

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*



26202135

Kandidat:

**Albin Mencin**

# **Preizkus GNSS-RTK-instrumentov po ISO- standardu 17123-8**

**Diplomska naloga št.: 334**

**Mentor:**

prof. dr. Bojan Stopar

**Somentor:**

asist. dr. Polona Pavlovčič Prešeren

Ljubljana, 2010

## **IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisani **Albin Mencin** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom: »**Preizkus GNSS-RTK instrumentov po ISO standardu 17123-8**«.

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

Ljubljana 18.2.2011

Podpis:

## **BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

**UDK:** 066:528.2:528.5(043.2)  
**Avtor:** Albin Mencin  
**Mentor:** izr. prof. Bojan Stopar univ. dipl .ing. geod.  
**Somentor:** asist .dr. Polona Pavlovčič Prešeren univ. dipl. inž. geod.  
**Naslov:** Preizkus GNSS-RTK instrumentov po ISO standardu 17123-8  
**Obseg in oprema:** 97 str., 35 pregl., 12 graph, 10 hist., 5 sl., 25 en  
**Ključne besede:** GNSS, kalibracija, terensko preizkušanje instrumentov, standard ISO 17123-8,

### **Izvleček**

V nalogi je predstavljen standard ISO 17123-8, ki predstavlja postopke preizkušanja GNSS-RTK merskega instrumentarija, za določanje položaja v realnem času, ki temeljijo na oceni kakovosti delovanja strojne in programske opreme posameznega instrumenta. Preizkus lahko opravimo kjerkoli na terenu, kjer so zagotovljeni pogoji za izvedbo GNSS-RTK opazovanj. Preizkus ne zahteva dodatnega programskega orodja za obdelavo podatkov meritev, saj je statistično vrednotenje rezultatov opazovanj dokaj enostavno. V nalogi so predstavljeni tudi rezultati praktičnih preizkusov glede na referenčne vrednosti, različne proizvajalce, različna obdobja opazovanja in različne dolžine vektorjev. Za preizkus so bili uporabljeni instrumenti proizvajalcev Leica, Trimble in Topcon.

## **BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION**

**UDK:** 066:528.2:528.5(043.2)  
**Autor:** Albin Mencin  
**Supervisor:** Associate. Prof. Ph.D, Bojan Stopar b.s. in geodesy.  
**Second Supervisor:** Assistant dr. Polona Pavlovčič Prešeren b.s. in geodesy.  
**Title:** GNSS-RTK instrument testing using ISO-standard 17123-8  
**Notes:** 97 p., 35 tab., 12 grap., 10 hist., 5 fig., 25 eq  
**Key words:** GNSS, calibration, instrument field testing, standard  
ISO 17123-8,

### **Abstract**

In the thesis is presented the ISO standard ISO 17123-8, which represents the methods of testing of GNSS-RTK measurement included, for the determination of the position in real time, based on an assessment of the quality of the hardware and software of each instrument. The test can be done anywhere on the field, where provided the conditions for the implementation of the GNSS-RTK observations. The test does not require additional software tools for processing the data measurements, since the statistical evaluation of the results of the observations are quite easy. In the thesis are presented also the results of the practical tests on the reference values, different manufacturers, different periods of observation and of different length of the vectors. For the examination of the instruments used were the producer Leica, Topcon and Trimble.

## KAZALO VSEBINE

<b>1</b>	<b>Uvod</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Standard ISO 17123-8</b>	<b>5</b>
<b>2.1</b>	<b>Uporabnost standarda ISO 17123-8</b>	<b>6</b>
<b>2.2</b>	<b>Povezave standarda ISO 17123-8 z drugimi standardi</b>	<b>6</b>
<b>2.3</b>	<b>Splošno o metodi GNSS-RTK</b>	<b>7</b>
<b>2.3.1</b>	<b>Zahteve standarda o uporabi instrumentarija</b>	<b>8</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Koncept postopkov preizkusa GNSS-RTK instrumentov</b>	<b>9</b>
	<b>2.3.3 Postopek 1: Poenostavljeni postopek</b>	<b>10</b>
	<b>2.3.4 Postopek 2: Popolni postopek</b>	<b>11</b>
<b>2.4</b>	<b>Poenostavljeni postopek</b>	<b>11</b>
	<b>2.4.1 Meritve poenostavljenega postopka</b>	<b>11</b>
	<b>2.4.2 Predhodna kontrola koordinat pri poenostavljenem postopku preizkusa</b>	<b>12</b>
<b>2.5</b>	<b>Popolni postopek preizkusa</b>	<b>14</b>
	<b>2.5.1 Meritve celotnega preizkusa</b>	<b>14</b>
	<b>2.5.2 Predhodna kontrola in statistično ovrednotenje koordinat</b>	<b>14</b>
	<b>2.5.2.1 Predhodna kontrolna opazovanja</b>	<b>14</b>
	<b>2.5.2.2 Izračun statističnih vrednosti</b>	<b>14</b>
<b>2.6</b>	<b>Statistični testi</b>	<b>16</b>
	<b>2.6.1 Statistični testi v standardu ISO 17123-8</b>	<b>17</b>
	<b>2.6.2 Vprašanje a)</b>	<b>18</b>
	<b>2.6.3 Vprašanje b)</b>	<b>19</b>
	<b>2.6.4 Vprašanje c)</b>	<b>20</b>
	<b>2.6.5 Vprašanje d)</b>	<b>21</b>
<b>3</b>	<b>Predhodne Meritve in meritve po standardu ISO 17123-8</b>	<b>23</b>
<b>3.1</b>	<b>Predhodne meritve – določitev dolžin in višinskih razlik</b>	<b>23</b>
	<b>3.1.1 Statična izmera GPS</b>	<b>24</b>
	<b>3.1.1.1 Merska oprema za GPS statična opazovanja</b>	<b>24</b>
	<b>3.1.1.2 Metoda izmere GPS statične izmere</b>	<b>25</b>
	<b>3.1.1.3 Obdelava opazovanj GPS statične izmere</b>	<b>25</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Določitev višinskih razlik</b>	<b>27</b>

3.1.2.1 Merska oprema za določitev višinskih razlik	27
3.1.2.2 Metoda izmere višinskih razlik	28
3.1.2.3 Obdelava opazovanj višinskih razlik	28
3.1.3 Določitev relativnih položajev točk s pomočjo elektronskega tahimetra	29
3.1.3.1 Merska oprema za določitev razdalj	30
3.1.3.2 Metoda izmere razdalj med merskimi stebri	31
3.1.3.3 Izračuni horizontalnih razdalj	32
3.2 Splošna analiza pridobljenih opazovanj	32
3.2.1 Odstopanja meritev glede na predhodno določene položaje	33
3.2.1.1 Preizkus GNSS-RTK instrumenta na točki FGG 2	33
3.2.1.2 Preizkus GNSS-RTK instrumenta na točki FGG 3	38
3.2.1.3 Preizkus GNSS-RTK instrumenta na točki FGG 4	43
3.3 Opazovanja za preizkus po standardu ISO 17123-8	48
3.3.1 Preizkus sprejemnika Trimble R8	48
3.3.1.1 Bazno stojišče, določeno z VRS-načinom	48
3.3.1.1 Bazno stojišče je permanentna postaja GSR1	53
3.3.2 Preizkus instrumenta Topcon Hyper PRO	57
3.3.2.1 Preizkus instrumenta Topcon »baza«	57
3.3.2.1 Preizkus instrumenta Topcon »rover«	60
3.3.3 Preizkus instrumenta Leica Viva	62
3.4 Analiza rezultatov (izidov) statističnih testov A in B	64
3.4.1 Ponovljivost pri malem časovnem zamiku	65
3.4.2 Preizkusi, opravljeni v različnih dneh	67
3.4.3 Različne dolžine vektorjev	68
3.4.4 Vrednotenje glede na proizvajalca	69
3.4.5 Bazno stojišče kot permanentna postaja ali kot VRS	70
3.5 Statistični testi C in D	72
3.5.1 Primerjava različnih meritev na vektorju FGG 2 – FGG 3	72
3.5.2 Primerjava različnih meritev z instrumentom Topcon »rover«	73
3.5.2.1 Meritve z instrumentom Topcon »rover« prvi dan	73
3.5.2.2 Meritve z instrumentom Topcon »rover« drugi dan	74
3.5.2.3 Meritve z instrumentom Topcon »rover« tretji dan	75

---

3.5.2.4	Instrument Topcon »rover«: primerjava meritev v treh dneh	75
3.5.2.5	Skladnost meritev med instrumentoma istega proizvajalca	78
3.5.2.6	Skladnost meritev med instrumentoma Topcon »rover« in Leica	79
3.5.3	Skladnost meritev med instrumentoma Topcon »rover« in Trimble	81
3.5.4	Skladnost meritev instrumenta Topcon »baza« z drugimi instrumenti	82
3.5.4.1	Skladnost meritev med instrumentoma Topcon »baza« in Leica	82
3.5.4.2	Skladnost meritev med instrumentoma Topcon »baza« in Trimble	83
3.5.4.3	Skladnost meritev med instrumentoma Topcon	83
3.5.5	Skladnost meritev instrumenta Leica glede na druge instrumente	84
3.5.5.1	Skladnost meritev med instrumentoma Topcon »baza« in Leica	84
3.5.5.2	Skladnost meritev med instrumentoma Leica in Topcon »rover«	84
3.5.5.3	Skladnost meritev med instrumentoma Leica in Trimble	85
3.5.6	Skladnost meritev instrumenta Trimble glede na druge instrumente	85
3.5.6.1	Skladnost meritev med instrumentoma Trimble in Leica	86
3.5.6.2	Skladnost meritev med instrumentoma Topcon »baza« in Trimble	86
3.5.6.3	Skladnost meritev med instrumentoma Topcon »rover« in Trimble	86
3.5.6.4	Skladnost meritev med instrumentoma Trimble in Trimble	86
4	Zaključki	88
4.1	ISO 17123-8	88
4.2	Komentar izbire delovišča na strehi FG	89
4.3	Analiza meritev	90
4.3.1	Splošna analiza meritev	90
4.3.2	Preizkusi po standardu ISO 17123-8	91
4.3.3	Popolni preizkus in statistična testa (vprašanji A in B)	91
4.3.4	Statistična testa (vprašanji C in D)	92
4.4	Sklep	94
4.5	Zaključek	95
5	VIRI	96
6	Kazalo e-prilog (zgoščanka)	97

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 2. 1: Zaporedje meritev v eni seriji

Preglednica 2.2: Ničelne in alternativne domneve v statističnih testih

Preglednica 3.1: Kartezične koordinate točk s pripadajočimi standardnimi odkloni

Preglednica 3.2: Koordinate točk v ETRS 89 koordinatnem sistemu s pripadajočimi standardnimi odkloni

Preglednica 3.3: Elipse pogreškov izravnanih položajev točk v tangencialni ravnini

Preglednica 3.4: Koordinate točk v koordinatnem sistemu D-96/TM

Preglednica 3.5.: Deklarirane natančnosti Wild Na 3000

Preglednica 3.6: Izravnane višinske razlike, pridobljene z geometričnim nivelmanom

Preglednica 3.7: Pregled elipsoidnih višinskih razlik, pridobljenih z različnimi merskimi metodami

Preglednica 3.8: Lastnosti instrumenta Leica Viva TPS1201+

Preglednica 3.9: Lastnosti instrumenta\_Meteo station HM30

Preglednica 3.10: Primerjava horizontalnih razdalj pridobljenih z laserskim razdaljemerom in GPS statično metodo

Preglednica 3.11: Rezultati trikratne ponovitve opazovanj točke TLA 6

Preglednica 3.12: Statistične vrednosti, pridobljene z opazovanji z različnimi instrumenti na točki FGG 2

Preglednica 3.13: Statistične vrednosti, pridobljene z opazovanji z instrumenti različnih proizvajalcev na točki FGG 3

Preglednica 3.14: Statistične vrednosti, pridobljene z opazovanji z različnimi instrumenti na točki FGG 4

Preglednica 3.15: Primerjava rezultatov opazovanj na točkah FGG 3 – FGG 2 z »danimi« vrednostmi

Preglednica 3.16: Izračun  $s_{ISO\ en}$  iz položajev v D96/TM in  $s_{ISO\ h}$  iz elipsoidnih višin



---

Preglednica 3.17: Primerjava rezultatov opazovanj na točkah FGG 3 - FGG 2 z referenco

Preglednica 3.18: Izračun  $s_{ISO\ en}$  iz položajev v D96/TM in  $s_{ISO\ h}$  iz elipsoidnih višin

Preglednica 3.19: Preizkusi instrumenta Topcon »rover« opravljene prvi dan

Preglednica 3.20: Preizkusi instrumenta Topcon »rover« opravljene drugi dan

Preglednica 3.21: Preizkusi instrumenta Topcon »rover« opravljene tretji dan

Preglednica 3.22: Preizkusi instrumenta Leica Viva

Preglednica 3.23: Statistični test C in D. Primerjava 3 vzorcev instrumenta Topcon »rover« prvega dne med seboj.

