

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

Kandidatka:
Neža Pikš

Preizkus elektronskega tahimetra po ISO standardu

Diplomska naloga št.: 303

Mentor:
doc. dr. Božo Koler

Ljubljana, 27. 11. 2009

ERRATA

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana **NEŽA PIKŠ** izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom:
»PREIZKUS ELEKTRONSKEGA TAHIMETRA PO ISO STANDARDU«.

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske separatoteke FGG.

Ljubljana, 2009

IZJAVE O PREGLEDU NALOGE

Nalogo so si ogledali učitelji geodetske smeri:

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 006(100):528.53(043.2)
Avtor: Neža Pikš
Mentor: doc.dr. Božo Koler, univ.dipl.inž.geod. (mentor)
Naslov: Preizkus elektronskega tahimetra po ISO standardu
Obseg in oprema: 52 str., 14 pregl., 7 sl., 173 en., 8 pril.
Ključne besede: elektronski tahimeter, preizkus, ISO standard, prostorske koordinate, dolžine

Izvodček

Diplomsko delo obravnava preizkus elektronskega tahimetra Leica TCR 803 po ISO 17123 standardih. Po standardu ISO 17123 – 3, preizkusimo natančnost teodolita, pri merjenju horizontalnih in vertikalnih kotov oz. zenitnih razdalj. ISO standard 17123 – 4, opisuje preizkus elektronskih razdaljemerov oz. določitev natančnosti pri merjenju dolžin. In še zadnji ISO 17123 – 5 standard, opisuje preizkus elektronskega tahimetra oz. natančnost določitve prostorskih koordinat točk. ISO standard je novejši standard razdeljen na dva možna preizkusa, to sta poenostavljeni in popolni preizkus, po slednjem sem se tudi ravnala. Ta dva testa se med seboj razlikujeta glede na način izvajanja meritev, načina izračuna in statistični analizi rezultatov preizkusa. Statistični testi se uporabljajo za interpretacijo dobljenih rezultatov. Izvajamo jih zato, da dobimo odgovore na nekatera vprašanja, ki so zastavljena v že prej navedenih standardih. Na podlagi statističnih testov ugotovimo ali instrument ustreza deklarirani natančnosti in lahko z njim opravljamo naloge za katere je instrument izdelan. Ta ugotovitev pa je poleg podrobnega seznanjenja s ISO 17123 standardom tudi cilj te diplomske naloge. Pred začetkom izvajanja meritev sem si predstavljala, da z izvajanjem le-teh ne bom imela velikih težav, kar največ pa jih je nastalo pri iskanju primernih prostorov in pogojev za opravljanje preizkusa. Za izvajanje meritev po standardu ISO 17123-3 je bilo potrebno poiskati večjo horizontalno površino, da ja bil izpolnjen pogoj oddaljenosti reflektorjev od instrumenta, kar pa glede na okolje v katerem prebivam to ni bilo mogoče. Prav tako sem imela težave pri merjenju vertikalnih kotov oz. zenitnih razdalj. Točke, ki sem jih opazovala, so bili robovi stavb, ki pa največkrat niso povsem ravni. To mi je povzročilo tudi dodatno ponavljanje meritev.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 006(100):528.53(043.2)
Author: Neža Pikš
Supervisor: doc.dr. Božo Koler, univ.dipl.inž.geod. (supervisor)
Title: Test of electronic tacheometers by ISO standard
Notes: 52 p., 14 tab., 7 fig., 173 eq., 8 enc.
Key words: electronic tacheometers, test, ISO standard, spatial coordinates, distances

Abstract

Diploma work deals with the test of electronic tacheometers Leica TCR803 by ISO 17123 standards. By ISO 17123 – 3 standard we test the accuracy of theodolite by measuring horizontal and vertical angles or zenithal distances. ISO standard 17123 – 4 describes the testing of electro-optical distance meters and the setting of accuracy at distance measurement. And the last one, ISO 17123 – 5 standard describes the testing of electronic tacheometers and accuracy of spatial coordinates setting. ISO standard is the newer standard, which is divided into two possible tests, the simplified one and the full one and the complete one and I relied on the latter. These two tests differentiate from one another because of the different modes of measurement execution, different modes of the calculations and different statistical analysis of the test results. Statistical tests are used for interpretation of the obtained results. We execute them because they give us answers to some questions, which are already brought up in before listed standards. Based on the statistical test we determine whether the instrument satisfies the accuracy from declaration and whether we can execute the tasks, which it is made for. And this determination is the main purpose of this dissertation alongside of the detailed acquainting with the ISO 17123 standard. Before the measurement execution I thought that I won't have major problems with it, but the biggest problem was to find appropriate spaces and conditions for the execution of the test. For execution of measurements by ISO 17123 – 3 standard it was necessary to find a large horizontal surface so that the condition for appropriate distance of reflectors from the instrument was satisfied, but considering my home area, that was not possible. I also had some troubles with the vertical angles measurement and zenithal distances. The points that I observed were the edges of buildings, which mostly weren't straight. And because of that I had to repeat the measurements.

ZAHVALA

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju doc.dr.Božu Kolerju. Hvala tudi vsem tistim, ki so mi pomagali pri izvajanju meritev.

Zahvalila bi se rada tudi staršema, ki sta me vsa leta študija podpirala in mi stala ob strani.

KAZALO VSEBINE

1. UVOD	1
2. MEDNARODNA ORGANIZACIJA ZA STANDARDIZIRANJE IN ISO STANDARDI	2
2.1. Faze razvoja ISO standardov	2
2.2. Natančnost geodetskih instrumentov po standardnih.....	3
2.3. Standardi ISO 17123	5
3. ELEKTRONSKI TAHIMETER LEICA TCR803.....	6
4. DOLOČITEV PRAKTIČNE NATANČNOSTI TEODOLITA PRI MERJENJU HORIZONTALNIH KOTOV PO ISO 17123 -3 STANDARDU	8
4.1. Terenska izmera horizontalnih smeri.....	8
4.2. Obdelava in ocena natančnosti izmerjenih horizontalnih kotov.....	9
4.3. Statistična analiza natančnosti merjenja horizontalnih kotov	11
4.4. Ugotovitve in zaključki.....	14
5. DOLOČITEV PRAKTIČNE NATANČNOSTI TEODOLITA PRI MERJENJU ZENITNIH RAZDALJ PO ISO 17123 - 3 STANDARDU	16
5.1. Terenska izmera zenitnih razdalj	16
5.2. Obdelava in ocena natančnosti izmerjenih zenitnih razdalj	17
5.3. Statistična analiza natančnosti merjenih zenitnih razdalj.....	19
5.4. Ugotovitve in zaključki.....	23
6. DOLOČITEV PRAKTIČNE NATANČNOSTI RAZDALJEMERA PRI MERJENJU DOLŽIN PO ISO 17123 – 4 STANDARDU	25
6.1. Terenska izmera dolžin	25
6.2. Izračun meteoroloških popravkov	27
6.3. Obdelava in ocena natančnosti izmerjenih dolžin	28
6.4. Statistična analiza natančnosti merjenja dolžin	30

6.5. Ugotovitve in zaključki.....	33
7. DOLOČITEV PRAKTIČNE NATANČNOSTI ELEKTRONSKEGA TAHIMETRA PRI DOLOČITVI KOORDINAT PO ISO 17123 – 5 STANDARDU	35
7.1. Terenska določitev prostorskih koordinat	35
7.2. Obdelava in ocena natančnosti določitve prostorskih koordinat.....	36
7.2.1. Obdelava in ocena natančnosti položajnih koordinat (x,y)	37
7.2.2. Obdelava in ocena natančnosti z- koordinate	39
7.3. Statistična analiza natančnosti določitve prostorskih koordinat	41
7.4. Ugotovitve in zaključki.....	43
8. ZAKLJUČKI	45
9. POVZETEK.....	48
10. SUMMARY	49
VIRI	51

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Tehnične karakteristike elektronskega tahimetra Leica TCR803.....	7
Preglednica 2:	Pogoji, ki jih izpolnjuje empirični standardni odklon (pri merjenju horizontalnih smeri) pri sprejetju hipotez.....	12 12
Preglednica 3:	Testirana rezultata (empirična standardna odklona pridobljena iz meritev horizontalnih smeri) iz meritev pri sončnem in oblačnem vremenu	13
Preglednica 4:	Ugotovitev pripadnosti dveh empiričnih standardnih odklonov (pridobljenih iz meritev horizontalnih smeri) isti populaciji.....	14
Preglednica 5:	Pogoji, ki jih izpolnjuje empirični standardni odklon (pri merjenju zenitnih razdalj) pri sprejetju hipotez	20
Preglednica 6:	Statistični test meritev zenitnih razdalj v sončnem in oblačnem vremenu 21	
Preglednica 7:	Ugotovitev pripadnosti dveh empiričnih standardnih odklonov (pridobljenih iz opazovanj zenitnih razdalj) isti populaciji.....	22
Preglednica 8:	Rezultati statističnega testa vrednosti indeksnega pogreška	22
Preglednica 9:	Pogoji, ki jih izpolnjuje empirični standardni odklon ter popravek ničelne točke (pri merjenju dolžin) pri sprejetju hipotez	30
Preglednica 10:	Rezultati treh empiričnih standardnih odklonov pri merjenju dolžin.....	31
Preglednica 11:	Ugotovitev pripadnosti treh empiričnih standardnih odklonov (pridobljenih iz meritev dolžin) isti populaciji	32
Preglednica 12:	Rezultati statističnih testiranj ničelnih točk.....	33
Preglednica 13:	Pogoji, ki jih izpolnjuje empirični standardni odklon (pri določevanju koordinat) pri sprejetju hipotez.....	42
Preglednica 14:	Rezultati statističnega testiranja empiričnih odklonov pri določevanju prostorskih koordinat.....	43

KAZALO SLIK

Slika 1: Primer izpisa merjenih količin (horizontalnih kotov, zenitnih razdalj in poševnih dolžin) na elektronskem tahimetru Leica TCR803.....	6
Slika 2: Izpis koordinat posnete točke na elektronskem tahimetru Leica TCR803.....	7
Slika 3: Postavitev testne mreže pri merjenju horizontalnih kotov po standardu ISO 17123 - 3	9
Slika 4: Postavitev testne baze pri merjenju zenitnih razdalj po standardu ISO 17123 - 3.....	17
Slika 5: Konfiguracija testne baze pri merjenju dolžin po standardu ISO 17123 - 4.....	26
Slika 6: Testna baza in postopek izvedbe meritev 21 dolžin.....	27
Slika 7: Konfiguracija testne baze pri preizkusu elektronskegatahimetra po standardu ISO 17123 - 5.....	36

KAZALO PRILOG

Priloga A: Obdelava meritev horizontalnih kotov v sončnem vremenu

Priloga B: Obdelava meritev horizontalnih kotov v oblačnem vremenu

Priloga C: Obdelava meritev zenitnih razdalj v sončnem vremenu

Priloga D: Obdelava meritev zenitnih razdalj v oblačnem vremenu

Priloga E: Redukcije in obdelava merjenih dolžin - navadni reflektor

Priloga F: Redukcije in obdelava merjenih dolžin - precizni reflektor 1

Priloga G: Redukcije in obdelava merjenih dolžin - precizni reflektor 2

Priloga H: Obdelava koordinat točk določenih z elektronskim tahimetrom

1. UVOD

V Evropi so standardi v obliki »vzorca« nastajali že zelo zgodaj. Vendar pa lahko štejemo za prvi zapis standarda »predpis za dolžino, širino in kvaliteto tkanine«, ki mu je sledil standard, ki je standardiziral format papirja.

Standardizacija je proces opredelitve, formalnega sprejema in uveljavitve standarda, od katerega imajo neposredne gospodarske koristi tako uporabniki, kakor tudi proizvajalci. Standardi so dokumentirani tehnični in postopkovni dogovori, ki jih sprejmejo njihovi potencialni uporabniki. Standardi imajo priporočeno vsebino, ki je dogovorjena in enotna. Standardi v geodeziji zajemajo področja geodetskih instrumentov in pribor, merske postopke v inženirski geodeziji, računske postopke, terminologijo, GIS, (**»cit.po«** Petrović, M., 2006 Primerjava standardov DIN 18723 in ISO 17123. Seminarska naloga. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 39 str.) itd..

Diplomska naloga obravnava novejšje ISO standarde. Natančneje obravnava ISO 17123 – 3, 17123 – 4 in 17123 – 5. Vsi trije standardi določajo način preizkusa in obdelavo merskih vrednosti. S standardom 17123 – 3 določimo natančnost teodolitov, pri merjenju horizontalnih in vertikalnih kotov, z 17123 – 4 določimo natančnost razdaljemerov, pri merjenju dolžin in s standardom 17123 – 5 določimo natančnost prostorskih koordinat (x,y,z) oz. bolje rečeno določitev položajne natančnosti. V diplomski nalogi je predstavljen preizkus elektronskega tahimetra Leica TCR 803 po omenjenih standardih. Z navedenim geodetskih instrumentom oz. elektronskim tahimetrom sem kot študentka geodezije izven fakultete že opravljala določene naloge iz stroke. Ker instrument še ni bil preizkušen sem se odločila, da bi ga preizkusila in dokazala, da lahko z njim opravljam naloge, za katere je bil narejen.

Po ISO standardu je priporočljivo preizkusiti instrument v primeru, ko dobimo naročilo za izvedbo določenega projekta, saj bomo le tako preverili, ali naš instrument izpolnjuje zahtevo naročnika, glede želene natančnosti izvedenih meritev.

2. MEDNARODNA ORGANIZACIJA ZA STANDARDIZIRANJE IN ISO STANDARDI

Mednarodna organizacija za standardiziranje je največji izdajatelj in založnik mednarodnih standardov. V ISO so vključeni nacionalni inštituti iz 161 držav. Vsaka država ima po enega člana. Sedež glavnega sekretariata je v Ženevi, Švici (»**cit.po**« <http://www.iso.org/iso/htm> (08.09.2009)).

ISO je nevladna organizacija, ki sodeluje med javnim in privatnim sektorjem. Veliko njenih članov je del vladnih struktur, ali pa so člani pooblaščen s strani vlade. Nekateri imajo korenine v privatnih sektorjih in so del nacionalnih partnerstev.

Večina standardov zahteva periodične revizije, saj lahko več združenih dejavnikov povzroči zastarelost standarda. Te dejavnike predstavljajo: tehnološka evolucija, nove metode in materiali, nova kvaliteta in varnostne zahteve. Da bi se vsi ti dejavniki upoštevali, je ISO sprejel pravilo, da mora biti vsak ISO standard pregledan vsakih 5 let. Včasih je potrebno revizijo opraviti tudi predčasno.

Do danes je organizacija ISO izdala več kot 16000 standardov, kar predstavlja več kot 620000 strani v angleškem in francoskem jeziku. Terminološki standardi so tudi v drugih jezikih (»**cit.po**« <http://www.iso.org/iso/htm> (08.09.2009)).

2.1. Faze razvoja ISO standardov

ISO standardi so razviti po sledečih principih:

- *Soglasij*, kjer so upoštevani interesi naslednjih skupin: proizvajalcev, prodajalcev, uporabnikov, potrošniških skupin, laboratorijev, vlade ter tehničnih in raziskovalnih organizacij.
- *Svetovna industrija* (industrijska širina), kjer so navedene globalne rešitve za zadovoljitev industrije in uporabnikov.

- *Prostovoljnosti*, ki pravi, da je mednarodna standardizacija tržišče, ki ga vodi in bazira na prostovoljni vpletenosti interesov tržišča.

V razvojnem procesu ISO obstajajo tri glavne faze razvoja ISO standardov:

1. Potreba po standardu je ponavadi izražena s strani gospodarskega sektorja, ki sporoči potrebo članom narodnega telesa. Slednji predlaga novo standardizacijo ISO. Ko je potreba po mednarodnem standardu formalno sprejeta, potem prva faza vključuje definicijo tehničnega območja bodočega standarda. To fazo ponavadi izvršijo strokovnjaki iz držav, ki poznajo določeno področje.
2. Ko je enkrat dosežen konsenz o izpolnitvi tehničnih vidikov standarda, se prične druga faza, v kateri se države pogajajo o podrobnosti znotraj standarda. To je faza postavitve konsenza.
3. Končna faza sestoji iz formalne potrditve končne sheme mednarodnega standarda (Kriterij za sprejem je potrditev 2/3 aktivnih članov, ki so sodelovali v odobritvah prve in druge faze s strani 75 % vseh članov, ki so glasovali), čemur sledi objava novega ISO standarda. Prav tako je mogoče objaviti tudi vmesne dokumenta, ki so nastali ob različnih stopnjah procesa (**»cit.po«** www.iso.org/iso/htm (08.09.2009)).

2.2. Natančnost geodetskih instrumentov po standardnih

Podatek o natančnosti instrumenta je eden pomembnejših podatkov, ki jih proizvajalec priloži instrumentu. Natančnost meritev je odvisna od natančnosti uporabljenega instrumentarija, metode dela, sposobnosti opazovalca in meteoroloških pogojev v času izmere. Podatki o instrumentu morajo biti primerljivi med različnimi izvajalci, zato se preizkusi instrumentov izvedejo po ustreznih standardih.

Natančnost geodetskih instrumentov po ISO standardih določimo na dva načina:

a) Standardizirana osnovna natančnost

Standardizirano osnovno natančnost določimo na osnovi:

- standarda,
- tehničnih podatkov delov instrumenta (npr.: povečava daljnogleda, natančnost alhidadne libele),
- sposobnosti povprečnega opazovalca,
- izvajanja meritev v normalnih pogojih (normalne vremenske razmere).

Na osnovi vhodnih podatkov, standard ISO 17123 obravnava posamezne sestavne dele meritev in ocenjuje natančnost posameznih delov meritev (merjenje Hz kotov, natančnost teodolita, itd.). Osnova za izračun so tehnični podatki instrumenta (»**cit.po**« Pikš, N. 2008. Primerjava standardov DIN 18723 in ISO 17123. Seminarska naloga. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 56 str.).

b) Praktična natančnost

Postopek meritev in način ocene natančnosti merjene količine je predpisan oz. standardiziran. Praktična natančnost se določi na osnovi praktičnih meritev. Kot reprezentativna vrednost se definira empirični standardni odklon merjene količine. Vrednost empiričnega standardnega odklona je ocenjena iz vzorca meritev, vrednost, ki jo dobimo statistično testiramo. Rezultati ki jih dobimo, se lahko razlikujejo od teoretične osnovne natančnosti. Razlogi za takšen rezultat so lahko različni, gre za vplive vezane na pogoje v času preizkusa, na instrumentarij ali na operaterja.

Praktično natančnost se lahko določi po:

- DIN standardu (starejši, nacionalni nivo standardiziranja),
- ISO standardu (novejši, standard ISO je mednarodni).

Postopek določitve praktične natančnosti geodetskega instrumenta je sestavljen iz dveh delov. Ta dva dela obsegata meritve in izračun (»**cit.po**« Pikš, N. 2008.

Primerjava standardov DIN 18723 in ISO 17123. Seminarska naloga. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 56 str.).

