

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Gregor BAŠKOVČ

**UPORABA RAZLIČNIH GEODETSKIH METOD V
GOZDNEM GRADBENIŠTVU**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2007

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Gregor BAŠKOVČ

**UPORABA RAZLIČNIH GEODETSKIH METOD V GOZDNEM
GRADBENIŠTVU**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**USE OF VARIOUS GEODETIC METHODS IN FOREST CIVIL
ENGINEERING**

GRADUATION THESIS
Higher studies

Ljubljana, 2007

Diplomsko delo je zaključek visokošolskega študija gozdarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za gozdno tehniko in ekonomiko Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire je na 3. seji dne 23.01.2007 za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Igorja Potočnika in za recenzenta doc. dr. Aleša Breznikarja.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Gregor Baškovč

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 53.083:630*38(043.2)=163.6 GDK 38--087(043.2)=163.6
KG	geodetske metode/GPS/garmin/busola/meritve/gozdno gradbeništvo
KK	
AV	BAŠKOVČ, Gregor
SA	POTOČNIK, Igor (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
LI	2007
IN	UPORABA RAZLIČNIH GEODETSKIH METOD V GOZDENM GRADBENIŠTVU
TD	Diplomsko delo (Visokošolski strokovni študij)
OP	X, 57 str., 5 pregl., 37 sl., 6 pril., 20 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	Geodetske metode so danes prisotne v vseh segmentih gradbeništva. Namen naloge je bilo ugotoviti katera izmed metod, ki so v uporabi danes najbolj primerna za uporabo v gozdnem gradbeništvu. Uporabili smo busolno metodo, tahimetrijo in GPS. Izmere smo izvedli z štirimi različnimi inštrumenti; Suunto TANDEMom, Wildom RDS, Thales Z-MAXom in Garminom V. Za raziskovalni objekt, smo izbrali tri različne lokacije s tremi popolnoma različnimi konfiguracijami terena. Na vsaki lokaciji smo izmerili 550 metrov gozden ceste in iz meritev dobili situacijo in podolžni profil za merjeni odsek. Poleg natančnosti, na katero smo se najbolj osredotočili in zahtevnosti za delo z določenim inštrumentom je bil odločilen tudi ekonomski faktor, saj je ta vidik zelo pomemben pri gozdnem gradbeništvu. Tako smo dobili rezultate, ki pokažejo kako se inštrumenti obnesejo v različnih okoljih. Iz dobljenih rezultatov je razvidno, da je kljub določenim pomanjkljivostim, kot je slaba natančnost, še vedno najprimernejša busolna metoda, ki je trenutno tudi najbolj razširjena. Wild je uporaben v določenih pogojih, ki lahko nastanejo pri gradnji. Garmin V je dosti premalo natančen in preveč dovzeten za napake za resno uporabo v gradbeništvu. Thales Z-Max pa ni uporaben zaradi slabega sprejema v gozdu in zaradi zelo visoke cene inštrumenta. Vendar pa bo v prihodnosti GPS tehnologija, ki postaja vedno bolj cenovno dostopna in izpopolnjena, postala pomembna tudi v gozdnem gradbeništvu, saj je enostavna za uporabo in odpira nove možnosti in načine za delo.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Gt
DC UDC 53.083:630*38(043.2)=163.6
FDC 38--087(043.2)=163.6
CX Geodetic methods/GPS/Garmin/compass/measurements/forest civil engineering
CC
AU BAŠKOVČ, Gregor
AA POTOČNIK, Igor (supervisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
PB University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of forestry and renewable forest resources
PY 2007
TI
DT Graduation thesis (Higher studies)
NO X, 57 p., 5 tab., 37 fig., 6 ann., 20 ref.
LA sl
AL sl/en
AB Nowadays, geodetic methods are used in all segments of civil engineering. The purpose of this thesis was to find out which of the currently used methods is the most appropriate one for use in forest civil engineering. The compass method was used, as well as tachimetry and GPS. The measurements were performed using four different instruments: Suunto TANDEM, Wild RDS, Thales Z-MAX and Garmin V. For the research project, three different locations were selected with three completely different terrain configurations. At each location, 550 meters of a forest road were measured and from these measurements the site plan and the longitudinal profile for the measured road section were obtained. In addition to accuracy, which we focused on most, and the difficulties related to work with a certain instrument, the economic factor was also crucial, as this aspect is very important in forest civil engineering. Results were thus obtained that show how instruments perform in different environments. It can be seen from the collected results that in spite of certain shortcomings such as low accuracy, the most appropriate method is still the compass method, which is currently also the most widespread one. Wild RDS is useful under certain conditions which may develop during construction. Garmin V is much too inaccurate and much too prone to errors to be seriously considered in civil engineering. Thales Z-Max is not useful due to poor reception in forest areas and due to the very high price of the instrument. However, in the future, GPS technology which is becoming increasingly more affordable and perfected will also become important in forest civil engineering, as it is simple to use and opens new possibilities and new possible work methods.

KAZALO VSEBINE

Ključna dokumentacijska informacija.....	III
Key words documentation.....	IV
Kazalo vsebine.....	V
Kazalo preglednic.....	VII
Kazalo slik.....	VIII
Kazalo prilog.....	X
1 UVOD.....	1
2 CILJI IN NAMEN DIPLOMSKEGA DELA.....	2
3 DELOVNE HIPOTEZE.....	3
4 METODE DELA.....	4
4.1 RAZISKOVALNI OBJEKT	4
4.1.1 Prva lokacija – Hraško polje	4
4.1.2 Druga lokacija – Stari Grad	6
4.1.3 Tretja lokacija – Dolina Korošice.....	8
4.1.4 Test natančnosti GPS inštrumentov.....	10
4.2 PRIPRAVA DELA	10
4.3. GEODETSKE METODE	12
4.3.1 Busolna metoda	12
4.3.2 Tahimetrija	12
4.3.3 GPS (Global positing system)	13
4.4 INŠTRUMENTI	21
4.4.1 Suunto Tandem	21
4.4.2 Wild RDS	22
4.4.3 Garmin V.....	24
4.4.4 Thales Z-MAX.....	26
4.5 TERENSKO DELO	28
4.5.1 Merjenje z busolo	29
4.5.2 Merjenje z Wild RDS	29
4.5.3 Merjenje z GPS Garmin V	30
4.5.4 Mejenje z GPS Thales Z-MAX	31

4.6 KABINETNO DELO	32
4.6.1 Izračun koordinat in višin pri busolni metodi in tahimetriji	34
4.6.2 Izračun koordinat in višin pri GPS	35
5 REZULTATI	36
5.1 SITUACIJA.....	36
5.1.1 Rezultati prva lokacija – Hraško polje	36
5.1.2 Rezultati druga lokacija – Stari grad	37
5.1.3 Rezultati tretja lokacija – dolina Korošice	38
5.2 PODOLŽNI PROFIL	39
5.2.1 Rezultati prva lokacija – Hraško polje	39
5.2.2 Rezultati druga lokacija – Stari grad.....	40
5.2.3 Rezultati druga lokacija – dolina Korošice	41
5.3 GPS NATANČNOST IN VIRI NAPAK	42
5.3.1 Viri napak.....	42
5.3.2 Natančnost v praksi	43
5.4 EKONOMSKI IN STROKOVNI VIDIK.....	48
6 RAZPRAVA IN SKLEPI	50
7 POVZETEK.....	54
8 VIRI.....	56
ZAHVALA	
PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Paramateri za prikaz Gauß-Krügerjeve projekcije v 5. coni	26
Preglednica 2: Predznak tangensa smernega kota glede na predznak koordinatnih razlik.....	35
Preglednica 3: Testna opazovanja z Thales Z-MAX in Garmin V	44
Preglednica 4: Cenovni vidik	49
Preglednica 5: Dejavniki, ki vplivajo na izbiro inštrumenta	53

KAZALO SLIK

Slika 1: Prva lokacija - širša okolica	5
Slika 2: Prva lokacija – ožja okolica.....	5
Slika 3: Druga lokacija - širša okolica	7
Slika 4: Druga lokacija – ožja okolica.....	7
Slika 5: Tretja lokacija - širša okolica	9
Slika 6: Tretja lokacija - ožja okolica cevi.....	9
Slika 7: Globalni koordinatni sistem WGS-84	11
Slika 8: Gauß-Krügerjev koordinatni sistem.....	11
Slika 9: Shema satelitov v zemeljski orbiti	15
Slika 10: Shema signanlov L1 in L2.....	17
Slika 11: Shema delovanja diferencialnega načina GPS.....	19
Slika 12: Razporeditev stalnih GPS postaj po Sloveniji.....	20
Slika 13: Doseg in optimalna pokritost z GSM signalom iz GPS postaj po Sloveniji	21
Slika 14: Suunto TANDEM.....	22
Slika 15: Detajl busole in naklonometra na Suunto TANDEMU.....	22
Slika 16: Wild RDS.....	23
Slika 17: Garmin V.....	24
Slika 18: Primerjava med Besselovim in WGS-84 elipsoidom	25
Slika 19: Zaslon Garmina V z koordinatami v WGS-84 sistemu	26
Slika 20: Thales Z-MAX.....	27
Slika 21: HP Ipaq dlančnik	28
Slika 22: Označba točke na terenu	29
Slika 23: Wild RDS postavljen na točko	30
Slika 24: Garmin V postavljen na točko	31
Slika 25: Skica situacije	32
Slika 26: Skica krivine	33
Slika 27: Skica podolžnega profila	33
Slika 28: Situacija prva lokacija.....	36
Slika 29: Situacija druga lokacija.....	37

Slika 30: Situacija tretja lokacija.....	38
Slika 31: Podolžni profil prva lokacija.....	39
Slika 32: Podolžni profil druga lokacija	40
Slika 33: Podolžni profil tretja lokacija	41
Slika 34: Tloris testnega vzorca Thales Z-MAX	45
Slika 35: Tloris testnega vzorca Garmin V	45
Slika 36: Primerjava višin testnega vzorca Thales Z-MAX	46
Slika 37: Primerjava višin testnega vzorca Garmin V	46

KAZALO PRILOG

Priloga A: Rezultati meritev na prvi lokaciji – koordinate

Priloga B: Rezultati meritev na drugi lokaciji – koordinate

Priloga C: Rezultati meritev na tretji lokaciji – koordinate

Priloga D: Rezultati meritev na prvi lokaciji – nadmorske višine

Priloga E: Rezultati meritev na drugi lokaciji – nadmorske višine

Priloga F: Rezultati meritev na tretji lokaciji – nadmorske višine

1 UVOD

Geodetske meritve so v vseh vejah gradbeništvaja prisotne že dolgo časa, saj so podlaga za vsako načrtovanje in kasneje osnova za gradnjo različnih objektov. Danes si civilnega gradbeništvaja zato ni več moč zamišljati brez geodezije. V gozdnem gradbeništvu pa se iz geodezije uporabljajo samo osnovni postopki, ki so v uporabi v nespremenjeni obliki že zelo dolgo časa. V večini primerov se uporabljajo tehnično zastarele metode in orodja, ki v sodobni geodeziji veljajo za okorne in zelo nenatančne.

V zadnjih dveh desetletjih so geodetski postopki zelo pridobili na hitrosti, natančnosti in enostavnosti uporabe vse to predvsem na račun vedno večjega vpliva računalnikov, programske opreme, ter hitrosti tehničnega razvoja naprav. Zato se je potrebno vprašati ali niso možne izboljšave tudi na področju gozdnega gradbeništvaja. Seveda pa je to predvsem povezano s potrebami. Ker vemo, da v gozdarstvu gradimo predvsem enostavne objekte, od tega večino predstavljajo dolžinski objekti kot so gozdne ceste in vlake. Enostavni objekt je konstrukcijsko manj zahteven objekt, ki ne potrebuje posebnega statičnega in gradbeno – tehničnega preverjanja, ki ni namenjen prebivanju in ni objekt z vplivi na okolje (Zakon o graditvi objektov, 2002). Tukaj že po definiciji ni potrebna zelo velika natančnost, saj imamo malo tehničnih specifikacij, ki jim moramo pri takšnem projektu zadostiti. Vseeno pa bi morali biti pozorni na izboljšave, ki nam lahko delo olajšajo, povečajo storilnost in nam omogočajo sprotno prilagajanje spremembam.

V zadnjem času se kot zelo uporabno orodje za delo na terenu kaže predvsem GPS tehnologija. Izhaja iz potreb za vojaške namene, vendar je hitro prešel v druge različne panoge, kot so navigacija, transport, logistika, policija in geodezija. GPS je uporaben kjer koli na svetu, pod enakimi pogoji, uporaba je v večini primerov enostavna, saj je predviden tudi za laične uporabnike. V zadnjem času igra veliko vlogo v cestni navigaciji, GPS module najdemo v vsakodnevnih pripomočkih, kot so osebni računalniki, dlančniki in mobilni telefoni. Zato se moramo vprašati ali lahko to tehnologija, ki nam je že na voljo v vsakdanjem življenju, ki je cenovno vedno bolj dostopna in tehnično nezahtevna, lahko olajša ali izboljša tudi delo v gozdu.

2 CILJI IN NAMEN DIPLOMSKEGA DELA

Namen diplomskega dela je ugotoviti kako se različne geodetske metode praktično vklapljajo v gozdno gradbeništvo, ali imamo od njih v gozdarstvu koristi in ali si z njimi lahko pomagamo, da privarčujemo čas in denar. Nekoliko večji poudarek pri diplomskem delu je na GPS tehnologiji, ki se na prvi pogled kaže zelo uporabna in enostavna za uporabo na terenu. Namen je tudi ugotoviti ali nam obstoječe metode, ki jih v gozdarstvu že uporabljamo, še vedno zadoščajo ali se kažejo potrebe po boljših in natančnejših metodah.

Cilji diplomskega dela:

- predstavitev različnih geodetskih metod in njih smoter za uporabo v gozdarstvu,
- uporaba GPS tehnologij za določanje objektov v gozdu in njihova natančnost ,
- primerjava natančnosti med različnimi geodetskimi metodami na različnih terenih,
- smiselnost uporabe določenih geodetskih metod na določenih terenih,
- cenovna primerjava geodetskih metod in njih ekonomska upravičenost,
- ugotovitev optimalnega preseka med geodetskimi metodami v smislu natančnost/čas/cena.

3 DELOVNE HIPOTEZE

V okviru problematike smo oblikovali naslednje hipoteze:

1. Busolna metoda je hitra in enostavna, vendar je lahko zelo nenatančna,
2. Ročni GPS kljub enostavnosti in dostopnosti, ni primeren za natančne posnetke zaradi nenatančnosti,
3. Geodetski GPS je zelo natančen, vendar ni uporaben na območjih s slabim signalom (odvisno od poraščenosti in konfiguracije terena), ter je zelo drag,
4. Klasični RDS je precizen in relativno poceni, vendar zahteva usposobljenega delavca (geodeta) in dosti več časa od ostalih metod.

Hipoteze izhajajo iz osnovnih tehničnih zakonitostih posamezne geodetske metode in inštrumenta. Med seboj se ločijo po specifikacijah kot so natančnost, strokovna zahtevnost, cena, zahtevnost upravljanja z inštrumentom, časovna komponenta in naknadna obdelava rezultatov. Na podlagi teh podatkov smo lahko predhodno predvideli pomanjkljivosti ali prednosti določene geodetske metode in tako postavili hipoteze.

4 METODE DELA

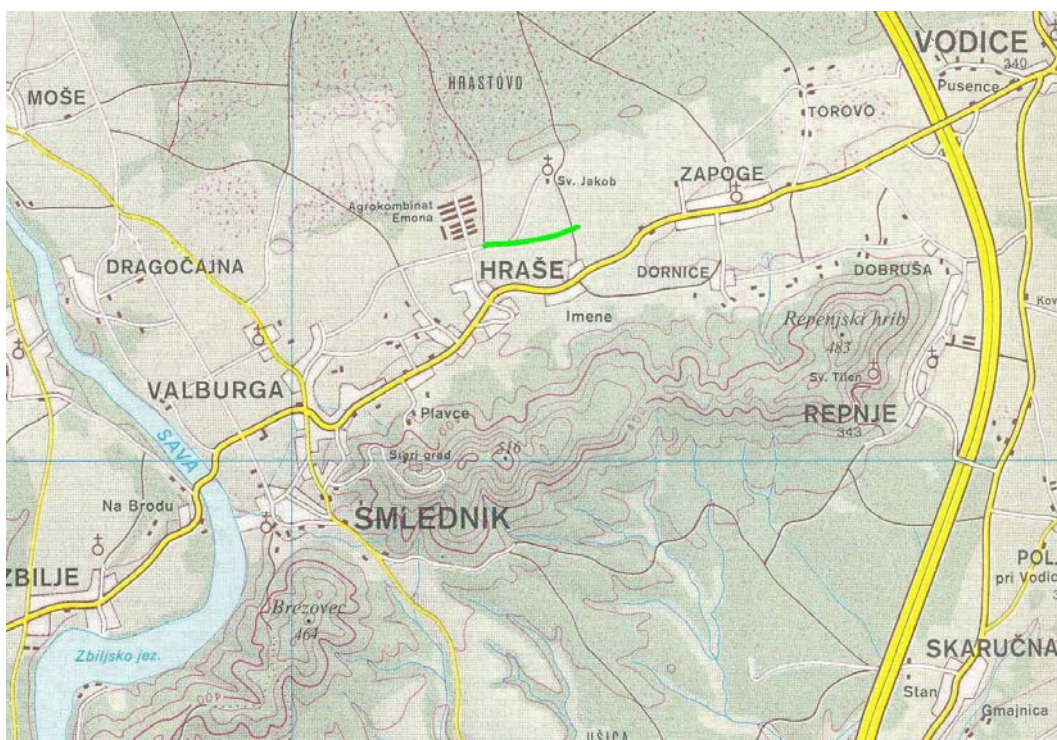
4.1 RAZISKOVALNI OBJEKT

Raziskovalni objekt predstavlja gozdna cesta na treh različnih lokacijah, v treh različnih okoljih. Na vsaki lokaciji smo izbrali 550 metrov ceste.

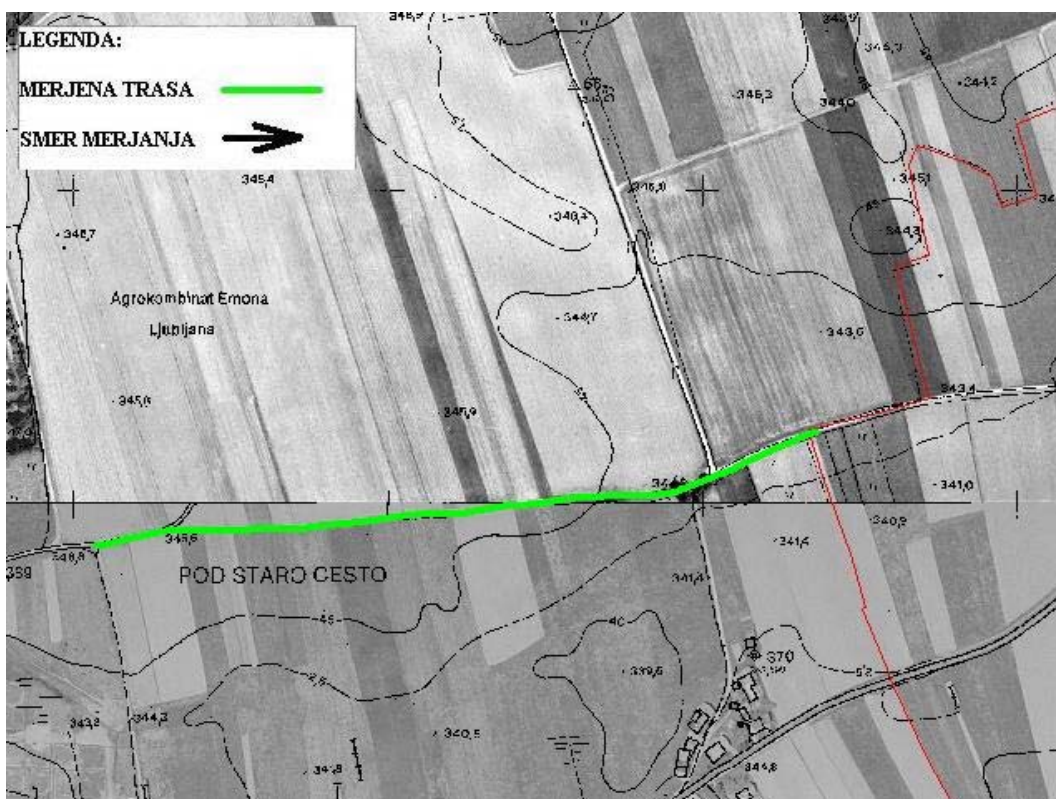
Teren za naše izmere smo izbrali predhodno po ključu težavnosti, da bi dobili čim bolj značilne podatke za naš problem. Določili smo tri terene, ki so si med seboj popolnoma različni. Prvi naj bi predstavljal idealno, drugi tipično in tretji čim bolj ekstremno situacijo iz vidika terena, na katerem bi dela lahko potekala. Na vsaki se izpostavijo novi problemi v zvezi z meritvami, zato dobimo podatke iz katerih je najbolj razvidno katera geodetska metoda je bolj in katera manj primerna za določen tip terena.

