

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta  
za gradbeništvo  
in geodezijo



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

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

To je izvirna različica zaključnega dela.

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

Hlača, A., 2015. Preizkus instrumentov Leica TC 605L in Leica TCRP 1201 po standardu ISO 17123-3. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Koler, B., somentor Urbančič, T.): 15 str.

Datum arhiviranja: 02-10-2015

University  
of Ljubljana

Faculty of  
Civil and Geodetic  
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Hlača, A., 2015. Preizkus instrumentov Leica TC 605L in Leica TCRP 1201 po standardu ISO 17123-3. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Koler, B., co-supervisor Urbančič, T.): 15 pp.

Archiving Date: 02-10-2015

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



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

**VISOKOŠOLSKI STROKOVNI  
ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE  
STOPNJE TEHNIČNO  
UPRAVLJANJE  
NEPREMIČNIN**

Kandidat:

**ANDREJ HLAČA**

**PREIZKUS INSTRUMENTOV LEICA TC 605L IN LEICA  
TCRP 1201 PO STANDARDU ISO 17123-3**

Diplomska naloga št.: 47/TUN

**TESTING INSTRUMENTS LEICA TC605L AND LEICA  
TCRP1201+ ACCORDING TO ISO 17123-3**

Graduation thesis No.: 47/TUN

**Mentor:**

doc. dr. Božo Koler

**Somentor:**

asist. Tilen Urbančič

Ljubljana, 24. 09. 2015

## **STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA**

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

## **IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisani ANDREJ HLAČA izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom: „PREIZKUS INSTRUMENTOV LEICA TC605L IN LEICA TCRP1201+ PO STANDARDU ISO 17123-3“.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 24. 09. 2015

---

(podpis avtorja)

## **BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM**

**UDK:** 528.5(497.4)(043.2)

**Avtor:** Andrej Hlača

**Mentor:** doc. dr. Božo Koler

**Somentor:** asist. Tilen Urbančič

**Naslov:** Preizkus instrumentov Leica TC605L in Leica TCRP1201+ po standardu ISO 17123-3

**Tip dokumenta:** Dipl. nal. - VSŠ

**Obseg in oprema:** 15 str., 8 preg., 6 sl.

**Ključne besede:** ISO 17123-3, Leica TC605L, Leica TCRP1201, preizkus, standard, ISO

### **Izvleček:**

V okviru diplomske naloge je opravljen popolni preizkus instrumentov Leica TC605L in Leica TCRP1201+ po mednarodnem standardu ISO 17123-3. Za omenjena instrumenta je preverjena skladnost izračunanih natančnosti merjenja kotov z vrednostmi, določenimi s strani proizvajalca. Na kratko je tudi predstavljena organizacija ISO. Opisan je potek meritev ter izračun natančnosti skupaj s statističnim testom.

**BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT****UDC:** 528.5(497.4)(043.2)**Author:** Andrej Hlača**Supervisor:** Assist. Prof. Božo Koler, Ph. D.**Co-advisor:** Assist. Tilen Urbančič**Title:** Testing instruments Leica TC605L and Leica TCRP1201+ according to ISO 17123-3**Document type:** Graduation Thesis - Higher professional studies**Scope and tools:** 15 p., 8 tab., 6 fig.**Keywords:** ISO 17123-3, Leica TC605L, Leica TCRP1201, testing, standard, ISO**Abstract:**

Within the context of this graduation thesis the full test of instruments Leica TC605L and Leica TCRP1201+ has been completed according to an international standard ISO 17123-3. I have compared if the calculated accuracy of angle measurements are compliance with the ones given by the manufacturer. It briefly presents the ISO organization. It describes the process of the measurement and accuracy calculations, as well as a statistical test.

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Božu Kolerju in somentorju asist. Tilnu Urbančiču, za pomoč pri izvedbi testa instrumentov in pisanju diplomske naloge.

Zahvalil bi se še svojim staršem, bratu in puncu ki so mi stali ob strani in me spodbujali v letih študija. Zahvala tudi sošolkam in sošolcem za pomoč pri vajah ter pri učenju za izpite.

**KAZALO VSEBINE**

<b>IZJAVA O AVTORSTVU .....</b>	<b>IV</b>
<b>BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM.....</b>	<b>V</b>
<b>BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT .....</b>	<b>VI</b>
<b>ZAHVALA .....</b>	<b>VII</b>
<b>KAZALO VSEBINE .....</b>	<b>VIII</b>
<b>KAZALO PREGLEDNIC .....</b>	<b>IX</b>
<b>KAZALO SLIK .....</b>	<b>X</b>
<b>OKRAJŠAVE.....</b>	<b>XI</b>
<b>1 UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2 MEDNARODNA ORGANIZACIJA ZA STANDARDIZACIJO - ISO .....</b>	<b>1</b>
2.1 Standardizacija in standardi .....	1
<b>3 INSTRUMENTARIJ IN PRIBOR .....</b>	<b>2</b>
3.1 Tahimeter Leica TC605L .....	2
3.2 Tahimeter Leica TCRP1201.....	3
3.3 Prizma Leica GPR121 .....	4
<b>4 STANDARD ISO 17123-3 .....</b>	<b>4</b>
4.1 Preizkus horizontalnih smeri .....	5
4.1.1 Obdelava in test horizontalnih smeri.....	6
4.1.2 Statistični test horizontalnih smeri .....	7
4.2 Preizkus vertikalnih kotov.....	9
4.2.1 Obdelava in test vertikalnih smeri.....	10
4.2.2 Statistični test vertikalnih smeri .....	11
<b>5 ZAKLJUČEK.....</b>	<b>14</b>
<b>VIRI .....</b>	<b>15</b>



## KAZALO PREGLEDNIC

<b>Preglednica 1:</b> Tehnični podatki tahimetra Leica TC605L (Leica TC605L, 2015).....	3
<b>Preglednica 2:</b> Tehnični podatki tahimetra Leica TRP1201+ (Leica 1201+, 2015).....	3
<b>Preglednica 3:</b> Empirična standardna odklona za horizontalne kote .....	7
<b>Preglednica 4:</b> Statistični test horizontalnih smeri.....	7
<b>Preglednica 5:</b> Rešitve statističnega testa opazovanih horizontalnih smeri.....	8
<b>Preglednica 6:</b> Empirična standardna odklona za vertikalne kote .....	11
<b>Preglednica 7:</b> Statistični test vertikalnih smeri.....	12
<b>Preglednica 8:</b> Rešitve statističnega testa opazovanih vertikalnih smeri.....	13

**KAZALO SLIK**

<b>Slika 1:</b> Izvajanje meritev s tahimetrom Leica TC605L .....	2
<b>Slika 2:</b> Tahimeter Leica TCRP1201+ med izvajanjem preizkusa .....	3
<b>Slika 3:</b> Prizma skozi okular instrumenta .....	4
<b>Slika 4:</b> Skica testne mreže na terenu, na DOF podlagi: $M = 1:1650$ (Geopedia, 2015) .....	5
<b>Slika 5:</b> Konfiguracija postavitve instrumenta pri preizkusu natančnosti vertikalnih kotov .....	9
<b>Slika 6:</b> Preizkus natančnosti vertikalnih smeri ob Kristalni palači .....	9

## **OKRAJŠAVE**

ISO International Organization for Standardization

ATR Automatic Target Recognition

»Ta stran je namenoma prazna«

## 1 UVOD

V geodeziji uporabljamo instrumente za lažje izvajanje meritev in izvajanje geodetskih del na terenu. Glede na to, da z instrumentom izvajamo meritve kotov in ostalih vrednosti, ima instrument tudi podano natančnost, ki jo navaja proizvajalec v uporabniških navodilih.

Na drugi strani obstajajo standardi za terenski preizkus instrumentov. Standard je dokument, ki nastane s konsenzom in ga sprejme ustrezna tehnična komisija. Namenjen je za občo in večkratno uporabo in usmerjen v doseganje optimalne stopnje urejenosti na danem področju (ZSta, UL RS, 1999, a). Namen diplomske naloge je opravljanje popolnega preizkusa tahimetrov Leica TRCP1201+ in Leica TC605L po standardu ISO 17123-3, s katerim določimo natančnost merjenja horizontalnih in vertikalnih smeri. Pomen standardov za prakso je, da preverimo ali je natančnost instrumenta taka, kot jo navaja proizvajalec, ter primerjamo različne instrumente med seboj. To lahko potrdimo ali ne potrdimo na osnovi statističnih testov. Standard ISO 17123-3 je pripravil tehnični odbor ISO/TC 172, pododbor SC 6 (Geodetic and surveying instruments).

## 2 MEDNARODNA ORGANIZACIJA ZA STANDARDIZACIJO - ISO

Oznaka ISO pomeni da je to mednarodni standard, ki je rezultat dela organizacije tehničnih komisij ISO (International Organization for Standardization). ISO je nevladna, mednarodna organizacija za standardizacijo ustanovljena 23. februarja 1947. ISO je organizacija za standardizacijo na splošnem področju, ter obravnava vsa področja, razen elektrotehnike saj je za to področje pristojna organizacija IEC. Organizacija ISO ima sedež v Ženevi, Švica, s približno 150 zaposlenih uradnikov na sedežu ISO organizacije. V organizacijo ISO je včlenjenih 162 držav. Mednarodni sporazumi objavljeni v obliki mednarodnih standardov so rezultat dela ISO organizacije. Od začetka je ISO organizacija objavila več kot 19.500 mednarodnih standardov, kateri zajemajo skoraj vse industrije, od tehnologije, varnosti prehrane, do kmetijstva in zdravstva. Tako imajo ti standardi vpliv povsod in na vsakega (ISO, 2015). Standardi so objavljeni v angleščini.