2.3. Standardi ISO 17123

Mednarodni standardi, ki pripadajo skupini ISO 17123 so novejši standardi, ki jih je pripravila in sprejela tehnična komisija TC127/SC6 – Geodetski in merski instrumenti. S temi standardi so natančno določeni postopki, meritve, pravila in enačbe za izračun natančnosti preizkušenih geodetskih instrumentov in uporabljenega pribora. V omenjeno skupino spadajo sledeči standardi:

- ISO 17123 - 1: Teorija (nanaša se na optiko in optične instrumente),
- ISO 17123 - 2: Nivelirji,
- ISO 17123 - 3: Teodolit,
- ISO 17123 - 4: Elektronski razdaljemerji,
- ISO 17123 - 5: Elektronski tahimetri,
- ISO 17123 - 6: Ploskovni laserski nivelirji,
- ISO 17123 - 7: Grezila in
- ISO 17123 - 8: GNSS sprejemniki.

(»cit.po« Pikš, N. 2008. Primerjava standardov DIN 18723 in ISO 17123. Seminarska naloga. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 56 str.).

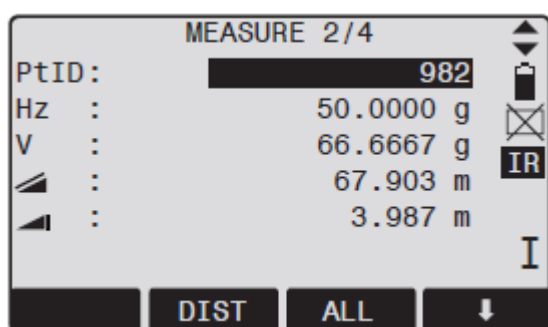
Izmed teh osmih poglavij ISO 17123 standarda, sem naredila preizkus tahimetra po standardu 17123 – 3 (teodoliti), 17123 – 4 (elektronski razdaljemerji) in 17123 – 5 (elektronski tahimetri).

3. ELEKTRONSKI TAHIMETER LEICA TCR803

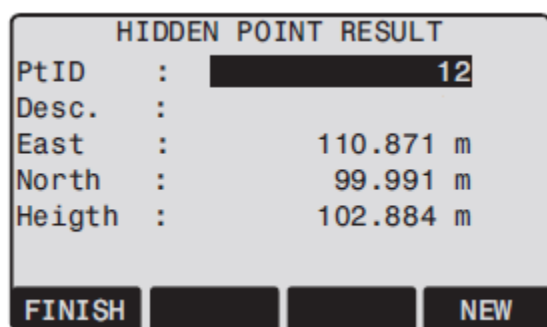
Kombinacija elektronskih razdaljemerov in elektronskih teodolitov nam da elektronske tahimetre. Teodolit je optično-mehanski instrument za merjenje horizontalnih in vertikalnih kotov. Namesto vertikalnih kotov lahko z njim merimo zenitno razdaljo - merimo naklon stranice.

Elektronski razdaljemerji so elektronski instrumenti, ki jih uporabljamo za merjenje dolžin, z uporabo elektro-magnetnega valovanja. Osnovni princip merjenja dolžin z elektronskimi razdaljemerji je določitev velikosti dolžine na osnovi izmerjenega časa, v katerem elektromagnetno valovanje prepotuje razdaljo med začetno in končno točko (»cit.po« Kogoj, D., 2002. Merjenje dolžin z elektronskimi razdaljemerji. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 11 f, 66 f.).

Z elektronskimi tahimetri učinkovito in predvsem hitro zajamemo merske podatke. Tako kot vsak geodetski instrument ima tudi ta priložene tehnične podatke. V tehničnih podatkih so zajete glavne lastnosti instrumenta. Ker je elektronski tahimeter kombinacija elektronskega razdaljemera in teodolita, ima v tehničnih podatkih navedena različna standardna odklona za merjenje kotov in merjenje dolžin. Elektronski tahimeter ima vgrajeno programsko opremo, ki omogoča izračun koordinate na podlagi izmerjenega kota in dolžine. Način prikaza izmerjene dolžine in kotov na zaslon, je prikazan na sliki 1, izračunane koordinate posnete točke pa na sliki 2.



Slika 1: Primer izpisa merjenih količin (horizontalnih kotov, zenitnih razdalj in poševnih dolžin) na elektronskem tahimetru Leica TCR803



Slika 2: Izpis koordinat posnete točke na elektronskem tahimetru Leica TCR803

Vsak elektronski tahimeter oz. geodetski instrument mora imeti priložene tehnične podatke. Tehnične podatke navaja proizvajalec instrumenta, navedeni so v spodnji tabeli.

	Leica TCR803
Povečava teleskopa	30x (42x s FOK53 okularjem)
Vidno polje	26 m pri 1 km
Natančnost merjenja kotov	1 mgon (3")
Ločljivost prikaza kotov	0,5 mgon (1")
Natančnost merjenja dolžin	2 mm + 2ppm
Ločljivost prikaza dolžin	1 mm
Doseg z eno prizmo (povprečni pogoji)	3500 m
Vgrajeni programi	Stake out, Surveying, Free station, Area, Tie Distance, Reference line, Remote Height, Construction, Road (opcija), COGO (opcija)
Grežilo	Lasersko, nastavljivo, natančnost 1,5 mm pri 1,5 m
Okoljski pogoji delovanja	-20°C do +50 °C, 95% vlažnost, odpornost na vodo in prah IP54
Doseg z vidnim laserjem	170 m
Doseg z vidnim laserjem na prizmo	10 km
Velikost laserske pike na 50 m	Približno 10 x 20 mm
Natančnost	3 mm + 2 ppm
Čas meritve (fine/tracking)	3s / 1s

Preglednica 1: Tehnične karakteristike elektronskega tahimetra Leica TCR803

Standardni programi, ki jih uporabljamo za opravljanje geodetskih nalog so:

- merjenje in orientacija,
- referenčna linija in lok, koordinatni izračuni (ločni presek, odmik)
- indirektna višina, skrita točka, prečni profili, gradbišče, površina,
- prosto stojišče, vezna dolžina in zakoličba (»cit.po« www.geoservis.si (27.10.2009)).

4. DOLOČITEV PRAKTIČNE NATANČNOSTI TEODOLITA PRI MERJENJU HORIZONTALNIH KOTOV PO ISO 17123 -3 STANDARDU

Natančnost instrumenta je izražena z empirično standardno deviacijo merjenih horizontalnih kotov, merjenih v enem girusu in v obeh krožnih legah.

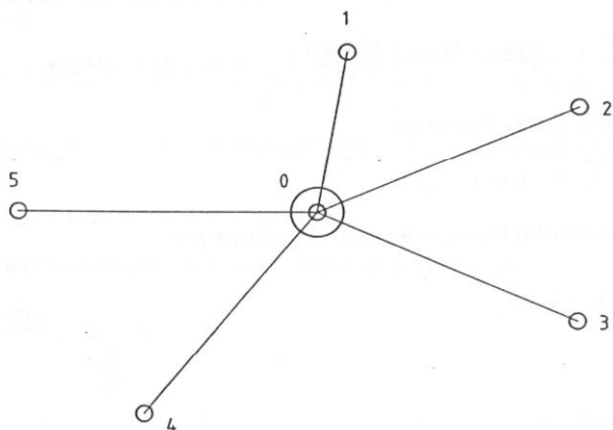
4.1. Terenska izmera horizontalnih smeri

Preizkus instrumenta za določitev natančnosti pri merjenju horizontalnih kotov, sem izvajala tako, kot določa standard ISO 17123 - 3. To pomeni, da sem meritve izvajala dvakrat in sicer v sončnem in oblačnem vremenu. Prvo serijo meritev sem pričela izvajati zgodaj zjutraj ob 7.00^h, drugo serijo meritev pa sem je pričela izvajati popoldan ob 17.30^h.

Po navodilih standarda sem meritve izvajala na čim bolj ravnem terenu. Pred pričetkom meritev sem izmerila višinske razlike med instrumentom in reflektorji. Višinsko razliko izračuna instrument sam, na podlagi izmerjene poševne dolžine, zenitne razdalje in izmerjene višine instrumenta ter reflektorjev (z žepnim merskim trakom). Največja izmerjena višinska razlika je znašala 0,2 m. Izvajanje meritev na ravnem terenu zmanjša vrednost kolimacijskega pogreška instrumenta in vpliv pogreška nehorizontalnosti vrtilne osi daljnogleda. O kolimacijskem pogrešku govorimo takrat, kadar vizurna os (x) n pravokotna na vrtilno os daljnogleda (y), o pogrešku nehorizontalnosti vrtilne osi daljnogleda pa takrat, kadar os y ni pravokotna na vertikalno os (z).

Pred pričetkom meritev je bilo potrebno vzpostaviti testno mrežo (slika 3) in postaviti instrument, ga centrirati in horizontirati. Na oddaljenosti od 100 do 250 m od instrumenta sem postavila pet reflektorjev, za postavitev sem uporabila prisilno centriranje. Prisilno centriranje pomeni zamenjavo reflektorja z instrumentom brez odstranitve trinožnega podstavka. Reflektorji so bili enakomerno razporejeni po horizontu. Horizontalne smeri sem izmerila po girusni metodi. Girusna metoda dela predpisuje meritve v dveh krožnih legah. Prva točka, na katero sem vizirala je bila točka, ki je bila od instrumenta najbolj oddaljena, s tem sem zmanjšala vpliv pogreška začetne smeri. Meritve sem izvajala v štirih serijah. V vsaki seriji

meritev so horizontalne smeri opazovane v treh girusih. Po končani izmeri girusa je bilo potrebno instrument previdno sneti iz podnožja, ga premakniti za 120° in ponovno izvesti meritev.



Slika 3: Postavitev testne mreže pri merjenju horizontalnih kotov po standardu ISO 17123 - 3

4.2. Obdelava in ocena natančnosti izmerjenih horizontalnih kotov

Opazovana horizontalna smer je v i-ti seriji označena z $x_{j,k,I}$ ali $x_{j,k,II}$, pri čemer j predstavlja številko girusa, k pa številko opazovane točke, I in II pa prvo in drugo krožno lega. Opazovane horizontalne smeri v posamezni seriji, so obdelane za vsako serijo posebej. Najprej izračunamo aritmetično sredino opazovanih horizontalnih smeri v obeh krožnih legah.

Aritmetično sredino opazovanih horizontalnih smeri v obeh krožnih legah, si izračunamo po sledeči enačbi:

$$x_{j,k} = \frac{x_{j,k,I} + x_{j,k,II} \pm 200 \text{ gon}}{2} \quad 4$$

$$j = 1, 2, 3 \text{ in } k = 1, 2, 3, 4, 5$$

Opazovane horizontalne smeri reduciramo na prvo opazovano smer:

$$x'_{j,k} = x_{j,k} - x_{j,1} \quad 5$$

$$j = 1, 2, 3 \text{ in } k = 1, 2, 3, 4, 5$$

Aritmetično sredino opazovanih horizontalnih kotov vseh treh girusov, si izračunamo po enačbi:

$$\bar{x}_k = \frac{x'_{1,k} + x'_{2,k} + x'_{3,k}}{3} \quad 6$$

$$k = 1, 2, 3, 4, 5$$

Razlika med aritmetično sredino in opazovanimi horizontalnimi koti, je določena z enačbo:

$$d_{j,k} = \bar{x}_k - x'_{j,k} \quad 7$$

$$j = 1, 2, 3 \text{ in } k = 1, 2, 3, 4, 5$$

Za vsak girus si izračunamo aritmetično sredino izračunanih razlik:

$$d_j = \frac{d_{j,1} + d_{j,2} + d_{j,3} + d_{j,4} + d_{j,5}}{5} \quad 8$$

$$j = 1, 2, 3$$

Odstopanje v posameznem girusu, si izračunamo po enačbi:

$$r_{j,k} = d_{j,k} - \bar{d}_j \quad 9$$

$$j = 1, 2, 3 \text{ in } k = 1, 2, 3, 4, 5$$

Izračunana odstopanja v posameznem girusu morajo zadoščati naslednjemu pogoju:

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

$$j = 1, 2, 3$$

Vsota kvadratov odstopanj za i-to serijo je:

$$\sum r_i^2 = \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^5 r_{j,k}^2 \quad 11$$

Za 3 giruse, v katerih smo opazovali $t = 5$ točke, je število prostostnih stopenj:

$$\nu = (3-1) \cdot (5-1) = 2 \cdot 4 = 8 \quad 12$$

Empirično standardno deviacijo s_i opazovane horizontalne smeri $x_{j,k}$, ki je bila opazovana v enem girusu in v obeh krožnih legah za i -to serijo, si izračunamo po enačbi:

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{\nu_i}} = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{8}} \quad 13$$

Empirično standardno deviacijo s opazovanih horizontalnih smeri v enem girusu in v obeh krožnih legah, izračunano iz vseh 4 serij pri izračunanem številu prostostnih stopenj $\nu = 4 \cdot \nu_i = 32$, si izračunamo po enačbi:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 s_i^2}{4}} \quad 14$$

kjer so:

- i serija ponovitve
- j girus
- k točka

4.3. Statistična analiza natančnosti merjenja horizontalnih kotov

Statistično analizo izvajamo pri opravljenem popolnem preizkusu. Z njihovo pomočjo analiziramo in interpretiramo dobljene rezultate izmere horizontalnih kotov. Ti testi obravnavajo empirično standardno deviacijo horizontalno opazovanih smeri v enem girusu v obeh krožnih legah. Na osnovi opravljenih statističnih testov dobimo odgovor na naslednji vprašanji:

- 1) Ali je izračunan empirični standardni odklon manjši od tistega, ki ga navaja proizvajalec instrumenta?
- 2) Ali sta dva empirična standardna odklona, ki sta pridobljena iz dveh različnih vzorcev meritev in pripadata isti populaciji, s predpostavko, da imata oba vzorca enako število prostostnih stopenj, primerljiva?

Tako testiramo empirična standardna odklona, ki jih pridobimo na osnovi:

- dveh vzorcev meritev z istim instrumentom, vendar različnima opazovalcema,
- dveh vzorcev meritev z istim instrumentom v različnem času,
- dveh vzorcev meritev z različnim instrumentom.

Vsi statistični testi so izvedeni s stopnjo zaupanja $1 - \alpha = 0,95$. Glede na vrsto meritev je število prostostnih stopenj $\nu = 32$.

Vprašanje	Ničelna hipoteza	Alternativna hipoteza
1)	$s \leq \sigma$	$s > \sigma$
2)	$\sigma = \tilde{\sigma}$	$\sigma \neq \tilde{\sigma}$

Preglednica 2: Pogoji, ki jih izpolnjuje empirični standardni odklon (pri merjenju horizontalnih smeri) pri sprejetju hipotez

a) Odgovor na prvo vprašanje

S statističnimi testi preverimo, ali je empirični standardni odklon, manjši ali enak od teoretične ali vnaprej določene vrednosti. Ničelno hipoteze sprejmemo, če je izpolnjen spodaj navedeni pogoj:

$$s \leq \sigma \cdot \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha}(\nu)}{\nu}} \quad 15$$

$$s \leq \sigma \cdot \sqrt{\frac{\chi^2_{0,95}(32)}{32}} \quad 16$$

$$\chi^2_{0,95}(32) = 46,19 \quad 17$$

$$s \leq \sigma \cdot \sqrt{\frac{46,19}{32}} \quad 18$$

$$s \leq \sigma \cdot 1,20 \quad 19$$

V nasprotnem primeru ničelno hipotezo zavrnamo. Rezultata opravljenih statističnih testov in pogoja, ki morata biti izpolnjena, so zbrani v spodnji preglednici. Glede na opravljene teste ničelno hipotezo sprejmemo.

	Pogoj	Sončno vreme [mgon]	Oblačno vreme [mgon]
	$s \leq \sigma \cdot 1,20$		
s₁	$s_1 \leq 1,1112$	0,490	
s₂	$s_2 \leq 1,1112$		0,414

Preglednica 3: Testirana rezultata (empirična standardna odklona pridobljena iz meritev horizontalnih smeri) iz meritev pri sončnem in oblačnem vremenu

b) Odgovor na drugo vprašanje

Ker sem meritve izvajala dvakrat sem testirala empirična odklona, pridobljena na osnovi dveh vzorcev meritev z istim instrumentom v različnem času in različnih pogojih.

S statističnim testom ugotovimo če pripadata dve različni empirični standardni deviaciji isti populaciji. Če je izpolnjen spodaj navedeni pogoj ničelno hipotezo sprejmemo.

$$\frac{1}{F_{1-\frac{\alpha}{2}}(\nu, \nu)} \leq \frac{s_1^2}{s_2^2} \leq F_{1-\frac{\alpha}{2}}(\nu, \nu) \quad 20$$

$$F_{0,975}(32,32) = 2,02 \quad 21$$

$$0,49 \leq \frac{s_1^2}{s_2^2} \leq 2,02 \quad 22$$

V nasprotnem primeru ničelno hipotezo zavrnamo. Pogoj in rezultat statističnega testiranja empiričnih standardnih odklonov pridobljenih iz meritev v sončnem in

oblačnem vremenu so navedeni v spodnji preglednici. Glede na dobljene rezultate ničelno hipotezo sprejmemo.

Pogoj	$0,49 \leq \frac{s_1^2}{s_2^2} \leq 2,02$
Rezultat	$0,49 \leq 1,40 \leq 2,02$

Preglednica 4: Ugotovitev pripadnosti dveh empiričnih standardnih odklonov pridobljenih iz meritev (horizontalnih smeri) isti populaciji

4.4. Ugotovitve in zaključki

Meritve horizontalnih kotov in izračuni so bili izvedeni po standardu ISO 17123 - 3. Meritve so bile izvedene v različnih vremenskih pogojih, vendar ti pogoji niso bili ekstremni. Zaradi izvedbe meritev v dveh različnih vremenskih pogojih sem opravila dva statistična testa.

Pri prvem testiranju, testiranju rezultatov, katere sem dobila iz meritev v sončnem vremenu, sem dobila izračunan empirični standardni odklon 0,490 mgon, deklarirana natančnost instrumenta pa je 1 mgon. To pomeni, da je izračunan standardni odklon manjši kot tisti ki ga navaja proizvajalec. Glede na dobljen rezultat in upoštevanje pogojev meritev, kot so izvajanje meritev v dveh različnih, vendar ne ekstremnih vremenskih razmerah, isti instrument in običajno usposobljen opazovalec, ničelno hipotezo po opravljenih statističnih testih sprejmemo.

Testiran je bil tudi empirični odklon, ki sem ga dobila iz rezultatov meritev opravljenih zgodaj zjutraj, ob 7.00^h. Tudi ta rezultat je uspešno prestal statistični test. Izračunan empirični standardni odklon je znašal 0,414 mgon, kar pomeni, da je manjši kot tisti, ki ga predpisuje proizvajalec. Rezultat meritev izvedenih zjutraj je boljši od tistega, ki sem ga pridobila iz meritev opravljenih ob 17.30^h. Razlika med meritvami je po mojem mnenju posledica vpliva refrakcije na opazovane horizontalne smeri, saj je bilo viziranje na tarčo otežkočeno.