Preglednica 3.24: Statistični test C in D. Primerjava 3 vzorcev instrumenta Topcon »rover« drugega dne.

Preglednica 3.25: Statistični test C in D. Preizkus za 3 vzorce meritev z instrumentom Topcon »rover« za tretji dan.

Preglednica 3.26: Statistični test C in D. za 36 vzorcev meritev z instrumentom Topcon »rover«.

Preglednica 3.27: Statistični test C in D. Primerjava 1 vzorca instrumenta Topcon »baza« z 9 vzorci instrumenta Topcon »rover«.

Preglednica 3.28: Statistični test C in D. Primerjava 9 vzorcev instrumenta Topcon »rover« z vzorcem instrumenta Leica.

Preglednica 3.29: Statistični test C in D. Primerjava 9 meritev z instrumentom Topcon »rover« z 2 vzorcema meritev z instrumentom Trimble.

Preglednica 3.30: Statistični test C in D. Primerjava meritve z instrumentom Topcon »baza« z meritvijo z instrumentom Leica.

Preglednica 3.31: Statistični test C in D. Primerjava vzorca meritve z instrumentom Topcon »baza« z 2 vzorcema meritev z instrumentom Trimble.

Preglednica 3.32: Statistični test C in D. Primerjava vzorca instrumenta Leica z 2 vzorcema instrumenta Trimble.

Preglednica 3.33: Statistični test C in D. Primerjava meritve z instrumentom Trimble z vzorcema meritev z instrumentom Trimble

## **KAZALO GRAFIKONOV**

Grafikon 3.1: Pregled rezultatov statističnih testov A

Grafikon 3.2: Pregled rezultatov statističnih testov B

Grafikon 3.3: Pregled rezultatov statističnih testov A, v primeru ponovljivosti pri malem časovnem zamiku

Grafikon 3.4: Pregled rezultatov statističnih testov B, v primeru ponovljivosti pri malem časovnem zamiku

Grafikon 3.5: Pregled rezultatov statističnih testov A, v primeru dnevnega zamiku

Grafikon 3.6: Pregled rezultatov statističnih testov B v primeru dnevnega zamiku

Grafikon 3.7: Pregled rezultatov statističnih testov A, v primeru različnih dolžin vektorjev

Grafikon 3.8: Pregled rezultatov statističnih testov B, v primeru različnih dolžin vektorjev

Grafikon 3.9: Pregled rezultatov statističnih testov A, v primeru različnih proizvajalcev

Grafikon 3.10: Pregled rezultatov statističnih testov B, v primeru različnih proizvajalcev

Grafikon 3.11: Pregled rezultatov statističnih testov A, v primeru različnih metod

Grafikon 3.12: Pregled rezultatov statističnih testov B, v primeru različnih metod

## **KAZALO HISTOGRAMOV**

Histogram 3.1: Histogram frekvenc dolžinskih odstopanj, pridobljenih s 180 opazovanji z različnimi instrumenti na točki FGG 2

Histogram 3.2: Histogram frekvenc višinskih odstopanj položajev, pridobljenih s 180 meritvami z različnimi instrumenti na točki FGG 2

Histogram 3.3: Histogram frekvenc dolžinskih odstopanj položajev, pridobljenih s štirimi instrumenti treh proizvajalcev na točki FGG 3

Histogram 3.4: Histogram frekvenc višinskih odstopanj položajev, pridobljenih s 180 meritvami z različnimi instrumenti na točki FGG 3

Histogram 3.5: Histogram frekvenc dolžinskih odstopanj položajev, pridobljenih s 165 opazovanji z različnimi instrumenti na točki FGG 4

Histogram 3.10: Histogram frekvenc dolžinskih odstopanj položajev, pridobljenih s 165 opazovanji z različnimi instrumenti na točki FGG 4

## KAZALO SLIK

Slika 1: Razporeditev točk za izvedbo preizkusa GNSS-RTK instrumentov po navodilih standarda ISO 17123-8

Slika 2: Položajna skica merskih točk

Slika 3: FGG 2 – položaj v koordinatnem sistemu D96/TM. Predstavljenih je 180 določitev koordinat v horizontalni ravnini.

Slika 4: FGG 3 – položaj v koordinatnem sistemu D96/TM. Predstavljenih je 180 rezultatov meritev s štirimi instrumenti.

Slika 5: FGG 4 – položaj v koordinatnem sistemu D96/TM. Predstavljenih je 165 rezultatov meritev s tremi instrumenti.



## 1 UVOD

Geodezija je znanost, ki se ukvarja z izmero zemljišča z namenom izdelave načrtov in kart za posamezna področja, območje države, kontinenta ali Zemlje v celoti. Načrti in karte se izdelujejo na podlagi podatkov pridobljenih na terenu z različnimi instrumenti in različnimi metodami dela. Ti podatki omogočajo, da vsi objekti na površini zemlje, pod njo ali v zraku, ki so prikazani na načrtih in kartah obdržijo svojo obliko in medsebojne položaje (Mihajlović, 1981).

Da bi podatki, ki jih na terenu pridobimo z različnimi instrumenti bili natančni in točni, je pomembna naloga geodezije tudi preverjanje in kalibriranje merilnih naprav. Naprave so tekom merskih postopkov podvržene sistematičnim in slučajnim vplivom. Zato preverjanje instrumentov izvajamo z namenom, da ovrednotimo natančnost, zanesljivost in točnost pridobljenih rezultatov.

V geodeziji smo imeli v začetnem obdobju praktične uporabe globalnih navigacijskih satelitskih sistemov (GNSS angl. Global Navigation Satellite System) precej težav s preizkusom GNSS merskih naprav, saj je obdelava podatkov opazovanj potekala v programskih paketih, ki so uporabniku nudili izključno le rezultate obdelav. Nismo imeli celovitega vpogleda v postopke pridobivanja merskih vrednosti in tako tudi ne v njihovo pridobljeno kakovost. Tako je merski postopek potekal na »slepem« zaupanju tehnologiji ter navedbam proizvajalca instrumentov in programske opreme. Ker se natančnost opazovanj tekom meritev nanaša le na konkretna opazovanja, je ne moremo uporabiti za oceno kvalitete merskih postopkov, kaj šele tehnologije kot take. V primeru kompleksnih tehnologij, kot je GNSS, je zato težko opredeliti najbolj ustrezen preizkus delovanja merskih naprav.

V aplikacijah kjer je potrebna visoka kakovost, je kakovost potrebno nadzirati v vseh fazah pridobivanja rezultata. Zaradi omenjenih težav pri vrednotenju kakovosti pri uporabi tehnologije GNSS, se je mednarodna skupnost že zelo zgodaj organizirala in z različnimi smernicami, priporočili, navodili, pravili in zahtevami usmerjala uporabnike te tehnologije na različnih specifičnih področjih uporabe. Tako so na področju geodezije različne mednarodne

in nacionalne organizacije začele izdajati priporočila, usmeritve in navodila za terensko izmero, obdelavo podatkov opazovanj in za vrednotenje kakovosti pridobljenih rezultatov. V vrednotenju kakovosti merske opreme pa so se najprej pojavili postopki za vrednotenje kakovosti anten GNSS sprejemnikov.

Kalibracijo GNSS-anten izvajajo za to pristojne službe, npr. NGS (angl. National Geodetic Survey). Postopki so zapleteni in temeljijo na uporabi ustrezne kalibracijske opreme v povezavi s profesionalnimi programskimi paketi za obdelavo GNSS-opazovanj.

Ker delovanje posameznih komponent, tako strojne kot programske opreme, običajnemu uporabniku GPS-opreme ni poznano v podrobnosti, preostane v geodetski praksi samo še možnost empirične ocene kakovosti pridobljenih rezultatov s pomočjo testiranja na izbranem delovišču (Heister, 2008).

Mednarodna zveza geodetov FIG (fr. Fédération Internationale des Géomètres) za preverjanje in preizkušanje geodetske opreme predvideva model, predstavljen s štirimi nivoji:

- prvi je preprost preizkus delovanja, kjer ocenimo operativnost, vizualno preverimo opremo in v kratkih intervalih opravimo nekaj meritev na isti točki pred in po glavnih terenskih meritvah ter preverimo njihovo skladnost;
- drugi nivo, razširjeni test delovanja, se nanaša na vrednotenje značilnih odklonov posameznih rezultatov v enakomernih intervalih ali dogodkovni odvisnosti;
- tretji nivo predstavlja kalibriranje in umerjanje, kjer opazovanja primerjamo z referenčnimi;
- četrti nivo se navezuje na določitev tehničnih značilnosti instrumentov z namenom pridobitve certifikata za posamezni instrument. Za to je potrebno znanje o merskih postopkih in delovanju programske opreme (Heister, 2008).

Pri GNSS-RTK merski opremi je rešitev prvih dveh nivojev opisana v standardu ISO 17123-8 iz leta 2007 z naslovom »GNSS terenski merski sistemi v realnem času (RTK)« (angl. The new ISO standard 17123-8 for checking GNSS field measuring systems).

Standard ISO 17123-8 vsebuje navodila za terenski preizkus delovanja GNSS RTK merske opreme za posamezno delovišče brez posebne dodatne opreme, saj tu preverjamo ustreznost rezultatov izmere glede na navedbe proizvajalca. Preizkusa, opredeljenega v standardu, ne smemo enačiti s kalibracijo GNSS-instrumenta, ki je direktno podvržena drugim mednarodnim standardom.

Naj si najprej ogledamo nekaj najbolj poznanih GNSS-vplivov na opazovanja in napak, ki vplivajo na natančnost pridobljenih rezultatov meritev, to je 3D položajev (Martin, 2008):

- večpotje (angl. multipath) in električne motnje
- ovire v okolici objekta
- ionosferski in troposferski vplivi
- nepravilna določitev števila celih valov v začetnem trenutku opazovanj (inicializacija)
- slabitev natančnosti DOP (angl. Dilution Of Precision) in vidnost satelitov
- neprimerna dolžina baznih vektorjev
- preobremenjenost omrežja permanentnih postaj
- uporaba poškodovanih ali slabo določenih točk in/ali neustreznih datumskih referenc
- motnje v delovanju opreme
- pogreški in človeške napake zaradi nepoznavanja ali slabe geodetske prakse

Metoda časovnega razporeda meritev pri celotnem preizkusu po ISO-standardu zmanjša ali odpravi določene vplive:

- zmanjša vplive neugodne razporeditve GNSS-satelitov
- zmanjša vplive nepravilnosti tirnic GNSS-satelitov
- v večji meri odstrani vplive ionosferske in troposferske refrakcije
- zmanjša vplive iz okolja, kot npr. večpotje

Metoda preizkusa ne posega v delovanje referenčnih postaj, to je v delovanje permanentnih postaj ali v koncept delovanja virtualnih referenčnih postaj VRS (angl. Virtual Reference Station) oziroma FKP (nem. Flächen Korrektur Parameter).



