. Nastavno-pokusni šumski objekt Zalesina(opći podaci)

Zalesina je nastavno pokusni šumski objekt koji se proteže na 750 hekatara površine u Gorskom kotaru, gorskom području sjeverozapadne Hrvatske, 130 km zapadno od Zagreba i oko 50 kilometara istočno od Rijeke.

Zalesina je jedan od pet nastavno-pokusnih objekata kojima gospodari Šumarski fakultet, gdje se u okviru redovnog i normalnog gospodarenja izvodi terenska nastava za studente Šumarskog fakulteta već 57 godina.

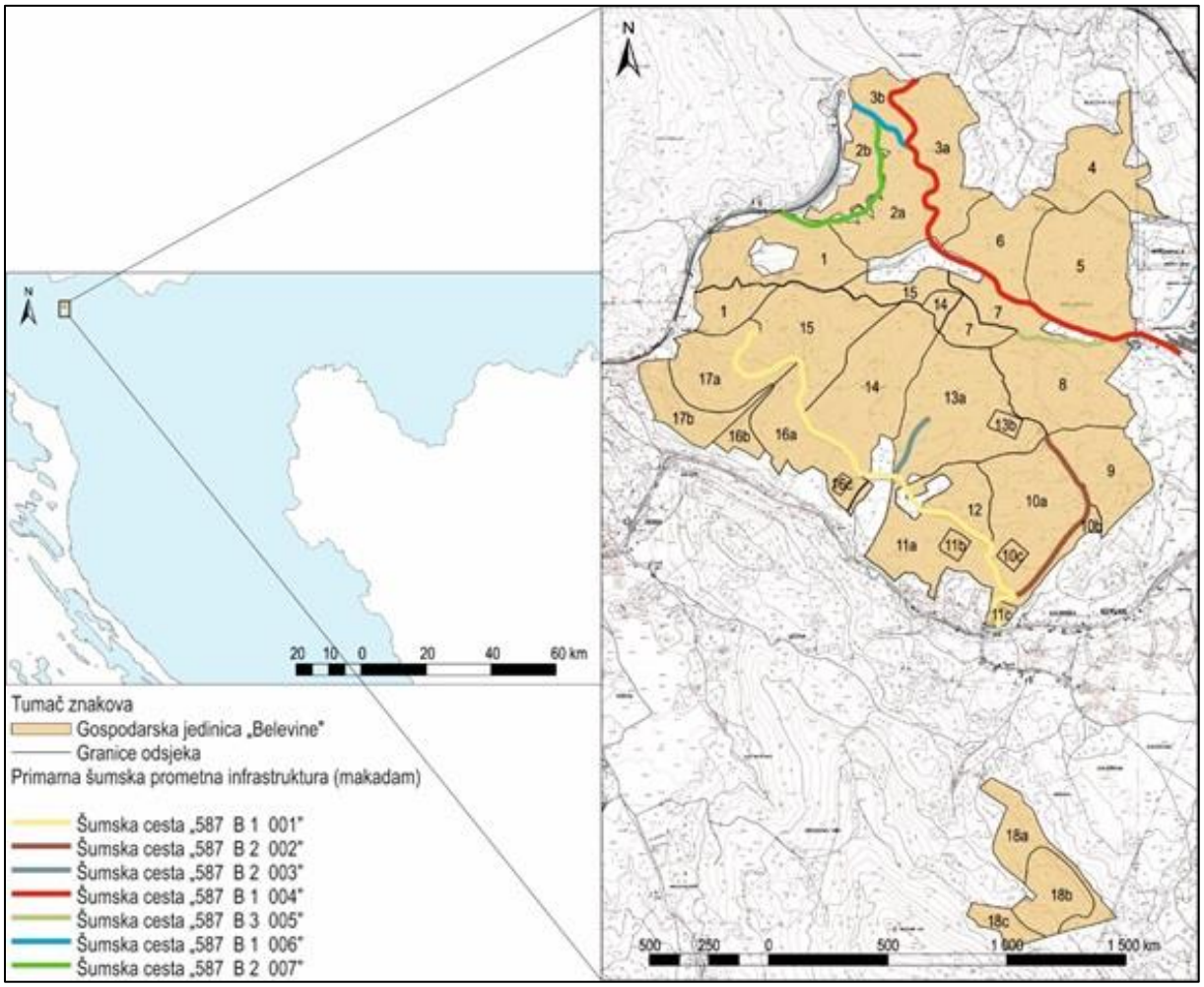
Osim šume Belevine koja čini jednu gospodarsku jedinicu „Belevine“ unutar nastavno pokusnog šumskog objekta nalaze se i još dvije gospodarske jedinice „Sungerski lug“ i gospodarska jedinica „Kupljački Vrh“. Ukupna površina šuma svih triju gospodarskih jedinica iznosi 735,96 hektara. Svaka gospodarska jedinica izlučena je zbog posebnosti; vegetacijskih, pedoloških, litoloških, uzgojnih i uređivačkih značajki. U svim gospodarskim jedinicama obična jela dolazi kao glavna vrsta drveća te bukva, smreka i ostala tvrda bjelogorica u primjesi s jelom.

Gospodarske jedinice „Belevine” i „Kupjački vrh” nalaze se sjeverno od naselja Zalesina i Kupjak te su međusobno povezane. Treća se gospodarska jedinica „Sungerski lug„ rasprostire uz naselja Sunger i Brestovu Dragu te cestu Lokve – Mrkopalj.

## 3.2. Opći podaci o gospodarskoj jedinici „Belevine“

Istraživanje je provedeno u gospodarskoj jedinici „Belevine“, jedne od triju gospodarskih jedinica u Zalesini. Gospodarska jedinica okarakterizirana je izrazitom plastičnošću terena izbrazdanih obilnim izvorima i vodotocima (stalnim i povremenim), što je s vremenom dovelo do razvoja razgranate vodene mreže. Sastojine gospodarske jedinice leže neposredno uz sjevernu stranu visoravni Kupjak na nadmorskoj visini od 720 do 870 metara, na tri gorske glavice većinom blagih, a u manjem dijelu strmih padina. Sa jugozapadne, južne i jugoistočne strane omeđena je autocestom Zagreb – Rijeka uz koju leže naselja Kupjak i Zalesina; sa sjeverozapada prugom Zagreb – Rijeka na kojoj se uz granicu gospodarske jedinice nalazi stajalište Zalesina (prije zvano Stara Sušica). Sa sjeveroistočne strane privatnom enklavom

Tuški Laz; sa istočne strane cestom Kupjak – Rogi, a sa sjeverne strane (iznad tunela Kupjak) graniči s gospodarskom jedinicom „Kupjački vrh”.




**Slika 15.** Karta GJ Belevine sa šumskim cestama

Gospodarska jedinica Belevine leži na nadmorskoj visini od 720 do 870 m. Najniža točka nalazi se kod klizišta uz željezničku prugu Zagreb – Rijeka u odjelu 17, a najviša u odjelu 6 uz granicu prema livadi Tuški laz. Visinska razlika najviše i najniže točke terena iznosi samo 150 m. Površina gospodarske jedinice zajedno sa pripadajućim dislociranim Dedinskim vrhom (18,40 ha) iznosi 293,94 ha. Od toga je 283,20 ha obraslo, 5,88 ha je neobrasle proizvodne površine dok je 4,86 ha neplodnog šumskog tla

Od dvije osnovne skupine kamenja: karbonata (vapnenci i dolomiti) i silikata kojima obiluje Gorski kotar, za nas je interesantno silikatno kamenje od kojeg je izgrađena geološka podloga gospodarske jedinice „Belevine“. Zapadni i jugozapadni dio ograničen autocestom Zagreb – Rijeka i šumskim putem koji se odvaja od autoceste uz orijentacijsko kamenje 116-115-117-118 do željezničke pruge (odjeli 16 i 17) sastavljen je od laporovitih konglomeratičkih

vapnenaca. Na ovaj dio se prema unutrašnjosti gospodarske jedinice nastavlja uski pojas crvenih, žutih i šarenih lapora, koji se protežu u kompaktnom sloju od krajnje zapadne granice (željezničke pruge) kroz jugozapadne dijelove odjela 1, 15, 14 do južnih dijelova šumskog predjela „Belevina“, u kojima se laporoviti sloj postupno gubi i samo mjestimično pojavljuje na površini (u vidu otoka). U preostalom najvećem dijelu, matični supstrat je izgrađen od permkarbonskih (paleozojskih) naslaga crnih brusilovaca, rđastih škriljevaca, pješčenjaka i konglomerata.

Neposredno uz samu gospodarsku jedinicu „Belevine“ nalazi se meteorološka postaja Zalesina koja je osnovana na poticaj Šumarskog fakulteta 25.7.1951. godine. Prema Köppenovoj (1918) klasifikaciji klimatskih područja Republike Hrvatske, gospodarska jedinica „Belevine“ nalazi se u klimatskoj zoni C-klime ili toplo-umjerene kišne (etezijske) klime i pripada klimatskom tipu Cfsbx. Osnovna obilježja ovog tipa klime (koji u stvari predstavlja varijantu tipa Cfwbx“) su: srednja mjesečna temperatura najhladnijeg mjeseca kreće se od -3 °C do +18 °C; ljeta su svježa sa srednjom mjesečnom temperaturom najtoplijeg mjeseca ispod 22°C; oborine su dosta jednoliko raspodijeljene na cijelu godinu ali najsuši dio godine pada u toplo godišnje doba. Sporednom maksimumu oborina u početku toplog dijela godine pridružuje se glavni maksimum u jesen i veći je od prvoga.