4.1.1 Prva lokacija – Hraško polje

Prva lokacija je odprto ravno polje. Nahaja se približno 10 kilometrov iz Ljubljane proti severu (vas Hraše), ob cesti Vodice – Smlednik. Je brez kakršnihkoli motečih elementov saj v neposredni bližini razen enega osamelca ni vzpetin, gozdov, vasi, daljnovodov ali drugih večjih objektov. Opazovani objekt predstavlja traktorski kolovoz za dostop na njive. Smer meritve je potekala od zahoda proti vzhodu. Cesta je večinoma ravna, tako v vertikalni kot tudi horizontalni smeri.



Slika 1: Prva lokacija - širša okolica (Atlas Slovenije, ustreza TTN nomenklaturi 012-4-2)

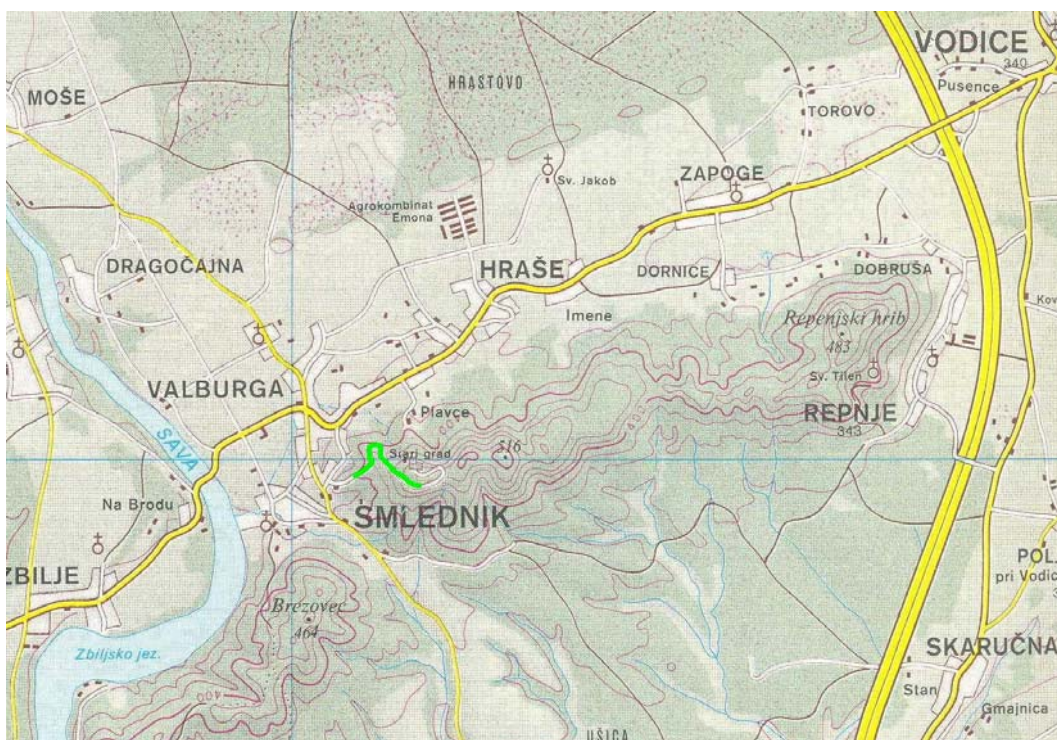


Slika 2: Prva lokacija - ožja okolica (Geodetska uprava RS)

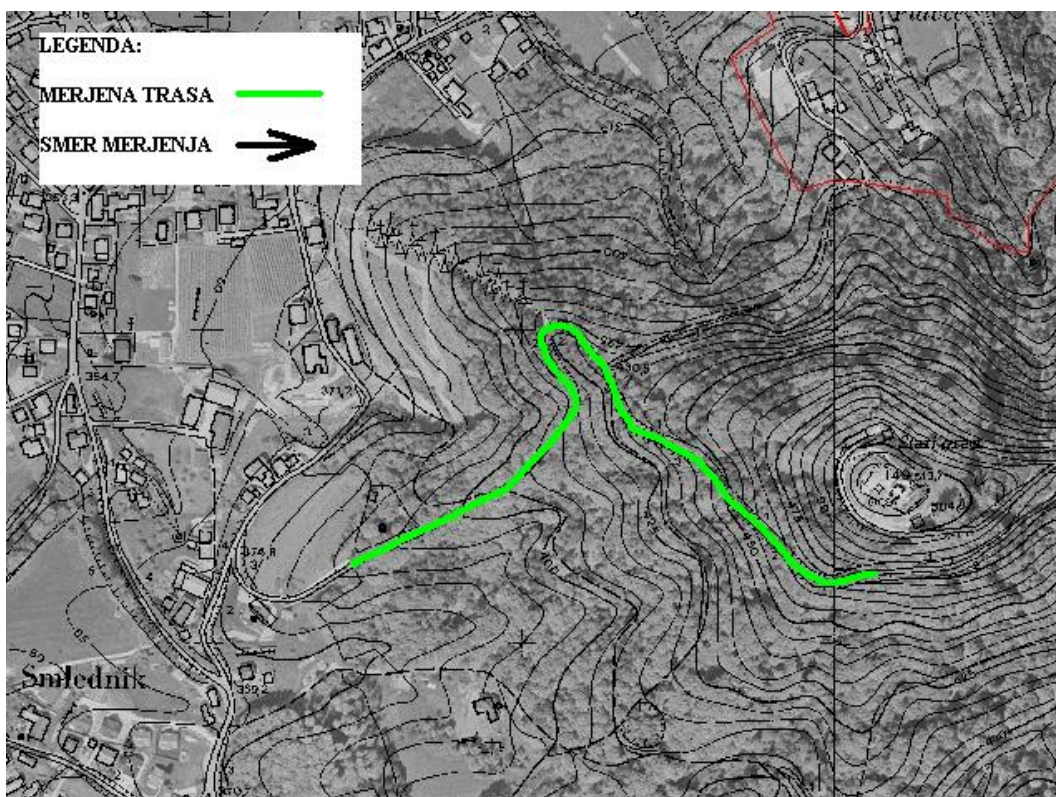
Ta lokacija predstavlja zaradi svoje lege osnovo za primerjavo med meritvami, saj so tukaj pričakovano napake in odstopanja, ki se pojavljajo pri različnih metodah najmanjše.

4.1.2 Druga lokacija – Stari Grad

Druga lokacija je oddaljena slabe 3 kilometre od prve, proti jugu. Gre za skrajni zahodni vrh, hribovske verige, ki poteka med vasjo Repnje na vzhodu in krajem Smlednik na zahodu. Opazovani objekt je gozdna cesta, ki služi kot dostop do gozda in dostop do vrha hriba, kjer je znana izletniška točka Stari grad. Cesta ima več krivin in se strmo vzpenja. Na prvi polovici je tudi izrazita krivina – serpentina. Okolica je v celoti zaraščena z mešanim gozdom, večjih vrzeli ni, sklep je tesen.



Slika 3: Druga lokacija - širša okolica (Atlas Slovenije, ustreza TTN nomenklaturi 012-4-2)

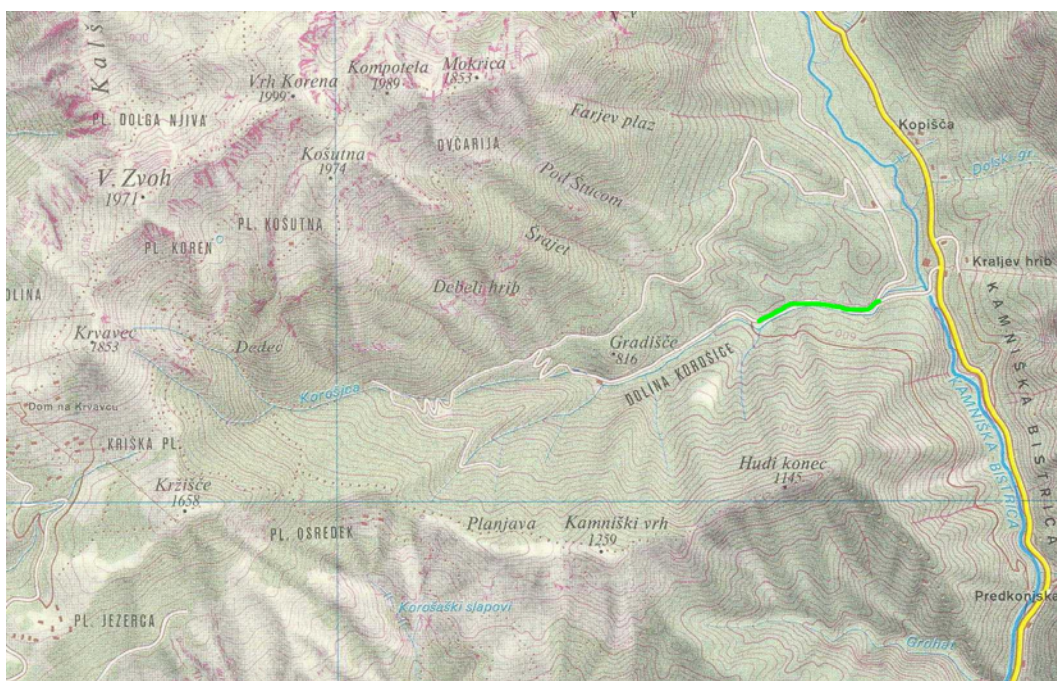


Slika 4: Druga lokacija - ožja okolica (Geodetska uprava RS)

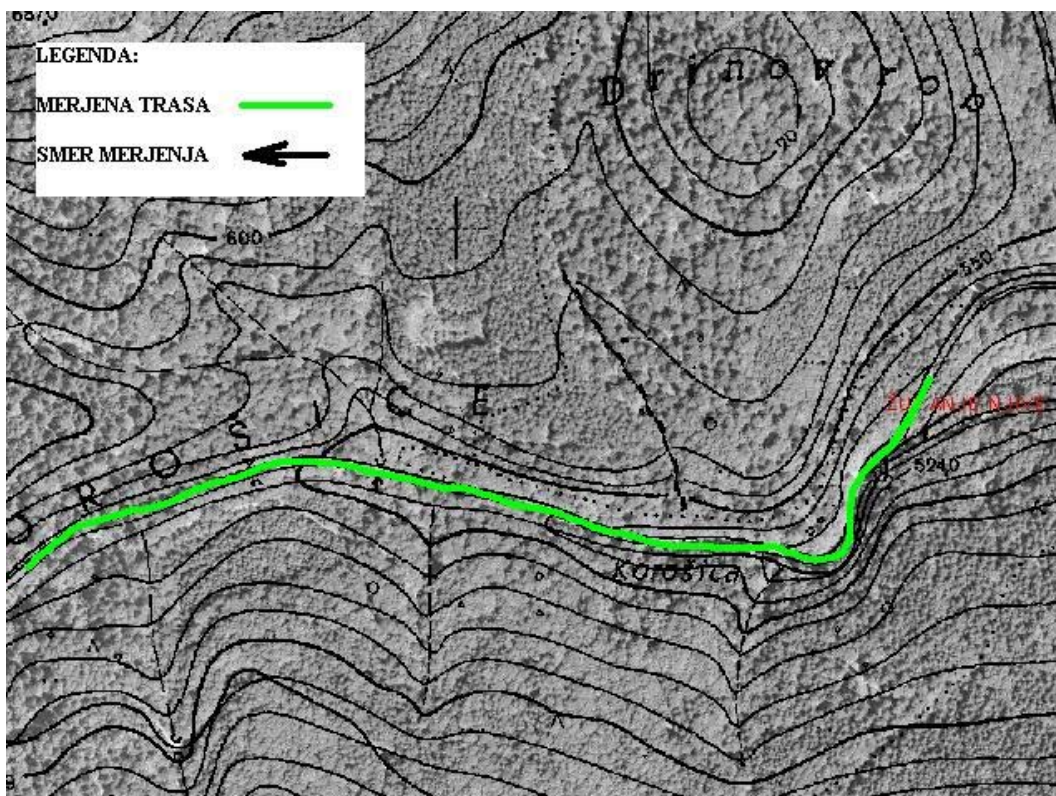
Ta lokacija predstavlja okolje, ki je verjetno najbolj tipično za naše gozdove in kjer bi verjetno večina geodetskih meritev tudi potekala, zaraščeno, gozdno okolje z razmeroma lahkim dostopom. Razgibanost opazovanega objekta je tako vertikalna kot horizontalna. Pričakovani moteči element tukaj je predvsem gost sklep krošenj.

4.1.3 Tretja lokacija – Dolina Korošice

Tretja lokacija se nahaja v bližini izvira Kamniške bistrice. Gre za ozko dolino, ki se odpira proti zahodu. Dolina je stisnjena med visoke vrhove (nad 1200 metrov nadmorske višine) in ima od začetka značilnosti soteske, saj po dnu teče samo istoimenski potok in gozdna cesta. Služi izključno za gozdarsko rabo in dostop do gozda. Sama okolica ceste ni močno zaraščena in na dosti mestih se horizont popolnoma odpre. So pa bregovi doline zelo zaraščeni in se strmo vzpenjajo. Cesta se rahlo dviguje, horizontalna razgibanost je zmerna, brez večjih zavojev, razen enega pri vstopu v dolino.



Slika 5: Tretja lokacija - širša okolica (Atlas Slovenije, ustreza TTN nomenklaturi 013-1-3)



Slika 6: Tretja lokacija - ožja okolica (Geodetska uprava RS)

Ta lokacija predstavlja ekstremno situacijo, težko dostopno, zaprto dolino, ki pa se v naših geografskih razmerah lahko pojavi zelo hitro, saj je večina države gorate. Ima vse tiste elemente, ki močno zmanjšajo sprejem GPS signala, zato je ta hitro popačen ali pa ga sploh ni.

4.1.4 Test natančnosti GPS inštrumentov

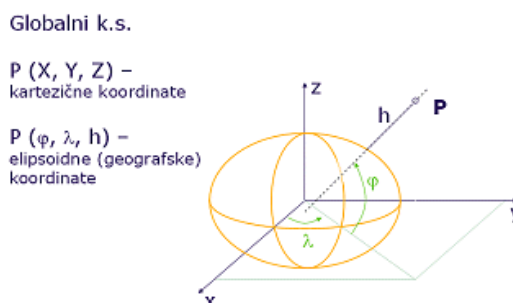
Da bi dobili dejansko razliko v sprejemu in natančnosti naprav smo ločeno testirali uporabljeno ročno GPS napravo Garmin in geodetski GPS Thales. Na ravni površini brez večjih naravnih motenj v bližini, smo označili kvadrat s stranicami 6 krat 6 metrov. Nato smo 4-krat zmerili oglišča kvadrata z vsako napravo. Tako smo dobili osem neodvisnih rezultatov, na majhnem območju, ker se tako najboljše vidijo majhna odstopanja. Dobljene rezultate smo primerjali med sabo.

4.2 PRIPRAVA DELA

Pred podrobnim opisom metod in inštrumentov si je za lažje razumevanje potrebno pogledati nekaj osnovnih pojmov in kratic, ki se pojavljajo v zvezi z geodetskimi meritvami.

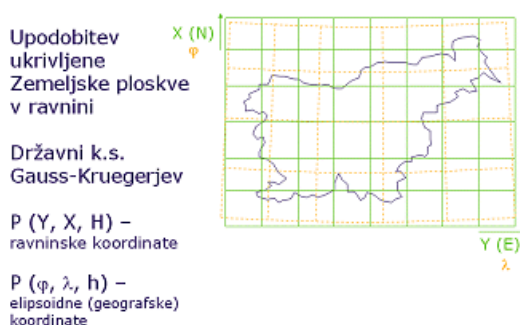
- **Busola** je tehnično bolj izpopolnjen in natančnejši kompas
- **GPS** (Global Positioning System) ali sistem globalnega določanja položaja je satelitski navigacijski sistem, ki se uporablja za določanje natančnega položaja kjerkoli na Zemlji. (Geosistemi ..., 2006)
- **WGS-84** (World Geodetic System 1984) sistem v katerem primarno delujejo vsi nadzorni centri in GPS sprejemniki. To je globalni koordinatni sistem z izhodiščem v težišču Zemlje in se vrti skupaj z njo. Položaj točke v tem sistemu je določen s kartezičnimi koordinatami (X, Y, Z) ali z geografskimi koordinatami (ϕ , λ , h; geografska širina, dolžina in elipsoidna višina). Višina v tem sistemu je določena

kot pravokotna oddaljenost točke nad WGS-84 elipsoidom, ki aproksimira Zemljo kot telo. (Geosistemi ...,2006)



Slika 7: Globalni koordinatni sistem WGS-84 (www.geosistemi.si)

- **Gauß-Krügerjev** ravninski koordinatni sistem sloni na Gauß-Krügerjevi konformni projekciji meridijskih con s širino 3° po geografski dolžini. To je projekcija elipsoida na prečni valj, ki tangira elipsoid na določenih meridianih. Rezultati merjenja se neposredno konformno projicirajo od elipsoida Zemlje na izbrani valj, ki se razvije v ravnino. Ker je projekcija konformna, deformacije kotov ni, so pa deformacije dolžin, ki se večajo z oddaljenostjo od projekcije srednjega meridiana. (Juvančič, 2000)



Slika 8: Gauß-Krügerjev koordinatni sistem (www.geosistemi.si)

- **RTK** (Real Time Kinematic) je metoda merjenja s katero dobimo pri GPS sprejemnikih natančnejše rezultate. S popravo nosilne faze signala v referenčni postaji dobimo v sprejemnik centimetersko natančnost v realnem času. (Geosistemi ..., 2006)

4.3. GEODETSKE METODE

4.3.1 Busolna metoda

Pri busolni metodi gre za preprosto določanje kotov s pomočjo busole. Magnetna igla, ki mora biti nastavljena čim bolj brez trenja, se v odsotnosti drugih zunanjih vplivov poravnava v smeri zemeljskih magnetnih silnic, proti magnetnemu severu. Tako nam igla kaže referenčno smer, ki služi za navigacijo. Z uporabo limba lahko določamo osnovne smeri neba in magnetni azimut (kot med izbrano smerjo in magnetnim severom), kar nam skupaj z karto omogoča orientacijo in določanje stojišča. Natančnost busolne meritve je odvisna od natančnosti merjenja magnetnih azimutov in dolžin, zato moramo vedeti, kako natančno je mogoče določiti vrednost magnetnega azimuta in dolžine.

4.3.2 Tahimetrija

Tahimetrija je polarna metoda izmere. Velika prednost te izmere je v tem, ker sta že v njeni osnovi kombinirani horizontalna izmera in višinomerstvo. Z njo dobimo torej horizontalni in višinski položaj izmerjenih točk. Uporaba je zato enostavna tudi na razgibanem terenu. S to metodo določamo relativne koordinate detajlnih točk glede na dane geodetske točke.