---

Vrednotenje rezultatov po standardu ISO 17123-8 temelji na določitvi povprečnih vrednosti koordinat, ki smo jih dobili iz zaporedno pridobljenih koordinat točk (navadno v5 epohah). Kriterij se navezuje na konkretno uporabo RTK-metode v praksi, ki jo največkrat uporabljamo za določitev koordinat detajlnih točk – le-te določimo na osnovi nekaj (od 5 do 10) zaporedno pridobljenih vrednosti koordinat. Zaradi malega števila zaporednih epoh, rezultatom meritev ne moremo povsem zaupati. Malo število zaporednih opazovanj (iz katerih so določene koordinate) v istem časovnem trenutku nakazuje na dejstvo, da v točnost RTK-rezultatov meritev ne moremo povsem zaupati.

Preizkus po standardu ISO 17123-8 se nanaša na določitev položajev dveh točk in nadaljnjem vrednotenju relativnih odnosov med točkama (horizontalna dolžina in višinska razlika). S preizkusom po standardu ISO 17123-8 pridobimo informacije o natančnosti določitve koordinat točk, ki smo jih pridobili iz večkrat neodvisno ponovljenih meritev. Preizkus po standardu ISO ne posega na področje ocene točnosti meritev. FIG namreč določa, da opredelitev natančnost spada v domeno preizkusa, medtem ko točnost, kjer gre za ugotavljanje odstopanj od dejanskih vrednosti, že posega na področje kalibracije (Heister, 2008).

## 2 STANDARD ISO 17123-8

ISO 17123-8 je mednarodni standard za optiko in optične instrumente, ki obravnava terenske preizkuse geodetskih in merskih inštrumentov. 8. del, ki ga podrobneje obravnavamo, se nanaša na GNSS-terenske merske sisteme za opazovanja v realnem času (RTK). Zadnja izdaja je bila objavljena leta 2007 in se od predloga iz leta 2003 nekoliko razlikuje.

Standard je izdala mednarodna organizacija za standarde ISO (angl. the International Organization for Standardization), katere tehnični odbori so zadolženi za pripravo mednarodnih standardov. Od odborov sprejeti standard mora v presoji potrditi 75% članskih teles. Standardi so napisani skladno s pravili ISO/IEC smernicami, saj mednarodna komisija za elektrotehniko IEC (angl. the International Electrotechnical Commission) tesno sodeluje z organizacijo ISO. V pripravah lahko sodelujejo tudi druge vladne in nevladne organizacije. Publikacije so označene z opozorilom, da so deli dokumenta avtorsko zaščiteni.

Standard ISO 17123-8 je pripravil tehnični komite ISO/TC 172, z imenom »Optika in optični instrumenti«, in podkomite SC 6, z imenom »*Geodetski in merski instrumenti*«.

ISO 17123 – vsebuje dele, pod skupnim imenom Optika in optični inštrumenti – terenske metode za preizkus geodetskih in merskih inštrumentov (ISO, 2007):

- teorija
- nivelirji
- teodoliti
- elektrooptični razdaljemerji
- elektronski tahimetri
- rotacijski laserji
- instrumenti za optično grezenje
- GPS- terenski merski sistemi za opazovanje v realnem času (RTK)

Vsi deli standarda, razen 8. dela, so podrobno preučeni v diplomskem delu Analiza ISO standardov za potrebe geodezije v inženirstvu (Fonda, 2007).

---

8. del – GPS-terenski merski sistemi za opazovanje v realnem času (RTK) ocenjuje natančnosti posameznih meritev oziroma izmer. Vplivi, ki vplivajo na natančnost, so zelo različni. Med drugim standard preučuje ponovljivost posameznih izmer znotraj dnevnih ponovljivosti, skozi oceno vseh možnih izvorov GNSS-vplivov na opazovanja, ki smo jih našli v 1. poglavju. S preizkusom ugotavljamo, v kolikšni meri lahko programska oprema GNSS-instrumenta lahko upošteva in odstrani vplive na opazovanja (predvsem atmosferske vplive).

## **2.1 Uporabnost standarda ISO 17123-8**

Standard določa terenske postopke pri določanju in natančnosti ocene ponovljivosti meritev z GNSS-RTK opremo, ki se jo najbolj uporablja v gradbeništvu, geodeziji in pri drugih terenskih meritvah, kjer je cilj določitev položaja objekta v prostoru.

Preizkus je na prvem mestu namenjen ugotovitvi ustreznosti terenske opreme za delo, prav tako pa tudi za zadovoljitev zahtev ostalih standardov.

Za bolj izčrpne ocene kakovosti ti testi niso primerni.

## **2.2 Povezave standarda ISO 17123-8 z drugimi standardi**

Standard ISO 17123-8 sloni na uporabi drugih dokumentov in sicer (ISO, 2007):

ISO 3534-1, Statistika – Slovar in simboli – Prvi del: Verjetnost in splošni statistični besednjak (angl. *Statistics – Vocabulary and symbols – Part 1: Probability and general statistical terms*)

ISO 9849, Optika in optični instrumenti – Geodetski instrumenti – slovar (angl. *Optics and optical instruments – Geodetic instruments – Vocabulary*)

ISO 17123-1, Optika in optični instrumenti – Terenski postopki za preizkus geodetskih in merskih instrumentov – Prvi del: Teorija (angl. *Optics and optical instruments – Field procedures for testing geodetic and surveying instruments – Part 1: Theory*)

ISO 17123-2, Optika in optični instrumenti – Terenski postopki za preizkus geodetskih in merskih instrumentov – Drugi del: Nivelirji (angl. *Optics and optical instruments – Field procedures for testing geodetic and surveying instruments – Part 2: Levels*)

ISO 17123-5, Optika in optični instrumenti – Terenski postopki za preizkus geodetskih in merskih instrumentov – Peti del: Elektronski tahimetri (angl. *Optics and optical instruments – Field procedures for testing geodetic and surveying instruments – Part 5: Electronic tachimeters*)

GUM, Vodič za izražanje netočnosti meritev *BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, 1993, popravljeno in ponatisnjeno, 1995* (angl. *Guide to the expression of uncertainty in measurement BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML*)

VIM, Mednarodni slovar za osnovne in splošne izraze v meteorologiji *BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, 1993, popravljeno in ponatisnjeno, 1995* (angl. *International vocabulary of basic and general terms in metrology BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, 1993 BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML*)

V zgoraj navedenih standardih so podrobno dodani tudi izrazi in definicije.

### **2.3 Splošno o metodi GNSS-RTK**

Metoda GNSS-RTK določanja položaja je metoda določanja relativnega položaja, ki temelji na uporabi dveh instrumentov: baznega kot reference (t.j. točka z znanim položajem, kamor postavimo instrument (bazo) med izmero) in mobilnega sprejemnika (rover-ja). V primeru uporabe GNSS-RTK-metode v povezavi z omrežjem permanentnih postaj je dovolj imeti na voljo le mobilni sprejemnik, saj nam referenčnega zagotavlja omrežje permanentnih postaj. Bazni in mobilni sprejemnik pridobivata opazovanja GNSS istočasno in jih združujeta preko

brežžičnih komunikacij (radijska, mobilni telefon) z namenom določitve položaja mobilnega sprejemnika v realnem času. Položaj je predstavljen s koordinatami v koordinatnem sistemu omrežja permanentnih postaj ETRS89, za praktično uporabo pa so koordinate lahko pretvorjene v obliko D96/TM ali transformirane v koordinatni sestav D48/GK. Iz elipsoidnih višin  $h$  lahko preko uporabe modela geoida pridobimo tudi normalne ali ortometrične višine  $H$

### 2.3.1 Zahteve standarda o uporabi instrumentarija

Pred začetkom opazovanj je pomembno, da uporabnik opredeli možno dosegljivo natančnost merske opreme. Pregledati mora GNSS-sprejemnik, anteno in dodatno opremo za izmero točk detajla, če je v stanju, kot ga za posamične metode predpisuje uporabniški priročnik.

Izvajalec mora slediti proizvajalčevim uporabniškim navodilom za zahteve določanja položaja, kot so minimalno število satelitov, največje vrednosti faktorja PDOP (angl. Position Dilution Of Precision), minimalni čas opazovanj, interval registracije in morebitne druge zahteve. Izvajalec mora ponovno inicializirati sprejemnik po vsaki meritvi in zbiranju podatkov.

Za določitev natančnosti postavitve instrumenta standard ISO 17123-8 predvideva, da je instrument centriran z natančnostjo  $\sigma = 1\text{mm}$  in višina antene izmerjena z natančnostjo  $\sigma = 1\text{mm}$

Rezultati preizkusa GNSS-instrumentov (koordinate) so obremenjeni z različnimi vplivi, kot so geometrijska razporeditev in »vidnost« satelitov, ionosferski in troposferski pogoji, večpotje z izvorom v okolici, natančnost opreme, kvalitete programske opreme v sprejemniku ali sistemsko proizvedenih podatkih poslanih z bazne točke.

Standard ISO 17123 predpisuje dve različni terenski metodi preizkusa in sicer:

- poenostavljeni in
- popolni preizkus,

ki sta opisana v poglavjih 2.5. in 2.6

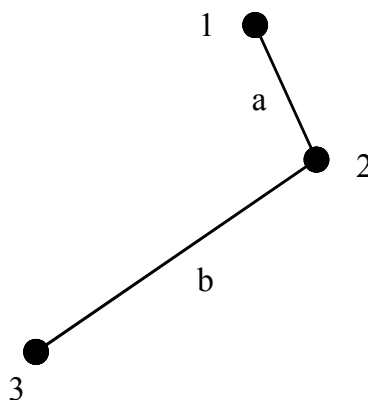
Izvajalec naj bi izbral tisti postopek, ki najbolj ustreza zahtevam projekta.

### 2.3.2 Koncept postopkov preizkusa GNSS-RTK instrumentov

Preizkus se nanaša na testno delovišče, ki ga sestavljajo tri točke: prva služi za bazno stojišče, drugi dve sta namenjeni premikajoči enoti (rover-ju). Položaj točk premikajoče enote naj bi bil določen čim bliže področju, kjer se bodo izvajale nadaljnje meritve. Razdalja med točkama za premikajoči sprejemnik (rover) naj bi bila vsaj 2 m in naj ne bi presegla 20 m.

Horizontalne razdalje in višinske razlike med točkama, kamor bomo postavljali rover, naj bi se določile z geodetskimi metodami izmere, ki omogočajo določitev koordinat točk s standardno deviacijo manjšo od 3 mm. Na ta način pridobljene vrednosti koordinat točk in na njihovi osnovi določene vrednosti razdalj in višinskih razlik nadalje obravnavamo kot dane (referenčne) in jih uporabimo v prvih korakih preizkusa. Horizontalne razdalje in višinske razlike, pridobljene z RTK-merjenji v posameznem nizu opazovanj, bomo primerjali z referenčnimi, z namenom ugotavljanja odstopanj novodoločenih koordinat. V nadaljnjih statističnih testih standarda ISO 17123-8 referenčnih vrednosti za horizontalno dolžino in višinsko razliko ne potrebujemo.

Popolni preizkus po standardu ISO temelji na izvedbi več (vsaj treh) zaporednih serij opazovanj, kjer je vsaka nadaljnja izvedena 1,5 ure po prejšnji. Vsako serijo sestavlja 5 nizov meritev (t. j. določitev koordinat). Vsak niz meritev vključuje določitev koordinat z GNSS-RTK instrumentom (rover-jem) na točkah 1 in 2 (Slika 1).



Slika 1: Razporeditev točk za izvedbo preizkusa GNSS-RTK instrumentov po navodilih standarda ISO 17123-8

- 1 1. točka premikajočega instrumenta (rover-ja) – 1. točka izvedbe meritev
- 2 2. točka premikajočega instrumenta (rover-ja) – 2. točka izvedbe meritev
- 3 točka referenčnega instrumenta (bazno stojišče)
  - a razdalja od 2-20 m
  - b razdalja med baznih stojiščem in premikajočim instrumentom

Vsak naslednji niz meritev na točkah 1 in 2 (Slika 1) naj bi opravili v razmaku 5 minut od prejšnjega. V vsaki seriji moramo opraviti 5 nizov meritev, kar vodi do 25-minutnega časovnega razmika meritev v eni seriji. Časovni interval ene serije meritev je v standardu ISO 17123-8 vezan na dejstvo, da je vpliv večpotja zaradi odbojev signalov od okoliških objektov vezan na časovni interval do 20 minut.

