

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

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



Visokošolski program geodezija,
Smer Geodezija v inženirstvu

Kandidat:

Simon Gajšek

Zmožnost in uporabnost instrumenta Leica SmartStation

Diplomska naloga št.: 230

Mentor:

izr. prof. dr. Dušan Kogoj

Somentor:

izr. prof. dr. Bojan Stopar

Ljubljana, 27. 6. 2007

STRAN ZA POPRAVKE**Stran z napako****Vrstica z napako****Namesto****Naj bo**

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **Gajšek Simon** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom: »**Zmožnosti in uporabnost instrumenta Leica SmartStation**«

Izjavljam, da prenašam vse materialne avtorske pravice v zvezi z diplomsko nalogo na UL, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Ljubljana, junij 2007

(podpis)

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN

UDK:	528.28:528.53 (043.2)
Avtor:	Gajšek Simon
Mentor:	Izr. prof. dr. Dušan Kogoj
Somentor	Izr. prof. dr. Bojan Stopar
Naslov:	Zmožnosti in uporabnost instrumenta Leica SmartStation
Obseg in oprema:	95 str., 12 pregl., 51 sl.
Ključne besede:	elektronski tahimeter, GNSS sprejemnik, kombinirana izmera, klasične terestrične meritve, RTK metoda, GPS opazovanja, topografski načrt, Leica SmartStation

Povzetek

Diplomska naloga obravnava prvi geodetski instrument v komercialni rabi – Leica SmartStation, ki združuje elektronski tahimeter z GNSS-sprejemnikom. Njegove karakteristike vsaj na prvi pogled kažejo, da gre za res univerzalni geodetski instrument za točkovno zajemanje prostorskih podatkov. Diploma obravnava princip delovanja instrumenta predvsem z vidika njegove uporabnosti tudi na praktičnem primeru. Poskuša odgovoriti na to, ali gre za res univerzalni instrument tudi z vidika ekonomičnosti ali je njegova prihodnost lahko v tem smislu tudi vprašljiva.

BIBLIOGRAPHIC–DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 528.28:528.53 (043.2)
Author: Gajšek Simon
Supervisor: Assoc. prof. dr. Dušan Kogoj
Cosupervisor: Assoc. prof. dr. Bojan Stopar
Title: Capability and practicability of the instrument Leica SmartStation
Notes: 95 p., 12 tab., 51 fig.
Key words: total station, GNSS receiver, integrated survey, classical terrestrial measurments, GPS observations, RTK method, topographic map, Leica SmartStation

Abstract

The paper is about the first surveying instrument for commercial use that combines electronical tachymeter with GNSS reciever – Leica SmartStation. Its characteristics make an impression of a perfect surveying instrument for encompassing spatial data by points. This paper focuses on principles of using this instrument through practical work and tries to find out whether it is in fact the universal instrument considering its price or is its future unreliable for this cause.

ZAHVALA

Za pomoč in koristne nasvete pri izdelavi diplomske naloge se želim najprej zahvaliti mentorju izr. prof. dr. Dušanu Kogoju in somentorju izr. prof. dr. Bojanu Stoparju.

Zahvala gre tudi podjetju Ljubljanski geodetski biro d. d., ki mi je omogočilo praktično delo z obravnavanim instrumentom in sodelavcema Mirku in Janiju.

Za podporo in potrpljenje med celotnim študijem pa se še posebej zahvaljujem staršem in Saški.

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	1
2 TPS- IN GPS-INSTRUMENTARIJ V ENEM SISTEMU.....	4
2.1 Kaj je Leica SmartStation.....	4
2.2 Detajlna izmera s SmartStationom in primerjava s klasično geodetsko in klasično GPS-izmero	5
2.3 Izmera v novem državnem koordinatnem sistemu ETRS89	10
2.3.1 Splošno	10
2.3.2 Kombinirana GNSS in klasična terestrična metoda izmere	10
2.3.3 Izvedba GNSS-izmere za določitev koordinat točk izmeritvene mreže.....	11
2.3.3.1 Priporočila za izvedbo GNSS-izmere.....	12
2.3.3.2 Transformacija v državni koordinatni sistem	14
2.3.4 Izmera detajla s klasično terestrično metodo.....	16
3 GPS IZMERA S SMARTSTATIONOM	17
3.1 Splošno o sistemu GPS.....	17
3.2 Metode geodetske GPS-izmere	18
3.3 Vplivi na GPS-opazovanja	20
3.3.1 Oviranje signala.....	21
3.3.2 Pogrešek odboja signala ali multipath.....	21
3.3.3 Pogreški tirnic satelitov ter ionosferska in troposferska refrakcija	22
3.4 Stopnje določanja GPS-položaja s SmartStationom.....	23
3.4.1 Absolutni položaj.....	24
3.4.2 Diferencialni GPS (DGPS).....	24
3.4.3 RTK-metoda GPS-izmere	25
3.4.4 Doseg in natančnost DGPS in RTK	27
3.5 Omrežje permanentnih GNSS-postaj	28
3.6 Mrežni koncept RTK-metode GPS-izmere	31
3.6.1 Virtualne referenčne postaje – VRS	32

3.7 Podatkovna povezava med GPS-sprejemnikom in referenčno postajo	33
3.7.1 Povezava preko GSM-omrežja.....	33
3.7.2 Brežžična povezava z radijskim modemom	34
3.7.3 Povezava preko mobilnega interneta.....	34
3.8 Koordinatni sistemi	35
3.8.1 Splošno	35
3.8.2 Gauß-Krügerjev koordinatni sistem	36
3.8.3 Nov državni koordinatni sistem ETRS89.....	37
3.8.4 Državni višinski sistem.....	38
3.8.5 Prehod iz ETRS89 v Gauß-Krügerjev koordinatni sistem	39
4 ELEKTRONSKI TAHIMETER TPS1200, NADGRAJEN V SMARTSTATION	41
4.1 Splošno	41
4.2 Lastnosti elektronskih tahimetrov Leica TPS1200.....	42
4.2.1 Merjenje kotov in dolžin	43
4.2.2 Merjenje dolžin brez reflektorja	43
4.2.3 Samodejno prepoznavanje reflektorja in možnost sledenja	44
4.2.4 Samodejno iskanje reflektorja	45
4.3 Tehničnimi podatki in sestavni deli.....	46
4.3.1 Preglednica s tehničnimi podatki tahimetrov Leica TPS1200.....	46
4.3.2 Sestavni deli SmartStationa	47
4.4 Standardni in opsijski uporabniški programi	47
4.4.1 Survey – Meritve	48
4.4.2 Setup – Stacioniranje instrumenta	51
4.4.2.1 Izračun srednjega orientacijskega kota.....	53
4.4.3 Stakeout – Zakoličba	54
4.4.4 COGO – Računske funkcije iz koordinatne geometrije	56
5 PODROČJA IN PRIMERI UPORABE	62
5.1 Primer topografske izmere.....	63
5.2 Primer topografske izmere mej v ruralnem območju	65

5.3 Primer zakoličbe na velikem gradbišču.....	67
5.4 Primer detajlne izmere v urbanem središču.....	68
6 DODATNA OPREMA IN MOŽNOSTI.....	70
6.1 Daljinsko vodenje tahimetra.....	70
6.2 SmartRover in SmartPole.....	70
7 PRAKTIČNI DEL.....	73
7.1 Opis naloge.....	73
7.2 Predhodni ogled terena in izbor instrumentarija in metode izmere.....	74
7.3 Priprava podatkov o obstoječi geodetski mreži na območju izmere.....	76
7.4 Vzpostavitev horizontalne mreže na obravnavanem območju.....	76
7.5 Vzpostavitev višinske mreže.....	82
7.6 Potek detajlne izmere.....	84
7.7 Prenos in obdelava podatkov.....	86
7.8 Izdelava grafičnega prikaza topografskega načrta s programskim paketom SDMS.....	87
7.9 Kontrola reambulacije in izris topografskega načrta.....	88
8 ZAKLJUČEK.....	89
VIRI.....	92
PRILOGE.....	95
A Geodetski – topografski načrt Rakove Jelše	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Nosilni valovanji in merske kode	18
Preglednica 2: Osnovne lastnosti posameznih metod geodetske GPS-izmere	20
Preglednica 3: Oznake funkcionalnosti tahimetrov Leica TPS1200	42
Preglednica 4: Tehnični podatki elektronskih tahimetrov Leica TPS1200	46
Preglednica 5: Osnovni tehnični podatki elektronskega tahimetra Leica TCRM1201 R300...	75
Preglednica 6: Vezne točke za določitev transformacijskih parametrov	79
Preglednica 7: Izračunani transformacijski parametri	79
Preglednica 8: Transformirane Gauß-Krügerjeve koordinate in odstopanja na veznih točkah	80
Preglednica 9: Kontrolne točke	80
Preglednica 10: Transformirane Gauß-Krügerjeve koordinate in odstopanja na kontrolnih točkah	81
Preglednica 11: Tehnični podatki za elektronski nivelir Leica NA3003.....	83
Preglednica 12: Izravnane nadmorske višine točk	83

KAZALO SLIK

Slika 1: Razvoj elektronskih tahimetrov	2
Slika 2: Leica SmartStation	4
Slika 3: Detajlna izmera s klasično in GPS RTK-metodo izmere	7
Slika 4: Kombinirana – klasična terestrična in GPS RTK-metoda izmere	9
Slika 5: Primer dobre razporeditve veznih točk	15
Slika 6: GPS-sateliti in tirnice	17
Slika 7: Metode GPS-izmere	18
Slika 8: Oviranje signala	21
Slika 9: Odboj signala	22
Slika 10: Potovanje GPS-signala skozi atmosfero	23
Slika 11: Določanje absolutnega položaja	24
Slika 12: Diferencialni GPS (DGPS)	25
Slika 13: Omrežje SIGNAL	30
Slika 14: Permanentne postaje in omrežje permanentnih postaj	31
Slika 15: Možnosti podatkovne povezave	33
Slika 16: Razdelitev Slovenije na 7 območij za izračun regionalnih transformacijskih parametrov z natančnostjo transformacije 0,3 m	40
Slika 17: Tahimeter TPS1200 in SmartAntenna	42
Slika 18: Sestavni deli SmartStationa	47
Slika 19: Primer uporabe odmikov »Offset«	49
Slika 20: Primer tematskega kodiranja	49
Slika 21: Primer prostega kodiranja	50
Slika 22: Avtomatizirano snemanje točk	51
Slika 23: Nastavitev parametrov stojišča in orientacije tahimetra	52
Slika 24: Možnosti orientiranja tahimetra	52
Slika 25: Določitev srednjega orientacijskega kota	53
Slika 26: Okno za opravljanje zakoličbe	55
Slika 27: COGO, primer 1	57
Slika 28: COGO, primer 2	57
Slika 29: COGO, primer 3	58

Slika 30: COGO, primer 4.....	58
Slika 31: COGO, primer 5.....	59
Slika 32: COGO, primer 6.....	59
Slika 33: COGO, primer 7.....	60
Slika 34: COGO, primer 8.....	60
Slika 35: COGO, primer 9.....	61
Slika 36: COGO, primer 10.....	61
Slika 37: Permanentne postaje s tipi sprejemnikov in anten omrežja SIGNAL.....	62
Slika 38: Primer topografske izmere	64
Slika 39: Primer snemanja mej v ruralnem območju	66
Slika 40: Zakoličevanje na velikem gradbišču	67
Slika 41: Detajlna izmera v urbanem središču	69
Slika 42: Terminal RX1220 s 360°-prizmo	70
Slika 43: Radio-ročaj RH1200	70
Slika 44: Leica SmartPole	71
Slika 45: Tahimeter TCRM1201 R300 z GNSS sprejemnikom ATX1230	75
Slika 46: Izmera točk geodetske mreže z Leica SmartRoverjem	77
Slika 47: Vezne in kontrolne točke za izračun transformacijskih parametrov območja izmere	78
Slika 48: Nivelir Leica NA3003	82
Slika 49: Skica nivelmanske mreže	83
Slika 50: Kontrola zapiranja nivelmanske zanke	84
Slika 51: Izsek območja izmere.....	84

1 UVOD

Geodezija je v zadnjih desetletjih deležna številnih novosti in izboljšav pri izvedbi klasičnih geodetskih nalog, ki se izvajajo že stoletja. Na voljo imamo elektronske razdaljemere, elektronske tahimetre, GPS-sprejemnike (Global Positioning System), elektronske nivelirje, 3D-laserske skenerje itd. Vse to je posledica velikega tehnološkega napredka instrumentarija, računalništva in informatike ter hitrega razvoja programske opreme. Vendar pa so ti tehnološki napredki v večini primerov le poenostavili in skrajšali čas izvedbe geodetskih nalog, postopki in metodologija pa so se ohranili.

Podatke o položaju objektov v prostoru in samem prostoru pridobimo z najrazličnejšimi geodetskimi tehnikami. Za izvedbo topografskih posnetkov, katastrskih izmer, zakoličb ter opazovanj stabilnosti tal in objektov je še vedno največ v rabi klasična terestrična geodetska izmera. Pri tem danes praktično uporabljamo le še elektronske tahimetre.

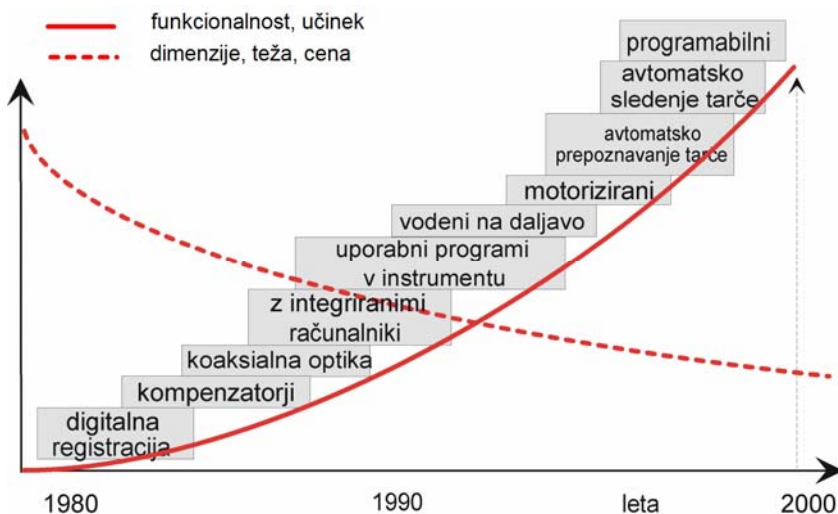
Pod pojmom elektronski tahimeter razumemo optično mehanski in elektronski instrument za merjenje horizontalnih in vertikalnih kotov ter merjenje dolžin. Elektronski tahimeter je nastal z razvojem optično mehanskega teodolita, ki so ga nadgradili z elektronskimi dodatki in izboljšavami ter mu dodali elektronski razdaljemer. V osnovi so ti elektronski dodatki omogočali digitalno določanje odčitkov na krogih, podporo kompenzatorju ter digitalni zapis merskih vrednosti na zaslon in pomnilniško enoto. Elektronske tahimetre so neprestano izboljševali in jih dopolnjevali z novimi elektronskim dodatki.

Najsodobnejši elektronski tahimetri danes zmorejo operacije, kot so:

- avtomatska kompenzacija vertikalnosti Z-osi;
- merjenje dolžin brez reflektorja;
- samodejno fino viziranje;
- podpora motorizaciji;
- samostojno najdenje reflektorja, fino viziranje in sledenje;
- podpiranje upravljanja na daljavo, kjer lahko ista oseba s ciljne točke upravlja tahimeter in vodi skico;

- odprta arhitektura, ki podpira razvoj lastnih aplikativnih programov ...

Slika 1 prikazuje približen razvoj elektronskih tahimetrov (Kogoj, 2004)



Slika 1: Razvoj elektronskih tahimetrov

Osnova za geodetsko izmero je mreža geodetskih točk, določenih v izbranem koordinatnem sistemu. Velika težava pri tem je, da so geodetske točke v okolici delovišča pogosto uničene, zato se nam mnogokrat zgodi, da za vzpostavitev izmeritvene mreže na delovišču porabimo več časa kot za samo izmero.

Po drugi strani pa imamo geodeti še eno močno orodje za pridobitev podatkov o položaju – GPS-tehnologijo. Tudi razvoj GPS-tehnologije na področju geodezije je izjemen in je poleg širitve uporabnosti šel v smeri čim večje možne natančnosti. Z izboljšavami v sprejemnikih in programski opremi omogoča obdelavo večjega števila informacij in uporabo vedno bolj učinkovitih postopkov GPS-izmere. Še dobro desetletje nazaj je bila statična GPS-izmera edina primerna GPS-metoda, ki je ob večurnem opazovanju zagotavljala zadovoljive rezultate.

Danes je v uporabi več metod geodetske GPS-izmere, ki omogočajo pridobivanja položaja ustrezne natančnosti in zanesljivosti. RTK (Real Time Kinematic) je kinematična metoda

GPS-izmere z obdelavo opazovanj v času izmere. Zaradi visoke natančnosti in nezahtevnosti je RTK-metoda zelo razširila uporabo GPS-tehnologije v skoraj vse geodetske aplikacije. Z RTK-metodo GPS-izmere je možno v nekaj sekundah določiti položaj opazovane točke s centimetrsko natančnostjo. Pri določanju položaja z GPS-tehnologijo potrebujemo zanesljivo, neprekinjeno komunikacijsko zvezo z referenčno postajo, poleg tega pa v okolici opazovane točke tudi ne sme biti ovir, ki bi lahko onemogočale sprejem GPS-signala.

S klasično geodetsko izmero z elektronskimi tahimetri pa lahko izvajamo izmero tudi tam, kjer GPS-izmera zaradi fizičnih ovir ni možna. Ugotovimo lahko, da je v mnogih primerih najbolj smotrna prav uporaba kombinacije klasičnih terestričnih in GPS-metod izmere.

Sama ideja kombinacije elektronskega tahimetra z GPS-sprejemnikom ni nova. Stansell je že leta 1983 napovedal, da se bo pri opazovanjih po letu 2000 kombiniralo klasične terestrične instrumente z integriranimi GPS-pripomočki pri vsaki geodetski izmeri (Craig, 2005, str. 3). Podjetje Leica je že leta 1993 registriralo USA-patent za: "Opazovalni sistem, ki bo vseboval elektro-optični tahimeter s prenosnim sprejemnikom za določanje položaja s pomočjo satelitov" (CIPA, 2005 str. 114). Napoved so oplemenitili leta 2005 s prvim instrumentom v komercialni rabi, ki elektronski tahimeter kombinira z GPS-sprejemnikom.

Švicarsko podjetje Leica je nastalo leta 1990 z združitvijo priznanih izdelovalcev merilnih instrumentov: Kern-a, Wilda, Litz-a in Kenbridge Instruments. S pridružitvijo dela GPS-Magnavox-a leta 1994 je Leica postala proizvajalec z najširšo ponudbo merilne tehnologije za geodezijo. Leta 1997 je bilo ustanovljeno samostojno podjetje Leica Geosystems, ki je usmerjeno predvsem v celovite geodetske in kartografske rešitve. Od leta 2006 je Leica Geosystems last podjetja Hexagon, deli se na tri oddelke in je vodilno podjetje na področju geomatike. Sedež podjetja se nahaja v Švici – v mestu Heerbrugg, proizvodnja in razvoj pa potekata v Evropi, Aziji in Ameriki.

2 TPS- IN GPS-INSTRUMENTARIJ V ENEM SISTEMU

TPS (Terrestrial Positioning System) je v osnovi elektronski tahimeter z dodanimi elektronskimi dodatki in izboljšavami. Gre predvsem za dodane stopenjske motorje, sistem za samostojno prepoznavanje prizme reflektorja *ATR* (Automatic Target Recognition), sledenje reflektorja, možnost krmiljenja instrumenta na daljavo preko radijske zveze itd.

2.1 Kaj je Leica SmartStation

Novost v geodeziji je proizvod podjetja Leica Geosystems, poimenovan »Razumna postaja« (angl. SmartStation). Z njim lahko kombiniramo prednosti klasične terestrične in GPS RTK-geodetske izmere. *SmartStation* preko zaslona in tipkovnice tahimetra ter z notranjo programsko opremo omogoča meritve, pregled in obdelavo podatkov tako terestrične kot satelitske geodezije. Gre za zmogljiv elektronski tahimeter, ki je fizično združljiv z GPS-sprejemnikom. Podatki se shranjujejo v isti podatkovni bazi na eni pomnilniški kartici, prav tako instrument napaja skupna baterija. S *SmartStationom* tako nismo več strogo odvisni od klasičnih geodetskih mrež, zato se lahko bolj prilagodimo specifični geodetski nalogi ter s tem izboljšamo učinkovitost tako na terenu kot tudi v pisarni.



Slika 2: Leica SmartStation

SmartStation je instrument, ki ga sestavlja elektronski tahimeter iz serije *TPS1200* in t. i. »Razumna antena« *ATX1230* (angl. SmartAntenna), v kateri je vgrajen dvofrekvenčni GPS-sprejemnik. *SmartAntena* je natakljiva na elektronski tahimeter in z njim komunicira. Vsi ukazi, prikazi, funkcije, operacije in izračuni so posredno preko tahimetra povezani tudi z GPS-sprejemnikom. Tahimeter- in GPS-sprejemnik sta tako združena v en instrument.

Razumna antena *ATX1230* je le dodatek tahimetru *TPS1200*, ki tahimeter v funkcionalnosti ne omejuje. Tahimeter lahko seveda uporabljamo tudi samostojno. Podrobnejše lastnosti in tehnične podatke *SmartStationa* – elektronskega tahimetra *TPS1200* in *SmartAntenne ATX1230* bom obravnaval v četrtem poglavju.

SmartStation je v večji meri namenjen detajlni geodetski izmeri. Njegova največja prednost je ta, da pri vzpostavitvi izmeritvene mreže za izmero detajla nismo več strogo vezani na klasične geodetske mreže. Instrument nam omogoča kombinacijo GPS- in klasične metode geodetske izmere. Izmeritvene točke za detajlno izmero lahko določimo z GPS RTK-metodo, sam detajl pa posnamemo klasično – z elektronskim tahimetrom.

Zaradi možnosti določanja položaja stojišča z GPS-tehnologijo in same izmere detajla s klasično terestrično metodo je tak instrument fleksibilnejši od samostojnega elektronskega tahimetra ali GPS-sprejemnika. Skrajšamo lahko čas priprave na teren, elegantneje in hitreje opravimo izmero ter posredno zmanjšamo stroške izmere.

SmartStation nam teoretično omogoča, da:

- postavimo instrument na ugodno lokacijo za snemanje detajla,
- določimo koordinate stojišča z integriranim GPS-sprejemnikom,
- se orientiramo na dane točke ali točke, katerih koordinate bomo določili kasneje,
- in že lahko izvajamo detajlno izmero z elektronskim tahimetrom.

2.2 Detajlna izmera s *SmartStationom* in primerjava s klasično geodetsko in klasično GPS-izmero

Namen geodetske izmere je izdelava topografskih in katastrskih načrtov in kart. Pri detajlni izmeri s *SmartStationom* bomo običajno kombinirali GPS RTK in klasična terestrična opazovanja. Metoda izmere bo torej kombinirana – GPS RTK in klasična terestrična. Izmeritveno mrežo oziroma navezovalno mrežo za vzpostavitev izmeritvene mreže, ki bo služila kot osnova klasične izmere, bomo določili z GPS RTK-metodo, sam detajl pa bomo posneli klasično.

Namen detajlne izmere je prikaz dejanskega stanja v naravi, na načrtu. Snemajo se vse karakteristične točke na terenu (objekti, komunikacije, vodotoki, meje kultur, posestne meje itd). Posneti moramo toliko detajlnih točk, da bomo z njihovo povezavo na načrtu dobili dejanski objekt, komunikacijo oziroma čim boljši približek dejanskega stanja v naravi. Dandanes izvajamo detajlno izmero po klasičnem postopku le še z elektronskimi tahimetri z istočasnim merjenjem horizontalnih kotov, zenitnih razdalj in poševnih dolžin (povzeto po Kogoj, 2004).

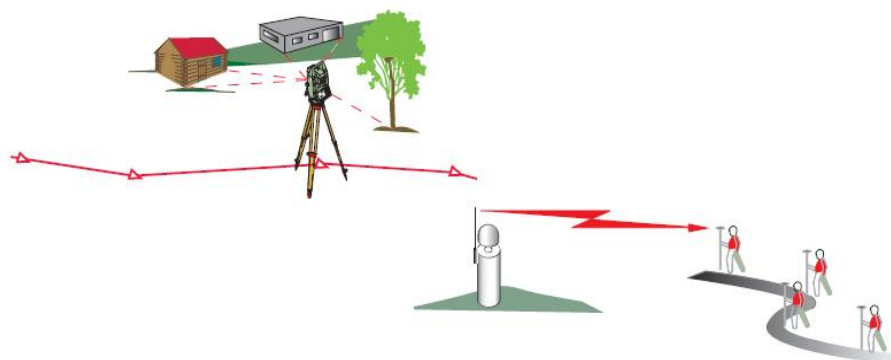
Pod pojmom klasična terestrična izmera smatramo izmero mreže in detajlno izmero z uporabo klasičnih »zemeljskih« metod izmere, h katerim štejemo triangulacijo, trilateracijo, trigonometrično višinomerstvo in geometrični nivelman. Metode omogočajo razvijanje geodetskih mrež, v katerih povezujemo geodetske točke s terestričnimi geodetskimi meritvami, in sicer z merjenjem horizontalnih kotov, dolžin, zenitnih razdalj in višinskih razlik z uporabo klasičnih geodetskih instrumentov - teodolitov, elektronskih razdaljemetrov in nivelirjev. Osnova za klasično izmero je mreža geodetskih točk v izbranem koordinatnem sistemu. Razvita je po vsej državi z namenom, da lahko kjer koli na zemeljskem površju določimo položaj objekta. V geodeziji ločeno obravnavamo horizontalno in višinsko mrežo.

Da lahko klasično izmero vključimo v državni koordinatni sistem, moramo pridobiti podatke o obstoječi geodetski mreži na obravnavanem področju. Na urbanih področjih običajno nimamo težav z obstoječo mrežo, saj je za ta območja državna geodetska mreža relativno gosta, v bolj ruralnih področjih pa velikokrat mreža ni tako zgoščena. Velikokrat se nam zgodi, da na terenu točk geodetske mreže ne najdemo, ali so uničene, premaknjene, ali pa jih zaradi slabo izdelane topografije preprosto ne najdemo. V takem primeru moramo razviti poligonsko mrežo od najbližjih primernih trigonometričnih točk, kar nam vzame veliko časa.