Položaj neke točke T v prostoru lahko določimo s pravokotnimi koordinatami X_T , Y_T in Z_T ali pa s prostorskimi polarnimi koordinatami α , β in d' . Kot β je horizontalni kot od neke znane smeri, α je vertikalni kot, d' pa poševna razdalja. Vsi ti elementi so določeni od neke dane točke S. Situacijo točke T na horizontalni ravnini X,Y dobimo s horizontalnim kotom β in horizontalno razdaljo d, ki je projekcija poševne razdalje d' na horizontalno ravnino X,Y. Višinsko razliko Δh med točkama T' in T dobimo z vertikalnim kotom α .

Če v točki S postavimo inštrument in izmerimo horizontalni kot β od neke dane smeri, poševno razdaljo d' od točke S in vertikalni kot α , dobimo elemente za predstavitev točke T v horizontalni ravnini in višinsko razliko Δh med točko S in točko T. Pri tahimetrični izmeri terena predstavlja stojišče inštrumenta poligonska točka, začetno smer pa vizura

prosti drugi poligonski točki. Tahimetrijo delimo v navadno, precizno in elektrooptično. Navadna tahimetrija se deli v trinitno tahimetrijo in avtoredukcijsko tahimetrijo. Za našo izmero smo uporabili avtoredukcijsko tahimetrijo. (Sluga, 1991)

A. Avtoredukcijska tahimetrija

Pri trinitni tahimetriji moramo vedno izračunavati tahimetrična elementa d in H' , kar je zelo zamudno delo tudi danes, kljub računanju z računalniki. Zato so razvili inštrument, ki je konstruiran tako, da lahko neposredno določa horizontalno razdaljo in višinsko razliko H' . Konstrukcija je takšna, da z enim parom niti dobimo horizontalno razdaljo d , z drugim parom pa H' . Imamo dve konstanti in sicer konstanto za dolžine K_d in konstanto za višine K_v s katerima množimo interval za dolžine in višine. Ker se razdalja b spreminja različno za dolžine in višine, razdalja na nitnem križu ne more biti konstantna ampak se mora spreminjati z vertikalnim kotom. Na osnovi tega dobimo krivulje (diagrame) v inštrumentu. (Sluga, 1991)

4.3.3 GPS (Global Positioning System)

Eden izmed bolj pomembnih zgodnjih dosežkov na področju navigacijskih sistemov je bil LORAN (**LO**ng **R**AngE Navigation). Slonel je na oddajnikih na Zemlji in je omogočal ladjam ter letalom, da so določili svoj položaj v dveh dimenzijah - zemljepisni dolžini in širini. Natančnost je bila 1,5 km, za potrebe merjenja torej popolnoma neprimerna. Poleg LORANA so bili razviti še drugi sistemi: Transit, Timation, Decca ... (Naprimen: Geosistemi, Global Positioning System (GPS) Resources)

V začetku 70. let pa je bil v ZDA predlagan projekt GPS. Njegov koncept je ustrezal vsem zahtevam ameriške vlade - da torej lahko v vsakem trenutku, na katerem koli koncu Zemlje in v vsakem vremenu določiš svoj položaj. Ameriško Ministrstvo za obrambo je sprva osnovalo mrežo satelitov za nadzor medcelinskih balističnih izstrelkov, vendar je kmalu postalo jasno, da lahko njihove dosežke uporabljajo tudi civilisti.

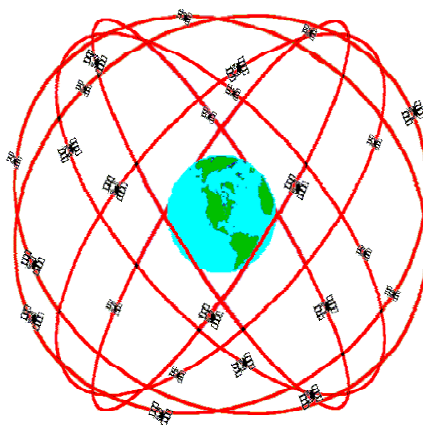
V primerjavi s standardnimi geodezijskimi postopki, pri GPS merjenjih ne potrebujemo vidne vizure, mreže točk ni potrebno razvijati postopoma, doseg merjenja z elektronskim tahimetrom je 20 km, z GPS sprejemnikom pa 10.000 km. Poleg tega pa ima GPS še eno dobro lastnost, točnost določanja pozicije je namreč lahko takšna, kot jo potrebujemo. Za popotnika ali vojaka "točno" pomeni 20 metrov, za ladje v obalnih vodah 5 metrov, za geodeta pa je to 1 centimeter. Ustrezno točnost dosežemo z izbiro sprejemnika in uporabljene merilne tehnike (avtonomno/diferencialno merjenje, eno/dvofrekvenčni sprejemnik, različni merilni učinki, večkanalni sprejemnik za sledenje več satelitov naenkrat ...).

A. Splošni podatki

Sistem GPS je sestavljen iz treh glavnih segmentov:

- vesoljski segment
- kontrolni segment
- uporabniški segment

Vesoljski segment je bil načrtovan za uporabo 24 satelitov (trenutno obkroža Zemljo 26 operativnih satelitov), ki se nahajajo 20.200 kilometrov visoko, tako da Zemlja s svojo atmosfero ne vpliva na njihov položaj. Stacionaža satelitov je matematično enostavno določljiva (efemeride). Sateliti so razvrščeni v 6 orbitalnih ravnin s 55° inklinacijo proti ekvatorju. Orbite so znane vnaprej in boljši sprejemniki GPS imajo v svoj spomin naložen, ves almanah GPS, ki za vsak trenutek kadar koli napove položaje posameznih satelitov na nebu. Zemljo obkrožijo v 12 urah. Na vsaki točki na Zemlji so nad obzorjem (vsaj 15° nad njim) vedno vidni vsaj 4 sateliti, v praksi pa pogosto celo 6 ali 7. Osnovni način delovanja sistema GPS je v merjenju razdalj do sprejemnika. Ob poznavanju pozicije posameznih satelitov je nato možno določiti položaj sprejemnika. Torej je potrebno zelo natančno merjenje časa, ki ga signal (sateliti ves čas oddajajo 2 signala) potrebuje za potovanje od satelita do sprejemnika. V ta namen ima vsak satelit vgrajene 4 atomske ure, ki so sinhronizirane in kontrolirane na Zemlji.



Slika 9: Shema satelitov v zemeljski orbiti (www.drustvo-viharnik.si)

Kontrolni segment, ki ga sestavlja glavna kontrola v Colorado Springsu, ZDA in štiri opazovalne kontrole razporejene v bližini ekvatorja, ves čas spremlja delovanje satelitov, popravlja njihove orbite ter skrbi za sinhronizacijo njihovih ur. GPS omogoča dva nivoja uslug. Standard Positioning Service (SPS), ki je dostopen vsem uporabnikom brezplačno, a je njegova točnost občasno namenoma zmanjšana s strani Ministrstva za obrambo ZDA, njegova točnost je 100 m horizontalno (navadno 30 do 50 metrov) in 156 metrov vertikalno in Precise Positioning Service (PPS), ki je dostopen le pooblaščenim uporabnikom (vojaška in zavezniki ZDA), dosega pa točnosti do 22 metrov horizontalno (navadno 5 do 15 metrov) in 28 metrov vertikalno. Ker so tudi za civilno rabo potrebne večje natančnosti, je bila razvita posebna metoda merjenja z GPSom - diferencialni GPS, ki se izogne mnogim napakam v SPS.

Uporabniški segment predstavlja vse sprejemnike, ki so bili oblikovani za dekodiranje signalov, ki jih prenašajo sateliti in sicer za določanje položaja, hitrosti in časa. Za dešifriranje GPS signalov mora sprejemnik izvršiti naslednje naloge:

- izbrati enega ali več satelitov,
- doseči GPS signale,
- meriti in zasledovati,
- ažurirati navigacijske podatke.

B. Osnove določanja pozicije

Obstajajo različne metode določanja pozicije z GPSom. Izbira metode je odvisna od željene natančnosti in od vrste uporabljenega sprejemnika. Ločimo tri glavne tehnike določanja položaja:

- avtonomno določanje pozicije, pri kateri uporabljamo en sam sprejemnik, za točnosti pod 100 m (civilna raba) oziroma pod 20 m (vojaška raba)
- diferencialni GPS, znan tudi kot DGPS, za točnosti od 0,5 do 5 m; za GIS, pomorsko navigacijo, precizno kmetijstvo ...
- diferencialno merjenje faze, za najvišje točnosti od 0,5 do 20 mm; za geodetske meritve, nadzor strojev ...

C. Avtonomna navigacija

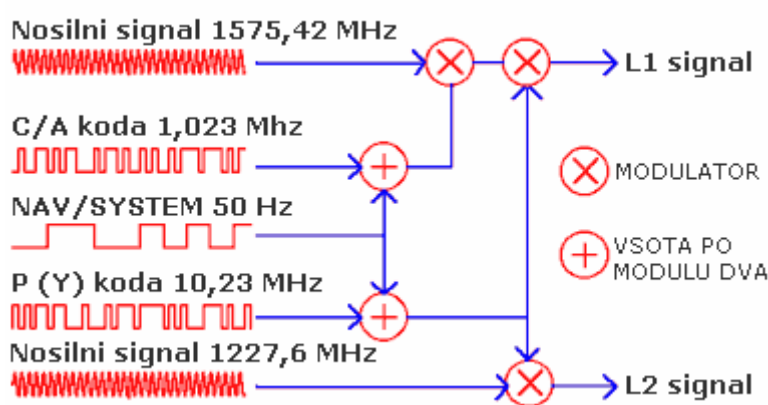
To je najenostavnejša tehnika, s katero uporabnik določi pozicijo, višino ali točen čas. Določanje položaja temelji na merjenju razdalj do vsaj treh satelitov. Razdalje se enostavno izračunajo iz hitrosti (elektromagnetno valovanje se v vakuumu giblje s hitrostjo svetlobe, ki znaša približno 300.000 km/s) in časa potovanja signala od satelita do sprejemnika. Ker pa imamo v sprejemniku na razpolago le psevdo razdalje ter čas, ob katerem je signal prispel do sprejemnika, je potrebno določiti 4 neznanke (X, Y, Z in čas potovanja signala). Od tu se pojavi zahteva po opazovanju še četrtega satelita. Za GPS navigacijo torej potrebujemo vsaj 4 satelite.

Pozicija je tako določena iz izmerjenih psevdo razdalj, popravka ure in podatkov o efemeridah - položajih satelitov. Sprejemnik lahko kartezijske koordinate X, Y, Z pretvori v WGS-84 (zemljepisna dolžina, zemljepisna širina in višina) ali lokalne koordinate s pomočjo ustreznih transformacij.

D. Signali

Vsak satelit ima več (navadno 4) izjemno natančnih atomskih ur. Ure delujejo z osnovno frekvenco 10,23 MHz. Ta frekvenca je osnova za signale, ki jih sateliti ves čas oddajajo. Nosilni signal za L1 ima frekvenco $154 \times 10,23$ MHz, nosilni signal za L2 pa $120 \times 10,23$ MHz.

Sateliti oddajajo dva signala (t.i. L1 in L2 signal). L1 signal modulirata C/A (Coarse/Acquisition) koda, ki se ponavlja vsakih 1023 bitov (1 ms) in je lastna vsakemu satelitu ter predstavlja osnovo za civilni GPS, ter P (Precision) koda, ki se ne ponovi okrog 267 dni (vsak enotedenski segment te kode je lasten satelitu, vsak teden se resetira) in predstavlja osnovo vojaškemu GPSu. L2 signal modulira samo P koda. Oba signala nosita tudi navigacijska sporočila z informacijami o orbiti satelita, korekcijah ure in druga sistemska sporočila.



Slika 10: Shema signalov L1 in L2 (www.drustvo-viharnik.si)

C/A in P koda predstavljata zaporedje psevdo naključnih bifaznih modulacij nosilnega signala.

E. Merjenje s pomočjo kode

GPS sprejemnik generira enako psevdo naključno C/A in/ali P kodo kot satelit ob nominalno istem času. Sprejemnik to generirano kodo toliko časa premika po časovni osi, da pride do korelacije s kodo, ki jo je sprejel od satelita. Čas v trenutku, ko je korelacija največja, se imenuje "čas prihoda" (Time of Arrival, TOA). Sprejemnik torej ugotovi, kdaj je satelit oddal isti vzorec kot on sam. Ta časovni zamik (Δt) je posledica potovanja signala od satelita do sprejemnika. Ker vemo, da je hitrost potovanja elektromagnetnega valovanja 300.000 km/s (svetlobna hitrost), na ta način dobimo razdaljo, ki jo je signal prepotoval od satelita do sprejemnika - psevdo razdaljo. Psevdo razdaljo pa zato, ker je vgrajena ura v GPS sprejemniku (navadno cenena digitalna ura) mnogo manj natančna kot ura v satelitu. Na tem mestu je torej jasno, da je meritev tem bolj natančna, čim več satelitov opazujemo,

saj nam to ponuja več možnosti za korekcijo posameznih psevdo razdalj. Razdalja se izračuna po preprostem obrazcu (1)

$$s = v \cdot t,$$

s pot,

v hitrost,

t čas,

$$\text{razdalja} = 300.000 \text{ km/s} \cdot \Delta t$$

(1)

F. Merjenje faze nosilnega signala

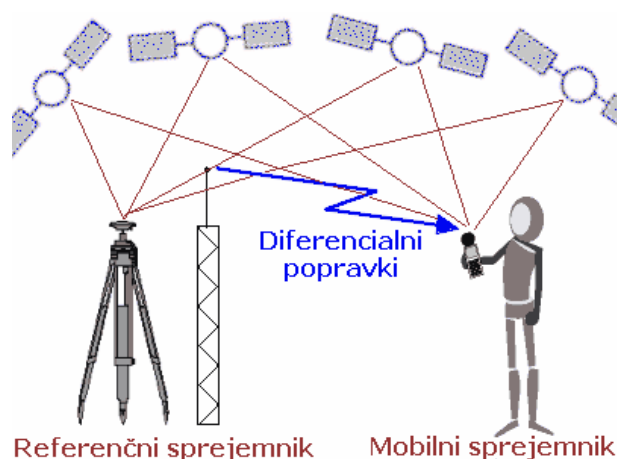
V tem načinu sta uporabljana nosilna signala L1 in/ali L2. Z merjenjem faze teh signalov lahko dosežemo milimetrsko natančnost. Merilni postopek je drugačen od prej opisanega, saj merjenje fazega zamika ne vsebuje nobenega podatka o času oddaje signala s satelita. Merilna metoda temelji na štetju period nosilnega signala preko časa. Vedno sta potrebna dva sprejemnika, ki hkrati sledita nosilni signal istih satelitov. Spremembe v razlikah faz obeh sprejetih signalov se nato pretvorijo v razdaljo (vektor) med referenčnim in mobilnim sprejemnikom. Omejitev je, da sta lahko največ 30 km vsaksebi, tako da je vpliv ionosfere oba signala še enak.

G. Diferencialni GPS

Diferencialni GPS je način merjenja, ki izloči velik del naravnih in umetnih napak. Nenatančnost izmerjenih razdalj izvira iz nenatančnih ur v sprejemnikih, nenatančnih orbit ter vplivov, ki delujejo na signal, ko potuje skozi ionosfero in atmosfero, od umetnih napak pa je najpomembnejše namerno degradiranje točnosti z vnašanjem šuma v signale satelita (S/A).

Te nenatančnosti so spremenljive in jih je potrebno vrednotiti tisti hip, ko jih potrebujemo. Rešitev je v uporabi dodatnega - referenčnega sprejemnika, ki stoji na natančno znani poziciji. Programska oprema v referenčnem sprejemniku iz psevdo razdalj in svojih koordinat določi korekcije za vsak satelit posebej. Sprejemnik zaradi svoje znane pozicije namreč natančno ve, kakšne so pravilne razdalje do satelitov. Razlike med pravilnimi in dejanskimi razdaljami so znane kot popravki. Le-te nato pošilja mobilnim sprejemnikom

po radijski zvezi ali pa jih shrani za kasnejšo obdelavo (post procesiranje). Vrsto komunikacije med tema dvema sprejemnikoma določa standard RTCM SC-104. Diferencialne popravke lahko mobilni sprejemniki uporabijo za določanje svoje pozicije. Pri merjenju s pomočjo C/A kode dosežejo točnosti od 0,5 do 5 m, najtočnejša metoda pa je diferencialno merjenje faze nosilnega signala (5 mm). Ta metoda je ustrezna tudi za številna geodetska merjenja.



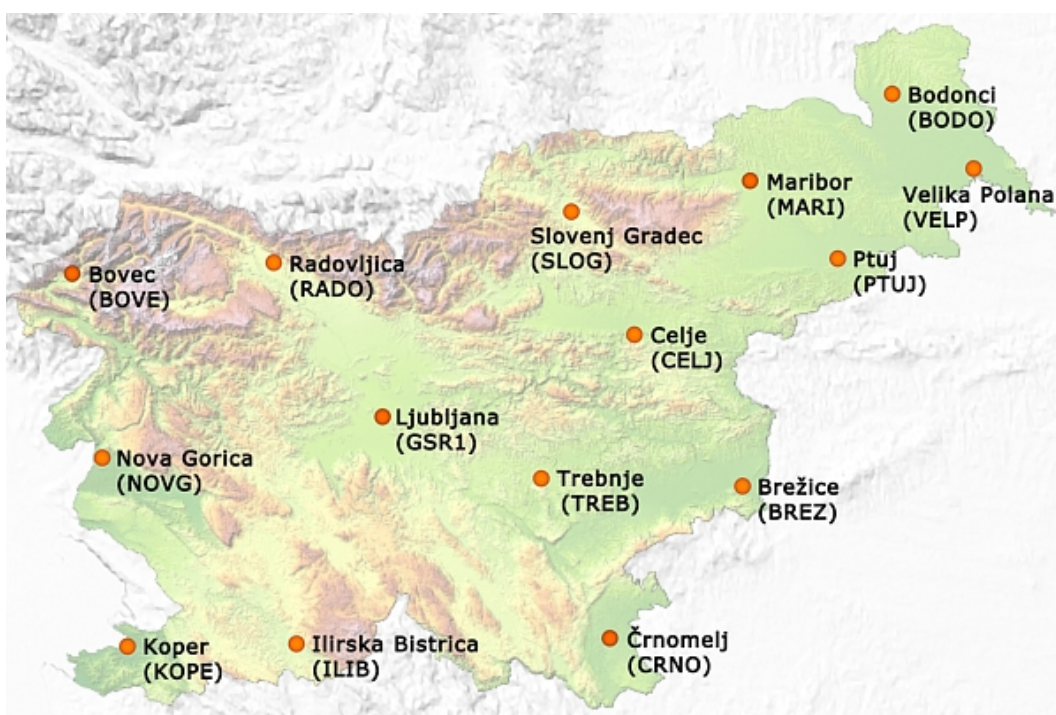
Slika 11: Shema delovanja diferencialnega načina GPS (www.geosistemi.si)

H. RTK (Real Time Kinematic)

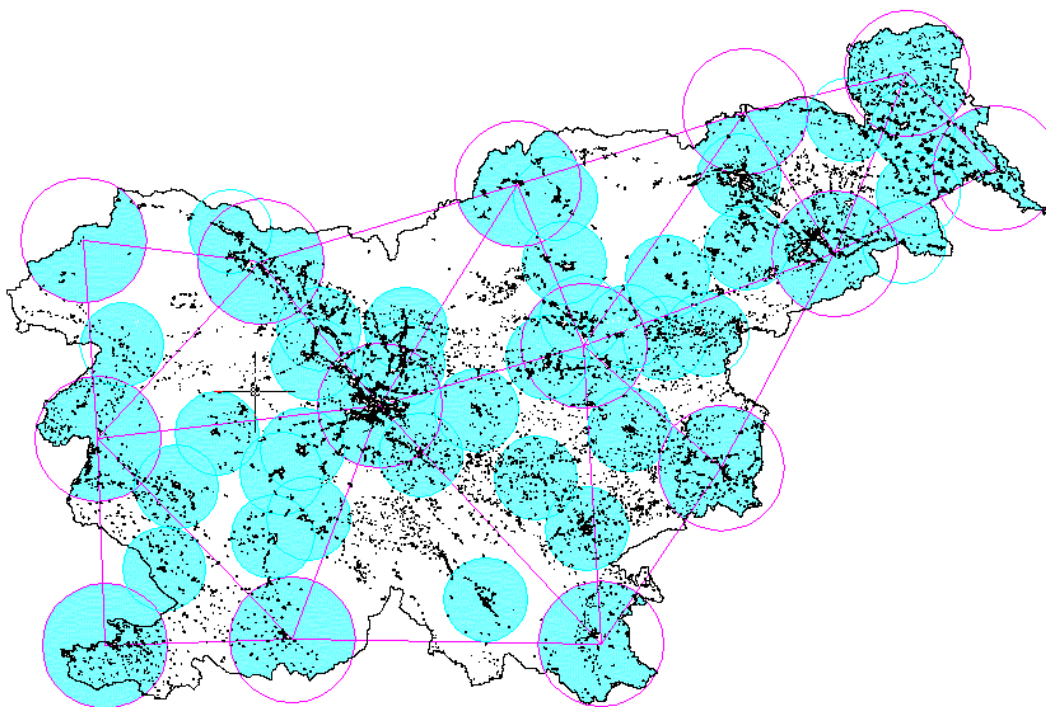
Je najnovejša tehnika in zagotavlja izjemno natančnost pri določanju pozicije tako statičnega, kot premikajočega se sprejemnika. Uporablja nosilno fazo signala ($\lambda=19\text{cm}$) in računa število valovnih dolžin do satelita. Če upoštevamo še to, da hkrati uporabljamo večje število satelitov (med 5 in 10) in realno časovno korekcijo iz bazne postaje, pridemo do natančnosti 2 centimetra na površini in 3 centimetre v višino. RTK osvežuje podatke tudi hitreje kot druge tehnike (tudi med 5 in 10-krat na sekundo), tako da je latenca (starost podatkov ko zapustijo sprejemnik) lahko manj kot 0,2 sekunde. To seveda ne izboljšuje določanja pozicije, lahko pa se uporabi v vrsti drugih aplikacij. To metodo smo uporabili pri Thales Z-MAX sprejemniku.