Unutar gospodarske jedinice „Belevine” nalazi se 8 175 m šumskih cesta dok se za obračun primarne otvorenosti uzima 6 479 m šumskih cesta te se iste mogu koristiti za izvršenje šumskogospodarskih radova. U obzir se uzimaju šumske i javne ceste koje prolaze kroz gospodarsku jedinicu ili njenim rubom te ih vozila mogu koristiti tijekom cijele godine. Primarna klasična otvorenost gospodarske jedinice „Belevine“ iznosi 22,56 m/ha. Sve šumske prometnice koje ulaze u obračun otvorenosti spomenute gospodarske jedinice izvedene su kao tucanički kolnici bez kamene podloge („Mac Adam“).

# 4. CILJ I METODE ISTRAŽIVANJA

## 4.1.Ciljevi rada

Ciljevi ovog istraživanja osmišljeni su kroz sljedeće korake:

⇒ Proučavanje problema istraživanja temeljem prikupljene literature, u pisanom i digitalnom obliku,

⇒ Definiranje osnovnih faza postupka projektiranja u svrhu rekonstrukcije šumske ceste s detaljnim opisom svih sastavnica konačnog projekta,

⇒ Usporedba podataka dobivenih klasičnom metodom sa podacima dobivenih uz pomoć totalne stanice .

## 4.2. Metoda rada

### 4.2.1. Prikupljanje podataka klasičnom metodom

Kao način prikupljanja terenskih podataka , za potrebe izrade ovog diplomskog rada korištene su klasična i suvremena metoda. Poligon je u oba slučaja bio isti, a način prikupljanja podataka različit. Obrada podataka i izrada glavnog projekta učinjena je korištenjem računala i programskog paketa „CESTA“ slovenske tvrtke SoftData.

Kod klasične metode projektiranja šumskih cesta izmjera i prikupljanje potrebnih podataka na terenu izvršena je korištenjem teodolita, nivelira i ostalih uređaja. Na klasičan način se podatke o terenu prikupljali smo nakon postavljenog i prihvaćenog osovinskog poligona. Profili trase šumske ceste dobiju se iskolčavanjem horizontalnih kružnih lukova teodolitom te postavljanjem detaljnih točaka (međutočaka u ovom slučaju). Podaci o terenu se dobiju uz pomoć nivelira kako bi dobili visine terena u svakom pojedinom profilu, a onda se iz visina tih profila izračunaju bočne (postrane) visine iz relativnih visina dobivenih klasičnom terenskom izmjerom ravnjače i podravnjače.

### 4.2.2. Prikupljanje podataka suvremenom metodom

Kod suvremene metode, nakon što je na terenu, odnosno na trasi postojeće šumske ceste bio uklopljen osovinski poligon, se pristupilo snimanju tjemena osovinskog poligona primjenom radne stanice. Snimljene točke su prenesene na računalo te se uz pomoć programa „Cesta“

obavio unos osovinskog poligona i definiranju ostalih točaka (profila) na trasi šumske ceste (početak, sredina, kraj luka i međutočaka). Zatim je slijedio terenski dio, odnosno iskolčenje profila na trasi šumske ceste. Vrlo je važno napomenuti kako se tijekom terenskog iskolčenja profila ujedno radila i korekcija gotovo svakog profila kako bi rekonstruirana šumske ceste bila što bolje uklopljena u okolni teren. Nakon iskolčenja svih profila na trasi šumske ceste pristupljeno je snimanju terenskih točaka u svakom profilu sa svrhom dobivanja poprečnog izgleda terena.

### 4.2.3. Usporedba klasične i suvremene metode

Usporedbom navedenih dviju metoda prikupljanja terenskih podataka dolazimo do sljedećih prednosti i nedostataka.

4.2.3.1. Prednosti klasične metode:

Kod klasične metode projektiranja šumskih cesta izmjera i prikupljanje potrebnih podataka na terenu izvršena je korištenjem teodolita, nivelira i ostalih uređaja, koji su daleko jeftiniji u odnosu na radnu stanicu. Osim početne prednosti u smislu cijene koštanja navedenih instrumenata dolazi se do saznanja kako su njihovi popravci i održavanje također jeftiniji. Isto tako sama dimenzija i težina mjernih uređaja kod klasične metode je višestruko manja kao i njihovo jednostavno rukovanje u odnosu na totalnu radnu stanicu. Svaki profil je dobro opisan i površine pojedinih profila potrebne za konačni izračun kubatura su puno detaljnije.

4.2.3.2. Nedostaci klasične metode:

Jedan od glavnih nedostataka kod prikupljanja podataka klasičnom metodom je veći broj potrebnih radnika (pomoćnih radnika) a to su minimalno tri radnika, što istiskuje veći trošak prilikom samog prikupljanja. Veća je mogućnost pogreške na terenu kao i kod samog unosa terenskih podataka u samo računalo upravo iz razloga što je proces unošenja u računalo dugotrajniji i zahtjevniji. Pojedinačno se moraju unositi podaci poprečnih profila i uzdužnog razvijanja trase što istiskuje puno vremena i rada.

4.2.3.3. Prednosti suvremene metode:

Za razliku od klasične metode, kod suvremene metode kod koje smo prikupljanje podataka obavljali uz primjenu geodetske radne stanice potrebno je manje radne snage, svega dva radnika. Radna stanica se zasniva na velikoj preciznosti što onemogućuje pogreške na terenu, prema tome podaci

izmjereni na taj način morali bi dati puno bolji rezultat nego podaci dobiveni klasičnom metodom. Jedna od važnijih prednosti su brži (automatski) prijenos podataka u osobno računalo, što dovodi do manje mogućnosti pogreške pri unosu terenskih podataka u osobno računalo. Jedna je od prednosti totalne radne stanice je veliki kapacitet pohranjivanja mjernih podataka te veliki broj mjerenja pri jednom punjenju akumulatora (baterije).

4.2.3.4. Nedostatci suvremene metode:

Geodetska radna stanica (totalna radna stanica) je skuplji instrument pri kupnji što rezultira da su njezina održavanja i popravci također skuplji u odnosu na uređaje kod primjene klasične metode. Totalna radna stanica svojom građom, dimenzijama i težinom zahtjeva više napora pri njezinom korištenju na terenu. Sam rad i primjena uređaja zahtjeva složeniju edukaciju.

Usporedbom dvaju metoda prikupljanja podataka na terenu možemo zaključiti kako je brzina prikupljanja podjednaka, ali je unos i obrada podataka na računalu višestruko brža primjenom geodetske radne stanice u odnosu na klasičnu metodu.