Drugo zaporedno serijo opazovanj opravimo po 90-ih minutah od končane predhodne serije. Standard ISO 17123-8 predpisuje tri zaporedno izvedene serije opazovanj. Ponovne serije opazovanj opravljamo zato, ker se v časovnem intervalu 1 ure in pol geometrija razporeditve GNSS-satelitov na tirnici spremeni, deloma pa se spremenijo tudi atmosferski pogoji.

Standardni odkloni, izračunani iz vseh nizov in serij meritev, naj bi tako predstavljali kvantitativno mero praktične natančnosti, ki vključuje najbolj izrazite vplive na določanje položaja (predvsem problem odboja signala od objekta).

Poenostavljena metoda preizkusa temelji na izvedbi le ene serije meritev in je namenjena izključno določanju največjih odstopanj pridobljenih rezultatov meritev (grobih pogreškov).

### **2.3.3 Postopek 1: Poenostavljeni postopek**

Poenostavljeni postopek preizkusa se sestoji iz izvedbe ene serije meritev in podaja odgovor, ali merska oprema zagotavlja natančnosti znotraj predpisanih odstopanj.

Poenostavljeni postopek preizkusa temelji na omejenem številu meritev. Zaradi tega ne moremo pridobiti značilnega standardnega odklona odstopanj, saj statističnih testov ne

opravimo. V bolj natančnih delih je bolj primerno uporabiti celoten postopek v izvedbi zaporednih serij meritev.

### **2.3.4 Postopek 2: Popolni postopek**

Celoten postopek naj bi se uporabil za določitev merske natančnosti uporabljene opreme. Preizkus je sestavljen iz treh zaporednih 25-minutnih serij opazovanj in je namenjen določitvi standardnih odklonov horizontalnih koordinat in elipsoidnih višin.

Nadalje postopek uporabimo za :

- določitev dosegljive natančnosti merskega instrumentarija pod danimi pogoji (vključujoč tipične kratkotrajne in dolgotrajne vplive na opazovanja)
- določitev dosegljive natančnosti merskega instrumentarija v različnih časovnih obdobjih opazovanj in posledično pod različnimi pogoji (več vzorcev)
- primerjavo različnih natančnosti meritev, to je v nalogi postopek določitve koordinat z GNSS-RTK metodo izmere, z mersko opremo ob podobnih pogojih.

Statistični testi naj bi se uporabili za ugotovitev, ali vzorci iz preizkusa izhajajo iz iste populacije, za katero je podan teoretični standardni odklonom, in za ugotovitev, ali dva vzorca iz različnih preizkusov pripadata tej isti populaciji.

## **2.4 Poenostavljeni postopek**

### **2.4.1 Meritve poenostavljenega postopka**

Za poenostavljeni postopek opravimo eno serijo meritev, ki jo sestavlja 5 nizov na dveh točkah, oddaljenih od 2 do največ 20 m. Shematski potek meritev je prikazan v tabeli 1, kjer stolpec z oznako »zaporedna številka« natančno določa zaporedje meritev.

Rezultati določenega niza meritev so koordinate  $e_{i,j,k}$ ,  $n_{i,j,k}$  in  $h_{i,j,k}$  (standard ISO 17123-8 namesto  $e$ ,  $n$  uporablja oznaki  $x$ ,  $y$ ) in sicer v državnem koordinatnem sistemu D96/TM, ki ga zagotavlja uporaba sistema SIGNAL in sicer:



- $e, n$  ... koordinati v horizontalni ravnini projekcije D96/TM
- $h$ ..... elipsoidna višina
- $i$ ..... številka serije
- $j$ ..... številka niza
- $k$ ..... številka točke (1 ali 2)

Tako je  $n_{1,3,2}$  koordinata  $n$  (angl. northing) iz prve serije in tretjega niza opazovanj na 2. točki, kjer smo opazovali s premikajočim instrumentom.

Zaporedje meritev ene serije naj bi sledilo vrstnemu redu v Preglednici 1.

Preglednica 2. 1: Zaporedje meritev v eni seriji

Zaporedna številka	Serija $i$	Niz $j$	Točka $k$	Koordinate		
				$e$	$n$	$h$
1	1	1	1	$e_{1,1,1}$	$n_{1,1,1}$	$h_{1,1,1}$
2	1	1	2	$e_{1,1,2}$	$n_{1,1,2}$	$h_{1,1,2}$
3	1	2	1	$e_{1,2,1}$	$n_{1,2,1}$	$h_{1,2,1}$
4	1	2	2	$e_{1,2,2}$	$n_{1,2,2}$	$h_{1,2,2}$
5	1	3	1	$e_{1,3,1}$	$n_{1,3,1}$	$h_{1,3,1}$
6	1	3	2	$e_{1,3,2}$	$n_{1,3,2}$	$h_{1,3,2}$
7	1	4	1	$e_{1,4,1}$	$n_{1,4,1}$	$h_{1,4,1}$
8	1	4	2	$e_{1,4,2}$	$n_{1,4,2}$	$h_{1,4,2}$
9	1	5	1	$e_{1,5,1}$	$n_{1,5,1}$	$h_{1,5,1}$
10	1	5	2	$e_{1,5,2}$	$n_{1,5,2}$	$h_{1,5,2}$

#### 2.4.2 Predhodna kontrola koordinat pri poenostavljenem postopku preizkusa

Na osnovi koordinat pridobljenih s posameznimi meritvami izračunamo horizontalne razdalje in višinske razlike med točkami, ki jih primerjamo z danimi vrednostmi horizontalne dolžine in višinske razlike, z namenom ugotovitve prisotnosti grobih pogreškov koordinatah točk.

Za vsak niz  $j$  ( $= 1, \dots, 5$ ) in serijo  $i$  ( $= 1$ ), iz koordinat izračunamo horizontalno dolžino in višinsko razliko med točkama 1 in 2 (enačba 1), kjer smo opazovali s premikajočim GNSS-instrumentom (rover-jem):

$$D_{i,j} = \sqrt{(e_{i,j,2} - e_{i,j,1})^2 + (n_{i,j,2} - n_{i,j,1})^2} \quad (1)$$

$$\Delta h_{i,j} = h_{i,j,2} - h_{i,j,1}$$

$$\varepsilon_{D_{i,j}} = D_{i,j} - D^* \quad i = 1, j = 1, \dots, 5$$

$$\varepsilon_{h_{i,j}} = h_{i,j} - h^*$$

kjer so:

$e_{i,j,h}, n_{i,j,k}, h_{i,j,k}$ , horizontalni koordinati in elipsoidna višina

$D_{i,j}, \Delta h_{i,j}$  iz koordinat določena horizontalna dolžina in višinska razlika (serija  $i$ , niz  $j$ )

$D^*, h^*$  referenčni vrednosti horizontalne dolžine in višinske razlike

$\varepsilon_{D_{i,j}}, \varepsilon_{h_{i,j}}$  odstopanja horizontalne razdalje in višinske razlike

Če odstopanji ne zadostita pogojema v enačbi (2), lahko sklepamo na prisotnost grobih pogreškov v meritvah.

$$|\varepsilon_{D_{i,j}}| \leq 2,5 \times \sqrt{2} \times s_{en} \quad (2)$$

$$|\varepsilon_{h_{i,j}}| \leq 2,5 \times \sqrt{2} \times s_h,$$

kjer sta  $s_{en}$  in  $s_h$  predhodno določena standardna odklona v skladu s popolnim postopkom preizkusa ali pa vrednosti, podani od proizvajalca. V tem primeru moramo postopek ponoviti (ISO 17123-8. 2007, str. 5).

## 2.5 Popolni postopek preizkusa

### 2.5.1 Meritve celotnega preizkusa

Za popolni postopek preizkusa je potrebno opraviti tri zaporedne serije opazovanj, to je trikrat neodvisno zaporedje meritev, predstavljenih v Preglednici 1. Vsako ponovno serijo opravimo 90 minut po predhodni.

### 2.5.2 Predhodna kontrola in statistično ovrednotenje koordinat

Popolni preizkus razširja poenostavljeni postopek s statističnim ovrednotenjem rezultatov.

Izračun tako izvedemo v dveh korakih:

- v prvem koraku vsak posamezen rezultat meritev primerjamo direktno z referenčno vrednostjo (pridobljeno z bolj natančno metodo), da določimo morebitno prisotnost grobih pogreškov
- v drugem koraku rezultate meritev (horizontalna dolžina in višinska razlika, določeni posredno iz koordinat) statistično ovrednotimo.

V nadaljevanju si bomo ogledali oba koraka bolj podrobno

#### 2.5.2.1 Predhodna kontrolna opazovanja

Že prej opisani poenostavljeni postopek (poglavje 2.4.1), vezan na eno serijo meritev, naj bi se uporabil za vse serije celotnega preizkusa.

#### 2.5.2.2 Izračun statističnih vrednosti

Z metodo najmanjših kvadratov ocenimo vrednosti za  $e$ ,  $n$  in  $h$  za posamezni točki, kjer smo večkrat izvedli opazovanja s premičnim instrumentom. Ocene vrednosti koordinat  $e$ ,  $n$  in  $h$  za vsako točko  $k$  ( $= 1, 2$ ) izračunamo kot splošno aritmetično sredino, saj smo izmero izvajali z isto metodo in istim instrumentarijem (ISO 17123-8. 2007, str. 6):

$$\bar{e}_k = \frac{1}{15} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 e_{i,j,k} \quad (3)$$

$$\bar{n}_k = \frac{1}{15} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 n_{i,j,k} \quad k = 1, 2$$

$$\bar{h}_k = \frac{1}{15} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 h_{i,j,k}$$

Odstopanja za  $e$ ,  $n$ , in  $h$  za vse koordinate določene v treh serijah izračunamo z (ISO 17123-8. 2007, str. 6):

$$r_{e_{i,j,k}} = \bar{e} - e_{i,j,k} \quad (4)$$

$$r_{n_{i,j,k}} = \bar{n} - n_{i,j,k} \quad k = 1, 2, j = 1, \dots, 5, i = 1, 2, 3$$

$$r_{h_{i,j,k}} = \bar{h} - h_{i,j,k}$$

Vsote kvadratov odstopanj vseh točk  $k = 1$  in  $k = 2$  izračunamo ločeno za  $e$ ,  $n$  in  $h$  kot (ISO 17123-8. 2007, str. 6):

$$\sum r_e^2 = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^2 r_{e_{i,j,k}}^2 \quad (5)$$

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

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

Število prostostnih stopenj za  $e$ ,  $n$  in  $h$  je pridobljeno z izrazom:

$$v_e = v_n = v_h = (m \times n - 1) \times p = (3 \times 5 - 1) \times 2 = 28 \quad (6)$$

kjer so:

$m$  število vseh serij = 3;

$n$  število nizov v seriji = 5;

$p$  število točk, kjer smo opazovali s premikajočo enoto = 2.

Na koncu standardni odklone za posamezne koordinate  $e$ ,  $n$ , in  $h$  izračunamo kot (ISO 17123-8. 2007, str. 7):

$$s_e = \sqrt{\frac{\sum r_e^2}{v_e}} = \sqrt{\frac{\sum r_e^2}{28}} \quad (7)$$

$$s_n = \sqrt{\frac{\sum v_n^2}{v_n}} = \sqrt{\frac{\sum r_n^2}{28}}$$

$$s_h = \sqrt{\frac{\sum v_h^2}{v_h}} = \sqrt{\frac{\sum r_h^2}{28}}$$

Nadaljnji statistični testi so vezani na standardna odklona za horizontalno dolžino  $s_{ISO-GNSS\ RTK\ en}$  in elipsoidno višino  $s_{ISO-GNSS\ RTK\ h}$ :

$$s_{ISO-GNSS\ RTK\ en} = \sqrt{s_e^2 + s_n^2} \quad (8)$$

$$s_{ISO-GNSS\ RTK\ h} = s_h \quad (9)$$

Rezultati ki smo jih pridobili, predstavljajo standardne odklone, izračunane po ISO standardu 17123-8 ločeno za horizontalno in vertikalno komponento, ki jih v nadaljevanju uporabljamo v statističnih testih.