V drugem statističnem testu je bilo potrebno primerjati rezultate dveh meritev, primerjala sem dva izračunana empirična standardna odklona in sicer, empirični standardni odklon, ki sem ga dobila iz rezultatov meritev, ki sem jih opravila zjutraj in empirični standardni odklon, ki sem ga dobila iz rezultatov meritev opravljenih popoldan. Po izvedbi statističnega testa sem dobila

rezultat 1,40, to je vrednost, ki sem jo dobila pri primerjavi omenjenih empiričnih standardnih odklonov. S tem statističnim testiranjem sem ugotovila, da s_1 in s_2 (to sta izračunana empirična odklona, dobljena iz dveh meritev) pripadata isti populaciji, saj so bili zagotovljeni ustrezni pogoji meritev, in pa tudi oba vzorca imata enako število prostostnih stopenj.

Statistično testiranje dobljenih rezultatov je bistveno pri izračunih v mejnih vrednosti. S testi dokažemo ali lahko z instrument uporabimo za izvajanje geodetskih del, za katere je namenjen ali ne. Naloge, ki jih opravljamo z elektronskim tahimetrom se nanašajo na katastrsko izmero (opazovanje), geodezijo v inženirstvu (referenčna linija, zakoličba), določitev prostega stojišča, itd. Glede na dobljene rezultate trdim, da instrument lahko uporabimo za izvajanje geodetskih nalog, ki jih navaja proizvajalec. Elektronski tahimeter lahko uporabimo za izvajanje vseh geodetskih del, kjer zahtevana natančnost opazovanih horizontalnih smeri ni večja od 0,49 mgon.

5. DOLOČITEV PRAKTIČNE NATANČNOSTI TEODOLITA PRI MERJENJU ZENITNIH RAZDALJ PO ISO 17123 - 3 STANDARDU

Natančnost instrumenta je izražena z empirično standardno deviacijo merjenih vertikalnih kotov oz. zenitnih razdalj, merjenih v enem girusu in v obeh krožnih legah.

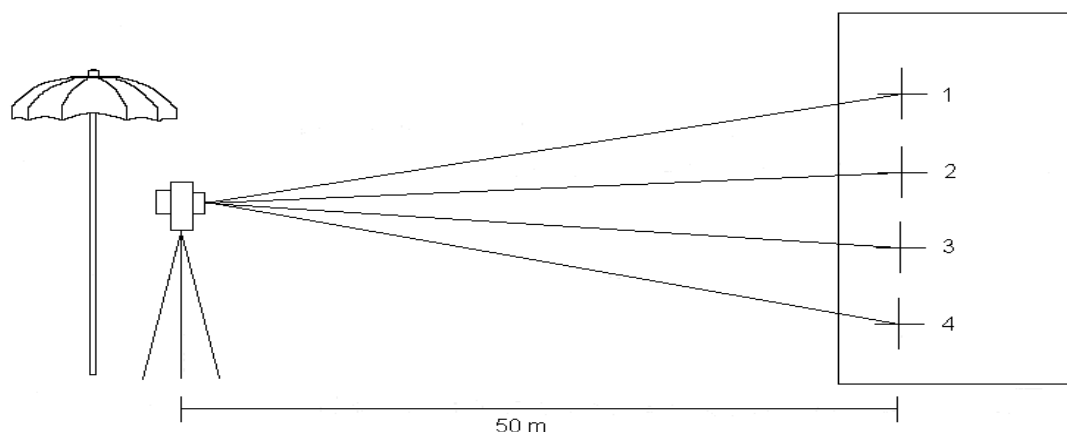
5.1. Terenska izmera zenitnih razdalj

Preizkus instrumenta, Leica TCR803, za določitev natančnosti pri merjenju zenitnih razdalj sem izvajala po ISO 17123 – 3 standardu. Meritve sem izvajala dvakrat in sicer, ena serija meritev je bila izvedena v sončnem in druga serija v oblačnem vremenu, poudariti je potrebno, da vremenski pogoji, v katerih izvajamo meritve, niso ekstremni.

Po navodilih, ki jih predpisuje ISO standard, je bilo potrebno instrument postaviti 50 m stran od visoke zgradbe. Na zgradbi, ki je bila v mojem primeru stolpnica, sem si izbrala štiri dobro vidne točke. Točke so bile kar vogali stavbe. Standard predpisuje pogoj, ki pravi, da morajo poljubno izbrane štiri točke med seboj oklepati kot 30° oz. $33,33$ gona (slika 4).

Pred samim pričetkom meritev je priporočljivo, da instrument nekaj časa pustimo, da privzame temperaturo okolice, če je ta različna od temperature skladiščenja ali transporta instrumenta. Za vsako stopinjo razlike temperature počakamo 2 minuti.

Popolni preizkus narekuje izvedbo štirih serij (m) meritev $x_{j,k}$. V vsaki seriji meritev se izvedejo trije girusi, v katerih so opazovane štiri točke. Kadar je uporabljena metoda dela girusna metoda pomeni, da izvajamo meritve v obeh krožnih legah. Ena izmed njenih lastnosti je, da istočasno uporabljamo dve ali več smeri, ki imajo skupno teme. Teme je v tem primeru stojišče, točke merimo v prvi krožni legi od 1 do 4 (1. polgirus), v drugi krožni legi pa od 4 do 1 (2. polgirus). Z večanjem števila girusov povečujemo natančnost opazovanja zenitnih razdalj.



Slika 4: Postavitev testne baze pri merjenju zenitnih razdalj po standardu ISO 17123 - 3

5.2. Obdelava in ocena natančnosti izmerjenih zenitnih razdalj

Opazovane zenitne razdalje se izravnavajo po metodi najmanjših kvadratov, ki jo uporabimo takrat, ko imamo na voljo nadštevilna opazovanja. Metoda najmanjših kvadratov pri ponovljenih merjenih omogoča kar najbolj zmanjšati vpliv slučajnih pogreškov. V vsaki i-ti seriji meritev je zenitna razdalja označena kot $x_{j,k,I}$ ali $x_{j,k,II}$, pri čemer j predstavlja število girusa, k številko opazovane točke, I in II pa prvo in drugo krožno lego. Opazovanja v vsaki od $m = 4$ serij je potrebno preračunati in oceniti posebej.

Aritmetična sredina opazovanih zenitnih razdalj, se izračuna po enačbi:

$$x'_{j,k} = \frac{x_{j,k,I} + x_{j,k,II} \pm 400 gon}{2} \quad 23$$

$$j = 1, 2, 3 \text{ in } k = 1, 2, 3, 4$$

Izmerjene vrednosti so brez vpliva indeksnega pogreška δ_i . Le-tega izračunamo za vsako serijo meritev posebej. ISO standard priporoča izračun vrednosti indeksnega pogreška pri popolnem preizkusu.

Indeksni pogrešek za i-to serijo se izračuna po enačbi:

$$\delta_i = \frac{1}{n \cdot t} \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 \frac{x_{j,k,I} + x_{j,k,II} - 400 gon}{2} \quad 24$$

Indeksni pogrešek vseh štirih serij izračunamo po naslednji enačbi:

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^4 \delta_i}{4} \quad 25$$

Aritmetične vrednosti iz posameznih ponovitev izračunamo po spodaj navedeni enačbi:

$$\bar{x}_k = \frac{x'_{1,k} + x'_{2,k} + x'_{3,k}}{3} \quad 26$$

$$k = 1, 2, 3, 4$$

Po sledeči enačbi se izračuna odstopanje od aritmetične sredine:

$$r_{j,k} = x'_{j,k} - \bar{x}_k \quad 27$$

$$j = 1, 2, 3 \text{ in } k = 1, 2, 3, 4$$

V primeru, da opazovanja niso grobo pogrešena, bi odstopanja morala ustrezati pogoju:

$$\sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 r_{j,k} = 0 \quad 28$$

Vsota kvadratov odstopanj za i-to serijo se izračuna po enačbi:

$$\sum r_i^2 = \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 r_{j,k}^2 \quad 29$$

Za tri giruse, v katerih sem opazovala štiri točke, je število prostostnih stopenj:

$$\nu_i = (3 - 1) \cdot 4 = 8 \quad 30$$

Empirično standardno deviacijo opazovanih zenitnih razdalj, iz vseh štirih serij opazovanj, si izračunamo po sledeči enačbi:

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{\nu_i}} = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{8}} \quad 31$$

Število prostostnih stopenj, za empirično standardno deviacijo, iz štirih serij meritev, se izračuna po enačbi:

$$\nu = 4 \cdot \nu_i = 32 \quad 32$$

Empirična standardna deviacija, izračunana iz vseh serij opazovanj se določi po enačbi:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 \sum r_i^2}{\nu}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 \sum r_i^2}{32}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 s_i^2}{4}} \quad 33$$

kjer so:

- i serija ponovitve
- j girus
- k točka

5.3. Statistična analiza natančnosti merjenih zenitnih razdalj

Prav tako, kot pri vseh popolnih testih, tudi v tem primeru izvajamo statistične teste, s katerimi vrednotimo dobljene rezultate. Tako vrednotimo:

- empirično standardno deviacijo zenitne distance, opazovane v obeh krožnih legah,
- indeksni pogrešek (δ) in pripadajočo standardno deviacijo.

Po opravljenih statističnih testih, lahko odgovorimo na tri vprašanja:

- 1) Ali je izračunan empirični standardni odklon manjši od tistega, ki ga je predpisal proizvajalec?
- 2) Ali empirična standardna odklona, ki sta pridobljena iz dveh različnih vzorcev meritev in vsebujeta enako število prostostnih stopenj, pripadata isti populaciji? Empirična standardna odklona sta pridobljena iz:
 - dveh vzorcev meritev z istim instrumentom, vendar različnima opazovalcema,
 - dveh vzorcev meritev z istim instrumentom v različnem času,
 - dveh vzorcev meritev z različnim instrumentom.
- 3) Ali je indeksni pogrešek (δ) enak 0?

Vsi statistični testi so izvedeni s stopnjo zaupanja $1 - \alpha = 0,95$ in glede na vrsto meritev predpostavljamo število prostostnih stopenj $\nu = 32$.

Vprašanje	Ničelna hipoteza	Alternativna hipoteza
1)	$s \leq \sigma$	$s > \sigma$
2)	$\sigma = \tilde{\sigma}$	$\sigma \neq \tilde{\sigma}$
3)	$\delta = 0$	$\delta \neq 0$

Preglednica 5: Pogoji, ki jih izpolnjuje empirični standardni odklon (pri merjenju zenitnih razdalj) pri sprejetju hipotez

a) Odgovor na prvo vprašanje

S statističnimi testi preverimo ali je empirični standardni odklon, manjši ali enak od teoretične oz. proizvajalčeve vrednosti standardnega odklona, ki ga navaja proizvajalec. Ničelne hipoteze ne zavrnamo, če je izpolnjen naslednji pogoj:

$$s \leq \sigma \cdot \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha}(\nu)}{\nu}} \quad 34$$

$$s \leq \sigma \cdot \sqrt{\frac{\chi^2_{0,95}(32)}{32}} \quad 35$$

$$\chi^2_{0,95}(32) = 46,19 \quad 36$$

$$s \leq \sigma \cdot \sqrt{\frac{46,19}{32}} \quad 37$$

$$s \leq \sigma \cdot 1,20 \quad 38$$

Če pogoj ni izpolnjen ničelno hipotezo zavrnamo. Rezultata opravljenih statističnih testov in pogoja, ki morata biti izpolnjena, so izbrani v spodnji preglednici. Glede na opravljene teste ničelno hipotezo sprejmemo.

	Pogoj	Sončno vreme [mgon]	Oblačno vreme [mgon]
	$s \leq \sigma \cdot 1,20$		
s₁	$s_1 \leq 1,1112$	0,322	
s₂	$s_2 \leq 1,1112$		0,303

Preglednica 6: Statistični test meritev zenitnih razdalj v sončnem in oblačnem vremenu

b) Odgovor na drugo vprašanje

Ker sem meritve izvajala dvakrat, ob sončnem in oblačnem vremenu, sem pridobila tudi dva empirična standardna odklona. Dva empirična standardna odklona, ki sta pridobljena v različnem času in različnih vremenskih pogojih sem primerjala zato, da sem preverila, če pripadata isti populaciji. Če rezultata meritev izpolnjujeta spodaj navedeni pogoj, ničelne hipoteze ne moremo zavrniti.

$$\frac{1}{F_{1-\frac{\alpha}{2}}(v, v)} \leq \frac{s_1^2}{s_2^2} \leq F_{1-\frac{\alpha}{2}}(v, v) \quad 39$$

$$\frac{1}{F_{0,975}(32,32)} \leq \frac{s_1^2}{s_2^2} \leq F_{0,975}(32,32) \quad 40$$

$$F_{0,975}(32,32) = 2,02 \quad 41$$

$$0,49 \leq \frac{s_1^2}{s_2^2} \leq 2,02 \quad 42$$

Če pogoju ni zadoščeno, ničelno hipotezo zavrnemo. V spodnji preglednici je naveden pogoj in rezultat statističnega testa. Glede na dobljeno vrednost statističnega testa, ničelno hipotezo sprejmemo.

Pogoj	$0,49 \leq \frac{s_1^2}{s_2^2} \leq 2,02$
Rezultat	$0,49 \leq 1,13 \leq 2,02$

Preglednica 7: Ugotovitev pripadnosti dveh empiričnih standardnih odklonov (pridobljenih iz opazovanj zenitnih razdalj) isti populaciji

c) Odgovor na tretje vprašanje

Tretji statistični test se nanaša na indeksni pogrešek. Hipoteze ne zavrnemo, če je indeksni pogrešek δ enak 0 in če je izpolnjen naslednji pogoj:

$$|\delta| \leq s_\delta \cdot t_{1-\frac{\alpha}{2}}(v) \quad 43$$

$$|\delta| \leq s_\delta \cdot t_{0,975}(32) \quad 44$$

$$s_\delta = \frac{s}{\sqrt{4} \cdot \sqrt{12}} \quad 45$$

$$t_{0,975}(32) = 2,02 \quad 46$$

$$|\delta| \leq \frac{s}{\sqrt{48}} \cdot 2,04 \quad 47$$

Če pogoju ni zadoščeno, ničelno hipotezo zavrnemo. Rezultat testiranja indeksnega pogreška, je zbran v spodnji preglednici. Na osnovi opravljenega statističnega testa, ničelne hipoteze ne moremo zavrniti.

	Pogoj	Sončno vreme [mgon]	Oblačno vreme [mgon]
Rezultat $\delta = 0,1 \text{ mgon}$	$ \delta \leq \frac{s}{\sqrt{48}} \cdot 2,04$	$0,1 \leq 0,1$	$0,1 \leq 0,1$

Preglednica 8: Rezultati statističnega testa vrednosti indeksnega pogreška

5.4. Ugotovitve in zaključki

Meritve zenitnih razdalj in potrebni izračuni so bili izvedeni po standardu ISO 17123 – 3. Meritve so bile izvedene v dveh različnih vremenskih pogojih. Omenjeni standard pa priporoča, naj ne bodo izvedene v ekstremnih vremenskih pogojih. Kot sem omenila, sem meritve izvajala dvakrat in s tem prišla do dveh podatkov pridobljenih iz opravljenih meritev na terenu. Prva serija meritev je bila izvedena v sončnem in druga v oblačnem vremenu. Za vsako serijo meritev je bilo potrebno pridobljene podatke uporabiti v izračunu in na podlagi izračuna izvesti statistične teste. Ker sta bili seriji dve sem opravila dva statistična testa.

V prvem statističnem testu sem testirala izračunani empirični deviaciji. S tem statističnim testom sem preverila, če je izračunan empirični odklon manjši od tistega, ki ga navaja proizvajalec. Pri prvem testiranju, testiranju rezultatov, katere sem dobila iz meritev v sončnem vremenu, sem dobila izračunan empirični standardni odklon (s_1) 0,322 mgon, deklarirana natančnost instrumenta pa je 1 mgon. Glede na dobljen rezultat in upoštevanje pogojev meritev, kot so izvajanje meritev v dveh različnih, ampak ne ekstremnih vremenskih razmerah, isti instrument in ustrezno usposobljen opazovalec, ničelno hipotezo po opravljenih statističnih testih sprejmemo.

Prav tako sem testirala empirični standardni odklon, ki sem ga dobila iz rezultatov meritev opravljenih v oblačnem vremenu. Tudi v tem primeru je izračunan empirični standardni odklon (s_2) prestopal statistične teste. Iz druge serije meritev je izračunan empirični standardni odklon znašal 0,303 mgon in je očitno manjši od tistega, ki ga za instrument navaja proizvajalec instrumenta. Kot je videti iz izračunov je razlika med rezultati meritev, ki so bila opravljena v sončnem in oblačnem vremenu, zelo majhna. Pred pričetkom meritev sem pričakovala da bo razlika precej večja, saj bi moral biti vpliv vertikalne refrakcije bolj očiten. Vertikalna refrakcija nastane zaradi različnih atmosferskih vplivov, zlasti temperature in zračnega tlaka, je gostota zračnih plasti različna. Različna gostota zračnih plasti pomeni različne optične lastnosti zračnih plasti, ki se spreminjajo časovno in krajevno. Vizura se pri prehodu skozi različne optične zračne plasti lomi. Vizura ne potuje po premici, ampak po optično najkrajši poti, imenovani refrakcijska krivulja. V normalnih razmerah se gostota zraka in s tem lomni količnik zmanjšuje z naraščanjem višine. V rezultatih iz meritev opravljenih v sončnem vremenu bi se moral vpliv vertikalne refrakcije poznati bolj očitno, empirični

standardni odklon pa bi moral biti večji. Dober rezultat je verjetno posledica dejstva, da sem meritve zenitnih razdalj v sončnem vremenu ponavljala večkrat. ISO standard sicer omenja meritve vertikalnih kotov, kar sem pri prvem opravljanju meritev tudi upoštevala. Ko pa sem pričela obdelovati podatke sem ugotovila, da instrument (Leica 803TCR) ne obrne vertikalnega kroga tako, da bi lahko dobila ustrezne podatke tudi v II. krožni legi. Podatki, kateri so bili pridobljeni z meritvami v II. krožni legi so bili enaki tistim v I. krožni legi. Seveda sem meritve morala opraviti še enkrat s tem, da sem merila zenitne razdalje.

Drugi statistični test zahteva primerjavo rezultatov dobljenih empiričnih standardnih odklonov izračunanih iz podatkov izvedenih meritev v sončnem in oblačnem vremenu. Po izvedbi statističnega testa, sem dobila rezultat 1,13, to je vrednosti, ki sem jo dobila pri primerjavi dveh empiričnih standardnih odklonov. Ničelno hipotezo lahko sprejmemo, če se vrednost nahaja med števili 0,49 in 2,02. S statističnim testiranjem sem ugotovila, da s_1 in s_2 pripadata isti populaciji, saj so bili zagotovljeni ustrezni pogoji meritev in pa tudi oba vzorca imata enako število prostostnih stopenj.

Tretji statistični test se nanaša na indeksni pogrešek. Pogoj, ki ga mora teodolit izpolnjevati je ta, da mora biti pri naravnani libeli, kompenzatorju in pri horizontalni vizuri odčitek na višinskem krogu 0 gon ali 100 gon (če merimo vertikalne kote, mora biti odčitek na višinskem krogu 0 gon, če merimo zenitne razdalje pa 100 gon). V kolikor pogoj ni izpolnjen ima teodolit indeksni pogrešek. V obeh primerih, tako pri rezultatih dobljenih iz meritev v sončnem kot v oblačnem vremenu znaša indeksni pogrešek 0 mgon.