# 5. REZULTATI

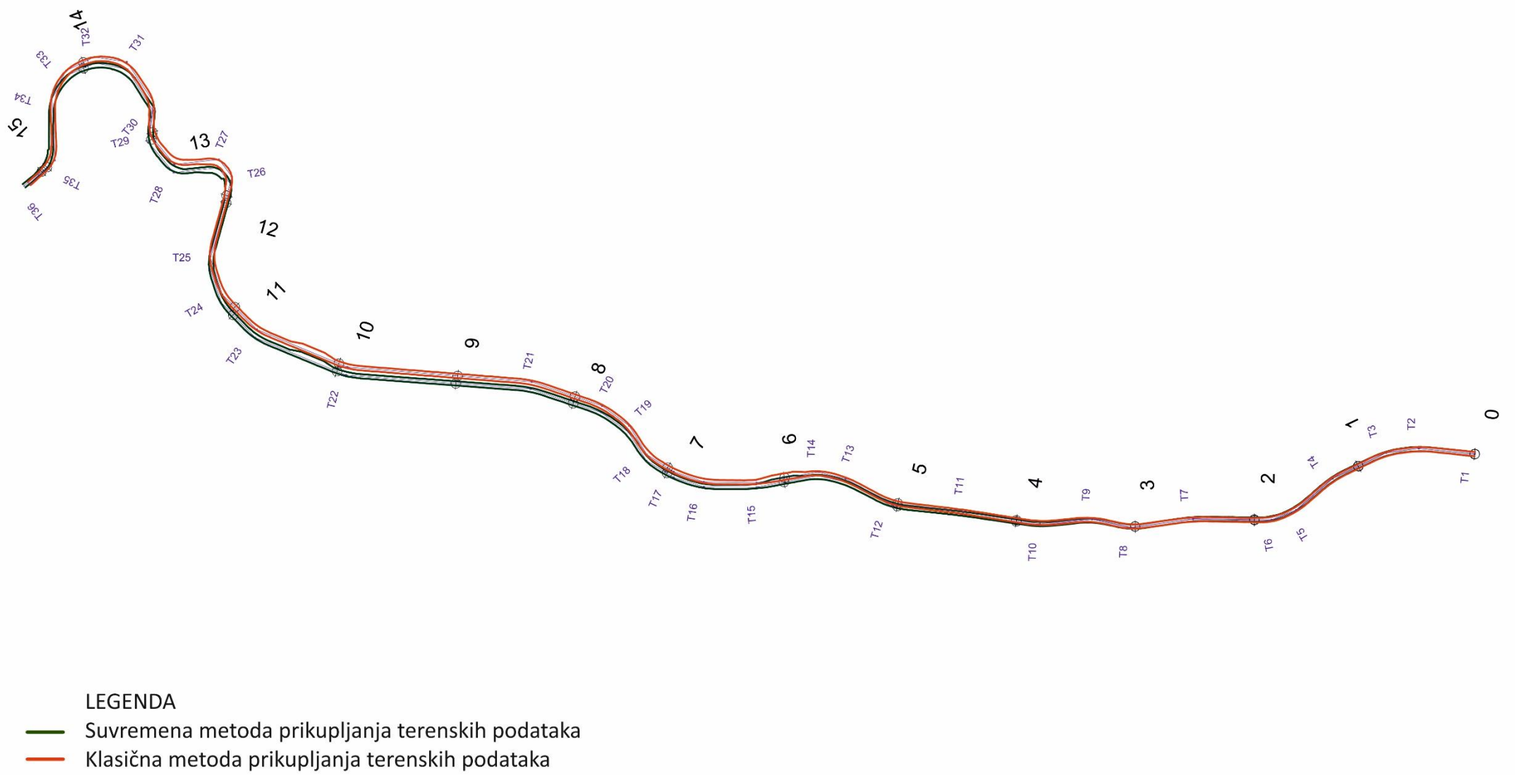
## 5.1 Horizontalno razvijanje trase

Na ukupnoj duljini trase rekonstruirane šumske ceste „587 B1 004“ od 1 520,16 (1518,90) m projektirano je 34 horizontalnih kružnih lukova (postavljeno je 36 poligonih točaka) s rasponom radijusa od minimalnih 16,00 m u tjemenima T 26 i T 27, radi o spojenim krivinama istoga smjera do maksimalnih 650 m u tjemenu T 11. Rekonstruirana šumska cesta je, što se horizontalnog razvijanja trase tiče dobro uklopljena u okruženje s nešto većim učešćem pravaca nego li krivina.

### 5.1.1. Uočene razlike pri horizontalnom razvijanju rekonstruirane šumske ceste

Kao što je vidljivo i iz slike 16 razlike u podacima pri horizontalnom razvijanju šumske ceste „587 B1 004“ prikupljenih klasičnom i suvremenom metodom su minimalne. Razlika u dobivenoj stacionaži iznosi 1,26 m odnosno 0,08% u odnosu na ukupnu stacionažu promatrane šumske ceste. Promatrajući razlike u vršnim kutevima (*a*) najveća razlika uočena je u tjemenu T 31 i iznosi 0˚48' 07" dok najmanja razlika u izmjeri vršnih kuteva iznosi 0˚00' 57" u tjemenu T 18.

# Pregledna situacija M 1 :4000




**Slika 16.** Prikaz horizontalnog razvijanja šumske ceste „587 B1 004“ prikupljenih klasičnom i suvremenom metodom terenske izmjere

## 5.2. Vertikalno razvijanje trase

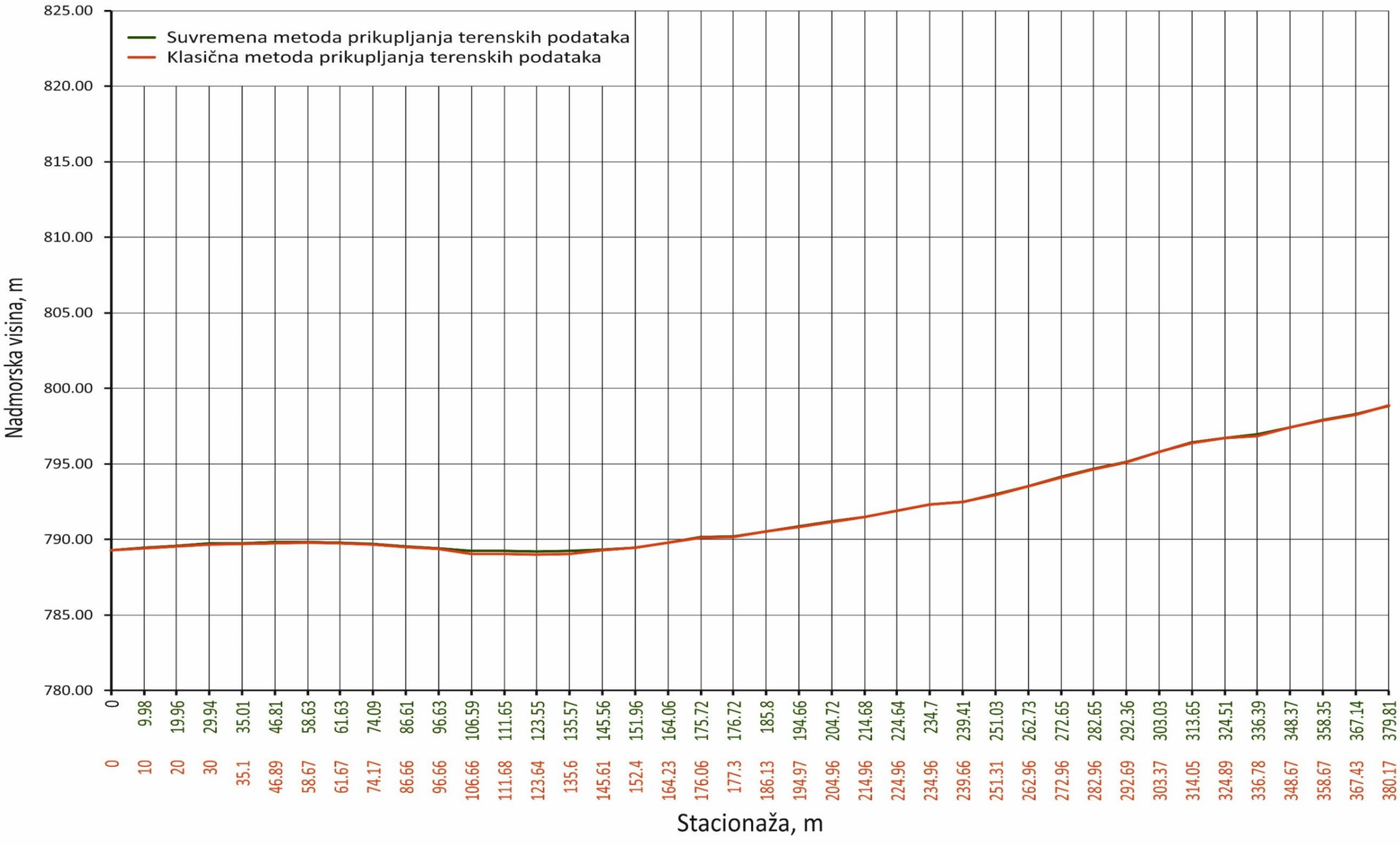
Niveleta trase projektirane šumske ceste nalazi se, generalno gledajući, u minimalnom padu budući se od početnih 789,40 (789,31) m nadmorske visine spušta i završava na 789,26 (789,14) m nadmorske visine. Prosječan nagib nivelete, određen iz duljine trase te visinske razlike početne i završne točke projektirane šumske ceste, iznosi –0,01 %. Raščlanimo li niveletu projektirane šumske ceste detaljnije uočit ćemo kako unatoč činjenici što se nivelete šumske ceste „587 B1 004“ nalazi u minimalnom padu prevladavaju nagibi nivelete pozitivnog predznaka (uspon nivelete).

Najveći nagibi trase projektirane šumske ceste iznose +5,23 % (+5,27 %) u usponu (72,59 m; 72,51 m) i –9,11 % (–9,08 %) u padu (137,11 m; 136,83 m). Najmanji nagibi nivelete jesu + 1,53 % (+ 1.75 %) u usponu (54,18 m; 47,44 m) i –1,11 % (–0,93 %) u padu (86,36 m; 86,41 m). Prosječna duljina loma nivelete iznosi 101,34 m (101,26 m).