## 2.6 Statistični testi

V poglavju o statističnih testih si bomo ogledali testiranja standardnih odklonov izračunanih po ISO standardu 17123-8 z namenom določitve skladnosti z navedbami proizvajalca oziroma za določitev medsebojne skladnosti, to je pripadnosti isti populaciji.

Za oceno natančnosti določitve koordinat z GNSS-opremo pod pogoji, ki so lahko kratkotrajni ali dolgotrajni, uporabimo statistični test  $\chi^2$  (poglavje 2.7.2 in 2.7.3).

Za določitev ocene natančnosti GNSS-RTK, pri opremi uporabljeni v različnih časovnih obdobjih (večje število vzorcev, ista oprema), uporabimo Fisherjev statistični test (poglavje 2.7.4 in 2.7.5).

Za namen primerjave različne opreme, uporabljene za določitev koordinat pod podobnimi pogoji, prav tako uporabimo Fisherjev statistični test (Heister, 2008).

### 2.6.1 Statistični testi v standardu ISO 17123-8

Statistične teste v standardu ISO 17123-8 uporabimo le v povezavi s popolnim postopkom preizkusa. Za interpretacijo rezultatov statističnih testov moramo poskrbeti, da so standardni odkloni horizontalnih in višinskih koordinat  $s_{ISO-GNSS RTK_{en}}$  in  $s_{ISO-GNSS RTK_h}$  pridobljeni iz vseh opazovanj. Na ta način lahko pridobimo odgovore na naslednja vprašanja (Preglednica 2.2):

- a) Ali je eksperimentalni standardni odklon  $s_{ISO-GNSS RTK_{en}}$  posameznega para koordinat v ravnini manjši ali enak odgovarjajoči vrednosti  $\sigma_{en}$ , določeni od proizvajalca ali s pomočjo druge predhodno določene vrednosti  $\sigma_{en}$ ?
- b) Ali je izračunani standardni odklon  $s_{ISO-GNSS RTK_h}$  za elipsoidno višino  $h$  manjši ali enak odgovarjajoči vrednosti  $\sigma_h$ , podani od proizvajalca ali druge predhodno določene vrednosti  $\sigma_h$ ?
- c) Ali izračunana standardna odklona  $s_{ISO-GNSS RTK_{en}}$  in  $\tilde{s}_{ISO-GNSS RTK_{en}}$  posameznega para koordinat, določena iz dveh različnih vzorcev meritev, pripadata isti populaciji? Pri tem sklepamo, da imata vzorca enako število prostostnih stopenj  $\nu_e + \nu_n$  in  $\tilde{\nu}_e + \tilde{\nu}_n$ .
- d) Ali izračunana standardna odklona  $s_{ISO-GNSS RTK_h}$  in  $\tilde{s}_{ISO-GNSS RTK_h}$  za elipsoidno višino, določeno iz dveh različnih vzorcev meritev, pripadata isti populaciji? Pri tem sklepamo, da imata vzorca enako število prostostnih stopenj  $\nu_h$  in  $\tilde{\nu}_h$ .

Standardna odklona  $s$  in  $\tilde{s}$  lahko pridobimo iz:

- dveh vzorcev rezultatov meritev, opravljenih z isto opremo
- dveh vzorcev rezultatov meritev, opravljenih z različno opremo

Za sledeče preizkuse je stopnja zaupanja  $1 - \alpha = 95\%$  in prostostni stopnji horizontalnega položaja  $\nu_E + \nu_N = 56$  oziroma za višino  $\nu_h = 28$ .

V preglednici 2.2 za vse štiri statistične teste predstavljamo pogoje za sprejetje ničelne in alternativne domneve.

Preglednica 2.2: Ničelne in alternativne domneve v statističnih testih

Vprašanje	Ničelna domneva $H_0$	Alternativna domneva $H_1$
a)	$S_{ISO-GNSS RTK_{en}} \leq \sigma_{en}$	$S_{ISO-GNSS RTK_{en}} > \sigma_{en}$
b)	$S_{ISO-GNSS RTK_h} \leq \sigma_h$	$S_{ISO-GNSS RTK_h} > \sigma_h$
c)	$S_{ISO-GNSS RTK_{en}} = \tilde{S}_{ISO-GNSS RTK_{en}}$	$S_{ISO-GNSS RTK_{en}} \neq \tilde{S}_{ISO-GNSS RTK_{en}}$
d)	$S_{ISO-GNSS RTK_h} = \tilde{S}_{ISO-GNSS RTK_h}$	$S_{ISO-GNSS RTK_h} \neq \tilde{S}_{ISO-GNSS RTK_h}$

Osnovna je ničelna domneva, ki jo ne zavrnamo, oziroma zavrnamo in v tem primeru sprejmemo alternativno domnevo.

V nadaljevanju si bomo statistične teste in njihove domneve ogledali podrobneje.

### 2.6.2 Vprašanje a)

Izhajamo iz ničelne domneve, da je eksperimentalni standardni odklon  $S_{ISO-GNSS RTK_{en}}$  položaja v horizontalni ravnini ( $e$ ,  $n$ ) manjši ali enak teoretični in predhodno določeni vrednosti  $\sigma_{en}$ . Postavimo ničelno in alternativno domnevo:

$$\mathbf{H}_0: S_{ISO-GNSS RTK_{en}} \leq \sigma_{en} \quad (10)$$

$$\mathbf{H}_1: S_{ISO-GNSS RTK_{en}} > \sigma_{en}$$

Če pogoj (ISO 17123-8. 2007, str. 8):

$$S_{ISO-GNSS RTK_{en}} \leq \sigma_{en} \times \sqrt{\frac{\chi_{0,95}^2(\nu_e + \nu_n)}{\nu_e + \nu_n}} \quad (11)$$

- je izpolnjen, ničelne domneve  $\mathbf{H}_0$  ne moremo zavrniti s tveganjem  $\alpha$
- ni izpolnjen, ničelno domnevo  $\mathbf{H}_0$  zavrnamo in sprejmemo alternativno  $\mathbf{H}_1$  s tveganjem  $\alpha$ .

Ker je ocena vezana na horizontalni položaj, upoštevamo 56 prostostnih stopenj (2 x 28)

(opisano v (6)):

$$S_{ISO-GNSS RTK_{en}} \leq \sigma_{en} \times \sqrt{\frac{\chi_{0,95}^2(56)}{56}} \quad (12)$$

Preko odčitka v tabeli  $\chi^2$ -porazdelitve:

$$\chi_{0,95}^2(56) = 74,47 \quad (13)$$

lahko pogoj (10) preoblikujemo v:

$$S_{ISO-GNSS RTK_{en}} \leq \sigma_{en} \times \sqrt{\frac{74,47}{56}} = \sigma_{en} \times 1,15 \quad (14)$$

### 2.6.3 Vprašanje b)

Postavimo ničelno domnevo, da je standardni odklon vzorca  $S_{ISO-GNSS RTK_h}$  za elipsoidne višine manjši ali enak teoretični ali predhodno določeni vrednosti  $\sigma_h$ . Postavimo ničelno in alternativno domnevo:

$$\mathbf{H}_0: S_{ISO-GNSS RTK_h} \leq \sigma_h \quad (15)$$

$$\mathbf{H}_1: S_{ISO-GNSS RTK_h} > \sigma_h$$

Če pogoj (ISO 17123-8 2007, str. 8):

$$S_{ISO-GNSS RTK_h} \leq \sigma_h \times \sqrt{\frac{\chi_{0,95}^2(v_h)}{v_h}} \quad (16)$$

- je izpolnjen, ničelne domneve  $\mathbf{H}_0$  ne moremo zavrniti s tveganjem  $\alpha$
- ni izpolnjen, ničelno domnevo  $\mathbf{H}_0$  zavrnilo in sprejmemo alternativno  $\mathbf{H}_1$  s tveganjem  $\alpha$ .

Nadalje upoštevamo 28 prostostnih stopenj (opisano v (6)):

$$S_{ISO-GNSS RTK_h} \leq \sigma_h \times \sqrt{\frac{\chi_{0,95}^2(28)}{28}} \quad (17)$$



in preko odčitka v tabeli za  $\chi^2$  ob stopnji značilnosti ( $1 - \alpha = 95\%$ ):

$$\chi_{0,95}^2(28) = 41,34 \quad (18)$$

preoblikujemo pogoj:

$$S_{ISO-GNSS RTK h} \leq \sigma_h \times \sqrt{\frac{41,34}{28}} = \sigma_h \times 1,22 \quad (19)$$

#### 2.6.4 Vprašanje c)

V primeru dveh različnih vzorcev preizkušamo, ali standardna odklona dveh vzorcev meritev (t.j. določitve koordinat v horizontalni ravnini  $e$  in  $n$ )  $S_{ISO-GNSS RTK en}$  in  $\tilde{S}_{ISO-GNSS RTK en}$  pripadata isti populaciji ( $S_{ISO-GNSS RTK en} = \tilde{S}_{ISO-GNSS RTK en}$ ). Postavimo ničelno in alternativno domnevo:

$$\mathbf{H}_0: S_{ISO-GNSS RTK en} = \tilde{S}_{ISO-GNSS RTK en} \quad (20)$$

$$\mathbf{H}_1: S_{ISO-GNSS RTK en} \neq \tilde{S}_{ISO-GNSS RTK en}$$

Če pogoj (ISO 17123-8 2007, str. 9):

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(\tilde{\nu}_e + \tilde{\nu}_n, \nu_e + \nu_n)} \leq \frac{s_{ISO-GNSS RTK en}^2}{\tilde{s}_{ISO-GNSS RTK en}^2} \leq F_{1-\alpha/2}(\tilde{\nu}_e + \tilde{\nu}_n, \nu_e + \nu_n) \quad (21)$$

- je izpolnjen, ničelne domneve  $\mathbf{H}_0$  ne moremo zavrniti s tveganjem  $\alpha$
- ni izpolnjen, ničelno domnevo  $\mathbf{H}_0$  zavrnemo in sprejmemo alternativno  $\mathbf{H}_1$  s tveganjem  $\alpha$ .

Ob upoštevanju 56 prostostnih stopenj (opisano v (6)):

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(56,56)} \leq \frac{s_{ISO-GNSS RTK en}^2}{\tilde{s}_{ISO-GNSS RTK en}^2} \leq F_{1-\alpha/2}(56,56) \quad (22)$$

in preko odčitka v tabeli Fisherjeve porazdelitve:

$$F_{1-\alpha/2}(56,56) = 1,70 \quad (23)$$

pogoj preoblikujemo v:

$$0,59 \leq \frac{s_{ISO-GNSS RTK_{en}}^2}{\tilde{s}_{ISO-GNSS RTK_{en}}^2} \leq 1,70 \quad (24)$$

### 2.6.5 Vprašanje d)

Izhajamo iz ničelne domneve, da standardna odklona dveh vzorcev meritev (t.j. določitev elipsoidne višine  $h$ )  $s_{ISO-GNSS RTK_h}$  in  $\tilde{s}_{ISO-GNSS RTK_h}$  pripadata isti populaciji. Izhajamo iz ničelne in alternativne domneve:

$$\mathbf{H}_0: s_{ISO-GNSS RTK_h} = \tilde{s}_{ISO-GNSS RTK_h} \quad (25)$$

$$\mathbf{H}_1: s_{ISO-GNSS RTK_h} \neq \tilde{s}_{ISO-GNSS RTK_h}$$

Če pogoj ( ISO 17123-8 2007, str. 9):

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(\tilde{\nu}_h, \nu_h)} \leq \frac{s_{ISO-GNSS RTK_h}^2}{\tilde{s}_{ISO-GNSS RTK_h}^2} \leq F_{1-\alpha/2}(\tilde{\nu}_h, \nu_h) \quad (26)$$

- je izpolnjen, ničelne domneve  $\mathbf{H}_0$  ne moremo zavrniti s tveganjem  $\alpha$
- ni izpolnjen, ničelno domnevo  $\mathbf{H}_0$  zavrnamo in sprejmemo alternativno  $\mathbf{H}_1$  s tveganjem  $\alpha$ .

