

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



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

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

To je izvirna različica zaključnega dela.

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

Šketa, M., 2014. Testiranje sistema avtomatskega viziranja tahimetra Leica TCRA1103 plus. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Kogoj, D.): 37 str.

Datum arhiviranja: 02-07-2014

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Šketa, M., 2014. Testiranje sistema avtomatskega viziranja tahimetra Leica TCRA1103 plus. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kogoj, D.): 37 pp.

Archiving Date: 02-07-2014

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

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

Kandidat:

MATIC ŠKETA

**TESTIRANJE SISTEMA AVTOMATSKEGA VIZIRANJA
TAHIMETRA LEICA TCRA1103 PLUS**

Diplomska naloga št.: 402/GI

**TESTING OF THE ATR SYSTEM OF LEICA TCRA 1103
PLUS TOTAL STATION**

Graduation thesis No.: 402/GI

Mentor:

izr. prof. dr. Dušan Kogoj

Predsednik komisije:

prof. dr. Bojan Stopar

Član komisije:

doc. dr. Božo Koler

Ljubljana, 24. 06. 2014

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Podpisani Matic Šketa izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom »Testiranje sistema avtomatskega viziranja tahimetra Leica TCRA1103 plus«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 02. 06. 2014

Matic Šketa

BIBLIOGRAFSKO

| | |
|-------------------------|--|
| UDK: | 528.53(043.2) |
| Avtor: | Matic Šketa |
| Mentor: | izr. prof. dr. Dušan Kogoj |
| Naslov: | Testiranje sistema avtomatskega viziranja tahimetra Leica TCRA1103 plus |
| Tip dokumenta: | Diplomska naloga - VSS |
| Obseg in oprema: | 37 str., 11 pregl., 15 sl., 10 graf., 10 en., 2 pril. |
| Ključne besede: | Avtomatsko prepoznavanje tarče, Avtomatsko viziranje, ATR, APT, AVT, AIT, AST, Leica TCRA1103 plus, primerjava natančnosti, ISO 17123-3 |

Izvleček

Diplomska naloga obravnava testiranje sistema avtomatskega viziranja tahimetra Leica Geosystems TCRA1103 plus. Tahimeter omogoča avtomatsko viziranje tarč. Uvodni del opisuje razvoj in avtomatizacijo elektronskih tahimetrov. Posvetimo se tudi Leicinemu sistemu za avtomatsko prepoznavanje tarče ATR.

Praktični del diplomske naloge obravnava testiranje natančnosti tahimetra Leica TCRA1103 plus pri merjenju horizontalnih smeri. Testirali smo natančnost sistema avtomatskega viziranja tarče ATR in jo primerjali z natančnostjo ročnega viziranja. Izvedli smo obsežna terenska merjenja. Natančnosti za posamezne meritve smo izračunali na osnovi enačb, zapisanih v standardu ISO 17123-3, in rezultate nato komentirali ter primerjali.

BIBLIOGRAPHIC

UDC: 528.53(043.2)
Author: Matic Šketa
Supervisor: assoc. prof. Dušan Kogoj Ph.D.
Title: Testing of the ATR system of Leica TCRA1103 plus total station
Document type: Graduation Thesis – Higher professional studies
Scope and tools: 37 p., 11 tab., 15 fig., 10 graph., 10 eq., 2 ann.
Keywords: Automatic target identifying, Automatic recognition, ATR, APT, AVT, AIT, AST, Leica TCRA1103 plus, Accuracy comparison, ISO 17123-3

Abstract

The aim of this paper is to test the automatic target recognition system of Leica TCRA1103 plus total station. A total station enables the automatic target recognition. The introductory part of my research is based on the development and automation of electronic total stations. Furthermore, the research is dedicated to the automatic target identifying system of Leica ATR.

The aim of the practical part of this research is to test the accuracy of Leica TCRA1103 plus total station at horizontal directions measurement. The accuracy of the automatic target recognition ATR was tested and compared to the manual recognition accuracy. The extensive field measurements were carried out. The individual measurements' accuracies were calculated on the basis of equations written in standard ISO 17123-3. The results were then commented and compared.

ZAHVALA

Za strokovno pomoč in nasvete pri izdelavi diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju izr. prof. dr. Dušanu Kogoju, staršem in ostalim, ki so me podpirali v času študija.

Zahvalil bi se tudi geodetskemu podjetju Vizura Matko d.o.o. in njenemu direktorju Francu Matku za izposajo instrumenta Leica TCRA1103 plus ter ostale opreme.

KAZALO VSEBINE

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | UVOD..... | 1 |
| 2 | AVTOMATIZACIJA IN RAZVOJ AVTOMATSKIH ELEKTRONSKIH TAHIMETROV | 2 |
| 2.1 | Motorizacija tahimetra..... | 2 |
| 2.2 | Daljnogled elektronskega tahimetra | 2 |
| 3 | AVTOMATIZACIJA ELEKTRONSKIH TAHIMETROV..... | 3 |
| 3.1 | Razvoj tehnologije oz. sistema za avtomatsko prepoznavanje tarče | 3 |
| 3.2 | Nadgradnja sistema APT s tehnologijo avtomatskega iskanja tarče | 3 |
| 4 | TAHIMETER LEICA TCRA1103 PLUS..... | 5 |
| 4.1 | Samodejno viziranje pri tahimetru Leica..... | 5 |
| 4.2 | Tehnični podatki tahimetra Leica TCRA1103 plus..... | 6 |
| 4.3 | Programska oprema Tahimetra..... | 8 |
| 5 | AVTOMATSKO PREPOZNAVANJE TARČE | 9 |
| 5.1 | Samodejno viziranje pri tahimetru Leica..... | 9 |
| 5.2 | Shematski prikaz algoritma merjenja s sistemom ATR | 10 |
| 5.3 | Postopki avtomatskega viziranja tarče..... | 11 |
| 5.3.1 | AVT z detekcijo maksimalne intenzitete povratnega signala..... | 11 |
| 5.3.2 | AVT z izenačitvijo jakosti signala simetrično razporejenih fotodiod | 12 |
| 5.3.3 | AVT z uporabo senzorjev CCD ali CMOS | 12 |
| 5.4 | Območje delovanja | 13 |
| 5.5 | Natančnost merjenja ATR | 14 |
| 6 | POTEK MERITEV..... | 16 |
| 6.1 | Girusna metoda..... | 18 |

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 7 | MERJENJE KOTOV Z INSTRUMENTOM LEICA TCRA1103..... | 19 |
| 7.1 | Začetek merjenja | 19 |
| 7.2 | Izmera prvega girusa | 19 |
| 7.3 | Izmera girusa | 20 |
| 7.4 | Izmera nadaljnjih girusov | 21 |
| 7.5 | Izračun | 21 |
| 8 | POSTOPEK IZRAČUNA NATANČNOSTI HORIZONTALNIH SMERI..... | 22 |
| 9 | REZULTATI MERITEV | 24 |
| 9.1 | Rezultati ročnega viziranja..... | 25 |
| 9.1.1 | Rezultati natančnosti glede na število girusov | 26 |
| 9.2 | Rezultati avtomatskega viziranja..... | 27 |
| 9.2.1 | Rezultati natančnosti glede na število girusov | 28 |
| 10 | PRIMERJAVA ROČNEGA IN AVTOMATSKEGA VIZIRANJA..... | 29 |
| 10.1 | Primerjava natančnosti glede na število girusov pri razdalji 5 m..... | 31 |
| 10.2 | Primerjava natančnosti glede na število girusov pri razdalji 20 m..... | 32 |
| 10.3 | Primerjava natančnosti glede na število girusov pri razdalji 200 m..... | 33 |
| 10.4 | Primerjava natančnosti glede na število girusov pri razdalji 400 m..... | 34 |
| 10.5 | Primerjava natančnosti glede na število girusov pri razdalji 600 m..... | 35 |
| 11 | ZAKLJUČEK | 36 |
| VIRI | | 37 |

KAZALO SLIK

| | |
|---|----|
| Slika 1: Prikaz vrtenja instrumenta okoli obeh glavnih osi (Leica, 2003)..... | 2 |
| Slika 2: Tahimeter Leica TCRA1103 plus | 5 |
| Slika 3: Iskalno polje sistema ATR (Leica, 2013)..... | 9 |
| Slika 4: Algoritem poteka merjenja s sistemom ATR (TPS1100 Professional Series, 1999) | 10 |
| Slika 5: Grobo in fino viziranje z detekcijo maksimalne intenzitete povratnega signala (Mataija Valh, M., in sod., 2008)..... | 11 |
| Slika 6: Slika odbitega signala in določitev točke maksimalne radiometrične vrednosti (Mataija Valh, M., in sod., 2008)..... | 13 |
| Slika 7: Standardna deviacija smeri ob uporabi ATR po merjeni dolžini, instrumentni natančnosti in izbrani prizmi (Leica PowerTracker, 2009)..... | 15 |
| Slika 8: Prikaz postavitve tahimetra in točk pri razdalji 5 m..... | 16 |
| Slika 9: Prikaz postavitve tahimetra in točk pri razdalji 20 m..... | 17 |
| Slika 10: Prikaz stojišča tahimetra pri razdalji 400 m in 600 m..... | 17 |
| Slika 11: Prikaz izmere po girusni metodi..... | 18 |
| Slika 12: Prikaz menija nastavitve začetka merjenja (Leica TPS1100, 2001) | 19 |
| Slika 13: Prikaz menija pri nastavitvi prvega girusa (Leica TPS1100, 2001) | 20 |
| Slika 14: Prikaz menija merjenja nadaljnjih girusov (Leica TPS1100, 2001)..... | 20 |
| Slika 15: Prikaz menija izračuna standardnih deviacij (Leica TPS1100, 2001)..... | 21 |

KAZALO PREGLEDNIC

| | |
|--|----|
| Preglednica 1: Lastnosti tahimetra Leica TCRA1103 plus | 6 |
| Preglednica 2: Doseg območja delovanja ATR | 13 |
| Preglednica 3: Natančnost viziranja s sistemom ATR v odvisnosti od različnih metod merjenja dolžine | 14 |
| Preglednica 4: Prikaz rezultatov meritev ročnega viziranja po girusih na vseh oddaljenostih | 24 |
| Preglednica 5: Prikaz rezultatov meritev avtomatskega viziranja po girusih na vseh oddaljenostih | 24 |
| Preglednica 6: Razmerje med standardnim odklonom smeri ročnega in avtomatskega viziranja | 29 |
| Preglednica 7: Razmerje med standardnim odklonom smeri ročnega in avtomatskega viziranja pri razdalji 5 m..... | 31 |
| Preglednica 8: Razmerje med standardnim odklonom smeri ročnega in avtomatskega viziranja pri razdalji 20 m..... | 32 |
| Preglednica 9: Razmerje med standardnim odklonom smeri ročnega in avtomatskega viziranja pri razdalji 200 m..... | 33 |
| Preglednica 10: Razmerje med standardnim odklonom smeri ročnega in avtomatskega viziranja pri razdalji 400 m..... | 34 |
| Preglednica 11: Razmerje med standardnim odklonom smeri ročnega in avtomatskega viziranja pri razdalji 600 m..... | 35 |

KAZALO GRAFIKONOV

| | |
|---|----|
| Grafikon 1: Standardni odklon smeri pri ročnem viziranju..... | 25 |
| Grafikon 2: Standardni odklon smeri pri vseh dolžinah pri ročnem viziranju | 26 |
| Grafikon 3: Standardni odklon smeri pri avtomatskem viziranju | 27 |
| Grafikon 4: Standardni odklon smeri pri vseh dolžinah pri avtomatskem viziranju | 28 |
| Grafikon 5: Standardni odklon smeri pri ročnem in avtomatskem viziranju | 29 |
| Grafikon 6: Primerjava natančnosti glede na število girusov pri razdalji 5 m | 31 |
| Grafikon 7: Primerjava natančnosti glede na število girusov pri razdalji 20 m | 32 |
| Grafikon 8: Primerjava natančnosti glede na število girusov pri razdalji 200 m | 33 |
| Grafikon 9: Primerjava natančnosti glede na število girusov pri razdalji 400 m | 34 |
| Grafikon 10: Primerjava natančnosti glede na število girusov pri razdalji 600 m | 35 |

UPORABLJENE KRATICE

ATR – Automatic target recognition (avtomatsko prepoznavanje tarče)

APT – avtomatsko prepoznavanje tarče

AVT – avtomatsko viziranje tarče

AIT – avtomatsko iskanje tarče

AST – avtomatsko sledenje tarče

Ta stran je namenoma prazna.

1 UVOD

Diplomska naloga obravnava testiranje sodobnega elektronskega tahimetra, ki omogoča avtomatsko viziranje tarč. Testiran je bil tahimeter podjetja Leica Geosystems model TCRA1103 plus. Zanimala nas je predvsem razlika v natančnosti ročnega in avtomatskega merjenja.

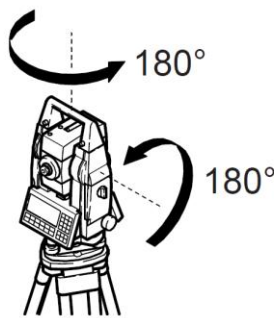
Uvodni del diplomske naloge opisuje razvoj in avtomatizacijo elektronskih tahimetrov ter lastnosti izbranega tahimetra, v nadaljevanju pa se posvetimo predvsem sistemu za avtomatsko prepoznavanje tarče ATR.

Pri praktičnem delu diplomske naloge se osredotočimo na testiranje natančnosti sistema avtomatskega prepoznavanja tarče ATR, ki ga primerjamo z natančnostjo ročnega viziranja. Opisana merjenja so bila opravljena tako, da smo za posamezno meritev opravili deset girusov na petih različnih razdaljah. V zaključku primerjamo parametre natančnosti med ročnim in avtomatskim merjenjem kot tudi vpliv števila izmerjenih girusov na natančnost končnega rezultata meritev.