Za bazne postaje v Sloveniji skrbi Služba za GPS in deluje v okviru državne geodetske službe na Geodetskem inštitutu Slovenije. Njena osnovna naloga je vzpostavitev in upravljanje državnega omrežja stalnih GPS-postaj SIGNAL (SlovenIja-Geodezija-NAvigacija-Lokacija). (naprimer: <http://www.signal.si>)

Omrežje tvori 15 stalnih GPS - postaj, razporejenih po vsej državi (Bodonci, Bovec, Brežice, Celje, Črnomelj, Ilirska Bistrica, Koper, Ljubljana, Maribor, Nova Gorica, Ptuj, Radovljica, Slovenj Gradec, Trebnje in Velika Polana); ljubljanska postaja pa je vključena tudi v evropsko mrežo stalnih postaj EPN (European Permanent Network). Omrežje je osnova državne geoinformacijske infrastrukture in predstavlja ogrodje novega slovenskega državnega koordinatnega sistema. Za navezavo GPS - meritev na fizično realizacijo koordinatnega sistema potrebujemo dva GPS-sprejemnika. Omrežje torej omogoča racionalnejšo izmero, saj uporabniku nadomešča referenčni sprejemnik. Za izmero rabi le še premičnega, vlogo referenčnega sprejemnika pa prevzema sistem omrežja SIGNAL.



Slika 12: Razporeditev stalnih GPS postaj po Sloveniji (www.gu-signal.si)



Slika 13: Doseg in optimalna pokritost z GSM signalom iz GPS postaj po Sloveniji (www.gu-signal.si)

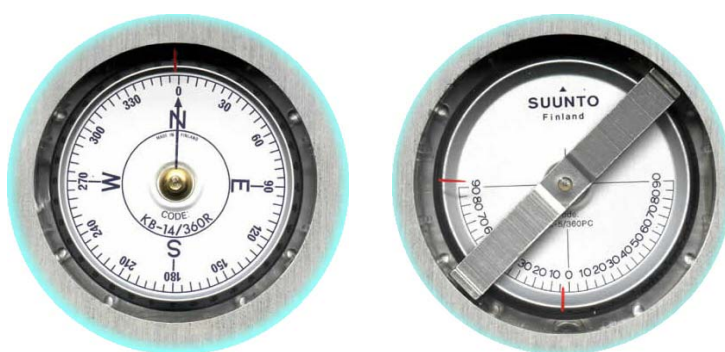
4.4 INŠTRUMENTI

4.4.1 Suunto Tandem

Suunto TANDEM sta natančen kompas v tekočini in naklonomer, skupaj v kompaktnem aluminjastem ohišju. Gre za lahek in priročen inštrument, zato je zelo primeren za rabo na terenu. Z njim enostavno določamo horizontalne in vertikalne kote, naklone in smeri neba. Busola ima razdelitev od 0° do 360° z obratno skalo. Naklonomer ima dvojno razdelbo, v procentih (0 – 150 %) in stopinjah (0 – 45°). Pri kalibriranemu inštrumentu je natančnost $\pm 0.25^\circ$. Kalibracija je posamična za kompas in za naklonomer. (<http://www.suunto.com>)



Slika 14: Suunto TANDEM (www.sadoun.com)



Slika 15: Detajl busole in naklonometra na Suunto TANDEMU (www.sadoun.com)

4.4.2 Wild RDS

Razdaljemer Wild RDS je leta 1950, ko je bil zasnovan predstavljal tehnično zelo napreden inštrument, zanimiv po izvirni konstrukciji. Zaradi svoje zasnove je omogočal hiter in enostavnejši izračun podatkov, kar je bilo v času, ko še ni bilo osebnih računalnikov zelo pomembno. Poleg tega pa je dosegal zelo natančne meritve. Diagrami so vidni preko vsega zornega kota. Diagram je sestavljen in osnovne krivulje, dolžinske krivulje s konstanto 100 in štirih višinskih krivulj s konstantami $+0.1$, $+0.2$, $+1/2$ in $+1$, kar odgovarja konstantam $+10$, $+20$, $+50$, $+100$. Z nagibanjem daljnogleda v zornem polju izginjajo krivulje z nižjo vrednostjo konstante, pojavijo pa se krivulje z višjo vrednostjo. Konstrukcija diagrama je

takšna, da krivulje sekajo vertikalno lato čimbolj pravokotno, kar omogoča natančnejše čitanje, predvsem cenitev milimetrov.

Pri tahimetrični izmeri s tem inštrumentom lahko sicer uporabljamo vsako vertikalno lato s centimetrsko razdelbo, vendar je priporočljivo, da uporabimo posebno lato, ki jo proizvajalec dobavi skupaj z inštrumentom. Reper s posebno označbo je na višini 1.00, vendar ima lata na spodnji strani podaljšek, ki ga lahko izvlečemo do 60 centimetrov, tako da je reper vedno nastavljen na višino inštrumenta.

Osnovno krivuljo nastavimo na označeni reper, interval L_d odčitamo pri dolžinski krivulji, ga pomnožimo s 100 in dobimo horizontalno razdaljo d . Pri višinski krivulji odčitamo interval, ga pomnožimo s konstanto, ki je napisana na krivulji in dobimo višinsko razliko H' . (Sluga, 1991)



Slika 16: Wild RDS (www.gmat.unsw.edu.au)

Čeprav je Wild RDS iz tehničnega vidika za današnje čase zastarel inštrument, v tem diplomskem delu, nadomešča novejši inštrumente kot so elektronski tahimetri (različni proizvajalci), ki so kombinacija elektronskega razdaljemera in teodolita s spominsko enoto. Kljub starosti pa dosega dovolj dobre natančnost in bistveno razliko predstavlja predvsem kasnejša obdelava podatkov, saj novejši inštrumenti omogočajo računalniški prenos, izračun in izris. Zanj smo se odločili tudi zato, ker je bil v preteklosti v uporabi za meritve pri gozdarskih delih.

4.4.3 Garmin V

Ročni GPS Garmin V je prvenstveno namenjen orientaciji in navigaciji za povsem zasebno rabo, kot na primer pohodništvo. Ker je pomembna mobilnost je naprava majhna in lahka. Sprejemnik je v ohišju iz trde plastike, odporne proti udarcem, z velikim osvetljenim monokromatskim LCD prikazovalnikom. Na sprednji strani je več tipk, za osnovne funkcije in krmilni križec za rabo v menijih. Za napajanje skrbijo AA baterije, na vrhu pa je vrtljiva antena za boljši sprejem signala. (<http://www.garmin.si>)



Slika 17: Garmin V (www.garmin.com)

Programska oprema omogoča veliko za napravo nižjega cenovnega razreda. Poleg osnovnih funkcij, kot so podatki o sprejemu in satelitih, omogoča vnos digitalnih kart (naprimer cestne karte za avtomobilsko navigacijo), kar je podlaga za več vrst navigacije (Turn – by – Turn, Find – and – Tell). Vgrajeno ima funkcijo kompasa, izračunava

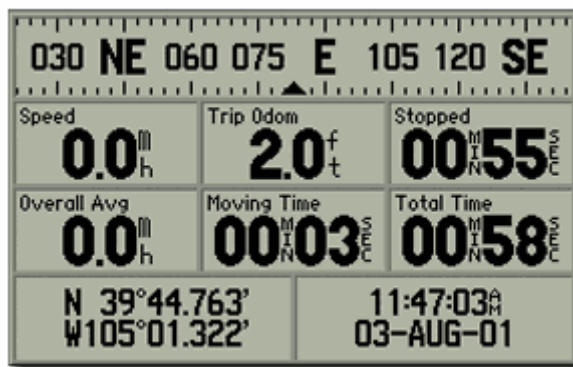
spremenbe smeri, skupno dolžino narejen poti, hitrost in smer premikanja, ter povprečja iz teh podatkov. Vedno pa za trenutno lokacijo kaže koordinate in nadmorsko višino. Omogoča tudi shranjevanje različnih vrst podatkov in prenos teh na PC.

Koordinate trenutne lokacije so privzeto prikazane v WGS-84 sistemu vendar nastavitve omogočajo vnos karakterističnih podatkov za dani Gauß-Krügerjevi projekciji. V Sloveniji in na Hrvaškem merimo geografsko širino in dolžino glede na lokalni zemeljski elipsoid, imenovan "Bessel 1841". W.F. Bessel je bil znan astronom in matematik, ki je med drugim prvi izmeril sploščenost Zemlje. Rezultate njegovih meritev oblike Zemlje je prevzela Avstro - Ogrska, za njo Jugoslavija in nato Slovenija, tako da je pri nas še vedno v rabi. (Juvančič, 2000)



Slika 18: Primerjava med Besselovim in WGS-84 elipsoidom (www.geosistemi.si)

Besselov elipsoid iz leta 1841 se od WGS84 elipsoida razlikuje v ekvatorialnem radiju (ΔA) in sploščenosti (ΔF), drugje pa je tudi središče (premik je ΔX , ΔY , ΔZ). Vse te podatke (MAP DATUM) moramo vnesti v GPS sprejemnik, če želimo, da bo pravilno kazal geografsko širino in dolžino v našem datumu.



Slika 19: Zaslon Garmina V z koordinatami v WGS-84 sistemu (www.garmin.com)

Za pravilen prikaz Gauß-Krügerjeve projekcije, ki je v rabi pri nas, pa moramo v GPS sprejemniku spremeniti še sledeče parametre.

Preglednica 1: Paramateri za prikaz Gauß-Krügerjeve projekcije v 5. coni

(Vir: www-fl.ijs.si/~vilfan/GPS/nastavitev.html)

Geografska širina koord. izhodišča	0.0 stopinj
Geografska dolžina koord. izhodišča	15.0 stopinj vzh.
Premik koord. izh. proti vzhodu	500 000 m
Premik koord. izh. proti severu	-5 000 000 m
Faktor merila (Scale factor)	0.9999

Na nadmorsko višino koordinatni sistem nima vpliva saj je ta vedno izpisana v metrih in se meri drugače.

4.4.4 Thales Z-MAX

Z-MAX je dvofrekvenčni GPS sprejemnik, namenjen za natančne meritve terena, saj omogoča diferencialni način merjenja. Gre za 12 kanalni sprejemnik, z L1 in L2 fazo, ter C/A in P(Y) kodo in RTK delovanjem. Na ohišju iz močne plastike, ki se pritrdi na nosilni drog, je okrogla antena, ki se jo za boljši sprejem lahko podaljša. Na sprejemniku je LED ekran in 4 tipke. Z njimi krmilimo sprejemnik skozi osnovne funkcije, kot so moč signala, število satelitov v dosegu in napake v sprejemanju signala. V ohišju je še baterija in GSM oddajnik, ki omogoča diferencialno merjenje. Sprejemnik se preko njega poveže na bazno postajo, ki stoji na znani lokaciji (podatke o postajah vnesemo v pomnilnik). Vnesti pa

moramo še koordinate za 2 znani trigonometrični točki. Te so v Sloveniji razporejene na 25 kilometrov (seznam lahko vnesemo v pomnilnik) in za boljše rezultate je priporočljivo vnesti točki, ki sta si diagonalno nasprotni – torej, da je naša lokacija med njima. Tako dobimo popravljene koordinate, ki so tako natančnejše. Natančnost meritev je 2 centimetra v RTK načinu. Doseg RTK je do 50 kilometrov od bazne postaje, zato moramo paziti na katero se navežemo.



Slika 20: Thales Z-MAX (Foto: Baškovč, 2006)

Na sprejemnik se priključi dlančnik (v tem primeru HP Ipaq), na katerem so ustrezni programi. Ti so povečini prilagojeni območju na katerem delamo. Programi in tip dlančnika se lahko razlikujejo glede na proizvajalca.

Programi tipično omogočajo:

- navigacijo do izbrane točke (smer in oddaljenost),
- stanje sistema (trenutna lokacija, število satelitov, povprečno odstopanje, jakost signala)
- meritev točke (X,Y ter višina),
- kontinuirana meritev linij,
- avtomatska transformacija iz sistema WGS-84 v Gauß-Krügerjevo projekcijo,
- shranjevanje in prenos podatkov na PC.



Slika 21: HP Ipaq dlančnik (Foto: Baškovč, 2006)

4.5 TERENSKO DELO

Terensko delo je bilo izvedeno na vseh treh lokacijah enako. Najprej smo določili odsek ceste za merjenje. Nato smo od začetne točke z merskim trakom odmerili vmesne točke v medsebojni razdalji po 25 metrov. Razdalja je lahko manjša v primeru, da ni bilo vidne linije med eno ali drugo točko. Razlogi zato so lahko zavoji (krožni loki) ali zaraščenost. Vsako točko smo fiksno označili z kovinsko označbo in barvnim sprejem za lažje iskanje. Točke so bile označene po sredinski osi ceste. Vse točke smo nato štirikrat posneli, vsakič z drugim inštrumentom. Za vsako meritev se je vodila skica in zapisnik z dobljenimi

rezultati. Na vsaki lokacije so bile vse meritve opravljene v istem dnevu in pod enakimi pogoji. Z rezultati smo dobili podatke za horizontalno komponento, to so koordinate (X,Y) in podatke za vertikalno komponento, to je nadmorska višina (H).



Slika 22: Označba točke na terenu (Foto: Baškovč, 2006)

4.5.1 Merjenje z busolo

Delo z busolo je potekalo tako, da smo vizirali iz začetne točke, na točko 2, kjer je stal figurant s trasirko. Odčitali smo horizontalni kot med točko in smerjo proti severu, ter naklon. Nato smo se prestavili na točko 2, kjer smo najprej prebrali vizuro (horizontalni kot) in naklon za izhodiščno točko, nato pa še za točko 3. Tako smo vedno imeli dvojne odčitke za vsako točko. S tem smo izboljšali meritve. Postopek smo ponavljali do konca trase.

4.5.2 Merjenje z Wild RDS

Tehnično najbolj zahtevno delo predstavlja merjenje z Wild RDSom. Poleg osnovnih postopkov centriranja in horizontiranja inštrumenta, ki so enaki pri večini geodetskih inštrumentov, je potrebno tudi znanje poteka dela z inštrumentom. To se ponavadi

razlikuje od naprave do naprave in je skupno samo inštrumentom znotraj iste skupine. Pri RDSu je postopek sledeč. Z začetnega stojišča se zmeri vse točke v optičnem dosegu (ponavadi od 100 do 150 metrov). Na vsako točko se postavi vertikalna lata, ki jo drži pomočnik in se odčitajo rezultati (horizontalni kot v gradih, neposredno horizontalno razdaljo in višinsko razliko H'). Nato se razdaljemer prestavi na zadnjo merjeno točko, od koder se vizira nazaj na prejšnje stojišče. Tako dobimo smer za vse naslednje točke. Pri vsakem naslednjem stojišču se postopek ponovi.



Slika 23: Wild RDS postavljen na točko (Foto: Baškovč, 2006)

4.5.3 Merjenje z GPS Garmin V

Delo z GPS sprejemnikom Garmin V je potekalo po naslednjem postopku. Po začetni konfiguraciji sprejemnika na vsaki lokaciji (dovolj satelitov v dosegu), smo postavili sprejemnik po vrsti na vsako točko in prebrali koordinate ter višino. Za boljši rezultat smo na vsaki točki počakali od 20 do 25 sekund.



Slika 24: Garmin V postavljen na točko (Foto: Baškovč, 2006)

4.5.4 Mejenje z GPS Thales Z-MAX

Delo z Tahlesom je podobno kot za Garminom V, čeprav gre za mnogo bolj sofisticiran inštrument. Razlika je predvsem v začetni konfiguraciji, saj je pred merjenjem potrebno nastaviti v spomin bazne postaje območja na katerem smo, počakati na signale vsaj štirih satelitov, se nato preko GSM modula priklopiti na bazno postajo in počakati, da inštrument preide RTK način. Ko imamo vse nastavljeno lahko pričnemo z merjenjem. Postavili smo se na točko in odčitali koordinate ter nadmorsko višino. V primeru, da je signal postal šibek in da smo izgubili RTK način, smo na točki nekoliko počakali dokler naprava zopet ni prešla v RTK modus. Nato smo nadaljevali z merjenjem.

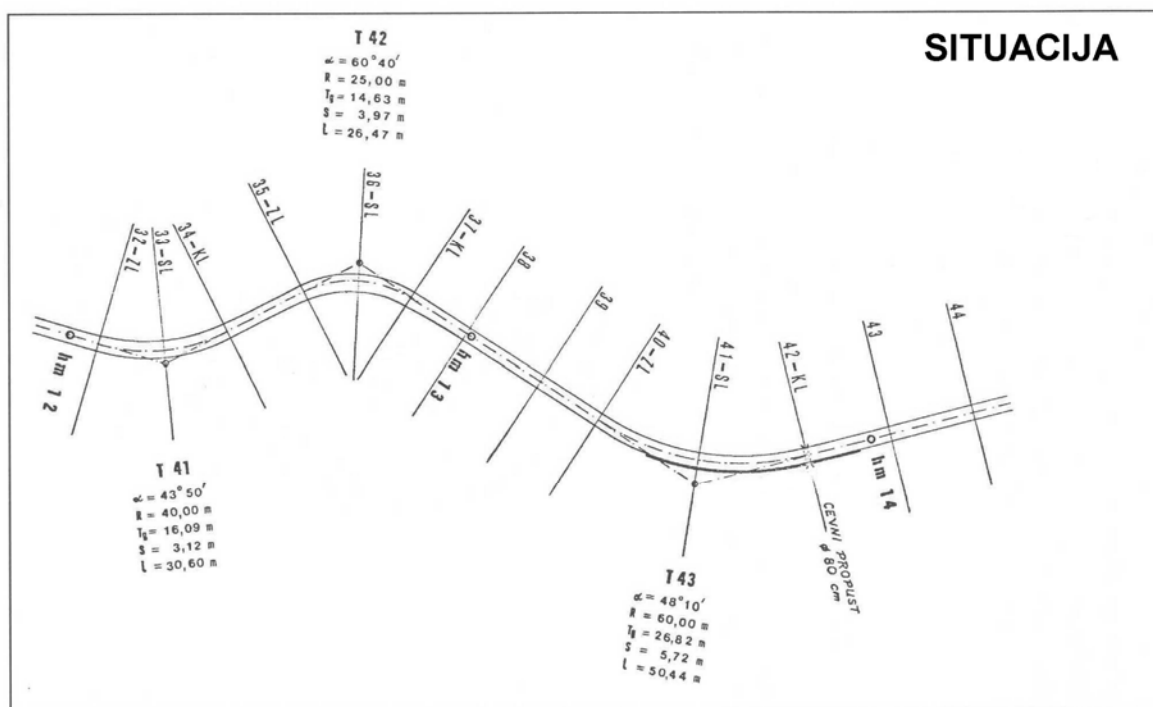
Ponekod (glej rezultate), inštrument, kljub večkratnim poskusom, ni sprejemal signalov z dovolj satelitov ali pa se nismo mogli povezati z bazno postajo in zato nismo dobili rezultatov. Na to je vplivala predvsem gost sklep krošenj in oblikovanost terena.