Osnovne značilnosti klasične metode izmere so:

- za zagotovitev zahtevane natančnosti moramo imeti primerno in komparirano mersko opremo – elektronski tahimeter, stativ in trasirko z reflektorjem;
- za vklop v državni koordinatni sistem je potrebna navezava na obstoječo državno koordinatno mrežo (horizontalno in višinsko);
- potrebna je vidnost med stojščem in merjeno točko.

Slika 3 (Surveying with ..., 2005 str. 1) prikazuje razliko v geodetski izmeri s tahimetrom in mobilnim GPS-sprejemnikom. Pri klasični izmeri je potrebno geodetsko mrežo pripeljati do samega delovišča, pri GPS-izmeri pa nam zadostuje referenčna točka na primerni oddaljenosti in poznavanje ustreznih parametrov transformacije na izbranem območju.



Slika 3: Detajlna izmera s klasično in GPS RTK-metodo izmere

RTK-metoda GPS-izmere omogoča enostavno in hitro izmero s centimetrsko natančnostjo. Uporabna je tako v detajlni izmeri kot tudi v natančnejših nalogah inženirske geodezije. GPS-izmera je najbolj ugodna v prostranih odprtih območjih, kjer ni veliko ovir, ki bi lahko onemogočale sprejem GPS-signala. Vremenski pogoji za izvedbo GPS-meritev niso pomembni. Prav tako za določanje položaja točk ne potrebujemo medsebojne vidnosti točk, kar pomeni, da jih lahko postavljamo poljubno, na enostavno dostopnih mestih. Položaj, ki ga dobimo na osnovi GPS-opazovanj, je geometrijski položaj in je neodvisen od težnostnega polja v opazovališču. Pri RTK-metodi GPS-izmere pridobimo tudi podatek o natančnosti določitve položaja opazovane točke v času izmere.

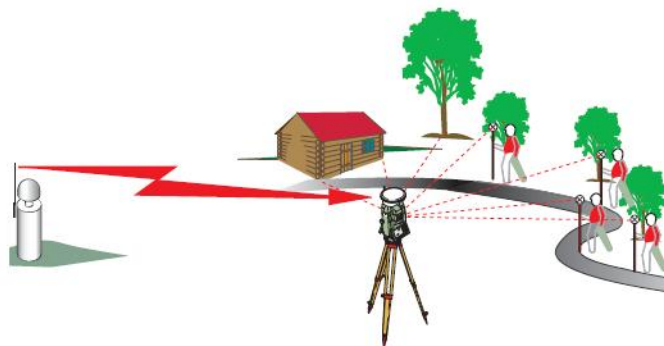
GPS-tehnologija ima v primerjavi s klasičnimi geodetskimi merskimi postopki tudi nekatere šibke točke. Višina, ki jo dobimo z GPS-opazovanji, je elipsoidna višina, ki je za praktično delo neuporabna. Ortometrično višino pa pridobimo na osnovi poznane lokalne oblike ploskve geoida. Pri GPS-opazovanjih moramo poskrbeti, da v okolici opazovane točke ni ovir, ki bi lahko onemogočale sprejem GPS-signala.

Osnovne značilnosti GPS-metode izmere so:

- potrebujemo primerno GPS-opremo - sprejemnik, anteno in stativ;
- za RTK-metodo GPS-izmere potrebujemo referenčno postajo na znani točki na primerni oddaljenosti od delovišča ter ustrezno komunikacijsko povezavo med premičnim in referenčnim sprejemnikom;
- za vklop meritev v državni koordinatni sistem D48 je potrebno izvesti ustrezno transformacijo;
- na vsaki opazovani točki je potrebna vidnost vsaj petih primerno razporejenih satelitov.

S satelitskim sistemom GPS v geodeziji hkratno določimo tridimenzionalni položaj opazovane točke v globalnem smislu. Pri dejanski izmeri je razlika med klasično in GPS-izmero v vidnosti. Pri klasični geodetski izmeri je potrebna vidnost med točkama na zemeljskem površju, pri GPS-izmeri pa je pomembno, da imamo na vsaki točki sprejem zadostnega števila satelitov, dejanska vidnost med točkama pa ni potrebna. Pri vključevanju v državni koordinatni sistem moramo pri klasični izmeri geodetsko mrežo pripeljati do samega delovišča, pri GPS RTK-izmeri pa nam zadostuje referenčna točka na primerni oddaljenosti in ustrezni parametri transformacije na izbranem območju. Prednost klasične terestrične izmere je tudi ta, da lahko izvajamo meritve tudi tam, kjer GPS-izmera ni izvedljiva – to je ob zidovih stavb, pod drevesi, v ozkih mestnih soseskah, na gradbiščih, kjer je veliko ovir, ki onemogočajo dober sprejem GPS-signala.

Na osnovi omenjenih razlik se moramo odločiti, katero metodo izmere bomo uporabili za določeno nalogo. Če v bližini delovišča nimamo razpoložljive državne koordinatne mreže in je poraščenost terena majhna, se bomo odločili za GPS RTK-metodo izmere. Kjer so v bližini delovišča točke državne geodetske mreže in je teren zaraščen oziroma pozidan, pa uporabimo klasično terestrično metodo izmere; tako specifičnih primerov je zelo malo. Največkrat imamo opravka z zelo raznolikim področjem, kjer za vsako tehniko najdemo svoje prednosti in pomanjkljivosti. Takrat je najbolj smotrna uporaba kombinacije GPS in klasičnih terestričnih opazovanj. Z instrumentom, ki omogoča klasično in GPS-izmero se lahko zato bolje prilagodimo razmeram na terenu in kombiniramo prednosti klasične terestrične in GPS-izmere – Slika 4 (Surveying with ..., 2005 str. 2).



Slika 4: Kombinirana – klasična terestrična in GPS RTK-metoda izmere

Pri kombiniranju klasičnih in GPS-opazovanj se soočimo s problematiko združitve obeh tipov opazovanj v enoten koordinatni sistem. Položaji točk, pridobljeni z GPS-tehnologijo, so namreč geometrijski, medtem ko imajo položaji točk, določeni s terestričnimi opazovanji, poleg geometrijske tudi fizikalno vrednost, saj so vezani na težnostno polje Zemlje. Poleg tega je položaj točk, pridobljen z GPS-opazovanji, v osnovi vezan na globalni referenčni elipsoid, terestrična opazovanja pa se nanašajo na lokalni Besselov elipsoid, ki ni geocentričen. Zaenkrat problem rešujemo s transformacijo koordinat, ki se nanaša na enega od koordinatnih sistemov, v drug koordinatni sistem, tako da imamo rezultate obeh tipov izmere v enotnem koordinatnem sistemu (povzeto po Stopar, Pavlovčič, 2001 str. 112 - 113).

V prihodnje – z uveljavitvijo novega državnega koordinatnega sistema ETRS89, ki temelji na globalnem referenčnem sistemu GRS80 – pa bomo lahko skupno obravnavali rezultate izmere ne glede na tip opazovanj.

2.3 Izmera v novem državnem koordinatnem sistemu ETRS89

2.3.1 Splošno

Opisali bomo načela za izvajanje geodetske izmere z uporabo kombinacije GNSS¹ in klasične terestrične izmere v novem koordinatnem sistemu. Z letom 2008 je namreč skladno s predlogom Zakona o evidentiranju nepremičnin postavljena zahteva, da se vse spremembe obstoječih točk in koordinate novih zemljiško katastrskih točk določijo v novem državnem koordinatnem sistemu ETRS89. Obravnavali bomo le nekaj centimetrsko natančnost izmere detajla, saj slabša natančnost v zemljiško katastrski izmeri ni primerna. V prihodnosti lahko pričakujemo pogostejšo uporabo kombinirane GNSS-izmere in klasične izmere.

2.3.2 Kombinirana GNSS in klasična terestrična metoda izmere

Kombinirano izmero v običajnih primerih uporabimo za podporo GNSS-izmeri, in sicer v primerih, ko pogoji za kakovostno izvedbo GNSS-opazovanj niso zagotovljeni na celotnem območju izmere. To se običajno zgodi na območjih, kjer sprejem GNSS-signala motijo visoki objekti, vegetacija, strma pobočja ali močni viri elektromagnetnega valovanja. Priporočljivo je, da z GNSS-metodo določimo koordinate točk izmeritvene mreže, ki bo služila kot osnova za izvedbo klasične izmere. Lahko pa določimo samo točke za navezavo izmeritvene mreže, izmera same izmeritvene mreže pa se izvede po klasičnem postopku. V takem primeru je potrebno z GNSS-tehnologijo okrog delovišča primerno razporediti vsaj tri točke za navezavo izmeritvene mreže. Pri tem pa mora biti natančnost določitve koordinat izmeritvene mreže za razred višja od zahtevane natančnosti določitve koordinat detajlnih točk (povzeto po Mozetič et al., 2006).

¹ GNSS je kratica skupnega imena za globalne navigacijske satelitske sisteme (iz angl. Global Navigation Satellite System), kot so npr. ameriški GPS, ruski GLONASS, evropski Galileo in kitajski Beidou.

2.3.3 Izvedba GNSS-izmere za določitev koordinat točk izmeritvene mreže

Opisali bomo izvedbo GNSS-izmere, ko je zahtevana natančnost koordinat novo določene točke, v državnem koordinatnem sistemu v okviru nekaj centimetrov. Ocena se pri tem nanaša na natančnost koordinat novo določene točke v ETRS89 glede na izbrano referenčno postajo, ki je lahko stalna GNSS-postaja, virtualna referenčna postaja ali dana ETRS-točka. Natančnost teh koordinat prevzamemo kot absolutno točne.

Kot nekajcentimetrovsko natančnost koordinat točke **izmeritvene mreže** obravnavamo natančnost, ko je (povzeto po Kogoj et al., 2006):

- pri natančnosti horizontalnih koordinat daljša izmed polosi elipse s 95 % zaupanjem v koordinati točke krajša od **5 cm**, kar pomeni, da je daljša izmed polosi standardne elipse zaupanja v koordinati točke krajša od **2 cm**;
- ko je pri natančnosti višinske koordinate polovična dolžina intervala s 95 % zaupanjem v višino točke krajša od **5 cm**, kar pomeni, da je standardni odklon višine manjši od **2,5 cm**.

Metode GNSS-izmere, ki zagotavljajo nekajcentimetrovsko natančnost koordinat se nanašajo na relativno določitev koordinat točk glede na izbrano referenčno točko, ki je lahko stalna GNSS-postaja, virtualna referenčna postaja ali pa točka s predhodno določenimi koordinatami v sistemu ETRS89. Metode izmere so:

- RTK-izmera z obdelavo opazovanj v realnem času,
- stop&go izmera z obdelavo v realnem času ali z naknadno obdelavo opazovanj,
- kinematična izmera z naknadno obdelavo opazovanj ter
- hitra statična in statična izmera z naknadno obdelavo opazovanj.

Obravnavani instrument – *Leica SmartStation* – je v začetku omogočal le RTK-metodo izmere z obdelavo opazovanj v realnem času. Z različico programske opreme 4.1 ali novejšje pa je možna tudi statična in kinematična metoda izmere z naknadno obdelavo podatkov.

2.3.3.1 Priporočila za izvedbo GNSS-izmere

Za izvedbo RTK-metode GNSS-izmere z nekajcentimetrsko natančnostjo potrebujemo mersko GNSS-opremo z naslednjimi tehničnimi lastnostmi:

- dvofrekvenčni GNSS-sprejemnik;
- dvofrekvenčno GNSS-anteno, ki zmanjša učinke večpotja (multipath) in interference signalov;
- GNSS-antena mora omogočati optično ali prisilno centriranje na točko izmere;
- sprejemnik mora omogočati možnost uporabe zemeljskih sistemov (GBAS² ali RTCM³) za zagotavljanje popravkov opazovanj;
- imeti mora možnost sprotnega nadzora nad kakovostjo zajema podatkov (nastavljivo minimalno še sprejemljivo število satelitov ter nastavljiv tolerančni PDOP⁴ ali še sprejemljivo predvideno kakovost izmere);
- podpora tehnologije omrežnih popravkov opazovanj (npr. VRS⁵-tehnologija, NMEA⁶);
- zanesljiva inicializacija (priporočljiva je podpora ponovni inicializaciji ali kontrola med meritvami).

Priporočljive nastavitve sprejemnika pri RTK, stop&go in kinematični metodi izmere so (Mozetič et al., 2006):

- interval registracije je 1 sekunda;

² *GBAS* je kratica skupnega imena za zemeljske sisteme za zagotavljanje popravkov opazovanj (iz angl. Ground Based Augmentation System), kot so npr. slovenski SIGNAL, avstrijski APOS, nemški SAPOS, švicarski SWIPOS ipd.

³ *RTCM* je kratica za skupno ime sklopa standardov za pomorsko navigacijo in satelitske tehnologije (po ustanovi, ki jih je uvedla, tj. iz angl. Radio Technical Commission for Maritime service); med drugimi vključuje tudi standard za diferencialni GNSS; uporablja ga npr. omrežje SIGNAL.

⁴ *PDOP* je kratica za vrednost, ki se nanaša na kakovost določitve položaja (iz angl. Position Dilution Of Precision); izraža razmerje med napako položaja sprejemnika in napako položajev satelitov – geometrijsko je to vrednost, ki je obratno sorazmerna volumnu štiristrane piramide, ki jo tvorijo sprejemnik in štiri sateliti, ki so v času meritev nad obzorjem razporejeni najugodnejše.

⁵ *VRS* je kratica za virtualno referenčno postajo (iz angl. Virtual Reference Station); gre za eno izmed tehnik za zagotavljanje omrežnih popravkov opazovanj, in sicer glede na poljubno izbrano referenčno točko znotraj omrežja stalnih GNSS-postaj; podpira jo npr. omrežje SIGNAL;

⁶ *NMEA* je kratica za standardizirana elektronska sporočila (po ustanovi, ki jih je uvedla, tj. iz angl. National Marine Electronics Associations); na primer za sporočilo o položaju GNSS-sprejemnika pri uporabi VRS.

- število meritev je 20, v idealnih pogojih pa vsaj 10;
- najmanjši dovoljen višinski kot satelitov je 10° , priporočljiv pa 15° ;
- največji še sprejemljivi PDOP je 6;
- shranjevanje (originalnih) podatkov opazovanj, da lahko morebitne nepravilnosti (višina antene, koordinate bazne postaje, filtriranje opazovanj ipd.) »popravimo« z naknadno obdelavo.

Če je oddaljenost od bazne postaje več kot 5 km je priporočljiva tudi navezava na VRS, če pa je bazna postaja na oddaljenosti večji od 15 km je navezava na VRS obvezna. Pravilnosti nastavitvev in inicializacije moramo preveriti s kontrolnimi meritvami na začetku in koncu meritev na kontrolni točki z danimi koordinatami v ETRS89. Če opazujemo v slabših pogojih (manjše število satelitov, večkratna izguba inicializacije, ovire – motnje v okolici točke ipd.) podaljšamo trajanje meritev. Priporočljivo pa je tudi, da kontrolne meritve opravljamo po vsakokratni izgubi signala in ponovni inicializaciji.

Priporočila za hitro statično metodo izmere so:

- interval registracije je 5 sekund – odvisno tudi od pogojev opazovanja,
- navezava na VRS, če je oddaljenost od bazne postaje več kot 5 km,
- trajanje opazovanj je vsaj 10 min + 1 min/km oddaljenosti od referenčne postaje,
- najmanjši višinski kot satelitov je $10\text{--}15^\circ$ – odvisno od programske opreme za obdelavo opazovanj,
- največji še sprejemljivi PDOP je 6.

Določitev koordinat točk pri statični in hitri statični metodi izmere je treba izvesti z navezavo na referenčno postajo ali na točko s kakovostno določenimi koordinatami v ETRS89. Priporočljiva je navezava na vsaj dve točki, tj. dve stalni GNSS-postaji ali dve ETRS-točki.

2.3.3.2 Transformacija v državni koordinatni sistem

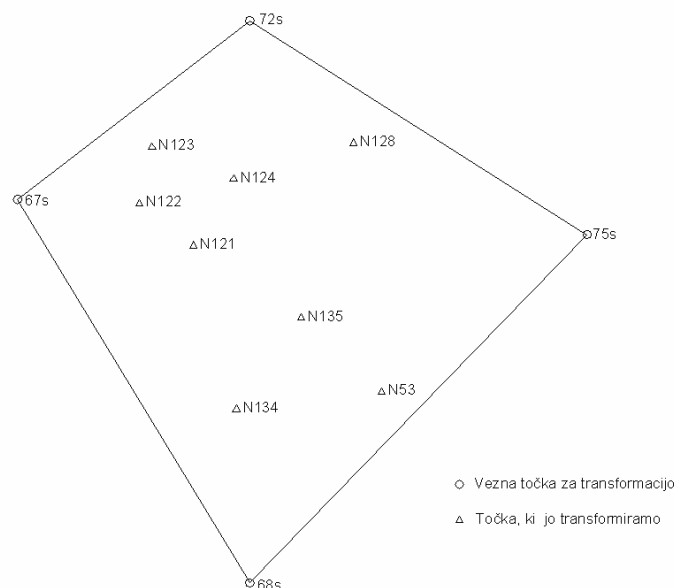
Rezultat izmere z GNSS-tehnologijo so koordinate točke v globalnem terestričnem koordinatnem sistemu ETRS89. Za transformacijo v državni koordinatni sistem uporabimo pravokotne koordinate (X, Y, Z) točke v trirazsežnem pravokotnem koordinatnem sistemu. Uporabimo parametre 7-parametrične podobnostne transformacije v državni koordinatni sistem – pretvorba iz globalnega geodetskega datuma ETRS89 v državni datum D48.

Transformacijske parametre določimo sami z izborom veznih točk v obeh sistemih. Kot vezne točke uporabimo svojemu območju prilagojen niz točk, ki so v sedanjem državnem koordinatnem sistemu dobro določene in so hkrati že določene v ETRS89; če teh točk na danem delovišču ni, pa točke v koordinatnem sistemu ETRS89 določimo z uporabo GNSS-tehnologije.

Če obstajajo na območju transformacije, je priporočljivo uporabiti ETRS-točke Geodetske uprave Republike Slovenije.

Kriteriji za izbor veznih točk:

- uporabimo najmanj 3 vezne točke; zaželeno 4 ali več;
- uporabimo točke, iz katerih je bil določen detajl (točke izmeritvenih mrež);
- točke naj bodo enakomerno razporejene, po možnosti tako da pokrijejo celotno območje izmere;
- velikost območja transformacije naj bo čim bližje velikosti območja izmere;
- točke, ki jih transformiramo, naj bodo znotraj konveksnega oboda veznih točk.



Slika 5: Primer dobre razporeditve veznih točk

Cenilke kakovosti transformacije so (Mozetič et al., 2006):

- odstopanja med danimi in transformiranimi Gauß-Krügerjevimi koordinatami na veznih točkah (tj. točk, iz katerih so bili izračunani transformacijski parametri),
- odstopanja med danimi in transformiranimi Gauß-Krügerjevimi koordinatami na kontrolnih točkah (tj. točk, ki niso bile vključene v izračun transformacijskih parametrov, imajo pa koordinate določene v obeh sistemih),
- standardni odkloni transformacijskih parametrov (samo za primerjavo kakovosti transformacije območij približno enake velikosti).

Kriterij ustreznosti transformacije pa je velikost odstopanj na veznih in kontrolnih točkah, ki naj ne presega 5 cm. Gre za razdaljo, izračunano iz izvornih (Gauß-Krügerjevih) koordinat točke in koordinat te točke, dobljenih s transformacijo.

Z izračunanimi transformacijskimi parametri transformiramo samo horizontalne koordinate točk, za transformacijo višin (elipsoidnih v nadmorske) pa uporabimo model absolutnega geoida Slovenije, ki je na voljo na Geodetski upravi Republike Slovenije.

Za določitev koordinat v državnem ravninskem koordinatnem sistemu uporabimo:

- Besslov elipsoid in
- Gauß-Krügerjevo projekcijo (srednji meridian cone: 15° , pomik proti severu 5000 km, pomik proti vzhodu 500 km, modul merila projekcije: 0,9999).

2.3.4 Izmera detajla s klasično terestrično metodo

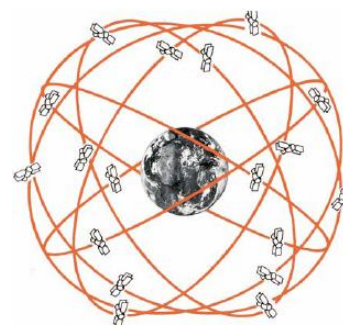
Osnovo za detajlno izmero predstavlja niz točk izmeritvene mreže, ki smo jo definirali z GNSS-izmero. Sama izvedba klasične geodetske izmere v novem državnem koordinatnem sistemu ETRS89 ostaja nespremenjena. Snemajo se objekti, komunikacije, vodotoki, meje kultur itd., ki se nahajajo na terenu in jih želimo prikazati na načrtu. Posnete detajlne točke na idealizirani način definirajo objekte na terenu in obliko zemeljskega površja. Krive linije detajla snemamo v točkah, kjer se te lomijo, in sicer s tolikšno gostoto, da daljica dveh sosednjih točk na načrtu ne odstopa od krive linije, ki jo daljica aproksimira za več kot 0,2 mm pomnoženo z merilom načrta (povzeto po Kogoj et al., 2006).

Detajl snemamo s polarno metodo izmere, v izjemnih primerih pa tudi z ortogonalno metodo detajlne izmere. Polarno metodo izmere imenujemo tudi tahimetrija – hitro snemanje. Pri polarni metodi detajlne izmere računamo koordinate detajlnih točk na osnovi direktno merjenih relativnih prostorskih polarnih koordinat detajlnih točk. Koordinatni sistem določa stojišče instrumenta (točka izmeritvene mreže ali prosto stojišče) in ena ali več orientacijskih smeri (točke izmeritvene mreže). Položaj detajlne točke je določen na podlagi istočasnega merjenja horizontalnega kota, zenitne razdalje in poševne dolžine do detajlne točke. Polarna detajlna izmera je v današnjem času praktično edina uporabljana metoda klasične detajlne izmere.

3 GPS IZMERA S SMARTSTATIONOM

3.1 Splošno o sistemu GPS

GPS je svetovni sistem za določanje položaja in temelji na vesoljski radijski navigaciji. Sistem GPS je razvilo ameriško obrambno ministrstvo (US Department of Defense-DoD) in je v osnovi namenjen vojaški uporabi. Uporabljamo ga lahko tudi civilni uporabniki, vendar z določenimi omejitvami. Sistem sestavljajo navigacijski sateliti, zemeljski ali kontrolni segmenti za upravljanje s sistemom in uporabniki.



Slika 6: GPS-sateliti in tirnice

Trenutno je v uporabi 28 GPS-navigacijskih satelitov, ki krožijo po vnaprej določenih tirnicah okrog Zemlje. Vsak od satelitov oddaja unikaten navigacijski signal, ki je postavljen na nosilno elektromagnetno valovanje L1 in L2. Frekvenci valovanj sta izpeljani iz osnovnega valovanja frekvence $f_0=10,23$ MHz in izbrani tako, da je vpliv ionosfere na signal minimalen. GPS-signal vsebuje nosilni valovanji s področja mikrovalov, merske kode, modulirane na nosilni valovanji, in navigacijsko sporočilo. Navigacijsko sporočilo vsebuje podatke o času satelita, trenutnem položaju satelita, informacije o Zemljini atmosferi ter podatke za identifikacijo posameznega satelita.

Satelitski signal je kodiran z dvema PRN-kodama (Pseudo Random Noise), ki sta modulirani na osnovi nosilnih valovanj L1 in L2. V splošnem poznamo naslednje kode (povzeto po Stopar, Pavlovčič 2001 str. 8):

- **C/A- (Coarse Acquisition) kodo** – to sta merski binarni kodi, ki se ponovita vsako milisekundo, sta generirani le za frekvenco L1. Dostopni sta vsem uporabnikom GPS-sistema;
- **P- (precise) kodo**, ki je kompleksno binarno zaporedje, ki se ponovi vsakih 266,4 dni;
- **Navigacijsko kodo (sporočilo);**

Preglednica 1 vsebuje frekvence nosilnih valovanj L1 in L2 ter merske kode s pripadajočimi frekvencami, ki jih prenaša posamezno nosilno valovanje (Surveying with ..., 2005 str. 19):

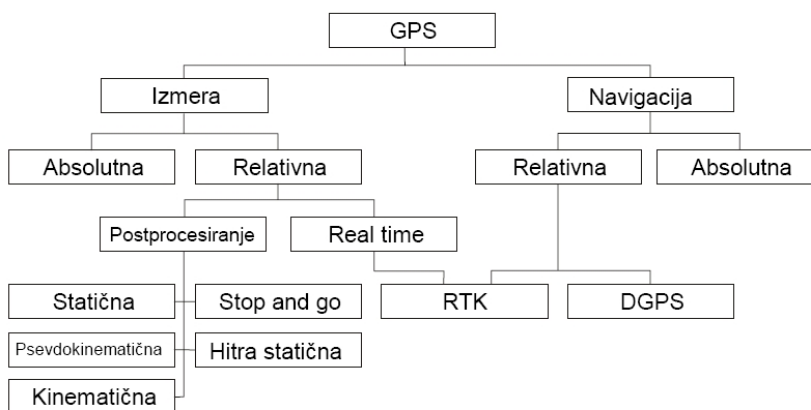
Preglednica 1: Nosilni valovanji in merske kode

L1 1575,42 Mhz	C/A Koda 1,023 Mhz	P - Koda 10,23 Mhz
L2 1227,60 Mhz		P - Koda 10,23 Mhz

GPS-sprejemnik signale iz GPS-satelitov kontinuirano sprejema in na osnovi merjenja časa potovanja radijskega valovanja od satelita do sprejemnika izračuna razdaljo do satelita. Ob natančno poznanih položajih tirnic satelitov in merjenjem razdalj do vsaj štirih satelitov lahko GPS-sprejemnik izračuna svoj položaj. Čas potovanja signala od satelita do sprejemnika lahko določimo iz kodnih ali faznih opazovanj.

3.2 Metode geodetske GPS-izmere

Poznamo več metod GPS-izmere, od katerih ima vsaka metoda svoje značilnosti in natančnost od nekaj 10 m do 1 mm in več. Naslednja shema prikazuje metode GPS-izmere (Stopar, Pavlovčič 2001 str. 72).



