

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Vrankar Dežman, U., 2016. Analiza kakovosti geodetskega načrta izdelanega na podlagi podatkov aerolaserskega skeniranja. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Koler, B., somentor Urbančič, T.): 37 str.

Datum arhiviranja: 06-06-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Vrankar Dežman, U., 2016. Analiza kakovosti geodetskega načrta izdelanega na podlagi podatkov aerolaserskega skeniranja. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Koler, B., co-supervisor Urbančič, T.): 37 pp.

Archiving Date: 06-06-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*

Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si



**VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI
PROGRAM GEODEZIJA
SMER GEODEZIJA V
INŽENIRSTVU**

Kandidatka:

URŠKA VRANKAR DEŽMAN

**ANALIZA KAKOVOSTI GEODETSKEGA NAČRTA
IZDELANEGA NA PODLAGI PODATKOV
AEROLASERSKEGA SKENIRANJA**

Diplomska naloga št.: 423/GI

**ANALYSIS OF GEODETIC PLAN FROM AIRBORNE
LASER SCANNING DATA**

Graduation thesis No.: 423/GI

Mentor:

doc. dr. Božo Koler

Somentor:

asist. Tilen Urbančič

Ljubljana, 26. 05. 2016

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Na mesto

Naj bo

Ta stran je namenoma prazna.

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana Urška Vrankar Dežman izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom »Analiza kakovosti geodetskega načrta izdelanega na podlagi podatkov aerolaserskega skeniranja«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Gabrje pod Špilkom, maj 2016

Urška Vrankar Dežman

Ta stran je namenoma prazna.

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

- UDK:** 528.422:528.715(043.2)
- Avtor:** Urška Vrankar Dežman
- Mentor:** doc. dr. Božo Koler
- Somentor:** asist. Tilen Urbančič
- Naslov:** Analiza kakovosti geodetskega načrta izdelanega na podlagi podatkov aerolaserskega skeniranja
- Obseg in oprema:** 37 str., 12 sl., 11 pregl., 5 pril.
- Ključne besede:** geodetski načrt, polarna metoda izmere, geometrični nivelman, aerolasersko skeniranje

POVZETEK

V nalogi smo analizirali kakovost izdelave geodetskega načrta iz oblaka točk aerolaserskega skeniranja. Referenčni podatek predstavljal klasična geodetska izmera, kjer smo ravninske koordinate določili s polarno metodo izmere ter višine z navezavo na nivelmansko mrežo. Osredotočili smo se na položajno točnost, popolnost ter pravilnost vsebine geodetskega načrta (oblika stavb, vrsta objektov javne infrastrukture ...).

Ta stran je namenoma prazna.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 528.422:528.715(043.2)

Author: Urška Vrankar Dežman

Supervisor: Assist. Prof. Božo Koler Ph.D.

Co-advisor: Assist. Tilen Urbančič

Title: Analysis of geodetic plan from airborne laser scanning data

Notes: 37 p., 12 fig., 11 tab., 5 ann.

Key words: geodetic plan, polar measurement method, leveling, airborne laser scanning

ABSTRACT

The aim of this thesis is to analyse the quality of a geodetic plan set up from the point cloud of airborne laser scanning data. The reference data is represented by the classical geodetic measurements, where the planar coordinates are determined by the polar method and the heights elevation with reference to the leveling network. This thesis is focused on the positioning accuracy, completeness and correctness of the content geodetic plan (design of the buildings, the type of infrastructure services ...).

Ta stran je namenoma prazna.

ZAHVALA

Hvala doc. dr. Božu Kolerju za pomoč pri izdelavi diplomske naloge.

Posebno zahvalo namenjam asistentu Tilnu Urbančiču za vso strokovno pomoč, nasvete in čas.

Hvala pa tudi Marti V., Tinu K., Borutu M., Anžetu Z., Boštjanu H. in Juretu P.

In hvala mojima družinama, ki sta mi omogočili izobraževanje in zaključek študija.

»Kdor išče cilj, bo ostal prazen, ko ga bo dosegel. Kdor pa najde pot, bo cilj vedno nosil v sebi.«

(Nejc Zaplotnik)

Ta stran je namenoma prazna.

KAZALO VSEBINE

IZJAVA O AVTORSTVU	III
BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	V
BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	VII
ZAHVALA	IX
1 UVOD	1
2 METODOLOGIJA.....	3
2.1 Definicija problema	3
2.2 Namen in cilj.....	3
2.3 Metoda dela.....	3
2.4 Pričakovani rezultati	4
3 TEORETIČNE OSNOVE.....	5
3.1 RTK-GNSS izmera	5
3.2 Geometrični nivelman.....	5
3.3 Detajlna izmera – polarna metoda izmere	7
3.4 Pravilnik o geodetskem načrtu.....	8
3.5 Topografski ključ za izdelavo in prikaz vsebine geodetskih načrtov	10
4 OPIS TESTNEGA OBMOČJA IN OBDELAVA MERJENIH KOLIČIN	13
4.1 Uporabljeni instrumentarij	14
4.2 Obdelava merjenih količin.....	17
4.2.1 Obdelava opazovanj geometričnega nivelmana	17
4.2.2 Obdelava merjenih količin – RTK-GNSS metode izmere	22
4.2.3 Obdelava merjenih količin – polarne metode izmere	24

5	ANALIZA KAKOVOSTI GEODETSKEGA NAČRTA NA PODLAGI AEROLASERSKEGA SKENIRANJA (ALS)	27
5.1	Svetilke in električni drog.....	27
5.2	Drevesa	28
5.3	Objekti GJI	29
5.4	Slemena objektov	30
5.5	Kapi objektov	30
6	ZAKLJUČEK	33
	VIRI	33
	SEZNAM PRILOG	37

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Primer izračuna višinske razlike in dolžine med dvema poligonskima točkama.	18
Preglednica 2: Podatki komparacija lat GPCL12.	19
Preglednica 3: Izračun izravnanih nadmorskih višin reperjev ter pripadajoče natančnosti po izravnavi.	21
Preglednica 4: Izravnana višina poligonskih točk 56 in 608.	21
Preglednica 5: Transformacijski parametri za območje Jesenic (Vir: uporabljen GPS sprejemnik RX900CSC).	22
Preglednica 6: ETRS koordinate geodetskih točk s pripadajočimi natančnostmi.	23
Preglednica 7: Položajno odstopanje svetilk in električnega droga.	27
Preglednica 8: Položajno in prostorsko odstopanje dreves in grmovja.	28
Preglednica 9: Položajno in prostorsko odstopanje objektov GJI.	29
Preglednica 10: Položajno in prostorsko odstopanje slemen objektov.	30
Preglednica 11: Položajno in prostorsko odstopanje kapi objektov.	31

KAZALO SLIK

Slika 1: Osnovni princip geometričnega nivelmana (Zore, 2012).....	6
Slika 2: Osnovni princip geometričnega nivelmana z uporabo izmenišč (Zore, 2012).....	7
Slika 3: Skica polarne detajlne izmere (Lebeničnik, 2012).	8
Slika 4: Primer navodil za kreiranje topografskega znaka (GURS, Topografski ključ, 2006).11	
Slika 5: Testno območje za izdelavo geodetskega načrta.	13
Slika 6: Uporabljena oprema pri niveliranju: (a) Nivelir Leica DNA03, (b) stativ Leica GST120-9, (c) dvonožnik Leica GSR111 z nivelmansko lato GPCL2, (d) podložka oz »žaba« 15	
Slika 7: Uporabljena oprema pri polarni metodi izmere: (a) Tahimeter Leica TCRP1201+, (b) stativ Leica GST120-9, (c) reflektor..... 16	
Slika 8: GPS sprejemnik RX900CSC, dvonožnik, trasirka. 16	
Slika 9: Potek nivelmanske zanke..... 17	
Slika 10: Potek geodetske mreže. 24	
Slika 11: Grafični prikaz pogreška pri polarni metodi..... 25	
Slika 12: Razlike v prepoznanih jaških..... 29	

1 UVOD

Geodetski načrt (GN) je osnovni geodetski izdelek, ki služi kot vir in nosilec informacij s terena za vse nadaljnje strokovne službe, ki se ukvarjajo s posegom v prostor – tako za načrtovalce (projektanti, arhitekti) kot tudi za izvajalce del (gradbeniki).

Koordinate detajlnih točk, ki jih uporabimo pri izdelavi geodetskega načrta, so lahko določene z različnimi geodetskimi merskimi tehnologijami. Pri tem se najpogosteje uporablja klasična detajlna geodetska izmera, kjer pri vzpostavitvi geodetske mreže uporabimo obstoječe geodetske točke ali pa si koordinate novih točk določimo z metodami GNSS (globalni navigacijski satelitski sistemi, angl. Global Navigation Satellite System). Zaradi zadovoljive natančnosti določitve koordinat v kratkem času je najpogosteje uporabljena RTK-GNSS (angl. Real Time Kinematic) metoda izmere.

Z razvojem tehnologij množičnega zajema prostorskih podatkov se pojavi vprašanje, kako te podatke učinkovito vključiti v vsakdanje geodetsko delo. Vse pogostejši so izdelki, ki so nastali na osnovi oblakov točk, pridobljenih z zajemom z brezpilotnimi letalniki ali terestričnim laserskim skeniranjem. Pri vključevanju podatkov množičnega zajema je pomembno, da ne pozabimo na kakovost izdelka. Geodetski načrt, izdelan iz oblaka točk terestričnega laserskega skeniranja ter primerjavo postopkov s klasično geodetsko izmero je analiziral Smogavec (2015) in ugotovil, da je izbira metode zajema podatkov odvisna od razpoložljivega časa in posledično tudi cene GN. Pri terestričnem laserskem skeniranju naenkrat zajamemo veliko število točk, obdelamo pa jih le toliko, da zadostimo zahtevani natančnosti naročnika. Omogoča nam tudi dopolnitev GN brez ponovnega odhoda na teren ter različna 3D-modeliranja objektov ali izdelavo 3D-načrtov. Pri uporabi tahimetra pa evidentiramo točne določene točke detajla, zato lahko pride do težav pri izrisu GN v primeru, ko operater in figurant na terenu nista delovala usklajeno in skica izmere ne odraža dejanskega stanja. Zaradi omejenega števila točk tudi nimamo nadštevilnih meritev in posledično kontrole. Končni izdelek je v obeh primerih podoben, tako da se edini razliki odražata v času zajema podatkov oziroma številu evidentiranih točk ter posledično v končni ceni GN. Analizirana je bila tudi kakovost izdelave geodetskega načrta iz oblaka točk bližnje slikovne fotogrametrije, torej zajema z brezpilotnim letalnikom (Roškar, 2014). Roškar je poudaril, da je tovrstna metoda uporabna le za določene vrste detajla. Omejitve ugotavlja pri perspektivi zajemanja aeroposnetkov, saj ni možno zajeti detajla, ki je v geometrijski senci drugega objekta. Prav tako je zaradi manjše gostote oblaka točk onemogočena interpretacija vseh objektov in ne moremo zajeti vsega detajla, zato je potrebno v določenih primerih sklepati o dejanskem položaju detajlne točke, saj robovi niso ostro določeni, s tem pa se slabša natančnost zajema. Prednosti pripisuje zajemu detajla iz oblaka točk, pri čemer se ne izpostavljamo potencialno nevarnim situacijam na terenu (prometne ceste, strma pobočja, kamnolomi) ter vremenskim razmeram. Za zajem iz oblaka točk tudi ne potrebujemo dragih geodetskih instrumentov, ampak le računalnik z ustrezno programsko opremo s čimer lahko GN dopolnimo z naknadno zajeto dodatno vsebino. Veliko prednost te metode

pa vidi tudi v prikazu oblaka točk, ki dobro predstavi relief in druge reliefne oblike, zajem točk pa je enostaven in hiter, sploh v primeru večjih območij.

V nalogi bomo analizirali kakovost izdelave GN iz oblaka točk aerolaserskega skeniranja, ki ga je v svoji diplomski nalogi naredil Grega Šoič (2012). Referenčni podatek bo predstavljal GN izdelan s klasično geodetsko izmero, kjer smo ravninske koordinate točk določili s polarno metodo izmere ter z navezavo na nivelmansko mrežo. Osredotočili se bomo na položajno točnost, popolnost ter pravilnost (oblika stavb, vrsta objektov gospodarske infrastrukture ...) vsebine GN.

2 METODOLOGIJA

2.1 Definicija problema

Pri izdelavi geodetskih načrtov se podjetja srečujejo z veliko vprašanji. Nekaj tehničnih navodil najdemo v Pravilniku o geodetskem načrtu, pomagajo si tudi s Topografskim ključem, največ težav pa nastopi pri oblikovanju digitalnega zapisa geodetskega načrta. Ta neenotnost se najbolj odraža pri združevanju digitalnih geodetskih načrtov različnih izvajalcev. Poleg različnih metod dela pri oblikovanju podatkov in zapisov le-teh, pa je pomembna tudi metoda zajema podatkov na terenu oziroma s terena. Pri zajemu podatkov moramo paziti tudi na kakovost podatkov. Če podatke zajemamo s tahimetrom (oziroma s polarno metodo izmere), je pri tem zelo pomembna usklajenost operaterja na instrumentu, ki opravlja nalogi kodiranja in registriranja podatkov, ter figuranta, kateri z reflektorjem evidentira točke na terenu ter ob tem riše skico. S tem se izognemo dvomu pri pisarniški obdelavi podatkov (izdelavi GN), kateri podatek o evidentirani točki realno odraža dejansko stanje na terenu. Lahko rečemo, da nam zajem podatkov s tahimetrom omogoča večji nadzor nad pridobljenimi podatki (pomembnost evidentiranih točk je visoka – evidentiramo samo izbrane točke, izbor evidentiranih točk je a-priori določen, omogoča nam evidentiranje skritih točk s pomočjo reflektorja ter izvajanje kontrole s pomočjo posameznih točk – pari točk).