Prav tako kot pri statističnem testiranju vrednosti, dobljenih iz opazovanj horizontalnih smeri je tudi v tem primeru statistično testiranje dobljenih rezultatov bistveno pri izračunih v mejnih vrednostih. S testi dokažemo ali lahko elektronskih tahimeter uporabimo za izvajanje geodetskih del, za katere je namenjen ali ne (npr. določevanje prostega stojišča, opazovanje, zakoličba, referenčna linija, itd.).

Elektronski tahimeter lahko uporabimo za izvajanje geodetskih del, kjer zahtevana natančnost opazovanih zenitnih razdalj ne večja od 0,3 mgon.

6. DOLOČITEV PRAKTIČNE NATANČNOSTI RAZDALJEMERA PRI MERJENJU DOLŽIN PO ISO 17123 – 4 STANDARDU

S preizkusom določimo maksimalno natančnost, ki jo dosežemo konkretnim EOR (Leica TCR803) in uporabljeno opremo v določenih meteoroloških pogojih. Empirični standardni odklon meritve ene razdalje je definiran iz kvadratov popravkov izmerjenih razdalj v vseh kombinacijah. Natančnost meritev je izražena z empiričnim standardnim odklonom ene posamezne izmerjene razdalje.

6.1. Terenska izmera dolžin

Pred pričetkom terenskega dela preizkusa elektronskega razdaljemera po standardu ISO 17123 – 4 je bilo potrebno zbrati nekaj podatkov in opraviti nekaj predhodnih izračunov, ki so potrebni za pravilno testiranje instrumenta. Eden izmed teh podatkov je modulacijska valovna dolžina (λ).

$$\beta_0 = \frac{d_0 - 6,4 \cdot \lambda}{15} \quad 48$$

d_0 dolžina testne baze, z dolžino približno 600 m, ki mi pove koliko znaša β , ki ga je potrebno določiti v naslednjem koraku, za izračun dolžin d_1, d_2, \dots, d_6 .

λ modulacijska valovna dolžina, ki znaša 3m

$$\beta = \mu \cdot \frac{\lambda}{2} \quad 49$$

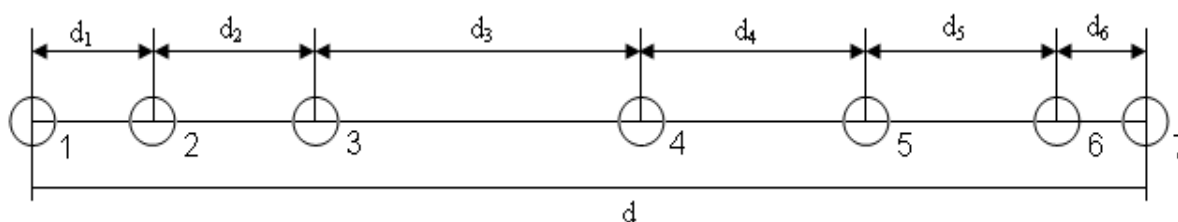
μ je cela vrednost, ki je ni potrebno računati, gre za to, da z njo preverimo ali je β_0 pravilno zaokrožen.

$$\gamma = \frac{\lambda}{72} \quad 50$$

Enačbe za izračun in vrednosti šestih razdalj med točkami in izračun celotne dolžine (d) so sledeče:

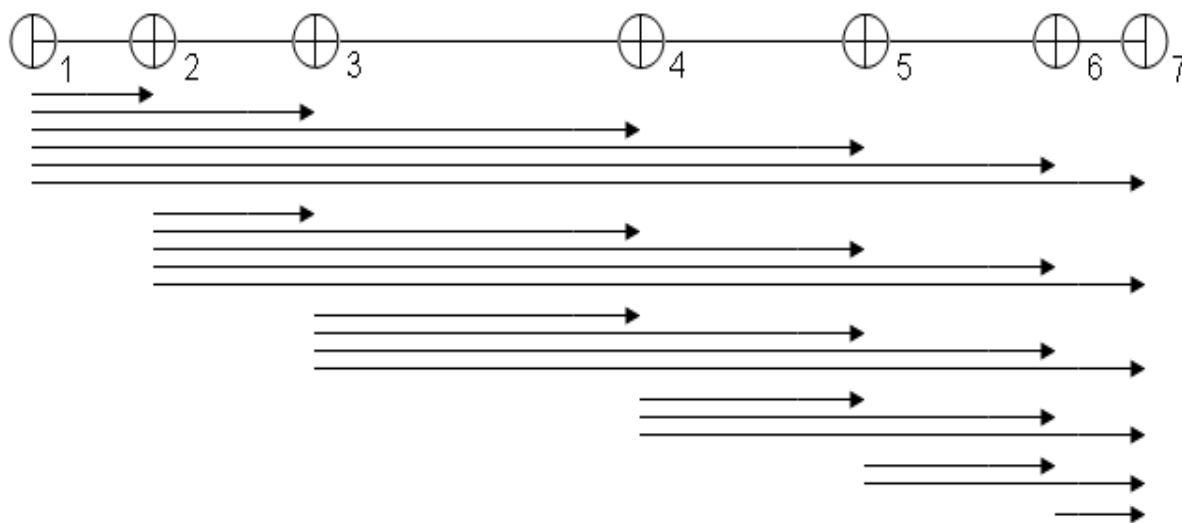
$d_1 = \lambda + \beta + 3\gamma = 42,134 \text{ m}$	51
$d_2 = \lambda + 3\beta + 7\gamma = 120,292 \text{ m}$	52
$d_3 = \lambda + 5\beta + 11\gamma = 198,464 \text{ m}$	53
$d_4 = \lambda + 4\beta + 9\gamma = 159,385 \text{ m}$	54
$d_5 = \lambda + 2\beta + 5\gamma = 81,216 \text{ m}$	55
$d_6 = \lambda + \gamma = 3,046 \text{ m}$	56
$d = 6\lambda + 15\beta + 36\gamma = 604,500 \text{ m}$	57

Glede na izračunane dolžine si postavimo testno bazo, katero bomo uporabili za izvajanje preizkusa elektronskega razdaljemera.



Slika 5: Konfiguracija testne baze pri merjenju dolžin po standardu ISO 17123 - 4

Kot je razvidno iz slike 6, moramo opraviti izmero 21 možnih razdalj med sedmimi točkami. Vseh 21 dolžin mora biti izmerjenih v istem dnevu. Standard ISO 17123 – 4 priporoča prisilno centriranje, saj z uporabo le-tega eliminiramo pogrešek centriranja. Prisilno centriranje pomeni zamenjavo reflektorja z instrumentom brez odstranitve trinožnega podstavka. Med meritvami je potrebno večkrat izmeriti temperaturo zraka in zračni tlak, da se lahko kasneje izračunamo meteorološke popravke.



Slika 6: Testna baza in postopek izvedbe meritev 21 dolžin

6.2. Izračun meteoroloških popravkov

Pred samim pričetkom izračuna je bilo potrebno popraviti izmerjene dolžine za meteorološki popravek.

Meteorološki popravek, si izračunamo po sledečih enačbah:

- grupni lomni količnik se izračunamo po enačbi:

$$N_G = (n_G - 1) \cdot 10^6 = A + 3 \cdot \frac{B}{\lambda^2} + 5 \cdot \frac{C}{\lambda^4} \quad 58$$

kjer je:

λ valovna dolžina nosilnega valovanja (za Leica TCR803 znaša 0,658 μm) (**»cit.po«** Bilban, G. Your request for information about TPS 800. Message to. Pikš, N. 3. junij 2009).

A 287,6155

B 1,62887

C 0,01360

- vrednost dejanskega lomnega količnika si izračunamo z enačbo:

$$N_D = (n_D - 1) \cdot 10^6 = N_G \cdot \frac{273,15}{1013,25} \cdot \frac{p}{T} - \frac{11,27 \cdot e}{T} \quad 59$$

kjer je:

t temperatura v času merjenja v °C ($T = t + 273,15$)

p zračni tlak v času merjenja

e parcialni tlak vodne pare v času merjenja (0,0)

Enačba za izračun prvega popravka hitrosti se glasi:

$$D' = \frac{n_0}{n_D} \cdot D_a \quad 60$$

kjer je:

D_a izmerjena dolžina

n_0 normalni lomni količnik za normalne atmosferske pogoje

n_D dejanski lomni količnik

6.3. Obdelava in ocena natančnosti izmerjenih dolžin

Izmerjene vrednosti $\tilde{x}_{p,q}$ moramo popraviti za sistematične pogreške (meteorološki popravki).

Tako popravljene vrednosti $x_{p,q}$ izravnamo po metodi najmanjših kvadratov. Neznane količine v postopku izravnave predstavlja šest razdaj ($\bar{x}_{1,2}, \bar{x}_{2,3}, \dots, \bar{x}_{6,7}$) ter popravek ničelne točke δ .

Rezultate iz opazovanj si izračunamo po naslednjih enačbah:

$$a_p = \sum_{q=1}^{7-p} x_{q,p+q} - \sum_{q=1}^p x_{q,7-p+q} \quad 61$$

p = 4, 5, 6

$$b_p = \frac{1}{7} \left(\sum_{q=p+1}^7 x_{p,q} - \sum_{q=1}^{p-1} x_{q,p} \right) \quad 62$$

p = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Popravek ničelne točke, izračunamo po enačbi:

$$\delta = \frac{1}{35} \sum_{p=4}^6 (2p-7) \cdot a_p \quad 63$$

Popravki ($r_{p,q}$) 21 merjenih dolžin $x_{p,q}$, ki so popravljene za sistematične pogreške, se izračunajo po enačbi:

$$r_{p,q} = b_p - b_q - \frac{7 + 2(p-q)}{7} \cdot \delta - x_{p,q} \quad 64$$

$$p = 1, 2, 3, 4, 5, 6$$

$$q = p + 1, \dots, 7$$

Ko so popravki merjenih dolžin že izračunani je potrebno izračunati še vsoto kvadratov popravkov:

$$\sum r^2 = \sum_{p=1}^6 \sum_{q=p+1}^7 r_{p,q}^2 = r_{1,2}^2 + r_{1,3}^2 + \dots + r_{6,7}^2 \quad 65$$

$$v = n - u = 14$$

kjer je:

v število prostostnih stopenj

n število opazovanj, bilo jih je 21

u število neznank, ki jih je 7

Po spodaj navedeni enačbi izračunamo empirični standardni odklon merjenih razdalj:

$$s = \sqrt{\frac{\sum r^2}{v}} = \sqrt{\frac{\sum r^2}{14}} \quad 66$$

Za izračun empiričnega standardnega odklona popravka ničelne točke pa uporabimo sledečo enačbo:

$$s_\delta = s \cdot \frac{1}{\sqrt{5}} = s \cdot 0,45 \quad 67$$

6.4. Statistična analiza natančnosti merjenja dolžin

Kot je bilo do sedaj že nekajkrat omenjeno, popolni preizkus zahteva statistično testiranje rezultatov izmere. Izvedemo statistične teste, s katerimi testiramo rezultate meritev in s katerimi lahko odgovorimo na naslednja vprašanja:

- 1) Ali je empirični standardni odklon, ki da dobimo iz rezultatov opazovanj manjši od tistega, ki ga navaja proizvajalec?
- 2) Ali dva empirična standardna odklona, ki sta pridobljena iz dveh različnih vzorcev meritev in vsebujeta enako število prostostnih stopenj, pripadata isti populaciji? Empirična standardna odklona sta pridobljena iz:
 - dveh vzorcev meritev z istim instrumentom v različnem času,
 - dveh vzorcev meritev z različnim instrumentom.
- 3) Ali je popravek ničelne točke $\delta = 0$, ki ga navaja proizvajalec enak $\delta_0 = 0$ in ali je reflektor uporabljen za izračun popravka δ_0 enak $\delta = \delta_0$.

Vsi statistični testi so izvedeni s stopnjo zaupanja $1 - \alpha = 0,95$ in glede na vrsto meritev predpostavljamo število prostostnih stopenj $\nu = 14$.

Vprašanje	Ničelna hipoteza	Alternativna hipoteza
1)	$s \leq \sigma$	$s > \sigma$
2)	$\sigma = \tilde{\sigma}$	$\sigma \neq \tilde{\sigma}$
3)	$\delta = \delta_0$	$\delta \neq \delta_0$

Preglednica 9: Pogoji, ki jih izpolnjuje empirični standardni odklon ter popravek ničelne točke (pri merjenju dolžin) pri sprejetju hipotez

a) Odgovor na prvo vprašanje

S statističnimi testi preverimo, če je empirični standardni odklon, manjši ali enak od teoretične oz. vrednosti standardnega odklona, ki jo navaja proizvajalec. Ničelne hipoteze ne zavrnemo, če je izpolnjen naslednji pogoj:

$$s \leq \sigma \cdot \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha}(\nu)}{\nu}} \quad 68$$

$$s \leq \sigma \cdot \sqrt{\frac{\chi^2_{0,95}(14)}{14}} \quad 69$$

$$\chi^2_{0,95}(32) = 23,68 \quad 70$$

$$s \leq \sigma \cdot \sqrt{\frac{23,68}{14}} \quad 71$$

$$s \leq \sigma \cdot 1,30 \quad 72$$

Če je pogoj izpolnjen ničelno hipotezo sprejmemo. Rezultati testiranja empiričnih standardnih odklonov (pridobljenih pri merjenju dolžin s tremi različnimi reflektorji) so prikazani v spodnji preglednici. Na osnovi opravljenega statističnega testa, ničelne hipoteze ne moremo zavrniti.

$\sigma = 2mm + 2 ppm$	Navadni reflektor [mm] s_1	Precizni reflektor 1 [mm] s_2	Precizni reflektor 2 [mm] s_3
s	1.2	0.8	0.9

Preglednica 10: Rezultati treh empiričnih standardnih odklonov pri merjenju dolžin

b) Odgovor na drugo vprašanje

V primeru dveh različnih rezultatov, dobljenih iz opazovanj, statistični test pokaže ali empirična standardna odklona pripadata isti populaciji. Ničelno hipotezo sprejmemo, če empirična standardna odklona prestaneta naslednji test:

$$\frac{1}{F_{1-\frac{\alpha}{2}}(\nu, \nu)} \leq \frac{s_1^2}{s_2^2} \leq F_{1-\frac{\alpha}{2}}(\nu, \nu) \quad 73$$

$$\frac{1}{F_{0,975}(14,14)} \leq \frac{s_1^2}{s_2^2} \leq F_{0,975}(14,14) \quad 74$$

$$F_{0,975}(14,14) = 2,98 \quad 75$$

$$0,34 \leq \frac{s_1^2}{s_2^2} \leq 2,98 \quad 76$$

Če dobljeni rezultati ne prestanejo statističnih testov, ničelno hipotezo zavrnemo in sprejmemo alternativno hipotezo. Kot sem že omenila, sem za izmero dolžin uporabila tri različne reflektorje in s tem dobila tri različne empirične standardne (s_1, s_2, s_3) odklone pri merjenju dolžin. Vse tri empirične standardne odklone sem med seboj primerjala ter s tem skušala ugotoviti, če pripadajo isti populaciji. Na osnovi terenskega preizkusa sem prišla do rezultatov, ki so prikazani v spodnji preglednici.

Pogoj	$0,34 \leq \frac{s_1^2}{s_2^2} \leq 2,98$	$0,34 \leq \frac{s_2^2}{s_3^2} \leq 2,98$	$0,34 \leq \frac{s_1^2}{s_3^2} \leq 2,98$
Rezultat	2,25	0,79	1,78

Preglednica 11: Ugotovitev pripadnosti treh empiričnih standardnih odklonov (pridobljenih iz meritev dolžin) isti populaciji

c) Odgovor na tretje vprašanje

Ničelne hipoteze ne zavrnemo, če je popravek ničelne točke δ enak 0 in če je izpolnjen naslednji pogoj:

$$|\delta - \delta_0| \leq s_\delta \cdot t_{1-\frac{\alpha}{2}}(\nu) \quad 77$$

$$|\delta - \delta_0| \leq s_\delta \cdot t_{0,975}(14) \quad 78$$

$$s_\delta = \frac{s}{\sqrt{5}} = s \cdot 0,45 \quad 79$$

$$t_{0,975}(14) = 2,14 \quad 80$$

$$|\delta - \delta_0| \leq \frac{s}{\sqrt{5}} \cdot 2,14 \quad 81$$

Če je pogoj izpolnjen ničelno hipotezo sprejmemo. Na osnovi terenskega preizkusa elektronskega tahimetra Leica TC803 sem prišla do naslednjih vrednosti ničelnih točk in jih tudi statistično testirala. Rezultati so prikazani v spodnji preglednici.

Pogoj	$ \delta - \delta_0 \leq \frac{s}{\sqrt{5}} \cdot 2,14$		
	Navadni reflektor [mm]	Precizni reflektor 1 [mm]	Precizni reflektor 2 [mm]
Rezultat	0,03 ≤ 1,14	0,30 ≤ 0,75	0,22 ≤ 0,86

Preglednica 12: Rezultati statističnih testiranj ničelnih točk

6.5. Ugotovitve in zaključki

Izvedba meritev in izračuni so bili izvedeni po standardu ISO 17123 – 4. Lahko bi trdila, da so bile meritve izvedene v idealnih vremenskih pogojih, saj so bile izvedene pri približno 18°C, kar pomeni, da je bil izpolnjen pogoj dobre vidljivosti in nizkega sončnega obsevanja zemeljskega površja. Pred pričetkom meritev je bilo potrebno postaviti primerno bazo za pravilno izvedbo meritev. Za zakoličbo pravih dolžin med točkami testne baze je bil potreben predhoden izračun teh dolžin. Za izračun dolžin med točkami v bazi ima pomembno vlogo modulirana valovna dolžina (λ) in poznavanje njene vrednosti. Vrednost modulirane valovne dolžine za elektronski tahimeter Leica TCR803 znaša 3m. Meritve so bile izvedene enkrat, dolžine pa so bile merjene s tremi reflektorji (1 navaden ter 2 precizna reflektorja).

Pred samim pričetkom izračuna je bilo potrebno popraviti izmerjene vrednosti. Popraviti jih je bilo treba za meteorološki popravek, kar pomeni da, je bilo potrebno pridobiti vrednost meteorološkega popravka. Meteorološki popravek je določen na osnovi izmerjenih temperatur zraka in zračnega tlaka na vsakem stojišču.

Primerjala sem vse tri izračune oz. vse tri empirične standardne odklone, rezultati so bili dobri. Med tremi izračunanimi empiričnimi standardni odkloni so po pričakovanjih nastale manjše razlike. Empirični standardni odklon merjene dolžine na navaden reflektor je večji kot, empirična standardna odklona merjene dolžine na preciznih reflektorjih. Razlika med empiričnima odklonoma je majhna, njena vrednost znaša 0,1 mm. Za vsako od meritev sem

opravila izračun in izvedla dva statistična testa. Pri prvem statističnem testiranju preizkušamo, če je pridobljeni empirični standardni odklon manjši od tistega, ki ga predpisuje proizvajalec instrumenta. Empirični standardni odklon pri meritvah dolžin z navadnim reflektorjem je bil 1,2 mm, pri uporabi prvega preciznega reflektorja 0,8 mm in pri uporabi drugega preciznega reflektorja 0,9 mm. Vsi trije izračunani empirični standardni odkloni so manjši od tistega, ki ga predpisuje proizvajalec instrumenta, le-ta znaša $2\text{mm}+2\text{ppm}$.