Slika 7: Metode GPS-izmere

V osnovi lahko metode GPS-izmere razdelimo glede na čas pridobitve rezultatov na:

- metode obdelave opazovanj v realnem času in
- metode naknadne obdelave opazovanj.

Glede na način izvedbe meritev pa ločimo dve metodi GPS-izmere, in sicer:

- statično in
- kinematično metodo GPS-izmere.

Osnovna razlika med metodama je ta, da pri statični metodi izmere sprejemnik med izmero ves čas miruje, pri kinematični metodi pa določamo položaj tako, da se sprejemnik giblje po določenem območju od točke do točke. V obdobju od začetka praktične uporabe GPS-opazovanj do danes se je razvilo nekaj metod izmere, ki v večji meri povzemajo značilnosti ene ali druge osnovne metode GPS-izmere (povzeto po Stopar, Pavlovčič Prešeren, Kozmus 2006).

Vse metode, ki dosegajo primerno natančnost za uporabo v geodeziji, so metode, pri katerih določamo relativni položaj opazovane točke na osnovi opazovanj faze nosilnega valovanja.

Statična metoda izmere je najbolj natančna metoda GPS-izmere. Metoda temelji na daljšem času opazovanj (od 30 minut do več ur ali celo več dni) in s tem na spremembah geometrijske razporeditve satelitov v času opazovanj. Primerna je za določitev koordinat z zelo visoko natančnostjo (podcentimetska natančnost).

Hitra statična metoda GPS-izmere (angl. fast static) je vrsta statične metode izmere, ki se je pojavila z razvojem algoritmov za učinkovito določitev neznanega začetnega števila celih valov ob uporabi različnih tipov opazovanj (fazi valovanja L1 in L2, C/A- in P-koda, vrednost Dopplerjeve frekvence za valovanji L1 in L2) in različnih kombinacij teh opazovanj, kar omogoča hitro in zanesljivo določitev začetnih neznanih vrednosti celih valov.

Kinematična metoda GPS-izmere pa je dinamična metoda, ki temelji na faznih opazovanjih in istočasni izmeri z dvema sprejemnikoma. En sprejemnik je postavljen na dani točki, z drugim (premičnim) sprejemnikom pa izvajamo izmero. Končne koordinate detajlnih točk so

določene v okviru naknadne obdelave opazovanj obeh sprejemnikov. Zajem detajlnih točk je lahko avtomatski (časovni ali dolžinski interval).

RTK-metoda GPS-izmere bo v nadaljevanju obravnavana podrobneje, saj na njej temelji pridobivanje GPS-položaja s *SmartStationom*.

Nekatere osnovne lastnosti posameznih metod GPS-izmere prikazuje preglednica 1 (Stopar, Pavlovčič 2001 str. 73).

Preglednica 2: Osnovne lastnosti posameznih metod geodetske GPS-izmere

Metoda izmere	Relativna točnost	Trajanje opazovanj	Slabosti	Prednosti
Statična	0,1 ppm–10 ppm	1–4 ure	Počasna	Visoka točnost
Hitra statična	1 ppm–10 ppm	5 min.–20 min.	Potrebujemo prefinjen hardver in softver	Hitra in visoke točnosti
Kinematična	1,5 ppm–10 ppm	1 min –2 min	Neprekinjen sprejem signala najmanj 4 satelitov	Hitra
RTK	1 ppm–10 ppm	Skoraj real time	Neprekinjen sprejem signala 4 ali več satelitov ali ponovna inicializacija	Visoka točnost določitve položaja premičnega objekta

Posamezne metode GPS-izmere omogočajo pridobivanje položaja ustrezne natančnosti in zanesljivosti ob različnem obsegu terenskega dela ter ob različno kompleksni obdelavi teh opazovanj po opravljeni izmeri. Izkazalo se je, da je za geodetsko GPS-izmero v mnogih situacijah najboljša kombinacija različnih metod GPS-izmere, in sicer hitra statična metoda v kombinaciji z RTK-metodo GPS-izmere.

3.3 Vplivi na GPS-opazovanja

Vplivi na opazovanja, izvedena z RTK-metodo GPS-izmere, so podobni vplivom in pogreškom vsake GPS-izmere. V grobem lahko vplive na GPS-opazovanja razdelimo glede na njihov izvor (povzeto po Stopar, Pavlovčič 2001 str. 39):

- vplivi z izvorom v satelitih,
- vplivi z izvorom v sprejemniku ter

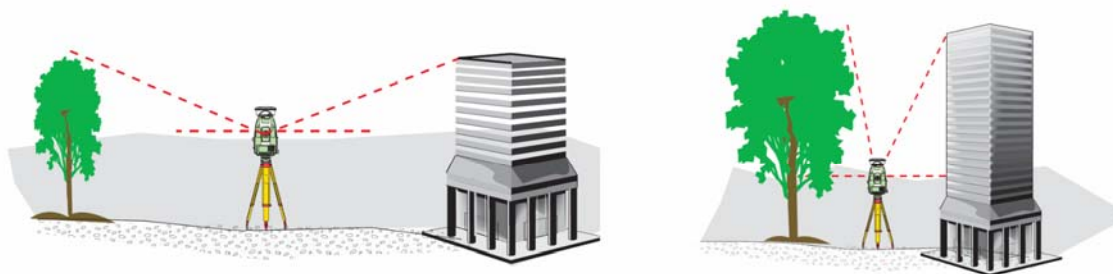
- vplivi z izvorom v mediju, skozi katerega signal potuje.

Ti vplivi so predvsem pogreški tirnic satelitov, odboj signala ali »multipath« ter ionosferska in troposferska refrakcija.

3.3.1 Oviranje signala

Stavbe, velika drevesa z bujnimi krošnjami in druge ovire lahko blokirajo signale z enega ali več satelitov. Čeprav signali lahko prodrejo skozi redkejšo krošnjo, je njihova jakost bistveno zmanjšana. Zato moramo paziti, da kadarkoli je možno postavimo GPS-sprejemnik na odprto območje s čim manj ovirami, ki bi lahko onemogočale dober sprejem GPS-signala. Kadar opazujemo v okolici bujne vegetacije, se je vsem oviram vedno nemogoče izogniti. Z izkušnjami pa lahko kmalu rzsodimo, kje lahko postavimo GPS-sprejemnik, da bomo pridobili zadostno število satelitov za nemoteno opazovanje.

Na spodnji sliki je primer dobre (levo) in slabe (desno) postavitve instrumenta za določitev položaja stojišča z GPS-tehnologijo (Surveying with ..., 2005 str. 32).

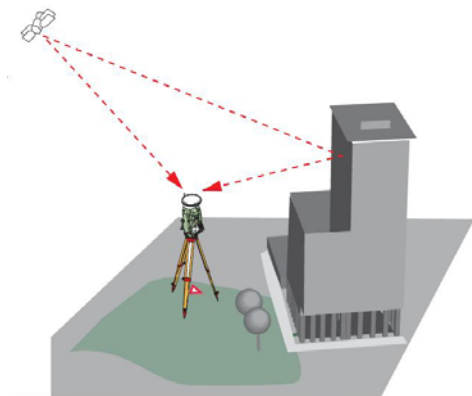


Slika 8: Oviranje signala

3.3.2 Pogrešek odboja signala ali multipath

Satelitski signali se odbijajo od stavb in objektov v bližini antene. Če imamo instrument postavljen v bližini visoke zgradbe, kamiona ali drugega objekta, potem sprejema antena direktne in odbite signale od objektov. Pride do interference signala, ki pade na anteno

direktno in signala, ki se od objekta prej odbije in na anteno pade posredno. Temu pravimo pogrešek odboja signala ali »multipath« (večpotje) - Slika 9 (Surveying with ..., 2005 str. 33).



Slika 9: Odboj signala

Če ima objekt zelo gladko odbojno površino, potem ima lahko *multipath* velik vpliv. Ob postavitvi instrumenta v bližino visoke stavbe se v vsakem primeru zgodi, da se inicializacijski čas podaljša.

Pogrešku odboja signala se izognemo z izbiro primerne opazovališča, ki ni v neposredni bližini objektov, ki bi lahko delovali kot odbojno sredstvo. S primerno zasnovo GPS-antene in algoritmi za zmanjševanje vplivov odbitih signalov ima *multipath* manjši vpliv.

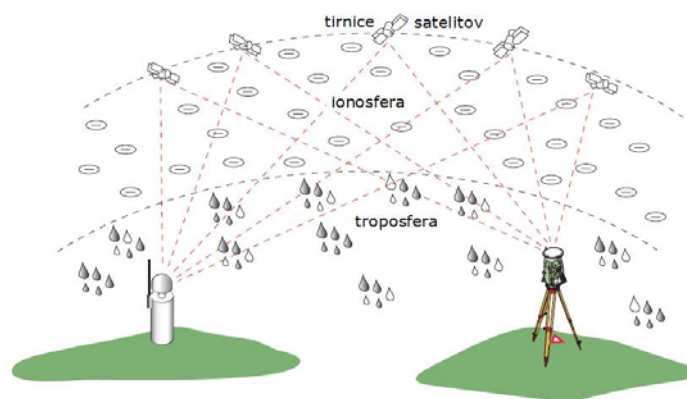
3.3.3 Pogreški tirnic satelitov ter ionosferska in troposferska refrakcija

Sateliti, ki oddajajo GPS-signal, se gibajo po vnaprej določenih tirnicah. Natančnost določitve položaja je odvisna poznavanja teh tirnic. Seveda pa prihaja do odstopanj gibanj satelitov od vnaprej predvidenih tirnic gibanja. Pogreška tirnic ne moremo povsem eliminirati. V navigacijskem sporočilu pridobimo le podatke o broadcast efemeridah, zato pri RTK-metodi GPS-izmere, pogreška tirnic satelitov ne moremo zmanjšati z uporabo preciznih efemerid.

GPS-signal potuje skozi različne plasti (sfere) atmosfere – Slika 10 (Surveying with ..., 2005 str. 34), ki niso homogene in imajo vsaka svoje lastnosti. Posledično prihaja ob potovanju signala čez različne plasti do prehitevanj ali zakasnitev valovanj, kar se posredno odraža na natančnost določitve položaja.

Pri prehodu elektromagnetnega valovanja skozi ionosfero prihaja do prehitevanj faze valovanja in zakasnitev moduliranega nosilnega valovanja, čemur pravimo ionosferska refrakcija. Pseudorazdalje, določene na osnovi kode, bodo zaradi vpliva ionosferske refrakcije daljše, pseudorazdalje, določene na osnovi faznih opazovanj, pa bodo krajše od prave geometrijske razdalje med satelitom in sprejemnikom. Vpliv ionosferske refrakcije odpravimo z dvofrekvenčnimi opazovanji.

Troposfera je nevtralni (neionizirani) del atmosfere, skozi katerega je razširjanje valovanja neodvisno od frekvence valovanja. Vpliv troposfere in stratosfere na GPS-opazovanja imenujemo troposferska refrakcija, ki povzroča, da valovanje potuje od satelita do sprejemnika po krivulji in ne po premici. Popravki zaradi troposferske refrakcije se določijo na osnovi različnih modelov troposfere.



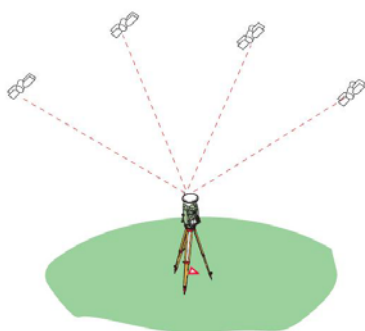
Slika 10: Potovanje GPS-signala skozi atmosfero

3.4 Stopnje določanja GPS-položaja s SmartStationom

Imamo tri stopnje določanja položaja z GPS-tehnologijo, ki jih razlikujemo glede na to, kako je GPS-signal sprejet in uporabljen. Operater mora poznati osnovne razlike med njimi. S *SmartStationom* lahko določamo absolutni položaj, relativni položaj na osnovi kodnih opazovanj (DGPS) in RTK-položaj.

3.4.1 Absolutni položaj

Ko GPS-sprejemnik katerega koli tipa sprejema signale iz štirih ali več satelitov istočasno, potem lahko izračuna in prikaže svoj položaj. Na ta način določen položaj imenujemo absolutni položaj. Določen je na osnovi danih položajev GPS-satelitov in opazovanih razdalj med satelitom in sprejemnikom. Geometrična razporeditev GPS-satelitov je takšna, da se lahko kjerkoli in kadarkoli sprejema signal iz vsaj štirih satelitov.



Pri določanju absolutnega položaja se uporablja samostojen GPS-sprejemnik – Slika 11 (Surveying with ..., 2005 str. 20). Nezanosljivost oziroma nezadostna določenost tirnic satelitov, motnje signala pri prehodu skozi ionosfero in troposfero ter druge napake onemogočajo, da bi lahko na ta način določili položaj bolje kot na 5 m natančno (povzeto po Surveying with ..., 2005).

Slika 11: Določanje absolutnega položaja

3.4.2 Diferencialni GPS (DGPS)

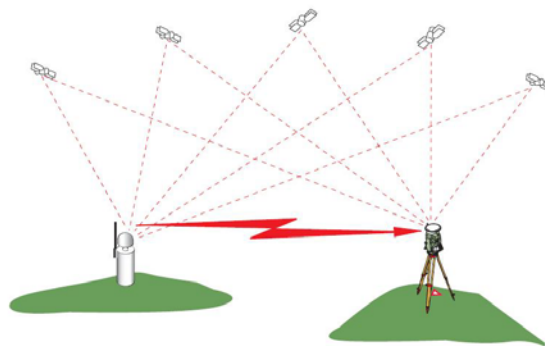
Omenjene napake lahko zmanjšamo in zelo izboljšamo natančnost določitve položaja, če so meritve narejene simultano na dveh stojiščih. Diferencialni GPS sestavljajo referenčni in eden ali več mobilnih sprejemnikov.

Eden od sprejemnikov je pri tem postavljen na dani točki – pravimo mu referenčni ali bazni sprejemnik. Drugi sprejemnik pa je postavljen na točki, ki jo želimo določiti – pravimo mu mobilni sprejemnik – Slika 12 (Surveying with ..., 2005 str. 3).

Referenčni sprejemnik je postavljen na točki z znanimi koordinatami zaradi izračuna popravkov, izmerjenih psevdorazdalj med sateliti in referenčnim sprejemnikom. Če sta mobilni in bazni sprejemnik med seboj oddaljena manj kot 500 km, potem sprejemata signal

iz istih satelitov in imata položaj zaradi pogreškov z izvorom v satelitih enako napačen. Referenčni sprejemnik kontinuirano izračunava popravke na osnovi razlike znanih in merjenih razdalj do satelitov. Ti popravki se nato preko komunikacijske povezave v resničnem času posredujejo mobilnim sprejemnikom.

Položaj mobilnega sprejemnika je pridobljen relativno glede na referenčno točko (bazni sprejemnik), zato na ta način določen položaj imenujemo relativni položaj. Dosežena natančnost diferencialnega GPS je odvisna od geometrične razporeditve satelitov v času opazovanj, natančnosti opazovanj in oddaljenosti od referenčne postaje. Vse visoko natančne tehnike določanja položaja z GPS-tehnologijo slonijo na diferencialnem GPS, saj se v večji meri zmanjša pogreške, ki jih lahko obravnavamo kot enake za vse sprejemnike, ki izvajajo opazovanja istočasno na nekem območju (povzeto po Stopar, Kuhar, Majcen 2004).



Slika 12: Diferencialni GPS (DGPS)

V načinu DGPS lahko s *SmartStationom* določamo položaj na osnovi kodnih opazovanj. Določitev relativnega položaja na osnovi kodnih opazovanj je mogoč z natančnostjo okrog 30 cm do 1 m, kar v splošnem ni dovolj za potrebe geodezije. Boljšo natančnost dosežemo s kodnimi in faznimi opazovanji v načinu RTK.

3.4.3 RTK-metoda GPS-izmere

Kratica RTK izvira iz začetnic angl. imena te metode (ReaT Time Kinematic), kar bi lahko prevedli kot kinematična metoda z rezultati v času izmere. RTK je zelo zanesljiva in visoko

produktivna metoda določanja položaja z GPS-tehnologijo, ki ob izpolnjenih določenih pogojih omogoča določitev koordinat opazovane točke v nekaj sekundah s centimetrsko natančnostjo.

RTK-metoda izmere je v osnovi kinematična GPS-metoda s to posebnostjo, da se podatki meritev obdelujejo sproti – v realnem času. RTK-metoda je relativna metoda GPS-izmere, kar pomeni, da položaj mobilnega sprejemnika (angl. rover) določamo relativno glede na bazni oziroma referenčni sprejemnik (angl. reference), ki je postavljen na točki z znanimi koordinatami. GPS RTK-sprejemnik poleg podatkov iz satelitov sočasno sprejema tudi podatke, ki mu jih pošilja referenčni sprejemnik, postavljen na dani točki. Bazni in mobilni sprejemnik morata biti pri tem v stalni komunikacijski zvezi. Podatki se lahko prenašajo iz baznega do mobilnega sprejemnika preko ustrezne komunikacijske naprave, ki je lahko radijski modem, mobilni telefon ali mobilni internet.

Modem na bazi služi za kodiranje informacij bazne postaje, ki se potem prenesejo do modema na mobilni postaji, ki dekodira sporočilo iz baze. S tem so opazovanja združena, obdelava pa poteka podobno kot v pisarni, s to razliko, da je v tem primeru obdelava sprotna in poteka neprenehoma. Referenčna točka je ponavadi javna GPS-permanentna postaja, ki je na voljo vsem uporabnikom v okolici. Če pa v bližini delovišča ni na voljo javne permanentne postaje, pa za referenčni sprejemnik uporabimo privatni GPS-sprejemnik postavljen na dani točki.

Ob neprekinjenem sledenju vsaj petih GPS-satelitov in izvedbi inicializacije je pričakovana natančnost RTK-metode centimetrsko. Inicializacija se nanaša na določitev začetnega števila celih valov med satelitom in sprejemnikom v začetnem trenutku opazovanj. RTK-metoda GPS-izmere za izračun vektorja med referenčno točko in sprejemnikom na detajlni točki uporablja GPS-opazovanja v zaporednih časovnih trenutkih.

RTK-metoda je vsestransko uporabna na skoraj vseh področjih geodezije od detajlne izmere do zahtevnejših nalog inženirske geodezije. Z RTK-metodo lahko opravljamo meritve povsod, kjer je horizont dovolj odprt za sprejem GPS-signala in je omogočena komunikacija z referenčno postajo. Čeprav je na prvi pogled določanje položaja z RTK-metodo z novjšimi GPS-sprejemniki zelo enostavno in rutinirano opravilo, pa mora operater GPS RTK-

sprejemnika vseeno poznati nekaj osnovnih dejstev in ozadja o sistemu GPS, vplivih na GPS-opazovanja in sami metodologiji RTK-tehnike GPS-izmere. RTK-metoda je v splošnem za uporabo v geodeziji najbolj praktična in zato tudi najbolj obetavna za uporabo v prihodnosti.

3.4.4 Doseg in natančnost DGPS in RTK

Doseg diferencialnega GPS je odvisen od:

- komunikacijske povezave med referenčno postajo in roverjem ter
- od zmožnosti mobilnega sprejemnika, da zanesljivo izračuna svoj položaj.

Natančnost RTK-metode se velikokrat primerja z natančnostjo diferencialnega GPS (DGPS). Dosegljiva natančnost DGPS je v splošnem metrska, medtem ko z metodo RTK dosegamo natančnost določitve položaja s centimetrsko natančnostjo (povzeto po Kozmus 1999).

Z zanesljivim in dolgim dosegom komunikacijske povezave (GSM-omrežje, mobilni internet ali kvaliteten radijski modem) lahko GPS-sprejemnik izračuna DGPS-položaj na razdalji nekaj deset kilometrov od referenčnega sprejemnika.

DGPS je uporaben predvsem v prometu, na področju varnosti in obrambe, za določanje položaja na področju gozdarstva, agronomije ...

Glavne značilnosti DGPS so:

- potrebujemo najmanj 4 satelite,
- inicializacija se izvrši v trenutku,
- dosežemo lahko natančnost okrog 30 cm do 1 m,
- uporabljamo korekcijo na osnovi javnih referenčnih točk.

Korekcijsko sporočilo vsebuje popravke psevdorazdalj, ki jih referenčna postaja izračunava na podlagi razlike med izmerjenimi psevdorazdaljami in znanimi razdaljami do satelitov (povzeto po Stopar, Kuhar, Majcen 1997).

Izračun RTK-položaja je dosti kompleksnejši od izračuna položaja z DGPS. Vplivi napak, ki pripadajo ionosferi, troposferi in pogreškom satelitskih tirnic, omejujejo doseg, pri katerem RTK-mobilni sprejemnik še lahko izračuna položaj s centimetrovsko natančnostjo.

Glavne značilnosti RTK-metode GPS-izmere so:

- za inicializacijo potrebujemo vsaj 5 satelitov,
- inicializacija običajno traja okrog 10 sekund,
- dosežemo lahko natančnost okoli 1 do 5 cm,
- potrebujemo lastno ali javno bazno točko.

V odvisnosti od trenutnih atmosferskih razmer je razdalja med referenčnim in mobilnim sprejemnikom lahko tudi do 40 km. RTK je uporabna na skoraj vseh področjih geodetske izmere, od topografske izmere do različnih nalog inženirske geodezije ...

3.5 Omrežje permanentnih GNSS-postaj

Ena od bistvenih nalog geodezije je vzpostavitev in vzdrževanje koordinatnih sistemov in s tem tudi koordinatnih sestavov. Do današnjega časa je tehnologija napredovala v tolikšni meri, da za vzdrževanje horizontalne komponente koordinatnih sestavov služijo le še tehnike satelitske geodezije. Višino pa pridobimo s pomočjo gravimetrije in geometričnega nivelmana. Zaradi različnih naravnih dogajanj, kot so naravne nesreče, klimatske spremembe in naravni pojavi, je vzpostavitev globalnega koordinatnega sistema izrednega pomena. Permanentne GNSS-postaje so ključnega pomena za realizacijo globalnih terestričnih sistemov. Podajajo nam položaj v 4 dimenzijah, kar pomeni, da je časovna komponenta del informacije o položaju točke.

Stalno delujoča GNSS-postaja (permanentna GNSS-postaja) je kakovostno stabilizirana točka z nameščeno kakovostno GNSS-opremo, na kateri se izvajajo neprekinjena GNSS-opazovanja. Stalno delujoča GNSS-postaja opravlja funkcijo baznega sprejemnika za navezavo opazovanj na ETRS89 (Navodila za uporabo GPS... 2006 str. 14).

Tako kot na globalnem morajo biti tudi na lokalnem nivoju vzpostavljene službe, ki skrbijo za nemoteno delovanje permanentnih GNSS-postaj in podporo uporabnikom. V Sloveniji služba za GPS deluje v okviru državne geodetske službe na Geodetskem inštitutu Slovenije. Njena osnovna naloga je vzpostavitev in upravljanje državnega omrežja stalnih GNSS-postaj z imenom SIGNAL (SI – Geodezija – Navigacija – Lokacija). Služba za GPS ima tudi naslednje naloge:

- deluje kot državni operativni center, čigar naloga je skrb za tehnično delovanje omrežja,
- izvaja analize položajev GNSS-postaj in analize kakovosti opazovanj v realnem času,
- distribuira podatke v realnem času in vodi arhiv podatkov na portalu RINEX,
- nudi podporo uporabnikom omrežja in drugim uporabnikom GNSS.

Organizacija službe za GPS v Sloveniji je razdeljena na naslednje centre:

- **Operativni center** skrbi za nemoteno delovanje GNSS-postaj v omrežju signal in administracijo omrežja;
- **Analitični center** skrbi za pridobivanje podatkov iz stalnih GNSS-postaj, izvaja analize delovanja omrežja, kakovosti opazovanj in skrbi za periodično izračunavanje položajev GPS-postaj v ETRS89;
- **Podatkovni center** skrbi za distribucijo podatkov uporabnikom, arhiviranje podatkov, vodenje dokumentacije o omrežju ter informira in nudi strokovno podporo uporabnikom.

Omrežje SIGNAL je temeljna državna geoinformacijska infrastruktura za določanje preciznega položaja s sodobno satelitsko tehnologijo GPS povsod na ozemlju Slovenije. Vzpostavila ga je Geodetska uprava Republike Slovenije.

Omrežje SIGNAL sestavlja 15 stalno delujočih GPS-postaj, ki so razporejene tako, da zagotavljajo geodetsko natančnost določitve položaja z GPS na območju celotne države. Postaja v Ljubljani je vključena v evropsko mrežo permanentnih postaj GPS. Omrežje SIGNAL v realnem času izmenjuje tudi podatke s petih postaj avstrijske mreže APOS in s postajo v Zagrebu.



Slika 13: Omrežje SIGNAL

Omrežje izpolnjuje zahteve določanja položaja od metrske natančnosti v načinu DGPS do centimetrskosti natančnosti v načinu RTK. Mreža permanentnih postaj in geodetske točke z znanimi koordinatami v državnem (D48) in v ETRS89-koordinatnem sistemu so izhodišče za vzpostavitev novega državnega koordinatnega sistema ETRS89 v Sloveniji (povzeto po Macedoni 2004).

Surova opazovanja posameznih permanentnih postaj, ki jih sprejema delovna postaja v centru, se za potrebe naknadne obdelave pretvorijo v standardni izmenjevalni format RINEX. V komprimirani obliki se nato shranjujejo na arhivski strežnik in so registriranim uporabnikom na voljo preko portala GPS-službe. Uporabnik na osnovi dneva, časa in intervala opazovanj izbere ustrezne datoteke in jih pretoči v svoj računalnik.

Zaradi povezave državnega koordinatnega sistema z globalnim koordinatnim sistemom ETRS89 bo potrebno točke osnovne mreže permanentnih postaj vključiti v evropsko mrežo permanentnih GPS-postaj (angl. EUREF Permanent Network – EPN), ki je del svetovne mreže permanentnih GPS-postaj. Zaenkrat je v omrežje evropskih permanentnih GPS-postaj vključena le postaja v Ljubljani (z oznako GSR1).