### 2.1 Standardizacija in standardi

Proces standardizacije se uporablja, da bi se dosegla optimalna stopnja urejenosti na danem področju, kjer moramo vzpostaviti določila glede na možne ali dejanske težave za skupno in ponavljajočo uporabo. Standardizacija se nanaša glede na: dimenzije, obliko, kvaliteto ali kakovost, varnost, materiale, življenjsko dobo izdelka.

V standardih se nahajajo tehnične specifikacije, ki se pogosto uporabljajo kot pravila oziroma navodila posameznih značilnosti in se pripravljajo predvsem zato, da bi bili izdelki, postopki ali storitve v skladu z njimi, kar potem pomeni da so tudi primerni za uporabo. Z uporabo standardov je življenje varnejše in manj zapleteno, izdelki pa bolj ustrezajo pričakovanjem in so učinkovitejši, čeprav se tega sploh ne zavedamo.

Odvisno od tega kdo oziroma katera organizacija standard sprejme, standarde delimo na:

- mednarodni standard je standard, ki ga sprejme mednarodna organizacija za standardizacijo in je dosegljiv javnosti,
- evropski standard je standard, ki ga sprejme evropska organizacija za standardizacijo in je dosegljiv javnosti,

- nacionalni standard je standard, ki ga sprejme nacionalni organ za standarde in je dosegljiv javnosti (UL RS, 1999, b).

Standard ISO 17123 je zamenjal dva predhodna standarda. Pripravil ga je tehnični odbor ISO/TC pododbor SC 6 ki je pristojen za geodezijo in geodetske instrumente, včlenjenih je 11 držav in je objavil 14 ISO standardov (TC172/SC 6, 2015). Pod skupnim nazivom Optika in optični instrumenti - terenski postopki za testiranje geodetskih in merskih instrumentov se standard ISO 17123 deli na naslednje standarde:

- ISO 17123-1: Teorija,
- ISO 17123-2: Nivelirji,
- ISO 17123-3: Teodoliti,
- ISO 17123-4: Elektrooptični razdaljemerji (EDM),
- ISO 17123-5: Elektronski tahimetri,
- ISO 17123-6: Ploskovni laserski nivelirji,
- ISO 17123-7: Grezila,
- ISO 17123-8: GNSS terenski merski sistemi v realnem času (Delitev standarda ISO 17123, 2015).

### 3 INSTRUMENTARIJ IN PRIBOR

Za opravljanje preizkusa opazovanja horizontalnih kotov in zenitnih razdalj po standardu ISO 17123-3 sem uporabil naslednja tahimetra in pribor:

- Tahimeter Leica TC605L,
- tahimeter Leica TCRP1201,
- prizme Leica GPR121,
- podnožja za prizme,
- stative,
- termometer,
- barometer.

#### 3.1 Tahimeter Leica TC605L

Tahimeter Leica TC605L (slika 1) je starejši tip tahimetra z laserskim grezilom ter enim zaslonom. Kot je razvidno iz preglednice 1, proizvajalec navaja, da je natančnost merjenja kotov 5".



Slika 1: Izvajanje meritev s tahimetrom Leica TC605L

Preglednica 1: Tehnični podatki tahimetra Leica TC605L (Leica TC605L, 2015)

Serijska številka tahimetra	505927
Natančnost merjenja smeri	5"
Natančnost prikaza na zaslonu	1"
Natančnost merjenja dolžin	3 mm + 3 ppm
Čas merjenja	4 s
Najkrajša razdalja opazovanja	2 m
Premer leče objektiva	28 mm
Povečava	28x
Masa instrumenta	4.3 kg

### 3.2 Tahimeter Leica TCRP1201

Tahimeter Leica TCRP1201+ (slika 2) je novejši instrument kot Leica TC605L. Plus v imenu instrumenta pomeni, da lahko z laserjem merimo dolžine brez prizme do 1 km in ne samo do 300 m.



Slika 2: Tahimeter Leica TCRP1201+ med izvajanjem preizkusa

Tahimeter Leica TCRP1201+ ima dva digitalna zaslona na dotik, ima lasersko grezilo in funkcijo ATR (Automatic Target Recognition), kar pomeni, da lahko avtomatično sledi prizmo. Tehnični podatki proizvajalca tahimetra Leica TCRP1201+ so prikazani v preglednici 2.

Preglednica 2: Tehnični podatki tahimetra Leica TCRP1201+ (Leica TCRP1201+, 2015)

Serijska številka tahimetra	262404
Natančnost merjenja smeri	1"
Natančnost prikaza na zaslonu	0.1"
Natančnost merjenja dolžin	1 mm + 1.5 ppm
Čas merjenja	2.4 s
Najkrajša razdalja opazovanja	1.7 m
Premer leče objektiva	40 mm
Povečava	30x
Masa instrumenta	4.8 kg

### 3.3 Prizma Leica GPR121

Prizme Leica GPR121 skupaj s podnožjem (slika 3) sem uporabljal za signaliziranje točk testne mreže pri preizkusu opazovanj horizontalnih smeri. Prizma Leica GPR121 ima premer 65 mm. Na podnožju se nahaja optično grezilo za lažje centriranje nad točko.



Slika 3: Prizma skozi okular instrumenta

## 4 STANDARD ISO 17123-3

Standard ISO 17123-3 standardizira postopke preizkusa natančnosti določitve horizontalnih in vertikalnih kotov oziroma smeri. Za vsak preizkus standard ponuja dve možnosti izvedbe, in sicer poenostavljen preizkus (Simplified test procedure) in popoln preizkus (Full test procedure). V diplomski nalogi smo izvedli popoln preizkus. S popolnim preizkusom se pridobi bolj točen rezultat natančnosti tahimetra pod danimi vremenskimi pogoji kot s poenostavljenim preizkusom.

Na rezultate izmere vplivajo meteorološke razmere, predvsem temperatura. Najbolj ugodne vremenske razmere so oblačno vreme in nizka hitrost vetra. Primerjamo empirični standardi odklon enega instrumenta z določeno natančnostjo, ki jo podaja proizvajalec ali dva empirična standardna odklona različnih instrumentov.

Po standardu lahko primerjamo različne vzorce opazovanj med seboj:

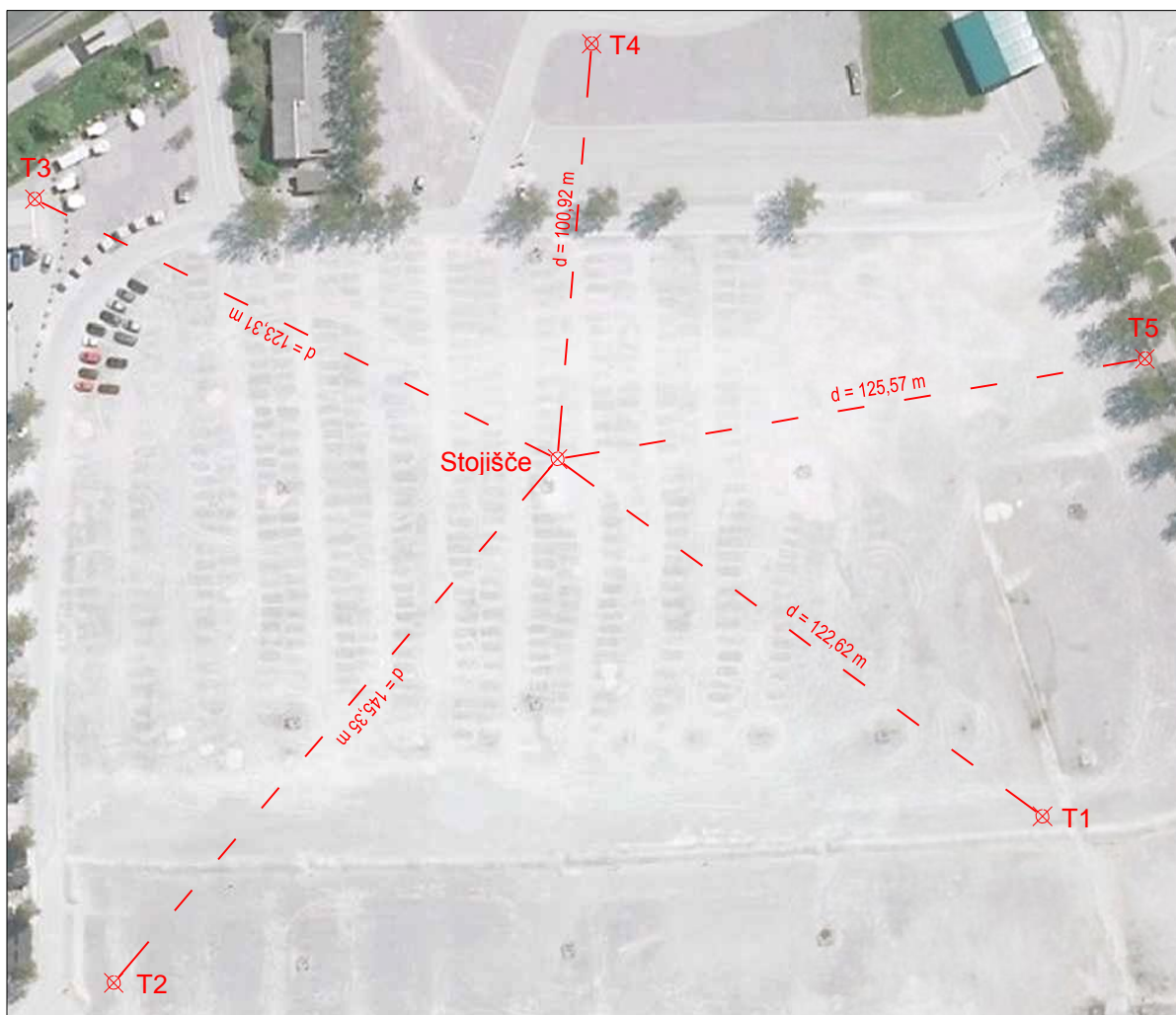
- dveh vzorcev meritev z istim instrumentom, ampak različnima opazovalcema,
- dveh vzorcev meritev z istim instrumentom v različnem času,
- dveh vzorcev meritev merjenih z več instrumentih, da bi lahko primerjali njihove natančnosti, ki jih dosežemo pod podobnimi terenskimi pogoji.