Standard ISO 17123 – 4 narekuje tudi izračun popravka ničelne točke ter statistično testiranje njene vrednosti. Popravek ničelne točke oz. k_a (adicijska konstanta) je vsota ekscentricitete referenčnega signala (ekscentriciteta predstavlja nesovpadanje stojiščne osi instrumenta in točke oddaje oziroma sprejema elektromagnetnega vala) in ekscentricitete merskega signala (ekscentriciteta pomeni nesovpadanje stojiščne osi reflektorja s točko odboja žarka in je zelo odvisna od vrste reflektorja) in ga lahko določamo s primerjavo z znano dolžino (**»cit.po«** Kogoj, D., 2002. Merjenje dolžin z elektronskimi razdaljemerji. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 11f, 66f.). Vse tri vrednosti ničelne točke so zadostile pogoju in prestale statistične teste. Vrednosti ničelnih točk so znašale, za navadni reflektor -0,03 mm, prvi precizni reflektor 0,30 mm in drugi precizni reflektor 0,22 mm.

S statističnimi testi dokažemo ali lahko instrument uporabimo za izvajanje geodetskih del, za katere je namenjen ali ne. Elektronski tahimeter lahko uporabimo za izvajanje geodetskih del, kjer zahtevana natančnost izmerjenih dolžin ni večja od 1,2 mm.

7. DOLOČITEV PRAKTIČNE NATANČNOSTI ELEKTRONSKEGA TAHIMETRA PRI DOLOČITVI KOORDINAT PO ISO 17123 – 5 STANDARDU

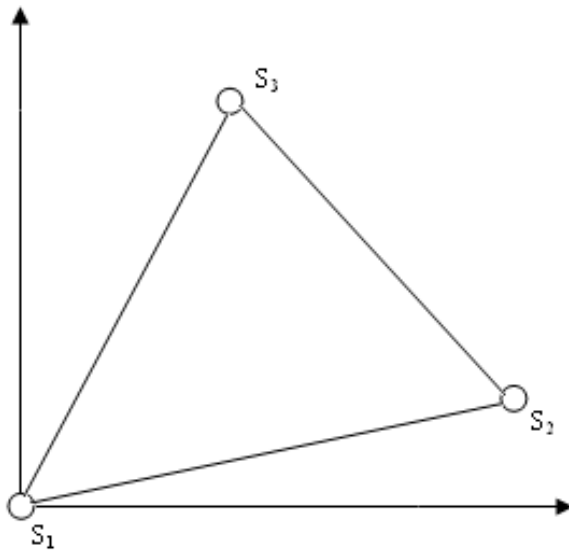
Ta postopek temelji na določevanju koordinat v testnem postopku. Empirični standardni odklon določene koordinate ene točke se izračuna iz vsote najmanjših kvadratov popravkov. Popolni preizkus je namenjen za izračun natančnosti meritev z uporabo elektronskih tahimetrov. Praktična natančnost elektronskih tahimetrov je definirana z empiričnim standardnim odklonom koordinate merjene enkrat, v obeh krožnih legah.

7.1. Terenska določitev prostorskih koordinat

Celotna določitev koordinat mora biti izmerjena v istem dnevu. ISO standard 17123 – 5 priporoča prisilno centriranje, saj se tako znebimo pogreška centriranja. Preden pričnemo z izvajanjem meritev je potrebo vzpostaviti testno bazo. Najboljšo postavitev testne baze dosežemo tako, da stojiščne točke tvorijo enakostranični trikotnik, oddaljenost med njimi pa znaša od 100 do 200 m (slika 7).

V celotnem postopku je potrebno izvesti tri serije meritev. Meritve pričnemo izvajati tako, da na enega od stativov v testnem trikotniku postavimo instrument, na druga dva stativa pa reflektorja. Ko določimo obe koordinati (na stativih kjer sta reflektorja), se po točno določenem zaporedju z instrumentom prestavimo na druga dva stativa. Koordinate stojišča z vsako postavitvijo instrumenta nastavimo na 0. Vse koordinate morajo biti določene v obeh krožnih legah. Med samo izmero moramo skrbeti za horizontalnost instrumenta. Med meritvami je potrebno meriti tudi temperaturo in zračni tlak.

Za določitev koordinatne razlike z med referenčnimi točkami, moramo v izračun vključiti tudi razliko (δ) med višino instrumenta in višino tarče. Vrednost razlike predstavlja neznanko v izravnavi. Razlika med višino instrumenta in višino tarče oz. vrednost Δh , naj bi imela enako vrednost pri vseh meritvah, lahko pa je drugačna od točke do točke, saj je odvisna od površine tal.



Slika 7: Konfiguracija testne baze pri preizkusu elektronskega tahimetra po standardu ISO 17123 - 5

7.2. Obdelava in ocena natančnosti določitve prostorskih koordinat

Kot je že povedano v prejšnjem poglavju se meritve izvajajo v dveh krožnih legah, zato je potrebno izračunati aritmetično sredino koordinat določenih v prvi in v drugi krožni legi. Aritmetično sredino je potrebno izračunati za vse tri koordinate (x,y in z), izračunamo jo po naslednjih enačbah:

$$x_{i,j,k} = \frac{1}{2}(x_{i,j,k,I} + x_{i,j,k,II}) \quad 82$$

$$y_{i,j,k} = \frac{1}{2}(y_{i,j,k,I} + y_{i,j,k,II}) \quad 83$$

$$z_{i,j,k} = \frac{1}{2}(z_{i,j,k,I} + z_{i,j,k,II}) \quad 84$$

$i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3$ in $k = 1, 2, 3$

7.2.1. Obdelava in ocena natančnosti položajnih koordinat (x,y)

Izračun se deli na izračuna natančnosti položajnih koordinat in z koordinate.

Da dosežemo primerljive rezultate vseh treh serije meritev je potrebno transformirati vsako serijo. Ker ima točka S₁ koordinate (0,0), je potrebno izvesti transformacijo vsakega seta po enačbah:

$$x'_{i,j,k} = x_{i,j,k} - x_{i,j,1} \quad 85$$

$$y'_{i,j,k} = y_{i,j,k} - y_{i,j,1} \quad 86$$

i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3 in k = 1, 2, 3

Za prvi set meritev, (i = 1 in j = 1), rotacija ni potrebna. Direktno transformacijo, ki vključuje rotacijo dveh točk S₁ in S₂ testnega trikotnika dosežemo po enačbah:

$$x''_{1,1,k} = x'_{1,1,k} \quad 87$$

$$y''_{1,1,k} = y'_{1,1,k} \quad 88$$

k = 2, 3

Za vsakega od sledečih setov, j = 1, 2, 3 serije i = 1, 2, 3, je kot zasuka $\varphi_{i,j}$ s centrom v točki S₁ nujno potreben.

Najbolj izvedljiv način za rotacijo je ta, da vsako tarčo (k = 2,3) pravokotne koordinate transformiramo v polarne. Transformacijo v polarne koordinate naredimo po enačbah:

$$t'_{i,j,k} = \arctan \frac{y'_{i,j,k}}{x'_{i,j,k}} \quad 89$$

$$s'_{i,j,k} = \sqrt{x'^2_{i,j,k} + y'^2_{i,j,k}} \quad 90$$

Orientacijo za vsak set (j) serije (i) lahko izrazimo s srednjo vrednostjo po enačbi:

$$t'_{i,j} = \frac{1}{2} (t'_{i,j,2} + t'_{i,j,3}) \quad 91$$

Zato rotacijski kot izračunamo po spodaj navedeni enačbi:

$$\varphi_{i,j} = t'_{1,1} - t'_{i,j} \quad 92$$

$i = 1, 2, 3$ in $j = 1, 2, 3$

Tako dobimo novo orientacijo po enačbi:

$$t_{i,j,k} = t'_{i,j,k} + \varphi_{i,j} \quad 93$$

$i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3$ in $k = 2, 3$

Transformirane koordinate izračunamo po sledeči enačbi:

$$x''_{i,j,k} = s_{i,j,k} \cdot \cos t_{i,j,k} \quad 94$$

$$y''_{i,j,k} = s_{i,j,k} \cdot \sin t_{i,j,k} \quad 95$$

$i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3$ in $k = 2, 3$

Izravnane koordinate točk S_2 in S_3 dobimo iz:

$$\bar{x}''_k = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 x''_{i,j,k} \quad 96$$

$$\bar{y}''_k = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 y''_{i,j,k} \quad 97$$

Za obe navedeni enačbi velja, da je $k = 2, 3$

36 rezultatov iz izravnave dobimo po enačbah:

$$r_{x,i,j,k} = \bar{x}''_k - x''_{i,j,k} \quad 98$$

$$r_{y,i,j,k} = \bar{y}''_k - y''_{i,j,k} \quad 99$$

Kjer velja: $i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3$ in $k = 2, 3$

Seštevek kvadratov razlik dobimo po sledeči enačbi:

$$\sum r_{x,y}^2 = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=2}^3 (r_{x,i,j,k}^2 + r_{y,i,j,k}^2) \quad 100$$

Ker imamo poznanih 8 rotacijskih parametrov in 4 povprečne koordinate točk S_2 in S_3 , je število neznank v izravnavi dobljeno po naslednjem izračunu:

$$u = 8 + 4 = 12 \quad 101$$

Tako je število prostostnih stopenj:

$$v_{x,y} = 36 - 12 = 24 \quad 102$$

Sledi izračun empiričnega standardnega odklona, ene x ali y koordinate, opazovane enkrat v obeh krožnih legah po enačbi:

$$s_{x,y} = \sqrt{\frac{\sum r_{x,y}^2}{24}} \quad 103$$

kjer so:

i serija ponovitve

j girus

k točka

7.2.2. Obdelava in ocena natančnosti z- koordinate

Ker je z koordinata točke S_1 nastavljena na nič (0), so neznanke v izravnavi koordinate z_2 in z_3 , točk S_2 in S_3 , ter višinska razlika (δ) med višino instrumenta in višino tarče.

Tri neznanke izravnave ($u = 3$) so koordinate S_2 , S_3 in δ (razlika med višino instrumenta in višino tarče).

Prvi dve neznanke določimo po naslednjih enačbah:

$$z_2 = \frac{1}{18} \begin{pmatrix} 2z_{1,1,2} + z_{1,1,3} - 2z_{1,2,1} - z_{1,2,3} - z_{1,3,1} + z_{1,3,2} \\ + 2z_{2,1,2} + z_{2,1,3} - 2z_{2,2,1} - z_{2,2,3} - z_{2,3,1} + z_{2,3,2} \\ + 2z_{3,1,2} + z_{3,1,3} - 2z_{3,2,1} - z_{3,2,3} - z_{3,3,1} + z_{3,3,2} \end{pmatrix} \quad 104$$

$$z_3 = \frac{1}{18} \begin{pmatrix} z_{1,1,2} + 2z_{1,1,3} - z_{1,2,1} + z_{1,2,3} - 2z_{1,3,1} - z_{1,3,2} \\ + z_{2,1,2} + 2z_{2,1,3} - z_{2,2,1} + z_{2,2,3} - 2z_{2,3,1} - z_{2,3,2} \\ + z_{3,1,2} + 2z_{3,1,3} - z_{3,2,1} + z_{3,2,3} - 2z_{3,3,1} - z_{3,3,2} \end{pmatrix} \quad 105$$

Razlika med višino instrumenta in višino tarče je določena z enačbo:

$$\delta = \frac{1}{18} \begin{pmatrix} -z_{1,1,2} - z_{1,1,3} - z_{1,2,1} - z_{1,2,3} - z_{1,3,1} - z_{1,3,2} \\ -z_{2,1,2} - z_{2,1,3} - z_{2,2,1} - z_{2,2,3} - z_{2,3,1} - z_{2,3,2} \\ -z_{3,1,2} - z_{3,1,3} - z_{3,2,1} - z_{3,2,3} - z_{3,3,1} - z_{3,3,2} \end{pmatrix} \quad 106$$

S temi tremi parametri se 18 razlik popravkov izračuna po enačbah:

$$r_{1,1,2} = z_2 - \delta - z_{1,1,2} \quad 107$$

$$r_{1,1,3} = z_3 - \delta - z_{1,1,3} \quad 108$$

$$r_{1,2,1} = -z_2 - \delta - z_{1,2,1} \quad 109$$

$$r_{1,2,3} = -z_2 + z_3 - \delta - z_{1,2,3} \quad 110$$

$$r_{1,3,1} = -z_3 - \delta - z_{1,3,1} \quad 111$$

$$r_{1,3,2} = z_2 - z_3 - \delta - z_{1,3,2} \quad 112$$

$$r_{2,1,2} = z_2 - \delta - z_{2,1,2} \quad 113$$

$$r_{2,1,3} = z_3 - \delta - z_{2,1,3} \quad 114$$

$$r_{2,2,1} = -z_2 - \delta - z_{2,2,1} \quad 115$$

$$r_{2,2,3} = -z_2 + z_3 - \delta - z_{2,2,3} \quad 116$$

$$r_{2,3,1} = -z_3 - \delta - z_{2,3,1} \quad 117$$

$$r_{2,3,2} = z_2 - z_3 - \delta - z_{2,3,2} \quad 118$$

$$r_{3,1,2} = z_2 - \delta - z_{3,1,2} \quad 119$$

$$r_{3,1,3} = z_3 - \delta - z_{3,1,3} \quad 120$$

$$r_{3,2,1} = -z_2 - \delta - z_{3,2,1} \quad 121$$

$$r_{3,2,3} = -z_2 + z_3 - \delta - z_{3,2,3} \quad 122$$

$$r_{3,3,1} = -z_3 - \delta - z_{3,3,1} \quad 123$$

$$r_{3,3,2} = z_2 - z_3 - \delta - z_{3,3,2} \quad 124$$

Seštevek kvadratov popravkov je določen z enačbo:

$$\sum r_z^2 = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^3 r_{i,j,k}^2 \quad 125$$

Število prostostnih stopenj znaša:

$$\nu_z = 18 - 3 = 15 \quad 126$$

Empirični standardni odklon ene z koordinate merjene enkrat v obeh krožnih legah se izračuna po sledeči enačbi:

$$s_z = \sqrt{\frac{\sum r_z^2}{15}} \quad 127$$

7.3. Statistična analiza natančnosti določitve prostorskih koordinat

Po opravljenem popolnem preizkusu opravimo še statistične teste. Le – te uporabljamo za analizo in interpretacijo rezultatov dobljenih iz opravljenih meritev na terenu. Statistično testiranje opravimo zato, da dobimo odgovore na naslednji vprašanji:

- 1) Ali je izračunan empirični standardni odklon manjši od tistega, ki ga je predpisal in priložil k instrumentu proizvajalec?
- 2) Če sta dva empirična standardna odklona, ki sta pridobljena iz dveh različnih vzorcev meritev, ki pripadata isti populaciji in ki vsebujeta enako število prostostnih stopenj pridobljena iz:
 - dveh vzorcev meritev z istim instrumentom, vendar različnima opazovalcema,
 - dveh vzorcev meritev z istim instrumentom v različnem času,
 - dveh vzorcev meritev z različnim instrumentom.

Vsi statistični testi so izvedeni s stopnjo zaupanja $1 - \alpha = 0,95$, glede na vrsto meritev predpostavljamo število prostostnih stopenj $\nu_{x,y} = 24$ (za položajni koordinati) in $\nu = 15$ za z koordinato.

Vprašanje	Ničelna hipoteza	Alternativna hipoteza
1)	$s \leq \sigma$	$s > \sigma$
2)	$\sigma = \tilde{\sigma}$	$\sigma \neq \tilde{\sigma}$

Preglednica 13: Pogoji, ki jih izpolnjuje empirični standardni odklon (pri določevanju koordinat) pri sprejetju hipotez

a) Odgovor na prvo vprašanje

S statističnimi testi preverimo ali je empirični standardni odklon (s) manjši ali enak od teoretične oz. vrednosti standardnega odklona, ki ga navaja proizvajalec. Ničelno hipotezo sprejmemo, če je izpolnjen naslednji pogoj:

Za x- in y- koordinati:

$$s \leq \sigma \cdot \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha}(v)}{v}} \quad 128$$

$$s \leq \sigma \cdot \sqrt{\frac{\chi^2_{0,95}(24)}{24}} \quad 129$$

$$\chi^2_{0,95}(32) = 36,42 \quad 130$$

$$s \leq \sigma \cdot \sqrt{\frac{36,42}{24}} \quad 131$$

$$s \leq \sigma \cdot 1,23 \quad 132$$

Za z- koordinato:

$$s \leq \sigma \cdot \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha}(v)}{v}} \quad 133$$

$$s \leq \sigma \cdot \sqrt{\frac{\chi^2_{0,95}(15)}{15}} \quad 134$$

$$\chi^2_{0,95}(32) = 25,00 \quad 135$$

$$s \leq \sigma \cdot \sqrt{\frac{25,00}{15}} \quad 136$$

$$s \leq \sigma \cdot 1,29$$

137

Če pogoj ni izpolnjen ničelno hipotezo zavrnamo. Rezultata opravljenih statističnih testov in pogoja, ki morata biti izpolnjena, so zbrani v spodnji preglednici. Glede na opravljene statistične teste ničelno hipotezo sprejmemo.

$\sigma = 0,005$ m	X- in Y-	Z-
Pogoj	$0,003 \leq 0,0037$	$0,002 \leq 0,0039$
s	0,003 m	s = 0,002 m

Preglednica 14: Rezultati statističnega testiranja empiričnih odklonov pri določevanju prostorskih koordinat

7.4. Ugotovitve in zaključki

Določitev koordinat in izračuni so bili izvedeni po standardu ISO 17123 – 5. V tem primeru sem meritve izvajala samo enkrat, v čimbolj idealnih pogojih, ki sem jih v letnem času, v katerem sem izvajala meritve, dočakala proti večeru. Ker sem meritve izvajala samo enkrat, je bil tudi izračun samo eden. Posledično je bilo potrebno izvesti samo en statistični test. Po ISO 17123 – 5 standardu se določa praktična natančnost elektronskega tahimetra ločeno za položajni koordinati in z koordinato.

Izračunan empirični standardni odklon za x- in y- koordinati je 0,003 m, empirični standardni odklon za z- koordinato pa 0,002 m, deklarirana položajna natančnost instrumenta pa je 5 mm. Kot je videti iz navedenih vrednosti je izračunan empirični standardni odklon manjši od tistega, ki ga k instrumentu prilaga proizvajalec, tako za položajni koordinati kot za z-koordinato. Glede na dobljene rezultate in na opravljene statistične teste ničelno hipotezo sprejmemo.

Vrednosti rezultatov so sicer dobre, vendar sem mnenja, da bi lahko bile boljše, predvsem pri položajnih koordinatah. Sam proces izvajanja meritev se mi je zdel predvsem zelo dolgotrajen, saj se mi je zdelo da mi med opravljanjem postopka vzame veliko časa izmenjava reflektorjev ter le-teh obračanje v pravo smer (smer proti instrumentu) in samo prestavljanje elektronskega tahimetra. Ena izmed slabosti elektronskega tahimetra je tudi ta, da ima zaslon

samo na eni strani, kar pomeni dodatno premikanje okrog instrumenta in s tem povzročanje tresenje površine.