2.2 Namen in cilj

Cilj te diplomske naloge je oceniti kakovost GN iz oblaka točk aerolaserskega skeniranja. Z razvojem tehnologije zajema podatkov na terenu, sta se spremenili tudi gostota evidentiranih točk ter kvaliteta pridobljenih podatkov. V kasnejši obdelavi podatkov se namreč izkaže, da gostota detajla močno vpliva na uporabnost geodetskega načrta v nadaljnjih korakih, tj. pri izvajanju projektantskih del, saj lahko pomanjkljivi in nekakovostni podatki posledično povzročijo številne nevšečnosti (npr. neuskladen potek linijskih objektov v višinskem smislu, nepravilni preseki linijskih objektov, napačni nakloni in smeri padcev kanalizacijskega omrežja ...).

Na osnovi primerjave dveh GN želimo ugotoviti prednosti in slabosti izdelave GN iz oblaka točk aerolaserskega skeniranja ter podati napotke pri uporabi tovrstnih podatkov v praksi.

2.3 Metoda dela

Za izvedbo naloge si moramo zagotoviti kakovostno geodetsko mrežo, ki bo omogočala izpolnitev zastavljenih ciljev. Za umestitev izmerjenih podatkov v državni koordinatni sistem bomo uporabili metodo RTK-GNSS izmero, za natančno določitev višin geodetskih točk pa bomo uporabili metodo geometričnega nivelmana z navezavo na bližnje reperje državne nivelmanske mreže.

Za zajem podatkov na terenu bomo uporabili polarno metodo izmere detajla.

2.4 Pričakovani rezultati

Na podlagi dosedanjih delovnih izkušenj na terenu, obdelave podatkov s programsko opremo ter izdelave geodetskih načrtov pričakujemo dva vsebinsko različna GN. Pričakujemo tudi, da bo geodetski načrt, izdelan s klasično geodetsko izmero vseboval več detajlov, da bo bolj točen glede potekov linijskih objektov in stavb ter popolnejši pri podatkih o gospodarski javni infrastrukturi.

3 TEORETIČNE OSNOVE

V tem poglavju bom predstavila uporabljene metode zajema in obdelave podatkov. Tovrstni projekti zahtevajo verigo različnih metod zajema podatkov na terenu kot tudi različne postopke obdelave pridobljenih podatkov. Pri vseh teh preračunih moramo biti natančni in dosledni, saj se prvi pridobljeni rezultat uporablja v naslednjem postopku kot vhodni podatek in če je le-ta napačen tudi končna vrednost izračuna ne odraža dejanske (pravilne) vrednosti.

3.1 RTK-GNSS izmera

Vse metode GNSS izmere, ki jih uporabljamo v geodeziji temeljijo na faznih opazovanjih in so metode za določanje relativnega položaja – omogočajo doseganje natančnosti položaja, ki je primerna za uporabo v geodeziji. Glede na način izvedbe, metode delimo v kinematične in statične metode GNSS izmere.

RTK-GNSS metoda izmere potrebuje povezavo med referenčnim in premičnim GNSS sprejemnikom ter ustrezno programsko opremo za obdelavo opazovanj referenčnega in premičnega GNSS sprejemnika v času trajanja izmere. Metoda je primerna za najrazličnejše geodetske naloge, od detajlne izmere do nalog inženirske geodezije. Prednost te metode pred drugimi je v tem, da že med samo izmero pridobimo informacijo o količini in kakovosti opravljenega terenskega dela (Stopar in sod., 2006).

Z razvojem tehnologije GNSS in z vzpostavitvijo permanentnih postaj GNSS, ki pokrivajo celotno območje Slovenije, je uporaba metode RTK-GNSS še enostavnejša kot v preteklosti, saj za delo na terenu potrebujemo le sprejemnik in anteno GNSS, vlogo bazne postaje pa prevzame najbližja permanentna postaja oziroma virtualna referenčna postaja (VRS). Pri tehniki VRS gre za zagotavljanje omrežnih popravkov opazovanj glede na poljubno izbrano referenčno točko znotraj omrežja stalnih postaj GNSS. To tehniko podpira omrežje permanentnih postaj SIGNAL (Zupanc, 2006).

RTK-GNSS metodo izmere smo uporabili tudi mi pri terenski izmeri za določitev koordinat točk geodetske mreže.

3.2 Geometrični nivelman

S pojmom geometrični nivelman imenujemo skupino geodetskih del (tako na terenu kot v pisarni), s katerimi določamo višinsko razliko med dvema izbranimi točkama oziroma (absolutno) nadmorsko višino (v primeru, ko višinsko mrežo navežemo na t.i. normalni reper) ali ortometrične višene (v primeru državne temeljne višinske mreže) izbranih točk.

Zaradi enostavnega merskega postopka, podrobno izdelanega izračuna ter teorije uvrščamo geometrični nivelman med najnatančnejše geodetske metode. Posledica tega je, da se geometrični

nivelman pogosto uporablja pri raznih znanstvenih raziskavah o Zemlji in objektih na njej:

- za določitev oblike geoida,
- za določanje vertikalnih premikov Zemeljske skorje in objektov,
- za določevanje razlik nivojev svetovnih morij.

Poleg navedenega uporabljamo nivelman pri natančnih nalogah inženirske geodezije, predvsem:

- za precizno višinsko izmero in zakoličbo,
- za opazovanje objektov v času gradnje in po njej,
- za zakoličbo pri montaži strojev in naprav, kjer je zahtevana večja natančnost.

Višinsko razliko med dvema točkama določimo s pomočjo nivelirja, ki zagotavlja horizontalno vizurno linijo oziroma os, ter s čitanjem razdelbe vertikalno postavljenih nivelmanskih lat, ki stojita vsaka na svoji točki.

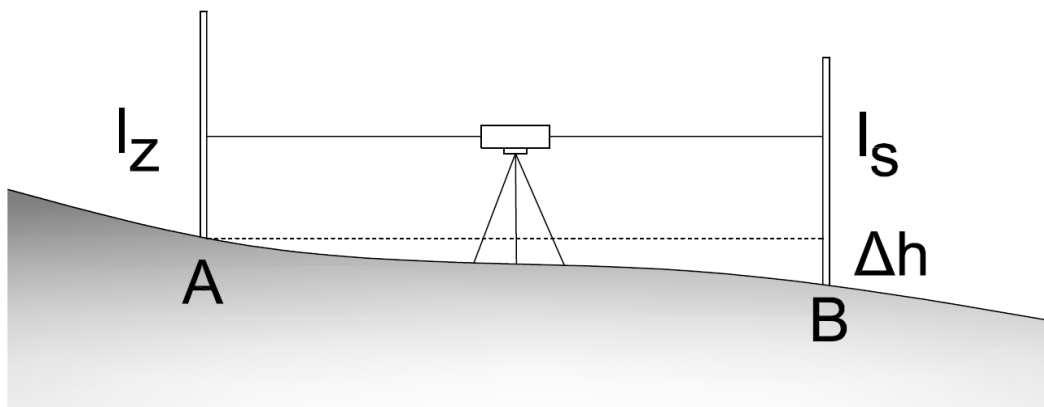
Višinsko razliko med dvema točkama izračunamo po enačbi:

$$\Delta h_A^B = l_z - l_s$$

kjer je

l_z = odčitek na lati v točki A

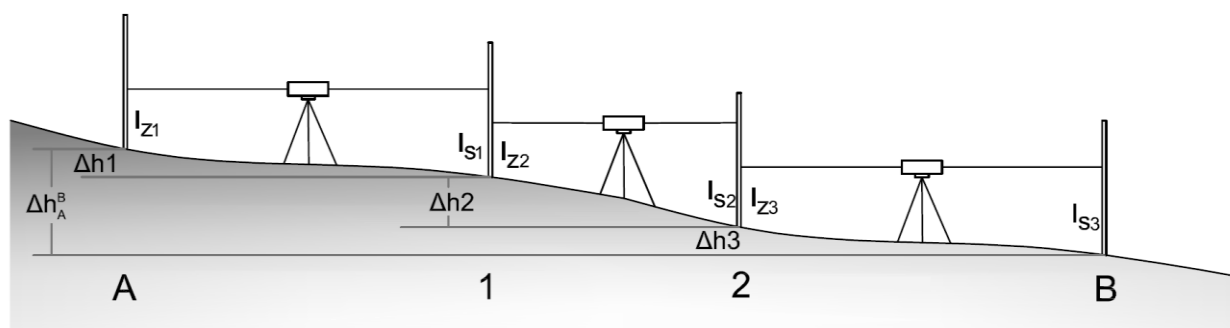
l_s = odčitek na lati v točki B



Slika 1: Osnovni princip geometričnega nivelmana (Zore, 2012).

Pri večji oddaljenosti dveh točk, med katerima želimo določiti višinsko razliko, ali pri večjih višinskih razlikah, si pri določitvi višinske razlike pomagamo s postavitvijo vmesnih točk - izmenišč. To so začasne točke - podložke oz »žabe«, na katere vertikalno postavimo nivelmanske late.

Pri izmeri nivelmanske linije v nivelmanski mreži uporabljamo metodo niveliranja iz sredine, saj s to metodo eliminiramo vpliv zakrivljenosti Zemlje in vpliv refrakcije ter pogrešek nehorizontalnosti vizurne osi. Postopek ponavljamo toliko časa, da pridemo od začetne do končne točke.



Slika 2: Osnovni princip geometričnega nivelmana z uporabo izmenišč (Zore, 2012).

Višinska razlika med točkama A in B je enaka vsoti delnih višinskih razlik:

$$\Delta h_A^B = \Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3$$

$$\Delta h_A^B = l_{z1} - l_{s1} + l_{z2} - l_{s2} + l_{z3} - l_{s3}$$

$$\Delta h_A^B = \sum l_z - \sum l_s$$

Enačbe veljajo le v pravokotnem koordinatnem sistemu, sicer moramo pri izračunu upoštevati še ostale vplive, kot sta ukrivljenost Zemlje in nivelmanska refrakcija.

3.3 Detajlna izmera – polarna metoda izmere

Metodo imenujemo tudi tahimetrija, kar pomeni hitro merjenje in je v veljavo prišla s pojavom elektrooptičnih razdaljemerov (Kogoj in Stopar, 2002). Na terenu tako s pomočjo elektronskega tahimetra določimo detajlnim točkam lokalne polarne prostorske koordinate na podlagi merjenja

točkah, zemljiških parcelah (tj. podatki o mejah zemljiških parcel, številke zemljiških parcel in podatki o mejah vrst rabe), administrativnih mejah in drugih fizičnih strukturah in pojavih.

Geodetski načrt sestavljata grafični prikaz geodetskega načrta in certifikat geodetskega načrta.

Pri izdelavi grafičnega prikaza se za prikaz vsebine geodetskega načrta uporabljajo znaki, ki so določeni s Topografskim ključem. Znaki, katerih ne določa topografski ključ, morajo biti prikazani v legendi grafičnega prikaza geodetskega načrta. Na grafičnem prikazu se prikažejo le tisti podatki, ki po kakovosti ustrezajo namenu uporabe geodetskega načrta. Prav tako je potrebno biti pazljiv pri prikazu mej zemljiških parcel. Če geodet ugotovi, da meje zemljiških parcel ter podatki o mejah zemljiških parcel glede na namen uporabe geodetskega načrta niso dovolj natančni, je potrebno pred prikazom mej zemljiških parcel v grafičnem prikazu meje urediti skladno s predpisi, ki urejajo evidentiranje nepremičnin.

S certifikatom odgovorni geodet potrdi skladnost geodetskega načrta s predpisi, ki urejajo graditev objektov in urejanje prostora, oziroma drugimi predpisi, ki določajo izdelavo geodetskega načrta, in z namenom uporabe geodetskega načrta. Certifikat, ki se izda na predpisanem obrazcu, tako vsebuje podatke o naročniku geodetskega načrta, izjavo odgovornega geodeta, številko geodetskega načrta, podatke o namenu uporabe geodetskega načrta, podatke o vsebini geodetskega načrta, pogoje za uporabo geodetskega načrta, podatke o kraju in datumu izdaje certifikata in osebni žig ter podpis odgovornega geodeta, žig geodetskega podjetja in podpis odgovorne osebe.

»Geodetski načrt se izdelava v državnem koordinatnem sistemu. Geodetski načrt se lahko izdelava tudi v drugem koordinatnem sistemu. Če se geodetski načrt izdelava v drugem koordinatnem sistemu, je treba to navesti v certifikatu, pri pogojih za uporabo geodetskega načrta in opisati navezavo na državni koordinatni sistem.« (Uradni list RS, št. 40/2004, 6. člen)

Geodetski načrt je namenski dokument, zato se naročnik in geodetsko podjetje dogovorita o vsebini prikazanih podatkov ter o podrobnosti in natančnosti le-teh. Uporabnik le-tega pa mora upoštevati v certifikatu navedene pogoje za uporabo geodetskega načrta. Tako po vsebini ločimo geodetski načrt za pripravo projektne dokumentacije za graditev objekta, geodetski načrt novega stanja zemljišča in geodetski načrt za pripravo državnega oziroma občinskega lokacijskega načrta.