2 AVTOMATIZACIJA IN RAZVOJ AVTOMATSKIH ELEKTRONSKIH TAHIMETROV

2.1 Motorizacija tahimetra

Avtomatizacijo elektronskih tahimetrov je omogočil razvoj motorizacije rotacijskih delov tahimetra okoli glavnih osi, zato so v tahimetre začeli vgrajevati dva servomotorja, ki vrtita instrument okoli horizontalne in vertikalne osi. Rotacijska hitrost mora za učinkovito delovanje znašati med 50 in 60 gon/s, kar je predstavljalo potrebo po vrsti mehanskih rešitev predvsem v zgradbi osi. Natančnost pozicioniranja limbov je prav tako odvisna od korakanja servomotorja. To pomeni, da mora najmanjši korak pri limbu radija 60 mm znašati manj kot $0,05 \mu\text{m}$, da bi dosegli zanesljivost pozicioniranja $0,1 \mu\text{m}$, kar bi odgovarjalo kotni vrednosti $0,1 \text{ mgon}$, pri čemer so današnji tahimetri že presegli takšno zanesljivost določitve položaja (Mataija Valh, M., in sod., 2008).



Slika 1: Prikaz vrtenja instrumenta okoli obeh glavnih osi (Leica, 2003)

2.2 Daljnogled elektronskega tahimetra

Pri avtomatskih elektronskih tahimetrih potrebujemo za delovanje tehnologije drugačno konstrukcijo daljnogledov. Deluje namreč tako, da skozi optiko elektrooptičnega razdaljemera usmeri valovanje, kar omogoča optični sistem. Sistem APT je za delovanje precej odvisen od vidnega polja daljnogleda. Torej predstavlja konstrukcija starejših daljnogledov, ki so imeli zelo ozko vidno polje, veliko pomanjkljivost. Za potrebe avtomatskega finega viziranja tahimetrov mora novi daljnogled s servomotorji omogočati ostrenje slike z natančnimi mehanskimi premiki leč. Širina zornega polja tipičnih modernih daljnogledov znaša $1^\circ 30'$.

Poseben optični sistem v modernih daljnogledih elektronskih tahimetrov omogoča:

- sprejem odbitega žarka sistema APT koksialno z vizurno osjo daljnogleda,
- prenos slike na senzor za obdelavo merskega materiala,
- še vedno omogoča klasično viziranje,
- omogoča osvetlitev ciljne točke (Mataija Valh, M., in sod., 2008).

3 AVTOMATIZACIJA ELEKTRONSKIH TAHIMETROV

Do popolne avtomatizacije elektronskih tahimetrov so prišli v dveh korakih:

- Razvoj tehnologije oz. sistema za avtomatsko prepoznavanje tarče APT
- Nadgradnja sistema APT s tehnologijo avtomatskega iskanja tarče AIT

3.1 Razvoj tehnologije oz. sistema za avtomatsko prepoznavanje tarče

Sistem ne omogoča popolne avtomatizacije, saj omogoča le avtomatsko fino viziranje tarče, ki se nahaja v vidnem polju tahimetrovega daljnogleda. Tako le nadomesti ročno fino viziranje, a še vedno potrebuje operaterja za grobo viziranje, kajti če se tarča ne nahaja v vidnem polju sistema APT, je ta ni zmožen poiskati sam. Torej sistem še vedno potrebuje:

- grobo viziranje s pomočjo operaterja,
- pomoč mikroprocesorja, da daljnogled usmeri v pravo smer na podlagi predhodno opravljenih ničelnih opazovanj (prvi polgirus) ali približnih koordinat opazovanih točk,
- pomoč sistema za avtomatsko iskanje tarče.

Sistem za avtomatsko prepoznavanje tarče je sestavljen iz dveh sistemov:

- avtomatsko viziranje tarče (AVT),
- avtomatsko sledenje tarče (AST).

Tu AVT predstavlja glavnino sistema APT, saj je za njegovo delovanje potrebna večina strojne in programske opreme. Avtomatsko sledenje tarči pa predstavlja programsko nadgrajen sistem AVT, ki omogoča sledenje in dinamično merjenje premikajočih tarč, ko je le ta že identificirana s sistemom AVT (Mataija Valh, M., in sod., 2008).

3.2 Nadgradnja sistema APT s tehnologijo avtomatskega iskanja tarče

Sistem avtomatskega iskanja tarče (AIT) omogoča grobo viziranje tarče, ki se nahaja v okolici instrumenta na "poljubni" lokaciji. Tako ta sistem ne potrebuje prisotnosti operaterja in popolnoma avtomatizira tahimetrove merske operacije, povezane z viziranjem.

Operater z instrumentom komunicira preko radijske ali bluetooth povezave s ciljne točke. Podatke o osnovnih operacijah in pregled rezultatov opazovanj posreduje elektronskemu tahimetru preko kontrolne enote na tarči. Uporabnik lahko tahimetru, ki ima vgrajeno tehnologijo APT in AIT, prek

kontrolne enote posreduje, katero točko naj izmeri. Instrument tako s pomočjo krmiljenja mikroprocesorja avtomatično najde tarčo signalizirane točke. Najde jo hitro in zanesljivo ter izvede meritev (Mataija Valh, M., in sod., 2008).

4 TAHIMETER LEICA TCRA1103 PLUS

Meritve smo izvedli s tahimetrom Leica TCRA1103 plus (serijska št. 624827). Tahimeter je član Leicine serije tahimetrov TPS1100. Pri razčlenitvi oznake instrumenta TCRA1103 plus ugotovimo, da ima instrument poleg osnovnih sestavnih delov vgrajen še sistem za merjenje dolžin brez reflektorja, kar označuje črka R v oznaki. Instrument vsebuje tudi sistem ATR (Leicin sistem APT) za avtomatsko prepoznavanje in sledenje tarče, kar nakazuje črka A, ter vgrajene servomotorje, kar pomeni oznaka plus.



Slika 2: Tahimeter Leica TCRA1103 plus

4.1 Samodejno viziranje pri tahimetru Leica

Sistem ATR za delovanje zaznavanja reflektorja uporablja detekcijo maksimalne intenzitete povratnega signala z uporabo senzorjev CCD.

Sistem deluje tako, da je potrebno sprva daljnogled instrumenta grobo navizirati proti tarči z natančnostjo 9° . Daljnogled se bo začel spiralno oddaljevati od začetnega položaja tako dolgo, dokler ne bo reflektor v vidnem polju kamere CCD; takrat se bo zaustavil. Tu nastopi postopek finega viziranja. Določi se središče reflektorja, instrument premakne daljnogled v horizontalni in vertikalni smeri tako, da je sredina nitnega križa poravnana s središčem tarče, in izvede se meritev (Tuno, N. in sod. 2010).

Podrobneje je sistem samodejnega viziranja opisan v poglavju 5.

4.2 Tehnični podatki tahimetra Leica TCRA1103 plus

Preglednica 1: Lastnosti tahimetra Leica TCRA1103 plus

| Merjenje kotov | | |
|---|--|-----------------------|
| Natančnost (ISO 17123-3) | Hz in V koti | 3" (1 mgona) |
| | Natančnost prikaza merjenega kota | 1" (0,5 mgona) |
| Metoda | Absolutno, neprekinjeno, diametralno | |
| Merjenje dolžin (IR) | | |
| Maksimalni doseg | Reflektor (GPR1) | 3000 m |
| | Reflektor (GRZ 4) | 1500 m |
| | Mini reflektor | 1200 m |
| | Reflektivna nalepka (retro reflektor) 60 x 60 mm | 250 m |
| Natančnost (ISO 17123-4) / čas merjenja | Standardni način | 2 mm; 2 ppm/1,0 s |
| | Hitri način | 5 mm; 2 ppm/0,5 s |
| | Način s sledenjem | 5 mm; 2 ppm/0,3 s |
| | Hitri način sledenja | 10 mm; 2 ppm/< 0,15 s |
| | Resolucija prikaza | 1 mm |
| Motoriziranost | | |
| | Maksimalna hitrost vrtenja instrumenta | 45°/s |
| Avtomatsko prepoznavanje tarče (ATR) | | |
| Doseg ATR / Lock način | Reflektor (GPR 1) | 1000 m / 800 m |
| | Reflektor (GRZ 4) | 600 m / 500 m |
| | Mini reflektor | 500 m / 400 m |
| | Reflektivna nalepka (retro reflektor) 60 x 60 mm | 65 m / -- |
| Natančnost (ISO 17123-3) / čas meritve | Dolžina < 300 m | 3 mm / 3 s |
| | Dolžina > 300 m | 3"/ 3-4 s |
| Maksimalna hitrost (Lock način) | Tangencialna (standardni način) | 25 m/s pri 100 m |
| | Tangencialna (način s sledenjem) | 18 m/s pri 100 m |
| | Radialna (način s sledenjem) | 4 m/s |
| Iskanje tarče (PS – Power Search) | | |
| Doseg | Reflektor (GPR 1) | 200 m |
| | Reflektor (GRZ 4) | 200 m |
| | Mini reflektor | 100 m |
| | Najkrajša merljiva razdalja | 5 m |
| Iskalni čas | Iskalni čas | < 10 s |
| Pogoni | | |
| | Največja hitrost vrtenja | 50 gon/s (45°/s) |

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 1

| Splošni podatki | | |
|------------------------|---|---|
| Kompenzator | Območje delovanja | 4' (0,07 gon) |
| | Natančnost dolčitve nagiba | 1,0" (0,3 gon) |
| | Metoda | centralni dvoosni kompenzator |
| Horizontiranje | Natančnost dozne libele | 6' / 2 mm |
| | Zaslonska resolucija elektronske libele | 1" (0,5 mgon) |
| Daljnogled | Povečava | 30x |
| | Premer objektiva | 40 mm |
| | Zorni kot | 1°30' / 2,7 m pri 100 m |
| | Območje fokusiranja | 1,7 m do neskončno |
| Tipkovnica in zaslon | Zaslon | 8 vrstic z 32 znaki 256*64 pikslov, grafični LCD |
| | Tipkovnica | 30 tipk (6 funkcijskih, 12 alfanumeričnih) |
| | Prikaz kotov | 360°", 360° decimalno, 400 gon, 6400 mil, V% |
| | Prikaz dolžin | m, int. ft, int. ft/inch, US ft, US ft/inch |
| | Število zaslonov | 1 / 2 (možno tudi v II. krožni legi) |
| Shranjevanje podatkov | Spominska kartica | PCMCIA ATA Flash (16 MB) / PCMCIA SRAM (512 KB, 2 MB) |
| | Količina shranjenih podatkov | 18000 / 2 MB |
| | Vmesnik | RS232 |
| Lasersko grezilo | Natančnost centriranja | 1,5 mm pri 1,5 m |
| | Premer laserske pike | 2,5 mm pri 1,5 m |
| Baterija | Tip | NiMH |
| | Napetost | 6 V |
| | Kapaciteta (GEB121) | 3,6 Ah |
| | Število meritev | 400 – 600 |
| Teža | Instrument | 4,7 – 4,9 kg |
| | Baterija (GEB121) | 0,4 kg |
| | Podnožje (GDF121) | 0,8 kg |
| Delovno okolje | Delovna temperatura | - 20 °C do + 50 °C |
| | Shranjevalna temperatura | - 40 °C do + 70 °C |
| | Zaščita pred prahom, vodo | IP54 |
| | Vlažnost | Največ 95 %, nekondenzirana |

4.3 Programska oprema Tahimetra

Za večjo učinkovitost in produktivnost za serijo TPS1100 ponujajo programsko opremo za različne uporabnike in potrebe. Zato so se pri Leica Geosystems potrudili in dali velik poudarek na ponudbo programov, ki jih uporabnik potrebuje. Tako je število in vrsta programov, ki so naloženi na tahimeter, odvisna od izbranega programskega paketa. Za serijo TPS1100 ponujajo sledeče tri pakete:

Standardni:

- Prosto stojišče
- Orientacija/prenos višin
- Ločni presek
- Zakoličba
- Tie Distance – določi razdaljo, azimut in višinsko razliko med dvema točkama
- Remote Height – izračuna položaj in višino nedostopnih točk

Napredni:

- Referenčna linija
- COGO
- Girusna metoda
- Površina
- Poligon
- Lokalni ločni presek

Strokovni:

- Referenčna linija
- COGO
- Girusna metoda
- Površina
- Poligon
- Lokalni ločni presek
- Avtomatsko snemanje
- Skrita točka
- Referenčna plošča
- Skeniranje površine
- DMD stakeout – primerja terenske meritve s shranjenim digitalnim modelom terena (Leica TPS1100 Application Programs, 2001)

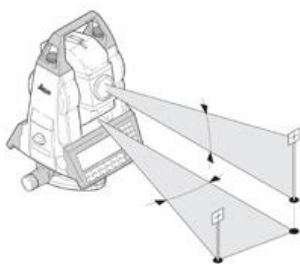
5 AVTOMATSKO PREPOZNAVANJE TARČE

Sistem za avtomatsko prepoznavanje tarče so pri podjetju Leica Geosystems poimenovali ATR (Automatic Target Recognition). Prvič je bil sistem ATR predstavljen v seriji elektronskih tahimetrov sredi 90. let z oznako TPS1000. S serijo TPS1000 se je merski proces avtomatiziral, saj so v njej predstavili nove rešitve pri elektronskih tahimetrih, kot so stopenjski motorji za vrtenje alhidade in daljnogleda, senzorji za samostojno viziranje itd. Tahimeter, ki je bil izbran pri tej nalogi, je član serije TPS1100, ki je naslednica serije TPS1000 (Tuno, N. in sod. 2010).