8. ZAKLJUČKI

Diplomska naloga je sestavljena iz praktičnega dela (izmere), kot tudi tistega, ki zajema obdelavo merskih podatkov.

Pred pričetkom izvajanja meritev in s tem pridobivanjem podatkov za obdelavo sem pričakovala, da bo sama izvedba le-teh zahtevala manj časa oz. manj dela, tako pa sem med samimi preizkusi naletela kar na nekaj težav. Sama obdelava podatkov, težav ni povzročala, če si standard dobro prevedel in si ga korektno razlagal.

Najprej sem pričela izvajati meritve za pridobitev podatkov za preizkus teodolita po ISO 17123 -3 standardu oz. bolje rečemo, določitev natančnosti teodolita pri merjenju horizontalnih kotov. Ta preizkus mi je bil že poznan, zato sem se kot za dober začetek odločila za izvedbo le-tega.

Korektna izvedba meritev zahteva večjo ravno površino, saj je potrebno izpolniti pogoj oddaljenosti od instrumenta do petih reflektorjev, oddaljenost med njimi znaša od 100 do 200 m. Izpolniti je bilo potrebno tudi pogoj čimbolj ravne površine, saj se tako zmanjša vpliv kolimacijskega pogreška.

Za izvedbo preizkusa je bilo potrebno veliko geodetskega pribora, 6 stativov, 5 reflektorjev, 5 nastavkov za reflektorje in seveda instrument, z izposojjo le-tega pa sem bila omejena. Kot sem že omenila, sem potrebovala večjo površino za izvedbo tega preizkusa. Ker sem doma v dolini, kjer večjih ravnih površin ni, sem preizkus izvajala v štajerskem delu Slovenije, kjer ravnih površin ne manjka. Težko je bilo uskladiti izposojjo instrumenta, geodetskega pribora, ustrezno površino ter nekoga, ki bi bil pripravljen pri izvedbi meritev pomagati, oz. sem potrebovala nekoga, ki mi je moral pomagati vzpostaviti ustrezno testno mrežo za izvedbo le-teh.

Kot je videti iz diplomskega dela, sem preizkus izvajala dvakrat. Dvakrat sem ga izvajala zato, da sem med seboj primerjala dva rezultata (empirična standardna odklona) meritev, izvedena v drugačnih vremenskih razmerah. Meritve so morale biti izvedene v sončnem in v oblačnem vremenu. Glede na razmere mi je tudi to povzročilo dodatno skrb ter predvsem spremljanje vremenske napovedi. Kot sem že omenila, sem bila nekako omejena s časom, zato sem meritvi izvedla v istem dnevu. Prvo serijo meritev sem izvedla zgodaj zjutraj, kjer ni bilo sončevega obsevanja, drugo serijo pa proti večeru še v sončnem vremenu.

Opravila sem preizkus teodolita, prav tako po ISO 17123 – 3 standardu, za določitev natančnosti pri merjenju zenitnih razdalj.

Sam standard ISO 17123 - 3 narekuje izvajanje meritev vertikalnih kotov, kar sem pri prvem poizkusu izvajanja meritev tudi upoštevala. Ko pa sem pridobljene podatke hotela obdelati, sem ugotovila, da instrument beleži prvo in drugo krožno lego z enako vrednostjo. Glede na podatke, mi ni preostalo drugega, kot da instrument nastavim tako, da bo odčital zenitne razdalje in še enkrat ponovim meritve.

Za ta preizkus je bilo potrebno najti dovolj visoko stavbo, si na njej izbrati štiri točke, katere morajo med seboj oklepiti 30° , na njih vizirati in razbrati zenitno razdaljo na vsaki točki v obeh krožnih legah.

Ta preizkus se mi je zdel najenostavnejši in tudi najhitrejši, saj si ni bilo potrebno nič drugega kot najti primerno stavbo, ter si izposoditi instrument s stativom. Tudi ta preizkus sem izvedla dvakrat, enkrat v oblačnem in drugič v sončnem vremenu in prav tako primerjala dobljena rezultata. Ker ni bilo potrebno veliko geodetskega pribora, sem meritve lahko izvedla sama, izvedla pa sem jih tudi v domačem kraju.

Izvedla sem tudi preizkus razdaljemera po ISO 17123 – 4 standardu. Preizkus sem izvedla enkrat, v idealnih vremenskih pogoj, kjer sončevega obsevanja ni bilo, kar je pripomoglo k boljšim rezultatom.

Preizkus je bil sicer relativno enostaven, vendar dolgotrajen. Preizkus je zahteval tudi računanja pred samo izmero, saj je bilo potrebno vzpostaviti korektno bazo za izvedbo meritev. Baza za samo izmero vsebuje različne dolžine med točkami, te dolžine je bilo potrebno količiti na 1 cm natančno. Za postavitvev same baze je bilo potrebno kar nekaj časa, upoštevati pa je bilo potrebno tudi to, da morajo biti reflektorji natanko en za drugim, kar je pomenilo, da je moral biti na vseh stativih natanko 1 reflektor, če je na drugem stativu ostal še kakšen reflektor, instrument ni uspel izmeriti prave dolžine ali pa je celo ni izmeril. Potrebno je bilo meriti tudi meteorološke parametre, za kasnejši izračun, v katerem dobimo popravljene dolžine za meteorološki popravek. Šele popravljene dolžine lahko uporabimo za nadaljnji izračun in testiranje empiričnega odklona.

Zadnji preizkus, ki sem ga opravila po ISO 17123 – 5 standardu, je bil preizkus elektronskega tahimetra oz. določitev položajne natančnosti koordinate točke.

Sam ISO 17123 – 5 je razložen zelo dobro, vendar pa se je striktno treba držati njegovih navodil. Sam preizkus oz. sama izmera za pridobitev podatkov ni težka in ni nerazumljiva, je pa dolgotrajna, saj zahteva izmero v obeh krožnih legah in tri serije ponovitev izmere (na vsakem stojišču stojim trikrat). Pri izvedbi meritev sem potrebovala pomoč. Sicer bi meritve lahko opravila sama, kar pa bi mi vzelo veliko več časa kot sicer, saj je med stojiščno točko in med točkami reflektorjev potrebno kar nekaj hoje, saj je za vsak premik instrumenta potrebno zamenjati z reflektorjem ter jih obrniti v pravo smer (smer proti instrumentu). Previden je potrebno biti tudi pri vzpostavitvi testne baze, saj je treba upoštevati pogoj, da morajo točke in povezave testne baze tvoriti čim bolj enakostranični trikotnik. Upoštevati pa je potrebno tudi označitev točk in pravilni vrstni red določanja koordinat (najprej točka S_2 in nato točka S_3), drugače lahko kaj kmalu pridemo do težav pri izračunu, kot je npr. drugačen kot in s tem nepravilna določitev koordinate.

9. POVZETEK

Diplomska naloga vsebuje preizkus elektronskega tahimetra Leica TCR803 po mednarodnem standardu, ISO 17123 - 3, ISO 17123 - 4 in ISO 17123 - 5. V standardih so navedena navodila in pripadajoči izračuni za določitev natančnosti ki jo instrument lahko doseže.

Po standardu ISO 17123 – 3 testiramo teodolit elektronskega tahimetra za določitev natančnosti pri merjenju horizontalnih in zenitnih razdalj. Meritve horizontalnih smeri in zenitnih razdalj sem izvedla dvakrat (v sončnem in oblačnem vremenu), z namenom primerjave dveh empiričnih standardnih odklonov, pridobljenih v drugačnih razmerah. Empirična standardna odklona dobljena iz meritev horizontalnih kotov znašata 0,49 mgon, to je rezultat, ki sem ga dobila pri popoldanskem izvajanju meritev. 0,41 mgon pa je rezultat, ki sem ga dobila iz meritev izvedenih v dopoldanskem času. Oba empirična standardna odklona sta manjša od 1 mgon, to je deklarirana natančnost, ki jo navaja proizvajalec instrumenta.

Empirična standardna odklona dobljena iz meritev zenitnih razdalj znašata, v sončnem vremenu 0,32 mgon, v oblačnem vremenu pa 0,30 mgon. Dobljene vrednosti se med seboj bistveno ne razlikujejo. Oba empirična standardna odklona sta manjša od 1 mgon, kar pomeni, da so rezultati glede na deklarirano natančnost dobri

Po standardu ISO 17123 - 4 je testiran razdaljemer oz. določitev natančnosti pri merjenju dolžin. Meritve sem izvajala enkrat, pri 18 °C. Za merjenje dolžin sem uporabila en navadni ter dva precizna reflektorja. Glede na različne reflektorje dobim tudi različne empirične standardne odklone. Pri prvi meritvi, na navadni reflektor dobim izračunan empirični standardni odklon 1,2 mm, pri ostalih dveh pa 0,8 mm ter 0,9 mm. Kar pomeni, da so vsi empirični standardni odkloni manjši od deklarirane natančnosti. Le ta znaša 2mm + 2ppm.

V zadnjem navedenem standardu ISO 17123 – 5 so navedena navodila ter ustrezni izračuni za preizkus elektronskega tahimetra. Standard predpisuje določitev položajne natančnosti (x,y koordinati) ter natančnost z koordinate elektronskega tahimetra. Terenski preizkus sem tako kot pri testu razdaljemera izvajala samo enkrat. V standardu sta navedena dva izračuna in sicer, za koordinati x- in y- posebej, ter za z- koordinato posebej. Empirični standardni odklon za x- in y- koordinati znaša 0,003 m, za z- koordinato znaša 0,002 m. Dobljeni rezultati so glede na deklarirano natančnost dobri, sej le ta znaša 0,005 m. Vse obdelave podatkov so bile izvedene s programom Excel.

10. SUMMARY

The diploma work deals with the test of electronic tacheometers Leica TCR803 by international standard ISO 17123 – 3, ISO 17123 – 4 and ISO 17123 – 5. These standards include the instructions and calculations for accuracy determination which can be achieved by the instrument.

By the ISO 17123 – 3 standard we test theodolite of electronic tacheometers, so that we can determine the accuracy of measuring horizontal and zenithal distances. The measurements of horizontal directions and zenithal distances were made twice (in sunny and cloudy weather), with purpose to compare two empirical standard deviations, obtained in different conditions. Empirical standard deviations, acquired by horizontal angles measurement are 0,5 mgon, which is the result, acquired by measurement in the afternoon. 0,4 mgon is the result which was acquired by the measurements, which were executed near the evening (sunny weather). Both empirical standard deviations are lower than 1 mgon, which is the accuracy from the declaration, which is specified by the producer of the instrument.

Empirical standard deviations, acquired from the zenithal distance measurement are, in sunny weather 0,32 mgon and in cloudy weather 0,3 mgon. Calculated values are not fundamentally different. Both empirical standard deviations are lower than 1 mgon, which means that the results are good, regarding the accuracy on the declaration.

By ISO 17123 – 4 the electro-optical distance instrument and three accuracy determination at distance measurement is tested. I executed those measurement once, at 18°C. At distance determination I registered the reflection on three different reflectors, one regular and two precise. Because of the different reflectors, empirical standard deviations were different. At the first measurement, on regular reflector I calculated 1,2 mm standard deviation, at other two measurements they were 0,8 and 0,9 mm. That means that all empirical standard deviations are lower than accuracy on the declaration, which is 2mm + 2ppm.

In the last listed standard ISO 17123 – 5 there are instructions and appropriate calculations for electronic tacheometers testing. Standard provides the positional accuracy determination (x,y coordinates) and the accuracy from the electronic tacheometers coordinate. Field experiment was made only once. There are two calculations specified in the standard, for x- and y-coordinates separately and for z- coordinate separately. Empirical standard deviation for x-

and y- coordinates is 0,003 m, for z- coordinate 0.002 m. The results are good, considering the accuracy on the declaration, which is 0,005 m.

All data processing was made in Microsoft Excel.

VIRI

Kogoj, D. 2002. Merjenje dolžin z elektronskimi razdaljmeri. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, FGG: 11 f., 66 f.

Petrović, M. 2006. Primerjava standardov DIN 18723 in ISO 17123. Seminarska naloga. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo, Geodetska smer, 39 str.

Pikš, N. 2008. Primerjava standardov DIN 18723 in ISO 17123. Seminarska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo, Geodetska smer, 56 str.

Slatinek, K. in ostali 2008. Preizkus praktične natančnosti teodolitov. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo, Geodetska smer, 3 str.

Standardi:

ISO 17123 – 3 Optics and optical instrument – Field procedures for testing geodetic and surveying instrument – Teodolits: 21 str.

ISO 17123 – 4. 2001-12-01. Optics and optical instruments – Field procedures for testing geodetic and surveying instruments – Electro-optical distance meters (EDM instruments): 15 str.

ISO 17123 – 5. 2005-04-01. Optics and optical instruments – field procedures for testing geodetic and surveying instruments – electronic tacheometers: 17 str.

Elektronski viri:

Bilban, G. Your request for information about TPS 800. Message to. Pikš, N. 3. junij 2009. Osebna komunikacija.

Koler, B. Your request for information about ISO 17123 – 4. Message to: Pikš, N. 21. maj 2009. Osebna komunikacija.

www.geoservis.si/download/katalog/Leica%20TPS800_2.pdf (27.10.2009)

www.iso.org/iso/htm - How are ISO standards developed (08.09.2009)

www.iso.org/iso/htm (08.09.2009)

Priloga A: Obdelava meritev horizontalnih kotov v sončnem vremenu

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
i	j	k	I. krožna lega ($x_{j,k,I}$)	II. krožna lega ($x_{j,k,II}$)	Kolimacij - ski pogrešek (2C)	Sredina $x_{j,k}$	Reducirana Sredina $x'_{j,k}$	Sredine girusov x_k	$d_{j,k}$	$r_{j,k}$ (gon)	$rr_{j,k}$ (mgon)
1	1	1	0,6256	200,6253	-0,0001	0,6255	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0001	0,0121
		2	80,3139	280,3128	-0,0006	80,3134	79,6879	79,6881	0,0002	0,0001	0,0081
		3	161,1327	361,1329	0,0001	161,1328	160,5074	160,5072	-0,0002	-0,0003	0,0961
		4	239,9844	39,9846	0,0001	239,9845	239,3591	239,3596	0,0005	0,0004	0,1792
		5	320,6763	120,6759	-0,0002	320,6761	320,0507	320,0507	0,0000	-0,0001	0,0087
								dj =	0,0001	0,0000	
	2	1	267,0716	67,0719	0,0002	267,0718	0,0000		0,0000	0,0006	0,3969
		2	346,7605	146,7610	0,0003	346,7608	79,6890		-0,0009	-0,0003	0,0729
		3	27,5788	227,5800	0,0006	27,5794	160,5077		-0,0005	0,0001	0,0169
		4	106,4325	306,4317	-0,0004	106,4321	239,3604		-0,0008	-0,0001	0,0187
		5	187,1231	387,1237	0,0003	187,1234	320,0517		-0,0010	-0,0004	0,1248
								dj =	-0,0006	0,0000	
	3	1	134,8967	334,8973	0,0003	134,8970	0,0000		0,0000	-0,0005	0,2704
		2	214,5847	14,5841	-0,0003	214,5844	79,6874		0,0007	0,0002	0,0324
		3	295,4035	95,4034	-0,0001	295,4035	160,5065		0,0007	0,0002	0,0324
		4	374,2565	174,2562	-0,0002	374,2564	239,3594		0,0002	-0,0003	0,0822
		5	54,9468	254,9466	-0,0001	54,9467	320,0497		0,0010	0,0004	0,1995
								dj =	0,0005	0,0000	2
										Si =	0,4404

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
i	j	k	I. krožna lega ($x_{j,k,I}$)	II. krožna lega ($x_{j,k,II}$)	Kolimacij - ski pogrešek (2C)	Sredina $x_{j,k}$	Reducirana Sredina $x'_{j,k}$	Sredine girusov x_k	$d_{j,k}$	$r_{j,k}$ (gon)	$rr_{j,k}$ (mgon)
2	1	1	0,0915	200,0907	-0,0004	0,0911	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0007	0,5280
		2	79,7793	279,7796	0,0002	79,7795	79,6884	79,6894	0,0010	0,0003	0,0747
		3	160,5984	360,5980	-0,0002	160,5982	160,5071	160,5082	0,0011	0,0004	0,1654
		4	239,4498	39,4507	0,0005	239,4503	239,3592	239,3599	0,0008	0,0000	0,0005
		5	320,1409	120,1418	0,0005	320,1414	320,0503	320,0510	0,0007	0,0000	0,0005
								dj =	0,0007	0,0000	
	2	1	267,1638	67,1649	0,0006	267,1644	0,0000		0,0000	0,0000	0,0003
		2	346,8539	146,8541	0,0001	346,8540	79,6897		-0,0003	-0,0003	0,1003
		3	27,6725	227,6735	0,0005	27,6730	160,5087		-0,0004	-0,0004	0,1878
		4	106,5242	306,5233	-0,0005	106,5238	239,3594		0,0005	0,0005	0,2336
		5	187,2149	387,2152	0,0001	187,2151	320,0507		0,0003	0,0003	0,0803
								dj =	0,0000	0,0000	
	3	1	134,1806	334,1802	-0,0002	134,1804	0,0000		0,0000	0,0007	0,5525
		2	213,8695	13,8714	0,0010	213,8705	79,6901		-0,0007	0,0000	0,0019
		3	294,6888	94,6899	0,0005	294,6894	160,5090		-0,0007	0,0000	0,0007
		4	373,5405	173,5426	0,0010	373,5416	239,3612		-0,0012	-0,0005	0,2567
		5	54,2324	254,2325	0,0000	54,2325	320,0521		-0,0010	-0,0003	0,0940
								dj =	-0,0007	0,0000	2,2773
										Si =	0,5335