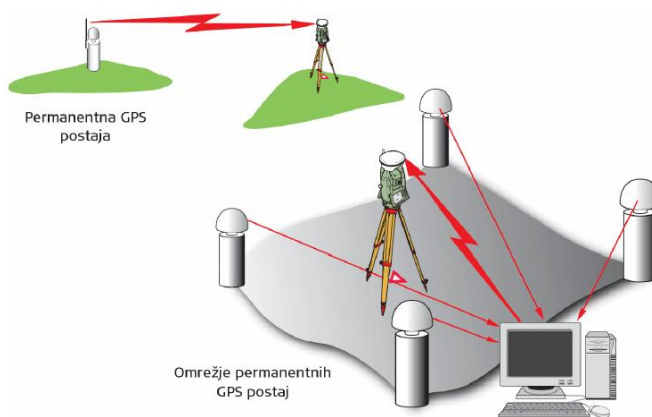
Če bi bile GPS RTK-meritve lahko narejene v idealnih razmerah, potem ne bi imeli omejitev za doseg in pogreškov odvisnih od razdalje med referenčno postajo in mobilnim sprejemnikom. Zaradi stalnih sprememb v atmosferi idealnih razmer nikoli ni. Spremenljivi

vplivi, ki povzročajo ionosferske in troposferske časovne zamude ter pogoški satelitskih tirnic povzročajo pogoške, odvisne od razdalje in omejitve dosega, pri katerem klasična RTK- metoda še omogoča določanje položaja s centimetrsko natančnostjo.

Permanentne postaje so s centralno procesnim centrom povezane v omrežje referenčnih postaj, ki omogoča mrežno obravnavo vseh postaj v omrežju. V omrežju permanentne postaje niso neodvisne, temveč združeni podatki z različnih postaj omogočajo računsko modeliranje vplivov na opazovanja v celotni mreži.

3.6 Mrežni koncept RTK-metode GPS-izmere

Mrežni način RTK-izmere temelji na centraliziranem omrežju permanentnih postaj. Posamezne permanentne postaje so pri tem stalno povezane s centrom, v katerega se podatki opazovanj stekajo sproti, v realnem času – Slika 14 (Surveying with ..., 2005 str. 36).



Slika 14: Permanentne postaje in omrežje permanentnih postaj

Omrežje stalno povezanih referenčnih postaj omogoča postopek modeliranja omenjenih vplivov ionosfere, troposfere in tirnic satelitov. Najbolj razširjen je koncept VRS- navidezna referenčna postaja, (angl. Virtual Reference Station).

3.6.1 Virtualne referenčne postaje – VRS

Osnovni princip VRS je računski določitev navideznih opazovanj, kot bi jih izvajala referenčna postaja v neposredni bližini uporabnika. Za določitev VRS potrebujemo najmanj tri referenčne postaje, ki so centralno povezane s centrom in dvosmerno podatkovno povezavo med centrom in uporabnikom (povzeto po Macedoni 2004).

V prvem koraku sistema VRS uporabnikov GPS-sprejemnik pošlje centralnemu strežniku omrežja permanentnih postaj svoj približni položaj. Ta komunikacija običajno poteka preko GSM-omrežja s standardnim NMEA GGA-stavkom.

Center na podlagi približnega položaja ugotovi, v katerem trikotniku permanentnih postaj se uporabnik nahaja. Nato program v centru za ta položaj izračuna navidezno (virtualno) referenčno postajo, ki je v neposredni bližini uporabnika. Center nato generira opazovanja in popravke, kot da bi prihajali iz resnične postaje in jih pošilja uporabniku v obliki sporočil v formatu RTCM.

Bistvo tehnike VRS je torej, da se opazovanja nanašajo na virtualno postajo (VRS), ki je le nekaj metrov oddaljena od uporabnika. Tehnika VRS je močno izboljšala storilnost in kvaliteto RTK-metode izmere. Z ukinitvijo potrebe po vzpostavitvi referenčnega sprejemnika prihranimo čas, odpadejo pa tudi stroški nakupa in vzdrževanja sekundarnega sprejemnika. V sistemu VRS je vključena splošna kontrola izmere, zato nam ni potrebno skrbeti glede širjenja pogreškov zaradi netočne kontrolne točke. V sistemu VRS se hitreje določi neznanke celih začetnih valov (inicializacija). Obenem pa je zagotovljen nadzor kvalitete podatkov pred pošiljanjem uporabnikov na teren.

3.7 Podatkovna povezava med GPS-sprejemnikom in referenčno postajo

Tako klasična kot tudi mrežna RTK-izmera zahteva stalno podatkovno povezavo sprejemnika, katerega položaj želimo določiti z referenčno postajo oziroma z računskim centrom, ki posreduje opazovanja in popravke opazovanj. Uporabljena je lahko podatkovna povezava preko radijskega modema, omrežja mobilne telefonije, mobilnega interneta ali telekomunikacijskih satelitov.



Slika 15: Možnosti podatkovne povezave

Podatkovna povezava je praviloma vzpostavljena po standardu RTCM-SC104, ki je priznan po celem svetu. Organizacija RTCM predpisuje vsebino tokovnih sporočil, ki so zapisana v binarnem zapisu. RTCM omogoča prenos kodnih popravkov za diferencialno določitev položaja ali dodatne podatke (opazovanja ter popravke faznih in kodnih opazovanj) za določitev položaja z RTK-metodo. Podatke RTCM lahko posredujemo preko radijskih valov ali omrežij za mobilne komunikacije. Najnovejša različica standarda je 3.0, ki v primerjavi s predhodno različico 2.3 omogoča precej bolj zgoščen način prenosa podatkov. Količina podatkov naj bi bila manjša za 70 % (povzeto po Stopar, Kozmus 2006).

3.7.1 Povezava preko GSM-omrežja

Glede na razmah mobilne tehnologije, dobre pokritosti s signalom GSM (Global System for Mobile Communications) in možnosti podatkovnega prenosa se omrežje GSM kaže kot najbolj logična izbira za povezavo uporabnika s centrom. Uporaba GSM-omrežja se plačuje glede na čas priklopa oziroma ob paketnem prenosu GPRS (General Packet Radio Service) glede na količino pretočenih podatkov.

Pretok podatkov je možen:

- preko Mobitelove vstopne točke GSM 041181818,
- preko vstopnih modemov GSM v centru,

- paketno preko povezave GPRS.

V primeru uporabe vstopnih modemov je število uporabnikov, ki istočasno dostopajo do sistema omejeno s številom modemov v centru. Uporaba omrežja GSM je pogojena z dosegom in kvaliteto signala GSM, ki je vsaj v urbanih okoljih dobra.

3.7.2 Brezžična povezava z radijskim modemom

Alternativa povezavi preko omrežja GSM je brezžična povezava preko radijskih valov. V primerjavi z omrežjem GSM je takšna povezava cenejša, saj je potreben samo začetni strošek za nakup ustrezne opreme (radio-modem), sam pretok podatkov pa je načeloma brezplačen. Brezžična povezava je kritična predvsem s stališča dosega signala. Brez uporabe ojačevalnikov in repetitorjev signala je doseg zelo omejen, odvisen pa je tudi od fizičnih ovir med oddajnikom in sprejemnikom.

3.7.3 Povezava preko mobilnega interneta

Zelo popularen je tudi NTRIP (Network Transport of RTCM via Internet Protocol). To je protokol za pretok diferencialnih popravkov in drugih podatkov preko interneta. Omogoča vzpostavitev hkratne povezave namiznih računalnikov, prenosnikov ali dlančnikov do t. i. gostitelja (angl. host). NTRIP podpira brezžični dostop interneta preko mobilnih omrežij, kot so GSM, GPRS, EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution), UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) ali WLAN (Wireless Local Area Network).

NTRIP temelji na internetnem protokolu HTTP/1.1 (HyperText Transfer protocol), vendar zaradi dodatnih sporočil ni popolnoma združljiv s HTTP. Za prenos podatkov uporablja niz protokolov TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol).

NTRIP sestavljajo tri glavne programske komponente: NtripClient, NtripServer in NtripCaster. Slednji predstavlja dejanski strežnik HTTP, medtem ko sta NtripClient in NtripServer odjemalca HTTP.

Osnovni pogoj za prenos podatkov preko NTRIP-a je dostop do interneta. Ta dostop je lahko fiksni preko telefonske linije, kableskega omrežja, optičnih kablov, najetih vodov ipd. Na samem terenu pa je fiksna povezava z internetom zelo redko izvedljiva. Silen razmah telekomunikacij lahko s pridom izkoriščamo tudi pri GNSS-opazovanjih. Do mobilnega interneta v omrežju GSM lahko dostopamo preko podatkovne klicne povezave, t. i. CSD (Circuit Switched Data), ali preko GPRS, kjer gre za paketni prenos podatkov. Za prenos RTCM-sporočil preko protokola NTRIP zadostuje pasovna širina 9600kbit/s, kar obe povezavi tudi zagotavljata. Razlika med CSD- in GPRS-povezavo je v razpoložljivosti in tarifnem sistemu. Cena podatkovnega klica je odvisna od časa povezave, cena povezave GPRS pa je odvisna od količine prenesenih podatkov.

Tarife za CSD in GPRS so odvisne od ponudnika GSM-storitev. GPRS je pri pretoku večjih količin podatkov cenovno nekoliko bolj ugoden, saj operaterji ponujajo možnost plačila pavšala za neomejeno količino podatkov. Kot nadgradnjo storitve GPRS ponuja Mobitel storitev UMTS, Simobil pa EDGE. Storitvi UMTS in EDGE zagotavljata večjo hitrost prenosa, vendar sta v Sloveniji zaenkrat še slabo pokrita (povzeto po Kozmus, Stopar 2006).

3.8 Koordinatni sistemi

3.8.1 Splošno

Državni koordinatni sistem je matematična osnova za meritve, opisovanje in kartiranje stanj ter posegov v prostor na območju države. Realiziran je z geodetskimi točkami. Če so te ponekod določene manj natančno kot drugje, se zaradi nehomogene kakovosti pojavijo deformacije koordinatnega sistema, kot posledica pa se napačno evidentirajo podatki o položajih, dolžinah, oblikah in površinah objektov, ki so izmerjeni s pomočjo teh geodetskih

točk. Deformacije merila v splošnem naraščajo od severovzhoda proti notranjosti države, kot dodaten problem pa je tudi zelo nehomogena razporeditev točk nižjih redov.

V sedanjem državnem koordinatnem sistemu nakopičene deformacije že presegajo natančnost sodobnih merskih metod. V okviru analize stanja astrogeodetske mreže je bilo ugotovljeno, da (Navodila za uporabo GPS... 2006 str. 28):

- ima mreža napačen položaj na elipsoidu ($DY = \text{ok. } 350 \text{ m}$, $DX = \text{ok. } -90 \text{ m}$),
- je nepravilno orientirana,
- da so v mreži prisotne velike lokalne deformacije merila, ki znašajo do 30 mm/km .

Zaradi vseh naštetih dejstev bo izveden prehod na nov državni koordinatni sistem, ki bo zagotovil predvsem kakovostnejše podatke o prostoru.

3.8.2 Gauß-Krügerjev koordinatni sistem

V Sloveniji je zaenkrat veljaven še Gauß-Krügerjev koordinatni sistem. Koordinate neke točke v tem sistemu predstavimo z ravninskimi koordinatami (y, x, H). Slovenski koordinatni sistem je definiran z Besselovim elipsoidom, ki najbolje aproksimira Zemljo na področju Slovenije.

Da lahko preidemo iz elipsoidnih koordinat, ki jih definira mreža ukrivljenih vzporednikov in poldnevnikov, v ravnino – torej za prikaz ukrivljene površine Zemlje na ravnem listu papirja – je definirana Gauss-Kruegerjeva projekcija. Določajo jo centralni meridian (15° E), izhodiščni vzporednik (ekvator), faktor merila, zamik koordinat proti vzhodu in zamik koordinat proti severu. Tako je položaj točke določen z ravninskimi koordinatami (y, x, H).

Osnovni podatki državnega koordinatnega sistema so (Navodila za uporabo GPS... 2006 str. 28) :

- Koordinatni sestav: D48
- Tip in parametri kartografske projekcije:
 - Gauß-Kruegerjeva projekcija

- Besselov elipsoid
- širina cone: 3°
- modulacija: 0,9999
- centralni meridian: 15°
- pomik proti severu: -5 000 000 m
- pomik proti vzhodu: 500 000 m

3.8.3 Nov državni koordinatni sistem ETRS89

V okviru EUREF kampanj so bila izvedena GPS-opazovanja in izračunane koordinate točk triangulacijske mreže I. reda, ki predstavljajo osnovo za navezavo vseh ETRS-mrež. Mreža teh točk se z leti postopoma zgoščuje in t. i. ETRS-točke te mreže predstavljajo osnovo za materializacijo novega koordinatnega sistema. Hkrati z zgoščevanjem mreže ETRS-točk je potekala tudi izgradnja omrežja stalno delujočih GPS-postaj SIGNAL.

Sredstvo za prehod na nov državni koordinatni sistem, ki temeljil na evropskem terestričnem referenčnem koordinatnem sistemu ETRS89, je omrežje stalno delujočih GPS-postaj SIGNAL in mreža ETRS-točk. Od leta 2008 naprej bodo vse meritve in evidence izvajane v tem sistemu. Postopoma bodo vse koordinate nepremičninskih in topografskih objektov neposredno izmerjene in vodene v novem koordinatnem sistemu. V nov sistem bodo transformirane tudi druge prostorske evidence (povzeto po Navodila za uporabo GPS... 2006 str. 29).

V letu 2007 je bila v okviru nalog na osnovnem geodetskem sistemu predlagana tudi nova kartografska projekcija in optimalni parametri izbrane projekcije. Na podlagi analiz različnih kartografskih projekcij in njenih parametrov je bilo ugotovljeno, da je za območje Slovenije optimalna Transverzalna kartografska projekcija, zato predpostavljamo, da bo nova državna kartografska projekcija Transverzalna Mercatorjeva s parametri, ki so bili predlagani v okviru naloge »Preučitev lastnosti posameznih kartografskih projekcij za območje Slovenije«.

Osnovni podatki o koordinatnem sistemu ETRS89 (Navodila za uporabo GPS... 2006 str. 29) :

- Koordinatni sestav:
 - državno omrežje stalno delujočih GPS-postaj SIGNAL
 - ETRS-točke
- Tip in parametri kartografske projekcije:
 - Transverzalna Mercatorjeva projekcija
 - elipsoid GRS80
 - širina cone: 3°
 - modulacija: 0,9999
 - centralni meridian: 15°
 - pomik proti severu: -5 000 000 m
 - pomik proti vzhodu: 500 000 m

3.8.4 Državni višinski sistem

V državnem koordinatnem sistemu uporabljamo sistem normalnih ortometričnih višin – poljubno jim lahko rečemo tudi nadmorska višina (H). Izhodišče tem višinam je geoid, kot najbolj verna aproksimacija Zemlje in odraža značilnosti fizičnega površja in gostote zemeljskih mas. Ploskev geoida se na področju morij in oceanov prilega srednjemu nivoju gladine morja.

Višinsko temeljno geodetsko mrežo tvorita višinska geodetska mreža višjega in nižjega reda. Celotna nivelmanska mreža je navezana na stari avstroogrski fundamentalni reper Ruše, katerega višina je določena v t. i. višinskem datumu Trst in katerega zanesljivost je vprašljiva, saj je bila ničelna ekvipotencialna ploskev ocenjena samo na podlagi enoletnih opazovanj nivoja Jadranskega morja. Po ponovni določitvi višine normalnega repera v Trstu so ugotovili, da je odstopanje v višini kar 9 cm.

Osnovni podatki o višinskem koordinatnem sistemu (Navodila za uporabo GPS... 2006 str. 29) :

- Koordinatni sestav:
 - višinski datum Trst
 - višinska temeljnega geodetska mreža višjega in nižjega reda
- Sistem višin
 - sistem normalnih ortometričnih višin

3.8.5 Prehod iz ETRS89 v Gauß-Krügerjev koordinatni sistem

Rezultat GPS-izmere so koordinate točk v globalnem terestričnem koordinatnem sistemu ETRS89. GPS-sprejemnik mora svoje ETRS89-koordinate pretvoriti v državni koordinatni sistem. Med tema dvema koordinatnima sistemoma veljajo določeni premiki, rotacije in faktor merila. Prehod med dvema koordinatnima sistemoma je tem bolj natančen, čim več parametrov poznamo. Načela za izvedbo transformacije so bila opisana v poglavju 2.3.3.2.

Da lahko GPS-sprejemnik izračuna položaj v državnem ali lokalnem koordinatnem sistemu, mu je torej nujno potrebno podati nekatere parametre za pravilno pretvorbo in prikaz koordinat. Najpogosteje uporabljamo 7-parametrično podobnostno transformacijo (zasuki okrog vseh treh koordinatnih osi, premiki vzdolž vseh treh koordinatnih osi in sprememba merila).

Za izvedbo transformacije so nam na voljo že določeni regionalni transformacijski parametri, ki jih lahko dobimo na straneh Geodetske uprave Republike Slovenije. Določeni so za sedem območij (Slika 16). V splošnem ti parametri zagotavljajo natančnost transformacije do 0,3 m (povzeto po Mozetič, et al., 2006).



Slika 16: Razdelitev Slovenije na 7 območij za izračun regionalnih transformacijskih parametrov z natančnostjo transformacije 0,3 m

Natačnost transformacije 30 cm je za tahimetrično izmero prenizka. Potrebujemo natančnost nekajcentimetrskega nivoja, ki jo lahko dosežemo z izborom parametrov ožjega območja, ki ga transformiramo. Transformacijske parametre določimo sami, z lastnim izborom veznih točk v obeh sistemih.

Lastne transformacijske parametre lahko s *SmartStationom* določimo neposredno na terenu s pomočjo uporabniškega programa »Determine Coordinate System«. Predpogoj, da lahko na terenu opravimo izračun transformacijskih parametrov, je, da imamo v instrumentu že pripravljene dve delovišči – eno z ETRS89-koordinatami in drugo z lokalnimi ali državnimi koordinatami. Transformacijo izvedemo po načelih, ki so opisana v poglavju 2.3.3.2.

Pri določanju transformacijskih parametrov razgibanega območja, kjer terena ni mogoče dovolj dobro aproksimirati z ravnino, je smiselno koordinatnemu sistemu pripeti geoidni model. Za namestitev in uporabo geoida neposredno v instrumentu moramo izvedbeno datoteko geoidnega modela prej prilagoditi v programu »Leica Geo Office« (povzeto po Leica System 1200 Navodilo... 2006).

4 ELEKTRONSKI TAHIMETER TPS1200, NADGRAJEN V SMARTSTATION

4.1 Splošno

Merska oprema, kolektivno zbrana pod imenom »Sistem 1200« (angl. System 1200), je bila predstavljena februarja 2004. Družino *System1200* so sestavljali elektronski tahimetri *TPS1200*, GPS-sprejemnik *GPS1200* ter programska oprema in pribor. Največja novost je poleg enotne opreme bil koncept skupne obravnave podatkov, katerega osnova je bila napredna podatkovna baza, ki je omogočala združevanje podatkov iz obeh instrumentov.

Integracija elektronskih tahimetrov *TPS1200* in GPS-sprejemnikov *GPS1200* pokriva naslednje možnosti:

Enoten uporabniški koncept: Uporabniški koncept, zaslon, funkcije, opravila in večina uporabniških programov je enakih tako na tahimetrih kot tudi na GPS-sprejemnikih.

Identično upravljanje s podatki: *TPS1200* in *GPS1200* uporabljata enak zapis in upravljanje s podatki. Pomnilniški medij tipa *CompactFlash* (CF) lahko iz enega instrumenta vstavimo v drug instrument in nadaljujemo z delom.

Enoten pribor: Enake baterije in polnilnik ter enak pribor za GPS- in TPS-instrumentarij.

Enotna pisarniška programska oprema: S programom »Leica Geo Office« lahko pregledujemo in urejamo GPS-, TPS- in DNA-podatke. Podatke meritev lahko obdelujemo ločeno ali skupaj. Podatki GPS- in TPS-opazovanj ter meritve nivelmana se lahko v programu skupno obravnavajo, s standardiziranimi orodji in logičnim pretokom podatkov. Vsi moduli programskega paketa *Leica Geo Office* temeljijo na isti filozofiji z enotnim uporabniškim vmesnikom.

SmartStation predstavlja še korak naprej, saj elektronski tahimeter fizično združuje z GNSS-sprejemnikom. Sestavljata ga tahimeter *TPS1200* skupaj s t. i. *SmartAntenno*. Antena je postavljena v smeri vertikalne vrtilne osi tahimetra. S priključitvijo *SmartAntenne* na tahimeter *TPS1200* so vse GNSS-funkcije in dodatne možnosti dostopne preko tipkovnice in zaslona tahimetra.

Na spodnji sliki levo je tahimeter *TPS1200*, desno pa GNSS-sprejemnik *ATX1230* z GSM-modemom. GNSS-sprejemnik *ATX1230* komercialno imenovan *SmartAntenna* pritrdimo na tahimeter tako, da snamemo ročaj s tahimetra in na njegovo ležišče pripravimo *SmartAntenna*.



Slika 17: Tahimeter *TPS1200* in *SmartAntenna*

4.2 Lastnosti elektronskih tahimetrov Leica *TPS1200*

Tahimetri serije *TPS1200* sodijo med sodobne in zmogljive tahimetre, ki opcijsko poleg merjenja kotov in dolžin ponujajo tudi merjenje dolžin brez reflektorja, samodejno prepoznavanje in sledenje reflektorja, samodejno natančno viziranje, daljinsko vodenje instrumenta itd. Zmogljivosti posameznega instrumenta družine *TPS1200* so odvisne od tipa instrumenta. Naslednja preglednica prikazuje osnovne oznake instrumentov, ki ponazarjajo njihovo funkcionalnost.

Preglednica 3: Oznake funkcionalnosti tahimetrov Leica *TPS1200*

OZNAKA	OPIS
TC	Tahimeter za merjenje kotov in dolžin
R	Možnost merjenja dolžin brez reflektorja
M	Podpora motorizaciji
A	Samodejno prepoznavanje reflektorja in možnost sledenja
P	Sistem za samodejno iskanje reflektorja

Vsak tahimeter iz družine *System1200* (TC / TCR / TCRM / TCRA / TCRP) je lahko nadgrajen v *SmartStation*.

Poleg vseh teh funkcij in zmogljivih posameznih komponent instrumenta pa ima programska oprema tahimetrov odprto arhitekturo, ki uporabniku z možnostjo razvoja lastnih aplikativnih programov omogočajo nadgraditev sistema po lastnih potrebah. Za specifične naloge lahko napišemo lastne programe v okolju Geo C++. To je napredno, objektno orientirano programsko okolje, ki temelji na programskem jeziku C++.

4.2.1 Merjenje kotov in dolžin

Tahimetri serije *TPS1200* imajo vgrajen precizni sistem za diametralno čitanje krogov z absolutnim enkoderjem, ki omogoča takojšen in neprekinjen prikaz vrednosti horizontalnih smeri in zenitnih razdalj. Za natančnost čitanja skrbi centralno nameščen dvoosni kompenzator. *TPS1200* odvisno od tipa instrumenta omogoča opazovanje s kotno natančnost 1", 2", 3" ali 5", v skladu s standardom za natančnost merjenja kotov ISO 17123-3.

Za merjenje dolžin z reflektorjem skrbi elektro-optični razdaljemer, ki lahko na eno prizmo v povprečnih pogojih atmosfere meri razdalje do 3 km z natančnostjo 2 mm + 2 ppm, skladno s standardom ISO 17123-4. Dolžine lahko merimo s standardnim, hitrim ali sledilnim merilnim načinom na različne prizme (mini, standardna, 360°, reflektivna nalepka).

4.2.2 Merjenje dolžin brez reflektorja

PinPont je sodobna tehnologija za merjenje razdalj brez prizme. *PinPont* je koaksialno vgrajeni laserski razdaljemer z vidnim rdečim žarkom. Ciljno točko osvetli z majhno rdečo piko, ki nam je lahko pri viziranju v slabših svetlostnih pogojih v veliko pomoč. Velikost laserske pike na cilju, oddaljenem 100 m, znaša 40 x 12 mm.

Merjenje razdalj brez reflektorja je nepogrešljivo pri merjenju nedostopnih oziroma težko dostopnih točk, pri meritvah v tunelih, notranjih prostorih, pri meritvah fasad, pročelij itd.

PinPont je lahko opcijsko vgrajen v vsakem tahimetru *TPSI200*. Obstajata dve različici, in sicer:

- R100 z merilnim dosegom do 170 m in
- R300, ki ima merilni doseg do 500 m.

PinPont v kombinaciji z motoriziranim tahimetrom omogoča skeniranje površin in merjenje profilov. Vidni laserski žarek omogoča hitro in precizno viziranje tudi pri zelo strmih vizurah, ko viziranje z daljnogledom praktično ni več izvedljivo.

Sistem za merjenje razdalj brez reflektorja *PinPont* omogoča merjenja razdalje z reflektorjem do 7,5 km in merjenje razdalj brez reflektorja do 170 m (R100) ali 500 m (R300) z natančnostjo 3 mm ; 2 ppm po ISO 17123-4.

4.2.3 Samodejno prepoznavanje reflektorja in možnost sledenja

Sistem za samodejno viziranje reflektorja *ATR* (Automatic Target Recognition) omogoča zajem dvakrat več točk, kot bi jih v istem času zajeli z ročnim viziranjem. *ATR* omogoča, da prizmo samo grobo naviziramo in sprožimo meritev. Instrument nato sam opravi vse ostalo: precizno viziranje, merjenje in shranjevanje podatkov. Iz daljnogleda izhaja infrardeči žarek, ki se odbije od prizme, *ATR* pa ga v trenutku analizira. Instrument obrne daljnogled, precizno navizira center prizme in opravi meritev. Ker operaterju ni potrebno precizno vizirati niti fokusirati, so meritve z *ATR* mnogo hitrejše in neutrujajoče (povzeto po Kogoj, Bilban, Bogatin, 2004).

Motorizirani tahimetri imajo tudi funkcijo sledenja reflektorju *Lock*, ki je ena od možnosti sistema *ATR*. Če vključimo funkcijo *Lock*, potem lahko po prvem natančnem viziranju instrument sledi reflektorju tudi v primeru, ko nastopi krajša prekinitev vidljivosti med instrumentom in reflektorjem. Med sledenjem reflektorja lahko kadarkoli opravimo meritev.

Če zaradi daljše prekinitve instrument popolnoma izgubi reflektor, moramo ponovno grobo navizirati reflektor.

ATR omogoča dvakrat hitrejši zajem točk in konstantno visoko natančnost, ki je neodvisna od operaterja. Ker nam ni potrebno precizno vizirati in fokusirati, se lahko bolj osredotočimo na samo izmero. V kombinaciji z možnostjo *Lock* in uporabo 360°-prizme orientiranje prizme ni potrebno. *ATR* se še posebej izkaže pri meritvah v slabih svetlostnih pogojih.