5.1 Samodejno viziranje pri tahimetru Leica

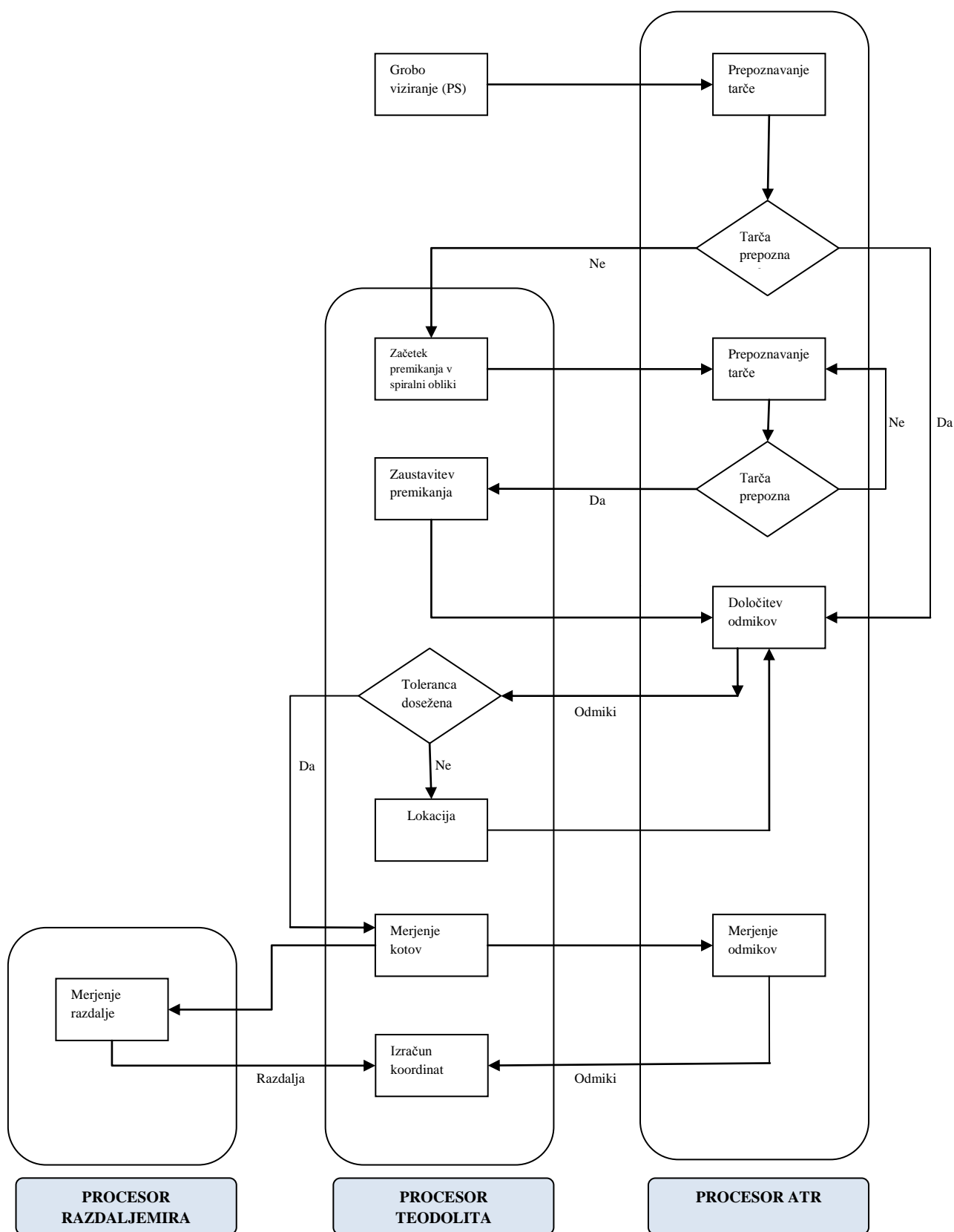
Leicin sistem ATR uporablja tehnologijo z detekcijo maksimalne intenzitete povratnega signala z uporabo senzorjev CCD.

Sistem deluje tako, da je potrebno sprva daljnogled instrumenta grobo navizirati proti tarči z natančnostjo 9° . Nato se bo daljnogled začel spiralno oddaljevati od začetnega položaja tako dolgo, dokler ne bo reflektor v vidnem polju kamere CCD; takrat se bo ustavil. Tu nastopi postopek finega viziranja. Določi se središče reflektorja, instrument premakne daljnogled v horizontalni in vertikalni smeri tako, da je sredina nitnega križa poravnana s središčem tarče, in izvede se meritev (Tuno, N. in sod. 2010).



Slika 3: Iskalno polje sistema ATR (Leica, 2013)

5.2 Shematski prikaz algoritma merjenja s sistemom ATR



Slika 4: Algoritem poteka merjenja s sistemom ATR (TPS1100 Professional Series, 1999)

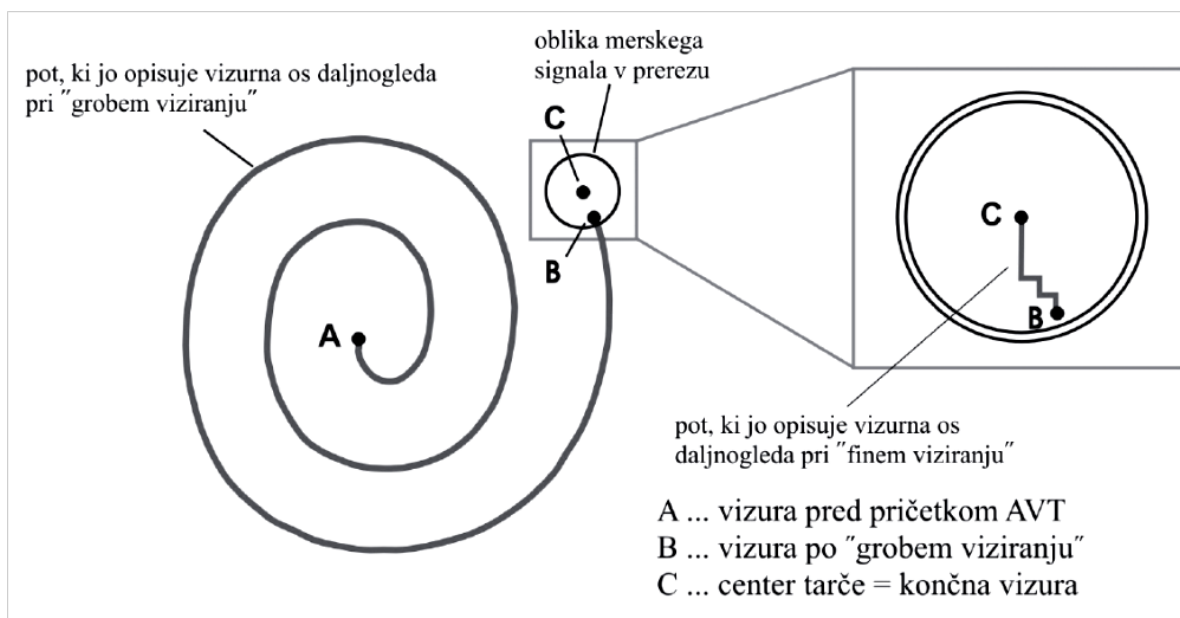
5.3 Postopki avtomatskega viziranja tarče

Pri avtomatskem prepoznavanju tarče je ključen sistem avtomatskega viziranja tarče (AVT). Danes elektronski tahimetri večine proizvajalcev za prepoznavanje tarč uporabljajo kamere ali tipala oziroma senzorje CCD in CMOS. Razlog je digitalna obdelava slike prejetega merskega valovanja, kar predstavlja očitno prednost. V preteklosti pa so za postopek AVT uporabljali metodi kot:

- AVT z detekcijo maksimalne intenzitete povratnega signala
- AVT z izenačitvijo jakosti signala simetrično razporejenih fotodiod

5.3.1 AVT z detekcijo maksimalne intenzitete povratnega signala

Sistem deluje tako, da instrument skozi elektrooptični razdaljemer pošlje elektromagnetno valovanje ter nato meri jakost odbitega signala. V prvi fazi mikroprocesor premika s pomočjo servomotorjev instrument okoli horizontalne in vertikalne osi in pri tem skuša najti maksimalno jakost odbitega signala. To počne tako, da daljnogled rotira od začetne točke v obliki okrogle ali pravokotne krivulje, vse dokler ne zazna reflektorja. Instrument je v tej točki grobo naviziran.



Slika 5: Grobo in fino viziranje z detekcijo maksimalne intenzitete povratnega signala (Mataija Valh, M., in sod., 2008)

Druga faza je namenjena finemu viziranju, ki se izvede tako, da mikroprocesor premika vizurno os daljnogleda za majhne vrednosti izmenično v horizontalni in vertikalni smeri. To počne tako dolgo, da registrira maksimalno jakost povratnega signala po horizontalni in vertikalni smeri, kar pomeni, da je tarča fino navizirana. Naslednji postopek je izvedba in registracija opazovanj (Mataija Valh, M., in sod., 2008).

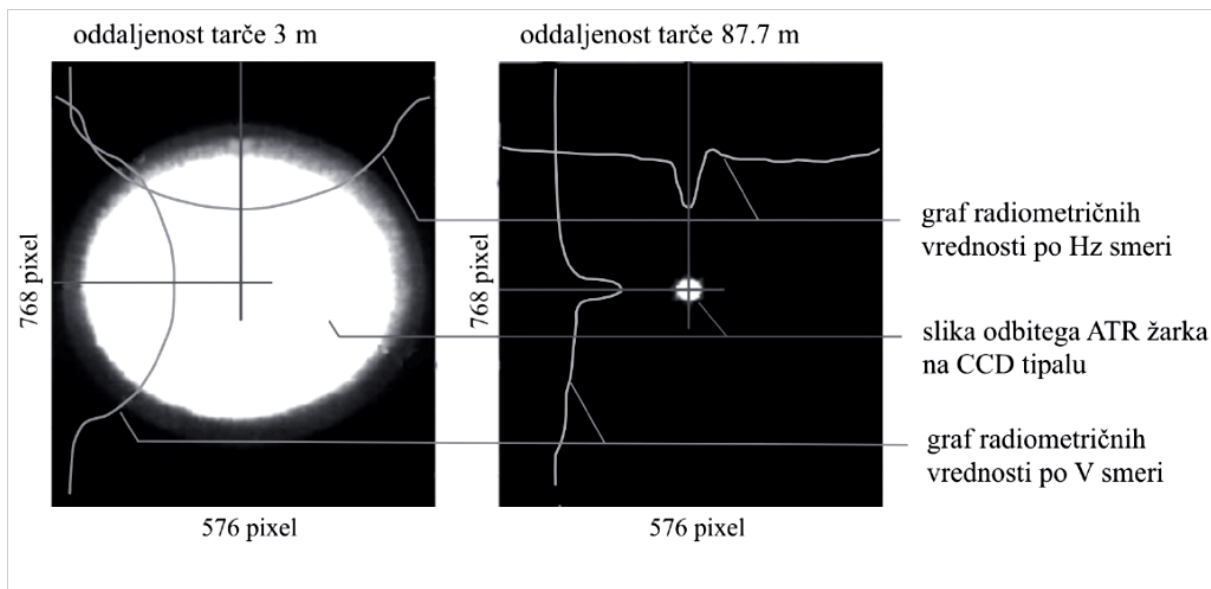
5.3.2 AVT z izenačitvijo jakosti signala simetrično razporejenih fotodiod

Pri tem sistemu je za okularjem elektronskega tahimetra vgrajen modul s štirimi fotodiodami, ki so razporejene simetrično v štiri kvadrante. Za delovanje ne moremo uporabiti pasivnega reflektorja, vendar se ciljna točka signalizira z močnim svetlobnim virom, ki ima znano frekvenco, in lahko tako vsaka fotodioda izmeri jakost svetlobnega signala. Mikroprocesor nato obdela signale; če je izmerjena jakost signala na eni diodi večja kot na drugih, se preračunajo popravki in servomotor obrne okular v smeri popravkov. Postopek se ponavlja tako dolgo, da razlike v jakosti signala ni več. Točka je takrat v središču nitnega križa. Vendar pa je natančnost takšnega avtomatskega viziranja majhna, saj uporablja samo štiri repetitorje. Prednost tega sistema je, da je zgrajen iz enostavnih in poceni modulov, pri čemer pa je primeren samo za meritve, kjer velika natančnost ni potrebna (Mataija Valh, M., in sod., 2008).

5.3.3 AVT z uporabo senzorjev CCD ali CMOS

Elektronski tahimetri pri novejših instrumentih uporabljajo za avtomatsko viziranje tarč kamere oziroma tipala CCD ali CMOS.

Delujejo tako, da razdaljemer tahimetra v smeri vizurne osi daljnogleda pošlje proti tarči svetlobni žarek, katerega sprejme kamera CCD ali CMOS. Če je signal odbitega žarka prešibak oziroma odboja sploh ni, potem se izvede podoben postopek kot pri sistemu viziranja z detekcijo maksimalne intenzitete površine signala. Med merskim sistemom tahimetra in sistemom tipala kamere CCD ali CMOS je vzpostavljena funkcijska zveza, imenovana kalibracija sistema (Mataija Valh, M., in sod., 2008).



Slika 6: Slika odbitega signala in določitev točke maksimalne radiometrične vrednosti (Mataija Valh, M., in sod., 2008)

Mikroprocesorju se nato posredujejo podatki o izmerjeni jakosti laserskega žarka, odstopanje težišča laserskega odtisa na senzorju od koordinatnega središča sistema tipala senzorja CCD ali CMOS. S pomočjo kalibracijskih parametrov se nato preračunajo kotne vrednosti popravkov, za katere tahimeter nato zavrtijo pogoni okoli horizontalne in vertikalne osi. Vizurna os tahimetra je v tem trenutku usmerjena skoraj v središče tarče, odstopa za zgolj nekaj sekund. Če pa natančnost merjenja kotov ni zadovoljiva, tahimeter s sistemom za avtomatsko ostrenje izostril sliko v daljnogledu in ponovno odda svetlobni žarek. Med težiščem novega svetlobnega odtisa na tipalu CCD ali CMOS in koordinatnim izhodiščem tipala tarče nastane majhno odstopanje. To odstopanje se nato računsko upošteva in naknadno prišteje k registriranim vrednostim kotov (Mataija Valh, M., in sod., 2008).

5.4 Območje delovanja

Podatki proizvajalca Leica Geosystems za tahimeter serije TPS1100, v katero spada testirani tahimeter TCRA1103 kažejo, da je doseg delovanja ATR za reflektor GPR1, ki smo ga uporabljali, 1000 m. Ti podatki o dosegu naj bi veljali za običajne merske pogoje.

Preglednica 2: Doseg območja delovanja ATR

| Vrsta reflektorja | Maksimalna razdalja |
|--|---------------------|
| Reflektor (GPR 1) | 1000 m |
| Reflektor (GRZ 4) | 600 m |
| Mini reflektor | 500 m |
| Reflektivna nalepka (retro reflektor) 60 x 60 mm | 65 m |

Pri naših izmerah so bile oddaljenosti tarč 5 m, 20 m, 200 m, 400 m in 600 m, torej znotraj območja delovanja.