V tej diplomski nalogi smo zbrali tretjo možnost saj smo preverjali vzorce meritev opazovane z instrumentoma Leica TC605L in Leica TCRP1201+ pod podobnimi terenskimi pogoji.



#### 4.1 Preizkus horizontalnih smeri

Meritve za preizkus horizontalnih smeri sem izvajal na robu Ljubljane v bližini avto sejma. Izbranih 5 točk testne mreže sem signaliziral s prizmami, ki sem jih postavil oziroma horizontaliral na stativih. Točke testne mreže niso stabilizirane, saj to ni pomembno za preizkus. Pomembno je, da so točke jasno definirane in se med izvajanjem meritev ne premikajo. Prizme so od stojišča bile oddaljene med 100 m in 150 m (slika 4), saj standard navaja naj bodo dolžine med stojiščem instrumenta in točkami med 100 m in 250 m. Testna mreža naj bi bila postavljena na ravnem terenu.



Slika 4: Skica testne mreže na terenu, na DOF podlagi:  $M = 1:1650$  (Geopedia, 2015)

Za popolni preizkus sem izvedel  $m = 4$  serije pod različnimi ampak ne ekstremnimi vremenskimi pogoji. Vsaka serija ( $i$ ) obsega  $n = 3$  giruse ( $j$ ) meritev s 5 merjenimi smermi ( $k$ ). Pri popolnem preizkusu moramo biti pozorni tudi na centriranje instrumenta nad točko.

Točke opazujemo v vsakem girusu v prvi krožni legi (slika 3) v smeri gibanja urinega kazalca (pozitivna smer), ter v drugi krožni legi v nasprotni smeri. Standard nalaga, da naj bi pred vsakim posameznim girusom izvedli premik limba, ampak jaz tega nisem uporabljal zaradi lažje sprotne kontrole opazovanja horizontalnih smeri.

#### 4.1.1 Obdelava in test horizontalnih smeri

Na osnovi popravkov reduciranih smeri izračunamo oceno natančnosti merjene smeri, moramo pa upoštevati, da so reducirane smeri mersko odvisne vrednosti. Pogrešek začetne smeri s katerim so obremenjene vse reducirane smeri, eliminiramo v postopku izračun. V  $i$ -ti seriji merjenja je vsaka horizontalna smer označena kot  $x_{j,k,I}$  ali  $x_{j,k,II}$ , kjer oznaka  $j$  predstavlja število girusa,  $k$  pa število merjene točke, ter  $I$  ali  $II$  predstavlja prvo ali drugo krožno lego. Vsako od  $m = 4$  serij je potrebno poračunati in oceniti posebej (Prevod standarda ISO 17123, 2015).

Najprej izračunamo aritmetično sredino izmerjenih horizontalnih smeri v obeh krožnih legah:

$$x_{j,k} = \frac{x_{j,k,I} + x_{j,k,II} \pm 180^\circ}{2}; \quad j = 1, 2, 3; \quad k = 1, \dots, 5$$

Reduciramo horizontalne smeri na prvo merjeno smer:

$$x'_{j,k} = x_{j,k} - x_{j,1}; \quad j = 1, 2, 3; \quad k = 1, \dots, 5$$

Aritmetična sredina izmerjenih horizontalnih smeri na osnovi  $n = 3$  girusov je izračunana po enačbi:

$$\bar{x}_k = \frac{x'_{1,k} + x'_{2,k} + x'_{3,k}}{3}; \quad k = 1, \dots, 5$$

Izračunamo, razliko aritmetične sredine in reducirane horizontalne smeri:

$$d_{j,k} = \bar{x}_k - x'_{j,k}; \quad j = 1, 2, 3; \quad k = 1, \dots, 5$$

V naslednjem koraku izračunamo aritmetično sredino predhodno izračunanih razlik:

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

Izračun popravkov za posamezni girus si izračunamo po enačbi:

$$r_{j,k} = d_{j,k} - \bar{d}_j; \quad j = 1, 2, 3; \quad k = 1, \dots, 5$$

Razen, zaradi napak zaokroževanja, mora posamezni girus zadoščati naslednjemu pogoju:

$$\sum_{k=1}^5 r_{j,k} = 0; \quad j = 1, 2, 3$$

Vsota kvadratov popravkov za  $i$ -to serijo je:

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

Za  $n = 3$  giruse, v katerih smo opazovali  $t = 5$  točk znaša število prostostnih stopenj:

$$v_i = (3 - 1) \cdot (5 - 1) = 8$$

Empirični standardni odklon  $s_i$  smeri  $x_{j,k}$ , katera je bila merjena v enem girusu v obeh krožnih legah za  $i$ -to serijo znaša:

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{v_i}} = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{8}}$$

Empirični standardni odklon  $s$ , merjenih horizontalnih smeri v enem girusu (aritmetična sredina smeri v obeh krožnih legah) izračunan iz vseh  $m = 4$  serij pri izračunanem številu prostostnih stopenj:

$$v = 4 \times v_i = 32$$

izračunamo po enačbi:

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

$$s_{ISO-THEO-HZ} = s$$

V preglednici 3 sta prikazana empirična standardna odklona horizontalnih kotov za oba instrumenta, med tem ko je celoten postopek izračuna prikazan na prilogi A.

Preglednica 3: Empirična standardna odklona za horizontalne kote

Instrument	Empirični standardni odklon $s$
Leica TC605L	2,94"
Leica TCRP1201+	2,09"

#### 4.1.2 Statistični test horizontalnih smeri

Pri popolnem preizkusu se uporabljajo statistični testi. Statistični testi se uporabljajo za interpolacijo rezultatov in to na način da dobimo odgovor na vprašanja (preglednica 4) ali je izračunan empirični standardni odklon  $s$  manjši kot ga navaja proizvajalec  $\sigma$  ter ali dva empirična standardna odklona  $s$  in  $\tilde{s}$ , ki sta pridobljena iz dveh različnih vzorcev meritev, pripadata isti populaciji ob predpostavki, da imata oba vzorca enako število prostostnih stopenj  $v$  (Prevod standarda ISO 17123, 2015).

Testi se izvajajo s stopnjo zaupanja  $1 - \alpha = 0,95$ , kjer je število prostostnih stopenj  $v = 32$ .

Preglednica 4: Statistični test horizontalnih smeri

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

#### Vprašanje a)

Z ničelno hipotezo ugotavljamo če je empirični standardni odklon  $s$  manjši ali enak teoretični oziroma v naprej določeni vrednosti s strani proizvajalca  $\sigma$ . Ničelne hipoteze ne zavrnamo, če je izpolnjen naslednji pogoj:

$$s \leq \sigma \cdot \sqrt{\frac{\chi_{1-\alpha}^2(v)}{v}}$$
$$s \leq \sigma \cdot \sqrt{\frac{\chi_{0,95}^2(32)}{32}}$$

$$\chi_{0,95}^2(32) = 46,19$$

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

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

Če pogoj ni izpolnjen, moramo ničelno hipotezo zavrniti.

### Vprašanje b)

V primeru ko imam dva različna vzorca nam test pokaže, če empirična standardna odklona  $s$  in  $\tilde{s}$  pripadata isti populaciji. Ničelno hipotezo  $\sigma = \tilde{\sigma}$  ne zavrnemo, če je izpolnjen naslednji pogoj:

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(v, v)} \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq F_{1-\alpha/2}(v, v)$$

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(32, 32)} \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq F_{1-\alpha/2}(32, 32)$$

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

$$0,49 \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq 2,02$$

Če ta pogoj ni izpolnjen potem ničelno hipotezo zavrnemo. Število prostostnih stopenj in ustrezne kritične vrednosti  $\chi_{1-\alpha}^2(v)$ ,  $F_{1-\alpha/2}(v, v)$  ter  $t_{1-\alpha/2}(v)$  so vzete iz statističnih tabel in se spremenijo, če analiziramo drugačno število meritev.