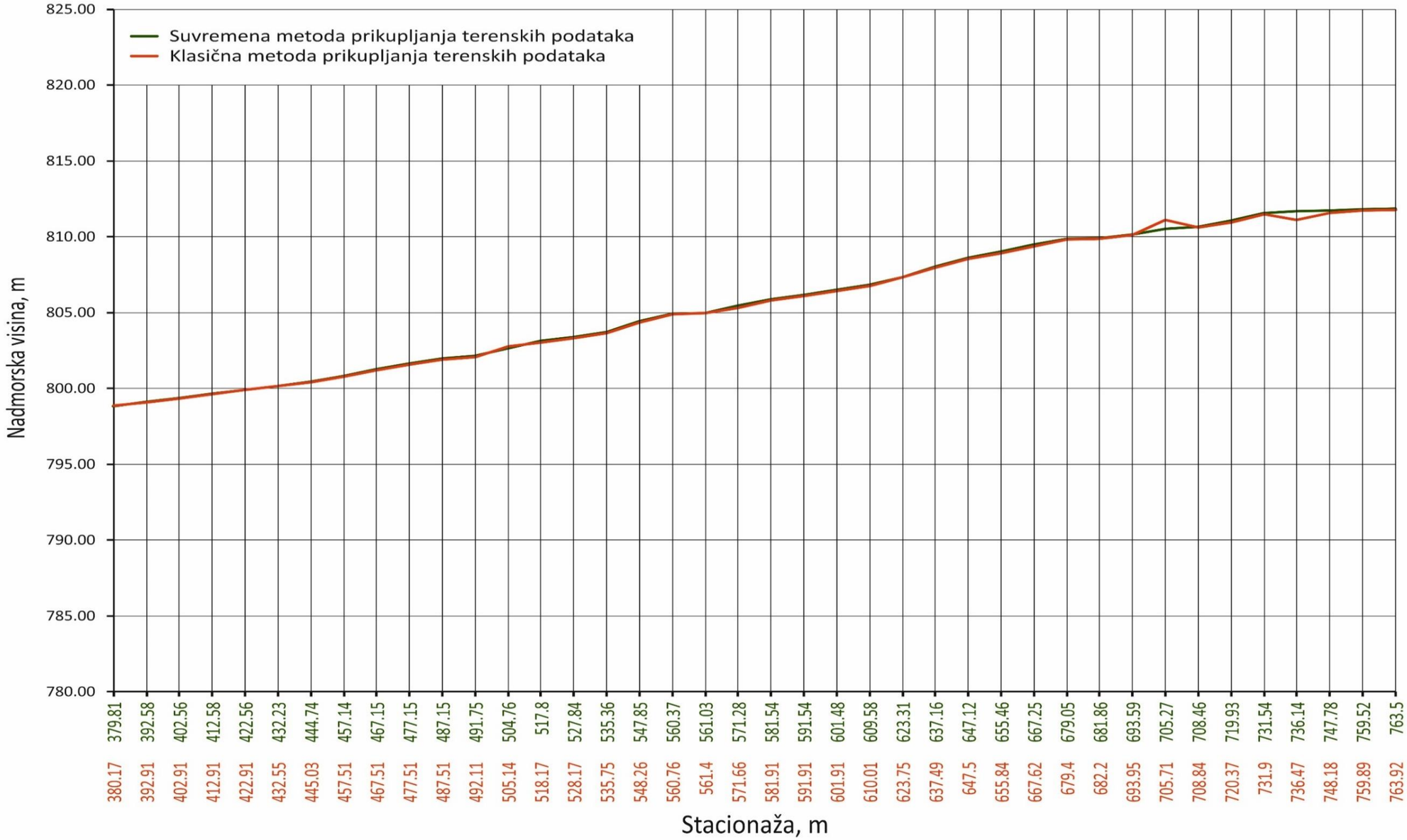
Vertikalni lomovi nivelete zaobljeni su kružnim lukovima pri čemu su minimalne vrijednosti polumjera konveksnih krivina iznosile 500 m (T12 i T 15 nivelete), a konkavnih krivina 800 m (T13 nivelete). Ukupno je projektirano 13 vertikalnih krivina (postavljena su 15 vertikalna tjemena). Pravci između završetaka i početaka nasuprotnih vertikalnih krivina (konkavnih i konveksnih i obrnuto) projektirani su sa minimalnim duljinama od 30,00 m.

### 5.2.1. Uočene razlike pri vertikalnom razvijanju rekonstruirane šumske ceste

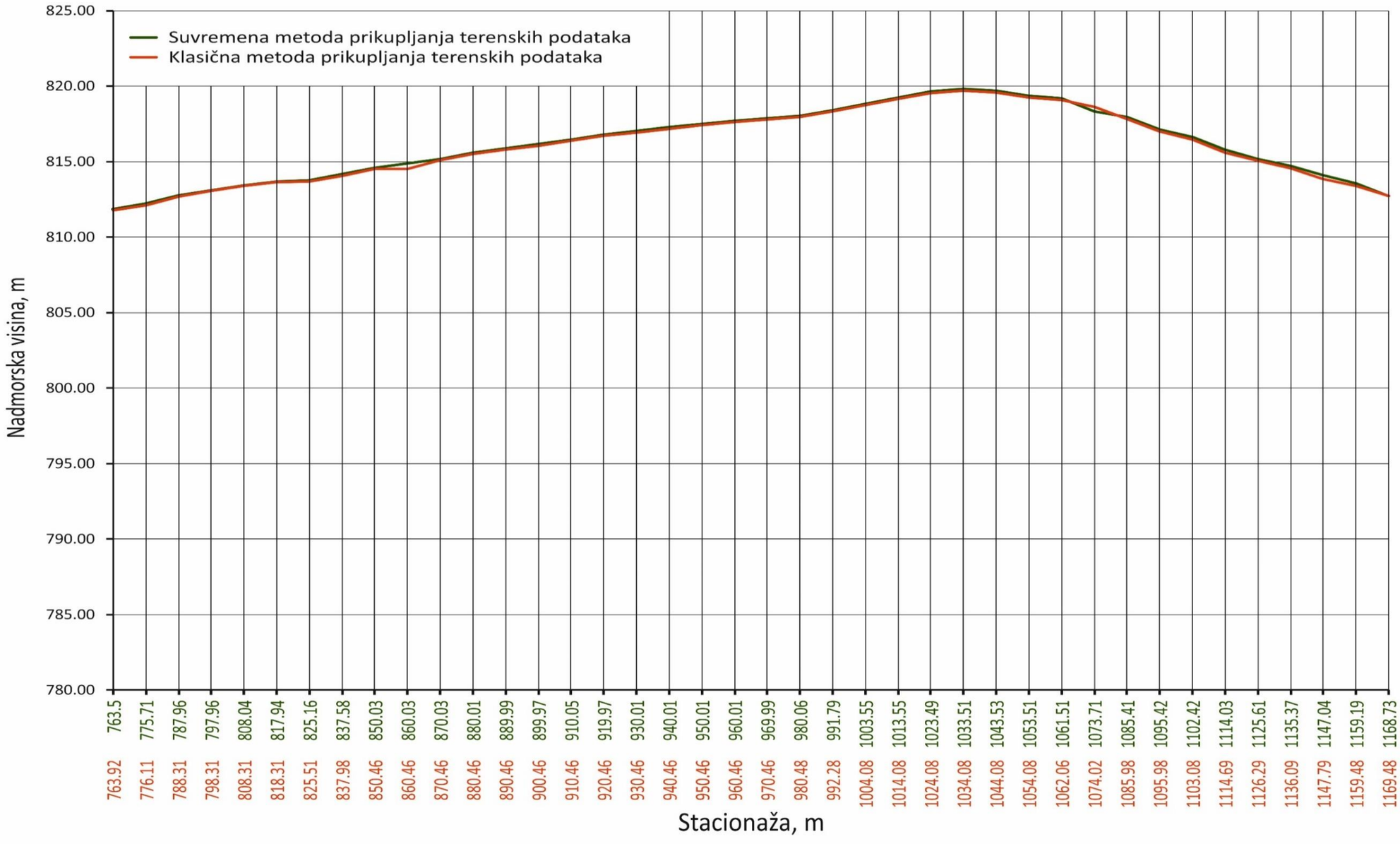
Vrlo slično podacima koji su prikazivali horizontalno razvijanje šumske ceste „587 B1 004“ i kod podataka vezanih uz vertikalno razvijanje šumske ceste „587 B1 004“ nije uočena značajnija razlika. Razlika u dobivenoj nadmorskoj visini završnog profila 157 klasičnom odnosno suvremenom metodom prikupljanja terenskih podataka iznosi 0,12 m. Promatrajući prikupljene terenske podatke vezane uz nadmorsku visinu svakog pojedinog profila najveće su razlike dobivene i profilima 72 gdje visinska razlika između podataka prikupljenih klasičnom odnosno suvremenom metodom terenske izmjere iznosi 0,68 m odnosno 0,46 m u profilu 76. Zbog činjenice kako se ovdje radi o rekonstrukciji šumske ceste te nelogičnosti ovakvog vertikalnog razvijanja postojeće šumske prometnice ovu razliku pripisujemo pogrešci pri prikupljanju ili obradi terenskih podataka klasičnom metodom. Izračunata prosječna razlika u dobivenoj nadmorskoj visini klasičnom odnosno suvremenom metodom za svaki profil na trasi rekonstruirane šumske ceste „587 B1 004“ iznosi 0,10 m.