5.5 Natančnost merjenja ATR

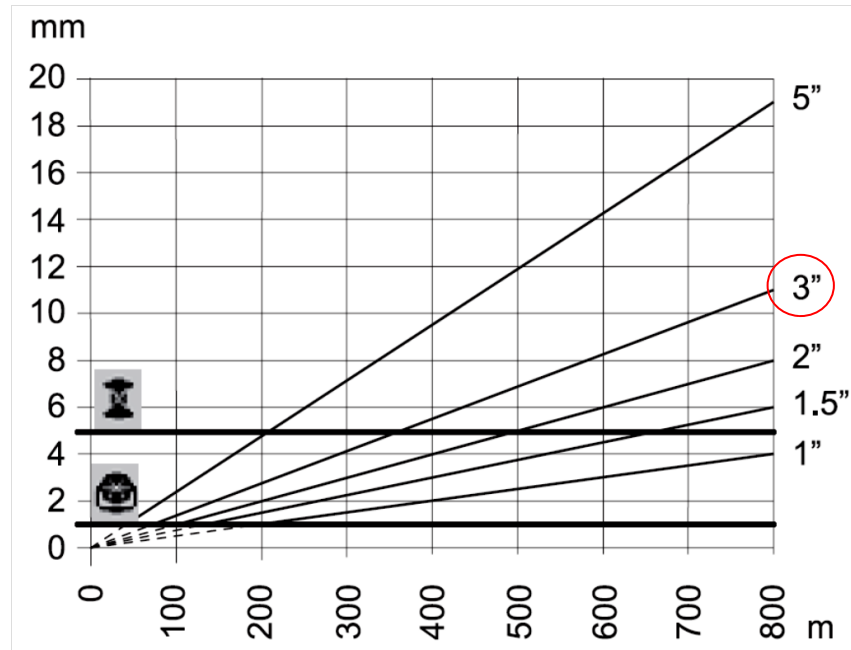
Natančnost merjenja s sistemom avtomatskega prepoznavanja tarč je odvisna od več dejavnikov. Tako je odvisna od izbrane metode merjenja dolžin.

Preglednica 3: Natančnost viziranja s sistemom ATR v odvisnosti od različnih metod merjenja dolžine

| Metoda merjenja dolžine | Natančnost |
|-------------------------|--------------|
| Standardni način | 2 mm; 2 ppm |
| Hitri način | 5 mm; 2 ppm |
| Način s sledenjem | 5 mm; 2 ppm |
| Hitri način sledenja | 10 mm; 2 ppm |
| Ločljivost prikaza | 1 mm |

Odvisna je tudi od kotne natančnosti tahimetra, ki je v našem primeru znašala 3". Notranja natančnost sistema ATR sicer znaša za horizontalne in vertikalne kote 1" ali 0,3 gon-a (standardna deviacija ISO 17123-3). Pomembni so tudi zunanji vplivi v času merjenja in tip uporabljene prizme (GPR1, 360° ...).

Osnovna natančnost sistema ATR je ± 1 mm (prečno odstopanje – razločljivost sistema). Pri instrumentu TCRA1103 na oddaljenosti približno 70 m kotna natančnost prevlada. Natančnost se zato pri oddaljenostih, večjih od 200 m, podaja v kotni vrednosti 3".



Slika 7: Standardna deviacija smeri ob uporabi ATR po merjeni dolžini, instrumentni natančnosti in izbrani prizmi (Leica PowerTracker, 2009)

Graf prikazuje standardno deviacijo smeri z uporabo ATR pri viziranju na različne tarče (GPR 1 in 360°) po merjeni dolžini ter instrumentno natančnost.



... Prizma Leica 360°



... Prizma GPR 1

mm ... ATR natančnost (prečno odstopanje) [mm]

m ... merjena dolžina [m]

" ... kotna natančnost instrumenta

6 POTEK MERITEV

Testiranje sistema ATR se je izvedlo v več serijah. Oddaljenosti do tarč so bile namreč različne. Izbrali smo naslednje oddaljenosti: 5 m, 20 m, 200 m, 400 m in 600 m. Pri vsaki oddaljenosti smo izvedli merjenje smeri na 5 točk. Uporabili smo girusno metodo merjenja. Točke smo stabilizirali s stativi in signalizirali z reflektorji GPR1. Serija merjenj je obsegala 10 girusov. V okviru vsake serije smo merjenja izvedli najprej avtomatsko s pomočjo ATR, nato pa še ročno. To pomeni, da je bilo za eno serijo izvedenih 100 meritev.

Prva serija na oddaljenosti 5 m je bila opravljena na parkirišču pred PE podjetja Vizura Matko d.o.o. v Celju. Druga in tretja serija pri oddaljenostih 20 m in 200 m se je opravila med bližnjimi travniki in njivami v naselju Trnava. Četrto in peto serijo (na 400 m ter 600 m) pa smo izvedli na Letališču Celje (Letališče Levec).



Slika 8: Prikaz postavitve tahimetra in točk pri razdalji 5 m



Slika 9: Prikaz postavitve tahimetra in točk pri razdalji 20 m

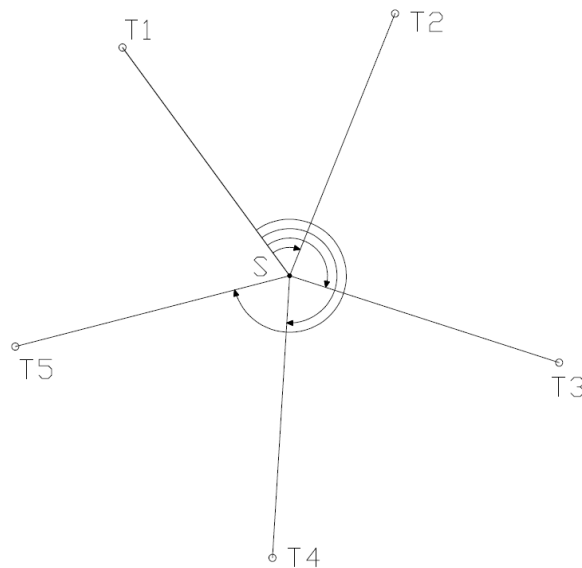


Slika 10: Prikaz stojišča tahimetra pri razdalji 400 m in 600 m

6.1 Girusna metoda

Girusna metoda je osnova drugim uporabljenim metodam in je v praksi najpogosteje uporabljena metoda za merjenje horizontalnih kotov. Metoda temelji na merjenju več smereh hkrati, ki imajo isto presečišče. Smeri merimo v obeh krožnih legah.

V prvi krožni legi izberemo začetno smer in opravimo opazovanja v smeri ure, nato instrument obrnemo v drugo krožno lego in v nasprotni smeri (protiurno) ponovno izmerimo vse točke. Ko je meritev v drugi krožni legi končana (izmerimo prvo točko v prvi krožni legi), je girus končan. Večje kot je število girusov, bolj natančno lahko določimo opazovane smeri.



Slika 11: Prikaz izmere po girusni metodi

Rezultat predstavljajo reducirane smeri, ki so med seboj mersko odvisne vrednosti in obremenjene s pogreškom začetne smeri.

Slabost metode je predvsem velika časovna zamuda pri velikem številu girusov in zagotovitev stabilnosti instrumenta ter potreba po izmeri girusa v celoti (Osebna komunikacija predavanja geodezija 2).

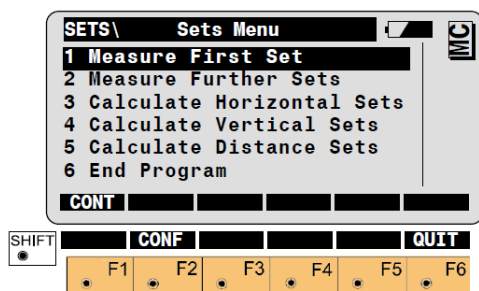
7 MERJENJE KOTOV Z INSTRUMENTOM LEICA TCRA1103

Funkcija Set of Angles se uporablja za avtomatsko merjenje kotov po girusni metodi. Program omogoča preverjanje grobih pogreškov na terenu in analizo natančnosti meritev. Tako se je pri uporabi avtomatskega prepoznavanja tarče fino viziranje opravilo avtomatsko, prav tako kot vse meritve.

Operater mora pri tem postopku izmeriti vse zelene točke v prvem polgirusu. Vse ostale meritve se izvedejo avtomatsko. Pri tem moramo izmeriti najmanj dva girusa. Instrument lahko opravi največ 64 meritev v obeh krožnih legah na en izračun. V nalogi smo izvedli 10 girusov po 5 točk, kar predstavlja 50 meritev in je še spremenljivo (Leica TPS1100, 2001).

7.1 Začetek merjenja

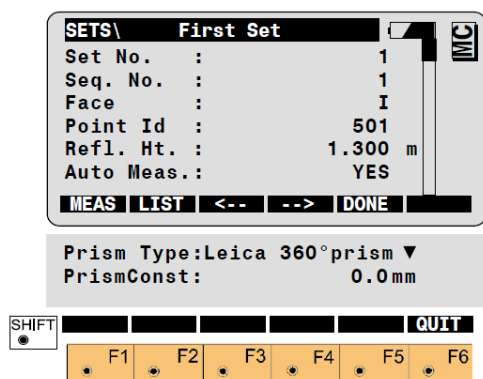
Identiteta merjenih tarč in njihov vrstni red se shrani v program med merjenjem prvega pol girusa (Face I.). To je faza učenja. Pri zaključitvi prvega girusa in pri naslednjih girusih bodo tarče ponujene v takšnem vrstnem redu, kot so bile definirane v fazi učenja. Ker smo uporabljali instrument TCRA1103, ki je motoriziran, je ta avtomatsko opravil vse meritve po izmerjenem prvem polgirusu (Leica TPS1100, 2001).



Slika 12: Prikaz menija nastavitve začetka merjenja (Leica TPS1100, 2001)

7.2 Izmera prvega girusa

To je stopnja učenja v programu Sets of Angles. V tej fazi je potrebno izmeriti vse zelene točke, kajti ko je faza učenja zaključena, ni več mogoče dodajati novih točk.



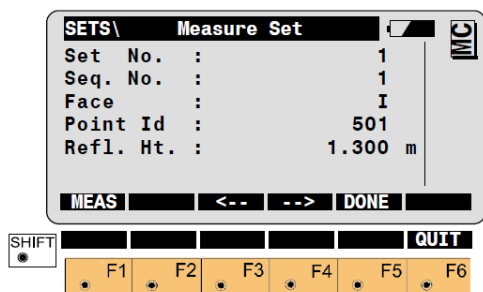
Slika 13: Prikaz menija pri nastavitvi prvega girusa (Leica TPS1100, 2001)

- Set No. ... število girusov, ki jih želimo izmeriti (prvi je že vedno v fazi učenja).
 Seq. No. ... pokaže, koliko točk smo si izbrali pri meritvah
 Face ... kaže, v kateri krožni legi se nahaja instrument
 Point Id ... prikazuje identifikacijsko številko merjene točke

Ko izmerimo vse točke v prvem polgirusu, pritisnemo DONE (F5). Nato se prikaže opozorilo, da zapuščaš fazo učenja, če ga nato potrdimo (YES), se bo program vrnil v začetni meni z osredotočenjem na merjenje nadaljnjih girusov (Leica TPS1100, 2001).

7.3 Izmera girusa

Ko zaključimo fazo učenja, izberemo Measure Further Set. Nato nemudoma nadaljujemo meritve v zaporedju, ki smo ga izbrali, ko smo zaključili prvi girus (Leica TPS1100, 2001).



Slika 14: Prikaz menija merjenja nadaljnjih girusov (Leica TPS1100, 2001)

- Set no. ... prikazuje število girusa, ki se trenutno meri
 Seq. no. ... prikazuje zaporedno število točke, ki se trenutno meri
 Face ... prikazuje krožno lego instrumenta

Point Id ... prikazuje oznako točke, ki se trenutno meri

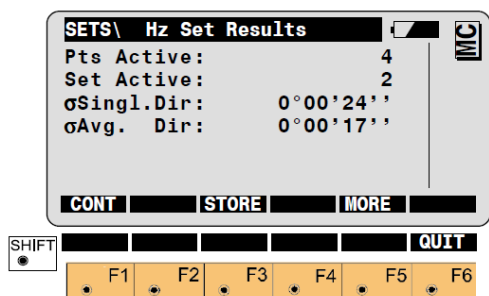
Refl. Ht. ... prikazuje višino reflektorja točke, ki se meri

7.4 Izmera nadaljnjih girusov

Ko zaključimo prvi girus, ponovno izberemo Measure Further Set. Nato smo v meniju nastavili merjenje še dodatnih 9 girusov. Ker je instrument motoriziran, je po potrditvi dodatnih girusov vse nadaljnje meritve opravil sam. Pri nastavitvah je potrebno le paziti, da je parameter Auto. Meas vklopljen (Leica TPS1100, 2001).

7.5 Izračun

Po končanih meritvah opravimo še izračun standardnih deviacij za horizontalne smeri, zenitne razdalje ter dolžine. Oblika prikaza na zaslonu je enaka za horizontalne kote, vertikalne kote in dolžine. Izračun nam pokaže standardno deviacijo za posamezno meritev v obeh krožnih legah kot tudi standardno deviacijo za povprečje vseh meritev (Leica TPS1100, 2001).



Slika 15: Prikaz menija izračuna standardnih deviacij (Leica TPS1100, 2001)

σ Singl.Dir ... standardna deviacija merjene horizontalne smeri, merjene enkrat v obeh krožnih legah

σ Avg.Dir ... standardna deviacija aritmetične sredine horizontalne smeri vseh meritev

Pts.Active ... število točk, uporabljenih v izračunu

Sets Active ... število girusov, uporabljenih v izračunu

F3 ... rezultate shranimo v meritveno datoteko

8 POSTOPEK IZRAČUNA NATANČNOSTI HORIZONTALNIH SMERI

Izračun natančnosti horizontalnih smeri temelji na enačbah standarda ISO 17123-3. Podatki o merjenih horizontalnih smereh so se nahajali v datotekah GSI. Izračune smo izvedli s pomočjo programa Microsoft Excel.