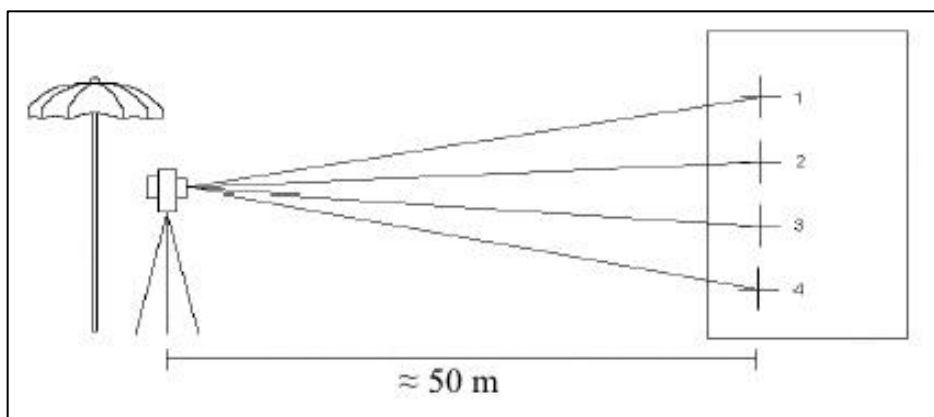
V preglednici 5 so prikazani rezultati statističnih testov za preizkus horizontalnih kotov. Tahimeter Leica TC605L zadošča vprašanju a) saj je empirični standardni odklon manjši od podanega, kar ni res v primeru tahimetra Leica TCRP1201+, saj je empirični standardni odklon skoraj dva krat večji, kot kot ga navaja proizvajalec, zato moramo tukaj ničelno hipotezo zavrniti. S statističnim testom, potrdimo vprašanje b), da empirična standardna odklona  $s$  (od TC605L in TCRP1201+) pripadata isti populaciji.

Preglednica 5: Rešitve statističnega testa instrumentov za opazovane horizontalne smeri

Vprašanje	Leica TC605L	Leica TCRP1201+
a) $s \leq \sigma$	$2,94'' \leq 6,00''$	$2,09'' > 1,20''$
b) $\sigma = \tilde{\sigma}$	$0,49 \leq \frac{s_{TC605L}^2}{s_{TCRP1201+}^2} \leq 2,02 \rightarrow 0,49 \leq 1,98 \leq 2,02$	

## 4.2 Preizkus vertikalnih kotov

Za izvedbo meritev za preizkus vertikalnih kotov je potrebno instrument postaviti približno 50 m od visoke zgradbe (slika 5). Na zgradbi moramo izbrati 4 dobro označene točke (robovi oken, vogali, deli anten, itn.), ki omogočajo nedvoumno identifikacijo med izmero in ustrezno viziranje. Poleg tega morajo biti izbrane točke razporejene tako, da med seboj oklepajo kot od približno 30° (Prevod standarda ISO 17123, 2015).



Slika 5: Konfiguracija postavitve instrumenta pri preizkusu natančnosti vertikalnih kotov

Glede na zahteve standarda ISO 17123-3 sem preizkus vertikalnih kotov, izvajal na Kristalni palači (slika 6), ki sodi v sklop trgovskega centra BTC na Šmartinski cesti.



Slika 6: Preizkus natančnosti vertikalnih smeri ob Kristalni palači

Točke sem si izbral na vogalih oken, tako da so med seboj oklepale kot  $30^\circ$  kot zahteva standard. Med izbiranjem testnih točk, je bil instrument postavljen na stativu, da bi se prilagodil temperaturi okolice. Za vsako temperaturno razliko  $1^\circ\text{C}$  moramo počakati 2 minuti.

Za popolni preizkus je potrebno izvesti  $m = 4$  serije ( $i$ ) pod različnimi ampak ne ekstremni vremenskimi pogoji. Vsaka serija vsebuje  $n = 3$  giruse ( $j$ ) kjer opazujemo  $t = 4$  točke ( $k$ ). Vse 4 točke morajo biti opazovane v vsakem od treh girusov v prvi krožni legi od točke 1 do 4, v drugi krožni legi pa od točke 4 proti točki 1.

#### 4.2.1 Obdelava in test vertikalnih smeri

Vrednosti merjenih smeri se izravnavajo po metodi najmanjših kvadratov. Znotraj  $i$ -te serije je merjena smer označena z  $x_{j,k,I}$  ali  $x_{j,k,II}$ , kjer oznaka  $j$  predstavlja število girusa,  $k$  število merjene točke,  $I$  ali  $II$  predstavlja prvo oziroma drugo krožno lego. Vsako od  $m = 4$  serij je potrebno poračunati in oceniti posebej (Prevod standarda ISO 17123, 2015).

Najprej sem moral izračunati aritmetično sredino merjenih vertikalnih kotov v obeh krožnih legah:

$$x'_{j,k} = \frac{x_{j,k,I} - x_{j,k,II} - 360^\circ}{2}; \quad j = 1, 2, 3; \quad k = 1, 2, 3, 4$$

Te vrednosti nimajo vpliva indeksnega pogreška  $\delta_i$ . Indeksni pogrešek se izračuna za vsako serijo meritev posebej:

$$\delta_i = \frac{1}{n \cdot t} \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 \frac{x_{j,k,I} - x_{j,k,II} - 360^\circ}{2}$$

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

Aritmetična sredina izmerjenih vertikalnih smeri na osnovi  $n = 3$  girusa:

$$\bar{x}_k = \frac{x'_{1,k} + x'_{2,k} + x'_{3,k}}{3}; \quad k = 1, \dots, 4$$

Izračun popravkov za posamezni girus:

$$r_{j,k} = x'_{j,k} - \bar{x}_j; \quad j = 1, 2, 3; \quad k = 1, \dots, 4$$

Razen, zaradi napak zaokroževanja, mora posamezni girus zadoščati naslednjem pogoju:

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

Vsota kvadratov popravkov za  $i$ -to serijo je:

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

Za  $n = 3$  giruse v katerih smo smo opazovali  $t = 4$  točk znaša število prostostnih stopenj:

$$v_i = (3 - 1) \cdot 4 = 8$$

Empirični standardni odklon  $s_i$  smeri  $x_{j,k}$ , katera je bila merjena v enem girusu v obeh krožnih legah za  $i$ -to serijo znaša:

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{v_i}} = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{8}}$$

Naslednji dve enačbi se nanašata samo na poenostavljen preizkus:

$$v = v_i$$

$$s = s_i$$

Za empirični standardni odklon  $s$ , izračunan iz vseh  $m = 4$  serij je število prostostnih stopenj:

$$v = 4 \times v_i = 32$$

Empirični standardni odklon za vertikalni kot opazovan v obeh krožnih legah ter izračunan iz merjenj vseh  $m = 4$  serije

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

$$S_{ISO-THEO-V} = s$$

V preglednici 6 sta prikazana empirična standardna odklona za vertikalne kote za oba instrumenta, med tem ko je celoten postopek izračuna prikazan na prilogi B.

Preglednica 6: Empirična standardna odklona za vertikalne kote

Instrument	Empirični standardni odklon $s$
Leica TC605L	1,81"
Leica TCRP1201+	1,87"

#### 4.2.2 Statistični test vertikalnih smeri

Kot pri preizkusu horizontalnih smeri se pri popolnem preizkusu vertikalnih smeri tudi uporabljajo statistični testi. Za interpretacijo rezultatov se v statističnem testu uporabljajo empirični standardni odklon  $s$  vertikalnega kota, merjenega v obeh krožnih legah ter indeksni pogrešek  $\delta$  in njegov standardni odklon  $s_\delta$ . S pomočjo statističnih testov dobimo odgovore na vprašanja (preglednica 7), če je izračunani empirični standardni odklon  $s$ , manjši od  $\sigma$ , ki ga navaja proizvajalec, ali dva empirična standardna odklona  $s$  in  $\tilde{s}$ , ki sta pridobljena iz dveh različnih vzorcev meritev, pripadata isti populaciji ob predpostavki da imata oba vzorca enako število prostostnih stopenj  $v$  ter ali je indeksni pogrešek  $\delta = 0$  (Prevod standarda ISO 17123, 2015)?

Testi se izvajajo s stopnjo zaupanja  $1 - \alpha = 0,95$ , kjer je število prostostnih stopenj  $v = 32$ .

Preglednica 7: Statistični test vertikalnih smeri

Vprašanje	Ničelna hipoteza	Alternativna hipoteza
a)	$s \leq \sigma$	$s > \sigma$
b)	$\sigma = \tilde{\sigma}$	$\sigma \neq \tilde{\sigma}$
c)	$\delta = 0$	$\delta \neq 0$

**Vprašanje a)**

Z ničelno hipotezo testiramo, če je empirični standardni odklon  $s$  manjši ali enak teoretični oziroma v naprej določeni vrednosti  $s$  strani proizvajalca  $\sigma$ . Ničelne hipoteze ne zavrnemo, če je izpolnjen naslednji pogoj:

$$s \leq \sigma \cdot \sqrt{\frac{\chi_{1-\alpha}^2(v)}{v}}$$

$$s \leq \sigma \cdot \sqrt{\frac{\chi_{0,95}^2(32)}{32}}$$

$$\chi_{0,95}^2(32) = 46,19$$

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

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

Če pogoj ni izpolnjen, moramo ničelno hipotezo zavrniti.