Ob upoštevanju 28 prostostnih stopenj (6):

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(28,28)} \leq \frac{s_{ISO-GNSS RTK_h}^2}{\tilde{s}_{ISO-GNSS RTK_h}^2} \leq F_{1-\alpha/2}(28,28) \quad (23)$$

in s pomočjo odčitka v tabeli Fisherjeve porazdelitve:

$$F_{1-\alpha/2}(28,28) = 2,13 \quad (24)$$

preoblikujemo pogoj v:

$$0,47 \leq \frac{s_{ISO-GNSS RTK_h}^2}{\tilde{s}_{ISO-GNSS RTK_h}^2} \leq 2,13 \quad (25)$$

---

Standard ISO 17123-8 nam tako predstavlja preizkus grobo pogrešenih položajev para koordinat v lokalnem koordinatnem sistemu, ločeno za horizontalni položaj in višino. Pri celotnem testu dodamo statistična ovrednotenja, podana kot ISO standardni odkloni (en, h).

S štirimi statističnimi testi odgovorimo na štiri vprašanja o skladnosti, ko se sprašujemo o ustreznosti opreme glede na proizvajalčeve navedbe (vprašanja A in B – en, h), oziroma lahko med seboj primerjamo podatke različnih časovnih zajemov, ali pa različne opreme istega ali različnega proizvajalca in preučimo njihovo pripadnost isti populaciji (vprašanja C in D – en, h).

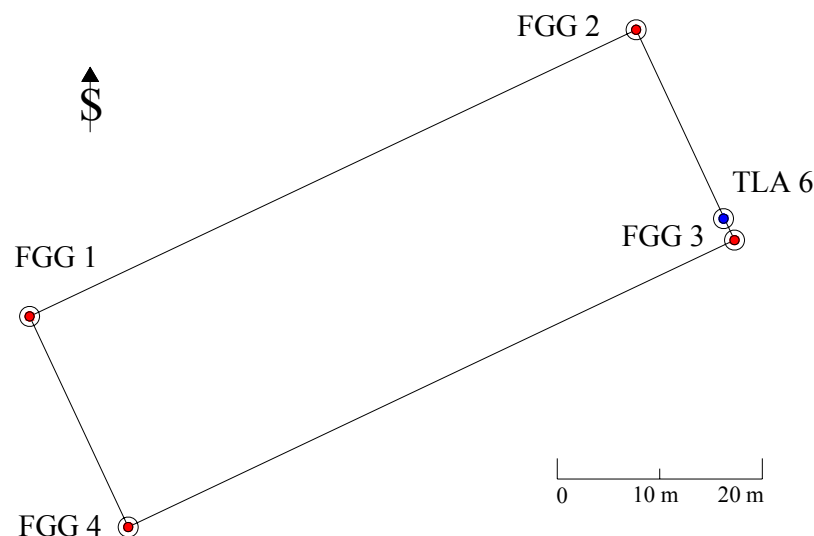
### 3 PREDHODNE MERITVE IN MERITVE PO STANDARDU ISO 17123-8

V poglavju meritve si bomo ogledali predhodne meritve s katerimi smo določili horizontalne razdalje in višinske razlike med merskimi točkami za potrebe kontrole odkrivanja grobo pogrešenih opazovanj. V nadaljevanju pa sledijo same meritve izvedene v skladu z zahtevami standarda ISO 17123-8

#### 3.1 Predhodne meritve – določitev dolžin in višinskih razlik

Za izvedbo preizkusa GNSS sprejemnika po standardu ISO 17123 potrebujemo referenčne točke s točno določenimi koordinatami. Iz koordinat točk nato določimo horizontalne razdalje in višinske razlike, ki morajo biti glede na zahteve standarda ISO 17123-8 določene s standardno deviacijo manjšo od 3 mm. To pomeni, da smo za ta namen uporabili druge geodetske metode izmere za določitev položajev točk. Za pridobitev teh podatkov smo uporabili GPS statično metodo izmere. Z le-to smo pridobili koordinate z standardno deviacijo manjšo od 3 mm. Z namenom kontrole smo dodatno opravili opazovanja s pomočjo klasičnega geodetskega instrumentarija (elektronski tahimeter, nivelir), ki, glede na kratke razdalje med točkami omogoča določitev natančnejših koordinat točk.

Za delovišče smo izbrali streho Fakultete za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani. Medsebojni položaji točk za izvajanje preizkosoov so prikazani na Sliki 2:



Slika 2: Položajna skica merskih točk

Točke FGG 1, FGG 2, FGG 3 in FGG 4 so trajno stabilizirani betonski stebri. Razdalje med stebri za preizkus po ISO-standardu 17123-8 ne ustrezajo. Za preizkus naj bi bile točke oddaljene od 2 do 20 m.

Razdalja med FGG 2 in FGG 3 pa znaša 22,5 m,  
razdalja med FGG 3 in FGG 4 pa 65,3 m.

Da bi se približali zahtevam standarda, smo v mrežo točk naknadno uvrstili še talno stabilizirano točko TLA 6.

Razdalja med FGG 3 in TLA 6 znaša 2,2 m,  
razdalja med FGG 2 in TLA 6 pa 20,3 m.

Po sredini terase je po daljši liniji postavljen objekt, ki zakriva pogled na jug, kar najbolj neugodno vpliva na točko FGG 4. Tla so tlakovana z betonskimi ploščami, teraso pa obkroža betonska in kovinska ograja. Naštete značilnosti delovišča so možni izvori za pogrešek večpotja signala.

### **3.1.1 Statična izmera GPS**

Za potrebe posredne določitve horizontalnih dolžin in višinskih razlik med opazovanimi točkami smo izbrali statično metodo GPS-izmere. Iz pridobljenih koordinat smo pridobili vrednosti njihovih relativnih koordinat, zahtevanih za izračun natančnosti instrumenta GNSS po ISO-standardu. Višinske razlike in horizontalne razdalje uporabimo kot referenčne vrednosti v enačbi (1), kjer se le-te primerjajo z RTK rezultati meritev, pridobljenimi v postopku preizkusa po ISO-standardu.

#### ***3.1.1.1 Merska oprema za GPS statična opazovanja***

Za potrebe meritev smo uporabili 3 dvofrekvenčne GPS-sprejemnike Trimble 4000SSi in enega Trimble 4000SSe. Uporabili smo 3 dvofrekvenčne antene Trimble (oznaka: Compact L1/L2 with Ground Plane, oznaka v RINEX-u: TRM22020.00+GP) in eno dvofrekvenčno anteno Trimble Geodetic – oznaka v RINEX-datotekah: TRM14532.00.

Instrumentarij omogoča registracijo kodnih in faznih opazovanj GPS-satelitov na 12 kanalih izvaja nizko šumne C/A kodne meritve (angl. Coarse Acquisition) s pomočjo filtriranja in glajenja.

V obdelavo opazovanj smo vključili tudi ljubljansko permanentno postajo GSR1 (oddaljenost delovišča od permanentne postaje: 3812 m), opremljeno s sprejemnikom Leica (RINEX oznaka: Leica GRX1200GGPRO 7.02) in pripadajočo anteno (RINEX-oznaka: LEIAT504GG LEIS).

### ***3.1.1.2 Metoda izmere GPS statične izmere***

Uporaba merskih stebrov omogoča prisilno centriranje, ki napako centriranja iz natančnosti  $\sigma \pm 1$  mm zmanjša na  $\sigma \pm 0,2 - 0,3$  mm (Koler. 2004). Ker so plošče stebrov horizontalne, smo antene pričvrstili direktno na stebre brez vmesnikov. Na ta način smo odstranili pogrešek merjenja višine antene. V želji po doseganju čim večji natančnosti in zmanjšanju vplivov iz okolja smo se odločili za 72-urna opazovanja s petimi sprejemniki.

### ***3.1.1.3 Obdelava opazovanj GPS statične izmere***

Opazovanja smo obdelali v programu TTC (angl. Trimble Total Control). V obdelavo GPS-opazovanj smo vključili končne natančne efemeride, ki smo jih pridobili s spletne strani službe IGS (angl. International GNSS Service). 72-urna opazovanja smo obdelali tako, da smo pridobili tri nize 24-urnih rešitev baznih vektorjev. V nadaljnjo obdelavo smo vključili le rešitve vektorjev, katerih cenilke kvalitete so zadostile pogojem, to je:

- način rešitve neznanega števila celih valov (angl. Fixed Solution);
- referenčna varianca a posteriori za posamezni vektor, ki je manjša od 3;
- razmerje referenčnih varianc druge in prve najboljše določitve vektorja (večji od 3).

V izravnavo je bilo vključenih 15 linearno neodvisnih vektorjev (5 vektorjev/dan), kot dano točko smo privzeli permanentno postajo GSR1. Referenčni standardni odklon za izravnano

mrežo je znašal 0,462. Grobo pogrešenih opazovanj (t.j. komponent baznih vektorjev) ni bilo (Tau-test je bil sprejet, zaradi tega menimo, da v izravnavi ni grobo pogrešenih vektorjev).

Rezultati izravnih opazovanj se v obliki kartezičnih koordinat s pripadajočimi standardnimi odkloni nahajajo v preglednici 3.1. V preglednici 3.2. pa so predstavljene kordinate točk v koordinatnem sistemu ETRS 89, skupaj z odgovarjajočimi standardnimi odkloni.

Preglednica 3.1: Kartezične koordinate točk s pripadajočimi standardnimi odkloni

Točka	$X$	$\sigma$ [mm]	$Y$	$\sigma$ [mm]	$Z$	$\sigma$ [mm]
<b>FGG 1</b>	4293760,4892m	0,5	1110002,5221m	0,4	4569042,4219m	0,4
<b>FGG 2</b>	4293726,3346m	0,4	1110054,7634m	0,4	4569061,7040m	0,4
<b>FGG 3</b>	4293738,0975m	0,4	1110067,7282m	0,4	4569047,5570m	0,4
<b>FGG 4</b>	4293772,2772m	0,4	1110015,5175m	0,4	4569028,2731m	0,4
<b>GSR1</b>	4292609,8065m	0,0	1113638,9888m	0,0	4569215,3897m	0,0

Preglednica 3.2: Koordinate točk v ETRS 89 koordinatnem sistemu s pripadajočimi standardnimi odkloni

Točka	$\varphi$				$\sigma$ [mm]	$\lambda$				$\sigma$ [mm]	$H$	$\sigma$ [mm]
<b>FGG 1</b>	N	46°	02'	44,66691"	0,4	E	14°	29'	40,21280"	0,4	367,5248m	0,5
<b>FGG 2</b>	N	46°	02'	45,56645"	0,4	E	14°	29'	42,96277"	0,4	367,5299m	0,4
<b>FGG 3</b>	N	46°	02'	44,90727"	0,4	E	14°	29'	43,40962"	0,4	367,5024m	0,4
<b>FGG 4</b>	N	46°	02'	44,00695"	0,4	E	14°	29'	40,66075"	0,4	367,5182m	0,4
<b>GSR1</b>	N	46°	02'	53,27068"	0,0	E	14°	32'	37,36199"	0,0	351,6620m	0,0

Preglednica 3.3: Elipse pogreškov izravnanih položajev točk v tangencialni ravnini:

Točka	1.polos [mm]	2.polos [mm]	Kot zasuka	Polos 95% zaupanja [mm]
<b>FGG 1</b>	0,4	0,4	-18,0°	1,0
<b>FGG 2</b>	0,4	0,4	-17,7°	1,0
<b>FGG 3</b>	0,4	0,4	-19,3°	0,9
<b>FGG 4</b>	0,4	0,4	-17,5°	0,9
<b>GSR1</b>	0,0	0,0	0,0°	0,0

Preglednica 3.4: Koordinate točk v koordinatnem sistemu D-96/TM (pretvorba s programom SitraNet (Kozmus-Trajkovski, Stopar, 2007)). Ortometrične višine  $H$  so izračunane iz elipsoidnih višin  $h$  in interpolirane geoidne višine  $N$  iz absolutnega modela geoida Slovenije.