Izračun aritmetične sredine opazovane horizontalne smeri v obeh krožnih legah:

$$x_{j,k} = \frac{x_{j,k,I} + x_{j,k,II} \mp 180^\circ}{2}; \quad j = 1,2, \dots, 10 \text{ in } k = 1,2, \dots, 5$$

Reduciramo opazovane horizontalne smeri na prvo opazovano smer:

$$x'_{j,k} = x_{j,k} - x_{j,1}; \quad j = 1,2, \dots, 10 \text{ in } k = 1,2, \dots, 5$$

Aritmetična sredina po vseh 10 opazovanih girusih:

$$\bar{x}_k = \frac{x'_{1,k} + x'_{2,k} + x'_{3,k} + x'_{4,k} + x'_{5,k} + x'_{6,k} + x'_{7,k} + x'_{8,k} + x'_{9,k} + x'_{10,k}}{10}; \quad k = 1,2, \dots, 5$$

Razlika med aritmetično sredino po vseh girusih in opazovanimi horizontalnimi smermi:

$$d_{j,k} = \bar{x}_k - x'_{j,k}; \quad j = 1,2, \dots, 10 \text{ in } k = 1,2, \dots, 5$$

Izračun razlike aritmetičnih sredin za vsak girus:

$$\bar{d}_j = \frac{d_{j,1} + d_{j,2} + d_{j,3} + d_{j,4} + d_{j,5}}{5}; \quad j = 1,2, \dots, 10$$

Izračun odstopanja za vsak girus posamezno:

$$r_{j,k} = d_{j,k} - \bar{d}_j; \quad j = 1,2, \dots, 10 \text{ in } k = 1,2, \dots, 5$$

Izračunana odstopanja morajo zadoščati pogoju za vsak posamezen girus:

$$\sum_{k=1}^5 r_{j,k} = 0; \quad j = 1,2, \dots, 10$$

Izračun kvadratov odstopanja za i-to serijo:

$$\sum r_i^2 = \sum_{j=1}^{10} \sum_{k=1}^5 r_{j,k}^2$$

Za n -girusov in t -opazovanih točk znaša število prostorskih stopenj:

$$v_i = (n - 1) * (t - 1)$$

Empirično standardni odklon opazovane Hz smeri $x_{j,k}$, ki je bila opazovana v enem girusu in v obeh krožnih legah za i -to serijo, izračunamo po enačbi:

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{v_i}}$$

9 REZULTATI MERITEV

Po končanih vseh meritvah na 5 m, 20 m, 200 m, 400 m in 600 m smo izvedli izračune meritev po standardu ISO 17123-3. Rezultati predstavljajo standardno odstopanje opazovanih horizontalnih smeri po številu izmerjenih girusov.

Paziti smo morali predvsem na dobro stabilizacijo stativa, na katerem je postavljen tahimeter tako pri ročnem kot avtomatskem viziranju. Razlog je v velikemu številu vrtenja tahimetra okoli svoje osi ter vrtenje in obračanje okularja.

Preglednica 4: Prikaz rezultatov meritev ročnega viziranja po girusih na vseh oddaljenostih

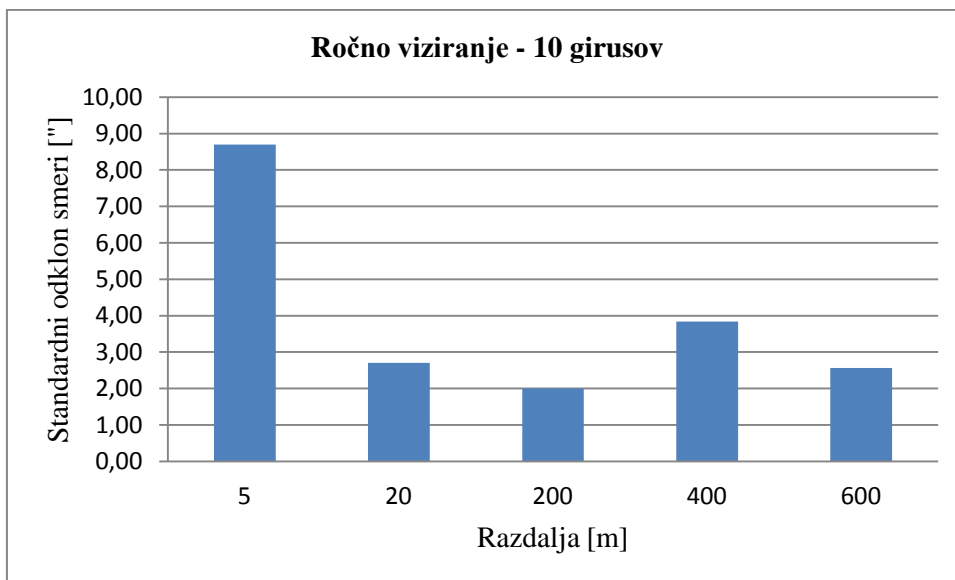
| ROČNO VIZIRANJE | | | | | |
|-----------------|----------|-------|-------|-------|-------|
| | Razdalja | | | | |
| Girus | 5 m | 20 m | 200 m | 400 m | 600 m |
| 2 | 10,72" | 4,54" | 4,41" | 5,05" | 3,32" |
| 3 | 8,97" | 4,00" | 3,23" | 4,83" | 3,14" |
| 4 | 7,63" | 3,39" | 2,84" | 4,23" | 2,85" |
| 5 | 8,59" | 2,99" | 2,51" | 3,72" | 2,72" |
| 6 | 9,26" | 2,85" | 2,36" | 3,55" | 2,56" |
| 7 | 9,44" | 2,80" | 2,19" | 3,43" | 2,75" |
| 8 | 9,46" | 2,83" | 2,08" | 3,28" | 2,64" |
| 9 | 9,12" | 2,72" | 2,07" | 3,45" | 2,57" |
| 10 | 8,70" | 2,70" | 2,00" | 3,84" | 2,57" |

Preglednica 5: Prikaz rezultatov meritev avtomatskega viziranja po girusih na vseh oddaljenostih

| VIZIRANJE ATR | | | | | |
|---------------|----------|-------|-------|-------|-------|
| | Razdalja | | | | |
| Girus | 5 m | 20 m | 200 m | 400 m | 600 m |
| 2 | 4,16" | 4,71" | 1,70" | 2,71" | 3,29" |
| 3 | 3,48" | 3,44" | 1,48" | 2,06" | 2,48" |
| 4 | 3,24" | 2,99" | 1,59" | 1,73" | 2,24" |
| 5 | 3,17" | 2,64" | 1,48" | 1,93" | 2,26" |
| 6 | 3,19" | 2,47" | 1,39" | 2,12" | 2,24" |
| 7 | 3,17" | 2,29" | 1,42" | 2,17" | 2,10" |
| 8 | 3,24" | 2,17" | 1,36" | 2,17" | 2,21" |
| 9 | 3,24" | 2,15" | 1,31" | 2,21" | 2,12" |
| 10 | 3,31" | 2,08" | 1,28" | 2,32" | 2,04" |

9.1 Rezultati ročnega viziranja

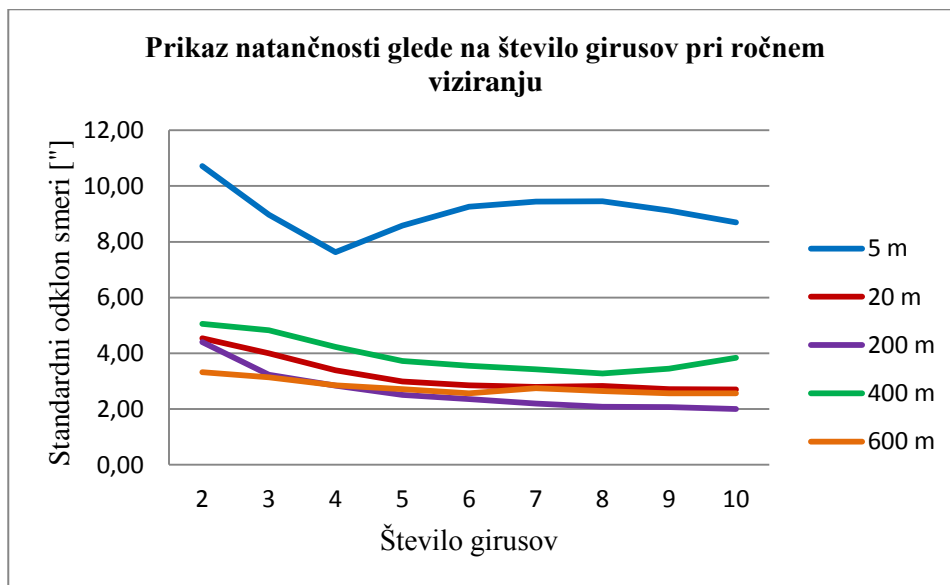
Pridobljeni podatki ročnega viziranja kažejo predvsem nato, da so rezultati meritev na krajše razdalje veliko slabši od rezultatov daljših razdalj. Merilo je standardni odklon horizontalne smeri. Največji standardni odklon smeri sem tako dobil prav pri najkrajši razdalji 5 m. Problem viziranja prizme na kratke razdalje je v tem, da pri pogledu skozi okular vidimo zelo veliko prizmo, ki ji je težko določiti sredino. Pri daljših razdaljah je ravno obratno, saj vidimo prizmo zelo majhno.



Grafikon 1: Standardni odklon smeri pri ročnem viziranju

9.1.1 Rezultati natančnosti glede na število girusov

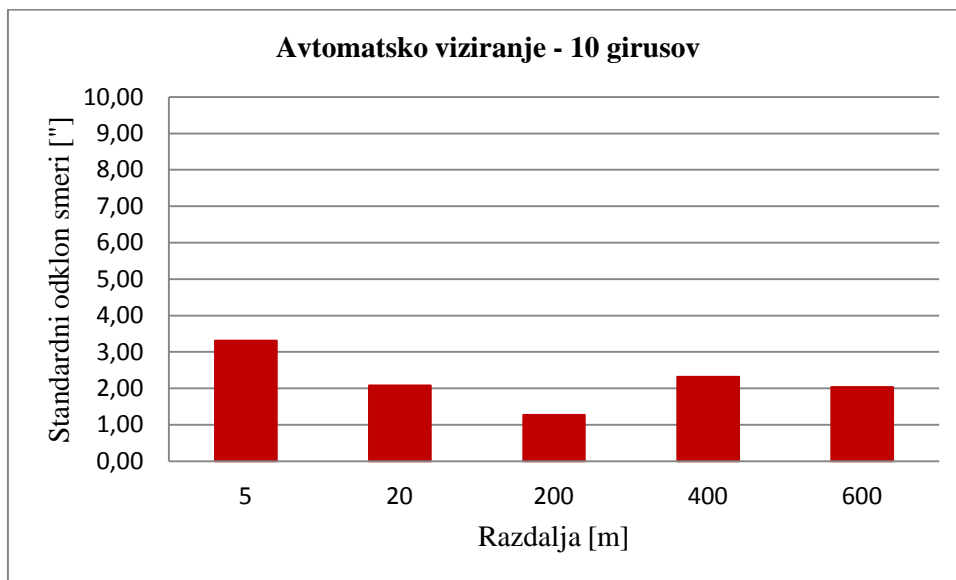
Graf prikazuje standardni odklon smeri po številu girusov pri ročnem viziranju. Iz grafa je lepo razvidno, da standardni odklon pada z večanjem števila girusov z izjemo razdalje 5 m.



Grafikon 2: Standardni odklon smeri pri vseh dolžinah pri ročnem viziranju

9.2 Rezultati avtomatskega viziranja

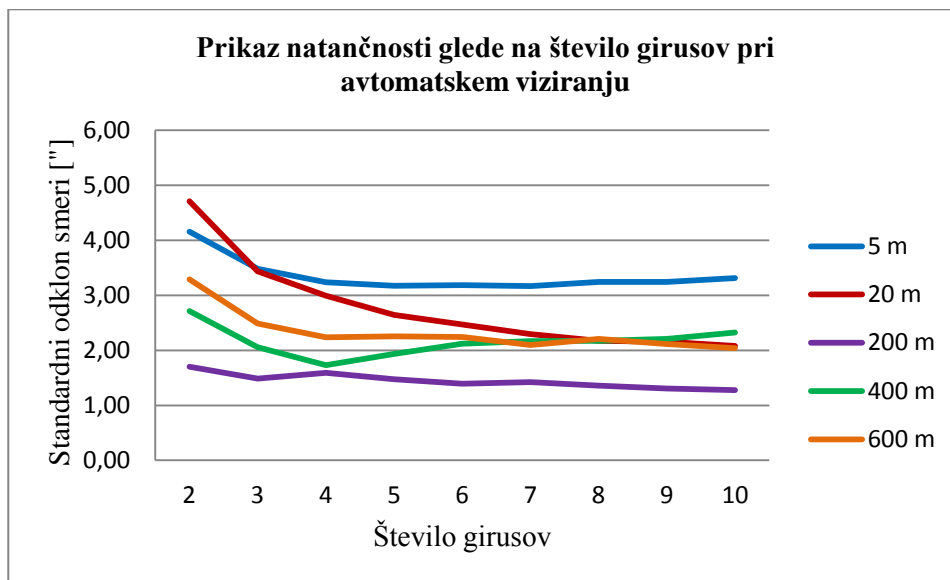
Rezultati avtomatskega viziranja so zelo podobni rezultatom ročnega. Natančnost standardnega odklona smeri je prav tako najvišja pri najkrajši razdalji, vendar pa od ostalih meritev ne odstopa tako ekstremno.



Grafikon 3: Standardni odklon smeri pri avtomatskem viziranju

9.2.1 Rezultati natančnosti glede na število girusov

Graf prikazuje standardni odklon smeri po številu girusov pri avtomatskem viziranju. Iz grafa je lepo razvidno, da standardni odklon pada z večanjem števila girusov z izjemo razdalje 400 m.



Grafikon 4: Standardni odklon smeri pri vseh dolžinah pri avtomatskem viziranju

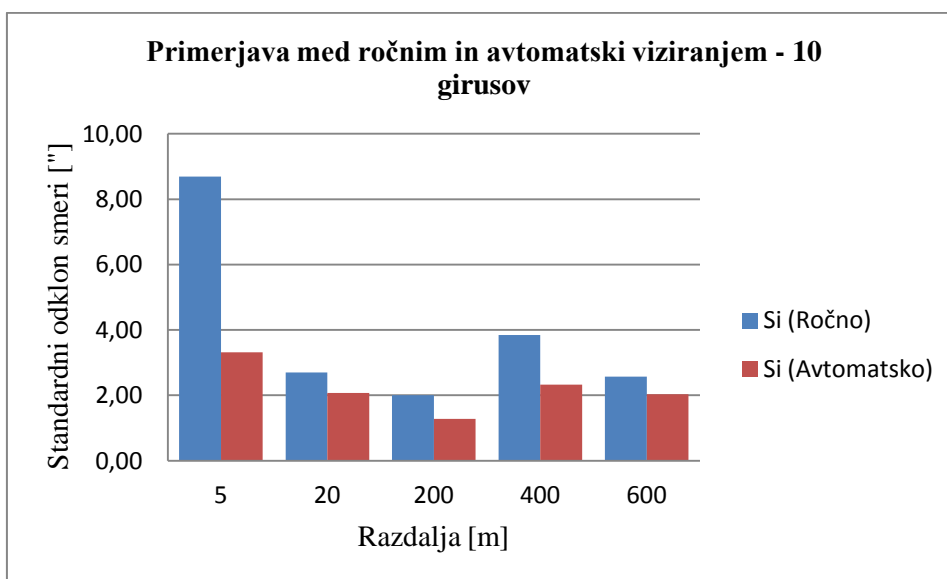
10 PRIMERJAVA ROČNEGA IN AVTOMATSKEGA VIZIRANJA

Iz pridobljenih rezultatov lahko vidimo, da je natančnost avtomatskega viziranja boljša od natančnosti ročnega viziranja. Največjo razliko predstavlja prav meritev pri najkrajši razdalji petih metrov, kjer je standardni odklon pri ročnem viziranju kar 2,62 krat večji. Razlog za slabo natančnost pri ročnem viziranju tako kratke razdalje, kot je 5 m, lahko pripišemo predvsem oteženemu določanju sredine merjenega reflektorja, saj pri pogledu skozi okular vidimo zelo veliko prizmo, ki ji težko določimo sredino. Pri ostalih meritvah pa je standardni odklon ročnega viziranja večji nekje med 1,26 in 1,65 krat.