**Vprašanje b)**

V primeru, ko imam dva različna vzorca nam test pokaže če empirična standardna odklona  $s$  in  $\tilde{s}$  pripadata isti populaciji. Ničelno hipotezo  $\sigma = \tilde{\sigma}$  ne zavrnemo, če je izpolnjen naslednji pogoj:

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(v, v)} \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq F_{1-\alpha/2}(v, v)$$

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(32, 32)} \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq F_{1-\alpha/2}(32, 32)$$

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

$$0,49 \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq 2,02$$

Če ta pogoj ni izpolnjen, potem ničelno hipotezo zavrnemo.



### Vprašanje c)

Če je naslednji pogoj izpolnjen, ne zavrnemo hipoteze da je indeksni pogrešek  $\delta = 0$ :

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

$$|\delta| \leq s_{\delta} \cdot t_{0,95}(32)$$

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

$$t_{0,95}(32) = 2,04$$

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

$$|\delta| \leq s \cdot 0,3$$

V nasprotnem primeru ničelno hipotezo zavrnemo.

Število prostostnih stopenj in ustrezne kritične vrednosti  $\chi^2_{1-\alpha}(v)$ ,  $F_{1-\alpha/2}(v, v)$  ter  $t_{1-\alpha/2}(v)$  so vzete iz statističnih tabel in se spremenijo, če analiziramo drugačno število meritev.

Preglednica 8 prikazuje rezultate statističnih testov vertikalnih kotov. Oba instrumenta Leica TC605L in Leica TCRP1201+ zadoščata vprašanju a) saj je njun empirični standardni odklon manjši od podanega. Z statističnim testom, in sicer z vprašanjem b) lahko trdimo da empirična standardna odklona  $s$  (od TC605L in TCRP1201) pripadata isti populaciji. Hipotezo, da je indeksni pogrešek  $\delta = 0$ , zavrnemo saj v obeh primerih podani pogoj ni izpolnjen.

Preglednica 8: Rešitve statističnega testa opazovanih horizontalnih smeri

Vprašanje	Leica TC605L	Leica TCRP1201
a) $s \leq \sigma$	$1,81'' \leq 6,00''$	$1,87'' > 1,20''$
b) $\sigma = \tilde{\sigma}$	$0,49 \leq \frac{s_{TC605L}^2}{s_{TCRP1201}^2} \leq 2,02 \rightarrow 0,49 \leq 0,94 \leq 2,02$	
c) $\delta = 0$	$5,23'' > 0,54''$	$11,35'' > 0,56''$

## 5 ZAKLJUČEK

Po navodili mednarodnega standarda ISO 17123-3 lahko izvedemo preizkus natančnosti določitve horizontalnih in vertikalnih kotov. Ta preizkus nam v praksi lahko zelo pomaga, saj z njim lahko preverimo kakovost instrumenta, določimo njegovo dejansko natančnost pred zahtevnejšimi deli. Primerjali smo tudi dva različna instrumenta med sabo in sicer Leica TC605L in Leica TCRP1201+, ter standard lahko še nalaga da lahko naredimo preizkus instrumenta v različnih vremenskih pogojih ali preizkus enega instrumenta z različnim opazovalci. Standard vsebuje podrobna navodila in tudi primere z izračuni. Meritve sem izvajal dvakrat za horizontalne smeri ter dvakrat za vertikalne smeri, in sicer z instrumentom Leica TC605L ter z instrumentom Leica TCRP1201+, z namenom da bi lahko primerjali njihove dosegljive natančnosti oziroma empirične standardne odklone pridobljene z različnima instrumentoma pod podobnimi vremenski pogoji.

Empirični standardni odklon dobljen iz meritev horizontalnih kotov z instrumentom Leica TC605L znaša 2,94" in za instrument Leica TCRP1201+ znaša 2,09". Iz pridobljenih rezultatov vidimo, da je empirični standardni odklon manjši od deklarirane natančnosti tahimetra Leica TC605L, ki jo navaja proizvajalec. Pri tahimetru Leica TCRP1201+ je empirični standardni odklon večji od deklarirane natančnosti. Standardna empirična odklona se medseboj veliko ne razlikujeta in s stopnjo zaupanja 95 % lahko trdimo, da standardna empirična odklona pripadata isti populaciji.

Pri izvedbi meritev vertikalnih kotov oziroma zenitnih razdalj sem se odločil, da bom izvedel en girus več od predpisanega, ker točk nisem mogel ustrezno signalizirati, saj sem predpostavil da lahko pride do napake. Prav to se je tudi zgodilo in sem z instrumentom Leica TCRP1201+ naredil grobi pogrešek in posnel 2. točko dva krat in nato nadaljeval z meritvami na točki 4. Pri obdelavi podatkov sem ugotovil napako, zato sem ta napačni girus izločil iz izračuna. Empirični standardni odklon za zenitne razdalje oziroma vertikalne kote izračunan za instrument Leica TC605L znaša 1,81" in je manjši od deklarirane natančnosti, med tem ko za instrument Leica TCRP1201+ znaša 1,87", kar je več od natančnosti, ki jo navaja proizvajalec. Odklona sta medseboj podobna, kar pomeni, da s stopnjo zaupanja 95 % lahko trdimo, da odklona pripadata isti populaciji. Hipoteze da je indeksni pogrešek  $\delta = 0$  moramo zavrniti v obeh primerih, saj noben ne zadošča danemu pogoju, pri stopnji zaupanja od 95 %.

Na osnovi preizkusa lahko trdim, da preizkušen tahimeter Leica TC605L, ustreza natančnosti, ki jo navaja proizvajalec, med tem ko za tahimeter Leica TCRP1201+ ne morem trditi da ustreza natančnosti, ki jo navaja proizvajalec, zato bi bilo priporočljivo, da se na tem instrumentu opravi umerjanje oziroma kalibracija.

## VIRI

Delitev standarda ISO 17123. 2015.

[http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_tc/catalogue\\_tc\\_browse.htm?commid=53732&published=on](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_tc_browse.htm?commid=53732&published=on) (Pridobljeno 21. 09. 2015.)

Geopedia. 2015. Digitalni ortofoto

[http://geopedia.si/#T105\\_x459524.875\\_y98097.75\\_s18\\_b2](http://geopedia.si/#T105_x459524.875_y98097.75_s18_b2) (Pridobljeno 14. 09. 2015.)

ISO - International Organization for Standardization. 2015.

<http://www.iso.org/iso/home/about.htm> (Pridobljeno 14. 09. 2015.)

Leica TCRP1201+. 2015. Uporabniška navodila

[http://www.surveyequipment.com/PDFs/TPS1200\\_User\\_Manual.pdf](http://www.surveyequipment.com/PDFs/TPS1200_User_Manual.pdf) (Pridobljeno 18. 09. 2015.)

Leica TC605L. 2015. Uporabniška navodila

<http://goo.gl/9XG1pD> (Pridobljeno 18. 09. 2015.)

Prevod standarda ISO 17123. 2015. Natančnost geodetskih inštrumentov po ISO 17123

<https://goo.gl/ufNKmx> (Pridobljeno 14. 09. 2015.)

TC172/SC 6. 2015. Geodezija in geodetski instrumenti

[http://www.iso.org/iso/home/standards\\_development/list\\_of\\_iso\\_technical\\_committees/iso\\_technical\\_committee.htm?commid=53732](http://www.iso.org/iso/home/standards_development/list_of_iso_technical_committees/iso_technical_committee.htm?commid=53732) (Pridobljeno 21. 09. 2015.)

Zakon o standardizaciji (ZSta-1), Uradni list RS, št. 59/1999

## SEZNAM PRILOG

<b>Priloga A:</b>	IZRAČUN NATANČNOSTI HORIZNATALNIH SMERI	A1
<b>Priloga B:</b>	IZRAČUN NATANČNOSTI VERTIKALNIH SMERI	B1

**PRILOGA A: IZRAČUN NATANČNOSTI HORIZNATALNIH SMERI**

Opazovalec: Andrej Hlača  
 Vreme: Oblačno, + 12 °C (983 Pa)  
 Instrument: Leica TC605L  
 Datum: 24.04.2015

