

Analiza različnih pristopov pri izvedbi digitalizacije gozdnih prometnic

Analysis of Diverse Approaches in Execution of Forest Traffic Roads Digitalization

Luka REBOLJ¹, Jurij BEGUŠ²

Izvleček:

Rebolj, L., Beguš, J.: Analiza različnih pristopov pri izvedbi digitalizacije gozdnih prometnic. *Gozdarski vestnik*, 73/2015, št. 5–6. V slovenščini z izvlečkom v angleščini, cit. lit. 5. Prevod Breda Misja, jezikovni pregled slovenskega besedila Marjetka Šivic.

Kakovostni podatki so temelj pri načrtovanju delovnih procesov. Z razvojem tehnologij zajema podatkov se kakovost le-teh praviloma povečuje, saj omogočajo pridobivanje natančnih informacij površja, tudi gozdnega, v sklopu katerega je mogoče pridobiti dokaj natančne informacije o gozdnih prometnicah. Natančen zajem podatkov o gozdnih prometnicah je pomemben pri gozdnogospodarskem načrtovanju in samem izvajanju načrtovanih ukrepov. V prispevku analiziramo porabo časa in natančnost zajema podatkov gozdnih prometnic pri različnih vrstah daljinsko pridobljenih podatkov in različnih metodah zajema podatkov s ciljem odgovoriti na vprašanje, kateri način je najugodnejši. V članku je prikazana primerjava zajema podatkov z GPS-snemanji na terenu in zajema prek podatkov LiDAR. Analiza je potekala na pilotnem območju Begunjščica, ki je v osrednjem delu Karavank, za katerega so na voljo kakovostni podatki LiDAR, pokazala pa je na dejstvo, da sta natančnost in poraba časa pri podatkih LiDAR ugodnejša.

Gljučne besede: gozdne prometnice, gozdne ceste, gozdne vlake, poraba časa, digitalizacija, LiDAR

Abstract:

Rebolj, L., Beguš, J.: Analysis of Diverse Approaches in Execution of Forest Traffic Roads Digitalization. *Gozdarski vestnik (Professional Journal of Forestry)*, 73/2015, vol. 5-6. In Slovenian, abstract in English, lit. quot. 5. Translated by Breda Misja, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic.

Quality data represent the basis for planning work processes. As a rule, quality of data improves with the development of data acquisition technologies, since they enable acquisition of accurate information on surface, also forested one, in whose framework fairly accurate information on forest traffic roads can be acquired. Accurate acquisition of data on forest traffic roads is important both in forest management planning and in carrying out of the planned activities. In this article we analyze time consumption and accuracy of acquisition of data on forest traffic roads from diverse sorts of remotely acquired data and diverse data acquisition methods, our goal being to determine the most favorable method. The article presents the comparison of data acquisition using GPS recordings in the field and acquisition using LiDAR data. The analysis took place in the Begunjščica pilot area, situated in the central part of Karavanks Mountain Range for which quality LiDAR data are available, showing the fact that accuracy and time consumption are more favorable when using LiDAR data.

Key words: forest traffic roads, forest roads, forest skidding trails, time consumption, digitalization, LiDAR

1 UVOD

V konceptu sonaravnega gospodarjenja z gozdovi ima odprtost gozdov pomembno mesto. Dosegamo jo z dovolj gostim omrežjem gozdnih prometnic, med katerimi so gozdne ceste glavni skelet. Tako kot na drugih področjih gospodarjenja z gozdovi si tudi gospodarjenja z gozdnimi prometnicami ne moremo zamisliti brez ustreznih podatkov, ki omogočajo racionalnejše in optimalnejše delo. Pregled nad vsemi temi podatki imamo lahko le s primerno oblikovanim informacijskim

sistemom, ki omogoča učinkovito načrtovanje primerne odprtosti gozdov, ugotavljanje ekonomičnosti in primernosti gradenj gozdnih prometnic, pri čemer je poudarek predvsem na njihovi prostorski, ekološki in ekonomski sprejemljivosti ter načrtovanje gozdne proizvodnje. Položaj gozdnih prometnic služi tudi kot temeljni skelet, na