Pri izberi ročnega ali avtomatskega načina viziranja upoštevamo želeno natančnost. Če želimo večjo natančnost, izberemo avtomatsko viziranje, drugače izberemo ročnega. Poleg natančnosti meritev moramo tudi upoštevati, da so pri avtomatskem načinu viziranja meritve opravljene hitreje.

Preglednica 6: Razmerje med standardnim odklonom smeri ročnega in avtomatskega viziranja

| Razdalja | S_i (ročno) ["] | S_i (avtomatsko) ["] | Razmerje |
|----------|-------------------|------------------------|----------|
| 5 m | 8,70 | 3,31 | 2,62 |
| 20 m | 2,70 | 2,08 | 1,30 |
| 200 m | 2,00 | 1,28 | 1,57 |
| 400 m | 3,84 | 2,32 | 1,65 |
| 600 m | 2,57 | 2,04 | 1,26 |



Grafikon 5: Standardni odklon smeri pri ročnem in avtomatskem viziranju

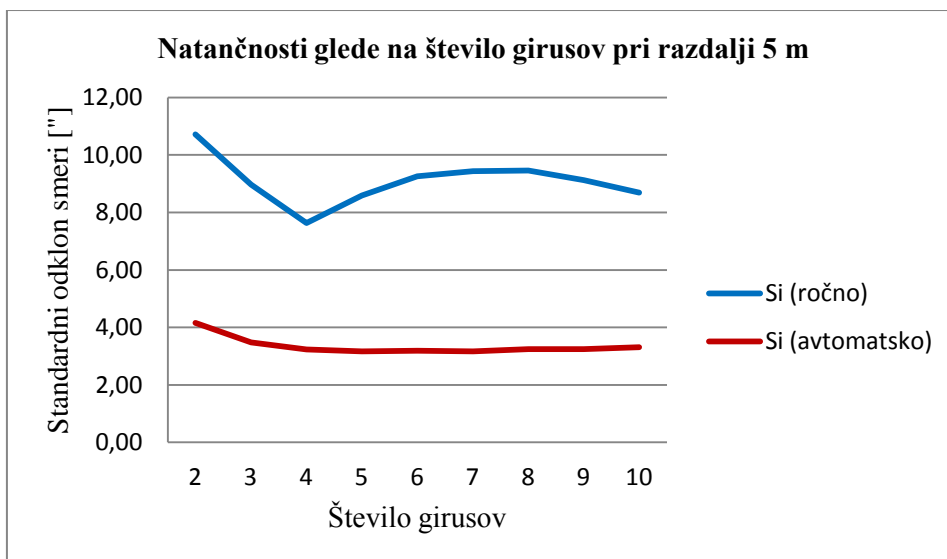
Pri izračunih natančnosti smo tako izračunali natančnost po posameznih girusih in to za vseh deset girusov. V nadaljevanju tako prikazujemo natančnost po girusih, kjer lahko tudi vidimo, kateri girusi so najslabši in tako kvarno vplivajo na končno natančnost. Prav tako je v spodnjih tabelah označena največja natančnost pri ročnem in avtomatskem viziranju; tako lahko vidimo, v katerem girusu smo dosegli največjo natančnost za posamezen način viziranja.

10.1 Primerjava natančnosti glede na število girusov pri razdalji 5 m

Pri primerjavi vidimo, da je ročno viziranje veliko slabše kot avtomatsko. Tako tudi vidimo, da je standardni odklon pri ročnem viziranju povprečno 2,72 krat večji.

Preglednica 7: Razmerje med standardnim odklonom smeri ročnega in avtomatskega viziranja pri razdalji 5 m

| Razdalja 5 m | | | |
|--------------|------------------|-----------------------|----------|
| Girus | S_i (ročno) | S_i (avtomatsko) | Razmerje |
| 2 | 10,72 | 4,16 | 2,58 |
| 3 | 8,97 | 3,48 | 2,58 |
| 4 | 7,63 | 3,24 | 2,36 |
| 5 | 8,59 | 3,17 | 2,71 |
| 6 | 9,26 | 3,19 | 2,91 |
| 7 | 9,44 | 3,17 | 2,98 |
| 8 | 9,46 | 3,24 | 2,92 |
| 9 | 9,12 | 3,24 | 2,82 |
| 10 | 8,70 | 3,31 | 2,62 |
| Povprečje | 9,10 | 3,36 | 2,72 |



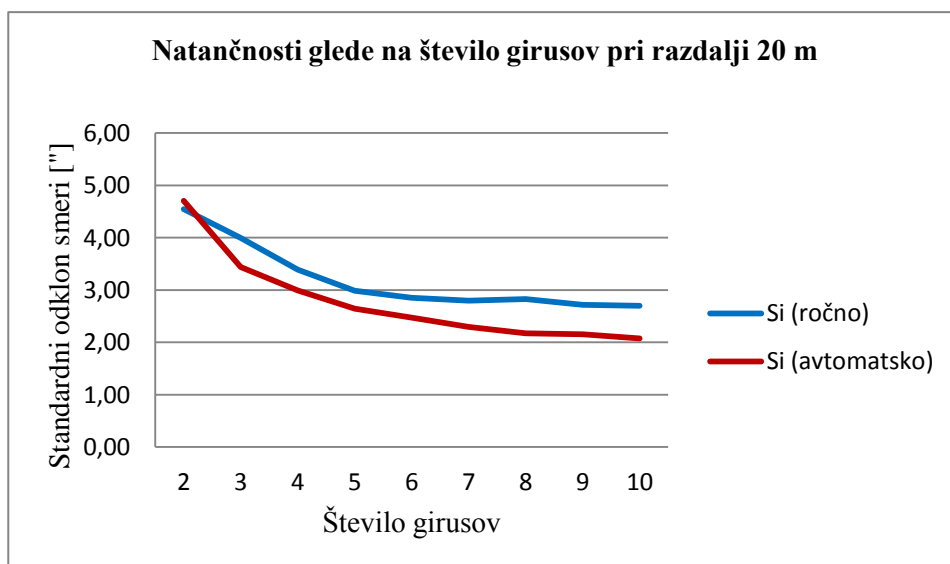
Grafikon 6: Primerjava natančnosti glede na število girusov pri razdalji 5 m

10.2 Primerjava natančnosti glede na število girusov pri razdalji 20 m

Pri tej dolžini vidimo, da je natančnost ročnega viziranja boljša le pri drugem girusu, nato boljšo natančnost dobimo z avtomatskim viziranjem. Pri ročnem viziranju je tako standardni odklon v povprečju 1,18 krat večji. Lepo pa je tudi vidno, da natančnost tako pri ročnem kot tudi avtomatskem viziranju z vsakim girusom narašča.

Preglednica 8: Razmerje med standardnim odklonom smeri ročnega in avtomatskega viziranja pri razdalji 20 m

| Razdalja 20 m | | | |
|---------------|------------------|-----------------------|----------|
| Girus | S_i (ročno) | S_i (avtomatsko) | Razmerje |
| 2 | 4,54 | 4,71 | 0,97 |
| 3 | 4,00 | 3,44 | 1,16 |
| 4 | 3,39 | 2,99 | 1,13 |
| 5 | 2,99 | 2,64 | 1,13 |
| 6 | 2,85 | 2,47 | 1,15 |
| 7 | 2,80 | 2,29 | 1,22 |
| 8 | 2,83 | 2,17 | 1,30 |
| 9 | 2,72 | 2,15 | 1,26 |
| 10 | 2,70 | 2,08 | 1,30 |
| Povprečje | 3,20 | 2,77 | 1,18 |



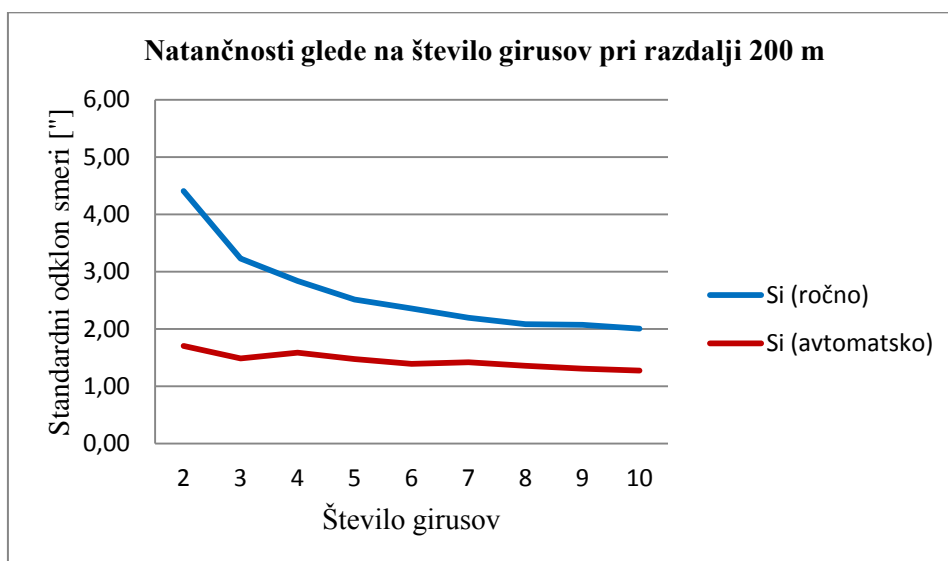
Grafikon 7: Primerjava natančnosti glede na število girusov pri razdalji 20 m

10.3 Primerjava natančnosti glede na število girusov pri razdalji 200 m

Največja razlika v natančnosti je prav pri prvih girusih. Tako vidimo, da je natančnost avtomatskega viziranja boljša od ročnega. Pri ročnem viziranju je najslabša natančnost prav pri drugem girusu, vendar lepo vidimo, da natančnost z vsakim nadaljnjim girusom narašča. Standardni odklon pri ročnem viziranju je tako povprečno 1,80 krat večji. Lepo se tudi vidi, da je natančnost pri avtomatskem viziranju pri tej razdalji dokaj konstantna, saj razlika med dvema girusoma in desetimi girusi znaša le 0,42".

Preglednica 9: Razmerje med standardnim odklonom smeri ročnega in avtomatskega viziranja pri razdalji 200 m

| Razdalja 200 m | | | |
|----------------|------------------|-----------------------|----------|
| Girus | S_i (ročno) | S_i (avtomatsko) | Razmerje |
| 2 | 4,41 | 1,70 | 2,59 |
| 3 | 3,23 | 1,48 | 2,18 |
| 4 | 2,84 | 1,59 | 1,78 |
| 5 | 2,51 | 1,48 | 1,70 |
| 6 | 2,36 | 1,39 | 1,69 |
| 7 | 2,19 | 1,42 | 1,54 |
| 8 | 2,08 | 1,36 | 1,54 |
| 9 | 2,07 | 1,31 | 1,58 |
| 10 | 2,00 | 1,28 | 1,57 |
| Povprečje | 2,63 | 1,44 | 1,80 |



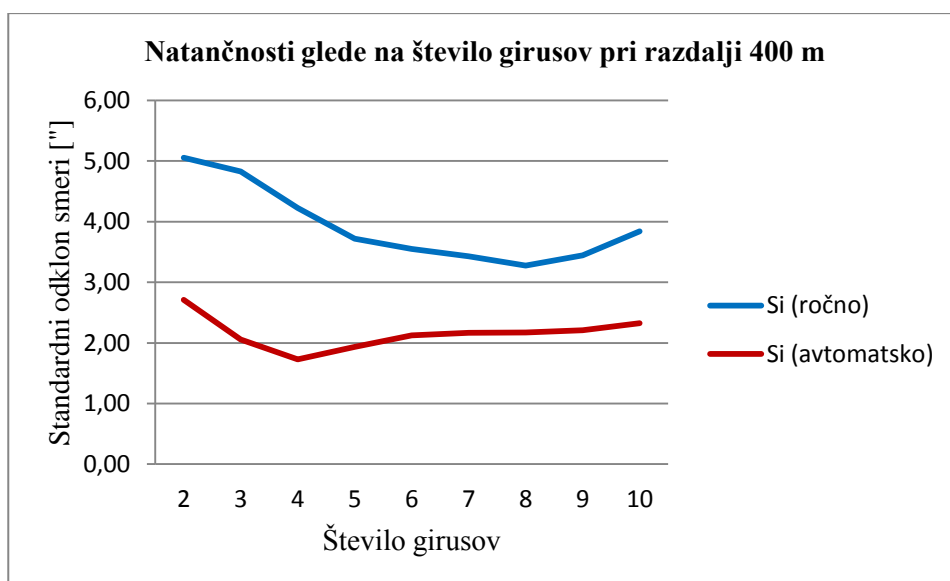
Grafikon 8: Primerjava natančnosti glede na število girusov pri razdalji 200 m

10.4 Primerjava natančnosti glede na število girusov pri razdalji 400 m

Ročni način viziranja kaže najslabšo natančnost pri drugemu girusu, vendar se po petih girusih izboljša. Prav tako je zanimivo, da tako ročni in avtomatski način viziranja ne dosežeta najboljše natančnosti v desetemu girusu, ampak prej. Standardni odklon je pri ročnem viziranju tako povprečno 1,84 krat večji od avtomatskega viziranja.