4.6 KABINETNO DELO

Kabinetno delo je zavzemalo predvsem izračun koordinat in višin iz dobljenih meritev. Podatke smo nato razdelili na dve osnovni skupini; na situacijo (horizontalni izris) in na podolžni profil (vertikalni izris). Tako smo lahko primerjali zamike pri koordinatah in odstopanja pri višinah. Tako je na prvi pogled mogoče hitro ugotoviti katera uporabljena metoda oziroma inštrument je najbolj natančen.

Situacija gozdne ceste je horizontalna projekcija osi gozdne ceste in njen položaj v odnosu do okolja. Osnovni elementi situacije so:

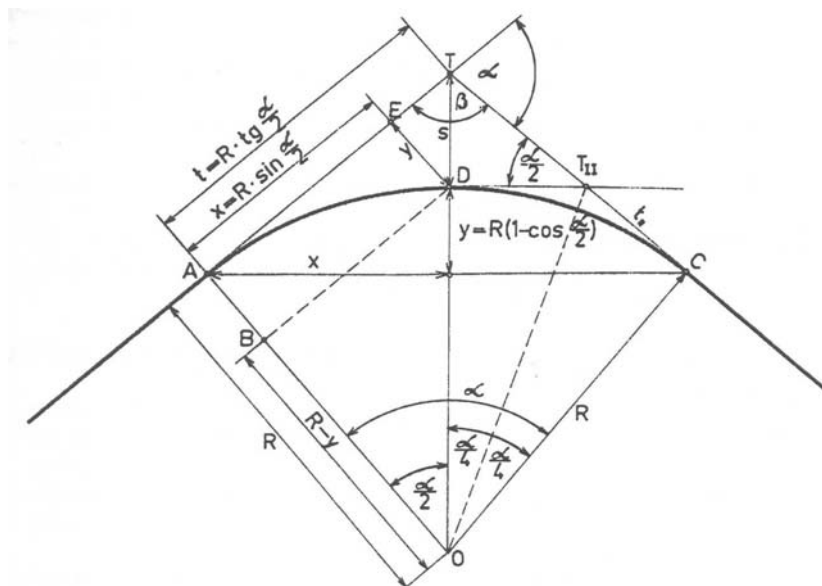
- Prema,
- Prehodnica,
- Krivina.



Slika 25: Skica situacije (Seminar za projektante šumskih puteva, 2006)

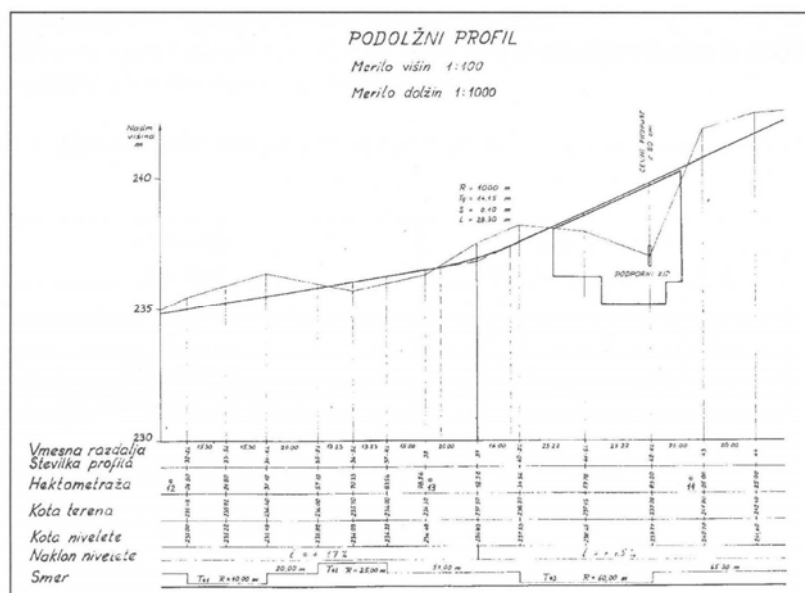
Krivina je del poti, kjer os gozdne ceste spremeni smer. Ima obliko dela krožnega loka. Osnovni element je radij. Ker ima vsaka krivina začetek, sredino in konec loka,

posnamemo na krivini vsaj 3 točke. Večje število točk je odvisno od radia in dolžine loka, ter splošne preglednosti terena. (Potočnik, 2006)



Slika 26: Skica krivine (Seminar za projektante šumskih puteva, 2006)

Podolžni profil nam pokaže potek nivelete terena. Za izris potrebujemo nadmorsko ali relativno višino in stacionažo trase. Elementa sta prema in vertikalna zaokrožitev.



Slika 27: Skica podolžnega profila (Seminar za projektante šumskih puteva, 2006)

Na tem mestu je pomembno povedati, da so vse koordinate v rezultatih transformirane na izhodiščne koordinate $Y=100$, $X=100$ saj je bilo samo tako možno izračunati koordinate pri določenih metodah in zagotoviti preglednost rezultatov.

4.6.1 Izračun koordinat in višin pri busolni metodi in tahimetriji

Pri obeh metoda je najbolj pomembno, da dobimo kot med severom in točko. Razlika je predvsem ta, da pri busoli, merimo azimutni sever (smer od severa proti točki), smerni kot pri tahimetriji pa se izračuna, saj je smerni kot azimut v ravnini kartografske projekcije. S smernim kotom, lahko izračunamo koordinatne razlike ΔX in ΔY , ter posledično koordinate X in Y . Pri tahimetriji smo morali pred računanjem vse merjene kot spremeniti iz gradov v stopinje. To smo storili tako, da smo množili dobljeni kot z koeficientom 0,9. Računanje busolnega poligona je enako računanju teodolitskega poligona, razlika je le v tem, da pri busolnem poligonu ni mogoče izračunati kotnega nesoglasja, ki nastane zaradi pogreškov pri merjenju kotov. Busolni poligon lahko računamo v lokalnem koordinatnem sistemu ali Gauß-Krügerjevem koordinatnem sistemu vendar moramo merjene azimute spremeniti po enačbi : (Juvančič, 2000)

$$v_i = \mu_i + N_i$$

V nadaljevanju bomo natančneje prikazali samo osnovne (najpomembnejše) formule, ki smo jih uporabili za izračun koordinat.

Tangens smerne kota lahko izračunamo iz koordinatnih razlik točk A in B .

$$\tan v_A^B = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A} = \frac{\Delta Y_A^B}{\Delta X_A^B} \quad v_B^A = v_A^B + 180^\circ$$

Zveza med pravokotnimi in polarnimi koordinatami izhaja iz znanih zvez v pravokotnem trikotniku, ki ga tvorijo razdalja d , ter koordinatni razliki med točkama A in B .

$$\begin{aligned} \Delta Y_A^B &= d_{AB} \sin v_A^B & d_{AB} &= \frac{\Delta Y_A^B}{\sin v_A^B} \\ \Delta X_A^B &= d_{AB} \cos v_A^B & d_{AB} &= \frac{\Delta X_A^B}{\cos v_A^B} \end{aligned}$$

Iz te zveze izračunamo koordinate za nove točke, če imamo smerni kot in dolžino

Velikost smernega kota je odvisna od predznaka koordinatnih razlik. Ločimo štiri različne primere. Kot v se lahko nahaja v I. kvadrantu ($0^\circ < v < 90^\circ$), II. kvadrantu ($90^\circ < v < 180^\circ$), III. kvadrantu ($180^\circ < v < 270^\circ$) ali v IV. kvadrantu ($270^\circ < v < 360^\circ$). (Kuhar, 2005)

Preglednica 2: Predznak tangensa smernega kota glede na predznak koordinatnih razlik

kvadrant koord. razl.	I.	II.	III.	IV.
ΔY	+	+	-	-
ΔX	+	-	-	+
v	v	$+ 180^\circ$	$+ 180^\circ$	$+ 360^\circ$

Višine dobimo pri avtoredukcijski tahimetriji, neposredno, saj ko odčitek pomnožimo z konstanto napisano na krivulji dobimo višinsko razliko H' . Ko to razliko prištejemo k začetni višini dobimo nadmorsko višino.

Pri busolni metodi pa višino dobimo iz merjena kota v v stopinjah (oziroma naklona v %). Izračunamo višinsko razliko H' s sinusnim obrazcem in dobljeni rezultat prištejemo k začetni višini.

4.6.2 Izračun koordinat in višin pri GPS

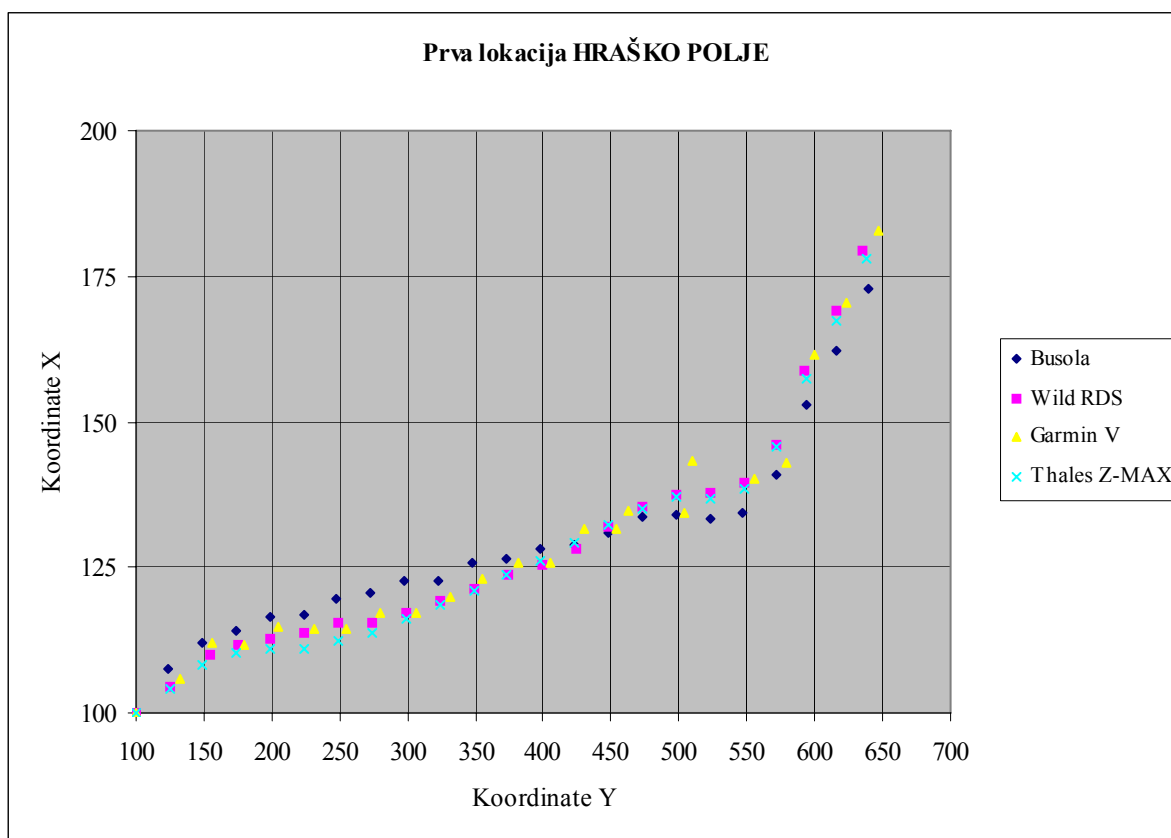
Ker dajejo GPS naprave koordinate že v Gauß-Krügerjevi projekciji (ali v WGS-84 sistemu), naknadno računanje ali izravna ni potrebna. Dobimo direktne rezultate (X , Y , H), ki so pripravljeni za uporabo v programih za izris (npr. GEOS6). Zato je ta metoda najhitrejša. Vse, kar smo morali storiti je omenjena transformacija na začetno koordinato $X=100$, $Y=100$.

5 REZULTATI

5.1 SITUACIJA GOZDNE CESTE

5.1.1 Rezultati prva lokacija – Hraško polje

Pri prvi lokaciji smo dobili rezultate po pričakovanjih. Večjih odstopanj ni bilo pri nobeni metodi.

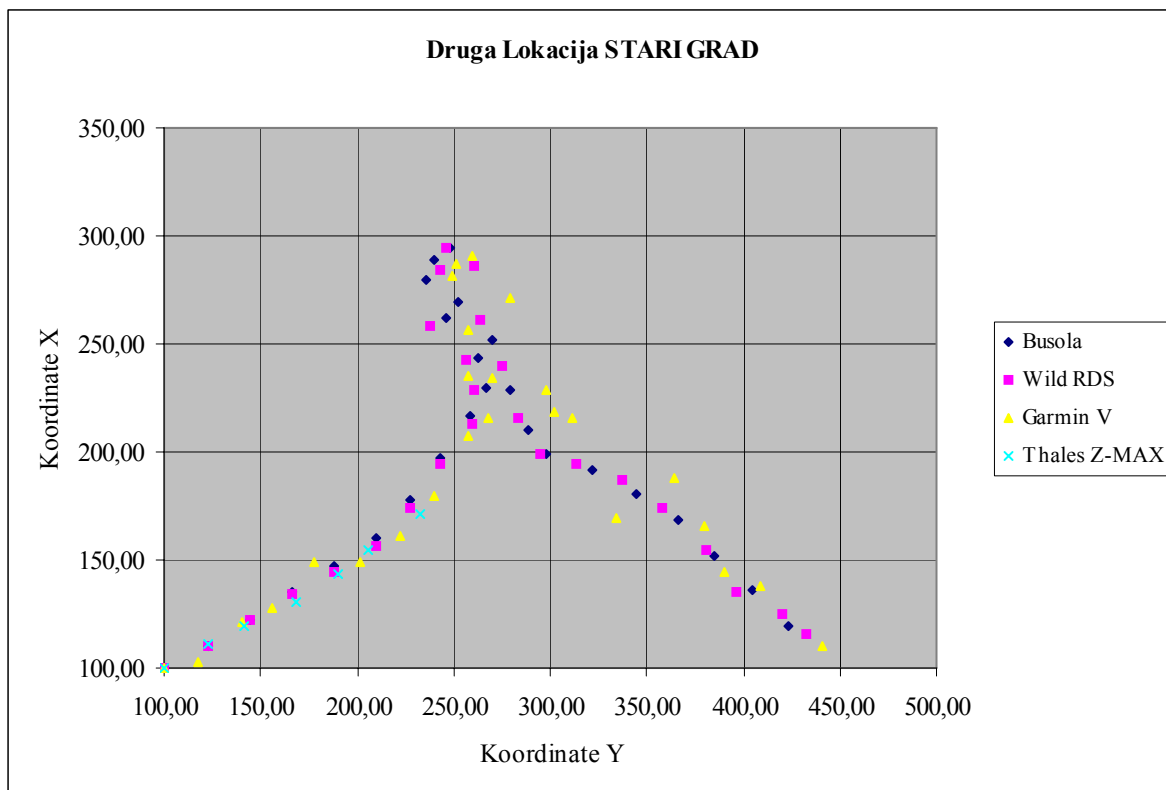


Slika 28: Situacija prva lokacija

Wild in Thales sta imela zelo primerljive rezultate, kar dokazuje da je geodetski GPS lahko zelo natančen. Dokaj natančen je bil v primerjavi z Wildom tudi Garmin V, čeprav so ponekod opazna odstopanja. Z busolo meritvijo smo izmerili pravo smer, vendar so v situaciji opazna odstopanja, kar kaže na to, da je minimalne spremembe smeri z busolo težko zaznati.

5.1.2 Rezultati druga lokacija – Stari grad

Na drugi lokaciji smo naleteli na prvo oviro, to je gost sklep krošenj. Tukaj se je najprej pokazala občutljivost Thalesa na zunanje ovire, saj smo zaradi slabega signala dobili samo tretjino odčitkov.

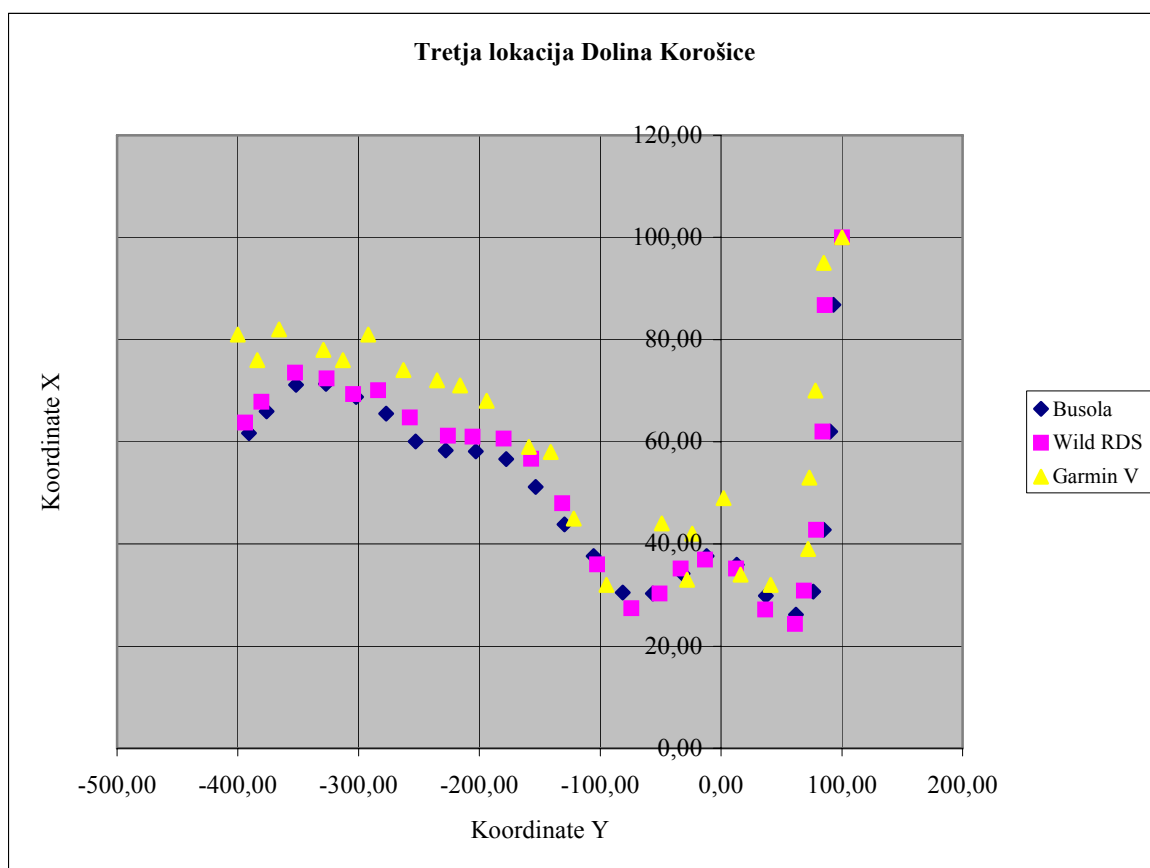


Slika 29: Situacija druga lokacija

Thales je pri manj gosti zarasti še dobil dovolj signala, globlje v gozdu, pa ga nismo mogli več pripraviti do pravilnega delovanja zato tudi ni odčitkov. Podobno je z Garminom, saj so od začetka dobri rezultati, nato pa postanejo odstopanja velika. Wild in busola imata podobne rezultate, vendar se pokaže občutljivost busole na večje spremembe smeri. To se je v našem primeru pokazalo pri serpentinu, saj bi za zares dobre rezultate morali posneti več točk, razdalja med njimi pa bi morala biti največ 10 metrov.