Točka	$e$	$n$	$H$
FGG 1	460878,787	100784,218	321,110
FGG 2	460938,081	100811,614	321,115
FGG 3	460947,558	100791,203	321,087
FGG 4	460888,287	100763,782	321,103

### 3.1.2 Določitev višinskih razlik

Za potrebe določitve relativne višinskih razlike med točkami, ki jih potrebujemo v izračunih preizkusa po ISO-standardu, smo se odločili za metodo geometričnega nivelmana. Na kratkih razdaljah, kakršne so bile uporabljene v našem preizkusu, smo s to metodo pričakovali najboljše možne rezultate. Dodatna meritev na istih točkah z drugo metodo je omogočila tudi kontrolo rezultatov obdelave statičnih GPS-opazovanj.

V skladu z zahtevami ISO-standarda naj bi bili standardni odkloni referenčnih višinskih razlik, manjši od  $\sigma = 3$  mm in ne smejo biti določene z metodo GNSS-RTK.

#### 3.1.2.1 Merska oprema za določitev višinskih razlik

Da bi zadovoljili zgornje zahteve, smo se odločili, za uporabo kompenzacijskega inženirskega nivelirja **WILD Na 3000** visoke natančnosti ob pripadajoči uporabi late z invar kodno razdelbo **GVCL92**. Dolžina late je 0,9 m, kar v dani situaciji zadostuje, saj so višinske razlike med stebri majhnega velikostnega reda.



Preglednica 3.5.: Deklarirane natančnosti izbrane opreme, podane s strani proizvajalca so (Leica. 1093. 01.93 5 str.):

razteznostni koeficient invar kodne razdelbe:	$< 1 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$
specifikacija z NA 3000:	$0,4 \text{ mm} / \text{km}$

### **3.1.2.2 Metoda izmere višinskih razlik**

Za potrebe določitve višinskih razlik smo uporabili metodo zaključenega nivelmana oziroma nivelmanske zanke, ki omogoča računsko preverjanje pridobljenih rezultatov in ugotavljanje morebitnih grobih pogreškov v izmeri.

Da bi zmanjšali vpliv ukrivljenosti Zemlje, smo uporabili metodo niveliranja iz sredine. Zaradi kratkih medsebojnih razdalj je bila višinska razlika izmerjena z enkratno postavitvijo nivelirja v sredino med stebroma. Na tak način je bila nivelmanska zanka izmerjena z minimalnimi 4 stojišči. Standardni odklon posamezne meritve pri oddaljenosti 30 m znaša za instrument 0,05 mm.

Meteorološki popravki se pri meritvah niso upoštevali. Temperatura je bila v času izvedbe meritev konstantna.

### **3.1.2.3 Obdelava opazovanj višinskih razlik**

Višinske razlike, ki smo jih pridobili s pomočjo nivelmana smo izravnali. Izravnane višinske razlike so prikazane v preglednici 3.6. Izravnava višinskih razlik je priložena v prilogi 1.

Preglednica 3.6: Izravnane višinske razlike, pridobljene z geometričnim nivelmanom

<b>Od točke</b>	<b>Do točke</b>	<b>Višinske razlike [m]</b>
3	4	-0,0173
4	1	-0,0048
1	2	-0,0026
3	2	0,0247

S tem smo pridobili višinske razlike med točkami, potrebne za izračun dovoljenih odstopanj višinske razlike vektorja, opazovanega za potrebe preizkusa po ISO-standardu.

Višinske razlike, pridobljene s pomočjo treh metod, gometričnega nivelmana, statične GPS metode (poglavje 3.1.1), in trigonometričnega višinomerstva (poglavje 3.1.3), smo med seboj primerjali. Medsebojna odstopanje niso presegala 3 mm. Na podlagi primerjav sklepamo, da natančnosti višinskih razlik, pridobljene po katerikoli od treh metod, ustrezajo pogoju 3 mm natančnosti določitve višinske razlike, ki jo predpisuje standard ISO 17123-8.

Preglednica 3.7: Pregled elipsoidnih višinskih razlik, pridobljenih z različnimi merskimi metodami

<b>Od točke</b>	<b>Do točke</b>	<b>Geometrični nivelman <i>h</i>[m]</b>	<b>GPS statična izmera <i>h</i>[m]</b>	<b>Trigonometrično višinomerstvo <i>h</i>[m]</b>
<b>FGG 3</b>	<b>FGG 4</b>	-0,017	-0,016	-0,017
<b>FGG 4</b>	<b>FGG 1</b>	-0,005	-0,007	-0,005
<b>FGG 1</b>	<b>FGG 2</b>	-0,003	-0,005	-0,004
<b>FGG 3</b>	<b>FGG 2</b>	0,025	0,028	0,027

### 3.1.3 Določitev relativnih položajev točk s pomočjo elektronskega tahimetra

Za potrebe izračunov v ISO-standardu smo se odločili pridobiti horizontalne razdalje tudi z drugo natančno metodo, predvsem zato, da bi se lahko opravili oceno rezultatov opazovanj in obdelave statičnih-GPS meritev. Dodatne meritve smo izvedli z laserskim razdaljemerom.

Ker je sam preizkus po ISO-standardu namenjen relativno hitremu terenskemu preizkusu ustreznosti opreme, lahko rečemo, da v vsakdanjem delu GPS statične meritve presegajo časovni okvir hitrega preverjanja. V praksi bi se tako odločili za meritve z laserskim razdaljmerom. Takšna odločitev je smiselna še posebej zato, ker vemo, da so na krajših razdaljah (za preizkus po ISO-standardu je to od 2 do 20 m), takšne meritve bolj natančne.

Ker so bile za potrebe redukcije poševno merjenih dolžin merjene tudi zenitne razdalje, smo s pomočjo teh podatkov pridobili tako reducirano horizontalno razdaljo kot tudi višinsko razliko oziroma 3D položaj opazovane točke.

### 3.1.3.1 Merska oprema za določitev razdalj

Za meritve z laserskim razdaljmerom smo izbrali tahimeter Leica Viva TPS 1201+ visoke natančnosti (Leica. 2009. 168 str.):

Preglednica 3.8: Lastnosti instrumenta Leica Viva TPS1201+

Natančnost kotnih meritev:	1"; $\sigma_{HZ,V}$ , ISO 17123-3
Domet s standardno prizmo GPR1:	1800 m
Natančnost merjenih razdalj s standardno prizmo:	1 mm + 1,5 ppm
Natančnost kompenzatorja	0,5"
Resolucija elektronske libele:	2"
Samodejno viziranje (ATR) tarče s standardno prizmo do:	1000 m
Kotna natančnost ATR z Hz in V;	1" (0,3 mgon); $\sigma_{HZ,V}$ , ISO 17123-3
Natančnost merjenih razdalj ATR do 800 m:	1 mm
Adicijska konstanta standardne prizme GPR1	0,0 mm

Koordinatni sistem tahimetra predviden za naše meritve:

Elipsoid GRS 80, Projekcija SLO TM, Geoid Slovenije (oznaka podana od ponudnika opreme: SLOG2000)

Med izmero smo opazovali tudi meteorološke parametre, jih vnesli v instrument, ki jih je upošteval za izračun reduciranih merskih vrednosti. Izrazi, ki jih je uporabil so navedeni v priročniku za delo z instrumentom (Leica. 2009).

Za potrebe določitve atmosferskih parametrov smo izbrali Meteo station HM30:

Preglednica 3.9: Lastnosti instrumenta\_Meteo station HM30 (Thommen. 2001. 2 str.):

<b>Parametri</b>	<b>Območje merjenja</b>	<b>Ločljivost</b>	<b><math>\sigma</math></b>
Zračni tlak	225...1125 <i>hPa</i> abs	0,1 <i>hPa</i>	+/- 1 <i>hPa</i>
Relativna vlažnost	0...100% <i>rH</i>	0,1% <i>rH</i>	+/- 1,5% <i>rH</i>
Temperatura kombinirani senzor 1	-40...+60°C	0,1°C	+/- 0,3°C

### 3.1.3.2 Metoda izmere razdalj med merskimi stebri

Pri meritvah razdalj smo uporabili prisilno centriranje in zmanjšali pogrešek centriranja. Prizme smo horizontirali s pomočjo podnožij. V primeru točke TLA 6 pa smo za postavitev prizme uporabili stativ z istimi podnožji kot pri merskih stebrih.

Meritve dolžin med merskimi stebri smo opravili obojestransko. Merili smo razdalje med merskimi stebri z znanimi koordinatami. (Točki TLA 6 smo koordinate določili iz drugih opazovanj GNSS in s pomočjo tahimetra, na podlagi povprečja treh meritev, ker ni bila vključena v zgoraj opisano statično GPS izmero.)

Tahimetru smo določili koordinate stojišča v lokalnem koordinatnem sistemu D96/TM. Za navezavo smo izbrali enega od sosednjih stebrov in sicer tistega bolj oddaljenega. Z meritvijo sosednjih stebrov smo pridobili koordinate stebrov v lokalnem koordinatnem sistemu popravljene za geometrijske in atmosferske popravke. Iz koordinatnih razlik smo izračunali dolžine in višinske razlike. Podatke o temperaturi, zračnem tlaku in relativni vlažnosti smo izmerili pred vsako meritvijo in jih, če so se spremenili, vnesli v tahimeter.

### 3.1.3.3 Izračuni horizontalnih razdalj

Horizontalne razdalje, pridobljene s pomočjo dveh metod, meritve z laserskim razdaljemerom in statične GPS-metode, smo med seboj primerjali. Medsebojna odstopanja so znašala največ 0,9 mm. Na podlagi primerjav sklepamo, da natančnosti višinskih razlik, pridobljene po katerikoli od dveh metod, ustrezajo pogoju 3 mm natančnosti določitve višinske razlike, kar predpisuje standard ISO 17123-8. Primerjave so prikazane v preglednici 3.10.

Preglednica 3.10: Primerjava horizontalnih razdalj pridobljenih z laserskim razdaljemerom in GPS statično metodo

Točka	Točka	1 smer [m]	2 smer [m]	Povprečje [m]	Statična GPS-izmera [m]	Odstopanja [m]
<b>FGG 1</b>	<b>FGG 2</b>	65,3170	65,3164	<b>65,3167</b>	65,3171	+0,0004
<b>FGG 2</b>	<b>FGG 3</b>	22,5030	22,5029	<b>22,5029</b>	22,5038	-0,0009
<b>FGG 3</b>	<b>FGG 4</b>	65,3063	65,3070	<b>65,3067</b>	65,3067	+0,0000
<b>FGG 4</b>	<b>FGG 1</b>	22,5366	22,5362	<b>22,5364</b>	22,5362	+0,0002

Točko TLA 6 smo opazovali s stojišča FGG 2, z navezavo na točko FGG 1. Točko smo opazovali trikrat. Standardni odklon 3. opazovanj točke TLA 6 je bil 0,8 mm položajno in 0,0 mm višinsko. Pridobljene koordinate so prikazane v preglednici 3.11:

Preglednica 3.11: Rezultati trikratne ponovitve opazovanj točke TLA 6

	<i>e</i>	<i>n</i>	<i>h</i>
	460946,519	100793,290	319,805
	460946,519	100793,291	319,805
	460946,520	100793,290	319,805
<b>Povprečje</b>	<b>460946,519</b>	<b>100793,290</b>	<b>319,805</b>

## 3.2 Splošna analiza pridobljenih opazovanj

Prava vrednost opazovanja je vedno neznan. Vendar pa glede na izračune in standardne odklone lahko privzamemo vrednosti, pridobljene s statično GPS-metodo, kot »prave« znotraj zahtevane natančnosti  $\sigma = 3$  mm, kolikor je predpisana v standardu ISO17123-8. Na tak način lahko probimo tudi podatek o točnosti meritev.