»Geodetski načrt za pripravo projektne dokumentacije za graditev objekta in geodetski načrt novega

stanja zemljišča morata vsebovati najmanj podatke o reliefu, vodah, stavbah, gradbenih inženirskih objektih, rabi zemljišč, rastlinstvu ter podatke o zemljiških parcelah.« (Uradni list RS, št. 40/2004, 8. člen) Izdelana morata biti za območje najmanj 25 metrov od skrajnih robov predvidenega ali obstoječega objekta. Njuna natančnost za stavbe mora ustrezati najmanj merilu 1 : 1000, za gradbene inženirske objekte pa vsaj 1 : 5000.

»Geodetski načrt za pripravo lokacijskega načrta mora vsebovati najmanj podatke o reliefu, vodah, stavbah, gradbenih inženirskih objektih, rabi zemljišč, rastlinstvu ter podatke o zemljiških parcelah.« (Uradni list RS, št. 40/2004, 9. člen) Prav tako mora biti izdelan za območje najmanj 25 metrov od meje ureditvenega območja, natančnost pa mora ustrezati najmanj merilu 1 : 5000. Geodetski načrt se lahko izdela tudi v drugem merilu, če tako določa program priprave lokacijskega načrta.

3.5 Topografski ključ za izdelavo in prikaz vsebine geodetskih načrtov

»Pravilnik o geodetskem načrtu (Uradni list RS št. 40/2004) določa, da se za prikaz vsebine geodetskega načrta uporabljajo znaki, določeni v topografskem ključu (v nadaljevanju: topografski znaki). Topografski ključ vsebuje poleg prikaza topografskih znakov tudi pojasnila za izdelavo in uporabo geodetskega načrta« (Topografski ključ, 2006).

Topografski ključ vsebuje:

- splošne napotke za izdelavo in uporabo geodetskih načrtov,
- določila o matematični osnovi geodetskih načrtov,
- knjižnico topografskih znakov z navodilom o oblikovanju pisav,
- navodila za izris geodetskih načrtov na fizičnem nosilcu in
- navodila za uporabo geodetskih načrtov.

»Knjižnica topografskih znakov je prikaz grafičnega oblikovanja topografskih znakov za posamezne vsebine geodetskih načrtov.« (Topografski ključ, 2006)

Topografski znaki v knjižnici so urejeni po vsebinskih sklopih, in sicer: geodetske točke, meje, stavbe in gradbeni inženirski objekti, naravni elementi topografije ter zemljepisna imena in napisi.

Vsak topografski znak v knjižnici je določen s:

- šifro topografskega znaka,
- imenom objekta ali pojava, ki ga prikazuje,

- izrisom topografskega znaka,
- mestom vnosa (prijemališča),
- obliko in velikostmi,
- tipom (točkovni, linijski, ploskovni in opisni) in
- barvo ter
- opombami.

3.2.3 Kanalizacija

Šifra	Ime	Topografski znak			Tip	Barva	Opombe
		Izris	Mesto vnosa	Velikost			
323010	Kanalni jašek – okrogel				T	črna	***
323020	Kanalni jašek – pravokoten				T	črna	**
323030	Kanalizacija za padavinske (meteorne) vode				L	svetlo modra	<i>Možnost prikaza smeri padca kanalizacije</i> (!)

Slika 4: Primer navodil za kreiranje topografskega znaka (GURS, Topografski ključ, 2006).

Velikosti topografskih znakov, prikazane v knjižnici topografskih znakov, so prirejene izrisu geodetskega načrta v merilu 1 : 1000 (Topografski ključ, 2006). Izrise v merilih od 1:1500 do 1 : 2000 je potrebno pomanjšati s faktorjem 1,5, za merila od vključno 1 : 2000 do 1 : 5000 pa je znake treba zmanjšati s faktorjem 2.

V primeru, ko je velikost ploskovnega znaka premajhna, da bi ga prikazali s topografskim znakom, le-tega nadomestimo s šifro topografskega znaka, ki pa se pri izrisu na fizični nosilec ne prikazuje.

»V knjižnici topografskih znakov so vsi topografski znaki prikazani v črni barvi, kar se uporablja v primeru enobarvnega (črno-belega) izrisa. V primeru uporabe geodetskega načrta v obliki barvnega izrisa, se topografski znaki prikazujejo v barvah, kot so navedene v ustreznem stolpcu knjižnice.« (Topografski ključ, 2006) Le-ta vsebuje tabelo določitve barv po CMYK (angl. cyan, magenta, yellow, key).

S topografskim ključem so predpisane tudi debeline linij:

- debelina linij, kadar ta ni navedena, znaša 0,1 mm
- debelina linije oboda ploskovnih znakov je 0,1 mm, kadar ni drugače navedeno.

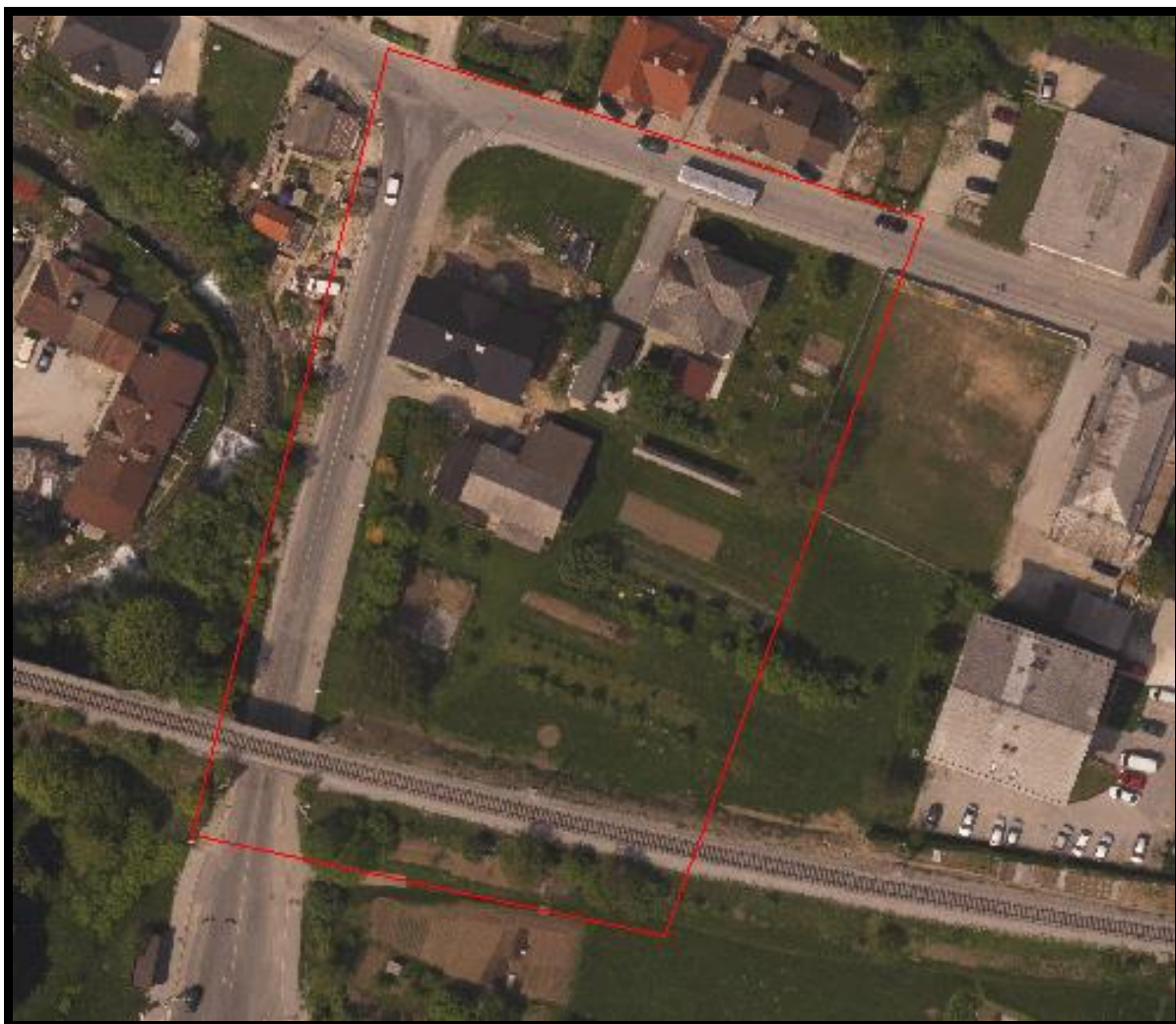
Tudi usmerjenost topografskih znakov je določena s topografskim ključem:

- hišna številka se vpiše v objekt vzporedno z linijo, ki gleda na ulico, po kateri ima objekt naslov,
- znaki se usmerijo glede na dejansko lego objekta na terenu,
- znaki se usmerijo glede na potek komunalnega voda ali drugega linijskega objekta, ki pripadajo.

V primeru, da topografski znak za določen pojav ali objekt ne obstaja v knjižnici topografskih znakov, ga lahko izdelovalec geodetskega načrta izdela sam. Takšen topografski znak se mora razlikovati od vseh topografskih znakov v knjižnici in mora biti pojasnjen v certifikatu geodetskega načrta.

4 OPIS TESTNEGA OBMOČJA IN OBDELAVA MERJENIH KOLIČIN

Testno območje je bilo določeno v diplomski nalogi Grega Šoiča, saj je le na ta način možna primerjava dveh geodetskih načrtov z različnima načinoma zajema podatkov. Tako smo se na severu in zahodu omejili z lokalno asfaltno cesto, na jugu z železniško progo z nasipom, na vzhodu pa smo potegnili navidezno črto ob robu igrišča med severno cesto in južno železniško progo. V splošnem se teren v majhnem enakomernem naklonu spušča od severa proti jug, izstopata le železniški nasip na jugu izbranega območja ter nižje nivojska cesta ob križanju z železnico.



Slika 5: Testno območje za izdelavo geodetskega načrta.

Območje vsebuje različne naravne in grajene elemente, nadzemne in podzemne. Na terenu se tako srečamo z:

- razgibanim reliefom (naravne in nasute brežine),
- rastlinstvo (sadno drevje, grmovje, zasaditve ob domovih),
- stavbe (stanovanjske hiše, gospodarska poslopja, prizidki, kozolec),
- gradbeni inženirski objekti (cesta, pločnik, železnica, kanalizacija, vodovod),
- obcestne svetilke, električni drogovi ob železnici z vodom nad železnico,
- raba zemljišč (travnik, njiva, vrt, sadovnjak).

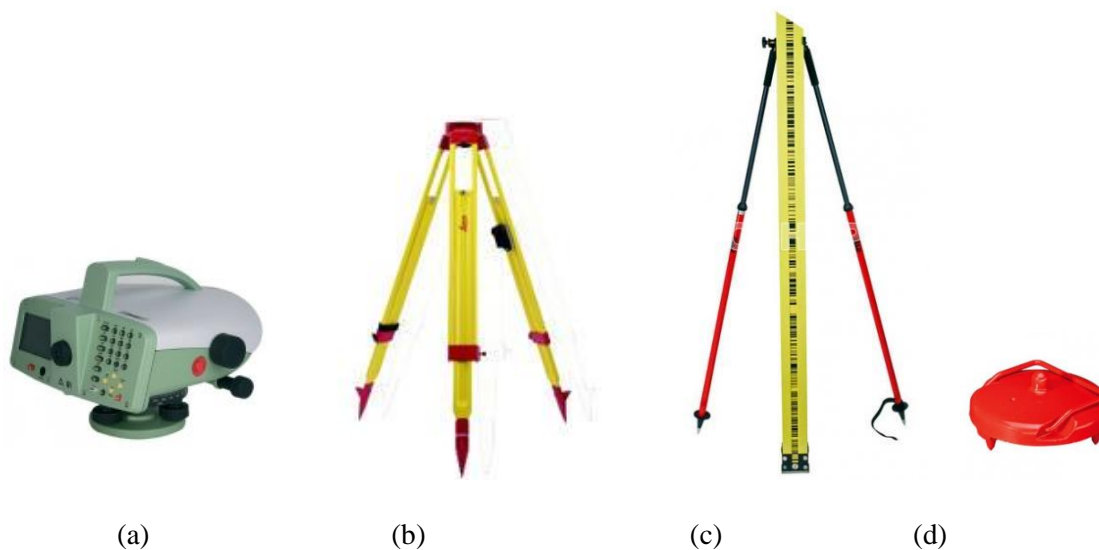
Pri delu na terenu smo sodelovali trije člani ekipe. Operater na instrumentu je skrbel za pravilno delovanje tahimetra ter za registracijo merjenih količin (horizontalne smeri, zenitne razdalje ter poševne dolžine) detajlnih točk, figurant je z reflektorjem na togem grezilu označeval detajlne karakteristične točke, vodja izmere pa je vodil skico na papirju in določal karakteristične točke na terenu, ki jih je bilo potrebno posneti. Delo je potekalo brez večjih težav, saj so bile medsebojne razdalje dokaj kratke in nismo imeli pretiranih težav s komunikacijo in medsebojnim razumevanjem.