5.1.3 Rezultati tretja lokacija – dolina Korošice

Na tretji lokaciji so rezultati GPS sprejemnikov, zaradi odročnosti in konfiguracije terena najslabši.



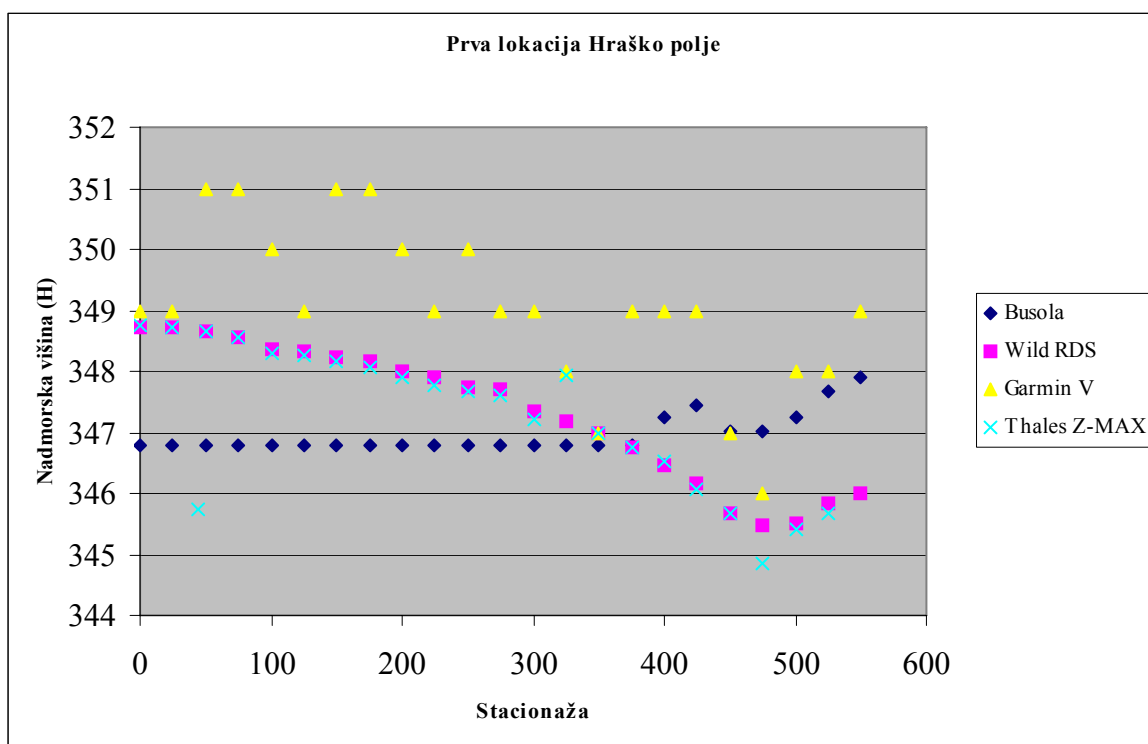
Slika 30: Situacija tretja lokacija

Tukaj si z Thales nismo mogli pomagati, saj inštrument ni dobil sprejema iz dovolj satelitov, prav tako pa se ni bilo moč povezati na bazno postajo, ker je bil GSM signal prešibak. Zato rezultatov ni. Z Garminom smo odčitke sicer dobili, vendar celotna situacija odstopa predvsem po X osi, kar kaže na zelo popačen sprejem (odboj). Z Wildom in busolo smo cesto posneli brez težav, rezultati pa kažejo podobno sliko kot na prejšnjih lokacijah. Busola ima na določenih odsekih nekoliko odstopanja, vendar je natančnost še vedno dovolj velika, da bi lahko odčitke uporabili za vris na karto z merilom 1:5000.

5.2 PODOLŽNI PROFIL

5.2.1 Rezultati prva lokacija – Hraško polje

Prva lokacija poteka po skoraj ravnem polju, zato se zelo dobro vidijo odstopanja in s tem natančnost posameznega inštrumenta.

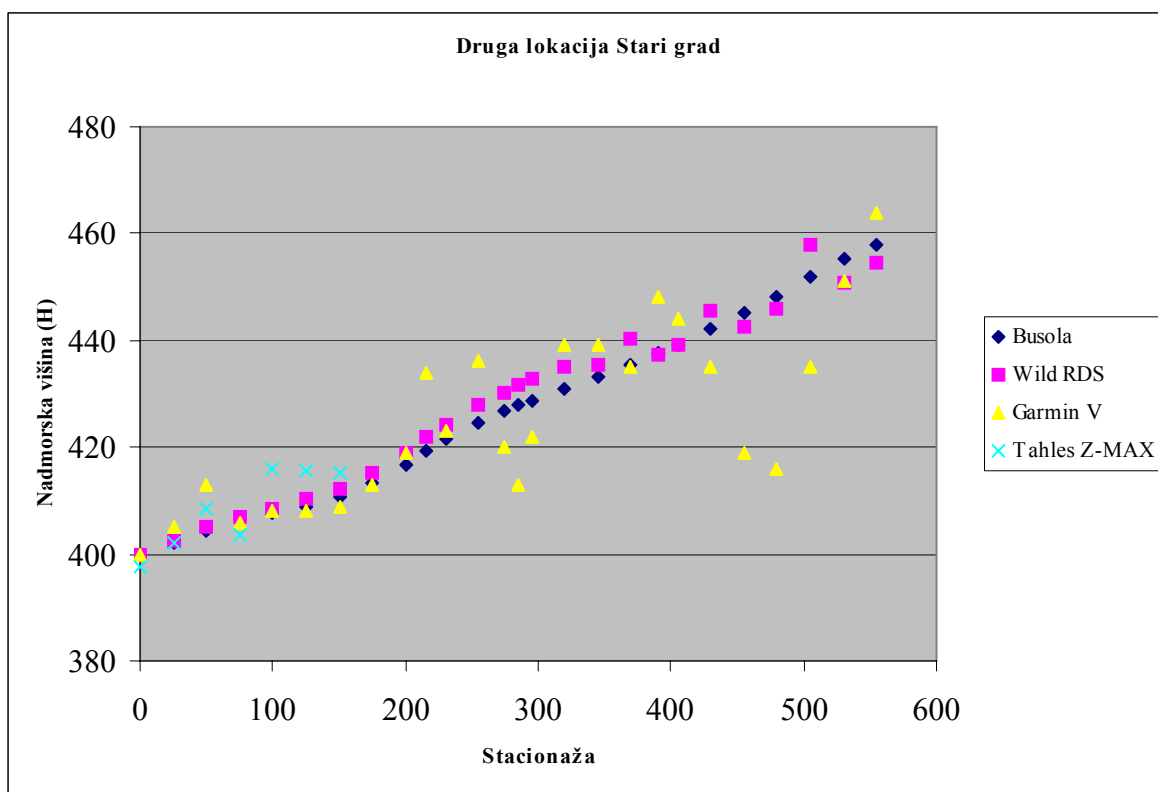


Slika 31: Podolžni profil prva lokacija

Na tej lokaciji smo zelo lahko saj je razlika med najvišjo in najnižjo točko samo dobre 3 metre. Zato se lepo pokažejo že najmanjša odstopanja. Najprej pade v oči Garmin, ki ima odčitke zelo raztresene. Iz tega sklepamo, da ima z natančnostjo pri vertikalni komponenti več problemov kot pri koordinatah. Najboljše odčitke imata Wild in Tahles, saj so si skoraj enaki. Rezultati busole pa so takšni zaradi tehnične omejenosti, saj je z ročnim naklonomerom, nemogoče zaznavati minimalne spremembe naklona (manjše od 1 %).

5.2.2 Rezultati druga lokacija – Stari grad

Na drugi lokaciji se kaže podobno kot pri koordinatah ne izkaže najbolje Thales, saj brez sprejema ni mogoče določevanje višin.

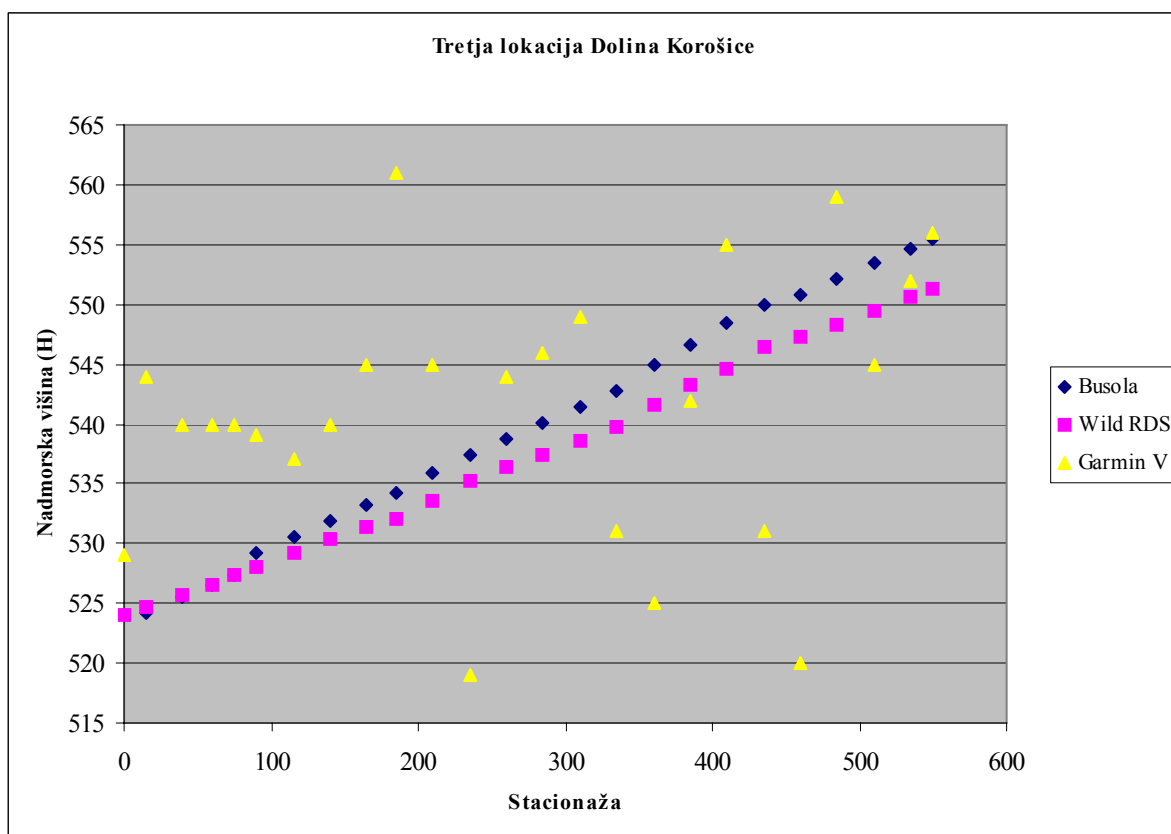


Slika 32: Podolžni profil druga lokacija

Rezultati Wilda in busole najbolj pokažejo dejansko stanje. Vendar kot smo že povedali je z busolo težko zaznavati manjše razlike, zato je podolžni profil bolj premočrten, kot pri Wildu. Garmin ima od začetka razmeroma dobre rezultate, vendar natančnost zelo pade pri gostejši zarasti. Raztros zato variira tudi do 15 metrov. Thalesovi odčitki so nepopolni, zaradi istega razloga kot pri koordinatah in to je slab sprejem zaradi zaraščenosti.

5.2.3 Rezultati tretja lokacija – dolina Korošice

Podobno kot pri koordinatah tudi pri višinah ugotavljamo, da GPS sprejemniki niso primerni za ekstremne pogoje.



Slika 33: Podolžni profil tretja lokacija

Poleg odsotnosti Thalesovih rezultatov, ki ga nismo mogli usposobiti za delo na takšnem terenu, najbolj izstopa zelo velik razstros odčitkov pri Garminu. Ta je zelo veliko saj so odstopanja tudi 40 metrska. Poleg tega so popolnoma nepovezani in iz jih nikakor ne moremo razbrati prave oblike podolžnega profila. To seveda potrди teorijo, da je Garmin zelo občutljiv na vertikalne premike in zato neuporaben za meritve. Ostala dva inštrumenta imata boljše rezultate. Busola sicer odstopa od Wild, vendar je to povezano z zveznostjo meritev in privzeto napako naklonomera. Manjša napak na začetku snemanja se torej na daljše razdalje lahko potencira.

5.3 GPS NATANČNOST IN VIRI NAPAK

5.3.1 Viri napak

Na natančnost GPS naprav vpliva več faktorjev, ki jih je potrebno upoštevati pri merjenju, saj te bistveno vplivajo na rezultat. (Naprimer: Juvančič, Geoservis)

Vire napak lahko strnemo v 5 skupin:

- A. vpliv ionosfere in atmosfere,
- B. napake ure satelita,
- C. odboji signalov,
- D. položaj satelitov
- E. namerne motnje.

A. Vpliv ionosfere in atmosfere

Ko satelit prečka ionosfero, se zakasni. Pojav je podoben lomu svetlobe na steklu. V ionosferi se torej razširjanje signala upočasni, saj ima svetloba konstantno hitrost le v vakuumu. Vpliv ionosfere na signal pa ni konstanten, zato ga je zelo zahtevno upoštevati v merilnem rezultatu. Vpliv ionosfere je mnogo večji za satelite z nizko elevacijo, saj je njihova pot v ionosferi daljša. Napako prispeva tudi vodna para v atmosferi. Te napake lahko ublažimo z dvofrekvenčnimi sprejemniki. Le-ti merijo tako signal L1 kot L2. Znano je, da je upočasnitev signala pri potovanju skozi ionosfero obratno sorazmerna frekvenci signala. Če torej primerjamo časa prihoda (TOA) obeh signalov, lahko zelo točno določimo zakasnitev.

B. Napake ure satelita

Čeprav so ure v satelitih zelo natančne (3 ns), včasih pride do lezenja (drift), kar privede do majhnih napak. Ameriško obrambno ministrstvo ves čas nadzoruje ure v satelitih in jim po potrebi pošilja popravke.

C. Odboji signalov

Napake zaradi odbojev se pojavijo, ko se sprejemnik nahaja v bližini večjih objektov z odbojno površino (jezero, velike zgradbe...). Signal iz satelita ne potuje direktno do antene sprejemnika, ampak se odbije od bližnjih objektov. Te napake lahko zmanjšamo z uporabo posebnih anten s t.i. ground-plane ali z uporabo t.i. choke-ring anten, ki prestrežejo indirektno signale ter signale z nizko elevacijo.

D. Položaj satelitov

Merilo vpliva geometrije satelitov na nebu na natančnost določanja položaja je dano s faktorji DOP (Dilution of Precision) - VDOP, HDOP, PDOP in GDOP. Če so sateliti blizu skupaj, je možno področje, kjer se nahaja sprejemnik bistveno večje, kot če so bolj razkropljeni po nebu. Rešitev je v opazovanju čim več satelitov (tistih, ki so vsaj 15° nad horizontom). Najboljši rezultati so doseženi z nizkim GDOP (Geodetic DOP), navadno pod 8.

E. Namerne motnje

Ameriško obrambno ministrstvo lahko tudi namerno zmanjšuje točnost GPS. Pri postopku S/A (Selective Availability) gre za namerno spreminjanje ure satelita (dithering), dodatno pa sateliti oddajajo še efemertide, ki so rahlo drugačne od dejanskih. A-S (Anti Spoofing) pa je postopek, s katerim P kodo zakodirajo v Y kodo, ki jo lahko dekodirajo le vojaški sprejemniki (ZDA in zavezniki), vendar izven vojnih območji ni v uporabi. S/A metoda motenja je bila v celoti odpravljena pred tremi leti, pred tem pa je izogib tem motnjam, bila razvita učinkovita tehnika diferencialnega GPSa.

5.3.2 Natančnost v praksi

Kot smo omenili na začetku, smo izvedli tudi tesno merjenje za uporabljena GPS inštrumenta. Snemanje je potekalo enako kot pri drugih meritvah. Opravljene so bile v istem dnevu, v razmaku po eno uro, zato da so bili vremenski pogoji in raspored satelitov čim bolj enaki, kar zagotavlja primerljivost rezultatov.

Preglednica 3: Testna opazovanja z Thales Z-MAX in Garmin V

1. OPAZOVANJE

THALES	Točka	Y	X	H
	1	457541,950	114391,220	358,849
	2	457546,604	114387,299	358,938
	3	457549,751	114392,447	359,016
	4	457545,325	114396,228	358,730

GARMIN V	Točka	Y	X	H
	1	457540,000	114388,000	357,000
	2	457547,000	114384,000	356,000
	3	457547,000	114392,000	357,000
	4	457544,000	114393,000	352,000

2. OPAZOVANJE

THALES	Točka	Y	X	H
	1	457541,949	114391,209	358,846
	2	457546,616	114387,379	358,932
	3	457549,794	114392,456	358,833
	4	457545,315	114396,224	358,754

GARMIN V	Točka	Y	X	H
	1	457544,000	114383,000	354,000
	2	457548,000	114380,000	359,000
	3	457549,000	114392,000	358,000
	4	457547,000	114399,000	357,000

3. OPAZOVANJE

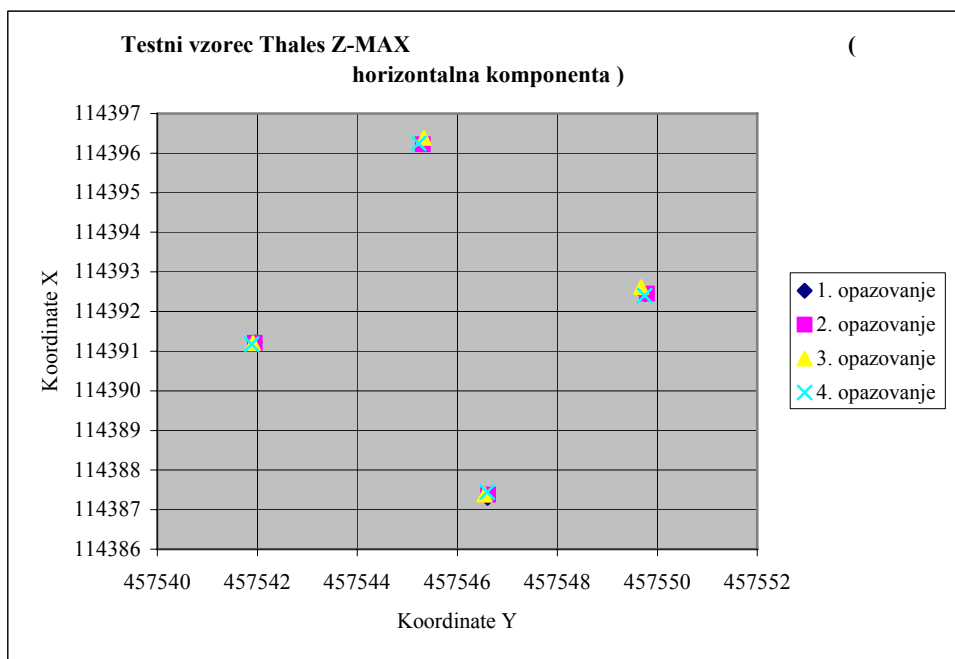
THALES	Točka	Y	X	H
	1	457541,914	114391,201	358,849
	2	457546,550	114387,385	358,931
	3	457549,674	114392,613	358,902
	4	457545,333	114396,383	358,967