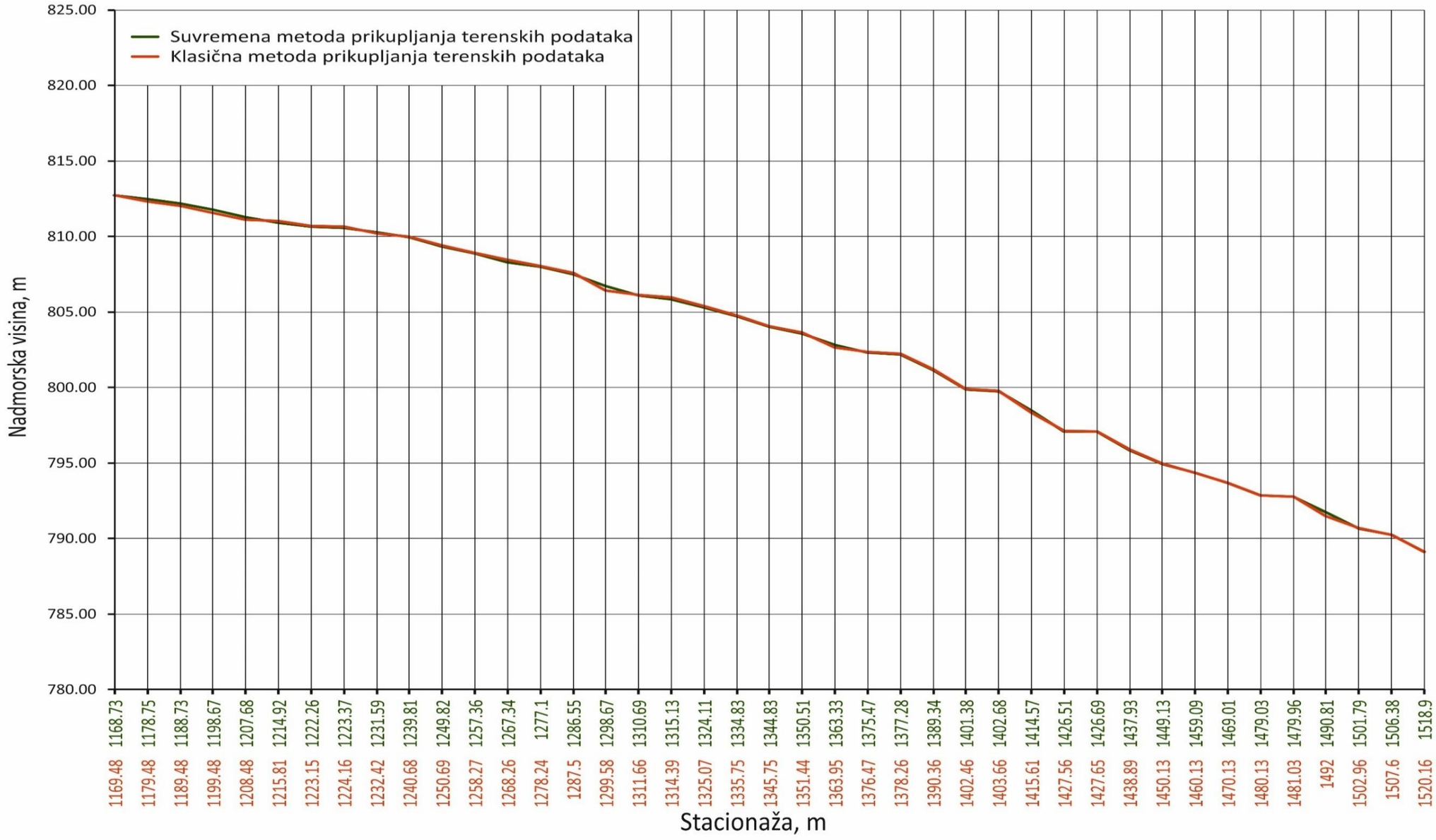

**Slika 17.** Prikaz vertikalnog razvijanja šumske ceste „587 B1 004“ prikupljenih klasičnom i suvremenom metodom terenske izmjere




**Slika 17.** Prikaz vertikalnog razvijanja šumske ceste „587 B1 004“ prikupljenih klasičnom i suvremenom metodom terenske izmjere




**Slika 17.** Prikaz vertikalnog razvijanja šumske ceste „587 B1 004“ prikupljenih klasičnom i suvremenom metodom terenske izmjere




**Slika 17.** Prikaz vertikalnog razvijanja šumske ceste „587 B1 004“ prikupljenih klasičnom i suvremenom metodom terenske izmjere

## 5.3. Poprečni presjeci

Normalna širina planuma ove šumske ceste iznosi 4,50 m od čega kolnik ima širinu 3,50 m, a bankina 0,25 m sa svake strane kolnika. Planum šumske ceste ima jednostrešan poprečni nagib min. 2 % (2,50 %) u skladu s poprečnim nagibom terena i odgovarajućim poprečnim presjekom, odnosno u smjeru prema odvodnom jarku. Trapezni odvodni jarci dimenzija 30 x 30 cm i nagiba kosina 1:1. Za slučajeve susretanja vozila iz suprotnih smjerova, s obzirom na jedan prometni trak šumske ceste, a dvosmjerno prometovanje, na udaljenostima ne većima od 400 m su projektirane 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.

Na čitavoj duljini trase isprojektirane su dvije mimoilaznice s početnom točkom u profilu:

⇒ 59 (stac. 05+81,91 hm) (stac. 10+03,55 hm) – desna mimoilaznica,

⇒ 101 (stac. 10+04,08 hm) (stac. 10+03,55 hm) – desna mimoilaznica

### 5.3.1. Uočene razlike kod poprečni presjeka

Najveće razlike između prikupljenih terenskih podataka uočene su kod dijagrama raspodijele zemljanih masa (slika 21) što dovodimo u direktnu vezu sa načinom izmjere poprečnih presjeka. Naime prilikom izmjere poprečnih presjeka klasičnom metodom najčešće se upotrebljavaju dvije trasirke s podjelom na 5 cm i jedna trasirka s ugrađenom libelom tzv. metoda ravnjače i podravnjače što smatramo nepreciznijom metodom terenske izmjere od suvremene metode što je u konačnici u uzročno posljedičnoj vezi sa razlikom u podacima prikupljenih klasičnom odnosno suvremenom metodom terenske izmjere.

## 5.4. Dijagram raspodijele zemljanih masa

Zbog navedenih razloga a s ciljem što vjerodostojnijih i točnijih rezultata obrada je podataka tekla u dva smjera:

⇒ Prema pravilima struke s ciljem minimiziranja količina iskopa i nasipa te pazeći da transportna udaljenost materijala ne prelazi vrijednost od 40 m a prema podacima dobivenim terenskom izmjerom upotrebom klasične metode u rekonstruiranu šumsku cestu uklopljena je niveleta te je dobiven prvi dijagram raspodijele zemljanih masa

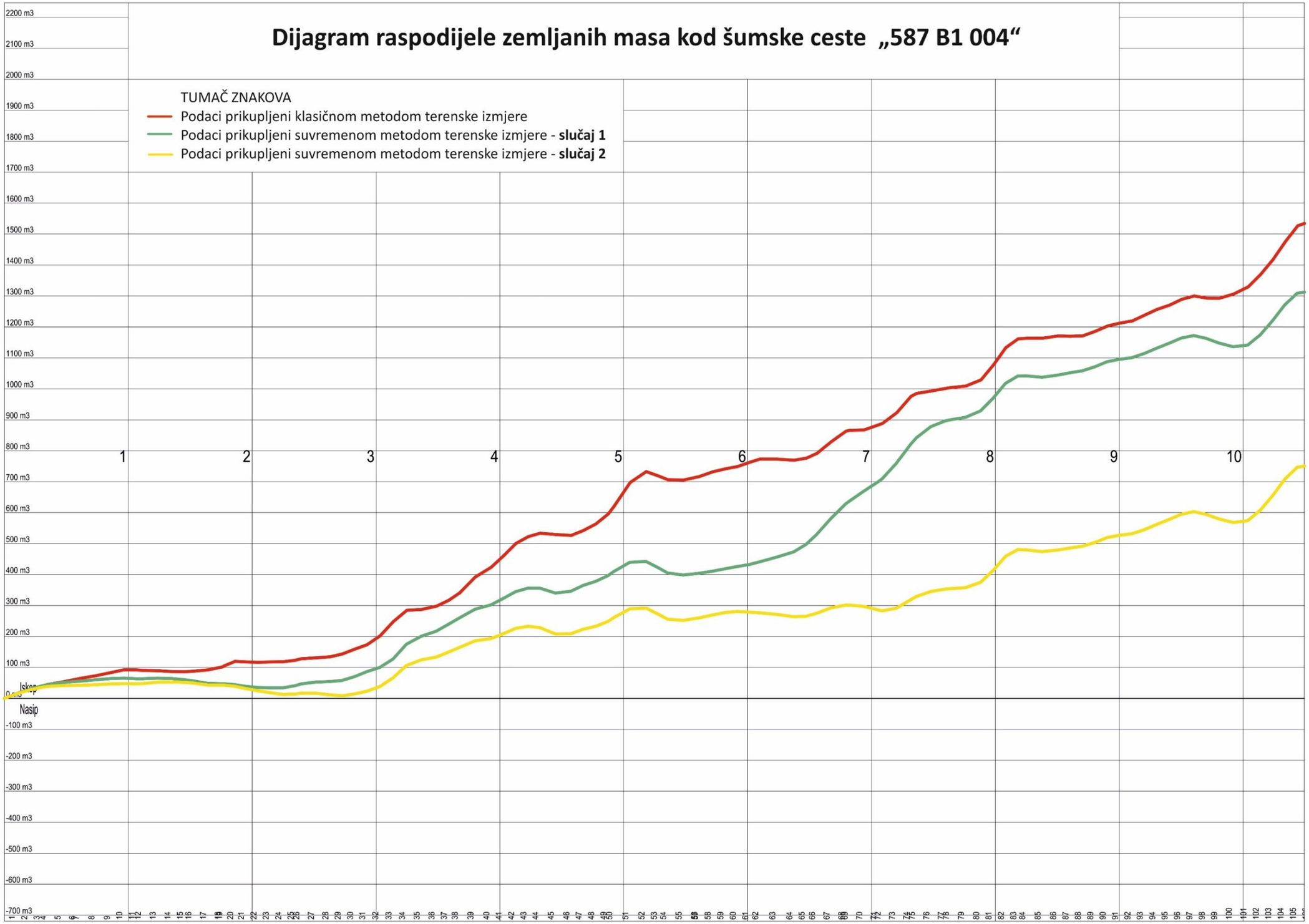
⇒ Smatrajući kao ćemo relativnom pozicijom vertikalnih lomova u odnosu na najbliži profil na trasi šumske ceste dobiti točnije podatke uslijedio je njihov izračun. Na podacima dobivenim klasičnom metodom terenske izmjere izračunavana je visinska i horizontalna udaljenost svakog vertikalnog loma od najbližeg 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 opisanim načinom dobivene su kote lomova nivelete koje su od najbližih profila udaljene za istu vrijednost kao i kod klasične metode prikupljanja terenskih podataka te je dobiven drugi dijagram raspodijele zemljanih masa **(slučaj 1)**