4.2.4 Samodejno iskanje reflektorja

PowerSearch je sistem, ki samodejno najde reflektor v nekaj sekundah ne glede na to, kje se ta nahaja. Sistem je popolnoma ločen od *ATR*, ki reflektor najde in fino vizira le, če se ta nahaja v vidnem polju daljnogleda. Ko aktiviramo *PowerSearch*, se instrument zavrti okoli navpične osi in obenem oddaja vertikalni laserski snop v razponu ± 20 gonov. Takoj zatem ko snop zadane reflektor, se tahimeter preneha vrteti, precizno viziranje in meritev pa prevzame sistem *ATR*.

PowerSearch je opcijska funkcija za vse motorizirane tahimetre. Lahko ga uporabimo za prvo *ATR*-meritev ali v načinu *Lock* v primeru, ko instrument zaradi daljše prekinitve vidnosti reflektorja popolnoma izgubi reflektor. Funkcija samodejnega iskanja reflektorja se še posebej izkaže, kadar merimo sami in tahimeter upravljamo daljinsko. Meritev lahko opravimo tudi v popolni temi.

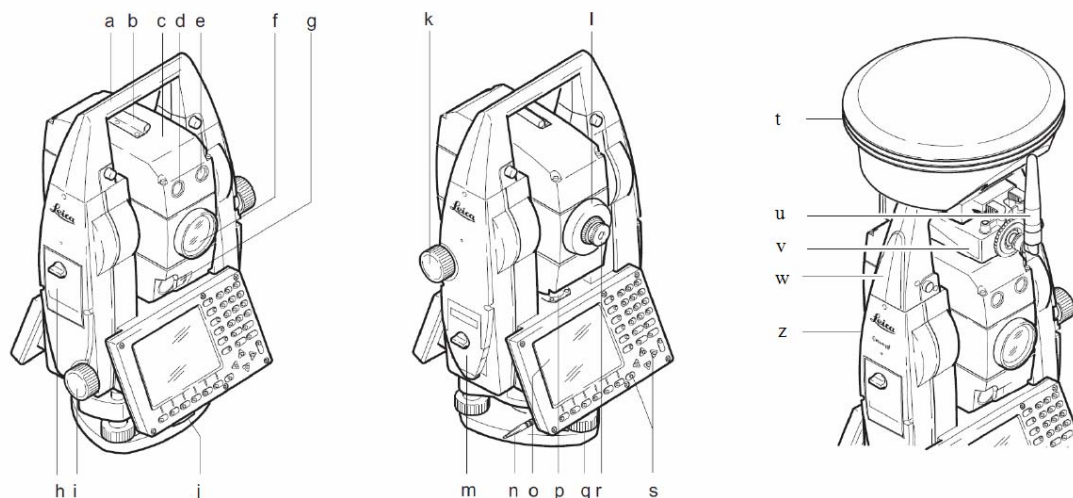
4.3 Tehničnimi podatki in sestavni deli

4.3.1 Preglednica s tehničnimi podatki tahimerov Leica TPS1200

Preglednica 4: Tehnični podatki elektronskih tahimetrov Leica TPS1200

Merjenje horizontalnih smeri in zenitnih razdalj	-Natančnost: 1" (0,3 mgon) - tip 1201 2" (0,6 mgon) - tip 1202 3" (1,0 mgon) - tip 1203 5" (1,5 mgon) - tip 1205	ISO 17123-3
	-Nosilna valovna dolžina 0,780 μ m -Frekvenca preciznega merjenja 100 MHz	
Merjenje dolžin	- <u>Merjenje na reflektor:</u> Natančnost: 2 mm ; 2 ppm / 1 s. - <u>Sledenje:</u> Natančnost: 5 mm ; 2 ppm / 0,3 s. - <u>Hitro sledenje:</u> Natančnost: 10 mm ; 2 ppm / < 0,15 s. - <u>Merjenje brez reflektorja:</u> Natančnost: 3 mm ; 2 ppm	ISO 17123-4
Doseg na standardne prizme	-Slabi pogoji: 1800 / 2300 m -Srednji pogoji: 3000 / 4500 m -Zelo dobri pogoji: 3500 / 5400 m	
Doseg pri merjenju brez reflektorja	Do 170 m (R100); do 500 m (R300)	
Velikost udarne površine žarka pri merjenju brez reflektorja	-20 m: 0,7 x 1,4 cm -100 m: 1,5 x 3,0 cm -200 m: 3,0 x 6,0 cm	
Povečava daljnogleda	30x / pokončen	
Premer objektiva	40 mm	
Najkrajša oddaljenost do cilja	1,7 m	
Kompenzator	Dvoosni tekočinski kompenzator Območje uravnovešenja: 4' (0,07 gon) Natančnost: 0,5" (0,2 mgon) - tip 1201, 1202 1,0" (0,3 mgon) - tip 1203 1,5" (0,5 mgon) - tip 1205	
Lasersko grezilo	Natančnost: < 0,8 mm pri višini instrumenta 1,5 m Premer točke, ki jo naredi laser: 2,5 mm / 1,5 m	
Teža	Okrog 5000 g, odvisno od tipa instrumenta	
Temperaturni pogoji	-20 °C do 50 °C	

4.3.2 Sestavni deli SmartStationa



Slika 18: Sestavni deli SmartStationa

- | | |
|--|---|
| a) Ročaj (snemljiv) | j) Varovalo podnožja |
| b) Optični vizir | k) Mikrometrski vijak – V, neskončni |
| c) Daljnogled z integriranim elektro-optičnim razdaljemerom, laserskim razdaljemerom, <i>ATR-om</i> , <i>PowerSearch</i> sistemom in <i>EGL-om</i> | l) Gumb za fokusiranje |
| d) <i>EGL</i> dioda, rumena | m) Ležišče baterije |
| e) <i>EGL</i> dioda, rdeča | n) Pero za na dotik občutljiv zaslon |
| f) Koaksialna optika za merjenje smeri in razdalj; izhod vidnega laserskega žarka za merjenje razdalj brez reflektorja | o) Zaslon |
| g) <i>PowerSearch</i> | p) Dozna libela |
| h) Ležišče pomnilniške kartice tipa <i>Compact Flash</i> (CF) | q) Podnožni vijak |
| i) Mikrometrski vijak – Hz, neskončni | r) Izmenljiv okular |
| | s) Tipkovnica |
| | t) <i>SmartAntenna</i> - <i>ATX1230</i> |
| | u) GSM-antena |
| | v) GSM/GPRS-modem v robustnem ohišju |
| | w) Nosilni ročaj <i>SmartAntenne</i> |
| | z) Komunikacijska stranica |

4.4 Standardni in opsijski uporabniški programi

Uporabniški programi so namenjeni učinkovitejšemu in hitrejšemu opravljanju vsakodnevnih geodetskih nalog. Programi: *Survey*, *Setup*, *Determine Coordinate System*, *GPS Survey*, *Stakeout*, *Cogo* in *DXF Import* so standardno nameščeni v instrument, za ostale pa je potrebno kupiti licenco.

Vse uporabljene slike so prevzete iz originalnih Leicinih navodil za uporabo tahimetrov *TPS1200* in uporabniške programske opreme:

- »TPS1200 Tehnical Reference Manual« in
- »Leica TPS1200 Applications Field Manual«, ki so prosto dostopna na njihovi domači spletni strani.

4.4.1 Survey – Meritve

»Survey« je osnovni standardni uporabniški program, ki omogoča izvedbo detajlnih, topografskih, katastrskih in drugih meritev.

Po vstopu v program se nam odpre okno »Survey Begin«, kjer določimo delovišče (»Job«), kamor se bodo shranjevala vsa opazovanja, izberemo »koordinatni sistem«, način kodiranja, konfiguracijo, vrsto reflektorja in njegovo adicijsko konstanto. Pojem »Coordinate System« je v instrumentih Leica nadpomenka, ki nima teoretične, ampak izključno praktično osnovo. Združuje transformacijske parametre, podatke o elipsoidu, projekciji in geoidnem modelu, ki jih moramo definirati, če pri geodetski izmeri uporabljamo tudi GNSS-opazovanja.

S tipko »SETUP« dostopamo do programa za določitev stojišča in orientacije (izberemo, če snemamo koordinatno), s tipko »CONT« pa neposredno preidemo v merilni zaslon. Merilno okno sestavljajo zavihki »Survey«, »Offset«, »Code«, »Auto« in »Map«, iz vseh lahko opravljamo meritve.

Na voljo so tri tipke za merjenje:

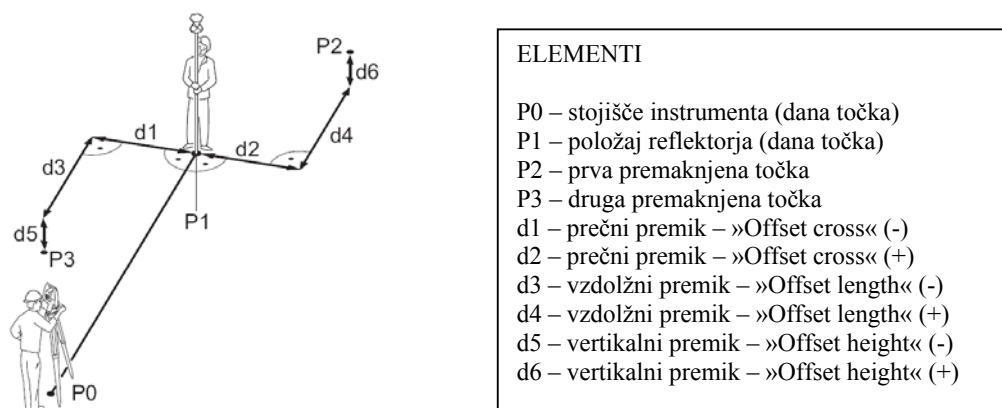
- »ALL« opravi meritve smeri in razdalje, shrani vrednosti in poveča ime točke za 1;
- »DIST« opravi meritve razdalje brez shranjevanja, vrednost se prikaže na zaslonu;
- »REC« zapiše prikazane vrednosti v pomnilnikih in poveča oznako točke za 1.

Zavihek »Survey« vsebuje podatke o oznaki točke, višini reflektorja ter trenutni vrednosti horizontalnega in vertikalnega kroga.

Med merjenjem lahko preklapljammo med tipi in načini delovanja razdaljemera, načini delovanja sistema za samodejno viziranje in sledenje reflektorja, izberemo drug tip reflektorja itd.

V zavihku »Offset« lahko nastavimo, da instrument koordinate registrirane točke premakne za določeno vrednost vzdolžno in/ali prečno in/ali višinsko glede na smer instrument – reflektor. Zavihek »Offset« uporabljamo, ko reflektorja zaradi fizičnih ovir ne moremo postaviti neposredno na točko, ki jo želimo posneti.

Slika 19 prikazuje primer določitve nedostopnih točk P2 in P3 z uporabo zavihka »Offset«.



Slika 19: Primer uporabe odmikov »Offset«

V zavihku »Code« upravljamo s tematskim kodiranjem. Posamezni detajlni točki lahko priredimo kodo z atributi (Slika 20).

670003	482894.611	148278.785	916.598	rob ceste
670004	483008.627	148121.691	893.100	hidrant
670006	483840.522	147648.820	808.469	hidrant
670005	483923.643	147577.666	802.341	jasek
670007	485038.449	147308.051	693.691	drevo
670008	485078.455	147318.411	697.882	parcela
670010	485485.926	147021.161	658.217	parcela
670009	485314.809	146948.449	664.043	parcela
670011	486598.782	147411.584	627.607	poligonka

Slika 20: Primer tematskega kodiranja

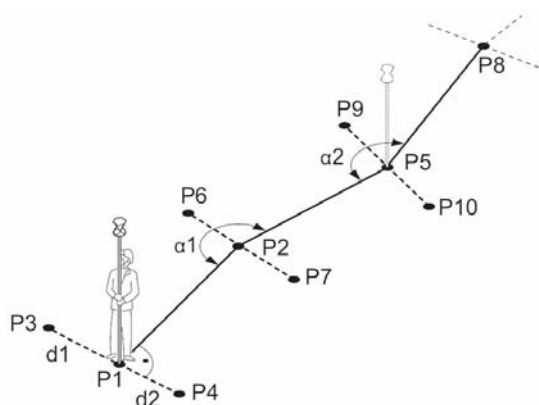
Uporabna možnost tematskega kodiranja so tudi t. i. hitre kode, ki jih moramo pred uporabo pripraviti s programom *Leica Geo Office*. Delujejo na naslednjem principu: da npr. kodi »hidrant« priredimo hitro kodo 11, kar pomeni, da s pritiskom na 11 operater detajlni točki vnese kodo »hidrant«, opravi meritev in shrani rezultate.

Poleg tematskega kodiranja lahko med snemanjem vnašamo tudi proste kode. Proste kode so vezane na časovni trenutek in se zapišejo ločeno od opazovanj. Npr. vnesemo prosto kodo »rob ceste« in nato posnamemo vse točke, ki predstavljajo rob ceste (Slika 21).

rob ceste			
670003	482894.611	148278.785	916.598
670004	483008.627	148121.691	893.100
670006	483840.522	147648.820	808.469
670005	483923.643	147577.666	802.341
670007	485038.449	147308.051	693.691
670008	485078.455	147318.411	697.882
parcela			
670010	485485.926	147021.161	658.217
670009	485314.809	146948.449	664.043
670011	486598.782	147411.584	627.607

Slika 21: Primer prostega kodiranja

V zavihku »Auto« lahko nastavimo, da instrument ob vključenem sledilnem načinu razdaljemera, samodejno opravlja in shranjuje meritve glede na časovni interval, razdaljo od zadnje točke, višinsko razliko ali pa glede na čas mirovanja reflektorja (metoda *Stop&Go*). V specifičnih primerih lahko avtomatizacijo zajemanja točk še pospešimo z nastavitvijo avtomatskega levega (»Offset1«) in desnega (»Offset2«) prečnega odmika od »auto« točke.



Slika 22: Avtomatizirano snemanje točk

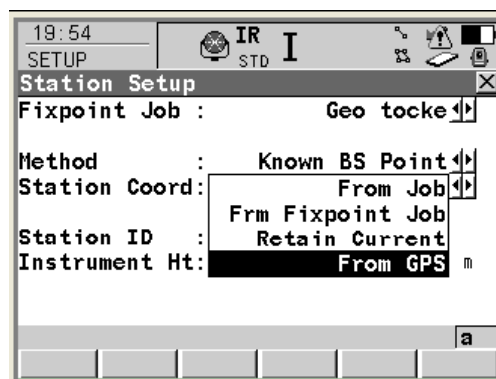
ELEMENTI

- P1 – prva »auto« točka
- P2– druga »auto« točka
- P3 – prva točka s prečnim odmikom od P1
- P4 – druga točka s prečnim odmikom od P1
- P5 – tretja »auto« točka
- P6 – prva točka s prečnim odmikom od P2
- P7 – druga točka s prečnim odmikom od P2
- P8 – četrta »auto« točka
- P9 – prva točka s prečnim odmikom od P5
- P10 – druga točka s prečnim odmikom od P5
- d1 – levi horizontalni prečni odmik (-)
- d2 – desni horizontalni prečni odmik (+)
- $\alpha 1$ – kot, ki ga na točki P2 oklepata smeri proti točkama P1 in P5
- $\alpha 2$ – kot, ki ga na točki P5 oklepata smeri proti točkama P2 in P8

Grafični prikaz s prilagodljivim merilom situacije si lahko ogledamo v zavihku »Map«. Prikazan je položaj tahimetra, reflektorja, posnetih objektov, merilo prikaza in smer severa.

4.4.2 Setup – Stacioniranje instrumenta

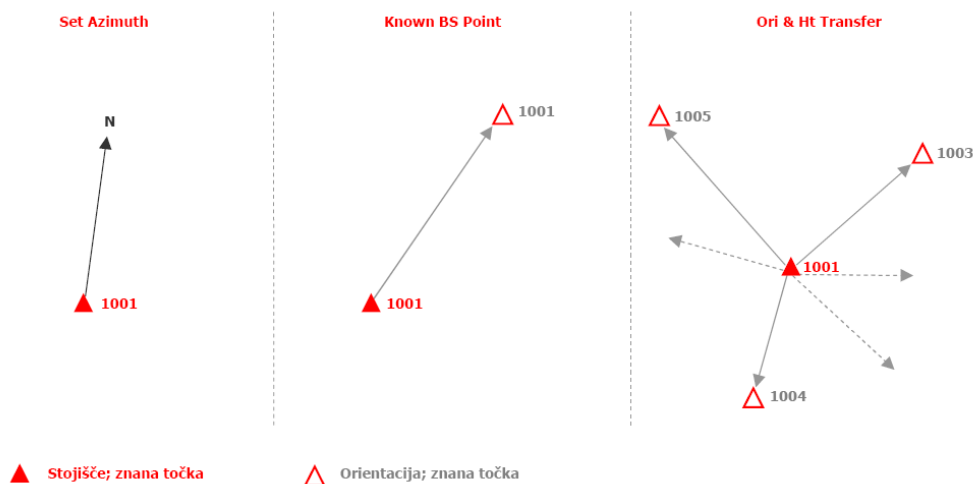
Za definiranje stojišča in orientacije tahimetra uporabljamo program »Setup«. Z zagonom programa se nam odpre okno »Station Setup«. Nastaviti je potrebno delovišče s shranjenimi danimi geodetskimi točkami (»Fixpoint Job«) ter v polju »Method« izbrati način za določitev orientacije horizontalnega kroga tahimetra. Vnesti moramo še ime stojišča (»Station ID«) in višino instrumenta (»Instrument Ht«) ter določiti, od kod naj instrument privzame koordinate stojišča (»Station Coord«). Koordinate stojišča lahko privzamemo iz aktivnega delovišča (»From Job«), drugega delovišča (»From Fixpoint Job«), jih pridobimo z GPS-opazovanji ali pa jih določimo z urezom.



Slika 23: Nastavitev parametrov stojišča in orientacije tahimetra

Če koordinate stojišča tahimetra poznamo, imamo na voljo tri možnosti orientiranja - Slika 24 (Leica System1200 Navodila..., 2006 str. 24)

- orientacija na točko, ki zaenkrat še ni dana, a jo bomo določili kasneje – nastavimo le smer (»Set Azimuth«),
- orientacija na eno dano točko (»Known BS Point«),
- orientacija na eno ali več danih točk z možnostjo določitve višine stojišča z višinsko navezavo na orientacijske ali druge točke (»Ori & Ht Transfer«).



Slika 24: Možnosti orientiranja tahimetra

4.4.2.1 Izračun srednjega orientacijskega kota

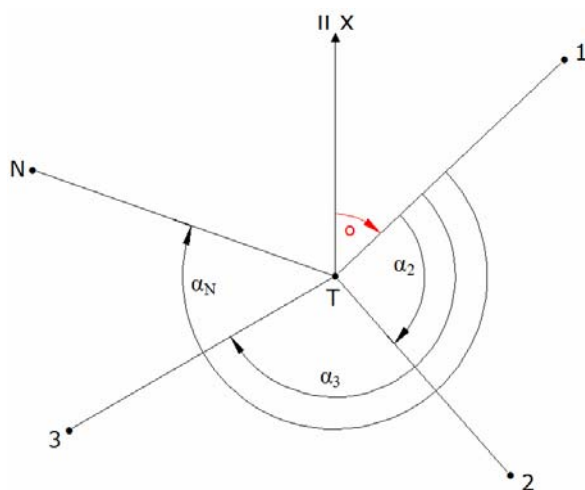
V tretjem primeru, ko tahimeter orientiramo na več orientacijskih točk, instrument izračuna srednji orientacijski kot in definitivno orientirane smeri na naslednji način:

Tahimeter je stacioniran na dani točki T, orientiramo na točke 1, 2, 3, ..., N. Registriramo smeri $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_N$. Iščemo srednji orientacijski kot o :

Dano: T, 1, 2, 3, ..., N

Merimo: $\alpha_1 = 0^\circ 00' 00''$, $\alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_N$

Iščemo: o



$$o_1 = v_T^1 - \alpha_1$$

$$o_2 = v_T^2 - \alpha_2$$

$$o_3 = v_T^3 - \alpha_3$$

M

$$o_N = v_T^N - \alpha_N$$

$$o = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n o_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (v_T^i - \alpha_i)$$

Slika 25: Določitev srednjega orientacijskega kota

- Kjer je:
- $o_1, o_2, o_3, \dots, o_n$ – približni orientacijski kot,
 - 1, 2, 3, ..., N – dane orientacijske točke,
 - n – število orientacijskih točk,
 - $v_T^1, v_T^2, v_T^3, \dots, v_T^n$ – smerni kot,
 - o – srednji orientacijski kot.

Definitivno orientirane smeri pridobimo, da posameznim orientacijskim smerem $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_N$ prištejemo srednji orientacijski kot o .

Če višine stojiščne točke ne poznamo, jo lahko določimo na osnovi druge točke, ki ima dano višino. Recimo, da višine točke T ne poznamo in jo želimo določiti z višinsko navezavo na točko N (Slika 25).

Višino stojišča instrument izračuna po naslednji enačbi:

$$H_T = H_N + d_T^N \cdot \cos Z_T^N + i - l$$

Kjer je: H_T, H_N – nadmorska višina točke T in N,
 d_T^N – poševna dolžina,
 Z_T^N – zenitna razdalja,
i – višina instrumenta,
l – višina signala.

4.4.3 Stakeout – Zakoličba

V program za zakoličevanje dostopimo, če v drsnem seznamu menija »Programs« izberemo možnost »Stakeout«. Pri zakoličbi oziroma prenosu koordinat točk na teren mora biti na instrumentu pripravljen seznam točk s koordinatami. Točke za prenos so lahko shranjene v aktivnem delovišču (»Stakeout Job«) ali pa v besedilni ali GSI-datoteki na pomnilniški kartici.

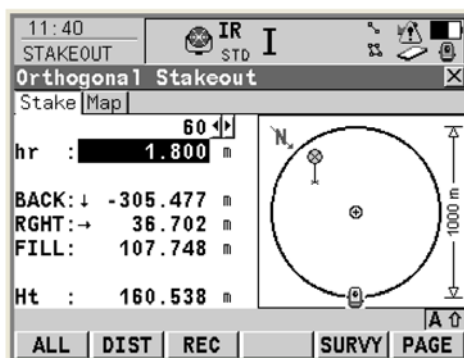
Po zagonu programa se odpre okno »Stakeout Begin«, ki je vsebinsko podobno oknu »Survey Begin« z razliko, da je pri zakoličbi možno določiti dve delovišči, in sicer:

- »Stakeout Job« je delovišče, kjer so pripravljene točke za zakoličbo;
- »Job« pa je aktivno delovišče, kamor se shranjujejo vse posnete točke (zakoličene točke in dodatno posnete točke); aktivno delovišče določa tudi aktivni koordinatni sistem.

Pred pričetkom zakoličevanja moramo izbrati potrebne nastavitve, kot so:

- način podajanja elementov zakoličbe, kjer lahko izbiramo med ortogonalno ali polarno metodo zakoličevanja;
- orientacijo glede na katero se podajajo ortogonalni ali polarni elementi zakoličbe (običajno orientiramo od stojišča proti reflektorju, kadar pa tahimeter upravljamo daljinsko - ob reflektorju, pa je najbolj smiselna izbira orientacija proti stojišču);
- način grafičnega prikaza zakoličevanja;
- nastavitve preverjanja koordinat točke za zakoličbo in dejansko zakoličenih koordinat ter dovoljene tolerance;
- možnost samodejnega pozicioniranja tahimetra proti zakoličevani točki;
- nastavitve, ki se nanašajo na zakoličevanje višin in možnost uporabe digitalnega modela terena...

S potrditvijo vseh nastavitvev se pomaknemo v okno za zakoličevanje (Slika 26).



Slika 26: Okno za opravljanje zakoličbe

Glavni del okna je zavihek »Stake«. Razdaljen je na podatkovni in grafični del. V podatkovnem delu najprej izberemo točko za zakoličbo in vpišemo višino reflektorja. Ko želimo točko zakoličiti, reflektor registriramo s tipko »DIST«, program pa nam izračuna ortogonalne oziroma polarne elemente zakoličbe in trenutno višino »Ht«.

V našem primeru (Slika 26) je operater orientiran proti reflektorju in usmerja figuranta. Zakoličevana točka se nahaja 305,477 m bližje instrumentu (»BACK/FORW«), 36,702 m desno od njega (»LEFT/RGHT«) ter 160,538 m višje (»CUT/FILL«).

Drugi del okna je zavihek »Map«, kjer je v prilagodljivem merilu prikazan položaj reflektorja, točka, ki jo zakoličujemo, in smer proti tej točki. Prikazana je tudi oddaljenost od točke in višinska razlika.

4.4.4 COGO – Računske funkcije iz koordinatne geometrije

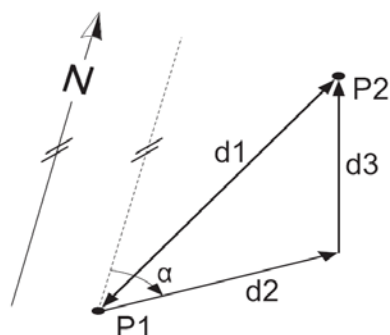
COGO (angl. COordinate GeOmetry) je zbirka programskih orodij za pripravo in obdelavo geodetskih podatkov. Do COGO-koordinatnih izračunov dostopamo iz menija »Programs«. Na voljo so izračuni presekov linij, razdalj, smeri in višinskih razlik med posameznimi točkami, poligonometrija, izračun odmikov, krožnih lokov in podobno.

Pri koordinatnih izračunih je pomembno, da so koordinate danih točk shranjene na pomnilniški enoti v aktivnem delovišču (»Job«). S programi iz koordinatne geometrije lahko vedno, neposredno na terenu izračunamo koordinate novih točk, ki so glede na dane točke, v neki znani geometrijski zvezi. Tako izračunane točke lahko nato zakoličimo in posnamemo. Marsikatero nalogo lahko tako rešimo hitro in enostavno brez vračanja v pisarno.

V nadaljevanju si bomo pogledali le nekaj teoretično-praktičnih primerov, ki jih lahko hitro in enostavno rešimo s COGO- računskimi funkcijami.

- Na osnovi dveh danih točk (P1 in P2) lahko izračunamo smerni kot med točkama (α), poševno dolžino (d1), horizontalno razdaljo (d2) ter višinsko razliko (d3).