GARMIN V	Točka	Y	X	H
	1	457542,000	114392,000	356,000
	2	457544,000	114388,000	359,000
	3	457549,000	114391,000	359,000
	4	457545,000	114396,000	364,000

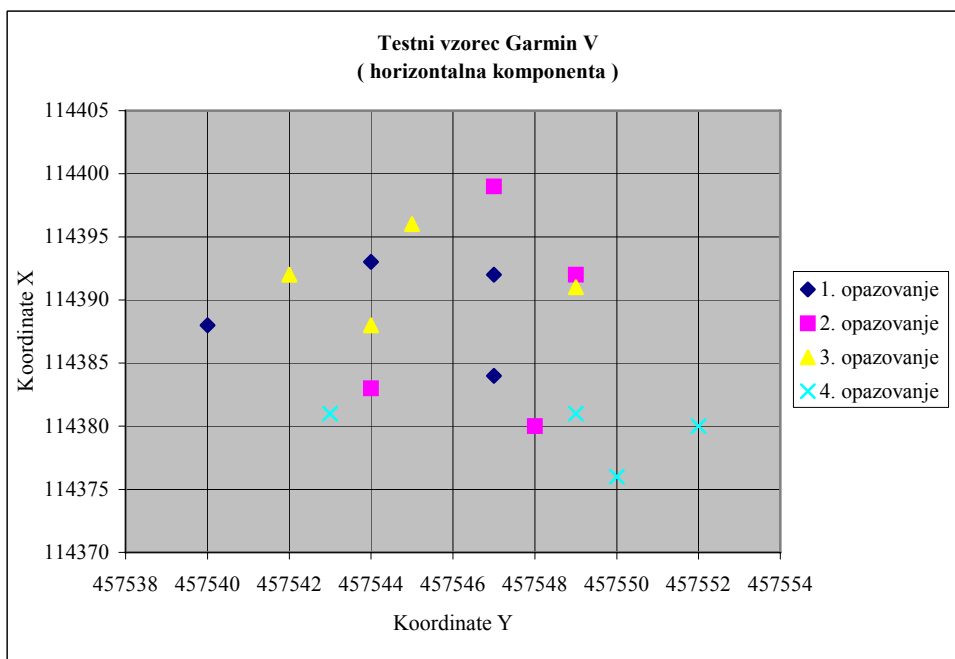
4. OPAZOVANJE

THALES	Točka	Y	X	H
	1	457541,887	114391,178	358,837
	2	457546,599	114387,442	358,976
	3	457549,748	114392,402	359,022
	4	457545,227	114396,250	358,841

GARMIN V	Točka	Y	X	H
	1	457543,000	114381,000	362,000
	2	457550,000	114376,000	361,000
	3	457552,000	114380,000	365,000
	4	457549,000	114381,000	367,000



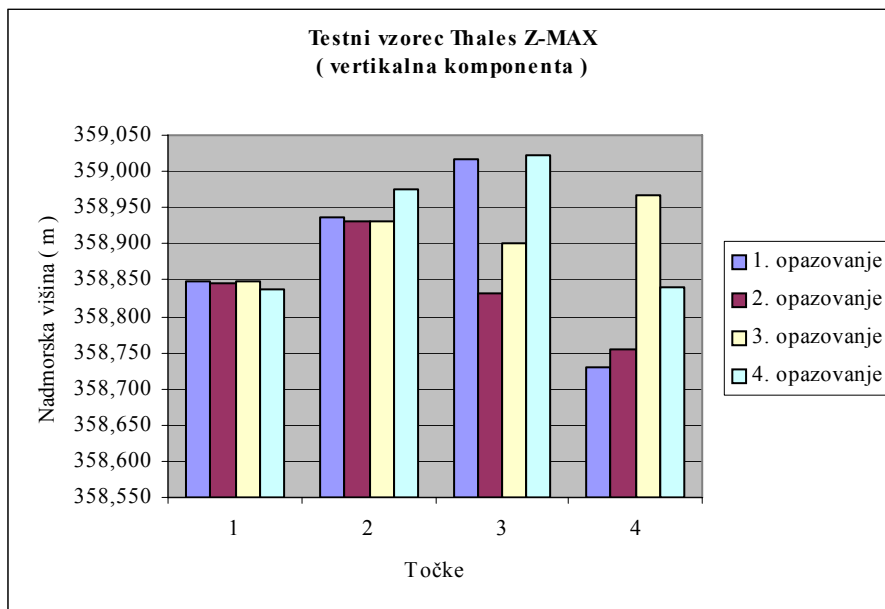
Slika 34: Tloris testnega vzorca Thales Z-MAX



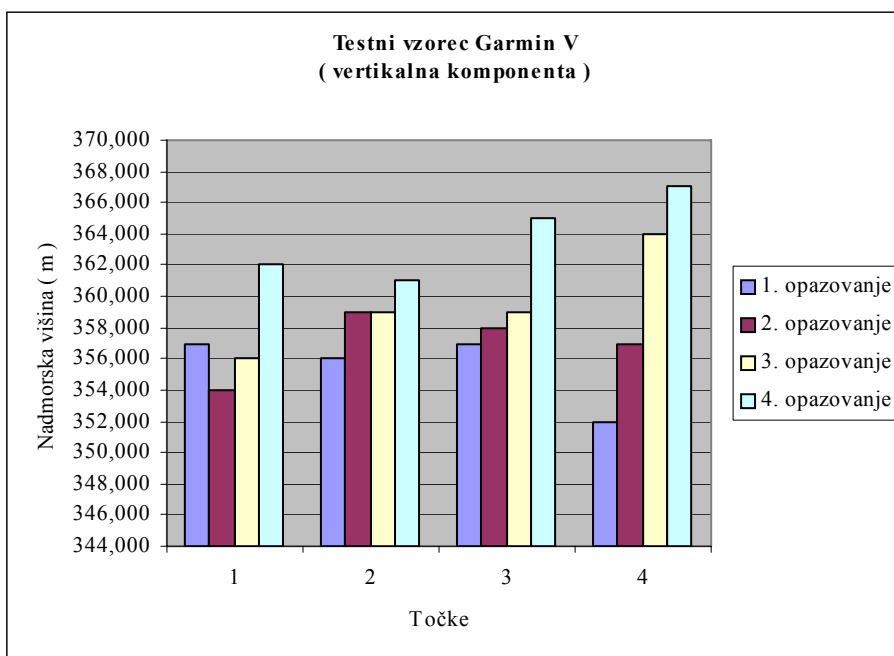
Slika 35: Tloris testnega vzorca Garmin V

Če primerjamo grafa med seboj se lepo vidi velik razstros odčitkov pri Garminu V in zgoščenost pri Thales Z-Maxu. Iz tega se vidi relativna nenatančnost ročnih GPS naprav saj tudi v optimalnih pogojih ne dosegajo natančnosti pod 5 metrov. To pa jih že v osnovi

izloči za resno merjenje saj je napaka prevelika, poleg tega pa nikoli ne vemo kako velika je in v katero smer, zato je ne moremo niti računsko korigirati.



Slika 36: Primerjava višin testnega vzorca Thales Z-MAX



Slika 37: Primerjava višin testnega vzorca Garmin V

Če primerjamo grafa višin med seboj sta si na prvi pogled zelo podobna. Vendar je potrebno upoštevati, da je napaka pri Thalesu bistveno manjša, saj je razlika med med najnižjo in najvišjo dobljeno vrednostjo pri eni točki v povprečju okoli 10 centimetrov. Pri Garminu pa napaka znaša v povprečju okoli 4 metre, pri četrti točki, pa imamo celo ekstremno razliko 14 metrov.

Iz testnih vzorcev lahko zaključimo, da je Thales zelo natančno orodje in popolnoma dozorel ostalim geodetskim inštrumentom. Seveda pa to velja dokler delamo v idealnih pogojih, kar se nam je pokazalo pri rezultatih meritev ceste. Po drugi strani pa ima ročni Garmin V ogromno napako že pri horizontalni komponenti, še večjo pa pri višinah. V slabših pogojih uporabe je napaka seveda vedno večja. To ga naredi popolnoma neuporabnega za meritve. Skozi gozdni sloj je zaenkrat nemogoče racionalno določati koordinate ali višine s sodobno satelitsko tehnologijo.

5.4 EKONOMSKI IN STROKOVNI VIDIK

Ker smo v gozdarstvu (še posebno pri gradnji in vzdrževanju cest) močno omejeni z finančnimi viri, si je potrebno ogledati smisel meritev tudi iz ekonomskega vidika.

Busola je najcenejši inštrument in ga je moč dobiti že za okoli 220 EUR (cene nekoliko varirajo med prodajalci). Ne potrebuje nobene dodatne opreme razen trasirk, ki pa jih lahko v skrajni sili nadomesti tudi dovolj dolg raven količek ali palica.

Wild RDSa ni več moč kupiti, ker inštrument ni več v izdelavi. V diplomskem delu je bil uporabljen predvsem zaradi dejstva, da bi bilo cenejše kupiti podoben, sicer tehnično zastarel, vendar še vedno zelo uporaben inštrument za dela v gozdarskem inženirstvu in zato, ker je bil v preteklosti že v rabi pri načrtovanju gozdnih cest. Če bi kupili nov inštrument (naprimer totalni merilni sistem) primerljivih lastnosti, bi odšteli zanj od 3000,00 do 5000,00 EUR odvisno od željene dodatne opreme.

Garmin V spada v razred srednje zmogljivih GPS sprejemnikov za osebno rabo. Cene se gibljejo od 250 do 450 EUR odvisno od željenega modela in potrebnih funkcij. Ostala dodatna oprema večinoma ni nujno potrebna.

Thales Z-MAX je najdražji izmed uporabljenih inštrumentov. Cene za ta inštrument se giblje od 15.000,00 EUR naprej, zopet odvisno od željene dodatne opreme. Tukaj je potrebno upoštevati še programsko opremo za obdelavo podatkov in stroške za priklop na bazno postajo preko GSM modula. Ti so odvisni od količine prenesenih podatkov med napravo in bazno postajo v kilobajtih.

Pri nekaterih meritvah (Thales Z-MAX, Wild RDS ali elektronski tahimeter) je potrebno upoštevati še strokovni vidik. Z enostavnimi napravami lahko meri gozdar, saj ne zahtevajo poglobljenega znanja v teoretične podlage in zahtevnejšega praktičnega rokovanja z inštrumentom. Pri zahtevnejših napravah pa je potreben geodet ali vsaj gozdar z dodatnim usposabljanjem.

Če takšnega strokovnjaka nimamo na razpolago in bi zato izbrali neko podjetje, ki opravlja geodetska dela, bi cena za posnetek terena za projektiranje, z gostim detajlom (okoli 100 – 200 posnetih točk) na površini do 10.000 m², znašala 876 EUR. To je minimalna priporočena cena (Vir: Geodetska uprava RS, Priporočen cenik geodetskih del - 01.02.2007). Vsakih nadaljnjih 1000 m² znaša 62 EUR. V ceno niso vključena dela, kot so ureditev meje, vris v kataster, vrisi komunalnih vodov in kilometrina. Vse to se obračuna posebej.

Preglednica 4: Cenovni vidik

Inštrument	Osnovna cena za inštrument	Dodatna oprema	Programska oprema	SKUPAJ
BUSOLA	220 EUR	/	/	220 EUR
Wild RDS	3.000 EUR	do 1.000 EUR	do 1.000 EUR	5.000 EUR
GARMIN V	400 EUR	/	/	400 EUR
Thales Z-MAX	15.000 EUR	do 2.000 EUR	do 1.000 EUR	18.000 EUR
Geodetska izmera	/	/	/	okoli 1.000 EUR

Kot vidimo iz cenovnih postavk, so nekatere izmed metod zelo drage. Zato je cena eden izmed glavnih faktorjev pri odločanju o izvedbi. Natančnost in boljše meritev so vedno pozitivna vrednost, ki nam lahko olajšajo načrtovanje ali pohitrijo delo, vendar ne za vsako ceno, ker le-te v gozdarskem gradbeništvu nikakor ne moremo upravičiti.

6 RAZPRAVA IN SKLEPI

Za potrebe diplomskega dela smo na treh različnih lokacijah izmerili po 550 metrov ceste z štirimi različnimi inštrumenti po treh različnih metodah. Uporabljene metode (busolna metoda, tahimetrija, GPS) so se na terenu izkazale zelo različno v smislu natančnosti, vendar v okviru pričakovanj. Pokazale so se prednosti in slabosti posameznih metod in inštrumentov. Na podlagi tako dobljenih rezultatov smo lahko dobili nekaj sklepov, ki so osnova za odločanje o uporabnosti posamezne metode v gozdnem gradbeništvu.

Busolna metoda je hitra in enostavna, vendar dosega slabo natančnost, ter je močno podvržena pogreškom, še posebno če z merjenjem nimamo dovolj izkušenj. S tem smo dokazali prvo hipotezo. Zelo hitro lahko naredimo napako in zaradi narave izračunov, ki si sledijo zaporedno se nam ta napaka prenese na celoten projekt. Popravek je možen samo skozi ponovno merjenje. Pri busolnem poligonu so ugodnejše krajše stranice v nasprotju s teodolitskim poligonom, kjer so ugodnejše daljše stranice. Ker v gozdu merimo predvsem poligone s kratkimi stranicami, je uporaba busolne izmere v gozdarstvu popolnoma upravičena. V prid tej metodi govori enostavnost in zelo nizka cena inštrumenta, saj za izvedbo potrebujemo samo inštrument, ki pa je poceni. Prednost je metode je tudi v tem, da jo lahko izvajamo brez obsežnega predhodnega znanja, saj zahteva samo osnovne veščine orientacije. Izračuni so prav tako enostavni. Če upoštevamo še dejstvo, da je temelj za gozdarsko inženirstvo karta merila 1:5000, je očitno, zakaj je to edina izmed uporabljenih metod, ki je dejansko v uporabi v gozdnem gradbeništvu. Pri takšnem merilu centimetrska natančnost seveda nima pomena, zato so precizna merjenja neuporabna.

Avtoredukcijska tahimetrija (oziroma njene sodobnejše ustreznice, ki bi jih lahko uporabili) z Wild RDSom je klasični predstavnik v geodeziji. Večina geodetskih meritev danes še vedno poteka z takšno ali drugačno kombinacijo razdaljemera in teodolita, saj ta metoda ponuja najboljši presek med kakovostjo in ceno. V prid se šteje predvsem hitrost dela, velika natančnost in prilagodljivost. Med negativne lastnosti pa štejemo nujnost teoretično - strokovne podlage in visoka cena inštrumenta. Za dovolj dobro delo z inštrumentom, še posebno na težjih terenih, je namreč nujno potreben geodet ali vsaj dodatno izšolan gozdar. To potrjuje četrto hipotezo. Vse te zahteve glede na rezultat zelo

težko upravičijo dodatne stroške, ki so z njimi povezani (dodatno usposabljanje) še posebno, če se inštrument ne uporablja redno. Zato ta metoda predstavlja polovično rešitev, ki bi nam včasih koristila, vendar je za delo v normalnih pogojih še vedno predraga in preveč natančna glede na naše potrebe.

GPS metode so tista tehnologija na kateri bo v prihodnosti največ poudarka. Postala je eden od temeljev v mnogih gospodarskih panogah (pomorstvo, transport) vedno bolj pa se uveljavlja tudi v gradbeništvu. Največji argument proti uporabi GPS metode predstavlja relativno velika dovzetnost na napake zaradi slabega sprejema signala. To spremeni uporabnost na neko splošno koristnost, kot je groba navigacija, ki pa za natančne meritve ni dovolj. Čeprav ima še vedno nekatere pomanjkljivosti, pa bo s časoma z napredkom postala ena izmed vsakodnevnih tehnologij (podobno kot GSM aparati), saj so naprave vedno bolj natančne, priročne in cenovno dosegljive. To pa bo v končnem vidiku, vplivalo tudi na uporabo v gozdarstvu.

Garmin V je kot predstavnik nižjega razreda GPS sprejemnikov dostopen in nezahteven. Na terenu sicer dosega spodobne rezultate, vendar pa ti vseeno niso dovolj dobri, da bi si lahko z njim pomagali pri meritvah. Zelo je podvržen napakam zaradi slabega sprejema, zato na nedostopnih ali zaraščenih območjih dobimo zelo slabe rezultate. Še posebno so temu podvrženi odčitki nadmorske višine, pri katerih napaka hitro presega 20 in več metrov. To ga seveda naredi popolnoma neuporabnega za resno delo. S tem smo dokazali našo drugo hipotezo. V prid se mu lahko šteje cenovna dostopnost in enostavnost v rokovanju. Vseeno pa je ta segment naprav trenutno bolj primeren za uporabo v navigaciji kot pa za meritve.

Tahles Z-MAX je najbolj napreden izmed vseh uporabljenih inštrumentov. Dosega natančnosti, ki so primerljive z klasičnimi geodetskimi metodami, je enostaven za uporabo, prav tako pa je enostavna tudi naknadna obdelava podatkov. Na prvi pogled izgleda kot idealno orodje, vendar ima dve velike pomanjkljivosti, ki potrjujeta tretjo hipotezo. Prva je cena, saj je v primerjavi z ostalimi inštrumenti zelo visoka. Že če bi hoteli inštrument samo amortizirati v nekem dognem času (3-5 let), bi moral biti v uporabi najmanj 1-krat tedensko. To ga seveda naredi popolnoma neuporabnega v gozdarstvu, kjer se zgradi

relativno malo cest in kjer investicije spadajo v nižji cenovni razred. Drug in največji minus pa predstavlja neuporabnost za delo v gozdu, saj zelo hitro izgubi signal in s tem natančnost, ali pa se zaradi motenj sploh ne moremo navezati na bazno postajo. Zaradi tega ga seveda ne moremo uporabljati v gozdarstvu, kjer večina dela poteka na zaraščenem in težje dostopnem prostoru. Poleg tega pa je za nekatera dela in nastavitve nujno potrebno imeti znanje iz geodetskega področja.

Z diplomskim delom smo hoteli dokazati predvsem to, da v današnjem času obstajajo boljše, hitrejša in enostavnejša rešitve na področju projektiranja gradbenih objektih v gozdarstvu, saj so nekateri trenutni postopki v bolj ali manj nespremenjeni obliki v uporabi že preko 100 let. Vendar pa se je izkazalo, da kljub veliko boljši natančnosti večina geodetskih metod ne zadovolji drugih zahtev, ki so skupne delu v gozdu. To je absolutna uporabnost v vseh pogojih in na vseh terenih, cenovno dostopnost ob upoštevanju ekonomske specifičnosti v gozdarstvu in teoretično - tehnična enostavnost.

Izpostavimo lahko nekatere vidike, kjer je uporaba drugačnih metod smiselna. Gre predvsem za tehnično zahtevnejše projekte, kot je gradnja cest v strmem pobočju z nakloni do 70 % in omejenim prostorom, gradnja zahtevnejših oblik trase (zaporedne serpentine), gradnjo na nestabilnih kamninskih podlagah (plazišča) ali določanje oslonilnih točk. V takšnih primerih smo prisiljeni uporabiti naprednejše tehnike in inštrumente (recimo totalne merilske sisteme), saj samo tako dobimo potrebne podatke za izvedbo. Vendar pa so takšni primeri zelo redki v slovenskem prostoru. Zato bi se rajši kot za nakup opreme, odločili za najetje geodetskega podjetja, ki bi ta dela opravilo namesto nas in zagotovilo ustrezno podporo ter svetovanje. To je najboljša rešitev tako iz ekonomskega kot iz strokovnega stališča.