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
i	j	k	I. krožna lega ($x_{j,k,I}$)	II. krožna lega ($x_{j,k,II}$)	kolimacijski pogrešek (2C)	Sredina $x_{j,k}$	Reducirana Sredina $x'_{j,k}$	Sredine girusov x_k	$d_{j,k}$	$r_{j,k}$ (gon)	$rr_{j,k}$ (mgon)
3	1	1	0,0020	200,0026	0,0003	0,0023	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0005	0,2116
		2	79,6894	279,6910	0,0008	79,6902	79,6879	79,6885	0,0006	0,0001	0,0152
		3	160,5085	360,5090	0,0003	160,5088	160,5065	160,5072	0,0007	0,0003	0,0841
		4	239,3636	39,3631	-0,0002	239,3634	239,3611	239,3614	0,0003	-0,0001	0,0121
		5	320,0522	120,0512	-0,0005	320,0517	320,0494	320,0500	0,0006	0,0002	0,0245
							dj =	0,0005	0,0000		
	2	1	267,2576	67,2588	0,0006	267,2582	0,0000		0,0000	0,0009	0,7225
		2	346,9475	146,9485	0,0005	346,9480	79,6898		-0,0013	-0,0005	0,2178
		3	27,7670	227,7663	-0,0003	27,7667	160,5085		-0,0013	-0,0004	0,1600
		4	106,6207	306,6203	-0,0002	106,6205	239,3623		-0,0009	0,0000	0,0025
		5	187,3095	387,3085	-0,0005	187,3090	320,0508		-0,0008	0,0001	0,0044
							dj =	-0,0009	0,0000		
	3	1	133,6739	333,6735	-0,0002	133,6737	0,0000		0,0000	-0,0004	0,1521
		2	213,3619	13,3610	-0,0005	213,3615	79,6878		0,0007	0,0003	0,1179
		3	294,1808	94,1800	-0,0004	294,1804	160,5067		0,0005	0,0001	0,0121
		4	373,0349	173,0342	-0,0003	373,0346	239,3609		0,0006	0,0002	0,0256
		5	53,7236	253,7235	-0,0001	53,7236	320,0499		0,0002	-0,0002	0,0499
							dj =	0,0004	0,0000	1,8123	
									Si =	0,4760	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
i	j	k	I. krožna lega ($x_{j,k,I}$)	II. krožna lega ($x_{j,k,II}$)	kolimacijski pogrešek (2C)	Sredina $x_{j,k}$	Reducirana Sredina $x'_{j,k}$	Sredine girusov x_k	$d_{j,k}$	$r_{j,k}$ (gon)	$rr_{j,k}$ (mgon)
4	1	1	0,2876	200,2865	-0,0006	0,2870	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0001	0,0075
		2	79,9772	279,9761	-0,0006	79,9767	79,6896	79,6894	-0,0002	-0,0003	0,0642
		3	160,7948	360,7937	-0,0006	160,7943	160,5072	160,5072	0,0000	-0,0001	0,0075
		4	239,6476	39,6473	-0,0002	239,6475	239,3604	239,3604	0,0000	-0,0001	0,0049
		5	320,3370	120,3370	0,0000	320,3370	320,0500	320,0505	0,0006	0,0005	0,2467
							dj =	0,0001	0,0000		
	2	1	267,4566	67,4567	0,0001	267,4567	0,0000		0,0000	0,0006	0,3173
		2	347,1475	147,1465	-0,0005	347,1470	79,6904		-0,0009	-0,0004	0,1248
		3	27,9640	227,9650	0,0005	27,9645	160,5079		-0,0006	-0,0001	0,0075
		4	106,8177	306,8181	0,0002	106,8179	239,3613		-0,0008	-0,0003	0,0729
		5	187,5081	387,5071	-0,0005	187,5076	320,0510		-0,0004	0,0001	0,0215
							dj =	-0,0006	0,0000		
	3	1	134,0049	334,0035	-0,0007	134,0042	0,0000		0,0000	-0,0005	0,2272
		2	213,6930	13,6921	-0,0005	213,6926	79,6884		0,0011	0,0006	0,3680
		3	294,5110	94,5105	-0,0003	294,5108	160,5066		0,0006	0,0002	0,0300
		4	373,3637	173,3639	0,0001	373,3638	239,3596		0,0008	0,0003	0,1156
		5	54,0552	254,0546	-0,0003	54,0549	320,0507		-0,0002	-0,0006	0,4139
							dj =	0,0005	0,0000	2,0297	
									Si =	0,5037	
									S =	0,0005	

Priloga B: Obdelava meritev horizontalnih kotov v oblačnem vremenu

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
i	j	k	I. krožna lega ($x_{j,k,I}$)	II. krožna lega ($x_{j,k,II}$)	Kolimacij - ski pogrešek (2C)	Sredina $x_{j,k}$	Reducirana Sredina $x'_{j,k}$	Sredine girusov x_k	$d_{j,k}$	$r_{j,k}$ (gon)	$rr_{j,k}$ (mgon)
1	1	1	0,0003	199,9996	-0,0004	-0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0001	0,0036
		2	79,6892	279,6888	-0,0002	79,6890	79,6891	79,6889	-0,0002	-0,0002	0,0441
		3	160,5070	360,5077	0,0003	160,5074	160,5074	160,5079	0,0004	0,0004	0,1521
		4	239,3609	39,3605	-0,0002	239,3607	239,3608	239,3606	-0,0002	-0,0002	0,0441
		5	320,0494	120,0504	0,0005	320,0499	320,0500	320,0501	0,0002	0,0001	0,0081
								dj =	0,0001	0,0000	
	2	1	266,1395	66,1394	-0,0001	266,1395	0,0000		0,0000	-0,0002	0,0441
		2	345,8273	145,8283	0,0005	345,8278	79,6884		0,0005	0,0003	0,1156
		3	26,6477	226,6477	0,0000	26,6477	160,5083		-0,0004	-0,0006	0,3721
		4	105,4992	305,4995	0,0002	105,4994	239,3599		0,0007	0,0005	0,2401
		5	186,1887	386,1900	0,0006	186,1894	320,0499		0,0002	0,0000	0,0001
								dj =	0,0002	0,0000	
	3	1	132,5384	332,5387	0,0002	132,5386	0,0000		0,0000	0,0003	0,0729
		2	212,2279	12,2278	-0,0001	212,2279	79,6893		-0,0004	-0,0001	0,0169
		3	293,0464	93,0465	0,0000	293,0465	160,5079		-0,0001	0,0002	0,0484
		4	371,8997	171,8997	0,0000	371,8997	239,3612		-0,0006	-0,0003	0,0784
		5	52,5891	252,5889	-0,0001	52,5890	320,0505		-0,0004	-0,0001	0,0064
								dj =	-0,0003	0,0000	1,2470
										Si =	0,3948

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
i	j	k	I. krožna lega ($x_{j,k,I}$)	II. krožna lega ($x_{j,k,II}$)	kolimacijski pogrešek (2C)	Sredina $x_{j,k}$	Reducirana Sredina $x'_{j,k}$	Sredine girusov x_k	$d_{j,k}$	$r_{j,k}$ (gon)	$rr_{j,k}$ (mgon)
2	1	1	399,2360	199,2366	0,0003	399,2363	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0022
		2	78,9255	278,9255	0,0000	78,9255	79,6892	79,6891	-0,0001	-0,0002	0,0267
		3	159,7437	359,7447	0,0005	159,7442	160,5079	160,5084	0,0005	0,0004	0,1907
		4	238,5960	38,5970	0,0005	238,5965	239,3602	239,3604	0,0002	0,0001	0,0187
		5	319,2871	119,2877	0,0003	319,2874	320,0511	320,0508	-0,0003	-0,0004	0,1320
							dj =	0,0000	0,0000		
	2	1	266,2536	66,2533	-0,0002	266,2535	0,0000		0,0000	-0,0002	0,0469
		2	345,9425	145,9424	-0,0001	345,9425	79,6890		0,0001	-0,0001	0,0178
		3	26,7613	226,7618	0,0002	26,7616	160,5081		0,0003	0,0001	0,0044
		4	105,6138	305,6139	0,0001	105,6139	239,3604		0,0000	-0,0002	0,0544
		5	186,3036	386,3034	-0,0001	186,3035	320,0501		0,0007	0,0005	0,2669
							dj =	0,0002	0,0000		
	3	1	132,9763	332,9771	0,0004	132,9767	0,0000		0,0000	0,0003	0,0693
		2	212,6655	12,6660	0,0002	212,6658	79,6891		0,0000	0,0003	0,0880
		3	293,4858	93,4859	0,0001	293,4859	160,5092		-0,0008	-0,0005	0,2533
		4	372,3371	172,3374	0,0001	372,3373	239,3606		-0,0002	0,0001	0,0093
		5	53,0278	253,0280	0,0001	53,0279	320,0512		-0,0004	-0,0002	0,0235
							dj =	-0,0003	0,0000	1,2043	
									Si =	0,3880	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
i	j	k	I. krožna lega ($x_{j,k,I}$)	II. krožna lega ($x_{j,k,II}$)	kolimacijski pogrešek (2C)	Sredina $x_{j,k}$	Reducirana Sredina $x'_{j,k}$	Sredine girusov x_k	$d_{j,k}$	$r_{j,k}$ (gon)	$rr_{j,k}$ (mgon)
3	1	1	399,4484	199,4479	-0,0002	399,4482	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0001	0,0054
		2	79,1358	279,1357	-0,0001	79,1358	79,6876	79,6883	0,0007	0,0006	0,4139
		3	159,9568	359,9559	-0,0005	159,9564	160,5082	160,5078	-0,0004	-0,0004	0,1936
		4	238,8080	38,8077	-0,0001	238,8079	239,3597	239,3601	0,0004	0,0003	0,0961
		5	319,4996	119,4988	-0,0004	319,4992	320,0511	320,0507	-0,0004	-0,0004	0,1936
							dj =	0,0001	0,0000		
	2	1	265,9509	65,9519	0,0005	265,9514	0,0000		0,0000	-0,0002	0,0300
		2	345,6396	145,6398	0,0001	345,6397	79,6883		0,0000	-0,0002	0,0245
		3	26,4580	226,4588	0,0004	26,4584	160,5070		0,0008	0,0007	0,4356
		4	105,3111	305,3118	0,0003	105,3115	239,3601		0,0000	-0,0001	0,0196
		5	186,0016	386,0026	0,0005	186,0021	320,0507		0,0000	-0,0002	0,0361
							dj =	0,0002	0,0000		
	3	1	133,0395	333,0401	0,0003	133,0398	0,0000		0,0000	0,0002	0,0608
		2	212,7289	12,7288	-0,0001	212,7289	79,6891		-0,0007	-0,0005	0,2368
		3	293,5485	93,5477	-0,0004	293,5481	160,5083		-0,0005	-0,0002	0,0484
		4	372,4002	172,4004	0,0001	372,4003	239,3605		-0,0004	-0,0002	0,0289
		5	53,0903	253,0899	-0,0002	53,0901	320,0503		0,0004	0,0006	0,3969
							dj =	-0,0002	0,0000	2,2203	
									Si =	0,5268	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
i	j	k	I. krožna lega ($x_{j,k,I}$)	II. krožna lega ($x_{j,k,II}$)	kolimacijski pogrešek (2C)	Sredina $x_{j,k}$	Reducirana Sredina $x'_{j,k}$	Sredine girusov x_k	$d_{j,k}$	$r_{j,k}$ (gon)	$rr_{j,k}$ (mgon)
4	1	1	399,3315	199,3310	-0,0003	399,3313	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002
		2	79,0198	279,0200	0,0001	79,0199	79,6887	79,6887	0,0001	0,0001	0,0049
		3	159,8392	359,8397	0,0002	159,8395	160,5082	160,5083	0,0001	0,0001	0,0107
		4	238,6910	38,6919	0,0005	238,6915	239,3602	239,3602	0,0000	0,0000	0,0022
		5	319,3813	119,3822	0,0005	319,3818	320,0505	320,0504	-0,0001	-0,0001	0,0128
							dj =	0,0000	0,0000		
	2	1	266,2392	66,2402	0,0005	266,2397	0,0000		0,0000	0,0003	0,0765
		2	345,9291	145,9283	-0,0004	345,9287	79,6890		-0,0003	0,0000	0,0001
		3	26,7477	226,7488	0,0005	26,7483	160,5086		-0,0002	0,0000	0,0019
		4	105,5997	305,6003	0,0003	105,6000	239,3603		-0,0001	0,0001	0,0205
		5	186,2911	386,2906	-0,0003	186,2909	320,0512		-0,0007	-0,0005	0,2240
							dj =	-0,0003	0,0000		
	3	1	132,9297	332,9293	-0,0002	132,9295	0,0000		0,0000	-0,0003	0,0693
		2	212,6177	12,6184	0,0003	212,6181	79,6886		0,0002	-0,0001	0,0064
		3	293,4374	93,4380	0,0003	293,4377	160,5082		0,0001	-0,0001	0,0215
		4	372,2896	172,2894	-0,0001	372,2895	239,3600		0,0002	-0,0001	0,0093
		5	52,9786	252,9795	0,0005	52,9791	320,0496		0,0009	0,0006	0,3442
							dj =	0,0003	0,0000	0,8047	
									Si =	0,0000	
									S =	0,0004	

Priloga C: Obdelava meritev zenitnih razdalj v sončnem vremenu

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
i	j	k	I. krožna lega ($x_{j,k,I}$)	II. krožna lega ($x_{j,k,II}$)	I.kl+II.kl	δ_{ii}	$x'_{j,k}$	x_k	$r_{j,k}$ (gon)	$rr_{j,k}$ (mgon)
1	1	1	66,5744	333,4264	400,0008	0,0004	66,5740	66,5744	0,0004	0,1878
		2	74,4211	325,5807	400,0018	0,0009	74,4202	74,4201	-0,0002	0,0225
		3	88,9720	311,0278	399,9998	-0,0001	88,9721	88,9721	0,0000	0,0000
		4	98,1478	301,8526	400,0004	0,0002	98,1476	98,1473	-0,0003	0,1003
	2	1	66,5750	333,4257	400,0007	0,0003	66,5747		-0,0002	0,0469
		2	74,4207	325,5796	400,0003	0,0002	74,4206		-0,0005	0,2500
		3	88,9721	311,0280	400,0001	0,0001	88,9721		0,0001	0,0025
		4	98,1477	301,8532	400,0009	0,0005	98,1473		0,0000	0,0011
	3	1	66,5748	333,4255	400,0003	0,0001	66,5747		-0,0002	0,0469
		2	74,4188	325,5800	399,9988	-0,0006	74,4194		0,0006	0,4225
		3	88,9720	311,0277	399,9997	-0,0002	88,9722		-0,0001	0,0025
		4	98,1465	301,8525	399,9990	-0,0005	98,1470		0,0003	0,0803
					$\delta_i =$	0,0001			0,0000	1,1633
									$S_i =$	0,3813

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
i	j	k	I. krožna lega ($x_{j,kI}$)	II. krožna lega ($x_{j,kII}$)	I.kl+II.kl	δ_{ii}	$x'_{j,k}$	x_k	$r_{j,k}$ (gon)	$rr_{j,k}$ (mgon)
2	1	1	66,5748	333,4267	400,0015	0,0007	66,5741	66,5741	0,0001	0,0069
		2	74,4194	325,5798	399,9992	-0,0004	74,4198	74,4193	-0,0005	0,2336
		3	88,9729	311,0280	400,0009	0,0005	88,9725	88,9724	0,0000	0,0011
		4	98,1477	301,8531	400,0008	0,0004	98,1473	98,1471	-0,0002	0,0400
	2	1	66,5741	333,4256	399,9997	-0,0002	66,5743		-0,0001	0,0136
		2	74,4194	325,5809	400,0003	0,0001	74,4193		0,0001	0,0044
		3	88,9725	311,0278	400,0003	0,0002	88,9724		0,0001	0,0044
		4	98,1467	301,8535	400,0002	0,0001	98,1466		0,0005	0,2500
	3	1	66,5740	333,4258	399,9998	-0,0001	66,5741		0,0000	0,0011
		2	74,4193	325,5815	400,0008	0,0004	74,4189		0,0004	0,1736
		3	88,9722	311,0273	399,9995	-0,0002	88,9725		0,0000	0,0011
		4	98,1479	301,8531	400,0010	0,0005	98,1474		-0,0003	0,0900
					$\delta_i =$	0,0002			0,0000	0,8200
									$S_i =$	0,3202

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
i	j	k	I. krožna lega ($x_{j,kI}$)	II. krožna lega ($x_{j,kII}$)	I.kl+II.kl	δ_{ii}	$x'_{j,k}$	x_k	$r_{j,k}$ (gon)	$rr_{j,k}$ (mgon)
3	1	1	66,5744	333,4272	400,0016	0,0008	66,5736	66,5738	0,0002	0,0336
		2	74,4195	325,5805	400,0000	0,0000	74,4195	74,4201	0,0006	0,3403
		3	88,9720	311,0273	399,9993	-0,0003	88,9724	88,9723	-0,0001	0,0100
		4	98,1479	301,8525	400,0004	0,0002	98,1477	98,1476	-0,0001	0,0069
	2	1	66,5743	333,4268	400,0011	0,0006	66,5738		0,0000	0,0011
		2	74,4208	325,5803	400,0011	0,0006	74,4203		-0,0002	0,0278
		3	88,9718	311,0273	399,9991	-0,0005	88,9723		0,0000	0,0000
		4	98,1473	301,8521	399,9994	-0,0003	98,1476		0,0000	0,0003
	3	1	66,5740	333,4260	400,0000	0,0000	66,5740		-0,0002	0,0469
		2	74,4195	325,5785	399,9980	-0,0010	74,4205		-0,0004	0,1736
		3	88,9722	311,0279	400,0001	0,0000	88,9722		0,0001	0,0100
		4	98,1476	301,8525	400,0001	0,0001	98,1476		0,0001	0,0044
					$\delta_i =$	0,0000			0,0000	0,6550
									$S_i =$	0,2861

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
i	j	k	I. krožna lega ($x_{j,kI}$)	II. krožna lega ($x_{j,kII}$)	I.kl+II.kl	δ_{ii}	$x'_{j,k}$	x_k	$r_{j,k}$ (gon)	$rr_{j,k}$ (mgon)
4	1	1	66,5745	333,4259	400,0004	0,0002	66,5743	66,5743	0,0000	0,0003
		2	74,4199	325,5800	399,9999	-0,0001	74,4200	74,4197	-0,0002	0,0469
		3	88,9724	311,0282	400,0006	0,0003	88,9721	88,9722	0,0001	0,0069
		4	98,1485	301,8528	400,0013	0,0007	98,1479	98,1475	-0,0003	0,1003
	2	1	66,5742	333,4260	400,0002	0,0001	66,5741		0,0002	0,0469
		2	74,4202	325,5803	400,0005	0,0002	74,4200		-0,0002	0,0469
		3	88,9726	311,0286	400,0012	0,0006	88,9720		0,0002	0,0336
		4	98,1477	301,8527	400,0004	0,0002	98,1475		0,0000	0,0011
	3	1	66,5747	333,4256	400,0003	0,0001	66,5746		-0,0002	0,0544
		2	74,4196	325,5810	400,0006	0,0003	74,4193		0,0004	0,1878
		3	88,9727	311,0278	400,0005	0,0002	88,9725		-0,0003	0,0711
		4	98,1472	301,8527	399,9999	0,0000	98,1473		0,0003	0,0803
					$\delta_i =$	0,0002			0,0000	0,6767
									$S_i =$	0,2908
					$\delta =$	0,0001			$S =$	0,0003

Priloga D: Obdelava meritev zenitnih razdalj v oblačnem vremenu

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
i	j	k	I. krožna lega ($x_{j,k,I}$)	II. krožna lega ($x_{j,k,II}$)	I.kl+II.kl	δ_{ii}	$x'_{j,k}$	x_k	$r_{j,k}$ (gon)	$rr_{j,k}$ (mgon)
1	1	1	66,5450	333,4557	400,0007	0,0003	66,5447	66,5446	0,0000	0,0003
		2	74,3881	325,6122	400,0003	0,0001	74,3880	74,3880	0,0001	0,0069
		3	88,9352	311,0648	400,0000	0,0000	88,9352	88,9349	-0,0003	0,0900
		4	98,1081	301,8909	399,9990	-0,0005	98,1086	98,1086	0,0000	0,0011
	2	1	66,5450	333,4550	400,0000	0,0000	66,5450		-0,0004	0,1344
		2	74,3888	325,6117	400,0005	0,0002	74,3886		-0,0005	0,2669
		3	88,9348	311,0650	399,9998	-0,0001	88,9349		0,0000	0,0000
		4	98,1080	301,8916	399,9996	-0,0002	98,1082		0,0004	0,1344
	3	1	66,5443	333,4558	400,0001	0,0001	66,5443		0,0004	0,1469
		2	74,3875	325,6123	399,9998	-0,0001	74,3876		0,0004	0,1878
		3	88,9342	311,0650	399,9992	-0,0004	88,9346		0,0003	0,0900
		4	98,1089	301,8911	400,0000	0,0000	98,1089		-0,0003	0,1111
					$\delta_i =$	0,0000			0,0000	1,1700
									$S_i =$	0,3824