m	j	k	$x_{j,k,I}$			$x_{j,k,II}$			$x_{j,k}$			$x'_{j,k}$			$\bar{x}_k$			$\delta_{j,k}$	$r_{j,k}$	$r^2_{j,k}$ (") <sup>2</sup>
			°	'	"	°	'	"	°	'	"	°	'	"	°	'	"			
1. serija	1	1	320	59	15.0	140	59	26.0	320	59	20.5	0	0	0.0	0	0	0.0	0.0	-1.4	0.001
		2	44	4	34.0	224	4	57.0	44	4	45.5	83	5	25.0	83	5	22.7	-2.3	-3.7	0.004
		3	120	39	11.0	300	39	33.0	120	39	22.0	159	40	1.5	159	40	4.5	3.0	1.6	0.001
		4	191	35	14.0	11	35	32.0	191	35	23.0	230	36	2.5	230	36	7.0	4.5	3.1	0.003
		5	258	2	39.0	78	2	53.0	258	2	46.0	297	3	25.5	297	3	27.2	1.7	0.3	0.000
	2	1	320	59	6.0	140	59	24.0	320	59	15.0	0	0	0.0				0.0	1.0	0.000
		2	44	4	27.0	224	4	49.0	44	4	38.0	83	5	23.0				-0.3	0.7	0.000
		3	120	39	12.0	300	39	28.0	120	39	20.0	159	40	5.0				-0.5	0.5	0.000
		4	191	35	18.0	11	35	32.0	191	35	25.0	230	36	10.0				-3.0	-2.0	0.001
		5	258	2	26.0	78	3	1.0	258	2	43.5	297	3	28.5				-1.3	-0.3	0.000
	3	1	320	59	3.0	140	59	24.0	320	59	13.5	0	0	0.0				0.0	0.3	0.000
		2	44	4	24.0	224	4	43.0	44	4	33.5	83	5	20.0				2.7	3.0	0.002
		3	120	39	10.0	300	39	31.0	120	39	20.5	159	40	7.0				-2.5	-2.2	0.001
		4	191	35	12.0	11	35	32.0	191	35	22.0	230	36	8.5				-1.5	-1.2	0.000
		5	258	2	30.0	78	2	52.0	258	2	41.0	297	3	27.5				-0.3	0.0	0.000
$\Sigma r_1^2 = 0.014$																				
2. serija	1	1	320	59	7.0	140	59	26.0	320	59	16.5	0	0	0.0	0	0	0.0	0.0	-0.2	0.000
		2	44	4	28.0	224	4	50.0	44	4	39.0	83	5	22.5	83	5	23.8	1.3	1.1	0.000
		3	120	39	10.0	300	39	36.0	120	39	23.0	159	40	6.5	159	40	5.7	-0.8	-1.0	0.000
		4	191	35	14.0	11	35	32.0	191	35	23.0	230	36	6.5	230	36	6.7	0.2	0.0	0.000
		5	258	2	37.0	78	2	52.0	258	2	44.5	297	3	28.0	297	3	28.3	0.3	0.1	0.000
	2	1	320	59	2.0	140	59	26.0	320	59	14.0	0	0	0.0				0.0	1.1	0.000
		2	44	4	31.0	224	4	51.0	44	4	41.0	83	5	27.0				-3.2	-2.1	0.001
		3	120	39	7.0	300	39	31.0	120	39	19.0	159	40	5.0				0.7	1.8	0.001
		4	191	35	9.0	11	35	33.0	191	35	21.0	230	36	7.0				-0.3	0.8	0.000
		5	258	2	39.0	78	2	51.0	258	2	45.0	297	3	31.0				-2.7	-1.6	0.001
	3	1	320	59	3.0	140	59	25.0	320	59	14.0	0	0	0.0				0.0	-0.9	0.000
		2	44	4	23.0	224	4	49.0	44	4	36.0	83	5	22.0				1.8	0.9	0.000
		3	120	39	6.0	300	39	33.0	120	39	19.5	159	40	5.5				0.2	-0.7	0.000
		4	191	35	11.0	11	35	30.0	191	35	20.5	230	36	6.5				0.2	-0.7	0.000
		5	258	2	33.0	78	2	47.0	258	2	40.0	297	3	26.0				2.3	1.4	0.001
$\Sigma r_2^2 = 0.005$																				

Opazovalec: Andrej Hlača  
Vreme: Oblačno, + 12 °C (983 Pa)  
Instrument: Leica TC605L  
Datum: 24.04.2015

m	j	k	$x_{j,k,I}$			$x_{j,k,II}$			$x_{j,k}$			$x'_{j,k}$			$\bar{x}_k$			$\delta_{j,k}$	$r_{j,k}$	$r^2_{j,k}$ (") <sup>2</sup>
			°	'	"	°	'	"	°	'	"	°	'	"	°	'	"			
3. serija	1	1	320	59	3.0	140	59	23.0	320	59	13.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0.0	-3.8	0.004
		2	44	4	23.0	224	4	47.0	44	4	35.0	83	5	22.0	83	5	26.2	4.2	0.4	0.000
		3	120	39	7.0	300	39	27.0	120	39	17.0	159	40	4.0	159	40	9.2	5.2	1.4	0.001
		4	191	35	14.0	11	35	32.0	191	35	23.0	230	36	10.0	230	36	15.7	5.7	1.9	0.001
		5	258	2	35.0	78	2	53.0	258	2	44.0	297	3	31.0	297	3	34.8	3.8	0.1	0.000
	2	1	320	59	0.0	140	59	23.0	320	59	11.5	0	0	0.0				0.0	0.4	0.000
		2	44	4	29.0	224	4	47.0	44	4	38.0	83	5	26.5				-0.3	0.1	0.000
		3	120	39	10.0	300	39	32.0	120	39	21.0	159	40	9.5				-0.3	0.1	0.000
		4	191	35	21.0	11	35	37.0	191	35	29.0	230	36	17.5				-1.8	-1.4	0.001
		5	258	2	37.0	78	2	55.0	258	2	46.0	297	3	34.5				0.3	0.8	0.000
	3	1	320	58	52.0	140	59	17.0	320	59	4.5	0	0	0.0				0.0	3.3	0.003
		2	44	4	30.0	224	4	39.0	44	4	34.5	83	5	30.0				-3.8	-0.5	0.000
		3	120	39	10.0	300	39	27.0	120	39	18.5	159	40	14.0				-4.8	-1.5	0.001
		4	191	35	16.0	11	35	32.0	191	35	24.0	230	36	19.5				-3.8	-0.5	0.000
		5	258	2	38.0	78	2	49.0	258	2	43.5	297	3	39.0				-4.2	-0.8	0.000
$\Sigma r_3^2 = 0.010$																				
4. serija	1	1	320	58	54.0	140	59	10.0	320	59	2.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0.0	-0.2	0.000
		2	44	4	25.0	224	4	45.0	44	4	35.0	83	5	33.0	83	5	32.5	-0.5	-0.7	0.000
		3	120	39	3.0	300	39	10.0	120	39	6.5	159	40	4.5	159	40	7.7	3.2	3.0	0.002
		4	191	35	9.0	11	35	19.0	191	35	14.0	230	36	12.0	230	36	15.3	3.3	3.1	0.003
		5	258	2	38.0	78	2	46.0	258	2	42.0	297	3	40.0	297	3	35.0	-5.0	-5.2	0.008
	2	1	320	59	7.0	140	59	3.0	320	59	5.0	0	0	0.0				0.0	-2.2	0.001
		2	44	4	33.0	224	4	41.0	44	4	37.0	83	5	32.0				0.5	-1.7	0.001
		3	120	39	0.0	300	39	21.0	120	39	10.5	159	40	5.5				2.2	0.0	0.000
		4	191	35	6.0	11	35	22.0	191	35	14.0	230	36	9.0				6.3	4.1	0.005
		5	258	2	24.0	78	2	52.0	258	2	38.0	297	3	33.0				2.0	-0.2	0.000
	3	1	320	58	52.0	140	59	34.0	320	59	13.0	0	0	0.0				0.0	2.4	0.002
		2	44	4	30.0	224	5	1.0	44	4	45.5	83	5	32.5				0.0	2.4	0.002
		3	120	39	8.0	300	39	44.0	120	39	26.0	159	40	13.0				-5.3	-2.9	0.002
		4	191	35	13.0	11	36	3.0	191	35	38.0	230	36	25.0				-9.7	-7.3	0.015
		5	258	2	37.0	78	2	53.0	258	2	45.0	297	3	32.0				3.0	5.4	0.008
$\Sigma r_4^2 = 0.048$																				

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 r_i^2}{32}} = 2,94''$$

Opazovalec: Andrej Hlača  
 Vreme: Oblačno, + 12 °C (983 Pa)  
 Instrument: Leica TCRP1201+  
 Datum: 24.04.2015