¹ L. R., dipl. inž. gozd., Ulica Viktorja Kežarja 31, 4270 Jesenice

² spec. Jurij Beguš univ. dipl. inž. gozd. Zavod za gozdove Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana

katerega se vežejo drugi gozdarski podatki, zato je pomembna točnost zajema grafičnih podatkov. Pri tem v gozdarstvu že dolgo učinkovito koristimo prednosti daljinskega zajema podatkov, s pomočjo katerega hitro in relativno natančno pridobimo grafične zarise gozdnih prometnic.

Natančnost zbranih podatkov se izboljšuje z vsako tehnološko novostjo na področju daljinskega zajema podatkov, načeloma pa se poveča tudi hitrost njihovega zajema. Govorimo o laserskem daljinskem zajemu podatkov ali na kratko LiDAR (Light Detection And Ranging). Prav s to tehnologijo računamo na večjo natančnost grafičnih podatkov, predvsem podatkov o gozdnih vlakah, ter na enostavnejši in hitrejši zajem. Poleg vseh prednosti, ki jih nudi zajem podatkov LiDAR, nas je zanimala tudi praktična izkušnja, kaj tak zajem pomeni za samo natančnost grafičnih podatkov, predvsem pa prihranek časa pri njihovem zajemu. Dejstvo je, da moramo predvsem pri digitalizaciji/zajemu gozdnih vlak še veliko postoriti, saj je po nekaterih ocenah v Sloveniji trenutno okoli 110.000 km gozdnih vlak, ki jih je tako kot gozdne ceste treba vključiti v enotno evidenco gozdnih vlak, kar določata zakonodaja (Pravilnik o gozdnih prometnicah) ter računsko sodišče v svojih ukrepih. Evidenca gozdnih cest je v veliki meri izdelana, saj v Sloveniji že obstaja enotna informacijska plast gozdnih cest za celotno državo. Od novih tehnologij zajema podatkov si v primeru gozdnih cest obetamo predvsem večjo natančnost zajema podatkov.

Prispevek primerjalno analizira porabo časa in natančnost zajema med uveljavljenimi metodami ter novo metodo. Analiza je bila opravljena za pilotno območje imenovano Begunjščica, na katerem je bil opravljen daljinski zajem prostorskih podatkov na podlagi tehnologije LiDAR.

2 PILOTNO OBMOČJE BEGUNJŠČICA

Pilotno območje Begunjščica leži v severnem delu Gorenjske, na območju Karavank, enem najdaljših gorskih grebenov v Evropi. Karavanke, ki se razprostirajo na relativno visoki nadmorski višini (njen najvišji vrh doseže 2236 m.n.v.), so tipična gorata pokrajina, bogata z gorskimi

ostenji, grebeni in vrhovi, ki prek strmih, tudi prepadnih sten padajo proti dolinam. Grape in soteske, vrezane v gorska pobočja, se zaključijo z ozkimi dolinami, po katerih se proti nižje ležečim predelom stekajo hudournne vode iz gorskega sveta.

Prevladuje alpsko podnebje z izrazitimi temperaturnimi skrajnostmi. Letna količina padavin se giblje od 1700 do 2500 mm, povprečna izmerjena letna temperatura pa je od 4 do 6 °C. V pomladnih in jesenskih mesecih se pojavlja močan veter, imenovan Karavanški fen, ki povzroča vetrolome v vseh razvojnih stopnjah gozdov.