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
i	j	k	I. krožna lega ($x_{j,kI}$)	II. krožna lega ($x_{j,kII}$)	I.kl+II.kl	δ_{ii}	$x'_{j,k}$	x_k	$r_{j,k}$ (gon)	$rr_{j,k}$ (mgon)
2	1	1	66,5449	333,4558	400,0007	0,0003	66,5446	66,5449	0,0003	0,1111
		2	74,3877	325,6122	399,9999	-0,0001	74,3878	74,3879	0,0001	0,0136
		3	88,9340	311,0659	399,9999	0,0000	88,9341	88,9341	0,0000	0,0000
		4	98,1085	301,8918	400,0003	0,0001	98,1084	98,1081	-0,0003	0,0803
	2	1	66,5449	333,4547	399,9996	-0,0002	66,5451		-0,0002	0,0469
		2	74,3874	325,6115	399,9989	-0,0006	74,3880		-0,0001	0,0069
		3	88,9340	311,0656	399,9996	-0,0002	88,9342		-0,0001	0,0225
		4	98,1075	301,8918	399,9993	-0,0003	98,1079		0,0002	0,0469
	3	1	66,5449	333,4549	399,9998	-0,0001	66,5450		-0,0001	0,0136
		2	74,3876	325,6118	399,9994	-0,0003	74,3879		0,0000	0,0011
		3	88,9340	311,0662	400,0002	0,0001	88,9339		0,0001	0,0225
		4	98,1076	301,8916	399,9992	-0,0004	98,1080		0,0001	0,0044
					$\delta_i =$	-0,0001		0,0000	0,3700	
								Si =	0,2151	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
i	j	k	I. krožna lega ($x_{j,kI}$)	II. krožna lega ($x_{j,kII}$)	I.kl+II.kl	δ_{ii}	$x'_{j,k}$	x_k	$r_{j,k}$ (gon)	$rr_{j,k}$ (mgon)
3	1	1	66,5456	333,4538	399,9994	-0,0003	66,5459	66,5461	0,0002	0,0469
		2	74,3874	325,6117	399,9991	-0,0005	74,3879	74,3877	-0,0002	0,0278
		3	88,9335	311,0660	399,9995	-0,0003	88,9338	88,9338	0,0001	0,0025
		4	98,1084	301,8918	400,0002	0,0001	98,1083	98,1086	0,0003	0,0803
	2	1	66,5458	333,4534	399,9992	-0,0004	66,5462		-0,0001	0,0069
		2	74,3874	325,6126	400,0000	0,0000	74,3874		0,0003	0,0803
		3	88,9338	311,0655	399,9993	-0,0003	88,9342		-0,0003	0,1225
		4	98,1083	301,8914	399,9997	-0,0002	98,1085		0,0001	0,0178
	3	1	66,5460	333,4535	399,9995	-0,0002	66,5463		-0,0001	0,0178
		2	74,3876	325,6120	399,9996	-0,0002	74,3878		-0,0001	0,0136
		3	88,9332	311,0662	399,9994	-0,0003	88,9335		0,0003	0,0900
		4	98,1085	301,8905	399,9990	-0,0005	98,1090		-0,0004	0,1736
					$\delta_i =$	-0,0003			0,0000	0,6800
									$S_i =$	0,2915

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
i	j	k	I. krožna lega ($x_{j,kI}$)	II. krožna lega ($x_{j,kII}$)	I.kl+II.kl	δ_{ii}	$x'_{j,k}$	x_k	$r_{j,k}$ (gon)	$rr_{j,k}$ (mgon)
4	1	1	66,5458	333,4536	399,9994	-0,0003	66,5461	66,5460	-0,0001	0,0136
		2	74,3877	325,6115	399,9992	-0,0004	74,3881	74,3879	-0,0002	0,0469
		3	88,9345	311,0655	400,0000	0,0000	88,9345	88,9342	-0,0003	0,1003
		4	98,1092	301,8911	400,0003	0,0001	98,1091	98,1086	-0,0004	0,1878
	2	1	66,5459	333,4541	400,0000	0,0000	66,5459		0,0001	0,0069
		2	74,3874	325,6119	399,9993	-0,0003	74,3878		0,0001	0,0178
		3	88,9335	311,0660	399,9995	-0,0003	88,9338		0,0004	0,1878
		4	98,1080	301,8915	399,9995	-0,0002	98,1083		0,0004	0,1344
	3	1	66,5459	333,4540	399,9999	0,0000	66,5460		0,0000	0,0011
		2	74,3875	325,6119	399,9994	-0,0003	74,3878		0,0001	0,0069
		3	88,9343	311,0657	400,0000	0,0000	88,9343		-0,0001	0,0136
		4	98,1085	301,8914	399,9999	-0,0001	98,1086		0,0001	0,0044
					$\delta_i =$	-0,0002			0,0000	0,7217
									$S_i =$	0,3003
					$\delta =$	-0,0001			$S =$	0,0003

Priloga E: Redukcije in obdelava merjenih dolžin – navadni reflektor

- Redukcije dolžin

DOLŽINE:		D0' [m]	Da [m]
1	2	42,126	42,1265
1	3	162,423	162,4247
1	4	360,878	360,8819
1	5	520,268	520,2736
1	6	601,478	601,4845
1	7	604,534	604,5405
2	3	120,296	120,2972
2	4	318,751	318,7543
2	5	478,139	478,1439
2	6	559,348	559,3537
2	7	562,405	562,4108
3	4	198,456	198,4582
3	5	357,843	357,8469
3	6	439,054	439,0588
3	7	442,110	442,1148
4	5	159,387	159,3887
4	6	240,598	240,6006
4	7	243,653	243,6556
5	6	81,210	81,2109
5	7	84,268	84,2689
6	7	3,059	3,0590

- Obdelava reduciranih dolžin

1	2	3	4	5	6	7	8	9
j	p	q	X p,q	bp-bq		r p,q	r p,q	rr p,q
			[m]	[m]	[m]	[m]	[mm]	[mm^2]
1	1	2	42,126	42,128	0,0000	0,0022	2,2	4,680
2	1	3	162,425	162,425	0,0000	-0,0001	-0,1	0,017
3	1	4	360,882	360,883	0,0000	0,0007	0,7	0,516
4	1	5	520,274	520,272	0,0000	-0,0019	-1,9	3,464
5	1	6	601,484	601,483	0,0000	-0,0010	-1,0	1,025
6	1	7	604,540	604,540	0,0000	0,0001	0,1	0,015
7	2	3	120,297	120,297	0,0000	-0,0003	-0,3	0,070
8	2	4	318,754	318,755	0,0000	0,0006	0,6	0,341
9	2	5	478,144	478,144	0,0000	0,0000	0,0	0,000
10	2	6	559,354	559,355	0,0000	0,0009	0,9	0,728
11	2	7	562,411	562,412	0,0000	0,0010	1,0	0,976
12	3	4	198,458	198,458	0,0000	-0,0001	-0,1	0,015
13	3	5	357,847	357,847	0,0000	0,0003	0,3	0,089
14	3	6	439,059	439,058	0,0000	-0,0009	-0,9	0,728
15	3	7	442,115	442,115	0,0000	0,0003	0,3	0,079
16	4	5	159,389	159,389	0,0000	0,0004	0,4	0,202
17	4	6	240,601	240,600	0,0000	-0,0007	-0,7	0,493
18	4	7	243,656	243,657	0,0000	0,0014	1,4	2,052
19	5	6	81,211	81,211	0,0000	-0,0001	-0,1	0,015
20	5	7	84,269	84,268	0,0000	-0,0010	-1,0	0,976
21	6	7	3,059	3,057	0,0000	-0,0018	-1,8	3,374
sum							0,0	19,853

	[m]		[m]
a4 =	0,002	b1 =	327,3901
a5 =	-0,001	b2 =	285,262
a6 =	0,000	b3 =	164,9653
		b4 =	-33,4926
		b5 =	-192,882
		b6 =	-274,093
		b7 =	-277,15

v =	14	
s =	1,2	mm
sig =	2	mm

Nič. tč. =	-0,03	mm
-------------------	-------	----

Priloga F: Redukcije in obdelava merjenih dolžin - precizni reflektor 1

- Redukcije dolžin

DOLŽINE:		D0' [m]	Da [m]
1	2	42,126	42,1265
1	3	162,420	162,4217
1	4	360,878	360,8819
1	5	520,267	520,2726
1	6	601,477	601,4835
1	7	604,534	604,5405
2	3	120,296	120,2972
2	4	318,752	318,7553
2	5	478,140	478,1449
2	6	559,350	559,3557
2	7	562,409	562,4148
3	4	198,456	198,4582
3	5	357,844	357,8479
3	6	439,054	439,0588
3	7	442,114	442,1188
4	5	159,388	159,3897
4	6	240,598	240,6006
4	7	243,655	243,6576
5	6	81,210	81,2109
5	7	84,268	84,2689
6	7	3,059	3,0590

- Obdelava reduciranih dolžin

1	2	3	4	5	6	7	8	9
j	p	q	X p,q	bp-bq		r p,q	r p,q	rr p,q
			[m]	[m]	[m]	[m]	[mm]	[mm^2]
1	1	2	42,127	42,126	-0,0002	-0,0002	-0,2	0,060
2	1	3	162,422	162,423	-0,0001	0,0013	1,3	1,687
3	1	4	360,882	360,882	0,0000	0,0001	0,1	0,007
4	1	5	520,273	520,272	0,0000	-0,0008	-0,8	0,710
5	1	6	601,484	601,482	0,0001	-0,0009	-0,9	0,834
6	1	7	604,541	604,541	0,0002	0,0006	0,6	0,380
7	2	3	120,297	120,297	-0,0002	-0,0008	-0,8	0,576
8	2	4	318,755	318,756	-0,0001	0,0001	0,1	0,016
9	2	5	478,145	478,145	0,0000	0,0003	0,3	0,090
10	2	6	559,356	559,356	0,0000	0,0003	0,3	0,108
11	2	7	562,415	562,414	0,0001	-0,0002	-0,2	0,058
12	3	4	198,458	198,459	-0,0002	0,0005	0,5	0,234
13	3	5	357,848	357,849	-0,0001	0,0006	0,6	0,309
14	3	6	439,059	439,059	0,0000	0,0005	0,5	0,236
15	3	7	442,119	442,118	0,0000	-0,0010	-1,0	0,971
16	4	5	159,390	159,390	-0,0002	-0,0002	-0,2	0,053
17	4	6	240,601	240,600	-0,0001	-0,0003	-0,3	0,091
18	4	7	243,658	243,659	0,0000	0,0012	1,2	1,508
19	5	6	81,211	81,211	-0,0002	-0,0004	-0,4	0,139
20	5	7	84,269	84,269	-0,0001	0,0002	0,2	0,024
21	6	7	3,059	3,058	-0,0002	-0,0008	-0,8	0,598
sum							0,0	8,690

	[m]		[m]
a4 =	0,004	b1 =	327,3895
a5 =	0,004	b2 =	285,2631
a6 =	-0,001	b3 =	164,9664
		b4 =	-33,4925
		b5 =	-192,882
		b6 =	-274,093
		b7 =	-277,151

v =	14	
s =	0,8	mm
sig =	2	mm

Nič. tč. =	0,30	mm
-------------------	------	----

Priloga G: Redukcije in obdelava merjenih dolžin - precizni reflektor 2

- Redukcije dolžin

DOLŽINE:		D0' [m]	Da [m]
1	2	42,127	42,1275
1	3	162,420	162,4217
1	4	360,878	360,8819
1	5	520,267	520,2726
1	6	601,477	601,4835
1	7	604,534	604,5405
2	3	120,296	120,2972
2	4	318,751	318,7543
2	5	478,140	478,1449
2	6	559,349	559,3547
2	7	562,409	562,4148
3	4	198,456	198,4582
3	5	357,844	357,8479
3	6	439,054	439,0588
3	7	442,114	442,1188
4	5	159,388	159,3897
4	6	240,598	240,6006
4	7	243,655	243,6576
5	6	81,210	81,2109
5	7	84,268	84,2689
6	7	3,059	3,0590

- Obdelava reduciranih dolžin

1	2	3	4	5	6	7	8	9
j	p	q	X p,q	bp-bq		r p,q	r p,q	rr p,q
			[m]	[m]	[m]	[m]	[mm]	[mm^2]
1	1	2	42,128	42,127	-0,0002	-0,0006	-0,6	0,375
2	1	3	162,422	162,423	-0,0001	0,0015	1,5	2,186
3	1	4	360,882	360,882	0,0000	0,0001	0,1	0,010
4	1	5	520,273	520,272	0,0000	-0,0007	-0,7	0,507
5	1	6	601,484	601,482	0,0001	-0,0009	-0,9	0,902
6	1	7	604,541	604,541	0,0002	0,0007	0,7	0,487
7	2	3	120,297	120,296	-0,0002	-0,0011	-1,1	1,269
8	2	4	318,754	318,755	-0,0001	0,0006	0,6	0,351
9	2	5	478,145	478,145	0,0000	-0,0001	-0,1	0,014
10	2	6	559,355	559,355	0,0000	0,0007	0,7	0,555
11	2	7	562,415	562,414	0,0001	-0,0007	-0,7	0,500
12	3	4	198,458	198,459	-0,0002	0,0004	0,4	0,162
13	3	5	357,848	357,849	-0,0001	0,0006	0,6	0,351
14	3	6	439,059	439,059	0,0000	0,0004	0,4	0,126
15	3	7	442,119	442,118	0,0000	-0,0010	-1,0	0,995
16	4	5	159,390	159,390	-0,0002	0,0000	0,0	0,001
17	4	6	240,601	240,600	-0,0001	-0,0003	-0,3	0,070
18	4	7	243,658	243,659	0,0000	0,0014	1,4	1,913
19	5	6	81,211	81,211	-0,0002	-0,0005	-0,5	0,207
20	5	7	84,269	84,269	-0,0001	0,0002	0,2	0,037
21	6	7	3,059	3,059	-0,0002	-0,0006	-0,6	0,324
sum							0,0	11,341

	[m]		[m]
a4 =	0,003	b1 =	327,3897
a5 =	0,005	b2 =	285,2626
a6 =	-0,002	b3 =	164,9664
		b4 =	-33,4924
		b5 =	-192,882
		b6 =	-274,093
		b7 =	-277,151

v =	14	
s =	0,9	mm
sig =	2	mm

Nič. tč. =	0,22	mm
-------------------	------	----

Priloga H: Obdelava koordinat točk določenih z elektronskim tahimetrom

- x in y koordinati

		X _{i,j,k}	Y _{i,j,k}	X' _{i,j,k}	Y' _{i,j,k}	t' _{i,j,k}	t' _{i,j,k}		t _{i,j,k}	s _{i,j,k}	X''	Y''	r _{x,i,j,k}	r _{y,i,j,k}	r _{x,i,j,k} ²	r _{y,i,j,k} ²
girus	točka	X [m]	Y [m]			[°]	[rad]		[rad]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
1	1	0,000	0,000	0,000	0,000											
	2	32,307	-97,587	32,307	-97,587		-1,251098			102,795	32,307	-97,587	0,0000	-0,0015	0,0000	0,0000
	3	-65,127	-68,978	-65,127	-68,978		3,955699			94,866	-65,127	-68,978	0,0016	0,0010	0,0000	0,0000
						t' 1,1 =	1,352301									
3	1	-49,495	90,097	0,000	0,000											
	3	0,000	0,000	49,495	-90,097		-1,068455		-1,251115	102,797	32,305	-97,589	0,0012	0,0006	0,0000	0,0000
	2	-101,007	10,436	-51,513	-79,662		4,138378		3,955717	94,866	-65,126	-68,979	0,0004	0,0021	0,0000	0,0000
						t' 1,2 =	1,534962	fi =	-0,182661							
2	1	-56,886	75,916	0,000	0,000											
	3	44,776	91,142	101,661	15,227		0,148672		-1,251093	102,795	32,307	-97,586	-0,0005	-0,0018	0,0000	0,0000
	2	0,000	0,000	56,886	-75,916		5,355459		3,955694	94,864	-65,126	-68,976	0,0006	-0,0008	0,0000	0,0000
						t' 1,3 =	2,752065	fi =	-1,399765							
1	1	0,000	0,000	0,000	0,000											
	2	32,424	-97,549	32,424	-97,549		-1,249901		-1,251116	102,796	32,305	-97,588	0,0015	-0,0002	0,0000	0,0000
	3	-65,042	-69,058	-65,042	-69,058		3,956934		3,955718	94,865	-65,125	-68,979	0,0000	0,0019	0,0000	0,0000
						t' 1,4 =	1,353516	fi =	-0,001215							
3	1	-49,502	90,094	0,000	0,000											
	3	0,000	0,000	49,502	-90,094		-1,068379		-1,251074	102,797	32,309	-97,588	-0,0030	-0,0005	0,0000	0,0000
	2	-101,015	10,433	-51,513	-79,661		4,138370		3,955675	94,866	-65,129	-68,976	0,0031	-0,0007	0,0000	0,0000
						t' 1,5 =	1,534996	fi =	-0,182695							
2	1	-56,886	75,917	0,000	0,000											
	2	44,775	91,142	101,661	15,225		0,148658		-1,251099	102,795	32,306	-97,586	0,0002	-0,0019	0,0000	0,0000
	3	0,000	0,000	56,886	-75,917		5,355457		3,955700	94,865	-65,126	-68,977	0,0009	0,0004	0,0000	0,0000
						t' 1,6 =	2,752057	fi =	-1,399756							

- z koordinata

girus	točka	Z _{i,j,k} [m]	0,1665	-0,1887	-0,0005	r _{i,j,k}	r _{i,j,k 2}	stand.odkl.
1	2	0,171				-0,0040	0,0000	0,0024
1	3	-0,192				0,0033	0,0000	
2	1	-0,167				0,0005	0,0000	
2	3	-0,355				-0,0002	0,0000	
3	1	0,190				-0,0008	0,0000	
3	2	0,354				0,0017	0,0000	
1	2	0,170				-0,0030	0,0000	
1	3	-0,189				0,0008	0,0000	
2	1	-0,169				0,0025	0,0000	
2	3	-0,354				-0,0007	0,0000	
3	1	0,190				-0,0008	0,0000	
3	2	0,354				0,0022	0,0000	
1	2	0,169				-0,0015	0,0000	
1	3	-0,190				0,0018	0,0000	
2	1	-0,165				-0,0010	0,0000	
2	3	-0,353				-0,0017	0,0000	
3	1	0,192				-0,0028	0,0000	
3	2	0,352				0,0037	0,0000	
	neznani parametri:		0,1665	-0,1887	-0,0005		0,0001	