Metoda: **Inverse / Point - Point**



ZNANI ELEMENTI:

- P1 – dana točka
- P2 – dana točka

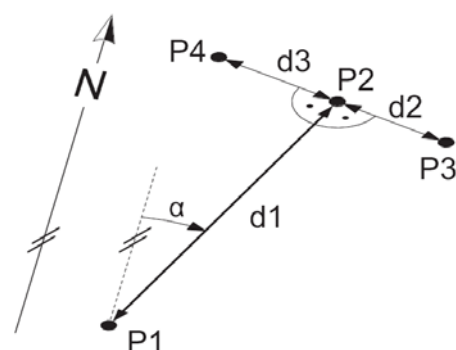
IZRAČUNANI ELEMENTI:

- α – smerni kot iz točke P1 na točko P2
- d1 – poševna razdalja med P1 in P2
- d2 – horizontalna razdalja med P1 in P2
- d3 – višinska razlika med P1 in P2

Slika 27: COGO, primer 1

- Na osnovi dane točke (P1), danega smernega kota proti novi točki (α), dani horizontalni razdalji (d1) in prečnem odmiku (d2 in d3) lahko določimo novi točki (P3 in P4).

Metoda: **Traverse / Azimuth**



ZNANI ELEMENTI

- P1 – dana točka
- α – smerni kot iz točke P1 na točko P2
- d1 – horizontalna razdalja med P1 in P2
- d2 – prečni odmik desno (+)
- d3 – prečni odmik levo (-)

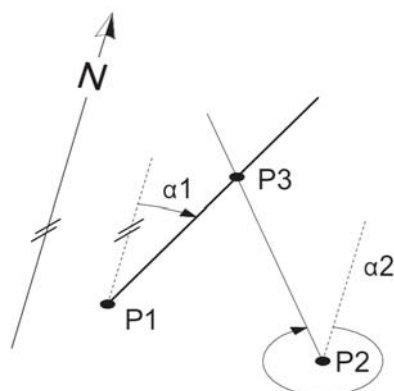
IZRAČUNANI ELEMENTI

- P2 – COGO-točka brez odmika
- P3 – COGO-točka s prečnim odmikom
- P4 – COGO-točka s prečnim odmikom

Slika 28: COGO, primer 2

- Izračunati želimo novo točko (P3), ki jo definirata dani točki (P1 in P2) s presečiščem azimutov (α_1 in α_2).

Metoda: **Intersection / Bearing – Bearing**



ZNANI ELEMENTI

- P1 – dana točka
- P2 – dana točka
- α_1 – smerni kot P1 – P3
- α_2 – smerni kot P2 – P3

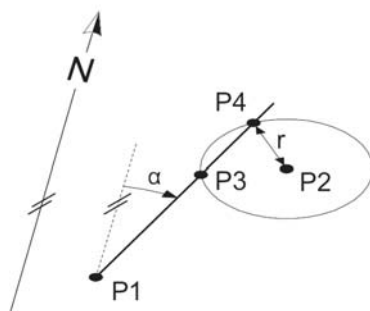
IZRAČUNANI ELEMENTI

- P3 – COGO-točka

Slika 29: COGO, primer 3

- Na osnovi dveh danih točk (P1 in P2), danega azimuta iz točke P1 (α) in dane razdalje (r) lahko izračunamo novi točki (P3 in P4).

Metoda: **Intersection / Bearing – Distance**



ZNANI ELEMENTI

- P1 – dana točka
- P2 – dana točka
- α – smerni kot iz točke P1 na P3 in P4
- r – razdalja od točke P2 do točk P4 in P3

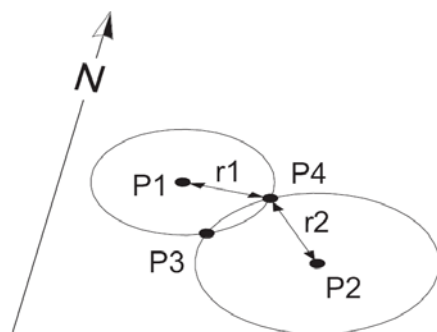
IZRAČUNANI ELEMENTI

- P3 – prva COGO-točka
- P4 – druga COGO-točka

Slika 30: COGO, primer 4

- Z ločnim presekom lahko določimo novi točki (P3 in P4), ki sta od dane točke (P1) oddaljeni za razdaljo (r_1), od dane točke (P2) pa za razdaljo (r_2).

Metoda: **Intersections / Distance - Distance**



ZNANI ELEMENTI

- P1 – dana točka
- P2 – dana točka
- r_1 – razdalja od točke P1 do točke P3 in P4
- r_2 – razdalja od točke P2 do točke P3 in P4

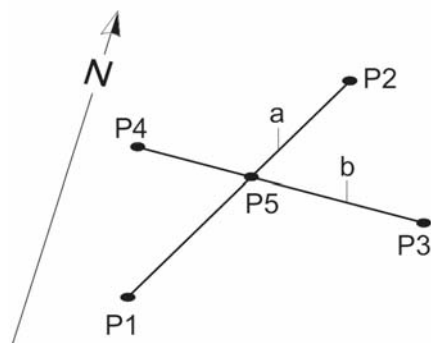
IZRAČUNANI ELEMENTI

- P3 – prva COGO-točka
- P4 – druga COGO-točka

Slika 31: COGO, primer 5

- Določimo lahko koordinate nove točke (P5), ki je definirana s presečiščem linij »a« in »b«. Linijo »a« določata dani točki (P1 in P2), linijo »b« pa določata dani točki (P3 in P4).

Metoda: **Intersections / By Points**



ZNANI ELEMENTI

- P1 – dana točka
- P2 – dana točka
- P3 – dana točka
- P4 – dana točka
- a – linija P1-P2
- b – linija P3-P4

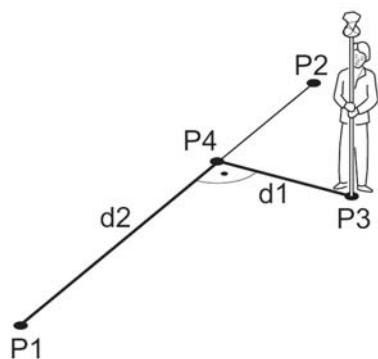
IZRAČUNANI ELEMENTI

- P5 – COGO-točka

Slika 32: COGO, primer 6

- Računanje bazne točke (P4) ter vzdolžnega (d2) in prečnega (d1) odmika glede na smer P1 – P2, na osnovi treh danih točk (P1, P2 in P3).

Metoda: **Line Calculations / Calc Base Point**



ZNANI ELEMENTI

- P1 – začetna točka
- P2 – končna točka
- P3 – točka s prečnim odkikom

IZRAČUNANI ELEMENTI

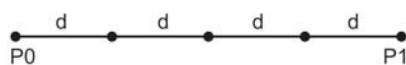
- P4 – COGO-točka
- d1 – prečni odkik
- d2 – vzdolžni odkik

Slika 33: COGO, primer 7

- Segmentiranje daljice, ki jo določata dani točki P0 in P1. Podamo lahko število segmentov (n) ali dolžino segmenta (d1).

Metoda: **Line Calculations / Segmentation / Number of Segments, Segment Length**

- Podamo število segmentov



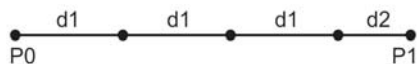
ZNANI ELEMENTI

- P0 – začetna točka
- P1 – končna točka
- Število segmentov

IZRAČUNANI ELEMENTI

- d – dolžina segmenta

- Podamo dolžino segmentov



ZNANI ELEMENTI

- P0 – začetna točka
- P1 – končna točka
- d1 – dolžina segmenta

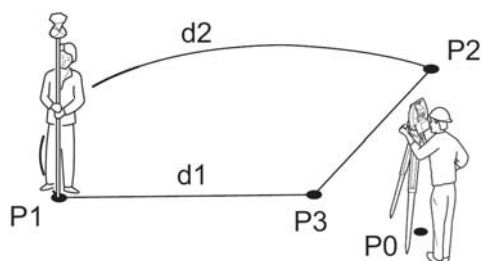
IZRAČUNANI ELEMENTI

- d2 – dolžina ostanka

Slika 34: COGO, primer 8

- Določimo lahko središče krožnega loka (P3). Podani imamo dve točki na krožnem loku (P1 in P2) in polmer krožnega loka (d1).

Metoda: **Arc Calculations / Calc Arc Center**



ZNANI ELEMENTI

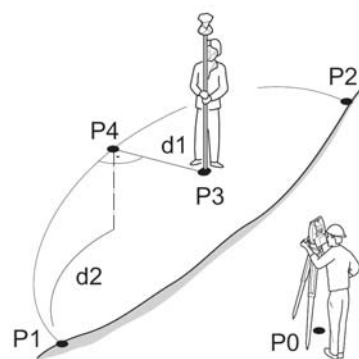
- P1 – začetna točka
- P2 – končna točka
- d1 – radij krožnega loka

IZRAČUNANI ELEMENTI

- P3 – COGO točka
- d2 – dolžina krožnega loka

Slika 35: COGO, primer 9

Na krožnem loku lahko s COGO- računskimi funkcijami računamo tudi bazne točke ali nove točke z vzdolžnim in prečnim odmikom od krožnega loka (Slika 36). Pri tem lahko krožni lok definiramo s tremi točkami ali z dvema točkama na krožnem loku in polmerom itd.



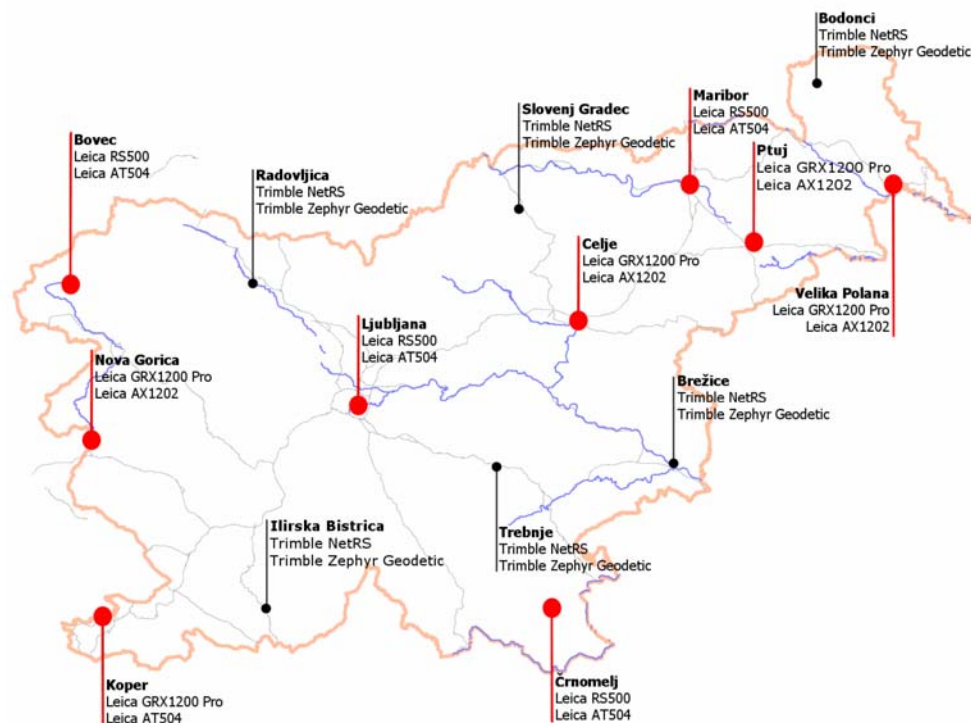
Slika 36: COGO, primer 10

5 PODROČJA IN PRIMERI UPORABE

Naslednji teoretično-praktični primeri prikazujejo možnosti uporabe tahimetra z integriranim GNSS-sprejemnikom v določenih idealiziranih situacijah. Izpostavljene so prednosti izmere s *SmartStationom*, ki jih lahko pred izmero z običajnimi elektronskimi tahimetri in samostojnimi mobilnimi GNSS-sprejemniki izkoristimo v danih okoliščinah.

Predpostavil sem, da so opisani primeri izvajani na različnih območjih Republike Slovenije. Predpostavil sem tudi, da ustrezne transformacijske parametre delovnega območja poznamo. V nasprotnem primeru moramo transformacijske parametre določiti sami. V Sloveniji deluje 15 permanentnih GNSS-postaj, ki so povezane v centralizirano omrežje. Omrežje z navezavo na VRS omogoča pridobivanje popravkov GNSS-opazovanj kjerkoli v Sloveniji.

Slika 37 (System1200 Navodila..., 2006 str. 56) prikazuje lokacije, uporabljene sprejemnike in tipe anten posameznih stalnih GNSS-postaj državnega omrežja SIGNAL.



Slika 37: Permanentne postaje s tipi sprejemnikov in anten omrežja SIGNAL

Če omrežje SIGNAL brezhibno deluje, je za navezavo najustreznejša VRS-tehnologija. Navezava na omrežni sistem VRS je namreč mnogo bolj kakovosten način zagotavljanja popravkov GNSS-opazovanj od navezave na eno referenčno postajo.

Navezava na samostojno permanentno postajo je praviloma še ustrezna za območja, ki so od GNSS-postaje oddaljena manj kot 15 km. Kadar referenciramo na samostojno permanentno postajo in uporabljamo tip podatkov *RTCM*-različice 2.3 ali višje, format *Leica* ali *CMR/CMR+*, nam tipa referenčnega sprejemnika in antene ni potrebno posebej nastavljati, saj so ti podatki že vsebovani v sporočilih, ki jih referenčna postaja oddaja. Za vse druge tipe podatkov pa moramo te podatke obvezno navesti (povzeto po System1200 Navodila..., 2006 str. 56).

Uporabljene slike so prevzete iz dokumenta: *Surveying with SmartStation*, 2005 str. 6 – 12.

5.1 Primer topografske izmere

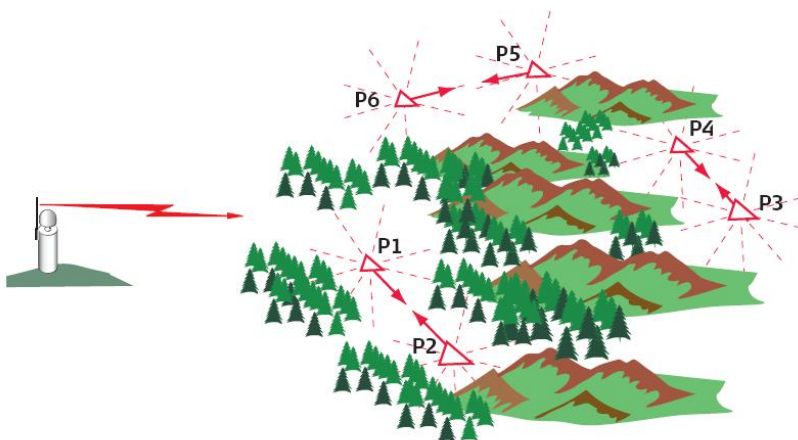
Narediti moramo topografski posnetek območja, ki je po konfiguraciji razgibano in poraščeno z vegetacijo. Klasična terestrična geodetska izmera je za izvedbo topografskega posnetka v danem primeru primernejša od GPS-izmere. V bližnji okolici izmeritvenega območja ni razpoložljive mreže geodetskih točk, na katere bi se pri klasični geodetski izmeri lahko navezali. Prav tako iz območja delovišča ni vidnih dovolj primernih geodetskih točk za določitev koordinat stojišča z urezom.

Običajno bi se naloge najprej lotili s stabilizacijo serij točk izmeritvene mreže preko vsega območja. Ker na tem območju in bližnji okolici ni razpoložljive geodetske mreže, nam ne preostane drugega, kot da za določitev točk izmeritvene mreže uporabimo GPS-izmero. Po vzpostavitvi geodetske mreže na obravnavanem območju prenesemo koordinate izmeritvenih točk v elektronski tahimeter in šele nato pričnemo z detajlno izmero.

Izmeritvene točke za izmero detajla moramo tako obiskati dvakrat, prvič z mobilnim GPS-sprejemnikom in drugič z elektronskim tahimetrom. Potrebujemo dva instrumenta z opremo,

po vsej verjetnosti pa tudi dve ekipi. Če bi koordinate točk izmeritvene mreže določili po tahimetričnih meritvah, pa bi morali merske vrednosti v pisarni obdelati s pravimi vrednostmi koordinat točk izmeritvene mreže.

Z uporabo *SmartStationa* lahko dano nalogo rešimo preprosteje in hitreje. Instrument stacioniramo na najugodnejše mesto za snemanje detajla ter določimo položaj stojišča (P1) z integriranim GNSS-sprejemnikom, z RTK-metodo GPS-izmere (Slika 38). Najbolje je, da za orientacijo izberemo drugo za snemanje detajla primerno točko, ki bo kasneje stojišče instrumenta. Naj bo to točka P2, čeprav njenih koordinat še ne poznamo. Po opravljenem orientiranju tahimetra posnamemo detajl, ki je viden iz izmeritvene točke P1. Orientacija je bila opravljena proti »neznani« točki (Hz-krog instrumenta ni pravilno orientiran), zato zaenkrat nobena posneta detajlna točka še ni pravilno umeščena v prostor. Ko končamo s snemanjem detajla na prvi lokaciji, prestavimo instrument na točko P2. Koordinate izmeritvene točke P2 določimo z GPS RTK-izmero. Sedaj imamo dani obe točki – P1 in P2. Na podlagi znanega smernega kota med točkama P1 in P2 instrument avtomatično transformira vse koordinate detajlnih točk, ki so bile posnete iz izmeritvene točke P1. Tahimeter nato orientiramo na točko P1 in posnamemo detajl še z druge izmeritvene točke – P2. Izmero nadaljujemo po istem principu, z določitvijo novega para izmeritvenih točk – P3 in P4 itd.



Slika 38: Primer topografske izmere

Prednosti izmere s *SmartStationom* so:

- nismo vezani na državno geodetsko mrežo;
- točke izmeritvene mreže lahko določimo na najugodnejših mestih za snemanje detajla;
- na vsaki izmeritveni točki stojimo le enkrat;
- za izmero zadostuje en instrument in ena ekipa;
- vse meritve so orientirane, zato obdelava tahimetrije v pisarni ni potrebna;
- krajši čas izmere.

5.2 Primer topografske izmere mej v ruralnem območju

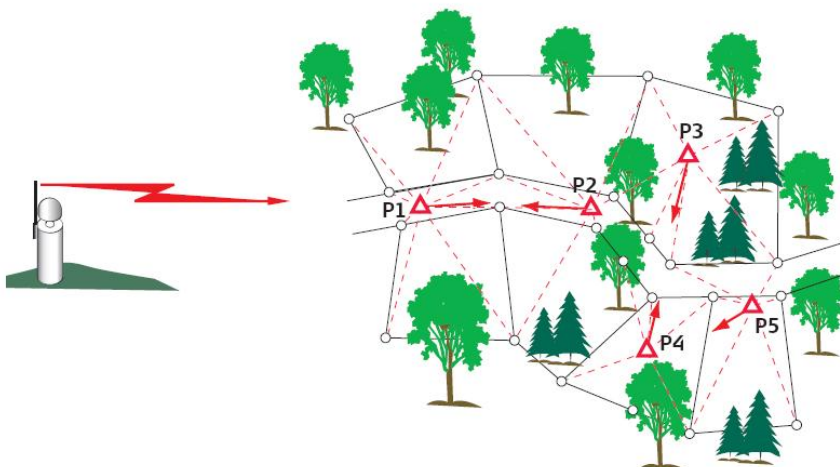
Posneti moramo posestne meje v ruralnem območju. V danih okoliščinah bi mnogo lažje posneli mejne točke z elektronskim tahimetrom, kot pa z mobilnim GPS-sprejemnikom. Najbližje točke geodetske mreže, iz katere lahko izhajamo, so oddaljene 5 km, vendar pa izmero opravljamo na območju omrežja stalno delujočih GNSS-postaj.

Če bi se naloge lotili z elektronskim tahimetrom, bi najprej poskrbeli za vzpostavitev točk izmeritvene mreže na delovišču. Iz točk geodetske mreže bi v bližino mejnih točk, ki jih moramo posneti, speljali poligonski vlak. Razviti moramo zaključeni poligon okrog delovišča. Nato pa iz točk izmeritvene mreže določiti koordinate mejnih znamenj. Pri slepem poligonu nimamo kontrole, zato je le-ta nezanesljiv in nedovoljen. Zaključen poligon pa je neekonomičen, saj vzame dvakrat več časa. Celo s skrbnim načrtovanjem je poligonometrija na zahtevnem terenu zapletena in časovno potratna. Za izmero potrebujemo tri ljudi.

Mobilni GPS-sprejemnik nam je lahko v tem primeru v veliko pomoč pri določitvi koordinat točk izmeritvene mreže. Vseeno pa je nujna uporaba klasične geodetske izmere, saj je večina mejnikov na lokacijah, kjer so GPS-opazovanja zaradi ovir, ki otežujejo sprejem GPS-signala, onemogočena.

S *SmartStationom* bi se dane naloge lotili na naslednji način: *SmartStation* stacioniramo na prvo točko P1, s katere je vidnih čim več mejnih točk (Slika 39). Koordinate izmeritvene točke (P1) določimo z RTK-metodo GPS-izmere z navezavo na VRS. Orientacijo tahimetra

pa opravimo na drugo točko (P2), katere koordinate še ne poznamo in jih bomo določili kasneje. Posnamemo vse mejne točke, ki so vidne z danega stojišča. V naslednjem koraku instrument stacioniramo na drugo točko (P2) in določimo koordinate stojišča z GPS-izmero. Ker je smerni kot P1–P2 sedaj znan, instrument samodejno izračuna orientacijski kot in pravilno orientira vse detajlne točke, izmerjene na prvem stojišču. Tahimeter nato orientiramo na točko P1. S stojišča P2 izmerimo vse vidne mejnike in nadaljujemo z izmero po istem postopku, z navezavo na par ali več točk, ki jih določimo s *SmartStationom* s pomočjo satelitskega sistema GPS.



Slika 39: Primer snemanja mej v ruralnem območju

V danih okoliščinah prinaša uporaba tahimetra z integriranim GPS-sprejemnikom naslednje prednosti:

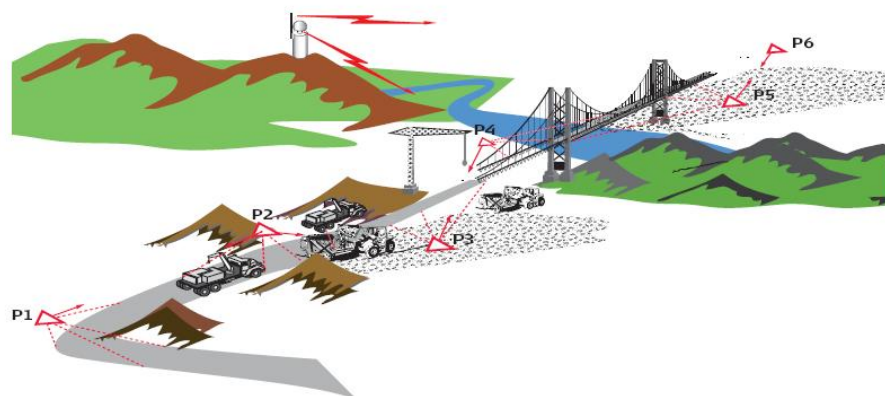
- ni nam potrebno razvijati dolgih poligonskih vlakov,
- krajši čas priprave na teren,
- zadostuje manjša ekipa (2 osebi),
- krajši čas izmere,
- homogena natančnost opazovanj.

5.3 Primer zakoličbe na velikem gradbišču

Zakoličiti je potrebno veliko število točk na različnih delih gradbišča. Na gradbišču točke izmeritvene mreže sicer obstajajo, vendar so nekatere poškodovane, druge pa trenutno nedostopne zaradi gradbene mehanizacije in deponij. Zaradi fizičnih ovir in bližine gradbenih konstrukcij večina točk ni primerna za zakoličbo z GPS-tehnologijo.

Zakoličevanje z elektronskim tahimetrom je sicer možno, vendar je vzpostavitev točk izmeritvene mreže težavna in časovno neekonomična. Da se izognemo vsem oviram na gradbišču, je potreben razvoj poligonskega vlaka. Stabilizirati je potrebno začasne točke, ki bodo služile za navezavo. Plan dela moramo sprotno pregledovati in popravljati, da se lahko prilagodimo razmeram na gradbišču. Pogosto je potrebno premikati stroje in opremo, da so geodetske meritve sploh mogoče, kar pa upočasni tako geodetsko izmero, kot tudi gradnjo.

Če se zakoličbe lotimo s *SmartStationom*, na obstoječe točke geodetske mreže nismo vezani. Instrument postavimo na najbolj ugodno mesto za zakoličbo in z GPS-izmero določimo koordinate stojišča – P1 (Slika 40). Po določitvi koordinat izmeritvene točke P1 instrument prestavimo na točko P2, katere koordinate prav tako določimo z GPS-izmero. Tahimeter nato orientiramo na točko P1 in pričnemo z zakoličbo. Ko končamo z zakoličevanjem s točke P2, instrument prestavimo na izmeritveno točko P1, orientiramo tahimeter na točko P2 ter nadaljujemo z zakoličbo. Delo nadaljujemo po istem principu, tako da ustvarjamo pare oziroma skupine izmeritvenih točk (P3, P4 in P5, P6), iz katerih lahko opravljamo zakoličbo.



Slika 40: Zakoličevanje na velikem gradbišču

Prednosti uporabe *SmartStationa*:

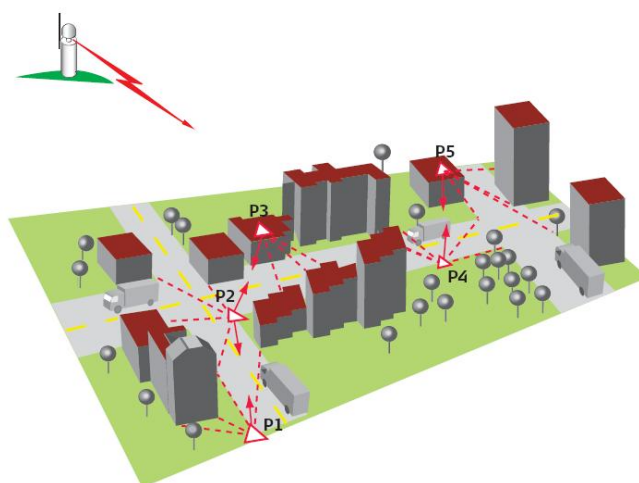
- izmeritvene točke so določene neodvisno z GPS-izmero;
- za zagotovitev geodetske osnove na delovišu ni potreben razvoj poligona;
- instrument lahko postavimo tam, kjer nam najbolj odgovarja;
- oviram na gradbišču se lahko izognemo;
- hitrejša zakoličba, ki ne ovira dela na gradbišču.