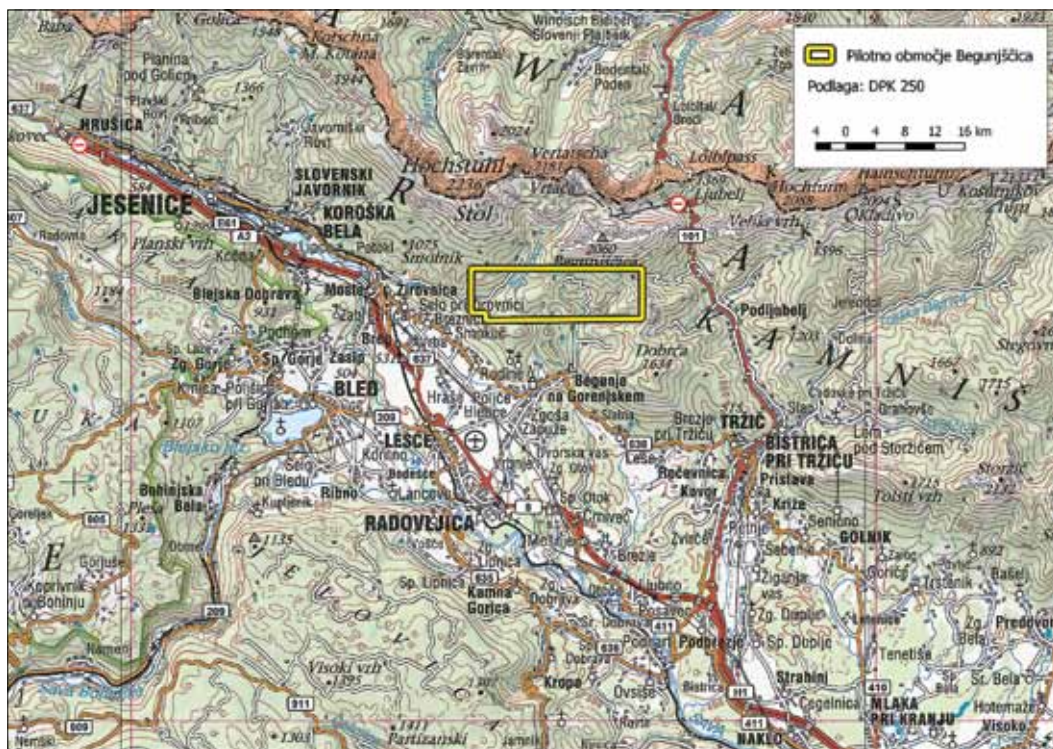
Karavanke so biotsko izjemno raznovrstno območje. Tod so številna območja Nature 2000 ter mnoga manjša zavarovana območja in naravne vrednote, ki so zanimive z vidika prostočasnih aktivnosti in tudi razvoja turizma, predvsem zaradi bližine urbanih in turističnih središč.

Pilotno območje je dobilo ime po istoimenskem gorskem grebenu, pod katerim je območje. Razprostira na površini 992 hektarjev, na nadmorski višini od 700 do 1400 metrov. Obsega dolino Završnice, ki poteka od zahoda proti severovzhodu, ter dolino Drage v smeri od juga proti severu. Pilotno območje je bilo posneto s tehnologijo LiDAR v letu 2007, v naslednjem letu pa je bil pripravljen gozdnogospodarski načrt za desetletje 2009–2018, ki vključuje tudi pilotno območje. Tako smo dobili osnovo za primerjavo med trenutno uporabljenimi ter novimi tehnologijami in metodologijami gozdnogospodarskega načrtovanja.

3 NAMEN

Gozdne prometnice so bile v prvi fazi digitalizirane iz temeljnih topografskih kart (v merilu 1 : 5000), kjer je bila večina gozdnih cest že vrisanih. Na enak način so bile digitalizirane tudi gozdne vlake, ki pa so bile vrisane na karte z negeodetsko natančnostjo.