⇒ Naposlijetku prepisane su kote lomova nivelete koje smo koristili pri obradi dobivenih podataka klasičnom metodom te je dobiven treći dijagram raspodijele zemljanih masa **(slučaj 2)**

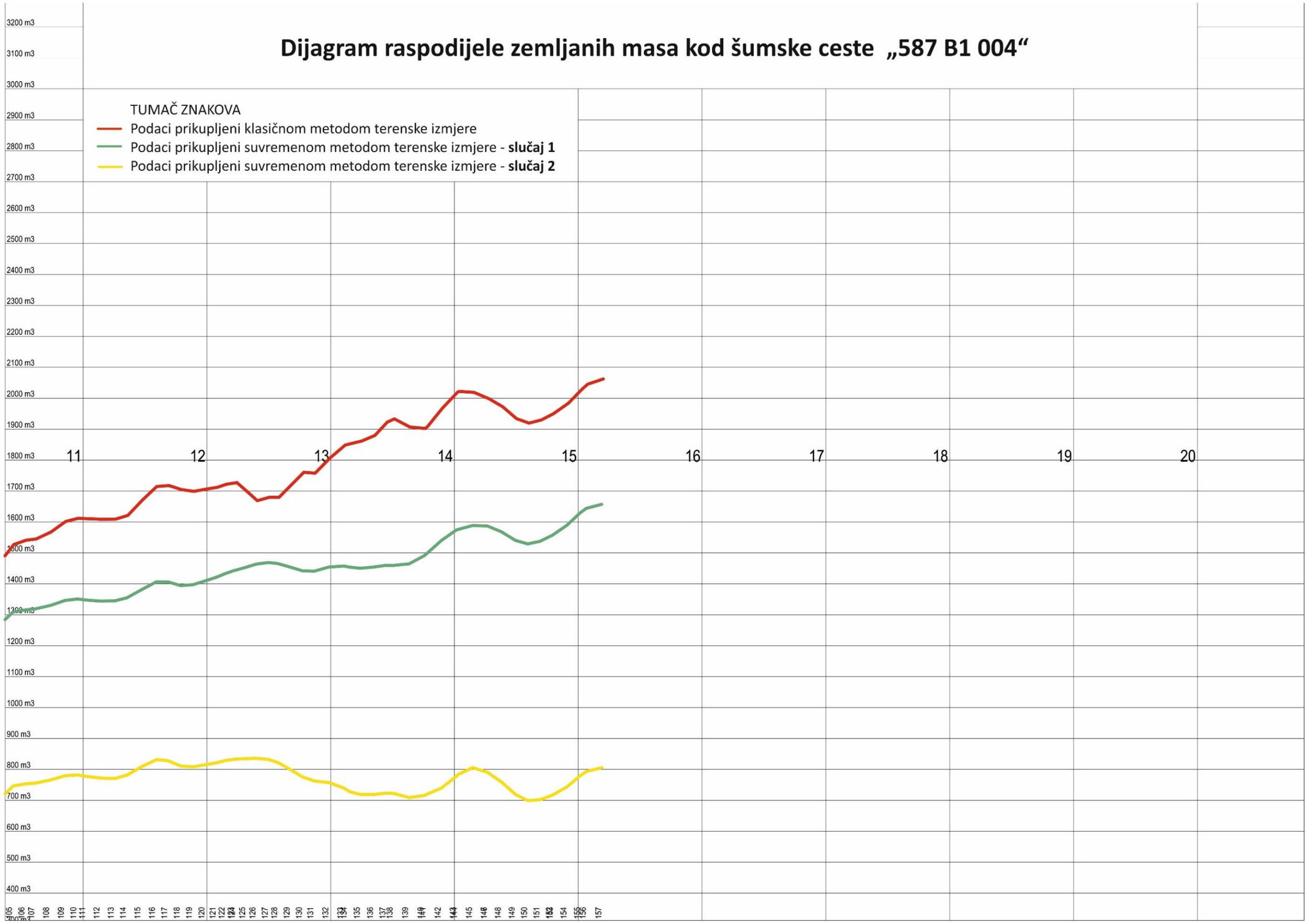
### 5.4.1. Uočene razlike kod dijagrama raspodijele zemljanih masa

Iz razloga koji su navedeni u poglavlju 5.3.1 najveće razlike zamijećene su u dijagramu raspodijele zemljanih masa odnosno u količinama materijala iskopa i nasipa. Tako količina materijala potrebna za izradu nasipa pri rekonstrukciji šumske ceste „587 B1 004“ varira od 966,10 $m^3$ prema podacima dobivenim terenskom izmjerom klasičnom metodom do 789,40 $m^3$ (slučaj 1); odnosno 1207,85 $m^3$ (slučaj 2) prema podacima dobivenim terenskom izmjerom koristeći suvremenu metodu terenske izmjere.

Ista tako primijećena je velika razlika u količini iskopa, materijala kojeg je potrebno ukloniti prilikom rekonstrukcije šumske ceste „587 B1 004“. Količina navedenog materijala iznosi 3027,92 $m^3$ prema podacima dobivenim terenskom izmjerom klasičnom metodom do 2445,70 $m^3$ (slučaj 1); odnosno 2073,90 $m^3$ (slučaj 2) prema podacima dobivenim terenskom izmjerom koristeći suvremenu metodu terenske izmjere.




**Slika 18.** Dijagram raspodijele zemljanih masa pri rekonstrukciji šumske ceste „587 B1 004“ prikupljenih klasičnom i suvremenom metodom terenske izmjere




**Slika 18.** Dijagram raspodijele zemljanih masa pri rekonstrukciji šumske ceste „587 B1 004“ prikupljenih klasičnom i suvremenom metodom terenske izmjere