Terenskemu delu zajema podatkov je sledila še obdelava podatkov v pisarni ter izris geodetskega načrta s pomočjo terenske skice ter z upoštevanjem pravil za izris le-tega.

4.1 Uporabljeni instrumentarij

Za navezavo geodetske mreže na reper DP-193 smo uporabili geometrični nivelman. Vse meritve smo povezali v zaključeno zanko. Pri delu smo uporabili naslednji instrumentarij:

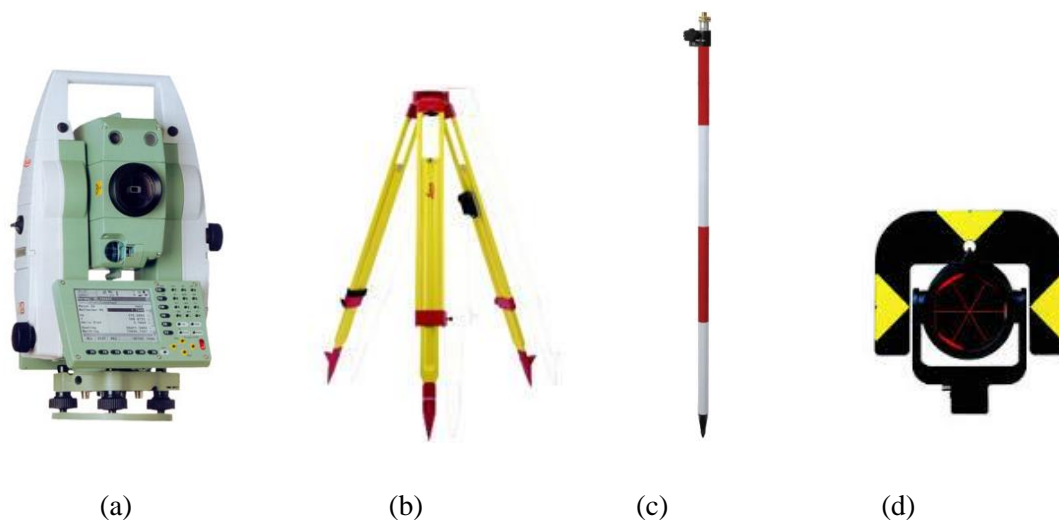
- nivelir Leica DNA03 (Slika 6a),
- stativ Leica GST 120-9 (Slika 6b),
- 2 dvonožnika Leica GSR 111 (Slika 6c),
- 2 nivelmanski lati GPCL 2 (Slika 6c),
- 2 podložki oziroma »žabi« (Slika 6d),
- termometer.



Slika 6: Uporabljena oprema pri niveliranju: (a) Nivelir Leica DNA03, (b) stativ Leica GST120-9, (c) dvonožnik Leica GSR111 z nivelmansko lato GPCL2, (d) podložka oz. »žaba«. (Vir: <http://www.geowild.hr/niveliri/digitalni-niveliri/>)

Za izmero detajlnih točk smo uporabili polarno metodo izmere. Pri tem smo uporabili naslednji instrumentarij:

- tahimeter Leica TCRP1201+ (Slika 7a),
- stativ Leica GST 120-9 (Slika 7b),
- trasirka z reflektorjem (Slika 7c),
- ročni merski trak,
- termometer,
- barometer.



Slika 7: Uporabljena oprema pri polarni metodi izmere: (a) Tahimeter Leica TCRP1201+, (b) stativ Leica GST120-9, (c) trasirka, (d) reflektor. (Vir: <http://www.soges.ru>)

Z RTK-GNSS metodo izmere smo določili koordinate točk geodetske mreže. Izvedli smo 3 obhode po 1 minuto na vsaki točki. Med opazovanji na isti točki sta v povprečju minili dve uri. Pri izmeri smo uporabili naslednji instrumentarij in pribor:

- GPS sprejemnik RX900CSC (Slika 8),
- dvonožnik (Slika 8),
- trasirka (Slika 8).



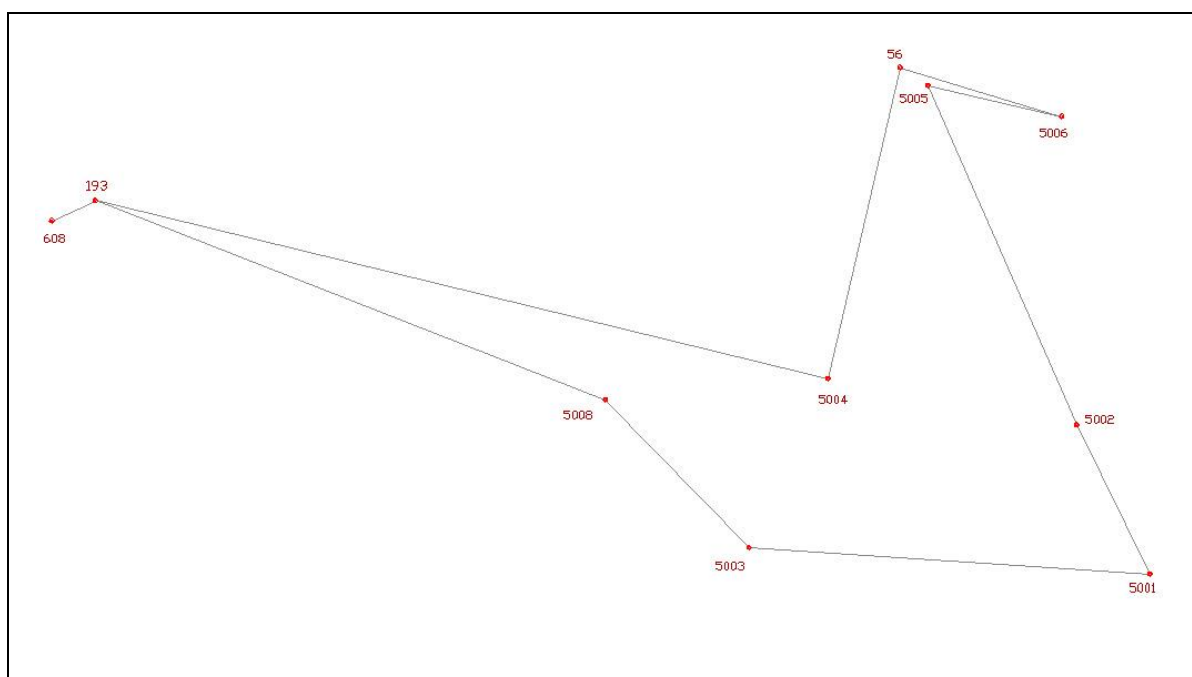
Slika 8: GPS sprejemnik RX900CSC, dvonožnik, trasirka.

4.2 Obdelava merjenih količin

4.2.1 Obdelava opazovanj geometričnega nivelmana

Pri niveliranju smo uporabili metodo niveliranja iz sredine, pri čemer odčitavamo vrednosti na lati zadaj in lati spredaj. To metodo smo uporabili zaradi eliminiranja vpliva zakrivljenosti Zemlje in refrakcije ter zaradi eliminiranja pogreška horizontalnosti vizurne osi. Zaradi velike oddaljenosti med posameznimi poligonskimi točkami, smo višinske razlike izmerili s pomočjo izmenišč. Za izračun oziroma izravnavo višin točk nivelmanske zanke pa potrebujemo izhodiščni reper z znano višino. V primeru, ko nivelmansko zanko navežemo na državno temeljno višinsko mrežo, dobimo nadmorske višine posameznih (poligonskih) točk.

Nivelmanska zanka vključuje naslednje nivelmanske linije: DP-193 – 5008 – 5003 – 5001 – 5002 – 5005 – 5006 – 56 – 5004 – DP-193, pri čemer je reper DP-193 dan (z znano nadmorsko višino), v izmeri pa sta vključeni tudi poligonski točki 56 in 608.



Slika 9: Potek nivelmanske zanke.

Obdelava opazovanj je potekala v več korakih. Najprej smo izračunali merjene višinske razlike (Excellov obrazec NO1; Priloga A) in v Excellovem obrazcu NO2 (Priloga B) izračunali popravke (popravek metra late, temperaturni popravek ter popravek pete late) merjenih višinskih razlik, pripravili datoteko za izravnavo ter na koncu izvedli izravnavo s pomočjo programa VimWin

(Ambrožič in Turk, 2007). Glavni namen preračuna nivelmanske zanke je določitev izravnanih višin novih (poligonskih) točk ter ocena natančnosti določitve le-teh (izravnanih višin).

a) Izračun merjenih višinskih razlik

Urejanje meritev s pomočjo obrazca v excel-u NO1 (Priloga A) – izračun merjenih višinskih razlik in dolžin med dvema poligonskima točkama.

Preglednica 1: Primer izračuna višinske razlike in dolžine med dvema poligonskima točkama.

Opazovanje/100000

$\delta h = l_z - l_s$

↓

↓

	opazovanje		d	l	δh	delta_l	delta_d	suma delta_d
5008	2886936	95711	28,86936	0,95711				
00000R9	2999898	137113	29,99898	1,37113				
00000R9	3001518	137112	30,01518	1,37112		0,01		
5008	2886457	95700	28,86457	0,957	-0,41407	0,11	-1,14012	-1,140115
00000R9	2410149	127725	24,10149	1,27725				
5004	2205995	85152	22,05995	0,85152				
5004	2206533	85140	22,06533	0,8514		0,12		
00000R9	2410094	127729	24,10094	1,27729	0,42581	-0,04	2,038575	2,038575
5008-5004			D = 105,0379		$\Delta h_0 = 0,01174$			

↑

↑

Dolžina nivelmanske linije

$$D = \frac{\sum d}{2}$$

Merjena višinska razlika nivelmanske linije

$$\Delta h_0 = \sum \delta h$$

b) Izračun popravkov merjenih višinskih razlik

Merjeno višinsko razliko nivelmanske linije popravimo za temperaturni popravek, meter para nivelmanskih lat in razliko pet nivelmanskih lat.

$$\Delta h = \Delta l_0 + \Delta h_0 * [1 + (m_0^{para} + \alpha * (T - T_0)) * 10^{-6}]$$

Δh ... popravljena višinska razlika,

Δl_0 ... razlika pet nivelmanskih lat (kalibracijsko poročilo),

m_0^{para} ... srednja vrednost popravka razdelbe para nivelmanskih lat,

T ... temperatura razdelbe v času izmere,

T_0 ... temperatura razdelbe v času kalibracije,

α ... linearni razteznostni koeficient razdelbe (0.6 ppm),

Δh_0 ... merjena višinska razlika.

Pri izmeri smo uporabili nivelmanski lati GPCL2. Podatki o komparaciji nivelmanskih lat so predstavljeni v Preglednici 2.

Preglednica 2: Podatki komparacija lat GPCL12.

Lata	m_0	C[mm]	Δl_0 [mm]	T_0
37460	8,290	-0,003	0,21 _(37460→53096)	20
53096	-2,040	-0,024	-0,21 _(53096→37460)	20

Za kontrolo izvedene nivelmanske izmere sem izračunala odstopanje pri zapiranju nivelmanske zanke in ga primerjala z dopustnim odstopanjem, ki je izračunano po naslednji enačbi:

- $\Delta f = 1 * \sqrt{d + 0.04 * d^2} = 1,31 \text{ mm}$, kjer je: $d = 1,612 \text{ km}$ dolžina nivelmanske zanke
- odstopanje pri zapiranju nivelmanske zanke: $f = 0,55 \text{ mm}$

Iz rezultatov je razvidno, da je bila izmera opravljena kakovostno, saj je dejansko odstopanje približno 2-krat manjše od dovoljenega.

c) Analiza natančnosti

Analizo natančnosti merjenih višinskih razlik smo naredili na podlagi odstopanj pri zapiranju nivelmanskih zank. Oceno natančnosti niveliranja 1 km nivelmanske linije v obe smeri naredimo na podlagi odstopanj pri zapiranju nivelmanskih zank (Koler in sod., 2011). Oceno natančnosti si izračunamo po enačbi (Haessler in Wachmuth, 1994): mi smo nivelirali samo v eno smer, zato lahko izračunamo le oceno natančnosti pri zapiranju zanke.

$$\sigma_z^2 = \frac{1}{n_z} \left| \frac{f^2}{d} \right| \rightarrow \sigma_z = 0,44 \text{ [mm/km]}$$

n_z ... število nivelmanskih zank,

f ... odstopanje pri zapiranju nivelmanskih zank (v milimetrih),

d ... dolžina posamezne nivelmanske zanke (v kilometrih).

d) Izravnava nivelmanske mreže

Ko sem pridobila osnovne podatke (popravke Δh in $d_{[km]}$), sem uredila vhodno datoteko *.pod, katera je vsebovala podatke (višine) danega reperja, približne višine novih reperjev v nivelmanski mreži ter kombinacije opazovanj med dvema sosednjima reperjema s pripadajočima podatkom o Δh in $d_{[km]}$. Urejeno vhodno datoteko sem vnesla v program VimWin, ki je podal izhodno datoteko *.rez (Priloga C) s podatki o nadmorski višini reperjev (danega in novih), podatke o meritvi višinskih razlik in dolžin, enačbe popravkov višinskih razlik, izračunane popravke višinskih razlik ter izravnane nadmorske višine reperjev (nadmorske višine točk geodetske mreže ter njihove natančnosti – Preglednica 3).