Dandanes gozdne ceste oziroma položaj obstoječe digitalne črte gozdnih cest posodabljammo na podlagi digitalnih ortofoto posnetkov, medtem ko nove gozdne ceste posnamemo na podlagi načrta gozdne ceste. Pomagamo si tudi z GPS-napravo, dobljene podatke pa obdelamo v primerni GIS-programski opremi. Nove in obstoječe gozdne



Slika 1: Lokacija pilotnega območja Begunjsčica
 Figure 1: Location of the Begunjsčica pilot area

vlakle digitaliziramo na enak način kot nove gozdne ceste.

Z razvojem in napredkom tehnologije LiDAR, je mogoče natančneje določiti položaj digitaliziranih gozdnih prometnic. V primeru testnega območja Begunjsčice osnovni podatki LiDAR omogočajo pregled terenskih značilnosti v ločljivosti 0,5 metra. Na tako podrobno izrisanim grafičnem prikazu terena so gozde prometnice razločno vidne.

Namen prispevka je prikazati primerjalne analize porabe časa in natančnosti položaja digitaliziranih gozdnih prometnic med tradicionalnimi, uveljavljenimi metodami in novimi metodami, ki temeljijo na uporabi podatkov LiDAR.

4 METODE DELA

Metoda dela vključuje pripravo podatkov LiDAR na način, da se lahko izvede digitalizacija gozdnih prometnic in izračun porabe časa digitalizacije gozdnih prometnic po uveljavljenih metodah, na podlagi študije porabe časa in natančnosti

položaja pri digitalizaciji gozdnih vlak s pomočjo ročnega GPS-sprejemnika.

Poleg tega metoda predvideva:

- da uporabnik dobro pozna primerno GIS-programsko opremo,
- da so bili temeljni podatki LiDAR (.LAS format) že pridobljeni in obdelani – interpretacija terenskih točk z X, Y, in Z koordinato.

4.1 Priprava digitalizacije iz podatkov LiDAR

Obdelane temeljne podatke LiDAR moramo pred izvedbo digitalizacije dodatno analizirati. Cilj dodatnih analiz je priprava kart, kjer gozdne prometnice stopijo v ospredje in so jasno vidne. Za izdelavo take vrste kart so potrebni trije koraki.

- 1) Izdelava karte terena z metodo Spline (ESRI, ArcGIS 9) na podlagi točk z X, Y, in Z koordinatami, ki so bile izpeljane iz temeljnih podatkov LiDAR.
- 2) Izdelava karte naklonov – rastrska karta, kjer vsak kvadrat s stranico 0,5 m vsebuje vrednost



Slika 2: 3D digitalni model reliefa z jasno vidnim potekom gozdne ceste (rumena črta) in gozdne vlake (modra črta)
Figure 2: 3D digital model of the relief with clearly visible course of forest road (yellow line) and forest skidding trail (blue line)

povprečnega naklona terena na svoji površini. Karta se izdelava na podlagi karte terena.

- 3) Izdelava tematske karte iz karte naklonov, kjer območja z nižjimi stopnjami naklonov postanejo vidnejša.

Porabo časa pri digitalizaciji gozdnih prometnic iz podatkov LiDAR sestavljajo:

- (i) osnovni čas – čas ki je potreben za zajem črte prometnice,
- (ii) 10 % osnovnega časa za pripravo dela in
- (iii) dodatnih 30 % časa za vnos atributnih podatkov o zajeti prometnici (Preglednici 5 in 6).

5 REZULTATI

5.1 Podatki o porabi časa za digitalizacijo gozdnih prometnic po uveljavljenih metodah

Poraba časa po uveljavljenih metodah je bila ugotovljena na podlagi analize, izvedene s strani ZGS, Območne enote Bled iz leta 2008, katere

namen je bila študija porabe časa in natančnosti položaja pri digitalizaciji gozdnih vlak s pomočjo ročnega GPS-sprejemnika (Šemrl, 2008).