m	j	k	$x_{j,k,I}$			$x_{j,k,II}$			$x_{j,k}$			$x'_{j,k}$			$\bar{x}_k$			$\delta_{j,k}$	$r_{j,k}$	$r^2_{j,k}$ ( $''$ ) <sup>2</sup>
			°	'	''	°	'	''	°	'	''	°	'	''	°	'	''			
I. serija	1	1	28	59	10.2	28	59	22.1	28	59	16.2	0	0	0.0	0	0	0.0	0.0	-0.7	0.000
		2	111	47	39.9	111	47	43.5	111	47	41.7	82	48	25.5	82	48	27.3	1.8	1.1	0.000
		3	187	5	35.5	187	5	37.2	187	5	36.4	158	6	20.2	158	6	20.0	-0.2	-0.9	0.000
		4	257	19	29.8	257	19	37.3	257	19	33.5	228	20	17.4	228	20	15.4	-2.0	-2.7	0.002
		5	324	57	11.7	324	57	19.3	324	57	15.5	295	57	59.3	295	58	3.1	3.7	3.1	0.003
	2	1	28	59	13.0	28	59	15.8	28	59	14.4	0	0	0.0				0.0	-1.4	0.001
		2	111	47	42.8	111	47	41.2	111	47	42.0	82	48	27.6				-0.3	-1.7	0.001
		3	187	5	32.4	187	5	32.4	187	5	32.4	158	6	18.0				2.0	0.6	0.000
		4	257	19	22.4	257	19	28.8	257	19	25.6	228	20	11.2				4.2	2.8	0.002
		5	324	57	17.2	324	57	15.3	324	57	16.2	295	58	1.9				1.2	-0.2	0.000
	3	1	28	59	8.9	28	59	13.0	28	59	11.0	0	0	0.0				0.0	2.1	0.001
		2	111	47	38.9	111	47	40.5	111	47	39.7	82	48	28.7				-1.4	0.6	0.000
		3	187	5	33.5	187	5	31.9	187	5	32.7	158	6	21.8				-1.8	0.3	0.000
		4	257	19	28.2	257	19	28.9	257	19	28.6	228	20	17.6				-2.2	-0.1	0.000
		5	324	57	18.7	324	57	19.2	324	57	19.0	295	58	8.0				-4.9	-2.9	0.002
$\Sigma r_1^2 = 0.012$																				
2. serija	1	1	28	59	8.2	28	59	11.6	28	59	9.9	0	0	0.0	0	0	0.0	0.0	0.5	0.000
		2	111	47	38.3	111	47	42.2	111	47	40.2	82	48	30.4	82	48	29.8	-0.6	-0.1	0.000
		3	187	5	28.3	187	5	32.7	187	5	30.5	158	6	20.6	158	6	18.4	-2.2	-1.7	0.001
		4	257	19	20.2	257	19	26.6	257	19	23.4	228	20	13.5	228	20	13.3	-0.2	0.3	0.000
		5	324	57	14.9	324	57	14.2	324	57	14.5	295	58	4.6	295	58	5.2	0.6	1.1	0.000
	2	1	28	59	8.3	28	59	9.4	28	59	8.9	0	0	0.0				0.0	-0.1	0.000
		2	111	47	34.7	111	47	37.5	111	47	36.1	82	48	27.2				2.5	2.4	0.002
		3	187	5	26.5	187	5	27.1	187	5	26.8	158	6	18.0				0.4	0.3	0.000
		4	257	19	22.3	257	19	27.1	257	19	24.7	228	20	15.8				-2.5	-2.6	0.002
		5	324	57	12.2	324	57	15.7	324	57	13.9	295	58	5.1				0.1	0.0	0.000
	3	1	28	59	7.6	28	59	14.0	28	59	10.8	0	0	0.0				0.0	-0.3	0.000
		2	111	47	41.8	111	47	43.3	111	47	42.5	82	48	31.7				-2.0	-2.3	0.001
		3	187	5	26.7	187	5	28.2	187	5	27.4	158	6	16.6				1.8	1.4	0.001
		4	257	19	24.4	257	19	18.6	257	19	21.5	228	20	10.7				2.7	2.3	0.001
		5	324	57	17.7	324	57	15.9	324	57	16.8	295	58	6.0				-0.8	-1.1	0.000
$\Sigma r_2^2 = 0.009$																				

Opazovalec: Andrej Hlača  
Vreme: Oblačno, + 12 °C (983 Pa)  
Instrument: Leica TCRP1201+  
Datum: 24.04.2015

m	j	k	$x_{j,k,I}$			$x_{j,k,II}$			$x_{j,k}$			$x'_{j,k}$			$\bar{x}_{jk}$			$\delta_{j,k}$	$r_{j,k}$	$r^2_{j,k}$ (") <sup>2</sup>
			°	'	"	°	'	"	°	'	"	°	'	"	°	'	"			
3. serija	1	1	28	59	8.3	28	59	7.6	28	59	8.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0.0	1.8	0.001
		2	111	47	36.9	111	47	39.1	111	47	38.0	82	48	30.0	82	48	29.1	-1.0	0.8	0.000
		3	187	5	29.1	187	5	30.1	187	5	29.6	158	6	21.6	158	6	20.3	-1.3	0.5	0.000
		4	257	19	24.9	257	19	24.8	257	19	24.9	228	20	16.9	228	20	14.3	-2.6	-0.8	0.000
		5	324	57	16.8	324	57	16.8	324	57	16.8	295	58	8.8	295	58	4.7	-4.1	-2.3	0.001
	2	1	28	59	9.2	28	59	6.9	28	59	8.0	0	0	0.0				0.0	-2.2	0.001
		2	111	47	40.1	111	47	33.5	111	47	36.8	82	48	28.8				0.3	-1.9	0.001
		3	187	5	22.8	187	5	24.2	187	5	23.5	158	6	15.5				4.8	2.6	0.002
		4	257	19	20.6	257	19	19.1	257	19	19.8	228	20	11.8				2.5	0.3	0.000
		5	324	57	10.2	324	57	8.5	324	57	9.3	295	58	1.3				3.4	1.2	0.000
	3	1	28	59	6.5	28	59	3.6	28	59	5.1	0	0	0.0				0.0	0.4	0.000
		2	111	47	32.1	111	47	34.8	111	47	33.4	82	48	28.4				0.7	1.1	0.000
		3	187	5	32.9	187	5	24.8	187	5	28.9	158	6	23.8				-3.5	-3.1	0.003
		4	257	19	17.6	257	19	21.0	257	19	19.3	228	20	14.2				0.1	0.5	0.000
		5	324	57	8.4	324	57	9.7	324	57	9.1	295	58	4.0				0.7	1.1	0.000
$\Sigma r_3^2 = 0.011$																				
4. serija	1	1	28	58	59.3	28	59	8.1	28	59	3.7	0	0	0.0	0	0	0.0	0.0	0.8	0.000
		2	111	47	30.4	111	47	32.0	111	47	31.2	82	48	27.5	82	48	27.7	0.2	1.0	0.000
		3	187	5	25.1	187	5	19.6	187	5	22.3	158	6	18.6	158	6	18.0	-0.6	0.2	0.000
		4	257	19	17.6	257	19	17.0	257	19	17.3	228	20	13.6	228	20	12.9	-0.7	0.1	0.000
		5	324	57	10.4	324	57	12.9	324	57	11.6	295	58	7.9	295	58	5.0	-3.0	-2.2	0.001
	2	1	28	58	57.4	28	59	3.3	28	59	0.3	0	0	0.0				0.0	-2.2	0.001
		2	111	47	23.4	111	47	29.1	111	47	26.3	82	48	25.9				1.8	-0.5	0.000
		3	187	5	14.4	187	5	17.6	187	5	16.0	158	6	15.7				2.4	0.1	0.000
		4	257	19	5.3	257	19	12.9	257	19	9.1	228	20	8.7				4.2	1.9	0.001
		5	324	57	3.3	324	57	1.5	324	57	2.4	295	58	2.0				2.9	0.7	0.000
	3	1	28	58	58.1	28	59	4.1	28	59	1.1	0	0	0.0				0.0	1.4	0.001
		2	111	47	29.3	111	47	32.0	111	47	30.7	82	48	29.6				-1.9	-0.5	0.000
		3	187	5	20.1	187	5	21.6	187	5	20.9	158	6	19.8				-1.7	-0.3	0.000
		4	257	19	18.4	257	19	16.6	257	19	17.5	228	20	16.4				-3.5	-2.1	0.001
		5	324	57	3.1	324	57	8.9	324	57	6.0	295	58	4.9				0.1	1.5	0.001
$\Sigma r_4^2 = 0.007$																				

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 r_i^2}{32}} = 2,09''$$

**PRILOGA B: IZRAČUN NATANČNOSTI VERTIKALNIH SMERI**

Opazovalec: Andrej Hlača  
 Vreme: Sončno, + 16 °C (983 Pa)  
 Instrument: Leica TC605L  
 Datum: 24.04.2015

m	j	k	$x_{j,k,I}$			$x_{j,k,II}$			$\delta_{j,k}$	$x'_{j,k}$			$\bar{x}_k$			$r_{j,k}$	$r^2_{j,k}$
			°	'	"	°	'	"		"	°	'	"	°	'		
1. serija	1	1	88	9	44	271	50	27	5.5	88	9	38.5	88	9	41.0	-2.5	0.00
		2	75	13	35	284	46	40	7.5	75	13	27.5	75	13	26.2	1.3	0.00
		3	65	19	14	294	40	56	5.0	65	19	9.0	65	19	12.7	-3.7	0.00
		4	59	30	33	300	29	32	2.5	59	30	30.5	59	30	30.5	0.0	0.00
	2	1	88	9	51	271	50	26	8.5	88	9	42.5				1.5	0.00
		2	75	13	32	284	46	42	7.0	75	13	25.0				-1.2	0.00
		3	65	19	21	294	40	54	7.5	65	19	13.5				0.8	0.00
		4	59	30	36	300	29	39	7.5	59	30	28.5				-2.0	0.00
	3	1	88	9	47	271	50	23	5.0	88	9	42.0				1.0	0.00
		2	75	13	31	284	46	39	5.0	75	13	26.0				-0.2	0.00
		3	65	19	20	294	40	49	4.5	65	19	15.5				2.8	0.00
		4	59	30	39	300	29	34	6.5	59	30	32.5				2.0	0.00
$\Sigma r_1^2 = 0.01$																	
2. serija	1	1	88	9	47	271	50	21	4.0	88	9	43.0	88	9	44.0	-1.0	0.00
		2	75	13	33	284	46	38	5.5	75	13	27.5	75	13	28.2	-0.7	0.00
		3	65	19	18	294	40	50	4.0	65	19	14.0	65	19	15.0	-1.0	0.00
		4	59	30	35	300	29	37	6.0	59	30	29.0	59	30	30.7	-1.7	0.00
	2	1	88	9	52	271	50	19	5.5	88	9	46.5				2.5	0.00
		2	75	13	33	284	46	37	5.0	75	13	28.0				-0.2	0.00
		3	65	19	18	294	40	47	2.5	65	19	15.5				0.5	0.00
		4	59	30	38	300	29	33	5.5	59	30	32.5				1.8	0.00
	3	1	88	9	46	271	50	21	3.5	88	9	42.5				-1.5	0.00
		2	75	13	31	284	46	33	2.0	75	13	29.0				0.8	0.00
		3	65	19	21	294	40	50	5.5	65	19	15.5				0.5	0.00
		4	59	30	31	300	29	30	0.5	59	30	30.5				-0.2	0.00
$\Sigma r_2^2 = 0.01$																	