Preglednica 3: Izračun izravnanih nadmorskih višin reperjev ter pripadajoče natančnosti po izravnavi.

Reper	H [m]	σ_H [mm]
56	559,63	0,57
608	556,65	0,13
5008	552,89	0,40
5004	552,90	0,47
5005	559,62	0,56
5006	561,05	0,09
5003	551,31	0,52
5001	552,70	0,55
5002	555,42	0,53

Kot že prej omenjeno sta bili v nivelmansko mrežo zajeti tudi dve poligonski točki mestne poligonske mreže, ki smo ju uspeli najti v bližini delovišča.. Z izravnavo smo jima določili novi nadmorski višini ter izračunali razlike (Preglednica 4). Vidimo, da imata obe poligonski točki v topografijah oz. bazi geodetskih točk manjšo vrednost višine od izmerjene.

Preglednica 4: Izravnana višina poligonskih točk 56 in 608.

Poligonska točka	Dana H[m]	Izravnana H[m]	Δ [m]
56	559,59	559,63	0,04
608	556,63	556,65	0,02

Standardni odklon po izravnavi znaša $\hat{\sigma}_0 = 0.803$ mm

Iz pridobljenih rezultatov lahko sklepamo, da so bile meritve dobro opravljene in da ni prišlo do grobega pogreška (pri meritvi ali pri preračunu), zato lahko izravnane višine točk geodetske mreže uporabimo pri preračunu polarne metode opazovanj detajlnih točk.

4.2.2 Obdelava merjenih količin – RTK-GNSS metode izmere

Za določitev ETRS koordinat točk geodetske mreže smo uporabili GPS sprejemnik RX900CSC (Slika 8) s pripadajočo opremo. Meritve smo izvedli z RTK-GNSS metodo izmere, in sicer 3 obhode po 1 minuto na vsaki točki. Med posameznimi opazovanji na isti točki sta v povprečju minili dve uri. Pri preračunu smo uporabili transformacijske parametre za območje Jesenic.

Preglednica 5: Transformacijski parametri za območje Jesenic. (Vir: uporabljen GPS sprejemnik RX900CSC)

Transformacijski parametri	
ΔX	-114,1043 m
ΔY	-164,2838 m
ΔZ	-576,4962 m
α	5,86106200"
β	14,59257800"
γ	-13,44549400"
merilo	-36,308700 ppm

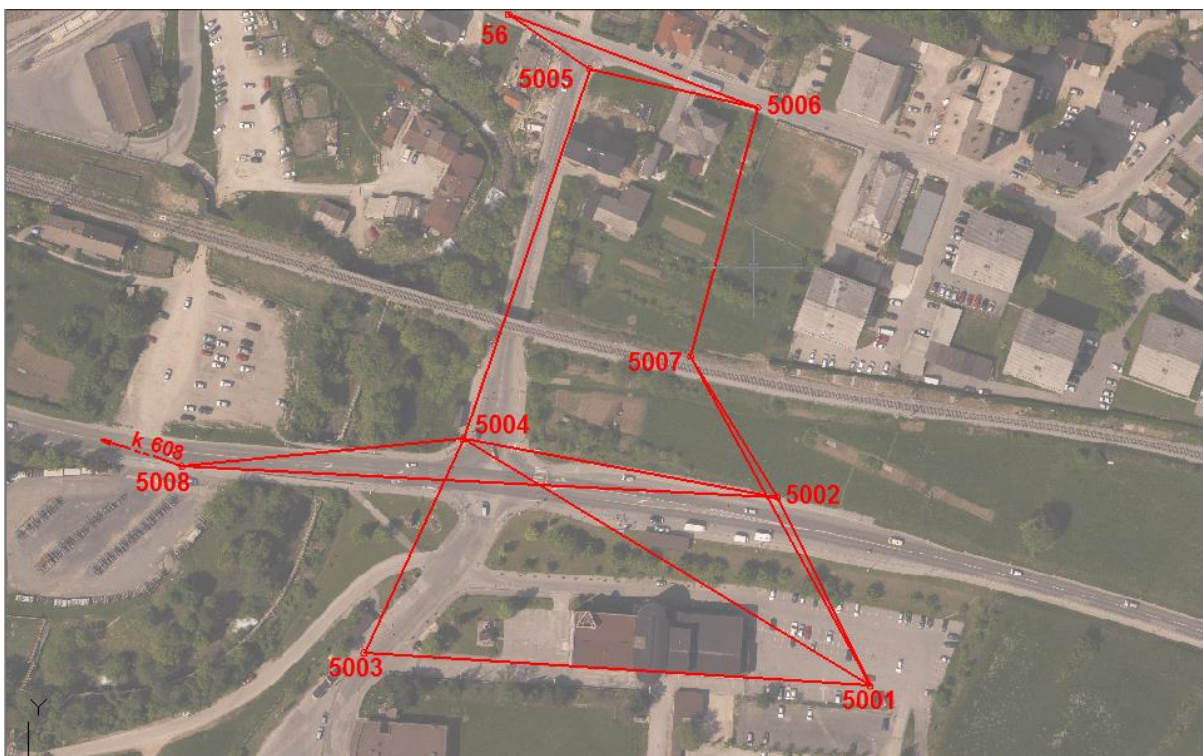
Po izračunu sem dobila ETRS koordinate geodetske mreže s pripadajočimi natančnostmi (Preglednica 6). Koordinate točk so izračunane kot srednja vrednost koordinat treh obhodov, natančnosti pa kot kvadratni koren srednje vrednosti varianc.

Preglednica 6: ETRS koordinate geodetskih točk s pripadajočimi natančnostmi.

Geodetska točka	Y [m]	σ_Y [mm]	X [m]	σ_X [mm]	Z[m]	σ_Z [mm]
5004	430253,273	0,7	143342,657	0,9	552,754	1,9
5005	430295,880	0,7	143467,763	1,0	559,468	1,7
56	430284,091	0,7	143475,514	1,4	559,427	2,2
5006	430352,823	0,7	143454,666	1,0	560,895	1,7
5007	430329,933	0,7	143370,796	1,1	559,563	1,5
5002	430359,421	0,5	143323,161	0,8	555,260	1,3
5001	430390,621	0,6	143259,344	0,8	552,552	1,4
5003	430219,727	0,7	143270,579	1,0	551,171	1,7
5008	430158,243	0,6	143333,616	0,9	552,740	1,5
608	429922,147	0,6	143410,109	1,2	556,468	1,9

4.2.3 Obdelava merjenih količin – polarne metode izmere

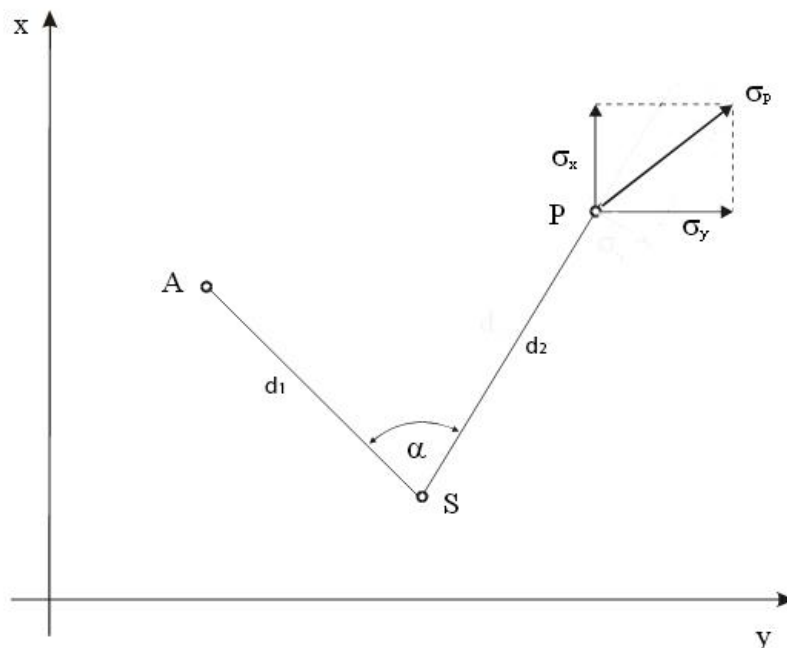
Pred samim evidentiranjem detajlnih točk je bilo potrebno na območju razviti geodetsko mrežo (Slika 10). Izmero smo izvedli s tahimetra Leica TCRP1201+ (slika 7) ter pripadajočo opremo. Geodetsko mrežo smo izmerili v treh girusih, preračun detajlne izmere pa opravili s programom Geos8 ter tako pridobili horizontalne koordinate poligonskih točk. Točke geodetske mreže so nam v nadaljevanju služile kot izhodišče za izračun koordinat detajlnih točk.



Slika 10: Potek geodetske mreže.

Ocena natančnosti polarne metode izmere je podobna kot pri oceni natančnosti polarne metode zakoličevanja, le da na natančnost ne vpliva pogrešek centriranja. Na natančnost vplivajo naslednji vplivi (Breznikar, Koler, 2009):

- natančnost koordinat stojišča in navezovalnih točk: σ_{xA} , σ_{yA} , σ_{xS} , σ_{yS} ,
- vpliv pogreška signaliziranja na merjen horizontalni kot σ_{si} ,
- vpliv pogreška viziranja σ_v ,
- natančnost merjenja kota σ_α ,
- natančnost merjenja dolžin σ_d .



Slika 11: Grafični prikaz pogreška pri polarni metodi.

Oceno natančnosti meritev nismo računali za vsako detajlno točko posebej, ampak za povprečje vseh meritev.

Natančnosti inštrumenta smo prevzeli iz tehničnih podatkov proizvajalca in so vidni v Prilogi D.

Za izračun ocene natančnosti polarne metode izmere smo uporabili izravnane vrednosti koordinat znanih točk (stojiščne točke in orientacijske točke) skupaj z natančnostjo določitve koordinat σ_y in σ_x (Preglednica 6).

Za oceno natančnosti smo potrebovali še povprečno razdaljo d_2 , ki je izračunana kot povprečna vrednost vseh merjenih razdalj med stojiščnimi in detajlnimi točkami.

Razdaljo do navezovalne točke d_1 smo izračunali iz znanih koordinat stojiščnih in orientacijskih točk (iz izravnanih vrednosti koordinat točk):

$$d_{SA} = \sqrt{(\Delta Y)^2 + (\Delta X)^2}$$

Izračunali smo tudi smerni kot med stojiščem in orientacijsko točko:

$$v_S^A = \operatorname{atg} \frac{Y_A - Y_S}{X_A - X_S}$$

V nadaljevanju smo izračunali natančnosti določitve koordinate merjenih točk:

$$\sigma_{xP}^2 = \sigma_{xA}^2 + (\cos(\alpha + \nu_S^A) * \sigma_{d2})^2 + (-d_2 * \sin(\alpha + \nu_S^A) * \sigma_\alpha / \rho)$$

$$\sigma_{yP}^2 = \sigma_{yA}^2 + (\sin(\alpha + \nu_S^A) * \sigma_{d2})^2 + (d_2 * \cos(\alpha + \nu_S^A) * \sigma_\alpha / \rho)^2$$

In še vpliv pogreška signaliziranja in viziranja:

$$\sigma_{si} = \frac{\sigma_e * d_2}{d_1 * \sqrt{2}}$$

$$\sigma_v = \frac{\sigma_{ope}}{\Gamma}$$

kjer so:

σ_e ... natančnost centriranja,

d_1 ... dolžina od stojišča do navezovalne točke,

d_2 ... dolžina do točke, ki jo opazujemo,

σ_{ope} ... pogrešek operaterja, ki znaša za eno krožno lego 3,7 mgon (DIN 18724),

Γ ... faktor povečave daljnogleda: 30x (tehnični podatek tahimetra Leica TCRP1201+),

σ_{oz} ... natančnost označevanja detajlne točke.

Končno natančnost določitve položaja merjenih detajlnih točk izračunamo kot:

$$\sigma_P = \sqrt{\sigma_{xP}^2 + \sigma_{yP}^2 + \sigma_{si}^2 + \sigma_v^2 + \sigma_{oz}^2} = 3,40 \text{ mm}$$

Na natančnost določitve koordinat detajlnih točk v največji meri vplivata natančnost določitve stojišča in natančnost označevanja detajlne točke. Natančnost določitve stojišča se v našem primeru ni prenesla na detajlne točke, saj so bile razdalje med stojiščem in detajlnimi točkami kratke. Celotni izračun je prikazan v Prilogi D.

5 ANALIZA KAKOVOSTI GEODETSKEGA NAČRTA NA PODLAGI AEROLASERSKEGA SKENIRANJA (ALS)

Analizo smo opravili na osnovi jasno definiranih točk na terenu, katere smo evidentirali z detajlno terestrično geodetsko izmero (svetilke in električni drogovi, drevesa, jaški, slemena in kapi objektov). Pri tem smo si pomagali s preglednico, kamor smo vpisovali odstopanja vzdolž koordinatnih osi. Analizo višin smo opravili samo pri objektih/elementih, kjer smo imeli podatek o njej v obeh geodetskih posnetkih. Referenčni podatek (vrednost "mora") predstavlja naš GN oziroma koordinate detajlnih točk, ki smo jih določili v okviru te naloge ter z njimi primerjali rezultate iz GN na osnovi podatkov ALS (Šoič, 2011). Grafični prikaz analize je prikazan v Prilogi E.