Študija je pokazala, da lahko v enem delovnem dnevu posnamemo in digitaliziramo 6 km gozdnih vlak na relativno ravnih terenih ter 4,5 km gozdnih vlak na relativno strmih. Ker je pilotno območje Begunjščica v gorati pokrajini, smo privzeli nižjo vrednost porabe časa. Glavna vrednost za izračun porabe časa pri digitalizaciji gozdnih prometnic je povprečna hitrost hoje, ki po gozdni vlaki znaša 1,8 km/h.

Za izračun porabe časa pri digitaliziranju gozdnih cest smo uporabili teoretično hitrost hoje, ki znaša 5 km/h (Wikipedia, 2001). Ta hitrost je bila zmanjšana za 1 km/h (Preglednica 1) zaradi naklona gozdne ceste in stalnega spremljanja signala ročnega GPS-sprejemnika.

V sklopu omenjene analize je bilo ugotovljeno tudi, da je dejanski čas terenskega snemanja prometnic, v povprečju, pet ur na delovni dan,

Preglednica 1: Podatki za izdelavo primerjalne analize digitalizacije prometnic

	Gozdna cesta	Gozdna vlaka
Povprečna hitrost hoje	4,0 km/h	1,8 km/h
Čas terenskega snemanja	5 h/delovni dan	5 h/delovni dan
Digitalizirana dolžina gozdne prometnice	10 km/delovni dan (7,5 h) 45 min/km	4,5 km/delovni dan (7,5 h) 100 min/km

preostale tri ure se porabijo za pripravo dela, prevoz in digitalizacijo. Ugotovljeno je bilo tudi, da je treba za natančnejše določanje položaja prometnic izbrano prometnico prehoditi dvakrat, s čimer dobimo ti. povprečni izris poti (ang.: track).

5.2 Poraba časa pri digitalizaciji gozdnih prometnic na podlagi podatkov LiDAR

Tematska karta naklonov načeloma jasno razkrije večino gozdnih cest in vlak na območjih, kjer prevladujejo strmi tereni. Kjer določeni deli gozdnih cest niso jasno razločni, so 3D-digitalni model reliefa, digitalni ortofoto posnetek in predhodno digitalizirane črte gozdnih prometnic v veliko pomoč. Ta ugotovitev je še izrazitejša pri digitalizaciji gozdnih vlak, kjer okoli 30 % gozdnih vlak ali njihovih delov ni jasno vidnih na tematski karti naklonov.

Ko govorimo o porabi časa pri zajemu grafičnih podatkov, ima pomembno vlogo konfiguracija računalniške opreme (Preglednici 2 in 3) pri izdelavi tematske karte terenskih naklonov. Pri tem ne smemo pozabiti na znanje, izkušnje, spretnost in natančnost dela tistega, ki praktično dela pri zajemu podatkov.

Preglednica 2: Konfiguracija računalniške opreme ob izvedeni analizi

Komponenta	Lastnost
Operacijski sistem	Microsoft Windows XP, Service pack 3
Procesor	Intel Pentium D CPU 3,40GHz
RAM	2,00 Gb
Grfična kartica	NVIDIA GeForce 7300 GS (512 Mb)
Trdi disk	280 GB

Preglednica 3: Lastnosti GIS-programске opreme

Specifikacija	Lastnost
Izdajatelj	ESRI ArcGIS 9
Verzija	9.1.0.722
Leto izdaje	2005

Z uporabo ustrezne računalniške konfiguracije (ti. grafična postaja) in novejšo programsko opremo bi bil čas izdelave tematske karte mnogo krajši. Pri uporabi obstoječe opreme pa smo za izdelavo tematske karte za celotno pilotno območje potrebovali skoraj trinajst ur, kar je razvidno iz Preglednice 4.