## 5.5. Uočene razlike u predmjeru radova – dokaznici mjera

**za ŠC "587 B1 004" stacionaže 15+20,16 (15+18,90; 15+18,90) hm NPŠO Zalesina**

| Br. | Stav. | Opis rada | Jed. | Količina | Količina | Količina |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **I.** | | **PRIPREMNI RADOVI** | | | | |
| | **1.** | **Obnova građevinskog iskolčenja osi i profila trase:** Obračun po metru dužnom obnovljenog iskolčenja trase. Izvoditelj radova izgradnje ŠPC-e dužan je prije uvođenja u posao obnoviti građevinsko iskolčenje osi trase šumske prometnice te sukladno prikazima u Prilogu: Poprečni presjeci, na terenu, obilježiti glavne sastavnice svakog pojedinog poprečnog presjeka. | m' | 1 520,16 | 1 518,90 | 1 518,90 |
| | **2.** | **Vađenje panjeva bagerom (D=20-50 cm):** Izvađene panjeve potrebno je deponirati van pojasa zemljanih radova. Obračun po komadu izvađenih panjeva posječenih stabala. | kom. | 0 | 0 | 0 |
| | **3.** | **Vađenje panjeva bagerom (D=50-90 cm):** Izvađene panjeve potrebno je deponirati van pojasa zemljanih radova. Obračun po komadu izvađenih panjeva posječenih stabala. | kom. | 0 | 0 | 0 |
| **II.** | | **ZEMLJANI RADOVI** | | | | |
| | **4.** | **Strojni iskop materijala u širokom iskopu:** Projektirane količine iskopa izvršiti dozerom (u materijalu C i B kategorije) te bagerom sa pneumatskim čekićem (u A kategoriji materijala). Iskopani materijal transportirati na udaljenost do 40 m u nasip ili deponi, te rasplanirati u jednoličnim slojevima. Stvarne kategorije će se odrediti na licu mjestu prilikom izvođenja radova. Ukupno izračunate količine su: | | | | |
| | | • u materijalu C kategorije | $m^3$ | 1575,18 | 1503.45 | 1182,04 |
| | | • u materijalu B kategorije | $m^3$ | 1452,74 | 942,25 | 891,86 |
| | | • u materijalu A kategorije | $m^3$ | 0 | 0 | 0 |
| | **5.** | **Izrada nasipa:** Doguranu zemlju iz usjeka, zasjeka ili pozajmišta rasplanirati u jednoličnim slojevima debljine 30 cm, a potom ih valjati statičkim ili vibro valjkom na potrebnu zbijenost. Količine su iz iskaza masa. | $m^3$ | 966,10 | 789,40 | 1267,85 |
| | **6.** | **Profiliranje planuma:** Grubi izrađeni planum isplanirati grejderom na točnost od ±5 cm. Višak materijala transportirati u nasip ili u deponij. Količine su iz iskaza masa. | $m^2$ | 7 802,82 | 7 763,15 | 7 763,15 |
| | **7.** | **Valjanje posteljice:** Na izrađenom planumu izvaljati posteljicu statičkim ili vibro valjkom. Svakim tragom preći najmanje 5 (pet) puta uz 50 % preklopa tragova. Količine su iz iskaza masa. | $m^2$ | 7 802,82 | 7 763,15 | 7 763,15 |
| **III.** | | **KOLNIK** | | | | |
| | **8.** | **Nabava i utovar kamenog materijala:**Stavka obuhvaća nabavu i utovar kamenog materijala za izradu kolničke konstrukcije projektirane prometnice.Koeficijent sabijanja iznosi 1,25, a obračun se provodi po $m^3$ kamena u rastresitom stanju. Potrebne količine su: | | | | |
| | | • I sloj (donji) granulacije 20 – 60 mm | $m^3$ | 1 406,48 | 1 397,11 | 1 397,11 |
| | | • II sloj (gornji) granulacije 0 – 20 mm | $m^3$ | 351,62 | 349,28 | 349,28 |
| | **9.** | **Prijevoz kamenog materijala:** Prijevoz kamenog materijala obaviti će se na udaljenosti od 17 kilometra. Količine su kao u stavci 8. | $m^3$ | 1758,1 | 1746,39 | 1746,39 |
| | **10.** | **Strojna ugradnja kamenog materijala:** Kolnik se radi u 2 (dva) sloja tipa Mc. Adam debljine u sabitom stanju 25 cm. Svaki sloj se posebno izrađuje i zasebno valja. Za svaki sloj prilikom valjanja treba kontrolirati uvaljanost na uobičajeni način i ne može se započeti s izradom narednog sloja dok nije postignuta propisana sabijenost ispitanog sloja. Količine su kao u stavci 8. | $m^3$ | 1758,1 | 1746,39 | 1746,39 |
| | **11.** | **Valjanje kolničke konstrukcije:** Svaki izrađeni sloj se zasebno valja i kontrolira kao u stavci 10. Obračun po $m^3$ kamenog materijala u rastresitom stanju. Debljina sabijene kolničke konstrukcije iznosi 25 cm (20 cm + 5 cm). Količine su iz iskaza masa. | $m^3$ | 1758,1 | 1746,39 | 1746,39 |
| **IV.** | | **OSTALI RADOVI** | | | | |
| | **12.** | **Prijevoz strojeva:** niskonosećom prikolicom: Prijevoz strojeva koji će se koristiti u postupku izgradnje šumske protupožarne prometnice od sjedišta izvođača radova do gradilišta. | km | 75,00 | 75,00 | 75,00 |

## 5.6. Uočene razlike u troškovniku – predračunu

**za ŠC "587 B1 004" stacionaže 15+20,16 (15+18,90; 15+18,90) hm NPŠO Zalesina**

| Stav. | Opis rada | Jed. | Količina | Količina | Količina | Cijena, kn | | Cijena, kn | | Cijena, kn | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Jedinična | Ukupno | Jedinična | Ukupno | Jedinična | Jedinična |
| | **I. PRIPREMNI RADOVI** | | | | | | | | | | |
| **1.** | **Obnova građ. iskolčenja osi i profila trase** | m' | 1 520,16 | 1 518,90 | 1 518,90 | 1,00 | 1 520,16 | 1,00 | 1 518,90 | 1,00 | 1 518,90 |
| **2.** | **Vađenje panjeva bagerom (D= 20-50 cm)** | kom. | 0 | 0 | 0 | 91,17 | 0 | 91,17 | 0 | 91,17 | 0 |
| **3.** | **Vađenje panjeva bagerom (D= 50-90 cm)** | kom. | 0 | 0 | 0 | 136,76 | 0 | 136,76 | 0 | 136,76 | 0 |
| | Ukupno: | kn | | | | | 1 520,16 | | 1 518,90 | | 1 518,90 |
| | **II. ZEMLJANI RADOVI** | | | | | | | | | | |
| **4.** | **Strojni iskop materijala u širokom iskopu** | | | | | | | | | | |
| | • u C kategoriji materijala | $m^3$ | 1 575,18 | 1503,45 | 1 182,04 | 14,91 | 23 485,93 | 14,91 | 22 416,44 | 14,91 | 17 624,22 |
| | • u B kategoriji materijala | $m^3$ | 1 452,74 | 942,25 | 891,86 | 60,09 | 87 295,15 | 60,09 | 56 619,80 | 60,09 | 53 591,87 |
| | • u A kategoriji materijala | $m^3$ | 0 | 0 | 0 | 112,47 | 0 | 112,47 | 0 | 112,47 | 0 |
| **5.** | **Izrada nasipa** | $m^3$ | 966,10 | 789,40 | 1 267,85 | 10,72 | 10 365,59 | 10,72 | 8 463,37 | 10,72 | 13 591,35 |
| **6.** | **Profiliranje planuma** | $m^2$ | 7 802,82 | 7 763,15 | 7 763,15 | 2,31 | 18 024,51 | 2,31 | 17 932,88 | 2,31 | 17 932,88 |
| **7.** | **Valjanje posteljice** | $m^2$ | 7 802,82 | 7 763,15 | 7 763,15 | 1,30 | 10 143,67 | 1,30 | 10 092,1 | 1,30 | 10 092,10 |
| | Ukupno: | kn | | | | | **149 305,9** | | **115 523,6** | | **112 832,40** |
| | **III. KOLNIK** | | | | | | | | | | |
| **8.** | **Nabava i utovar kamenog materijala** | | | | | | | | | | |
| | • za I sloj | $m^3$ | 1 406,48 | 1 397,11 | 1 397,11 | 50,37 | 70 844,4 | 50,37 | 70 372,43 | 50,37 | 70 372,43 |
| | • za II sloj | $m^3$ | 351,62 | 349,28 | 349,28 | 50,37 | 17 711,1 | 50,37 | 17 593,23 | 50,37 | 17 593,23 |
| **9.** | **Prijevoz kamenog materijala** | $m^3$ | 1758,1 | 1 746,39 | 1 746,39 | 43,46 | 76 407,03 | 43,46 | 75 898,11 | 43,46 | 75 898,11 |
| **10.** | **Ugradnja kamenog materijala** | $m^3$ | 1758,1 | 1 746,39 | 1 746,39 | 14,54 | 25 562,77 | 14,54 | 25 392,51 | 14,54 | 25 392,51 |
| **11.** | **Valjanje kolničke konstrukcije** | $m^3$ | 1758,1 | 1 746,39 | 1 746,39 | 7,22 | 12 693,48 | 7,22 | 12 608,94 | 7,22 | 12 608,94 |
| | Ukupno: | kn | | | | | **203 218,8** | | **201 865,2** | | **201 865,20** |
| | **IV. OSTALI RADOVI** | | | | | | | | | | |
| **12.** | **Prijevoz strojeva niskonosećom prikolicom** | km | 75,00 | 75,00 | 75,00 | 47,93 | 3 594,75 | 47,93 | 3 594,75 | 47,93 | 3 594,75 |
| | Ukupno: | kn | | | | | **3 594,75** | | **3 594,75** | | **3 594,75** |
| | **REKAPITULACIJA** | | | | | | | | | | |
| **I.** | **PRIPREMNI RADOVI** | kn | | | | | **1 520,16** | | **1 518,90** | | **1 518,90** |
| **II.** | **ZEMLJANI RADOVI** | kn | | | | | **149 305,9** | | **115 523,6** | | **112 832,40** |
| **III** | **KOLNIK** | kn | | | | | **203 218,8** | | **201 865,2** | | **201 865,20** |
| **IV.** | **OSTALI RADOVI** | kn | | | | | **3 594,75** | | **3 594,75** | | **3 594,75** |
| | **Ukupno po km:** | kn | | | | | **235 262,47** | | **212 326,06** | | **210 554,55** |
| | **Sveukupno:** | kn | | | | | **357 636,60** | | **322 502,05** | | **319 811,30** |

# 6. ZAKLJUČCI

Zaključci se u svezi izrađenog diplomskog rada mogu sagledati kroz slijedeće zaokružene cjeline:

⇒ Uspostavljanje optimalne mreže primarne šumske prometne infrastrukture mora se provesti prema navedenim fazama (planiranja, projektiranja, izgradnje uz nadzor te održavanja) cjelovito i kvalitetno. Isto tako, ukoliko je potreba za dodatnim fazama rekonstrukcije i stavljanje izvan uporabe iste bi trebalo provesti što prije i na što kvalitetniji način.