5.1 Svetilke in električni drog

Pri analizi obcestnih svetilk in električnega droga ob železnici smo lahko analizirali le položajno odstopanje, saj nismo imeli podatka o nadmorski višini omenjenih objektov pri GN z zajemom z ALS, ker so bile položajne koordinate primerjalnega GN določene s točko z vrha svetilke (Preglednica 7).

Preglednica 7: Položajno odstopanje svetilk in električnega droga.

	ΔX [m]	ΔY [m]	2D d [m]
1 (svetilka)	0,095	-0,170	0,195
2 (svetilka)	-0,191	-0,138	0,236
3 (svetilka)	0,112	-0,169	0,203
4 (el. drog)	-0,072	-0,161	0,176
Povprečno odstopanje	-0,014	-0,160	0,202

5.2 Drevesa

Pri analizi drevja smo uporabili samo identična drevesa, saj smo v našem primeru na terenu evidentirali samo drevesa z večjim premerom debla. V analizo je vključenih šest dreves (Preglednica 8).

Preglednica 8: Položajno in prostorsko odstopanje dreves in grmovja.

	ΔX [m]	ΔY [m]	ΔZ [m]	2D d [m]	3D d [m]
5	0,022	0,063	-0,010	0,067	0,067
6	0,621	-0,747	-0,010	0,971	0,971
7	0,006	-0,538	-0,080	0,538	0,544
8	0,121	-0,279	-0,060	0,304	0,310
9	0,028	0,167	-0,100	0,169	0,197
10	0,024	-0,089	-0,240	0,092	0,257
Povprečno odstopanje	0,137	-0,293	-0,083	0,357	0,391

Iz preglednice 8 je razvidno, da so koordinate vseh dreves v smeri osi Y v naši izmeri večja kot pa pri zajemanju iz oblaka točk ALS. V smeri koordinatne osi X takega trenda ni moč opaziti, saj razlike koordinat zavzemajo pozitivne in negativne vrednosti. Zanimivi so predvsem podatki o ΔZ , kjer je razvidno, da so naše evidentirane višine pri vseh elementih nižje od primerjalnega GN, kar lahko utemeljimo s tem, da smo mi evidentirali stik drevesa s tlemi v sredinskem delu debla, Šoič (2011) pa je prevzel višino terena v najbližji možni okolici, kjer pa je običajno nadmorska višina terena zaradi naklona že nekoliko višja. Ugotovimo tudi lahko, da se evidentirane točke drevja in grmovja v povprečju razlikujejo za 0,36 m v ravninskem ter 0,39 m v prostorskem koordinatnem sistemu.

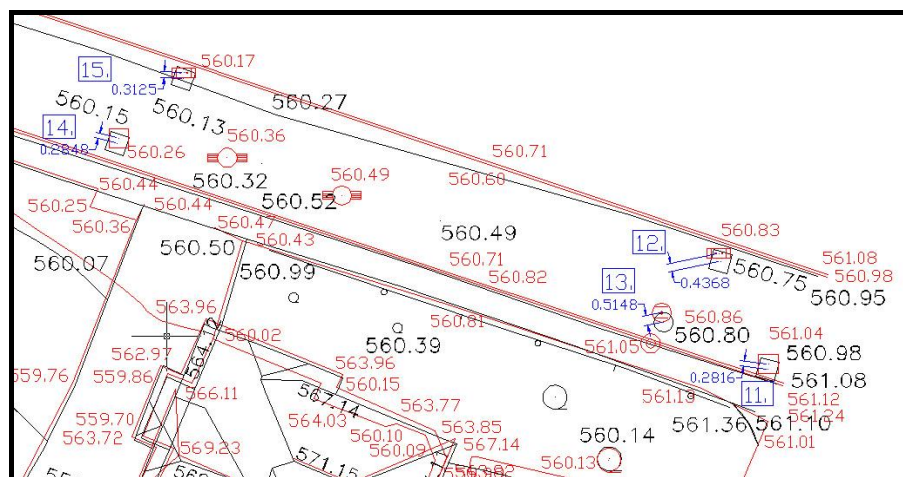
5.3 Objekti GJI

Na terenu smo evidentirali vse jaške (okrogle in pravokotne) ter zasune (voda, plin). Nekateri so bili dobro vidni na asfaltnem delu cestišča in pločnika, nekaj pa se jih je nahajalo tudi na področju vegetacije oziroma pod krošnjami dreves. Slednje Šoič (2011) ni zajel z opazovanjem ALS in OF, zato bomo analizirali samo jaške na področju cestišča (Preglednica 9), pri čemer je on ločil samo okrogle in pravokotne jaške, ni pa zaznal vrsto jaška (npr. kanalizacijski, vodovodni, rešetka; Slika 12).

Preglednica 9: Položajno in prostorsko odstopanje objektov GJI.

	ΔX [m]	ΔY [m]	ΔZ [m]	2D d [m]	3D d [m]
11	-0,038	-0,279	0,060	0,282	0,288
12	0,087	-0,428	0,080	0,437	0,444
13	0,095	-0,506	0,060	0,515	0,518
14	-0,074	-0,275	0,110	0,285	0,305
15	-0,018	-0,312	0,040	0,313	0,315
16	-0,056	-0,356	0,060	0,360	0,365
Povprečno odstopanje	-0,001	-0,359	0,068	0,365	0,373

Iz preglednice 9 je razvidno, da so objekti GJI (podobno kot drevesa) dokaj enakomerno zamaknjeni v smeri koordinatne osi X. Tudi razlike v nadmorski višini so enakomerne in majhne, kar je bilo pričakovano, saj se jaški nahajajo na odprtem področju ter v nivoju cestišča, kjer pa je zajem podatkov v obeh primerih izdelave GN enostaven in točen.



Slika 12: Razlike v prepoznanih jaških.

5.4 Slemen objektov

Pri zajemu koordinat točk slemen in kapi smo uporabili možnost merjenja brez reflektorja z uporabo laserskega žarka. V izogib slabemu odboju smo poskušali zagotoviti čim bolj pravokotno opazovanje točk slemen in kapi. Rezultate izmerjenih oziroma izračunanih razlik koordinat smo zbrali v preglednici 10.

Preglednica 10: Položajno in prostorsko odstopanje slemen objektov.

	ΔX [m]	ΔY [m]	ΔZ [m]	2D d [m]	3D d [m]
17	0,015	-0,096	-0,010	0,097	0,098
18	0,137	-0,149	-0,120	0,202	0,235
19	0,035	-0,220	-0,110	0,223	0,248
20	-0,030	-0,180	-0,130	0,182	0,224
21	0,240	-0,165	0,090	0,291	0,305
Povprečno odstopanje	0,079	-0,162	-0,056	0,199	0,222

Tudi pri analiziranju slemen objektov dobimo dokaj velike vektorje, tako položajne kot tudi prostorske. Temu lahko pripisujemo dejstvo, da je bilo iz oblaka točk težko razbrati pravo višino in točko, ki določa linijo slemen oziroma, da so bile skoraj vse koordinate točk iz oblaka ALS določene s konstrukcijo linij in ploskev.

5.5 Kapi objektov

Tudi pri izmeri točk kapi smo uporabili metodo brezkontaktnega merjenja razdalj. Kakovost izmerjenih koordinat smo poskušali izboljšati s čim bolj pravokotnimi vizuro na objekt. Rezultati primerjav koordinat točk kapi obeh metod zajema smo zbrali v Preglednici 11.

Preglednica 11: Položajno in prostorsko odstopanje kapi objektov.

	ΔX [m]	ΔY [m]	ΔZ [m]	2D d [m]	3D d [m]
22	0,066	-0,208	0,120	0,218	0,249
23	0,068	-0,401	0,160	0,407	0,437
24	0,007	-0,099	-0,120	0,099	0,156
25	-0,004	-0,354	-0,090	0,354	0,365
26	0,113	-0,315	0,060	0,335	0,340
Povprečno odstopanje	0,050	-0,275	0,026	0,283	0,309

Tudi tu povprečne dolžine izračunanih vektorjev nakazujejo na dejstvo, da je bilo določanje vogalov strehe iz oblaka točk težko določiti in zato ne moremo z gotovostjo trditi, da so povsem verodostojni.

Iz pridobljenih koordinatnih razlik lahko vidimo, da so pretežno vsi primerjalni objekti v GN ALS zamaknjeni po X osi v desno, kar bi lahko bilo posledica zajema podatkov (smer snemanja od vzhoda proti zahodu). Vrednosti koordinatnih razlik po Y osi pa pretežno zavzemajo negativne vrednosti, kar bi lahko pripisali osončenosti zajetih objektov v GN ALS na južni strani ter sencam na severni strani. Pri primerjavi višinske koordinate pa lahko opazimo, da so objekti v GN ALS, katerih nadmorska višina je bila določena s pomočjo preračuna na tla, v povprečju višje od naših (referenčnih) nadmorskih višin objektov. Do obratnega pojava pa pride pri zajemu objektov na tleh. Tu so v povprečju naše nadmorske višine objektov višje od nadmorskih višin objektov v GN ALS.

Ob zaključku analize lahko strnemo naslednja dejstva, ki veljajo za primerjavo ALS GN (Šoič, 2011) in našega (referenčnega) GN:

- v ALS GN ni zajetih jaškov, zasunov in mejnih znamenj, kar smo mi lahko točno definirali na terenu,
- pri obdelavi podatkov ALS ni možno v celoti določiti meje vrste rabe (npr. vrt, njiva, dvorišče),
- pri obdelavi podatkov ALS v splošnem ni možno določiti vrsto vegetacije (nizko drevo – grmovje, visoko gozdno listnato drevo – visoko sadno drevo),
- kljub veliki gostoti točk v oblaku ALS ni mogoče določiti vseh vogalov stavb in drugih objektov, še posebej na severni in vzhodni strani objektov (običajno senčni strani objekta),

- v nizu tesne rasti vegetacije pri obdelavi podatkov ALS ni možno v celoti določiti natančnega števila rastočih rastlin ter njihove vrste,
- pri obdelavi podatkov ALS na območjih vegetacije, pod sencami dreves ter pod kapmi objektov, ni možno določiti drugih objektov (npr. GJI),
- le v redkih primerih je možno določanje višine in prepoznavanje ozkih in visokih elementov, kot so obcestne svetilke in električni drogovi.

GN iz ALS (Šoič, 2011), dopolnjen z vsebinami iz OF, je bolj popoln. Še vedno pa so glede na naš (referenčen) GN naslednje pomanjkljivosti:

- v ALS GN manjkajo mejna znamenja,
- v ALS GN se jaški ločijo samo po obliki (pravokotni in okrogli) ni pa možno določiti jaška glede na vrsto GJI (vodovodni, električni, kanalizacijski, PTT ...),
- v ALS GN zasune še vedno ni možno zajeti/izrisati (niti ne na asfaltu, niti med vegetacijo),
- v ALS GN še vedno ni možno določiti objektov oziroma elementov na področju vegetacije, pod sencami dreves, pod kapmi objektov,
- v ALS GN je skoraj nemogoče določiti pravo nadmorsko višino stika dreves oziroma grmovja s tlemi ter ločiti med višjim grmovjem in nizkimi listnatimi drevesi,
- v ALS GN je nemogoče določiti ali je neko listnato drevo gozdno, sadno ali zgolj okrasno,
- v ALS GN je še vedno težko v nizu tesne rasti vegetacije določiti natančno število rastočih rastlin ter njihovo vrsto,
- v ALS GN je oteženo določanje vogalov objektov, kapi streh ter slemen skupaj z določitvijo odmaknjenosti od tal, zaradi velikega oblaka točk ter morebitne prisotnosti senc,
- v ALS GN še vedno ni možno določiti vogalov objektov na severni in vzhodni strani objektov,
- v ALS GN je še vedno močno oteženo določanje višine in prepoznavanje ozkih in visokih elementov, kot so obcestne svetilke in električni drogovi.

6 ZAKLJUČEK

Z diplomsko nalogo smo želeli ugotoviti, ali je GN izdelan na podlagi podatkov ALS in OF uporaben v vsakodnevni geodetski praksi. Ob začetnem pregledu GN, ki je bil izdelan v diplomski nalogi Grega Šoiča (2011) bi lahko rekli, da je le-ta vsebinsko bogat ter da zajema skoraj vse elemente grafičnega dela GN. Ob bolj podrobnem pregledu pa ugotovimo, da manjka del vsebine (vogali objektov, zasuni, mejna znamenja, katastrske meje ...) ter da so nekateri elementi nepopolno interpretirani (jaški so opisani samo z obliko, ne pa tudi z vrsto). Ob primerjavi obeh GN se nam zastavi tudi vprašanje o natančnosti prikazane vsebine. Opravljena analiza kakovosti nam pokaže, da so elementi ALS + OF GN, ki se nahajajo na odprtem območju bolj natančno določeni kot pa elementi v gostem detajlu. Vzrok temu je v gostoti in preglednosti oblaka točk ALS, iz katerega razberemo posamezne značilnosti določenega elementa GN. Omenjena lastnost je lahko že eden izmed vzrokov pri izbiri metode zajema podatkov s terena. Poleg območja izdelave GN pa na izbiro metode zajema podatkov vplivajo tudi:

- zahtevana natančnost posameznih tipov elementov GN,
- zahtevana gostota detajla ter njihova točna definiranost (vegetacija – drevo – listnato drevo – sadno drevo),
- zahtevana interpretacija podzemnih vodov (vodovodno omrežje, plinovodno omrežje, podzemno električno omrežje, kanalizacijsko omrežje, PTT omrežje),
- predviden razpoložljivi čas za obdelavo podatkov in izris GN,
- predvidena cena izdelave GN,
- možnost terenskega ogleda (dostopnost terena in časovni okvir),
- usposobljenost geodeta za obdelavo in interpretacijo oblaka točk ALS.