Preglednica 4: Poraba časa za izdelavo tematske karte

Površina pilotnega območja Begunjščica	992 ha
Poraba časa	5 min / 6,5 ha (0,77 min/ha)
Skupni čas	763,84 min (12,73 h)

Povprečna poraba časa pri digitalizaciji gozdnih cest na testnem območju Begunjščica, kjer smo digitalizirali nekaj več kot 16 km gozdnih cest, je pet minut na digitaliziran kilometer, kot je prikazano v Preglednici 5. Pomembno je omeniti, da oseba, ki je opravila digitalizacijo, dobro pozna terenske razmere in položaj gozdnih cest na testnem območju.

Kot smo že ugotovili, je nekatere gozdne vlake ali dele gozdnih vlak težko locirati, zato poraba časa pri digitalizaciji gozdnih vlak od primera do primera zelo niha, kar je razvidno v Preglednici 6. Večina težav se pojavi v primerih, ko trasa gozdne vlake poteka:

- pravokotno na padnico terena,
- poleg hudournika,
- po dnu ozkih dolin ali jarkov,
- po vrhovih grebenov.

Preglednica 5: Poraba časa (primeri) pri digitalizaciji gozdnih cest na podlagi podatkov LiDAR

Izris [min]	Priprava dela (+10%)	Vnos atributivnih podatkov (+30%)	Skupni čas [min]	Dolžina objekta [km]	Poraba časa [min/km]
5,00	0,50	1,65	7,15	1,634	4,38
4,58	0,46	1,51	6,55	1,279	4,01
6,25	0,63	2,06	8,94	2,072	5,47
				AVG	5

Preglednica 6: Poraba časa (primeri) pri digitalizaciji gozdnih vlak na podlagi podatkov LiDAR

Izris [min]	Priprava dela (+10%)	Vnos atributivnih podatkov (+30%)	Skupni čas [min]	Dolžina objekta [km]	Poraba časa [min/km]
10,42	1,04	3,44	14,90	1,201	12,40
12,50	1,25	4,13	17,88	1,170	15,28
23,25	2,33	7,67	33,25	0,480	69,27
14,92	1,49	4,92	21,33	1,052	20,28
7,25	0,73	2,39	10,37	0,224	46,28
				AVG	33

Izmerjena povprečna poraba časa pri digitalizaciji gozdnih vlak je bila 33 minut na digitaliziran kilometer.

5.3 Poraba časa in natančnost položaja digitaliziranih črt gozdnih prometnic v primerjavi z uveljavljenimi metodami

Analiza kaže, da je poraba časa skoraj dvakrat manjša, kadar digitalizacija gozdnih prometnic poteka na podlagi podatkov LiDAR, v primerjavi z dosedanjimi metodami (Preglednici 7 in 8). Razlika med porabo časa bi bila lahko še večja, če bi bila uporabljena računalniška oprema zmogljivejše konfiguracije, saj izdelava tematske karte porabi kar 46 odstotkov celotnega časa digitalizacije.

Pri obeh uporabljenih metodah je za digitalizacijo gozdnih vlak potrebno več časa. Vseeno digitalizacija gozdnih vlak, izpeljana na podlagi podatkov LiDAR, poteka trikrat hitreje, digitalizacija gozdnih cest pa kar devetkrat hitreje kot z uveljavljenimi metodami.

Poleg hitrejšje digitalizacije gozdnih prometnic, je tudi njihova lokacija natančneje izrisana (slika 3). Posledično so dolžine teh linij daljše od trenutno veljavnih uradnih podatkov o dolžinah gozdnih prometnic (Preglednica 9). Razlika v dolžini se pojavlja predvsem zaradi napake ročnega GPS-sprejemnika, ki znaša ± 5 metrov in je posledica slabšega signala, konfiguracije terena, konstelacije satelitov ter tudi same nenatančnosti naprave. Zato sprejemnik ne zmora natančneje posneti ostrih ovinkov (kot so serpentine) na gozdnih prometnicah.