Opazovalec: Andrej Hlača  
Vreme: Sončno, + 16 °C (983 Pa)  
Instrument: Leica TC605L  
Datum: 24.04.2015

m	j	k	$x_{j,k,I}$			$x_{j,k,II}$			$\delta_{j,k}$	$x'_{j,k}$			$\check{x}_k$			$r_{j,k}$	$r^2_{j,k}$
			o	'	''	o	'	''		o	'	''	o	'	''		
3. serija	1	1	88	9	42	271	50	20	1.0	88	9	41.0	88	9	43.2	-2.2	0.00
		2	75	13	34	284	46	33	3.5	75	13	30.5	75	13	28.5	2.0	0.00
		3	65	19	20	294	40	48	4.0	65	19	16.0	65	19	14.8	1.2	0.00
		4	59	30	31	300	29	29	0.0	59	30	31.0	59	30	31.7	-0.7	0.00
	2	1	88	9	48	271	50	22	5.0	88	9	43.0				-0.2	0.00
		2	75	13	28	284	46	37	2.5	75	13	25.5				-3.0	0.00
		3	65	19	15	294	40	50	2.5	65	19	12.5				-2.3	0.00
		4	59	30	34	300	29	33	3.5	59	30	30.5				-1.2	0.00
	3	1	88	9	53	271	50	22	7.5	88	9	45.5				2.3	0.00
		2	75	13	36	284	46	37	6.5	75	13	29.5				1.0	0.00
		3	65	19	23	294	40	51	7.0	65	19	16.0				1.2	0.00
		4	59	30	41	300	29	34	7.5	59	30	33.5				1.8	0.00
$\Sigma r_3^2 = 0.01$																	
4. serija	1	1	88	9	48	271	50	22	5.0	88	9	43.0	88	9	42.5	0.5	0.00
		2	75	13	33	284	46	39	6.0	75	13	27.0	75	13	27.2	-0.2	0.00
		3	65	19	18	294	40	50	4.0	65	19	14.0	65	19	14.3	-0.3	0.00
		4	59	30	38	300	29	37	7.5	59	30	30.5	59	30	32.0	-1.5	0.00
	2	1	88	9	51	271	50	25	8.0	88	9	43.0				0.5	0.00
		2	75	13	33	284	46	38	5.5	75	13	27.5				0.3	0.00
		3	65	19	21	294	40	51	6.0	65	19	15.0				0.7	0.00
		4	59	30	39	300	29	33	6.0	59	30	33.0				1.0	0.00
	3	1	88	9	49	271	50	26	7.5	88	9	41.5				-1.0	0.00
		2	75	13	36	284	46	42	9.0	75	13	27.0				-0.2	0.00
		3	65	19	22	294	40	54	8.0	65	19	14.0				-0.3	0.00
		4	59	30	39	300	29	34	6.5	59	30	32.5				0.5	0.00
$\Sigma r_4^2 = 0.00$																	

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 r_i^2}{32}} = 1,81''$$

Opazovalec: Andrej Hlača  
 Vreme: Sončno, + 16 °C (983 Pa)  
 Instrument: Leica TCRP1201+  
 Datum: 24.04.2015

m	j	k	$x_{j,k,I}$			$x_{j,k,II}$			$\delta_{j,k}$	$x'_{j,k}$			$\bar{x}_k$			$r_{j,k}$	$r^2_{j,k}$
			o	'	"	o	'	"		"	o	'	"	o	'		
1. serija	1	1	87	59	4.2	272	1	22.5	13.4	87	58	50.8	87	58	52.5	-1.6	0.00
		2	75	0	16.0	285	0	0.9	8.4	75	0	7.6	75	0	8.8	-1.2	0.00
		3	65	5	18.5	294	55	1.9	10.2	65	5	8.3	65	5	8.5	-0.3	0.00
		4	59	16	34.8	300	43	47.2	11.0	59	16	23.8	59	16	24.6	-0.8	0.00
	2	1	87	59	6.7	272	1	17.8	12.2	87	58	54.5				2.0	0.00
		2	75	0	22.0	285	0	0.4	11.2	75	0	10.8				2.0	0.00
		3	65	5	18.4	294	55	1.2	9.8	65	5	8.6				0.0	0.00
		4	59	16	38.4	300	43	45.2	11.8	59	16	26.6				2.1	0.00
	3	1	87	59	5.3	272	1	21.0	13.1	87	58	52.2				-0.3	0.00
		2	75	0	19.8	285	0	3.9	11.9	75	0	7.9				-0.8	0.00
		3	65	5	19.3	294	55	1.8	10.5	65	5	8.8				0.2	0.00
		4	59	16	27.8	300	43	41.3	4.5	59	16	23.3				-1.3	0.00
$\Sigma r_1^2 = 0.01$																	
2. serija	1	1	87	59	1.5	272	1	18.5	10.0	87	58	51.5	87	58	51.3	0.2	0.00
		2	75	0	19.8	285	0	6.5	13.2	75	0	6.6	75	0	7.0	-0.4	0.00
		3	65	5	15.5	294	55	3.2	9.4	65	5	6.1	65	5	7.0	-0.9	0.00
		4	59	16	37.5	300	43	46.3	11.9	59	16	25.6	59	16	24.8	0.8	0.00
	2	1	87	59	2.1	272	1	20.5	11.3	87	58	50.8				-0.5	0.00
		2	75	0	18.6	285	0	6.5	12.6	75	0	6.0				-1.0	0.00
		3	65	5	14.6	294	55	1.8	8.2	65	5	6.4				-0.6	0.00
		4	59	16	35.5	300	43	45.9	10.7	59	16	24.8				0.0	0.00
	3	1	87	59	4.4	272	1	21.4	12.9	87	58	51.5				0.2	0.00
		2	75	0	23.3	285	0	6.6	14.9	75	0	8.4				1.3	0.00
		3	65	5	18.7	294	55	1.5	10.1	65	5	8.6				1.5	0.00
		4	59	16	37.2	300	43	49.1	13.1	59	16	24.1				-0.8	0.00
$\Sigma r_2^2 = 0.00$																	

Opazovalec: Andrej Hlača  
 Vreme: Sončno, + 16 °C (983 Pa)  
 Instrument: Leica TCRP1201+  
 Datum: 24.04.2015

m	j	k	$x_{j,k,I}$			$x_{j,k,II}$			$\delta_{j,k}$	$x'_{j,k}$			$\check{x}_k$			$r_{j,k}$	$r^2_{j,k}$
			o	'	''	o	'	''		o	'	''	o	'	''		
3. serija	1	1	87	59	6.4	272	1	16.5	11.5	87	58	54.9	87	58	53.5	1.4	0.00
		2	75	0	22.3	285	0	2.8	12.6	75	0	9.7	75	0	8.3	1.4	0.00
		3	65	5	20.7	294	55	4.1	12.4	65	5	8.3	65	5	9.1	-0.8	0.00
		4	59	16	38.9	300	43	49.0	13.9	59	16	25.0	59	16	27.4	-2.5	0.00
	2	1	87	59	4.8	272	1	17.0	10.9	87	58	53.9				0.4	0.00
		2	75	0	19.2	285	0	1.1	10.1	75	0	9.1				0.7	0.00
		3	65	5	19.6	294	55	2.4	11.0	65	5	8.6				-0.6	0.00
		4	59	16	36.9	300	43	42.3	9.6	59	16	27.3				-0.1	0.00
	3	1	87	59	4.5	272	1	21.2	12.8	87	58	51.7				-1.9	0.00
		2	75	0	18.4	285	0	6.1	12.3	75	0	6.1				-2.2	0.00
		3	65	5	22.7	294	55	1.6	12.2	65	5	10.5				1.4	0.00
		4	59	16	39.2	300	43	39.1	9.1	59	16	30.1				2.6	0.00
$\Sigma r_3^2 = 0.01$																	
4. serija	1	1	87	59	7.0	272	1	18.8	12.9	87	58	54.1	87	58	54.5	-0.4	0.00
		2	75	0	19.8	285	0	3.6	11.7	75	0	8.1	75	0	8.8	-0.7	0.00
		3	65	5	18.0	294	55	3.3	10.7	65	5	7.3	65	5	8.1	-0.8	0.00
		4	59	16	35.5	300	43	48.0	11.7	59	16	23.8	59	16	28.3	-4.5	0.01
	2	1	87	59	4.6	272	1	16.6	10.6	87	58	54.0				-0.5	0.00
		2	75	0	19.9	285	0	4.8	12.3	75	0	7.6				-1.3	0.00
		3	65	5	19.2	294	55	4.1	11.7	65	5	7.5				-0.6	0.00
		4	59	16	39.0	300	43	43.4	11.2	59	16	27.8				-0.5	0.00
	3	1	87	59	7.1	272	1	16.3	11.7	87	58	55.4				0.9	0.00
		2	75	0	22.7	285	0	1.0	11.9	75	0	10.8				2.0	0.00
		3	65	5	23.3	294	55	4.4	13.9	65	5	9.4				1.3	0.00
		4	59	16	43.2	300	43	36.7	9.9	59	16	33.3				5.0	0.01
$\Sigma r_4^2 = 0.02$																	

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 r_i^2}{32}} = 1,87''$$