Prav tako lahko ob primerjavi odstopanj ugotovimo, da so koordinatne razlike ΔX v povprečju mnogo manjše, saj povprečna razlika v koordinatah znaša 0,056 m, medtem ko povprečna razlika v koordinatah po Y osi znaša 0,25 m. Ob tem opazimo tudi to, da se isti vzorec odstopanj pojavlja tako pri točkovnih objektih kot tudi linijskih. Iz tega bi lahko sklepali, da je glavna težava v georeferenciranju podatkov (zlasti oblaka točk), ki je bila v preteklosti dosti slabša kot je sedaj.

Vse te lastnosti na koncu vplivajo na izbiro metode zajema podatkov s terena ter o načinu njihove obdelave. O smotrnosti izbire posamezne metode dela bi se mogli od primera do primera vsakič znova odločiti. Menim pa, da je ALS kot vir podatkov primeren za izdelavo GN na odprtem in neposeljenem območju, za izdelavo GN daljnovidov, za izdelavo topografskih načrtov slabše natančnosti ter pri

ostalih GN in projektih, kjer je zahtevana slabša natančnost. Z vidika časovne komponente pa težko ocenim, katera metoda je hitrejša oziroma boljša izbira, saj nisem delala GN na oba možna načina. Ocenjujem pa, da je brez izkušenj in specializiranega programskega orodja, celoten zajem in obdelava podatkov v primeru klasične izmere skoraj gotovo hitrejša od obdelave podatkov zajetih z ALS metodo zajema podatkov.

VIRI

Šoič, G. 2012. Izdelava geodetskega načrta na podlagi podatkov aerolaserskega skeniranja. Diplomatska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba G. Šoič): 27 str.

Smogavec, L. 2015. Uporabnost terestičnega laserskega skeniranja pri izdelavi geodetskega načrta. Diplomatska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba L. Smogavec): 77 str.

Roškar, Ž. 2014. Izdelava geodetskega načrta iz bližnjleslikovnih aeroposnetkov. Diplomatska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba Ž. Roškar): 29 str.

Stopar, B., Pavlovčič Prešeren, P., Kozmus, K. 2006. GPS v geodetski praksi. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 50 str.

Zupanc, G. 2010. Tehnična navodila za izdelavo geodetskega načrta za uporabo v skupni bazi geodetskih načrtov. Diplomatska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba G. Zupanc): 87 str.

Zore, A. 2012. Vplivi temperaturnih sprememb pri merjenju z digitalnim nivelirjem. Diplomatska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba A. Zore): 49 str.

Kogoj, D., Stopar, B. 2002. Geodetska izmera. Gradivo za strokovne izpite. Ljubljana, Inženirska zbornica Slovenije, Matična sekcija geodetov: 37 str.

Lebeničnik, A. 2012. Kombinirana metoda geodetske izmere. Diplomatska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba A. Lebeničnik): 88 str.

Pravilnik. 2004. Pravilnik o geodetskem načrtu. Uradni list RS, št. 40/2004. Ljubljana. <http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200440&stevilka=1677> (Pridobljeno 10. 03. 2016.)

Geodetska uprava Republike Slovenije. 2006. Topografski ključ za izdelavo in prikaz vsebine geodetskih načrtov. http://www.gu.gov.si/fileadmin/gu.gov.si/pageuploads/Veljavni_predpisi/geodetski_nacrt/topo_kljuc_n.pdf. (Pridobljeno 08. 03. 2016.)

Soges. 2016. Tahimeter Leica TS30.

<http://www.soges.ru/taheometr-leica-ts30-05>. (Pridobljeno 10. 03. 2016.)

Geowild. 2016. Digitalni niveliri.

<http://www.geowild.hr/niveliri/digitalni-niveliri/> (Pridobljeno 10. 03. 2016.)

Ambrožič, T., Turk, G., 2007. Vim Win, verzija 5.0. Ljubljana, UL FGG.

Koler, B., Vardjan, N., Urbančič, T. 2011. Analiza stanja pri uvajanju sodobnega višinskega sistema. Geodetski vestnik 55. http://www.geodetski-vestnik.com/55/2/gv55-2_215-225.pdf. (Pridobljeno 18. 04. 2016.)

Hässler, J., Wachsmuth, H. 1994. Formelsammlung für den Wermessungsberuf, 5. Aufgabe, Korbach, Wilhelm Bing Verlag: 683 str.

Breznikar A. Koler B. 2009. Inženirska geodezija. Ljubljana, Inženirska zbornica Slovenije: 68 str.

http://www.izs.si/fileadmin/dokumenti/strokovni_izpiti/msgeo/In_enirska_geodezija_2009.pdf.

(Pridobljeno 18. 04. 2016.)

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: IZRAČUN MERJENIH VIŠINSKIH RAZLIK – OBRAZEC NO1	B
PRILOGA B: IZRAČUN POPRAVKOV (POPRAVEK LATE, TEMPERATURNI POPRAVEK, POPRAVEK PETE LATE) MERJENIH VIŠINSKIH RAZLIK – OBRAZEC NO2 ..	F
PRILOGA C: IZRAVNAVA VIŠINSKE GEODETSKE MREŽE – DATOTEKA *.REZ.....	G
PRILOGA D: OCENA NATANČNOSTI DETAJLNIH TOČK (IZPISEK IZ EXCEL-A).....	J
PRILOGA E: GRAFIČNI PRIKAZ ANALIZE GEODETSKIH NAČRTOV	L

Ta stran je namenoma prazna.

PRILOGA A: IZRAČUN MERJENIH VIŠINSKIH RAZLIK – OBRAZEC NO1

			d	dH	delta_1	delta_d	suma delta_d
193	2268277	-3737	22,68277	-0,03737			
00000R5	2349169	97625	23,49169	0,97625			
00000R5	2348408	97620	23,48408	0,9762	0,05		
193	2268823	-3730	22,68823	-0,0373	-1,01356	-0,07	-0,80238
00000R5	2926242	100163	29,26242	1,00163			
00000R6	2781981	165297	27,81981	1,65297			
00000R6	2782241	165292	27,82241	1,65292	0,05		
00000R5	2926503	100186	29,26503	1,00186	-0,6512	-0,23	1,442615
00000R6	2550433	54586	25,50433	0,54586			
00000R7	2428376	176505	24,28376	1,76505			
00000R7	2428571	176504	24,28571	1,76504	0,01		
00000R6	2550657	54589	25,50657	0,54589	-1,21917	-0,03	1,220715
00000R7	2195338	47178	21,95338	0,47178			
00000R8	2582516	192142	25,82516	1,92142			
00000R8	2582328	192140	25,82328	1,9214	0,02		
00000R7	2195362	47179	21,95362	0,47179	-1,44963	-0,01	-3,87072
00000R8	2151565	69961	21,51565	0,69961			
5008	1985488	169525	19,85488	1,69525			
5008	1985415	169526	19,85415	1,69526	-0,01		
00000R8	2151101	69962	21,51101	0,69962	-0,99564	-0,01	1,658815
193- 5008			D= 242,194	Δh= -5,3292			
5008	2886936	95711	28,86936	0,95711			
00000R9	2999898	137113	29,99898	1,37113			
00000R9	3001518	137112	30,01518	1,37112	0,01		
5008	2886457	95700	28,86457	0,957	-0,41407	0,11	-1,14012
00000R9	2410149	127725	24,10149	1,27725			
5004	2205995	85152	22,05995	0,85152			
5004	2206533	85140	22,06533	0,8514	0,12		
00000R9	2410094	127729	24,10094	1,27729	0,42581	-0,04	2,038575
5008-5004			D= 105,0379	Δh= 0,01174			

			d	dH	delta_l	delta_d	suma delta_d
5004	2742023	159600	27,42023	1,596			
0000R10	2746619	27038	27,46619	0,27038			
0000R10	2745961	27046	27,45961	0,27046	-0,08		
5004	2741193	159595	27,41193	1,59595	1,325555	0,05	-0,04682
0000R10	1004804	181991	10,04804	1,81991			
0000R11	1023453	39191	10,23453	0,39191			
0000R11	1023366	39188	10,23366	0,39188	0,03		
0000R10	1004817	181982	10,04817	1,81982	1,42797	0,09	-0,18599
0000R11	1026570	193356	10,2657	1,93356			
0000R12	1055178	39596	10,55178	0,39596			
0000R12	1055249	39598	10,55249	0,39598	-0,02		
0000R11	1026583	193359	10,26583	1,93359	1,537605	-0,03	-0,28637
0000R12	916209	180886	9,16209	1,80886			
0000R13	888867	58371	8,88867	0,58371			
0000R13	888653	58371	8,88653	0,58371	0		
0000R12	916180	180886	9,1618	1,80886	1,22515	0	0,274345
0000R13	1113946	173684	11,13946	1,73684			
5005	886568	53406	8,86568	0,53406			
5005	886988	53405	8,86988	0,53405	0,01		
0000R13	1114130	173682	11,1413	1,73682	1,202775	0,02	2,2726
5004-5005		D=	134,0368	Δh=	6,719055		
5005	1266734	123694	12,66734	1,23694			
56	1043856	123443	10,43856	1,23443			
56	1043824	123441	10,43824	1,23441	0,02		
5005	1267242	123687	12,67242	1,23687	0,002485	0,07	2,23148
5005-56		D=	23,10828	Δh=	0,002485		
5005	2973458	178333	29,73458	1,78333			
5006	2867086	35540	28,67086	0,3554			
5006	2864736	35540	28,64736	0,3554	0		
5005	2973510	178327	29,7351	1,78327	1,4279	0,06	1,07573
5005-5006		D=	58,39395	Δh=	1,4279		

			d		dH	delta_l	delta_d	suma delta_d
5004	3901550	11160	39,0155	0,1116				
5003	4036857	170430	40,36857	1,7043				
5003	4036774	170469	40,36774	1,70469		-0,39		
5004	3902404	11153	39,02404	0,11153	-1,59293	0,07	-1,34839	-1,34839
5004-5003		D=	79,38793	Δh=	-1,59293			
5003	3250540	146205	32,5054	1,46205				
0000R14	3276989	101224	32,76989	1,01224				
0000R14	3275154	101221	32,75154	1,01221		0,03		
5003	3252090	146231	32,5209	1,46231	0,449955	-0,26	-0,24757	-0,24757
0000R14	2925324	155073	29,25324	1,55073				
0000R15	2880937	139790	28,80937	1,3979				
0000R15	2880826	139786	28,80826	1,39786		0,04		
0000R14	2925469	155074	29,25469	1,55074	0,152855	-0,01	0,44515	0,44515
0000R15	3150794	180478	31,50794	1,80478				
5001	3168408	101586	31,68408	1,01586				
5001	3169270	101596	31,6927	1,01596		-0,1		
0000R15	3150815	180465	31,50815	1,80465	0,788805	0,13	-0,18034	-0,18034
5003-5001		D=	186,5331	Δh=	1,391615			
5001	3167297	140171	31,67297	1,40171				
0000R16	3395147	97246	33,95147	0,97246				
0000R16	3395768	97245	33,95768	0,97245		0,01		
5001	3167501	140169	31,67501	1,40169	0,429245	0,02	-2,28059	-2,28059
0000R16	775536	182079	7,75536	1,82079				
0000R17	795366	23506	7,95366	0,23506				
0000R17	795366	23505	7,95366	0,23505		0,01		
0000R16	775425	182081	7,75425	1,82081	1,585745	-0,02	-0,19886	-0,19886
0000R17	1629544	162306	16,29544	1,62306				
5002	1441862	92120	14,41862	0,9212				
5002	1441725	92119	14,41725	0,92119		0,01		
0000R17	1629392	162301	16,29392	1,62301	0,70184	0,05	1,876745	1,876745
5001-5002		D=	112,0496	Δh=	2,71683			

			d	dH	delta_l	delta_d	suma delta_d
5002	2364807	54652	23,64807	0,54652			
0000R18	2465860	184686	24,6586	1,84686			
0000R18	2466507	184687	24,66507	1,84687	-0,01		
5002	2365113	54649	23,65113	0,54649	-1,30036	0,03	-1,01224
0000R18	3065700	37630	30,657	0,3763			
5004	2907761	159097	29,07761	1,59097			
5004	2908562	159106	29,08562	1,59106	-0,09		
0000R18	3065994	37649	30,65994	0,37649	-1,21462	-0,19	1,576855
5002-5004		D=	108,0515	Δh=	-2,51498		
193	1365720	-23215	13,6572	-0,23215			
608	1370837	133684	13,70837	1,33684			
608	1370908	133683	13,70908	1,33683	0,01		
193	1366256	-23227	13,66256	-0,23227	-1,56905	0,12	-0,04885
193-608		D=	27,36861	Δh=	-1,56905		

PRILOGA B: IZRAČUN POPRAVKOV (POPRAVEK LATE, TEMPERATURNI POPRAVEK, POPRAVEK PETE LATE) MERJENIH VIŠINSKIH RAZLIK – OBRAZEC NO2