5.4 Primer detajlne izmere v urbanem središču

Posneti moramo vse stavbe, ograje, objekte gospodarske javne infrastrukture, meje rabe itd. Visoke stavbe in drevesa vzdolž cest bi otežili GPS-izmero, saj se številni objekti nahajajo preblizu stavb in pod drevesi. Območje izmere je bolj primerno za klasično terestrično detajlno izmero.

Točke geodetske mreže sicer obstajajo, vendar bi nas parkirana vozila in promet ovirala pri postavitvah instrumenta in orientiranju. Za izvedbo klasične terestrične detajlne izmere je potrebno na delovišču najprej vzpostaviti izmeritveno mrežo, ki bo predstavljala geodetsko osnovo za izmero detajla. Zaradi težavnih pogojev je potrebno skrbno načrtovanje izmere in velika mera improvizacije na terenu.

SmartStation stacioniramo na primerno lokacijo, kjer je horizont dovolj odprt za določitev koordinat stojišča z GPS-izmero. Instrument lahko postavimo, na primer v križišče ceste, na parkirišče ali pa celo na streho stavbe (Slika 41).



Slika 41: Detajlna izmera v urbanem središču

Za navezavo uporabimo pare ali skupine izmeritvenih točk, katerih koordinate določimo s *SmartStationom* na enak način, kot je opisano v prejšnjih primerih. Če bodo koordinate orientacijskih točk dostopne kasneje, bo instrument samodejno pravilno orientiral vse smeri in preračunal vse detajlne točke, takoj po vnosu oziroma določitvi koordinat točk, ki so bile uporabljene kot orientacijske.

Prednosti:

- nismo vezani na točke geodetske mreže;
- ni nevarnega in zamudnega vzpostavljanja poligonov po prometnih površinah;
- dosegamo visoko in konstantno natančnost;
- lažja, hitrejša in bolj prilagodljiva izmera s prihrankom na času.

6 DODATNA OPREMA IN MOŽNOSTI

6.1 Daljinsko vodenje tahimetra

Motoriziran tahimeter, opremljen s sistemom *ATR* in *PowerSearch*, lahko s terminalom *RX1220* ali novejšim *RX1250* nadzorujemo na daljavo – ob reflektorju. Komunikacija med tahimetrom in terminalom poteka preko radiovalov, zato mora biti tahimeter opremljen s posebnim ročajem *RH1200* (Slika 43), ki ima vgrajen radiomodem. Terminal je opremljen s popolno alfanumerično tipkovnico in ima vgrajen enak zaslon kot tahimeter. Tahimeter podatke za prikaz na zaslon sproti pošilja RX-enoti. Z daljinsko enoto lahko s ciljne točke popolnoma upravljamo tahimeter ali *SmartStation*, zato lahko izmero opravlja ena oseba.



Slika 42: Terminal RX1220 s 360°-prizmo



Slika 43: Radio-ročaj RH1200

Na zgornji sliki je terminal *RX1220* s 360°-prizmo na togem grezilu. 360°-prizma je sicer manj natančna od navadne, vendar je za masovno snemanje točk primernejša od klasične, saj je ni potrebno orientirati proti tahimetru.

6.2 SmartRover in SmartPole

Istočasno s prihodom *SmartStationa* na tržišče je proizvajalec ponudil tudi možnost uporabe *SmartAntenne* samostojno, kot mobilni GPS RTK-sprejemnik – t. i. *SmartRover*. Dodatno je potrebno kupiti še terminal z vgrajenim Bluetooth® vmestnikom in togo grezilo. Prednosti

SmartRoverja so, da je lahek, a vseeno robusten, poleg tega pa vsa komunikacija med terminalom in GPS-sprejemnikom poteka brezžično preko Bluetooth® povezave. Do programske opreme različice 4.1 je bila slaba stran *SmartRoverja* omejitev *SmartAntenne* le na RTK-metodo GPS-izmere. Z naloženo programsko opremo različice 4.1 ali novejšo pa je možna tudi kinematična in statična izmera z obdelavo merskih vrednosti po opravljeni izmeri.



Najnovejša razširitev koncepta *SmartStation* pa je t. i. *SmartPole*. Sistem *SmartPole* sestavlja togo grezilo, ki je opremljeno z GNSS-sprejemnikom, reflektorjem in terminalom, ki obenem omogoča vodenje tahimetra na daljavo in upravljanje mobilnega GNSS-sprejemnika.

SmartPole sestavljajo naslednje komponente:

- *SmartAntenna* (ATX1230)
- 360°-reflektor (GRZ122)
- kontroler z radiomodemom in Bluetooth® vmestnikom (RX1250 T/Tc) in
- togo teleskopsko grezilo.

Slika 44: Leica SmartPole

Velika prednost izmere s *SmartPolom* je, da se lahko uporabnik med izmero kadarkoli odloči, ali bo za zajem točke uporabil TPS- ali GPS-način. *SmartPole* podpira uporabno funkcijo »Add points later« (dodaj orientacijske točke kasneje), ki omogoča prosto stacioniranje tahimetra (»On-The-Fly«). Tako lahko z izmero pričnemo, ne da bi pred tem najprej določili koordinate stojišča in orientirali tahimeter. Orientacijske točke določimo kar med izmero hkrati z detajlnimi točkami. Pri tem pa lahko več pozornosti usmerimo v optimalno razporeditev orientacijskih točk za urez. Ko je posnetih dovolj orientacijskih točk za izračun koordinat stojišča, lahko prikažemo rezultate in orientiramo tahimeter. Po potrebi pa lahko kadarkoli kasneje še dodajamo posamezne meritve orientacij. Instrument bo samodejno posodabljal vse predhodno opravljene meritve.

Med izmero s *SmartPolom* lahko prosto preklapljamemo med TPS- in GPS-načinom izmere in se na ta način bolje prilagajamo razmeram na terenu. Tako lahko za zajem točke, npr. kadar je GPS-signal omejen zaradi ovir, uporabimo TPS, če pa med tahimetrom in prizmo ni čiste vizure, pa uporabimo GPS-način.

Naslednja dobrodošla lastnost *SmartPola* je, da lahko med samo izmero kontroliramo stabilnost tahimetra. Neko točko lahko posnamemo z GPS-načinom, nato pa jo v naslednjem trenutku določimo še s tahimetrom. Instrument lahko nato izračuna sredino obeh meritev in preveri koordinatne razlike oziroma odstopanja po smeri, razdalji in višini.

Izogremo se lahko odvisnosti od geodetske mreže, zato priprava geodetskih točk pred odhodom na teren in iskanje le-teh v naravi odpade. Skrajšamo tako čas priprave na teren kot tudi samo izmero in obdelavo v pisarni. Ker lahko orientacijske točke določimo in orientiramo tahimeter med snemanjem detajlnih točk, s tem na terenu prehodimo bistveno krajšo pot, poleg tega pa lahko v največji meri poskrbimo za dobro geometrijo danih točk za urez.

7 PRAKTIČNI DEL

7.1 Opis naloge

Praktični del naloge predstavlja izdelavo geodetskega – topografskega načrta mestnega območja. Obravnavana je topografska izmera in reambulacija območja med Barjansko cesto, Marentičevo ulico, Ljubljanico in južno obvoznico. Merilo geodetskega načrta je 1:500. Ker je območje izmere relativno veliko, terenska izmera pa v času izdelave diplomske naloge še ni bila končana, opisujem potek topografske izmere in izdelave geodetskega – topografskega načrta le za del celotnega območja.

Topografski načrt je prikaz fizičnih struktur na zemeljskem površju, nad in pod njim, v pomanjšanem merilu, s pomočjo topografskih znakov. Izraz topografija pomeni opisovanje in prikazovanje značilnosti zemeljskega površja na podlagi topografskega snemanja. Med topografske podatke prištevamo podatke o vseh objektih in pojavih, ki so na zemljišču in so z njim povezani: relief, hidrografija, stavbe, komunikacije, raba zemljišč, vegetacija, drugi naravni in umetni objekti. Podrobnost zajemanja in kartiranja topografskih vsebin določa merilo topografskega načrta.

Pod pojmom reambulacija razumemo sistematično ugotavljanje in izmero vseh sprememb na terenu glede na stanje v izrezu ter topološko urejen vnos sprememb v digitalno topografsko bazo. Vendar pa smo v našem primeru na terenu zajemali celotno topografsko vsebino, saj smo ugotovili, da je obstoječa digitalna topografska baza slabe kakovosti. Poleg nehomogene horizontalne in zelo slabe vertikalne natančnosti je bila baza pomanjkljiva in neažurna. Zaradi omenjenega nismo le reambulirali obstoječe topografske baze, temveč praktično izdelali nov topografski načrt.

Izdelava topografskega načrta je od naročila izmere in predaje delovnega naloga izdelovalcu topografskega načrta sledila po naslednjem vrstnem redu:

- predhodni ogled terena,
- izbor instrumentarija in metode izmere,

- priprava podatkov o obstoječi geodetski mreži na območju izmere,
- vzpostavitev horizontalne geodetske mreže,
- določitev višin točk horizontalne geodetske mreže,
- tahimetrična izmera,
- prenos in obdelava podatkov v pisarni,
- izdelava grafičnega prikaza topografskega načrta s programskim paketom SDMS,
- kontrola reambulacije in izris topografskega načrta.

7.2 Predhodni ogled terena in izbor instrumentarija in metode izmere

Po seznanitvi z lokacijo in območjem, za katerega bomo izdelali topografski načrt, je sledil predhodni ogled terena. Namen predhodnega ogleda je bil predvsem ta, da spoznamo konfiguracijo terena ter gostoto in razporeditev detajla in se na osnovi tega odločimo, kako vzpostaviti geometrično osnovo izmere in kateri instrumentarij in metoda sta za izmero najprimernejša.

Sklenili smo, da na območju izmere vzpostavimo novo geodetsko mrežo. Razlog za to je nestabilnost območja Ljubljanskega Barja. Predvsem so problematična posedanja. Skozi prodnate plasti Ljubljanskega Barja se pretaka podtalnica, katere nivo se s časom zaradi izsuševanja niža. Poleg horizontalnih in vertikalnih premikov zaradi tektonskih prelomov je najbolj očiten pojav posedanja (povzeto po Ježovnik, Jakljič, 2003). Zaradi omenjenega smo sklepali, da je obstoječa državna geodetska mreža na tem območju nevzdrževana, nehomogena in vprašljive kakovosti. Za vzpostavitev geodetske mreže na obravnavanem območju je bila kot najprimernejša metoda izbrana satelitsko podprta GNSS-izmera.

Območje, za katerega moramo izdelati topografski načrt, v večjem delu sestavlja strnjeni zaselek Rakova Jelša. Zaselek pokriva približno 70% površine. Za snemanje detajla v Rakovi Jelši bi prišla v poštev le klasična terestrična izmera. Preostali del območja je odprt in nepozidan in zato primeren za zajem s satelitsko podprto GNSS-izmero.

Odločili smo se, da bo najprimerneje, da pozidan del območja zajamemo klasično, s polarno metodo izmere detajla, preostali del pa z RTK GNSS-izmero.



Za izvedbo klasične polarne metode detajlne izmere smo uporabili elektronski tahimeter *TCRM1201 R300*. Tahimeter ima možnost dvokoaksialnega merjenja razdalj: infrardeče za merjenje z reflektorjem in rdečo lasersko svetlobo za merjenje brez reflektorja. Instrument je podprt z motorizacijo. Osnovni tehnični podatki tahimetra so podani v preglednici 5. Za podrobnejše tehnične lastnosti tahimetrov Leica *TPS1200* glej poglavje 4.3.

Slika 45: Tahimeter TCRM1201 R300 z GNSS sprejemnikom ATX1230

Preglednica 5: Osnovni tehnični podatki elektronskega tahimetra Leica TCRM1201 R300

Natančnost merjenja horizontalnih smeri in zenitnih razdalj	1" (0,3 mgon) po ISO 17123-3
Natančnost merjenja dolžin na reflektor	2 mm ; 2 ppm po ISO 17123-4
Natančnost merjenja dolžin brez reflektorja	3 mm ; 2 ppm po ISO 17123-4

Ker je detajl v naselju Rakova Jelša zelo zgoščen je za kvalitetno detajlno izmero potrebnih zelo veliko število stojišč tahimetra. Če želimo zajeti vse objekte in pojave na terenu, bodo stojišča tahimetra približno na 10 do 20 m. Vzpostavitev izmeritvene mreže za izmero detajla bi zato zahtevala skrbno načrtovanje in zahtevno realizacijo. Ker v podjetju razpolagamo s pripadajočim GNSS-sprejemnikom *ATX1230* za nadgradnjo tahimetra *TCRM1201* v *SmartStation* se nam je zdela njegova uporaba zelo smotna. Vzpostavitev izmeritvene mreže je bila zato bistveno hitrejša in enostavnejša. Stabilizirali in določili smo le točke, ki so pri detajlni izmeri služile orientiranju tahimetra. Izmeritvene točke za izmero detajla pa smo določali sproti – pred snemanjem detajla z integriranim GNSS-sprejemnikom.

Izmero odprtega, nepozidanega dela območja smo opravili z RTK GPS-izmero. Uporabili smo GNSS-prenosni sprejemnik Leica *SmartRover*. *SmartRover* sestavlja isti GNSS-sprejemnik kot *SmartStation*, le da ga uporabljamo na togem grezilu skupaj s terminalom RX1220.

7.3 Priprava podatkov o obstoječi geodetski mreži na območju izmere

Ker bo geometrična osnova izmere določena na podlagi GNSS-opazovanj, je določitev ustreznih parametrov transformacije izbranega območja bistvenega pomena. Za določitev lokalnih transformacijskih parametrov potrebujemo našemu območju prilagojen niz točk z dobro določenimi koordinatami v sedanjem koordinatnem sistemu, in hkrati določenimi koordinatami v sistemu ETRS89.

Ker s strani Geodetske Uprave Republike Slovenije že določenih ETRS-točk na našem območju ni, smo koordinate v ETRS89 določili sami. Podatke o obstoječih točkah geodetske mreže smo pridobili iz baze geodetskih točk, ki je na voljo na portalu <http://prostor.gov.si>. Vpogled v podatkovno bazo je omogočen registriranim uporabnikom. Iz podatkovne baze smo izvozili datoteko (*.KOO) s seznamom koordinat točk, v okolici območja izmere. Pred odhodom na teren smo si pripravili še skico – digitalni ortofoto načrt (DOF) z označenimi lokacijami geodetskih točk, ki smo jih pridobili iz baze.

7.4 Vzpostavitev horizontalne mreže na obravnavanem območju

Na območju izmere smo vzpostavili niz izmeritvenih točk, ki so predstavljale horizontalno osnovo topografske izmere. Izmeritvene točke smo vzpostavili s *SmartRoverjem* in sicer z RTK-metodo GPS-izmere. Anteno smo na točke postavljali s togim grezilom z dozno libelo (občutljivost libele je 6'). Stabilnost antene v času zajema merskih vrednosti pa smo zagotovili s posebnim dvonožnim stojalom (Slika 46).

Najprej smo odkrili vse točke obstoječe državne geodetske mreže. Odkrivanje točk geodetske mreže z mobilnim GNSS-sprejemnikom je proti običajnemu iskanju s pomočjo topografij bistveno hitrejše in enostavnejše. Na pomnilniško enoto *SmartRoverja* smo naložili datoteko s seznamom točk, ki smo jih nato poiskali s pomočjo uporabniškega programa »Stakeout« (zakoličba). Za iskanje točk smo uporabili transformacijske parametre širšega območja, ki smo jih pridobili na straneh Geodetske uprave Republike Slovenije. Vsaki odkriti točki smo nato z GPS RTK-izmero določili koordinate v ETRS89 sistemu.

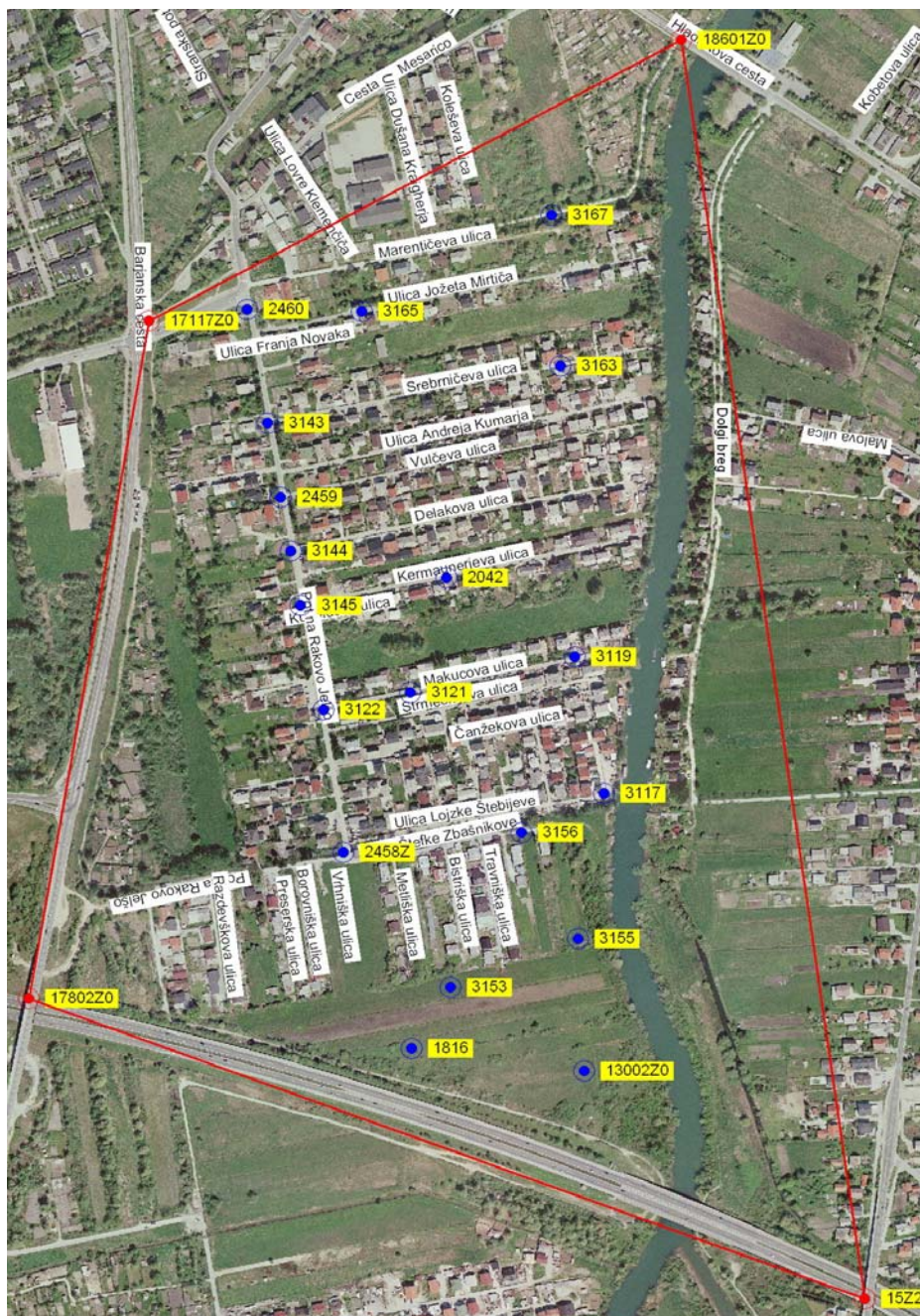


Slika 46: Izmera točk geodetske mreže z Leica SmartRoverjem

Izbrane 4 točke, ki so se nahajale izven območja izmere, smo uporabili za izračun transformacijskih parametrov, dane (obstoječe) točke znotraj območja izmere pa so služile za kontrolo kakovosti transformacije (Slika 47).

Meritve na vseh obstoječih točkah smo opravljali dvakrat neodvisno s 45 meritvami na točko. Časovni presledek med meritvama na isti točki je bil vedno vsaj 40 minut. Interval registracije smo nastavili na 1 sekundo, najmanjši elevacijski kot satelitov pa na 15°. Pazili smo, da je bila geometrijska razporeditev satelitov v času opazovanj čim bolj enakomerna. Če je bila vrednost PDOP večja od 5, meritev nismo opravljali.

Referencirali smo na samostojno permanentno GPS-postajo GSR1 in uporabljali paketni (GPRS) prenos podatkov. Navezeva na VRS je sicer bolj kakovostna od navezave na eno referenčno postajo, vendar smo se zaradi majhne oddaljenosti od permanentne postaje (bazni vektor krajši od 5 km) in cenejšega prenosa podatkov vseeno odločili za to možnost.



Slika 47: Vezne in kontrolne točke za izračun transformacijskih parametrov območja izmere

Izračun transformacijskih parametrov smo izvedli s programom *Leica Geo Office* na osnovi referenčnih točk danih v Gauß-Krügerjevem in ETRS-sistemu, ki so konveksno oklepale območje naše izmere (Slika 46). Uporabili smo točke državne geodetske mreže (17117Z0, 18601Z0, 15Z2, 17802Z0), ki smo jim določili ETRS89-koordinate z GPS RTK-meritvami. Pri izboru veznih točk za transformacijo smo pazili, da so te tvorile lik čim bolj pravilne oblike, ki je bil čim bližje območju izmere.

Z GNSS izmero pridobljene elipsoidne višine (h_{ETRS89}) smo transformirali v nadmorske višine (H_{TR}) s pomočjo absolutnega geoida Slovenije. Program najprej iz geoidnega modela interpolira geoidne višine (N) za koordinate točke (φ, λ). Višino točke v državnem koordinatnem sistemu pa nato izračuna iz interpolirane geoidne višine (N) in elipsoidne višine (h). Velja zveza: $H = h - N$

Določitev ortometričnih višin je pri transformaciji točk pridobljenih z GPS-izmero običajno najšibkejša faza. Natančnost transformiranih višin je odvisna od natančnosti elipsoidne višine in od kakovosti modela geoida na danem območju. Na ta način pridobljenih višin pri tahimetrični izmeri nismo uporabili.

Preglednica 6: Vezne točke za določitev transformacijskih parametrov

Točka	DANO			MERJENO		
	Y _{GK}	X _{GK}	H	Φ_{ETRS89}	λ_{ETRS89}	h_{ETRS89}
17117Z0	461.707,74	98.838,12	292,97	46-01-57,48216	14-30-01,93804	339,136
18601Z0	462.292,08	99.154,62	290,62	46-02-07,85123	14-30-29,02060	336,894
15Z2	462.493,83	97.733,34	296,83	46-01-21,85516	14-30-38,80864	343,085
17802Z0	461.575,67	98.071,81	297,24	46-01-32,63306	14-29-56,01904	343,389

Preglednica 7: Izračunani transformacijski parametri

X0	-114,0863 m
Y0	-935,3334 m
Z0	-503,9152 m
α	24,61882 "
β	13,10534 "
γ	-29,88632 "
m	-23,5947 ppm

Kakovost transformacije smo preverili na osnovi odstopanj med danimi in transformiranimi Gauß-Krügerjevimi koordinatami na veznih točkah (točke, iz katerih so bili izračunani transformacijski parametri). Odstopanja horizontalnih koordinat veznih točk niso presegala 2 cm.

Preglednica 8: Transformirane Gauß-Krügerjeve koordinate in odstopanja na veznih točkah

Točka	TRANSFORMIRANO [m]			ODSTOPANJA [m]		
	y_{TR}	x_{TR}	H_{TR}	dy	dx	dH
17117Z0	461.707,76	98.838,13	292,73	-0,02	-0,01	0,24
18601Z0	462.292,07	99.154,63	290,49	0,01	-0,01	0,13
15Z2	462.493,82	97.733,35	296,70	0,01	-0,01	0,13
17802Z0	461.575,67	98.071,79	296,99	0,00	0,02	0,25

Tudi na kontrolnih točkah (točke, ki niso bile vključene v izračun transformacijskih parametrov) smo prav tako neposredno preverili kakovost transformacije in sicer na osnovi odstopanj med danimi in transformiranimi Gauß-Krügerjevimi koordinatami.

Preglednica 9: Kontrolne točke

Točka	DANO			MERJENO		
	y_{GK}	x_{GK}	H	Φ_{ETRS89}	λ_{ETRS89}	h_{ETRS89}
2460	461.815,30	98.850,52	289,77	46-01-57,90554	14-30-06,93470	335,945
3165	461.941,63	98.848,02	289,49	46-01-57,85076	14-30-12,81084	335,786
3167	462.149,72	98.957,29	289,01	46-02-01,43212	14-30-22,45730	335,183
3163	462.159,41	98.786,62	289,36	46-01-55,90546	14-30-22,95737	335,561
3143	461.837,78	98.722,33	289,24	46-01-53,75822	14-30-08,01822	335,430
2459	461.852,58	98.638,43	288,99	46-01-51,04415	14-30-08,73062	335,217
3144	461.863,39	98.577,87	288,84	46-01-49,08485	14-30-09,25110	335,049
3145	461.874,24	98.516,27	288,81	46-01-47,09168	14-30-09,77391	334,984
2042	462.034,13	98.547,98	288,63	46-01-48,14950	14-30-17,20272	334,715
3122	461.899,62	98.398,29	288,72	46-01-43,27512	14-30-10,98820	334,882
3121	461.994,70	98.418,00	289,56	46-01-43,93307	14-30-15,40469	335,725
3119	462.175,33	98.458,86	288,75	46-01-45,29245	14-30-23,79245	334,894
2458Z	461.921,05	98.237,55	288,89	46-01-38,07255	14-30-12,03166	335,080
3117	462.207,34	98.304,30	288,98	46-01-40,29149	14-30-25,32536	335,128
3156	462.117,01	98.259,80	288,34	46-01-38,83124	14-30-21,13655	334,401
3155	462.179,29	98.139,35	289,52	46-01-34,94407	14-30-24,06705	335,660
3153	462.038,89	98.084,58	289,00	46-01-33,14201	14-30-17,55544	335,042
13002Z0	462.185,77	97.990,22	/	46-01-30,11501	14-30-24,41131	334,145
1816	461.995,92	98.015,26	289,08	46 01 30,88809	14 30 15,57624	335,022

Odstopanja horizontalnih koordinat na kontrolnih točkah v povprečju ne presegajo 2 cm. Dopustno odstopanje 5 cm je izjemoma preseženo na kontrolni točki 2042, kjer lahko sklepamo, da gre za slabe dane Gauß-Krügerjeve koordinate.