Preglednica 7: Poraba časa pri digitalizaciji gozdnih prometnic na podlagi ustaljenih metod

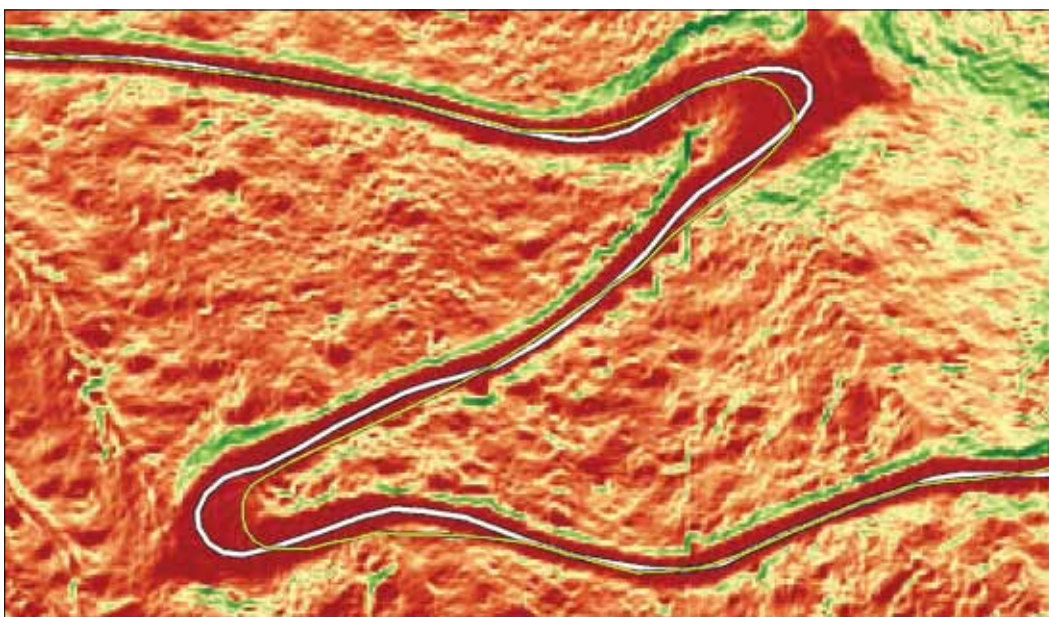
Operacija	Čas/enota	Enota	Skupni čas [min]	Deleži časa [%]
Izdelava tematske karte naklonov	0 min/ha	992 ha	0,00	0
Digitalizacija gozdnih cest	45 min/km	16,294 km	733,23	23
Digitalizacija gozdnih vlak	100 min/km	24,861 km	2486,10	77
		Skupaj	3219,33 (53,7 h)	100,00

Preglednica 8: Poraba časa pri digitalizaciji gozdnih prometnic na podlagi podatkov LiDAR

Operacija	Čas/enota	Enota	Skupni čas [min]	Deleži časa [%]
Izdelava tematske karte naklonov	0,77 min/ha	992 ha	763,84	46
Digitalizacija gozdnih cest	5 min/km	16,294 km	81,47	5
Digitalizacija gozdnih vlak	33 min/km	24,861 km	820,41	49
		Skupaj	1665,72 (27,8 h)	100,00

Preglednica 9: Primerjava dolžin gozdnih prometnic

Gozdna prometnica	LiDAR [km]	Uradna baza ZGS [km]	Razlika [m]	Razlika [%]
Gozdna cesta	16,294	16,088	206	1,26
Gozdna vlaka	24,861	24,713	148	0,60



Slika 3: Primerjava med položajema digitalizirane črte gozdne ceste, pridobljene iz uradne podatkovne baze (rumena črta) in pridobljene na podlagi podatkov LiDAR (bela črta). Podlaga je tematska karta naklonov (rdeča barva predstavlja nizke naklone, zelena barva visoke naklone) z ločljivostjo 0,5 metra. (Kartografija: Luka Rebolj).
 Figure 3: Comparison between the positions of the digitalized line of forest road, acquired from the official data basis (yellow line) and acquired on the basis of LiDAR data (white line). The base is thematic slope map (red color represents low slopes, green color high slopes) with resolution of 0.5 meter. (Cartography: Luka Rebolj)