Preglednica 10: Razmerje med standardnim odklonom smeri ročnega in avtomatskega viziranja pri razdalji 400 m

| Razdalja 400 m | | | |
|----------------|------------------|-----------------------|----------|
| Girus | S_i (ročno) | S_i (avtomatsko) | Razmerje |
| 2 | 5,05 | 2,71 | 1,86 |
| 3 | 4,83 | 2,06 | 2,35 |
| 4 | 4,23 | 1,73 | 2,44 |
| 5 | 3,72 | 1,93 | 1,92 |
| 6 | 3,55 | 2,12 | 1,67 |
| 7 | 3,43 | 2,17 | 1,58 |
| 8 | 3,28 | 2,17 | 1,51 |
| 9 | 3,45 | 2,21 | 1,56 |
| 10 | 3,84 | 2,32 | 1,65 |
| Povprečje | 3,93 | 2,16 | 1,84 |



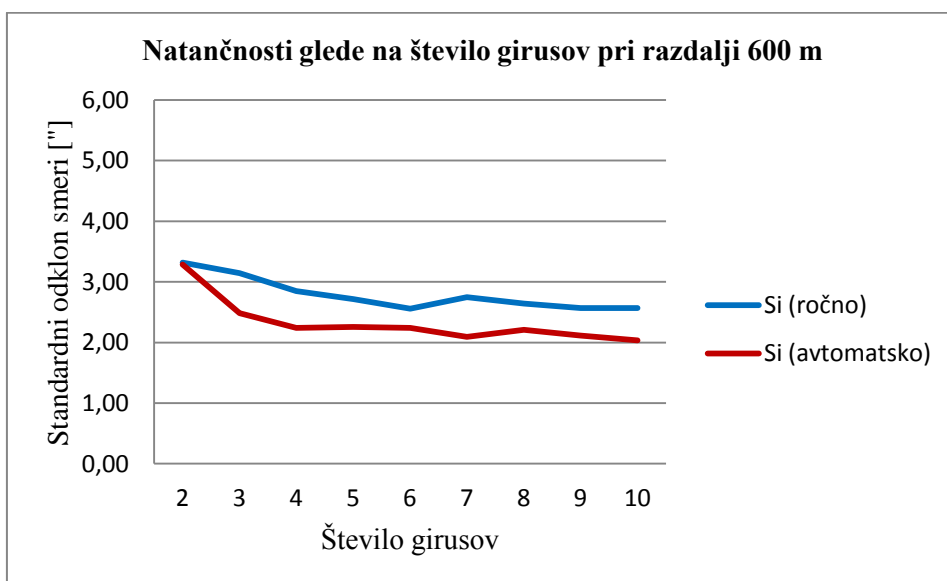
Grafikon 9: Primerjava natančnosti glede na število girusov pri razdalji 400 m

10.5 Primerjava natančnosti glede na število girusov pri razdalji 600 m

Na dolžini 600 m vidimo, da je natančnost na začetku meritev pri dveh girusih skoraj enaka. Natančnost se nato pri avtomatskem viziranju z večanjem števila girusov nekoliko bolj izboljša kot pri ročnem viziranju. Čeprav je natančnost pri avtomatskem viziranju nekoliko večja, lahko vidimo, da je razlika med načinoma viziranja dokaj konstantna, pri čemer je standardni odklon pri ročnem viziranju povprečno 1,21 krat večji od avtomatskega viziranja.

Preglednica 11: Razmerje med standardnim odklonom smeri ročnega in avtomatskega viziranja pri razdalji 600 m

| Razdalja 600 m | | | |
|----------------|------------------|-----------------------|----------|
| Girus | S_i (ročno) | S_i (avtomatsko) | Razmerje |
| 2 | 3,32 | 3,29 | 1,01 |
| 3 | 3,14 | 2,48 | 1,27 |
| 4 | 2,85 | 2,24 | 1,27 |
| 5 | 2,72 | 2,26 | 1,20 |
| 6 | 2,56 | 2,24 | 1,14 |
| 7 | 2,75 | 2,10 | 1,31 |
| 8 | 2,64 | 2,21 | 1,20 |
| 9 | 2,57 | 2,12 | 1,21 |
| 10 | 2,57 | 2,04 | 1,26 |
| Povprečje | 2,79 | 2,33 | 1,21 |



Grafikon 10: Primerjava natančnosti glede na število girusov pri razdalji 600 m

11 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi smo ugotavljali natančnost meritev pri ročnem in avtomatskem viziranju s sistemom ATR pri merjenju horizontalnih smeri in ju primerjal. Testirali smo instrument Leica Geosystems TCRA1103 plus. Meritve smo izvedli po girusni metodi na razdaljah 5 m, 20 m, 200 m, 400 m in 600 m. Pri vsaki razdalji smo izmerili deset girusov ročno in nato še deset girusov z avtomatskim viziranjem.

Posebno pozornost pri ročnem in tudi avtomatskem viziranju smo morali posvetiti stabilnosti postavitve instrumenta in ciljnih točk. To velja predvsem zato, ker smo izvajali veliko število meritev, ki so zahtevale precej časa. Pozornosti je bila še posebej deležna stabilnost instrumenta pri ročnem viziranju, saj pri tem hitreje pride do slučajnih premikov in grobih napak v meritvah.

Rezultati meritev so pokazali, da je avtomatsko viziranje natančnejše kot ročno. Takšne rezultate smo pred začetkom meritev in izračunov tudi pričakovali, saj je princip delovanja avtomatskega viziranja takšen, da izbere smer, iz katere je odbiti signal najmočnejši. Tako lahko navizira skoraj isto točko in s tem zmanjša odstopanje med girusi. Rezultati tudi kažejo, da so razlike med avtomatskim in ročnim viziranjem največje pri kratkih razdaljah in se z oddaljenostjo zmanjšujejo.

VIRI

Mataija Valh, M., Marjetič, A., Ježovnik, V., Kogoj, D. 2008. Avtomatski elektronski tahimetri ali kam vodi razvoj TPS sistemov. Geodetski vestnik 52, 3: 488-500.

Tuno, N., Mulahusić, A., Marjetič, A., Kogoj, D. 2010. Pregled razvoja elektronskih tahimetrov Leica Geosystems. Geodetski vestnik 54, 4: 643-660.

ISO 17123-3:2001(E) Optical instruments – Field procedures for testing geodetic and surveying instruments.

Ambrožič T 2006/2007. Zapiski iz predavanj Geodezija I. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo: loč. pag.

Leica TPS1100. 2001. Application Programs.

http://www.dgps.sk/OLD/t4_TPS1100_apl_en.pdf (Pridobljeno 19. 01. 2014.)

Leica TPS1100. 2001. TPS1100 Professional Series. Application Programs Reference Manual Version 2.2.

http://www.gefos-leica.cz/ftp/Totalni_stanice/Navody/TPS1100/ENGLISH/TPS1100_Application_ReferenceManual_en.pdf (Pridobljeno 25. 10. 2013.)

Leica TPS1100. 2002. Professional Series.

<http://www.statiitotale.ro/download/MANUALE/LEICA/Prospect%20TPS%201100%20%281102-1105%29.pdf> (Pridobljeno 20. 10. 2013.)

TPS1100 Professional Series. 1999. A New Generation of Total Stations from Leica Geosystems.

http://www.leica-geosystems.com/downloads123/de/tps/general/manuals/TPS1100_New_Generation_en.PDF (Pridobljeno 25. 10. 2013.)

Leica PowerTracker. 2009.

http://www.tse-ak.com/attachments/tse/leica/redline/Leica_PowerTracker_TechnicalData_EN.pdf (Pridobljeno 25. 10. 2013.)

Leica. 2003. User Manual.

http://geomatics360.com/wp-content/themes/lifestyle/pdfs/TPS%20Products/TPS1100/System_UserManual_en.pdf (Pridobljeno 21. 10. 2013.)

Leica. 2013. TDA5005 Industrial Laser Station.

<http://www.tse-ak.com/?cid=629> (Pridobljeno 25. 10. 2013.)

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: Podatki ročnega viziranja

PRILOGA B: Podatki avtomatskega viziranja

PRILOGA A

Podatki ročnega viziranja

5 m

| | I. girus | | | II. girus | | | III. girus | | | IV. girus | | | V. girus | | | VI. girus | | | VII. girus | | | VIII. girus | | | IX. girus | | | X. girus | | |
|----|----------|----|----|-----------|----|----|------------|----|----|-----------|----|----|----------|----|----|-----------|----|----|------------|----|----|-------------|----|----|-----------|----|----|----------|----|----|
| | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' |
| T1 | 358 | 51 | 16 | 358 | 51 | 23 | 358 | 51 | 1 | 358 | 50 | 59 | 358 | 51 | 19 | 358 | 51 | 22 | 358 | 51 | 12 | 358 | 51 | 3 | 358 | 50 | 54 | 358 | 51 | 0 |
| T2 | 69 | 46 | 43 | 69 | 46 | 47 | 69 | 46 | 45 | 69 | 46 | 34 | 69 | 46 | 19 | 69 | 46 | 19 | 69 | 46 | 35 | 69 | 46 | 37 | 69 | 46 | 32 | 69 | 46 | 33 |
| T3 | 111 | 54 | 21 | 111 | 54 | 13 | 111 | 54 | 16 | 111 | 54 | 10 | 111 | 54 | 15 | 111 | 54 | 7 | 111 | 54 | 2 | 111 | 54 | 17 | 111 | 54 | 13 | 111 | 54 | 7 |
| T4 | 197 | 15 | 37 | 197 | 16 | 7 | 197 | 15 | 46 | 197 | 15 | 42 | 197 | 15 | 59 | 197 | 15 | 39 | 197 | 15 | 47 | 197 | 15 | 41 | 197 | 15 | 37 | 197 | 15 | 47 |
| T5 | 254 | 34 | 28 | 254 | 34 | 43 | 254 | 34 | 30 | 254 | 34 | 26 | 254 | 34 | 30 | 254 | 34 | 13 | 254 | 34 | 46 | 254 | 34 | 8 | 254 | 34 | 24 | 254 | 34 | 26 |

20 m

| | I. girus | | | II. girus | | | III. girus | | | IV. girus | | | V. girus | | | VI. girus | | | VII. girus | | | VIII. girus | | | IX. girus | | | X. girus | | |
|----|----------|----|----|-----------|----|----|------------|----|----|-----------|----|----|----------|----|----|-----------|----|----|------------|----|----|-------------|----|----|-----------|----|----|----------|----|----|
| | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' |
| T1 | 328 | 0 | 20 | 328 | 0 | 19 | 328 | 0 | 12 | 328 | 0 | 15 | 328 | 0 | 17 | 328 | 0 | 15 | 328 | 0 | 20 | 328 | 0 | 20 | 328 | 0 | 16 | 328 | 0 | 15 |
| T2 | 5 | 47 | 11 | 5 | 47 | 2 | 5 | 47 | 6 | 5 | 47 | 4 | 5 | 47 | 3 | 5 | 47 | 6 | 5 | 46 | 59 | 5 | 47 | 0 | 5 | 47 | 0 | 5 | 47 | 1 |
| T3 | 95 | 41 | 0 | 95 | 41 | 4 | 95 | 41 | 5 | 95 | 41 | 3 | 95 | 41 | 1 | 95 | 41 | 3 | 95 | 41 | 6 | 95 | 41 | 3 | 95 | 41 | 1 | 95 | 41 | 3 |
| T4 | 151 | 41 | 26 | 151 | 41 | 24 | 151 | 41 | 24 | 151 | 41 | 26 | 151 | 41 | 25 | 151 | 41 | 25 | 151 | 41 | 25 | 151 | 41 | 22 | 151 | 41 | 24 | 151 | 41 | 28 |
| T5 | 238 | 29 | 11 | 238 | 29 | 17 | 238 | 29 | 11 | 238 | 29 | 14 | 238 | 29 | 14 | 238 | 29 | 12 | 238 | 29 | 16 | 238 | 29 | 17 | 238 | 29 | 10 | 238 | 29 | 18 |

200 m

| | I. girus | | | II. girus | | | III. girus | | | IV. girus | | | V. girus | | | VI. girus | | | VII. girus | | | VIII. girus | | | IX. girus | | | X. girus | | | | | |
|----|----------|----|----|-----------|----|----|------------|----|----|-----------|----|----|----------|----|----|-----------|----|----|------------|----|----|-------------|----|----|-----------|----|----|----------|----|----|-----|----|----|
| | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' |
| T1 | 328 | 0 | 16 | 328 | 0 | 16 | 328 | 0 | 17 | 328 | 0 | 17 | 328 | 0 | 18 | 328 | 0 | 17 | 328 | 0 | 18 | 328 | 0 | 19 | 328 | 0 | 18 | 328 | 0 | 18 | 328 | 0 | 18 |
| T2 | 5 | 46 | 59 | 5 | 47 | 1 | 5 | 46 | 59 | 5 | 46 | 58 | 5 | 47 | 1 | 5 | 47 | 3 | 5 | 47 | 0 | 5 | 47 | 4 | 5 | 47 | 3 | 5 | 47 | 5 | 5 | 47 | 5 |
| T3 | 95 | 41 | 3 | 95 | 41 | 2 | 95 | 41 | 5 | 95 | 41 | 1 | 95 | 41 | 6 | 95 | 41 | 3 | 95 | 41 | 4 | 95 | 41 | 4 | 95 | 41 | 9 | 95 | 41 | 6 | 95 | 41 | 6 |
| T4 | 151 | 41 | 20 | 151 | 41 | 24 | 151 | 41 | 24 | 151 | 41 | 25 | 151 | 41 | 24 | 151 | 41 | 24 | 151 | 41 | 25 | 151 | 41 | 27 | 151 | 41 | 27 | 151 | 41 | 27 | 151 | 41 | 25 |
| T5 | 238 | 29 | 21 | 238 | 29 | 11 | 238 | 29 | 12 | 238 | 29 | 12 | 238 | 29 | 13 | 238 | 29 | 11 | 238 | 29 | 12 | 238 | 29 | 14 | 238 | 29 | 14 | 238 | 29 | 15 | 238 | 29 | 15 |