Od točke	Do točke	Št. late	h merjen [m]	D linije [m]	T [°C]	meter late	popr. dh	D [km]
193	5008	mini-96	-5,3292	242,194	28,5	1,000005125	-5,32923	0,242
5008	5004	96-96	0,01174	105,0379	28,0	1,000007900	0,01174	0,105
5004	5005	96-60	6,719055	134,0368	26,5	1,000007025	6,71908	0,134
5005	56	60-96	0,002485	23,10828	26,2	1,000006850	0,00251	0,023
5005	5006	60-96	1,4279	58,39395	25,9	1,000006675	1,42793	0,058
5004	5003	60-96	-1,59293	79,38793	25,6	1,000006500	-1,59292	0,079
5003	5001	96-60	1,391615	186,5331	24,8	1,000005975	1,39160	0,187
5001	5002	60-96	2,71683	112,0496	23,9	1,000005450	2,71687	0,112
5002	5004	96-96	-2,51498	108,0515	23,3	1,000005100	-2,51499	0,108
193	608	mini-60	-1,56905	27,36861	23,0	1,000001800	-1,56905	0,027

Podatki o nivelmanskih latah:			
	m_0	l [mm]	
37460	8,290	-0,003	
53096	-2,040	-0,024	
Arit. sredina m_0 : 3,125		0,021	mini 60-mini 96
		-0,021	mini 96-mini 60

PRILOGA C: IZRAVNAVA VIŠINSKE GEODETSKE MREŽE – DATOTEKA *.REZ

Izravnavna Višinske geodetske Mreže

Program: VIM, ver.5.0, mar. 07

Copyright (C) Tomaž Ambrožič & Goran Turk

Ime datoteke s podatki: uv.pod

Ime datoteke za rezultate: uv.rez

Ime datoteke za deformacijsko analizo: uv.def

Ime datoteke za S-transformacijo: uv.str

Ime datoteke za izračun ocene natančnosti premika: uv.koo

Datum: 26. 9.2012

Čas: 7:35:41

NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

=====

Reper	Nadm.viš.	Opomba
193	558,22230	Dani reper
56	559,59000	Novi reper
608	556,63000	Novi reper
5008	552,75300	Novi reper
5004	552,75500	Novi reper
5005	559,46000	Novi reper
5006	560,88900	Novi reper
5003	551,16600	Novi reper
5001	552,54800	Novi reper
5002	555,25700	Novi reper

Število vseh reperjev = 10

Število danih reperjev = 1

Število novih reperjev = 9

MERITVE VIŠINSKIH RAZLIK IN DOLŽIN

Reper zadaj	Reper spredaj	Merjena viš.razlika	Merjena dolžina
193	5008	-5,32923	0,2420
5008	5004	0,01174	0,1050
5004	5005	6,71908	0,1340
5005	56	0,00251	0,0230
5005	5006	1,42793	0,0580
5004	5003	-1,59292	0,0790
5003	5001	1,39160	0,1870
5001	5002	2,71687	0,1120
5002	5004	-2,51499	0,1080
193	608	-1,56905	0,0270

Število opazovanj = 10

Vektor normalnih enačb je zaseden 0,00 %.

ENAČBE POPRAVKOV VIŠINSKIH RAZLIK

Št. Reper op. zadaj	Reper spredaj	Koeficienti			Utež
		a1	a2	f	
1 193	5008	0,	-1,	0,14007	4,1322
2 5008	5004	-1,	1,	-0,00974	9,5238
3 5004	5005	-1,	1,	-0,01408	7,4627
4 5005	56	-1,	1,	0,12749	43,4783
5 5005	5006	-1,	1,	0,00107	17,2414
6 5004	5003	1,	-1,	-0,00392	12,6582
7 5003	5001	-1,	1,	-0,00960	5,3476
8 5001	5002	-1,	1,	-0,00787	8,9286
9 5002	5004	1,	-1,	-0,01299	9,2593
10 193	608	0,	-1,	0,02325	37,0370

IZRAČUNANI POPRAVKI VIŠINSKIH RAZLIK

Št. Reper op. zadaj	Reper spredaj	Merjena viš.razlika	Popravek viš.razlike	Definitivna viš.razlika
1 193	5008	-5,32923	0,00000	-5,32923
2 5008	5004	0,01174	0,00000	0,01174
3 5004	5005	6,71908	0,00000	6,71908
4 5005	56	0,00251	0,00000	0,00251
5 5005	5006	1,42793	0,00000	1,42793
6 5004	5003	-1,59292	-0,00009	-1,59301
7 5003	5001	1,39160	-0,00022	1,39138
8 5001	5002	2,71687	-0,00013	2,71674
9 5002	5004	-2,51499	-0,00012	-2,51511
10 193	608	-1,56905	0,00000	-1,56905

Srednji pogrešek utežne enote, $m_0 = 0,000803$

Izračunano odstopanje = ***** mm ($s = 1,075$ km).

Dopustni odstopanji v sklenjeni niv. zanki:

- mreža NVM $f = \pm 1 \cdot \text{SQRT}(s+0,04 \cdot s^2) = 1,1$ mm

- mestna niv. mreža 1. reda $f = \pm 2 \cdot \text{SQRT}(s+0,04 \cdot s^2) = 2,1$ mm

IZRAVNANE NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

Reper	Približna višina	Popravek višine	Definitivna višina	Sred.pog. višine
56	559,59000	0,03640	559,62640	0,00057
608	556,63000	0,02325	556,65325	0,00013
5008	552,75300	0,14007	552,89307	0,00040
5004	552,75500	0,14981	552,90481	0,00047
5005	559,46000	0,16389	559,62389	0,00056
5006	560,88900	0,16282	561,05182	0,00059
5003	551,16600	0,14580	551,31180	0,00052
5001	552,54800	0,15518	552,70318	0,00055
5002	555,25700	0,16292	555,41992	0,00053

IZRAČUN OBČUTLJIVOSTI VIŠINSKE MREŽE

Št. Reper op. zadaj	Reper spredaj	Qll	Sred.pog. viš.razl.	Qvv	r
1 193	5008	0,24200	0,00040	0,00000	0,00000
2 5008	5004	0,10500	0,00026	0,00000	0,00000
3 5004	5005	0,13400	0,00029	0,00000	0,00000
4 5005	56	0,02300	0,00012	0,00000	0,00000
5 5005	5006	0,05800	0,00019	0,00000	0,00000
6 5004	5003	0,06616	0,00021	0,01284	0,16255
7 5003	5001	0,11505	0,00027	0,07195	0,38477
8 5001	5002	0,08619	0,00024	0,02581	0,23045
9 5002	5004	0,08400	0,00023	0,02400	0,22222
10 193	608	0,02700	0,00013	0,00000	0,00000

Skupno število nadštevilnosti je 1,00000000.

Povprečno število nadštevilnosti je 0,10000000.

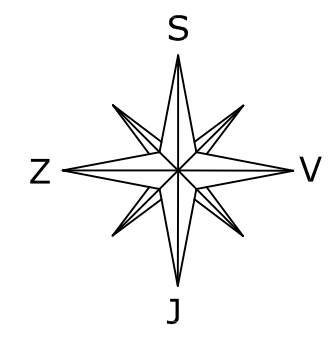
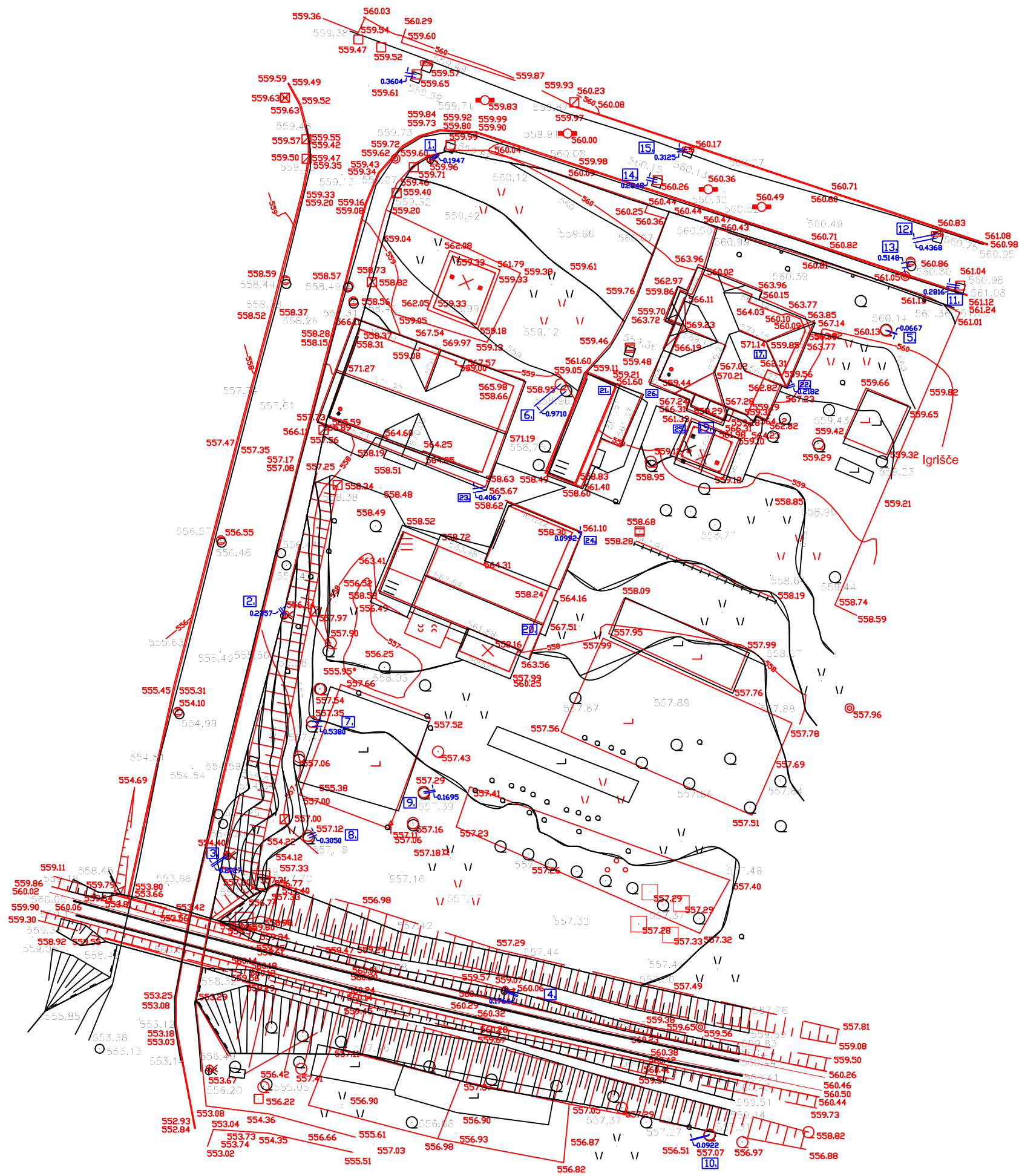
PRILOGA D: OCENA NATANČNOSTI DETAJLNIH TOČK (IZPISEK IZ EXCEL-A)

	Y	X	5006-5005	5005-5006	5007-5006
5005	430295,88	143467,763			
5006	430352,823	143454,666			
5007	430329,933	143370,796			
$\Delta Y[m]$			-56,943	56,943	22,89
$\Delta X[m]$			13,097	-13,097	83,87
natančnost centriranja		1,5 mm			
natančnost merjenja kotov σ_α		1"			
natančnost merjenja dolžin		1mm+1ppm			
natančnost označevanja detajlnih točk		3 mm			
pogrešek operaterja		3,7 mgon			
povečava daljnogleda		30 krat			
ρ		63,662 gon			
σ_{x5005}		1			
σ_{y5005} [mm]		0,7			
σ_{x5006} [mm]		1			
σ_{y5006} [mm]		0,7			
σ_{x5007} [mm]		1,1			
σ_{y5007} [mm]		0,7			
povprečen merjen kot alfa			168,278986	141,896511	125,070510
smerni kot			282,95287	102,95287	15,265523
povprečna dolžina d2			14,7373	23,693200	42,570300
dolžina d1			58,4297583	58,429758	86,937501

IZRAČUNI

σ_{si}	0,27	0,43	0,52
σ_v	0,12	0,12	0,12
σ_{xP}^2	0,21	1,97	1,59
σ_{yP}^2	1,34	0,66	1,35
ocena natančnost detaljnih točk [mm]	3,26	3,44	3,50
skupna ocena natančnosti detaljnih točk [mm]:	3,40		

PRILOGA E: GRAFIČNI PRIKAZ ANALIZE GEODETSKIH NAČRTOV



PRILOGA E

LEGENDA:

- Elektro jašek
- Telefonski jašek
- Vodovodni jašek
- Jašek neznan
- Manjša zelenica
- Elek. drog
- Rešetka
- Svetilka
- Zasun (voda)
- Stanovanjska stavba
- Zasun (plin)
- Zelenica
- Jašek neznan
- Manjša zelenica
- Elek. drog
- Rešetka
- Svetilka
- Zasun (voda)
- Zasun (plin)
- Grmovije
- Požiralnik
- Kanalizacijski jašek
- Sadno drevo
- Referenčni GN
- GN_Šoiči

Vsebina/naslov risbe:
 Grafični prikaz analize GN

Merilo	1:500	Datum: maj 2016
--------	-------	-----------------