6 ZAKLJUČKI

Analiza različnih načinov zajema podatkov kaže, da je digitalizacija gozdnih prometnic na podlagi podatkov LiDAR izvedena hitreje in posledično z manjšimi stroški kot z doslej uveljavljenimi

metodami. Digitalizirane linije gozdnih prometnic so tudi natančnejše določene.

Natančnost položaja gozdne prometnice zelo vpliva na načrtovanje gospodarjenja z gozdovi, predvsem pa je natančna slika gozdnih cest in gozdnih vlak trdna podlaga, na katero se nave-

zujejo preostali podatki o gozdu in gozdnem prostoru.

Kot smo navedli že v poglavju o metodah dela, opravljena analiza ne vključuje stroška ter porabe časa pri pridobivanju in obdelavi osnovnih podatkov LiDAR, ker Geodetska uprava Republike Slovenije v bližnji prihodnosti načrtuje nacionalno snemanje površja s tehnologijo LiDAR. Zato je osnova za izračun stroškov pri digitalizaciji gozdnih prometnic iz podatkov LiDAR lahko podatek o porabi časa, predstavljenega v tem prispevku.

Natančnost položaja gozdnih cest v uradni podatkovni bazi ZGS je razmeroma dobra, ko govorimo o obstoječih metodah gozdnogospodarskega načrtovanja. Ko pa bo tehnologija LiDAR postala temelj gozdnogospodarskemu načrtovanju tudi v praksi, bo natančnost položajev gozdnih cest, pridobljena na podlagi doslej uveljavljenih metod, nezadostna. To še bolj velja za gozdne vlake, kjer natančnost položaja gozdne vlake v večini primerov zelo vpliva na način gospodarjenja z gozdovi.

Z večjo natančnostjo položaja gozdnih prometnic na karti in večjo ločljivostjo terenskih značilnosti bo mogoče natančneje razčleniti delovna polja v sklopu gozdne proizvodnje. Ni daleč tudi čas, ko bodo uporabnikom na voljo aplikacije, ki bodo lahko na podlagi podatkov LiDAR priporočile optimalno vrsto tehnologije za izvedbo del. V teh izračunih bodo gozdne prometnice pomemben vhodni podatek, zato bo njihov

natančen položaj na karti še toliko pomembnejši.

Vzporedno se že razvijajo računalniški algoritmi, ki bodo avtomatsko določali potek linij gozdnih prometnic. Vendar je treba poudariti, da bo pri tem vedno potrebna tudi presoja terenskega kadra. Vsekakor bo razvoj v tej smeri prispeval k manjši porabi časa pri grafičnem zajemu položaja prometnic v prostoru.

8 ZAHVALA

Delo je nastalo v sklopu mednarodnega projekta NewFor – NEW technologies for better mountain FORest timber mobilisation (www.newfor.net), program financiranja Alpine Space.

9 LITERATURA IN VIRI

- Šemrl, I., 2008. Poročilo o snemanju in digitalizaciji vlak v revirju Žirovnica, Gozdnogospodarske enote Žirovnica. Detajlno poročilo – interni dokument. Bled, Zavod za gozdove Slovenije: 2 strani.
- ESRI. 2006. ArcGIS 9, Using ArcGIS Desktop. Uporabniški priročnik. Redlands, ESRI: 435 strani.
- Wikipedia. 2001. Walking: 8 strani. <http://en.wikipedia.org/wiki/Walking> (April, 2013)
- Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarskega območja Bled, za desetletje 2011–2020. 2011 Bled, Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Bled.
- Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Žirovnica in Levi Breg Save, za desetletje 2009–2018. 2009 Bled, Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Bled.