400 m

| | I. girus | | | II. girus | | | III. girus | | | IV. girus | | | V. girus | | | VI. girus | | | VII. girus | | | VIII. girus | | | IX. girus | | | X. girus | | | | | |
|----|----------|----|----|-----------|----|----|------------|----|----|-----------|----|----|----------|----|----|-----------|----|----|------------|----|----|-------------|----|----|-----------|----|----|----------|----|----|-----|----|----|
| | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' |
| T1 | 242 | 52 | 18 | 242 | 52 | 11 | 242 | 52 | 14 | 242 | 52 | 12 | 242 | 52 | 13 | 242 | 52 | 16 | 242 | 52 | 15 | 242 | 52 | 18 | 242 | 52 | 24 | 242 | 52 | 17 | 242 | 52 | 17 |
| T2 | 281 | 31 | 46 | 281 | 31 | 49 | 281 | 31 | 47 | 281 | 31 | 47 | 281 | 31 | 46 | 281 | 31 | 43 | 281 | 31 | 46 | 281 | 31 | 48 | 281 | 31 | 43 | 281 | 31 | 46 | 281 | 31 | 46 |
| T3 | 320 | 30 | 57 | 320 | 31 | 1 | 320 | 30 | 52 | 320 | 30 | 59 | 320 | 30 | 59 | 320 | 30 | 53 | 320 | 30 | 54 | 320 | 31 | 6 | 320 | 31 | 0 | 320 | 31 | 7 | 320 | 31 | 7 |
| T4 | 75 | 49 | 22 | 75 | 49 | 30 | 75 | 49 | 16 | 75 | 49 | 25 | 75 | 49 | 22 | 75 | 49 | 16 | 75 | 49 | 25 | 75 | 49 | 26 | 75 | 49 | 28 | 75 | 49 | 15 | 75 | 49 | 15 |
| T5 | 117 | 7 | 58 | 117 | 7 | 54 | 117 | 7 | 58 | 117 | 7 | 53 | 117 | 7 | 53 | 117 | 7 | 52 | 117 | 7 | 56 | 117 | 7 | 58 | 117 | 7 | 54 | 117 | 7 | 54 | 117 | 7 | 50 |

600 m

| | I. girus | | | II. girus | | | III. girus | | | IV. girus | | | V. girus | | | VI. girus | | | VII. girus | | | VIII. girus | | | IX. girus | | | X. girus | | | | | |
|----|----------|----|----|-----------|----|----|------------|----|----|-----------|----|----|----------|----|----|-----------|----|----|------------|----|----|-------------|----|----|-----------|----|----|----------|----|----|-----|----|----|
| | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' | ° | ' | '' |
| T1 | 252 | 54 | 8 | 252 | 54 | 8 | 252 | 54 | 14 | 252 | 54 | 17 | 252 | 54 | 19 | 252 | 54 | 10 | 252 | 54 | 15 | 252 | 54 | 12 | 252 | 54 | 14 | 252 | 54 | 15 | 252 | 54 | 15 |
| T2 | 276 | 26 | 25 | 276 | 26 | 26 | 276 | 26 | 33 | 276 | 26 | 29 | 276 | 26 | 30 | 276 | 26 | 28 | 276 | 26 | 33 | 276 | 26 | 33 | 276 | 26 | 31 | 276 | 26 | 36 | 276 | 26 | 36 |
| T3 | 298 | 57 | 15 | 298 | 57 | 18 | 298 | 57 | 14 | 298 | 57 | 18 | 298 | 57 | 21 | 298 | 57 | 18 | 298 | 57 | 21 | 298 | 57 | 17 | 298 | 57 | 17 | 298 | 57 | 16 | 298 | 57 | 16 |
| T4 | 92 | 3 | 36 | 92 | 3 | 32 | 92 | 3 | 41 | 92 | 3 | 41 | 92 | 3 | 40 | 92 | 3 | 37 | 92 | 3 | 39 | 92 | 3 | 34 | 92 | 3 | 38 | 92 | 3 | 40 | 92 | 3 | 40 |
| T5 | 113 | 15 | 37 | 113 | 15 | 38 | 113 | 15 | 47 | 113 | 15 | 45 | 113 | 15 | 48 | 113 | 15 | 45 | 113 | 15 | 39 | 113 | 15 | 42 | 113 | 15 | 48 | 113 | 15 | 45 | 113 | 15 | 45 |

PRILOGA B

Podatki avtomatskega viziranja

5 m

| | I. girus | | | II. girus | | | III. girus | | | IV. girus | | | V. girus | | | VI. girus | | | VII. girus | | | VIII. girus | | | IX. girus | | | X. girus | | | | | |
|----|----------|----|----|-----------|----|----|------------|----|----|-----------|----|----|----------|----|----|-----------|----|----|------------|----|----|-------------|----|----|-----------|----|----|----------|----|----|-----|----|----|
| | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' |
| T1 | 358 | 51 | 6 | 358 | 51 | 6 | 358 | 51 | 3 | 358 | 51 | 5 | 358 | 51 | 3 | 358 | 51 | 4 | 358 | 51 | 4 | 358 | 51 | 5 | 358 | 51 | 5 | 358 | 51 | 5 | 358 | 51 | 5 |
| T2 | 69 | 46 | 30 | 69 | 46 | 32 | 69 | 46 | 30 | 69 | 46 | 32 | 69 | 46 | 33 | 69 | 46 | 31 | 69 | 46 | 32 | 69 | 46 | 32 | 69 | 46 | 34 | 69 | 46 | 34 | 69 | 46 | 32 |
| T3 | 111 | 54 | 2 | 111 | 54 | 5 | 111 | 54 | 3 | 111 | 54 | 5 | 111 | 54 | 4 | 111 | 54 | 5 | 111 | 54 | 5 | 111 | 54 | 7 | 111 | 54 | 7 | 111 | 54 | 7 | 111 | 54 | 8 |
| T4 | 197 | 15 | 35 | 197 | 15 | 40 | 197 | 15 | 38 | 197 | 15 | 40 | 197 | 15 | 39 | 197 | 15 | 40 | 197 | 15 | 39 | 197 | 15 | 40 | 197 | 15 | 41 | 197 | 15 | 41 | 197 | 15 | 41 |
| T5 | 254 | 34 | 23 | 254 | 34 | 24 | 254 | 34 | 23 | 254 | 34 | 27 | 254 | 34 | 23 | 254 | 34 | 23 | 254 | 34 | 25 | 254 | 34 | 27 | 254 | 34 | 27 | 254 | 34 | 28 | 254 | 34 | 28 |

20 m

| | I. girus | | | II. girus | | | III. girus | | | IV. girus | | | V. girus | | | VI. girus | | | VII. girus | | | VIII. girus | | | IX. girus | | | X. girus | | | | | |
|----|----------|----|----|-----------|----|----|------------|----|----|-----------|----|----|----------|----|----|-----------|----|----|------------|----|----|-------------|----|----|-----------|----|----|----------|----|----|-----|----|----|
| | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' |
| T1 | 328 | 0 | 16 | 328 | 0 | 16 | 328 | 0 | 17 | 328 | 0 | 17 | 328 | 0 | 18 | 328 | 0 | 17 | 328 | 0 | 18 | 328 | 0 | 19 | 328 | 0 | 18 | 328 | 0 | 18 | 328 | 0 | 18 |
| T2 | 5 | 46 | 59 | 5 | 47 | 1 | 5 | 46 | 59 | 5 | 46 | 58 | 5 | 47 | 1 | 5 | 47 | 3 | 5 | 47 | 0 | 5 | 47 | 4 | 5 | 47 | 3 | 5 | 47 | 5 | 5 | 47 | 5 |
| T3 | 95 | 41 | 3 | 95 | 41 | 2 | 95 | 41 | 5 | 95 | 41 | 1 | 95 | 41 | 6 | 95 | 41 | 3 | 95 | 41 | 4 | 95 | 41 | 4 | 95 | 41 | 9 | 95 | 41 | 6 | 95 | 41 | 6 |
| T4 | 151 | 41 | 20 | 151 | 41 | 24 | 151 | 41 | 24 | 151 | 41 | 25 | 151 | 41 | 24 | 151 | 41 | 24 | 151 | 41 | 25 | 151 | 41 | 27 | 151 | 41 | 27 | 151 | 41 | 25 | 151 | 41 | 25 |
| T5 | 238 | 29 | 21 | 238 | 29 | 11 | 238 | 29 | 12 | 238 | 29 | 12 | 238 | 29 | 13 | 238 | 29 | 11 | 238 | 29 | 12 | 238 | 29 | 14 | 238 | 29 | 14 | 238 | 29 | 14 | 238 | 29 | 15 |

200 m

| | I. girus | | | II. girus | | | III. girus | | | IV. girus | | | V. girus | | | VI. girus | | | VII. girus | | | VIII. girus | | | IX. girus | | | X. girus | | | | | |
|----|----------|----|----|-----------|----|----|------------|----|----|-----------|----|----|----------|----|----|-----------|----|----|------------|----|----|-------------|----|----|-----------|----|----|----------|----|----|-----|----|----|
| | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' |
| T1 | 330 | 44 | 10 | 330 | 44 | 11 | 330 | 44 | 12 | 330 | 44 | 8 | 330 | 44 | 11 | 330 | 44 | 10 | 330 | 44 | 8 | 330 | 44 | 10 | 330 | 44 | 11 | 330 | 44 | 10 | 330 | 44 | 10 |
| T2 | 51 | 28 | 42 | 51 | 28 | 44 | 51 | 28 | 45 | 51 | 28 | 43 | 51 | 28 | 46 | 51 | 28 | 47 | 51 | 28 | 44 | 51 | 28 | 45 | 51 | 28 | 46 | 51 | 28 | 46 | 51 | 28 | 44 |
| T3 | 87 | 22 | 35 | 87 | 22 | 37 | 87 | 22 | 36 | 87 | 22 | 38 | 87 | 22 | 36 | 87 | 22 | 37 | 87 | 22 | 35 | 87 | 22 | 38 | 87 | 22 | 36 | 87 | 22 | 36 | 87 | 22 | 36 |
| T4 | 152 | 0 | 24 | 152 | 0 | 26 | 152 | 0 | 28 | 152 | 0 | 26 | 152 | 0 | 28 | 152 | 0 | 28 | 152 | 0 | 27 | 152 | 0 | 28 | 152 | 0 | 26 | 152 | 0 | 26 | 152 | 0 | 25 |
| T5 | 260 | 28 | 44 | 260 | 28 | 44 | 260 | 28 | 44 | 260 | 28 | 46 | 260 | 28 | 47 | 260 | 28 | 46 | 260 | 28 | 42 | 260 | 28 | 45 | 260 | 28 | 46 | 260 | 28 | 46 | 260 | 28 | 44 |

400 m

| | I. girus | | | II. girus | | | III. girus | | | IV. girus | | | V. girus | | | VI. girus | | | VII. girus | | | VIII. girus | | | IX. girus | | | X. girus | | | | | |
|----|----------|----|----|-----------|----|----|------------|----|----|-----------|----|----|----------|----|----|-----------|----|----|------------|----|----|-------------|----|----|-----------|----|----|----------|----|----|-----|----|----|
| | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' |
| T1 | 242 | 52 | 4 | 242 | 52 | 0 | 242 | 52 | 1 | 242 | 52 | 4 | 242 | 52 | 0 | 242 | 52 | 4 | 242 | 52 | 10 | 242 | 52 | 8 | 242 | 52 | 10 | 242 | 52 | 8 | 242 | 52 | 8 |
| T2 | 281 | 31 | 36 | 281 | 31 | 35 | 281 | 31 | 34 | 281 | 31 | 35 | 281 | 31 | 35 | 281 | 31 | 36 | 281 | 31 | 38 | 281 | 31 | 44 | 281 | 31 | 45 | 281 | 31 | 46 | 281 | 31 | 46 |
| T3 | 320 | 30 | 47 | 320 | 30 | 45 | 320 | 30 | 49 | 320 | 30 | 50 | 320 | 30 | 47 | 320 | 30 | 48 | 320 | 30 | 51 | 320 | 30 | 57 | 320 | 30 | 58 | 320 | 30 | 58 | 320 | 30 | 58 |
| T4 | 75 | 49 | 12 | 75 | 49 | 15 | 75 | 49 | 15 | 75 | 49 | 17 | 75 | 49 | 12 | 75 | 49 | 14 | 75 | 49 | 21 | 75 | 49 | 26 | 75 | 49 | 30 | 75 | 49 | 24 | 75 | 49 | 24 |
| T5 | 117 | 7 | 45 | 117 | 7 | 45 | 117 | 7 | 44 | 117 | 7 | 46 | 117 | 7 | 39 | 117 | 7 | 40 | 117 | 7 | 48 | 117 | 7 | 57 | 117 | 7 | 58 | 117 | 7 | 58 | 117 | 7 | 58 |

600 m

| | I. girus | | | II. girus | | | III. girus | | | IV. girus | | | V. girus | | | VI. girus | | | VII. girus | | | VIII. girus | | | IX. girus | | | X. girus | | | | | |
|----|----------|----|----|-----------|----|----|------------|----|----|-----------|----|----|----------|----|----|-----------|----|----|------------|----|----|-------------|----|----|-----------|----|----|----------|----|----|-----|----|----|
| | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' | o | ' | '' |
| T1 | 252 | 54 | 1 | 252 | 54 | 4 | 252 | 54 | 1 | 252 | 54 | 3 | 252 | 53 | 57 | 252 | 54 | 4 | 252 | 54 | 1 | 252 | 53 | 58 | 252 | 54 | 2 | 252 | 54 | 3 | 252 | 54 | 3 |
| T2 | 276 | 26 | 14 | 276 | 26 | 20 | 276 | 26 | 15 | 276 | 26 | 16 | 276 | 26 | 16 | 276 | 26 | 17 | 276 | 26 | 15 | 276 | 26 | 15 | 276 | 26 | 16 | 276 | 26 | 16 | 276 | 26 | 16 |
| T3 | 298 | 57 | 4 | 298 | 57 | 6 | 298 | 57 | 6 | 298 | 57 | 3 | 298 | 57 | 5 | 298 | 57 | 5 | 298 | 57 | 4 | 298 | 57 | 8 | 298 | 57 | 7 | 298 | 57 | 7 | 298 | 57 | 7 |
| T4 | 92 | 3 | 30 | 92 | 3 | 29 | 92 | 3 | 32 | 92 | 3 | 30 | 92 | 3 | 28 | 92 | 3 | 30 | 92 | 3 | 31 | 92 | 3 | 33 | 92 | 3 | 35 | 92 | 3 | 34 | 92 | 3 | 34 |
| T5 | 113 | 15 | 34 | 113 | 15 | 35 | 113 | 15 | 38 | 113 | 15 | 35 | 113 | 15 | 31 | 113 | 15 | 34 | 113 | 15 | 38 | 113 | 15 | 39 | 113 | 15 | 39 | 113 | 15 | 39 | 113 | 15 | 36 |