Preglednica 5: Dejavniki, ki vplivajo na izbiro inštrumenta

Inštrument	Cena	Natančnost	Uporabnost	Zahtevnost	SKUPAJ
BUSOLA	+	-	+	+	+
Wild RDS	-	+	0	-	0
GARMIN V	+	-	-	+	-
Thales Z-MAX	-	+	-	-	-

Legenda:

Ugoden vpliv	+
Neugoden vpliv	-
Vpliv v odvisnosti od potrebe/zahtev (Lahko negativen ali pozitiven)	0

Zaključimo lahko z ugotovitvijo, da preizkušene metode (busolna metoda, tahimetrija) zaenkrat ostajajo še vedno najboljša izbira kljub svojim pomanjkljivostim, saj popolnoma zadostujejo potrebam v gozdarskem gradbeništvu. Vseeno pa se to lahko hitro spremeni v primeru, da bo na trgu obstajal inštrument, ki bo cenovno dostopen in bo zagotavljal natančnost od 1 do 5 metrov v vseh terenskih pogojih. Takšen inštrument bi lahko zelo hitro razširil uporabo GPS tehnologije tudi na gozdarsko področje, saj bi prinesel potrebne izboljšave. Prestop na naslednjo stopnjo pa se bo zagotovo zgodil v ne tako zelo oddaljeni prihodnost, saj vedno več tehnoloških kazalcev kaže v to smer.

7 POVZETEK

V diplomski nalogi smo želeli ugotoviti katera izmed geodetskih metod, ki so v gradbenem inženirstvu v uporabi dandanes, najbolj ustreza zahtevam gozdnega gradbeništvu. Zato smo potrebovali štiri različne inštrumente in tri lokacije. Te so predstavljale terene od nezahtevnega do zelo zahtevnega, po razgibanosti terena in po gozdnatosti. Najmanj zahtevna je bila prva lokacija, zato je tudi primerjalna, saj je bilo na njen najmanj naravnih ovir. Lokacije so bile potrebne za medsebojno primerjavo podatkov, saj so se tako pokazale slabosti in prednosti metod, na različnih terenih.

Na vsaki lokaciji smo štiri-krat posneli 550 metrov ceste, vsakič z drugim inštrumentom. Tako smo dobili 12 meritev. Za ničelno meritev (meritev, ki je po natančnosti in izvedbi na vsaki lokaciji najbolj zanesljiva) smo izbrali meritev s tahimetrično metodo. Vsaka od meritev je zajemala horizontalno komponento to so koordinate in vertikalno komponento to je nadmorska višina. Iz koordinat smo nato dobili situacijo ceste in podolžni profil. Na podlagi dobljenih podatkov smo lahko videli relativna odstopanja posamezne metode od ničelne meritve in tako dobili razliko v relativni natančnosti. Iz tega smo lahko sklepali o primernosti posamezne metode za določen teren.

Ugotovili smo, da je kljub tehnični naprednosti in večji natančnosti sodobnih metod, še vedno najbolj primerna busolna metoda, ki je drugače tehnično najbolj enostavna iz določenega vidika zastarela. Vse novejšje metode (tahimetrija, GPS) se v gozdu ne obnesejo dobro, saj imajo preveč pomanjkljivosti, so bodisi preveč, bodisi premalo natančne za naše potrebe, zahtevajo preveč predhodnega strokovnega znanja, ali pa tehnično popolnoma odpovejo zaradi oblikovanosti terena. Busolna metoda pa kljub naštetim pomanjkljivostim, zadosti našim trenutnim zahtevam v gozdarskem gradbeništvu.

Dokončno odločitev, da ekonomski vidik, ki je v gozdnem gradbeništvu zelo pomemben, saj so sredstva omejena. Tudi tukaj najbolj izstopa busolna metoda, ki je daleč cenejša od vseh ostalih. Ostale so lahko zelo drage (Thales) in si jih v ekonomskih okvirih s katerimi razpolagamo v gozdarstvu, nikakor ne moremo privoščiti.

Ugotovili smo tudi, da se v določenih terenskih pogojih, pri projektiranju, pojavijo potrebe po večji natančnosti, vendar se to navadno rešuje z najetjem strokovnjakov s tega področja – geodetov, ker je to še vedno cenejše in enostavnejše za izvedbo.

Na koncu pa smo izpostavili vidik prihodnosti, v kateri bodo v koraku s tehničnim napredkom, vedno večjo vlogo igrale tudi GPS naprave. Enostavnost rokovanja in široke možnosti uporabe, bodo vzpodbuda za vedno večjo uporabo, kar bo poenostavilo izvajanje nekaterih del in odpiralo nova področja koriščenja tudi v gozdnem gradbeništvu.

8 VIRI

- Beguš J. 2002. Razvoj informacijskega sistema in podatkovnih zbirk za spremljavo stanja gozdnih cest: Specialistično delo, Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. Samozal.: 130 str.
- Garmin V GPS Review. (01.09.2005).
<http://www.gpslodge.com/archives/002779.php> (08.12.2006)
- Garmin. (2007).
<http://www.garmin.com/> (15.06.2006)
- Geoservis.
<http://www.geoservis.si/> (15.06.2006)
- Global Positioning System (GPS) Resources.
<http://www.edu-observatory.org/gps/> (20.08.2006)
- GPS in digitalna kartografija v Sloveniji. (02.08.2004).
<http://www.ctk.uni-lj.si/users/Kunaver/GPS/#povezave> (20.06.2006)
- GPS Links by Doyle's GIS. (10.11.2003).
<http://www.doylesdartden.com/gis/gps.html> (20.06.2006)
- Juvančič M. 2000. Geodezija za gozdarje in krajinske arhitekte, Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 288 str.
- Kuhar M. 2005. Geodetski računi: študijski pripomoček, Ljubljana. Univerza Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 76 str.
- Nastavitev GPS sprejemnikov za slovenske zemljevide in za pomorske zemljevide vzhodne jadranske obale.
<http://www-f1.ijs.si/~vilfan/GPS/nastavitev.html> (20.06.2006)
- Omrežje SIGNAL. (14.12.2006).
<http://www.gu-signal.si/> (12.01.2007)
- Potočnik I. 2004. Gozdne prometnice: študijsko gradivo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 211 str
- Saduon – satelitski pripomočki.
<http://www.sadoun.com/Sat/Products/SUUNTO/SUUNTO-TANDEM-Compass-Clinometer.htm> (03.12.2006)

Seminar za projektante šumskih puteva. Banja Luka, Univerzitet u Banjoj Luci, Šumarski Fakultet (neobjavljeno)

Sluga C. 1991. Geodezija 2. Ljubljana, Zavod republike Slovenije za šolstvo in šport: 171 str.

Sluga C. 1987. Geodezija 3. Ljubljana, Zavod republike Slovenije za šolstvo in šport: 226 str.

Šavelj M. 1992. Gozdno gradbeništvo. Ljubljana, Zavod republike Slovenije za šolstvo in šport: 210 str.

Varacha B. 1974. Osnove praktične geodezije III.del. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 147 str.

Vertical staff tachometer.

http://www.gmat.unsw.edu.au/currentstudents/ug/projects/f_pall/html/t12.html

(12.01.2007)

Zakon o graditvi objektov. Ur. l. RS, št. 110, 18.12.2002

ZAHVALA

Ob koncu svoje naloge, bi se rad zahvalil vsem, ki so mi pri nalogi na kakršenkoli način pomagali.

Zahvaljujem se svojemu mentorju prof. dr. Igorju Potočniku, za pomoč in usmeritve pri izdelavi diplomske naloge, prav tako pa tudi recenzentu doc. dr. Alešu Breznikarju, za pregled in oceno dela.

Zahvaljujem se Valeriji Sok, ki mi je omogočila izposojlo inštrumenta Thales Z-Max.

Zahvalil bi se rad se g. Hugu Špetiču za izposojlo inštrumenta Wild RDS in za praktično svetovanje iz svojih bogatih izkušenj, ter g. Jožetu Umeku za nasvete s področja geodezije.

Zahvaljujem se tudi podjetju GEOSSET d.o.o. za informacije o napravah Garmin.

Posebej pa se zahvaljujem Urši Žvelc za pomoč na terenu.

PRILOGA A: Rezultati meritev na prvi lokaciji - koordinate

OSNOVNI PODATKI			BUSOLA		WILD RDS		GARMIN V		THALES Z-MAX	
Točka	Dolžina	Stacionaža	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X
1		0	100,00	100,00	100,000	100,000	100,00	100,00	100,000	100,000
	25									
2		25	123,78	107,73	124,672	104,617	132,21	105,95	124,556	104,213
	25									
3		50	148,40	112,07	154,116	109,820	155,85	111,96	149,218	108,166
	25									
4		75	173,30	114,25	174,882	111,761	179,44	111,80	174,055	110,315
	25									
5		100	198,21	116,42	199,180	112,779	205,20	114,70	199,049	110,892
	25									
6		125	223,20	116,86	224,228	113,869	230,93	114,53	224,056	111,138
	25									
7		150	248,04	119,69	249,268	115,605	254,52	114,36	249,009	112,424
	25									
8		175	273,03	120,56	274,204	115,430	280,28	117,27	273,901	113,884
	25									
9		200	297,95	122,52	299,356	117,172	306,02	117,09	298,748	115,982
	25									
10		225	322,95	122,74	324,178	119,350	331,77	120,00	323,688	118,609
	25									
11		250	347,76	125,79	349,005	121,341	355,39	122,93	348,456	121,084
	25									
12		275	372,75	126,44	373,916	123,541	381,14	125,84	373,295	123,809
	25									
13		300	397,69	128,19	399,037	125,577	404,74	125,67	398,190	126,262
	25									
14		325	422,68	128,84	423,917	128,023	430,51	131,67	423,033	129,298
	25									
15		350	447,59	131,02	448,506	132,117	454,11	131,51	447,818	132,233
	25									
16		375	472,45	133,63	473,403	135,302	462,71	134,54	472,598	135,115
	25									
17		400	497,45	134,07	498,333	137,421	503,45	134,26	497,684	136,981
	25									
18		425	522,43	133,20	523,353	137,640	509,95	143,47	522,655	136,822
	25									
19		450	547,40	134,51	548,374	139,665	554,97	140,08	547,570	138,593
	25									
20		475	571,60	140,77	571,489	146,121	578,58	143,00	571,716	145,778
	25									
21		500	593,47	152,89	592,483	158,594	600,15	161,38	593,421	157,331
	25									
22		525	616,65	162,25	615,243	168,948	623,81	170,48	616,306	167,267
	25									
23		550	639,31	172,82	635,802	179,317	647,49	182,67	638,798	178,102

Lokacija: Hraško polje

Datum merjenja: 28.07.2006

Vreme: Sončno

PRILOGA B: Rezultati meritev na drugi lokaciji - koordinate

OSNOVNI PODATKI			BUSOLA		WILD RDS		GARMIN V		THALES Z-MAX	
Točka	Dolžina	Stacionaža	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X
1		0	100,00	100,00	100,000	100,000	100,00	100,00	100,000	100,000
	25									
2		25	123,01	109,77	122,921	109,729	117,18	102,97	122,613	111,354
	25									
3		50	144,88	121,89	144,640	122,074	140,91	121,32	141,383	119,445
	25									
4		75	166,31	134,76	166,035	134,706	155,97	127,39	168,599	130,777
	25									
5		100	187,74	147,64	188,205	144,066	177,58	148,85	190,609	143,608
	25									
6		125	209,39	160,14	210,093	156,146	201,17	148,69	205,725	154,675
	25									
7		150	227,06	177,82	227,261	174,151	222,71	160,88	232,247	171,747
	25									
8		175	242,63	197,38	243,081	194,008	240,00	179,29		
	25									
9		200	258,70	216,53	259,293	212,776	257,36	206,95		
	15									
10		215	266,53	229,32	260,664	228,820	268,15	216,14		
	15									
11		230	263,16	243,94	256,124	242,174	270,43	234,65		
	25									
12		255	246,11	262,22	237,507	258,709	257,56	234,74		
	20									
13		275	235,81	279,37	242,928	284,672	257,71	256,35		
	10									
14		285	240,04	288,43	246,521	294,005	249,30	281,11		
	10									
15		295	248,02	294,45	260,766	286,162	251,49	287,27		
	25									
16		320	252,79	269,91	263,785	261,345	260,09	290,29		
	25									
17		345	269,68	251,48	274,620	239,370	279,27	271,63		
	25									
18		370	279,45	228,46	283,171	215,878	298,27	228,27		
	20									
19		390	288,53	210,64	294,959	199,453	302,50	218,98		
	15									
20		405	298,37	199,32	313,328	194,842	311,05	215,83		
	25									
21		430	322,08	191,39	337,009	187,148	334,32	169,36		
	25									
22		455	344,74	180,82	358,371	173,838	364,49	187,67		
	25									
23		480	366,60	168,70	380,701	154,360	379,35	165,95		
	25									
24		505	384,74	151,49	396,115	134,805	389,92	144,27		
	25									
25		530	404,30	135,93	420,527	125,133	409,19	137,96		
	25									
26		555	422,88	119,20	432,189	116,012	441,17	109,94		

Lokacija: Stari grad

Datum merjenja: 29.07.2006

Vreme: Sončno

PRILOGA C: Rezultati meritev na tretji lokaciji - koordinate

OSNOVNI PODATKI			BUSOLA		WILD RDS		GARMIN V		THALES Z-MAX	
Točka	Dolžina	Stacionaža	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X
1		0	100,00	100,00	100,000	100,000	100,00	100,00		
	15									
2		15	92,84	86,82	85,795	86,730	85,00	114,00		
	25									
3		40	90,44	62,02	84,007	61,992	78,00	90,00		
	20									
4		60	85,10	42,75	78,723	42,805	73,00	53,00		
	15									
5		75	76,18	30,69	68,484	30,862	72,00	39,00		
	15									
6		90	61,87	26,18	61,181	24,342	41,00	52,00		
	25									
7		115	37,14	29,88	36,481	27,205	16,00	54,00		
	25									
8		140	12,88	35,93	12,432	35,224	2,00	62,00		
	25									
9		165	-12,06	37,67	-13,365	36,982	-24,00	52,00		
	20									
10		185	-31,76	34,20	-33,364	35,200	-28,00	33,00		
	25									
11		210	-56,45	30,29	-50,893	30,290	-49,00	54,00		
	25									
12		235	-81,45	30,51	-74,328	27,447	-95,00	52,00		
	25									
13		260	-105,42	37,61	-102,587	35,992	-122,00	75,00		
	25									
14		285	-129,62	43,87	-131,550	47,991	-141,00	78,00		
	25									
15		310	-153,53	51,18	-157,120	56,650	-159,00	89,00		
	25									
16		335	-177,94	56,59	-179,980	60,644	-194,00	100,00		
	25									
17		360	-202,89	58,12	-205,698	60,988	-216,00	101,00		
	25									
18		385	-227,89	58,34	-226,112	61,200	-235,00	102,00		
	25									
19		410	-252,83	60,08	-257,556	64,741	-263,00	94,00		
	25									
20		435	-277,24	65,49	-283,690	70,110	-292,00	110,00		
	25									
21		460	-302,03	68,75	-304,487	69,363	-313,00	116,00		
	25									
22		485	-326,89	71,36	-326,473	72,398	-329,00	118,00		
	25									
23		510	-351,89	71,14	-352,781	73,556	-366,00	122,00		
	25									
24		535	-376,34	65,94	-380,410	67,812	-384,00	126,00		
	15									
25		550	-390,72	61,68	-394,113	63,777	-400,00	121,00		

Lokacija: Dolina Korošice

Datum merjenja: 03.08.2006

Vreme: Spremenljivo

PRILOGA D: Rezultati meritev na prvi lokaciji – nadmorske višine

OSNOVNI PODATKI			BUSOLA H	WILD RDS H	GARMIN V H	THALES Z-MAX H
Točka	Dolžina	Stacionaža				
1		0	346,80	348,730	349,00	348,739
	25					
2		25	346,80	348,730	349,00	348,720
	25					
3		50	346,80	348,640	351,00	348,646
	25					
4		75	346,80	348,550	351,00	348,566
	25					
5		100	346,80	348,350	350,00	348,299
	25					
6		125	346,80	348,330	349,00	348,246
	25					
7		150	346,80	348,230	351,00	348,149
	25					
8		175	346,80	348,170	351,00	348,071
	25					
9		200	346,80	348,010	350,00	347,907
	25					
10		225	346,80	347,890	349,00	347,766
	25					
11		250	346,80	347,730	350,00	347,665
	25					
12		275	346,80	347,690	349,00	347,594
	25					
13		300	346,80	347,330	349,00	347,227
	25					
14		325	346,80	347,190	348,00	347,929
	25					
15		350	346,80	346,970	347,00	346,994
	25					
16		375	346,80	346,750	349,00	346,750
	25					
17		400	347,24	346,450	349,00	346,514
	25					
18		425	347,45	346,150	349,00	346,070
	25					
19		450	347,02	345,670	347,00	345,661
	25					
20		475	347,02	345,490	346,00	344,843
	25					
21		500	347,24	345,510	348,00	345,402
	25					
22		525	347,67	345,830	348,00	345,657
	25					
23		550	347,89	345,990	349,00	345,744

Lokacija: Hraško polje

Datum merjenja: 28.07.2006

Vreme: Sončno

PRILOGA E: Rezultati meritev na drugi lokaciji – nadmorske višine

OSNOVNI PODATKI			BUSOLA H	WILD RDS H	GARMIN V H	THALES Z-MAX H
Točka	Dolžina	Stacionaža				
1		0	400,00	400,000	400,00	397,668
	25					
2		25	402,18	402,440	405,00	401,944
	25					
3		50	404,36	405,000	413,00	408,504
	25					
4		75	406,54	406,900	406,00	403,511
	25					
5		100	407,85	408,650	408,00	415,843
	25					
6		125	408,72	410,150	408,00	415,405
	25					
7		150	410,90	412,150	409,00	415,366
	25					
8		175	413,29	415,050	413,00	
	25					
9		200	416,77	418,870	419,00	
	15					
10		215	419,38	421,850	434,00	
	15					
11		230	421,46	424,350	423,00	
	25					
12		255	424,51	427,870	436,00	
	20					
13		275	426,95	430,300	420,00	
	10					
14		285	427,99	431,600	413,00	
	10					
15		295	428,87	432,700	422,00	
	25					
16		320	431,04	435,060	439,00	
	25					
17		345	433,22	435,260	439,00	
	25					
18		370	435,40	440,240	435,00	
	20					
19		390	437,49	437,260	448,00	
	15					
20		405	439,19	439,300	444,00	
	25					
21		430	442,24	445,540	435,00	
	25					
22		455	445,07	442,560	419,00	
	25					
23		480	448,11	446,100	416,00	
	25					
24		505	452,02	457,740	435,00	
	25					
25		530	455,29	450,600	451,00	
	25					
26		555	457,90	454,400	464,00	

Lokacija: Stari grad

Datum merjenja: 29.07.2006

Vreme: Sončno

PRILOGA F: Rezultati meritev na tretji lokaciji – nadmorske višine

OSNOVNI PODATKI			BUSOLA H	WILD RDS H	GARMIN V H	THALES Z-MAX H
Točka	Dolžina	Stacionaža				
1		0	524,00	524,000	529,00	
	15					
2		15	524,26	524,650	544,00	
	25					
3		40	525,57	525,700	540,00	
	20					
4		60	526,62	526,570	540,00	
	15					
5		75	527,40	527,350	540,00	
	15					
6		90	529,23	528,110	539,00	
	25					
7		115	530,54	529,190	537,00	
	25					
8		140	531,85	530,330	540,00	
	25					
9		165	533,16	531,350	545,00	
	20					
10		185	534,20	532,110	561,00	
	25					
11		210	535,95	533,560	545,00	
	25					
12		235	537,47	535,210	519,00	
	25					
13		260	538,78	536,330	544,00	
	25					
14		285	540,09	537,460	546,00	
	25					
15		310	541,40	538,610	549,00	
	25					
16		335	542,71	539,810	531,00	
	25					
17		360	544,88	541,590	525,00	
	25					
18		385	546,63	543,210	542,00	
	25					
19		410	548,37	544,680	555,00	
	25					
20		435	549,90	546,380	531,00	
	25					
21		460	550,77	547,200	520,00	
	25					
22		485	552,08	548,220	559,00	
	25					
23		510	553,39	549,470	545,00	
	25					
24		535	554,70	550,570	552,00	
	15					
25		550	555,48	551,260	556,00	

Lokacija: Dolina Korošice

Datum merjenja: 03.08.2006

Vreme: Spremenljivo