⇒ Cjelokupna se, složena faza projektiranja šumskih cesta dijeli na terensku fazu prikupljanja potrebnih podataka , te na uredsku fazu obrade i ispis dobivenih rezultata. Da bi rezultati projektiranja bili što precizniji, pri projektiranju šumskih cesta koriste se različite metode prikupljanja terenskih podataka.

⇒ Usporedbom suvremene metode pri prikupljanju terenskih podataka u svrhu rekonstrukcije šumske ceste "587 B1 004" pokazala se kao funkcionalniji izbor u smislu prikupljanja terenskih podataka (potreban manji broj pomoćnih radnika na terenu i brže prikupljanje terenskih podataka) te njihove kasnije u odnosu na klasičnu metodu.

⇒ Obje metode prikupljanja terenskih podataka s gledišta horizontalnog i vertikalnog razvijanja trase dale su vrlo slične podatke i nije zamijećeno veliko odstupanje kod spomenutih podataka.

⇒ Najveće razlike među prikupljenim terenskim podacima uočene su pri obradi podataka vezanih uz snimanje poprečnih presjeka na trasi rekonstruirane šumske ceste što dovodimo u direktnu vezu sa točnošću prikupljanja terenskih podataka. Naime, klasičnom metodom poprečni izgled terena prikuplja se metodom ravnjače podravnjače s 5 cm točnošću dok je suvremenom metodom terenske izmjere spomenuta točnost subcentimetarska što smatramo glavnim razlogom odstupanja terenskih podataka.

⇒ Zbog velike razlike u dijagramu raspodijele zemljanih masa kod podataka prikupljenih suvremenom metodom terenske izmjere izrađena su dva slučaja s različitim pozicijama lomova nivelete. Potvrđena je početna hipoteza kako će razlike biti manje ukoliko prilikom uklapanja nivelete u podatke prikupljene suvremenom metodom

terenske izmjere koristimo relativnu poziciju vertikalnih lomova gdje će najbliži profil na trasi šumske ceste biti identičan relativnoj poziciji vertikalnih kod klasične metode u odnosu na isti profil.

⇒ Prilikom izračuna cijene koštanja rekonstrukcije šumske ceste "587 B1 004" uočeno je da se kao najskuplja pokazala inačica rekonstrukcije (235 262,47 kn/km) kod koje su terenski podaci prikupljani klasičnom metodom izmjere. Rezultati ne iznenađuju jer je kod spomenutih podataka zamijećena najveća količina iskopa (3027,92 $m^3$, materijala kojeg treba ukloniti sa trase šumske ceste što je za 19,23 % veća količina iskopa u odnosu na podatke prikupljene suvremenom metodom terenske izmjere **Slučaj 1** (2445,70 $m^3$) odnosno čak za 30,85 % veće vrijednosti u donosu na podatke prikupljene suvremenom metodom terenske izmjere **Slučaj 2** (2093,90 $m^3$).

⇒ Kako su najveće razlike između terenskih podataka prikupljenih klasičnom i suvremenom metodom terenske izmjere uočene pri snimanju poprečnih presjeka mišljenja smo kako bih navedena razlike bile puno manje pri prikupljanu podataka tijekom projektiranja nove trase šumske ceste u odnosu na podatke koji su analizirani u ovome radu a vezani su uz rekonstrukciju šumske ceste "587 B1 004". Spomenutu tvrdnju potkrepljujemo činjenicom kako su poprečni nagibi puno ujednačeniji a lomovi terena puno manji prilikom projektiranja nove šumske ceste u odnosu na rekonstrukciju postojeće.

⇒ Rekonstrukcijom ceste „587 B1 004" u GJ Belevine, podiže se njezin standard i izvedbom gornjeg ustroja od asfalta omogućuje se prometovanje u gotovo svim vremenskim uvjetima i smanjuju se mogućnosti oštećivanja gornjeg i donjeg ustroja šumske ceste.

# 7. LITERATURA


1. Acar, H.,H., Ersin, D., Sercan, G., Selcuk, G., 2017: Assesment of road network planning by using GIS – based multi-criteria evaluation for conversion of coppice forest to high forest, 2380-2388 p.
2. Acar, H.H., 2005: Djelovanje gradnje šumskih prometnica i radova pri pridobivanju drva na okoliš. Mehanizacija šumarstva 2001–2004, posebno izdanje časopisa Nova mehanizacija šumarstva 26 (1): 121–124
3. Adams, P.W., Storm, R., 2011: Oregon's forest protection laws, second edition. Oregon Forest Resources Institute, 102–130 p.
4. Anon., 2000a: Forest roads manual. Oregon department of forestry, State forest program, 207 p.
5. Anon., 2004e: SRD software reference manual. Sokkia Co. Ltd., 372 p.
6. Anon., 2011a: Colorado forest road field handbook. Colorado State Forest Service, Fort Collins, Colorado, 146 p.
7. Bončina, A., Čavlović, J., 2009: Perspectives of Forest Management Planning: Slovenian and Croatian Experience. Croatian Journal of Forest Engineering, 30 (1): 77-87
8. FAO, 1998: A manual for the planning, design and construction of forest roads in steep terrain, 1–188 p
9. Hayati, E., Majnounian, B., Abdi, E., Sessions, J., Makhdoum, M., 2013: An expert-based approach to forest road network planning by combining Delphi and spatial multi-criteria evaluation 1.p.
10. Jeličić, V., 1985: Pravilnik o uslovima i elementima za projektovanje i izgradnju šumskih puteva. Sarajevo.
11. Kirby, M., Hager, W., Wong, W., 1986: Simultaneous Planning of Woodland Management and Transportation Alternatives. TIMS Stud. Mnage. Sci. 21: 371–387
12. Najafi, A., Sobhani, H., Saeed, A., Makhdom, M., Mohajer, M.M., 2008: Planning and Assessment of Alternative Forest Road and Skidding Networks. Croatian Journal pof Forest Engineering 29(1): 63–73.
13. Papa, I., 2014: Modeli održavanja šumskih cesta na različitim reljefnim područjima. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu 1-284. str

14. Pentek, T., 2012a: Skripta iz kolegija Šumske prometnice. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu,.
15. Pentek, T., 2012b: Skripta iz kolegija Otvaranje šuma. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu,.
16. Pentek, T., 2014: Skripta iz kolegija Projektiranje šumskih prometnica. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Predavanje br. 2. i 3.
17. Pentek, T., Nevečerel, H., Poršinsky, T., Horvat, D., Šušnjar, M., Zečić, Ž., 2007: Quality planning of forest road network – precondition of building and maintenance cost rationalisation. Proceedings of Austro 2007 – FORMEC'07 Meeting the needs of tomorrow forests: new developments in forest engineering, October 7 – 11, Wien – Heiligenkreuz, Austria, CD ROM.
18. Pentek, T., Pičman, D., Nevečerel, H., 2004: Srednja udaljenost privlačenja drva. Šumarski list, 128 (9–10): 545–558.
19. Pičman, D., 2007: Šumske prometnice. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 460 str.
20. Pičman, D., Pentek, T., 2008: Skripta iz predmeta „Projektiranje šumskih prometnica“, 1-168. str.
21. Ryan, T., Phillips, H., Ramsay, J., Dempsey, J., 2004: Forest Road Manual. COFORD, Ireland 170 str.
22. Sedlak, O.K., 1996: Forest road construction policies in Austria. Proceedings of the Seminar on Environmentally Sound Forest Roads and Wood Transport. Sinaia, Romania 17–22 June.
23. Stampfer, K., 2009: Road network planning and forest road construction in Austria. University of Natural Resources and Applied Life Sciences, 33 p
24. Stjernberg, E. 1982. The use of hydraulic backhoes in forest road construction: central and eastern Canada. FERIC Special Report No.SR–20. Forest Engineering Research Institute of Canada, Vancouver, B.C., Canada. 60 p.
25. Switalski, T.A., Bissonette, J.A, DeLuca, T.H., Luce, C.H., Madej, M.A., 2003: Wildland road removal: research needs. Proceedings of the International Conference on Ecology and Transportation in New York, Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, 642–646 p.
26. Šikić, D., Babić, B., Topolnik, D., Knežević, I., Božičević, D., Švabe, Ž., Piria, I., Sever, S., 1989: Tehnički uvjeti za gospodarske ceste. Znanstveni savjet za promet Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti, Zagreb, 78 str.

27. Šušnjar, M., 2011a: Okolišno prihvatljive tehnologije gradnje šumskih prometnica. Predavanje iz kolegija Okolišno prihvatljive tehnike i tehnologije, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (.ppt prezentacija).
28. Winkler, N., 1998: Environmentally Sound Road Construction in Mountainous Terrain, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 54 p.
29. Zakon o javnim cestama (NN 180/04, 138/06, 146/08, 38/09, 124/09, 153/09, 73/10)
30. Zakonu o šumama Republike Hrvatske (NN 140/05, 82/06, 129/08, 80/10, 124/10, 25/12, 68/12, 148/13, 94/14) članak 47
31. Zorić, M., 2015:Uporaba mjernih sustava za određivanje energijske i tehničke pogodnosti kamionskog prijevoza drva, Doktorski rad, str. 1-174,

Internet izvori:

1. https://definedterm.com/a/definition/195587: U.S,Forest Service Glossary- Road reconstruction