Višinska odstopanja na veznih in kontrolnih točkah (dH) so zgolj informativne narave. Izračunana so iz danih (H) in transformiranih (H_{TR}) višin v državni koordinatni sistem.

Preglednica 10: Transformirane Gauß-Krügerjeve koordinate in odstopanja na kontrolnih točkah

Točka	TRANSFORMIRANO [m]			ODSTOPANJA [m]		
	y_{TR}	x_{TR}	H_{TR}	dy	dx	dH
2460	461.815,28	98.850,53	289,54	0,02	-0,01	0,23
3165	461.941,62	98.848,05	289,38	0,01	-0,03	0,11
3167	462.149,73	98.957,33	288,78	-0,01	-0,04	0,23
3163	462.159,42	98.786,64	289,16	-0,01	-0,02	0,20
3143	461.837,78	98.722,35	289,03	0,00	-0,02	0,21
2459	461.852,58	98.638,46	288,82	0,01	-0,03	0,17
3144	461.863,39	98.577,91	288,65	0,00	-0,04	0,19
3145	461.874,25	98.516,30	288,59	-0,01	-0,03	0,23
2042	462.034,20	98.547,97	288,32	-0,07	0,01	0,31
3122	461.899,63	98.398,32	288,48	-0,01	-0,03	0,24
3121	461.994,72	98.418,04	289,33	-0,02	-0,04	0,23
3119	462.175,35	98.458,89	288,50	-0,02	-0,03	0,25
2458Z	461.921,07	98.237,56	288,68	-0,01	-0,01	0,21
3117	462.207,36	98.304,29	288,73	-0,02	0,01	0,25
3156	462.117,01	98.259,77	288,00	0,01	0,03	0,34
3155	462.179,28	98.139,38	289,26	0,01	-0,03	0,26
3153	462.038,91	98.084,61	288,65	-0,02	-0,03	0,35
13002Z0	462.185,76	97.990,25	287,75	0,01	-0,03	/
1816	461.995,91	98.015,29	288,63	0,01	-0,03	0,45

Za horizontalno osnovo tahimetrične izmere smo prevzeli že stabilizirane kontrolne točke in dodatno stabilizirane točke, ki smo jih prav tako določili s *SmartRoverjem* z RTK-metodo GPS-izmere. Te točke so pri snemanju detajla služile predvsem orientiranju tahimetra. Točke smo stabilizirali z jeklenimi klini na optimalnih mestih tako, da je bilo pri detajlni izmeri z vsakega stojišča instrumenta vidnih čim več orientacijskih točk.

7.5 Vzpostavitev višinske mreže

Geometrična osnova detajlne izmere je bila določena na osnovi GPS-opazovanj. Vendar pa je višinska komponenta, ki jo pridobimo na osnovi GPS-opazovanj določena približno dvakrat slabše kot horizontalna. Tukaj smo naleteli na problem, saj je naročnik želel, da je natančnost višinske izmere v intervalu nekaj centimetrov.

Kot nekajcentimetrski natančnost višine detajlne točke je smatrana natančnost, ko je (Mozetič et al., 2006):

- polovična dolžina intervala s 95 % zaupanjem v višino točke krajša od 10 cm, kar pomeni, da je
- standardni odklon višine manjši od 5 cm.

Navedena natančnost se nanaša na točke detajla. Za točke izmeritvene mreže je zahtevana natančnost nekajcentimetrskega nivoja »dvakrat« višja.

Težavo smo rešili tako, da smo točkam horizontalne mreže določili višino z metodo geometričnega nivelmana. Razvita je bila mreža tehničnega nivelmana za potrebe izdelave topografskega načrta. Kasneje, pri tahimetrični izmeri, so višinsko izhodišče predstavljale prav te točke. Pri snemanju detajla smo torej horizontalne koordinate stojišča tahimetra določili z GNSS-izmero, višino pa smo določili z višinsko navezavo na nivelirane orientacijske točke.



Geometrični nivelman je bil izmerjen v obliki zaključene zanke. Uporabili smo digitalni nivelir Leica *NA3003*, ki spada med precizne nivelirje, namenjene zahtevnejšim inženirskim nalogam. Nivelir omogoča avtomatsko registracijo odčitka na pripadajoči kodni nivelmanski lati. Uporabljena je bila kodna nivelmanska lata Leica *GKNLAM*.

Slika 48: Nivelir Leica NA3003

Preglednica 11: Tehnični podatki za elektronski nivelir Leica NA3003

Natančnost / mersko območje	Standardni odklon za 1 km dvojnega nivelmana po DIN 18732-2
- merjenje z invar lato (<i>GPCL2/GPCL3</i>)	0,4 mm / 1,8 m do 60 m
- merjenje z lato iz steklenih vlaken (<i>GKNLAM</i>)	1,2 mm / 1,8 do 100 m
- klasično optično merjenje z navadno lato	2 mm / 0,6 m -
Natančnost kompenzatorja	0,4"
Povečava daljnogleda	24 x
Čas meritve	3 do 4 s
Temperaturno območje delovanja	-20 °C do 50 °C

Izhajali smo iz reperja 39/61, ki je stabiliziran na stanovanjski hiši na Opekarski cesti 54. Reper je bil pred uporabo kontroliran. Določili smo višine stabiliziranih točk izmeritvene mreže in zaključili nivelmansko zanko na izhodiščnem reperju. Pri niveliraju smo pazili, da dolžina vizure ni bila večja od 30 m. Vsaka višinska razlika je bila določena z aritmetično sredino treh ponovitev čitanj. Kontrolo zapiranja nivelmanske zanke (Slika 50) in izravnavo po pogojni metodi smo izvedli s programom *LevelPak*. Zaradi zelo majhnega odstopanja pri zapiranju nivelmanske zanke (0,07 mm) merjene višinske razlike niso dobile popravka.

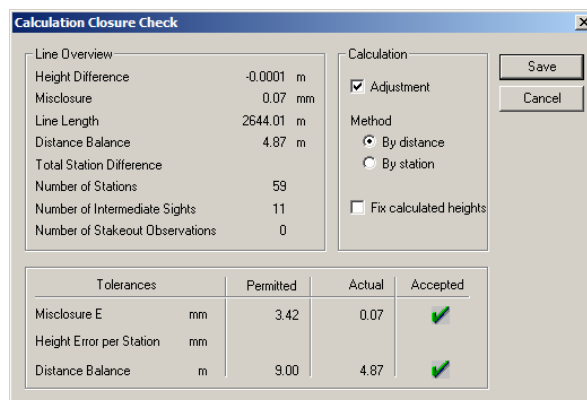
Preglednica 12: Izravnane nadmorske višine točk



Slika 49: Skica nivelmanske mreže

Točka	H _{NIV}
17118	290,2582
2460	289,6473
3143	289,1325
2459	288,8853
3144	288,6882
3145	288,6882
3122	288,5844
60033	288,9138
2458Z	288,6364
60077	288,7198
50015	288,9886
60081	287,8625
3156	288,1058

Dosežena natančnost določitve nadmorskih višin izmeritvenih točk vsekakor zadostuje za izdelavo topografskega načrta. Pri praktični uporabi smo višine zaokrožili na 1 cm.



Slika 50: Kontrola zapiranja nivelmanske zanke

7.6 Potek detajlne izmere

Opisal bom potek izmere in izdelave topografskega načrta za območje, ki ga prikazuje spodnja slika. Izbral sem območje, ki povzema karakteristike celotnega območja izmere, saj je sestavljeno iz naseljenega dela, kjer smo detajlno izmero izvedli s klasično terestrično metodo in odprtega območja, ki smo ga zajeli s satelitsko podprto metodo GNSS-detajlne izmere.



Slika 51: Izsek območja izmere

Matematično osnovo topografske izmere je predstavljala geodetska mreža. Horizontalna osnova je bila določena na podlagi GPS-izmere, višinsko komponento pa so določale točke določene z geometričnim nivelmanom. Detajlna izmera je bila izvedena v dveh delih. Pozidan del območja smo zajeli klasično, s polarno metodo izmere detajla, preostali del pa z GPS RTK-izmero.

Ekipo, ki je opravljala klasično izmero so sestavljali operater, vodja skice in figurant. Ekipo je vodil najizkušenejši član ekipe, ki je bil obenem odgovoren za terensko skico.

Pred začetkom dela je bilo potrebno ustvariti delovišče - »Job«, kamor so se shranjevali podatki meritev. V delovišče smo vnesli osnovne podatke, kot so kraj dela, datum izmere in operater. Skupaj z nastavitvami delovišča smo definirali tudi »koordinatni sistem«, ki poskrbi, da lahko instrument iz ETRS89 koordinat, ki jih pridobimo z meritvami v GNSS-sistemu izračuna ravninske koordinate v državnem sistemu. Koordinatni sistem (»Coordinate System«) je pri Leici uveljavljen izraz za sklop nastavitvev, ki združujejo podatke o transformacijskih parametrih, definiciji elipsoida, definiciji projekcije in geoidnem modelu.

V tako pripravljeno delovišče smo nato naložili datoteko s seznamom koordinat danih točk. S tem smo dosegli, da so bile pred detajlno izmero, definirane vse navezovalne točke v državnem koordinatnem sistemu. Koordinate stojlišča smo določili z GPS RTK-meritvijo, tahimeter pa smo orietirali na dane točke, katerih koordinate smo imeli shranjene v aktivnem delovišču. Vsaki posneti detajlni točki smo zato tako direktno določili koordinate v državnem koordinatnem sistemu.

Po prihodu na teren smo z namenom kontrole pravilnost nastavitvev in inicializacije vedno najprej izvedli kontrolno GPS-meritev. Kontrolo smo naredili na osnovi določitve koordinat dane točke. Koordinatne razlike med danimi koordinatami in novo določenimi koordinatami iste točke so bile reda velikosti 1 cm. Če je bilo mogoče, smo izmero planirali tako, da smo kontrolno meritev izvedli na točki, iz katere smo nato nadaljevali z detajlno izmero. Kontrolno GPS-meritev smo opravili tudi pred odhodom s terena.

Klasična detajlna izmera je v splošnem potekala po naslednjem principu:

- Orientacijsko točko smo signalizirali s reflektorjem na stativu in izmerili višino signala.
- *SmartStation* smo locirali na najugodnejše mesto za snemanje detajla in pri tem pazili na vidnost orientacijskih točk in odprtost horizonta za določitev stojišča z GPS-izmero.
- Po horizontiranju instrumenta je sledil vnos parametrov za določitev stojišča in orientacije tahimetra. Vnesli smo ime in višino stojišča ter signala in nastavili, da horizontalne koordinate stojišča določimo z GPS RTK-izmero, višino pa prenesemo iz orientacijskih točk.
- Po določitvi koordinat stojišča in orientiranju tahimetra smo lahko pričeli s klasično polarno detajlno izmero. Po končani detajlni izmeri s prvega stojišča smo za kontrolo registrirali še eno od orientacijskih točk. Tahimeter smo nato prestavili na drugo stojišče in izmero nadaljevali po istem principu.
- Posnete detajlne točke smo kontrolirali z odmerjanjem frontov in križnih mer. Prav tako smo zaradi kontrole vedno posneli nekaj skupnih detajlnih točk z različnih stojišč.

Na odprtem, nepozidanem delu območja smo snemanje izvedli z RTK-metodo GPS-izmere. Uporabljali smo *SmartRover*. Topografijo smo zajemali točkovno z 10 meritvami na detajlno točko. Interval registracije je bil nastavljen na 1 sekundo, najmanjši višinski kot satelitov pa na 15°.

7.7 Prenos in obdelava podatkov

Ker smo imeli vse navezovalne točke definirane v državnem koordinatnem sistemu, so bile vsaki posneti detajlni točki direktno določene koordinate v državnem koordinatnem sistemu. V pisarni smo s pomočjo programa *Leica Geo Office* naredili le kontrolo meritev, dodatna obdelava pa ni bila potrebna. Preverjali smo vnesene višine instrumenta in reflektorja, tip reflektorja in po potrebi preračunali orientacije.

Prenos podatkov iz instrumenta na osebni računalnik je bil izveden preko pomnilniške kartice. Instrument vse podatke meritev posameznega delovišča zapisuje na pomnilniško kartico v imenik »DBX«. Podatki delovišča se nahajajo v kodirani (surovi) obliki, v več datotekah.

Pred prenosom podatkov je zato potrebno podatke pretvoriti v želeno besedilno (ASCII) obliko. Pridobili smo datoteko s seznamom koordinat detajlnih točk (*.KOO), ki smo jih neposredno uporabili pri izdelavi grafičnega prikaza topografskega načrta.

7.8 Izdelava grafičnega prikaza topografskega načrta s programskim paketom SDMS

SDMS (Spatial Data Management) je sodoben sistem za upravljanje s prostorskimi podatki. Omogoča hranjenje, obnavljanje in analize prostorskih podatkov, pa tudi izdelavo topografskih načrtov in obnavljanje topografskih baz. SDMS je slovenski geografski informacijski sistem, kar prinaša nekatere prednosti, saj so avtorji enostavno dostopni ter odprti za reševanje problemov ter realizacijo novih idej.

SDMS ima vgrajeno orodje za izdelavo topografskih načrtov. V program najprej naložimo datoteko s koordinatami točk in še enkrat preverimo, ali so točke pravilno locirane v koordinatni sistem. Točke nato na ekranu povezujemo in jim določamo pomen s topografskimi znaki in lastnostmi ploskev. Topografski znaki v SDMS so usklajeni s topografskim ključem. V programu ločeno obdelujemo ploskovne, linijske in točkovne objekte.

Običajno najprej pričnemo z urejanjem ploskev. Točke povezujemo z ukazom »Urejanje mej« in tvorimo ploskve, katerim nato določimo lastnosti oziroma rabo (stanovanjska stavba, travnik, njiva, cesta, itd.). Preden zaključimo z urejanjem ploskev preverimo topološko čistost. Program nam javi število napak in označi ploskve s topološko napako (manjka centroid, odvečni centroid, ploskev ni zaključena, itd.). Šele, ko je plast topološko čista, nam program dovoli, da zaključimo z urejanjem ploskev in shranimo spremembe v bazo.

Z ukazom »Vnos nove točke« določamo točkovne topografske znake (jaški, svetilke, požiralniki,...), z ukazom »Urejanje linij« pa linijske topografske znake (ograje, tiri,...). Program omogoča povezovanje komunalnih vodov, tvorjenje plastnic, risanje nasipov in brežin in ostalih topografskih elementov.

Na koncu smo v digitalno topografsko bazo dodali še podatke o omrežjih gospodarske javne infrastrukture, ki se nahaja na obravnavanem območju. Podatke smo pridobili od njihovih upravljalcev.

7.9 Kontrola reambulacije in izris topografskega načrta

Pred izrisom in arhiviranjem topografskega načrta odgovorni geodet pregleda načrt ter zahteva morebitne popravke oziroma odobri arhiviranje in oddajo topografskega načrta naročniku. S postopkom arhiviranja se vsi podatki arhivirajo v digitalno topografsko bazo. Naročnik prejme topografski načrt v analogni in digitalni obliki.

Izris geodetskega - topografskega načrta je v prilogi A.

8 ZAKLJUČEK

Menim, da je celoten merilni sistem Leica *System1200* z uporabniškega vidika zelo dobro in premišljeno zasnovan. Posamezni členi oziroma komponente sistema se med sabo funkcionalno zelo dobro dopolnjujejo in kot celota predstavljajo na videz popoln merilni sistem. Uporabniški vmesnik merskega sistema je enostaven in uporabniku prijazen. Zaradi vsebinsko logičnih menijev in enotnega uporabniškega vmesnika lahko zelo hitro osvojimo znanje za osnovno uporabo instrumentov. Programska oprema merskega instrumentarija ponuja ogromno možnosti, ki jih velja s pridom izkoriščati. Vendar pa za osvojitev vseh možnost programske opreme potrebujemo nekoliko več časa in volje.

V podjetju LGB d.d. razpolagamo z vsemi člani merskega sistema *System1200*, razen s *SmartPolom*. Pri izvedbi obravnavane tahimetrične izmere Rakove Jelše so bili uporabljeni: tahimeter *TCRM1201 R300*, GNSS-sprejemnik *ATX1230* in terminal *RX1220*. Navedene komponente s pripadajočim merskim priborom in programsko opremo smo pri izmeri uporabili kot *SmartStation* in *SmartRover*. Dana naloga je bila zaradi specifičnosti terena najprimernejša za kombinirano – klasično terestrično in satelitsko podprto GNSS izmero, zato se je izbran merski instrumentarij izvrstno izkazal.

Izmero bi lahko opravili tudi povsem klasično, vendar bi izmera primerljive kvalitete bila iz finančnega vidika manj ugodna. Predvsem bi bila problematična vzpostavitev kvalitetne izmeritvene mreže, saj je obstoječa državna geodetska mreža zaradi nestabilnosti območja izmere nezanesljiva.

Prednosti, ki smo jih bili deležni z uporabo *SmartStationa* so v splošnem bile:

- Hitrejša in manj zahtevna vzpostavitev geodetske osnove na območju izmere;
- Izmeritvene točke (stojišča tahimetra) smo lahko izbirali na najugodnejših mestih za snemanje detajla. Pri tem smo morali paziti le na vidnost orientacijskih točk in zadostno odprtost horizonta za zanesljivo določitev koordinat stojišča z GPS-izmero.

- Vsako stojišče tahimetra je bilo določeno neodvisno - z RTK-metodo GPS-izmere, kar je omogočilo visoko in homogeno horizontalno natančnost izmere na celotnem merskem območju;
- Večja ekonomičnost izmere.

Dobrodošla lastnost uporabe RTK-metode GPS-izmere je, da instrument med zajemom merskih vrednosti sproti podaja natančnosti določitve položaja. Vendar pa prikazani natančnosti ne smemo povsem zaupati, saj je v povprečju bolj optimistična od dejansko dosežene točnosti pridobljenih koordinat točk. Vseeno sem prepričan, da je bila izmera zelo dobro in kvalitetno opravljena. Na podlagi našega topografskega načrta bo izdelan projekt kanalizacijskega omrežja Rakove Jelše, zato je bila dobra višinska predstavitev še posebej pomembna. Dobro višinsko predstavitev terena smo zagotovili z višinsko navezavo na točke, ki so bile določene z metodo geometričnega nivelmana.

GNSS-sprejemnik *ATX1230*, komercialno imenovan *SmartAntenna*, je bil primarno namenjen za nadgradnjo tahimetra *TPS1200* v *SmartStation* in samostojno uporabo kot *SmartRover*. Delovanje *SmartAntenne* je bilo omejeno le na RTK-metodo GPS-izmere z obdelavo podatkov v času izmere. Izmera na območjih, ki ni bila pokrita z GSM-omrežjem, tako ni bila izvedljiva. Kasneje so uporabnost *SmartAntenne* programsko razširili tako, da omogoča tudi obdelavo podatkov po opravljenih meritvah. Možna pa je tudi kinematična in statična metoda GPS-izmere. *SmartAntenna* je sedaj funkcijsko popolnoma enaka GNSS-sprejemniku *GPS1200*. Tako lahko npr. hitro statično GPS-izmero izvajamo kar med detajlno izmero ne glede na to, da instrument vrtimo okrog vertikalne vrtilne osi tahimetra. Pri obdelavi opazovanj lahko nato uporabimo precizne efemeride in na ta način zagotovimo natančnejšo izmero, saj precizne efemeride ne vsebujejo pogoška tirnic satelitov.

Združljivost *SmartAntenne* z več komponentami merilnega sistema znižuje stroške nakupa merske opreme. Uporabljamo jo lahko skupaj s tahimetrom kot *SmartStation*, s terminalom *RX1220/1250* in togim grezilom kot *SmartRover* ali pa s tatahimetrom, terminalom, togim grezilom in 360°-reflektorjem kot *SmartPole*.

Slednji sistem je tudi edini iz družine *System1200*, s katerim še nimam praktičnih izkušenj. Po prebrani razpoložljivi literaturi se mi zdi tudi najbolj smotrni in uporaben, saj se lahko uporabnik na kraju merjenja odloči, ali bo za zajem točke uporabil terestrični (TPS) ali satelitsko podprt (GNSS) način. Sistem *SmartPole* omogoča prosto postavitve instrumenta, pri čemer lahko orientacijske točke določamo in dodajamo med detajlno izmero. Pri *SmartPolu* je GNSS-izmera tako rekoč integrirana v klasično terestrično izmero. V mnogih primerih lahko šele na terenu ugotovimo, ali je za konkretno delovišče primernejša klasična ali GNSS-izmera. V večini nalog pa je najprimernejša prav kombinacija obeh načinov izmere.

Največja prednost merskega sistema *System1200* je po mojem mnenju poudarek na skupni uporabi klasičnih in GNSS-metod izmere, ki bodo v prihodnosti v praksi običajne in pogoste. Pri nakupu je poleg zmogljivosti merskega instrumentarija, funkcionalnosti programske opreme in cene pomembna tudi dobro zastopstvo proizvajalca. V Sloveniji ima podjetje Leica Geosystems zelo dobro zastopstvo, ki strankam poleg celovite servisne podpore nudi tudi tehnično pomoč pri uporabi merskega instrumentarija.

Če nekoliko posplošim lahko rečem, da je *System1200* sodoben, tehnološko dovršen merilni sistem, ki ga odlikujejo predvsem široke možnosti in enostavnost uporabe, velika hitrost in ekonomičnost meritev ter sproten grafični prikaz rezultatov meritev. Vse to daje uporabniku veselje do uporabe in dober občutek glede kakovosti rezultatov meritev. Seveda pa ne smemo misliti, da s takim merskim sistemom že po prebranih navodilih za uporabo postanemo »geodeti«. Zavedati se je potrebno, da še tako zmogljiv merski sistem ne bo mislil namesto nas. Predpogoj za uspešno uporabo in izkoriščanje vseh možnosti merskega sistema še vedno ostaja dobro poznavanje geodetskih metod in postopkov.

VIRI

An integrated GPS and total station instrument for cultural heritage surveying: The Leica SmartStation Example, 2005. V: Torino, XX International Symposium, 26 September – 1 October. Canadian Information Productivity Awards (CIPA).

<http://cipa.icomos.org/fileadmin/papers/Torino2005/113.pdf> (15.12.2005)

Craig Hill, D. 2005. Leica SmartStation The integration of GPS & total station technologies.

<http://www.leica-geosystems.com/common/shared/downloads/inc/downloader.asp?id=5037>

(5.8.2006)

Navodila za uporabo GPS v zemljiškem katastru in katastru stavb. 2006. Ljubljana, Geodetski inštitut Slovenije: str. 14, 28, 29.

Geoservis, 2006. Leica TPS1200 Technical Reference Manual.

www.geoservis.si/download/doc/System1200/TPS1200_User_en.pdf (16.11.2006)

Geoservis, 2006. Leica TPS1200 Technical Data.

www.geoservis.si/instrumenti/leica/TPS1200_Tech.pdf (16.11.2006)

Geoservis, 2006. Leica TPS1200 Applications Field Manual.

www.geoservis.si/download/doc/System1200/TPS1200_AppField_en.pdf (16.11.2006)

Geoservis, 2006. Leica System1200 Navodila za uporabo

www.geoservis.si/uporabno/navodila/System1200_12.pdf (18.11.2006)

Geoservis, 2007. Leica System1200 SmartPole

<http://www.geoservis.si/main.php?pg=instrumenti/leica/SmartPole.htm> (18.2.2007)

Kogoj, D. 2004. Študijsko gradivo in zapiski iz predavanj in vaj Meritve povečane natančnosti. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, FGG.

Ježovnik, V., Jakljič, S. 2003. Spremljanje posedanja ljubljanskega barja na področju Ilovice. Geodetski vestnik 47/3: str. 264.

Kogoj, D., Ambrožič, A., Savšek Safić, S., Bogatin, S., Marjetič, A., Stopar, B., Radovan, D., Berk, S., Mesner, N. 2006. Navodilo za izvajanje klasične geodetske izmere v novem državnem koordinatnem sistemu.

Kogoj, D., Bilban, G., Bogatin S. 2004. Tehnične lastnosti tahimetrov Leica Geosystems. Geodetski vestnik 50/3: str. 508 – 518.

Kozmus, K. 1999. Primerjava terestrične in metod GPS izmere na majhnem območju. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, FGG.

Kozmus, K., Stopar, B., 2006. Protokol NTRIP za prenos podatkov GNSS preko interneta. Geodetski vestnik 50/3: str. 461 – 470.

Leica Geosystems, 2006. Surveying with SmartStation.

<http://www.leica-geosystems.com/common/shared/downloads/inc/downloader.asp?id=4718>

(5.8.2006)

Macedoni, M. 2004. Uporaba GPS opazovanj pri vzpostavitvi izmeritvenih geodetskih točk za potrebe terestrične geodetske izmere. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, FGG: str. 16 – 18.

Mozetič, B., Komadina, Ž., Radovan, D., Berk, S., Mesner, N., Klanjšček, M., Stopar, B., Pavlovčič Prešeren, P., Kozmus, K. 2006. Navodilo za izvajanje izmere z uporabo globalnih navigacijskih satelitskih sistemov v državnem koordinatnem sistemu.

Stopar, B., Pavlovič Prešeren, P. 2001. GPS v geodetski praksi. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, FGG.

Stopar, B., Pavlovič Prešeren, P., Kozmus, K. 2006. GPS v geodetski praksi. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, FGG.

Stopar, B., Kuhar, M., Majcen, D. 1997. Lokalni sistem DGPS. Geodetski vestnik, 41/4: str. 304 – 311.

PRILOGE



Priloga A Geodetski - topografski načrt

Merilo: 1:500
 Katastrska občina: 1722 TRNOVSKO PREDMESTJE
 Parcele: 1700/2

- Legenda**
- Hišni zapirac
 - △ Zračnik za vodovod
 - ☐ Telefonska omarica
 - ☐ Kabelska televizija
- Gospodarska javna infrastruktura**
- Vodovod
 - Kanalizacija za odpadne vode
 - Električna niska napetost
 - Električna visoka napetost
 - Javna razsvetljava
 - Kabelska televizija

LJUBLJANSKI GEODETSKI BIRO D.O.O.
 Cankarjeva cesta 1, 1000 LJUBLJANA, SLO. tel: 386(0)1 200 23 00 fax: 386(0)1 200 23 25
 info@ljb.si, www.ljb.si

Naročnik: **MOL, Mestna uprava, Oddelek za gospodarjenje z zemljišči**
 Ambrožev trg 7
 1000 Ljubljana

Delovni nalog: 2007-0042

Predmet: Topografski načrt Rakove Jelšice

Geodet: Simon Gajšek

Odgovorni geodet:

Datum: 14. 6. 2007