### **3.2.1 Odstopanja meritev glede na predhodno določene položaje**

Da bi razumeli obnašanje količin, ki vstopajo v preizkus po standardu ISO 17123-8, smo želeli najprej preučiti obnašanje pridobljenih horizontalnih in višinskih koordinat na posameznih točkah, vendar takšna analiza ni sestavni del standarda. Istim točkam smo določili položaje večkrat, t.j. v različnih časovnih obdobjih in z različnimi instrumenti različnih proizvajalcev. Za potrebe preučitve bomo meritvam posameznih instrumentov na merskih točkah določili njihove standardne odklone glede na njihove povprečne vrednosti. Opazovali pa bomo tudi njihove največje in najmanjše vrednosti odstopanj. Zaradi preglednejše analize bomo uporabili prikaz s histogrami.

#### **3.2.1.1 Preizkus GNSS-RTK instrumenta na točki FGG 2**

Na točki FGG 2 smo opravili 180 opazovanj in sicer s štirimi instrumenti treh proizvajalcev:

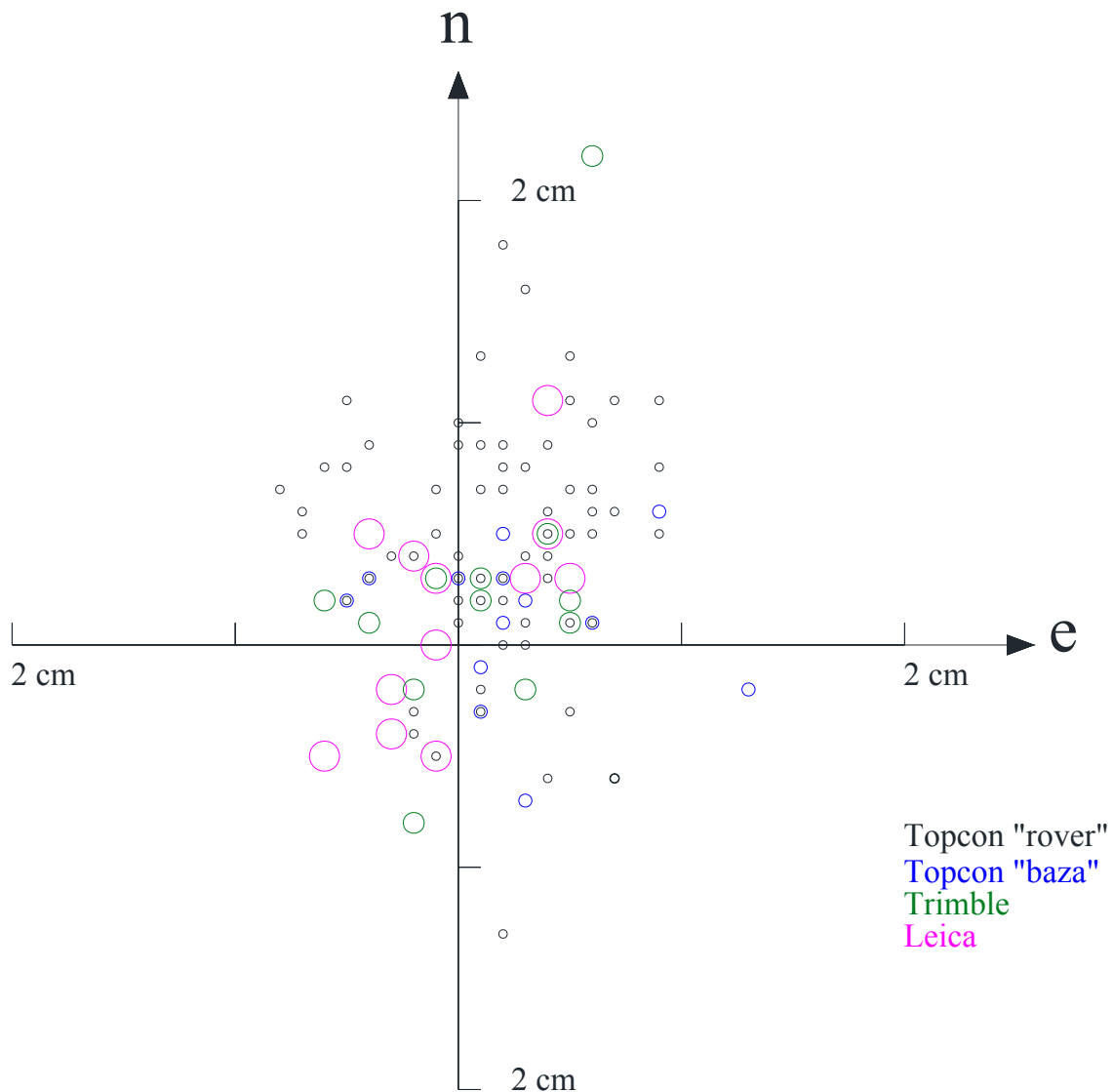
Trimble R8 GNSS System, SN: 5031442997, v nadaljevanju okrajšano s Trimble (15 meritev),

Leica Viva GNSS GS 15, SN: 1500642, v nadaljevanju označeno kot Leica (15 meritev),

Topcon HiPer Pro GNSS, SN: 344-0523, v nadaljevanju predstavljen kot Topcon »baza« (15 meritev)

in Topcon HiPer Pro GNSS, SN: 344-0261, v nadaljevanju kot Topcon »rover« (135 meritev).

Na Sliki 3 prikazujemo razpršenost določitve koordinat točke FGG 2, ki so posledica uporabe različnih instrumentov v različnih časovnih trenutkih in v različnih pogojih (predvsem atmosferskih). Na sliki so z različnimi barvami prikazani položaji ki smo jih dobili z meritvami z različnimi instrumenti.



Slika 3: FGG 2 – položaj v koordinatnem sistemu D96/TM. Predstavljenih je 180 določitev koordinat v horizontalni ravnini) s štirimi instrumenti treh proizvajalcev (Leica, Topcon, Trimble).

V preglednici 3.12 smo prikazali nekatere statistične vrednosti, ki smo jih pridobili iz meritev (t.j. določitve koordinat), opravljenih na točki FGG 2. Vrednosti, ki so prikazane so: povprečna vrednost, standardni odklon in najmanjše in največje vrednosti odstopanj od referenčne vrednosti. Poleg osnovnih enot  $e$ ,  $n$  in  $h$  smo prikazali tudi horizontalno razdaljo,

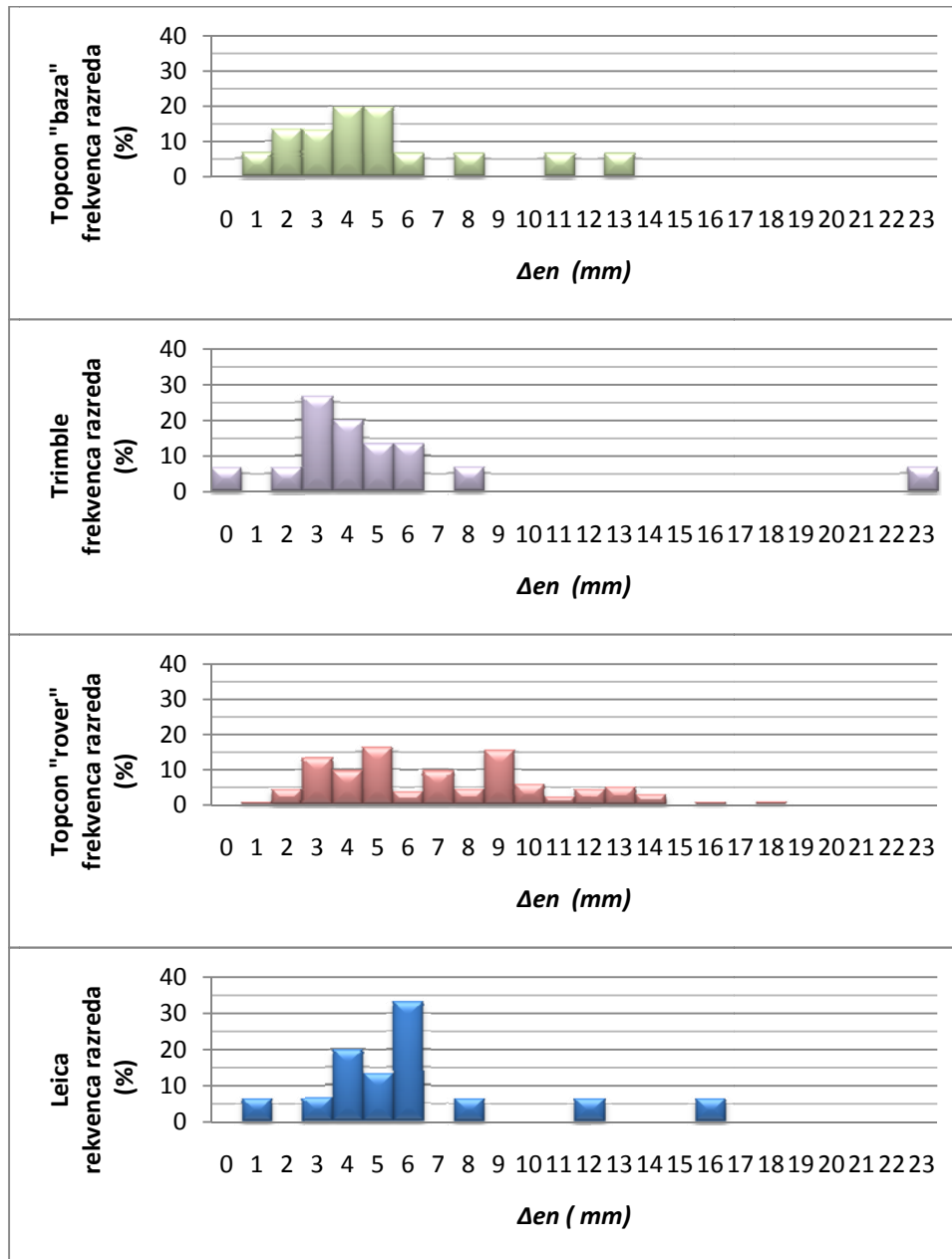
pridobljeno iz razlike povprečne vrednosti koordinat in posamezne merjene koordinate. Izračuni so priloženi v eprilogi: »FGG2 po instrumentih«

Preglednica 3.12: Statistične vrednosti, pridobljene z opazovanji z različnimi instrumenti na točki FGG 2

<i>Topcon »baza«</i>	$e$ [m]	$n$ [m]	$h$ [m]	$s_e$ [m]	$s_n$ [m]	$s_{en}$ [m]	$s_h$ [m]
<b>FGG 2 Referenčna vrednost</b>	460938,081	100811,614	367,530	0,004	0,006	0,004	0,012
<b>Odstopanje od referenčne vrednosti</b>	$max \Delta_e$ [m]	$max \Delta_n$ [m]	$max \Delta_h$ [m]	$max \Delta_{en}$ [m]	$min \Delta_e$ [m]	$min \Delta_n$ [m]	$min \Delta_h$ [m]
	0,006	0,016	-0,003	0,016	-0,005	-0,011	-0,041
<i>Trimble</i>	$e$ [m]	$n$ [m]	$h$ [m]	$s_e$ [m]	$s_n$ [m]	$s_{en}$ [m]	$s_h$ [m]
<b>FGG 2 Referenčna vrednost</b>	460938,081	100811,614	367,530	0,003	0,006	0,005	0,007
<b>Odstopanje od referenčne vrednosti</b>	$max \Delta_e$ [m]	$max \Delta_n$ [m]	$max \Delta_h$ [m]	$max \Delta_{en}$ [m]	$min \Delta_e$ [m]	$min \Delta_n$ [m]	$min \Delta_h$ [m]
	0,006	0,008	0,026	0,023	-0,006	-0,022	-0,002
<i>Topcon »rover«</i>	$e$ [m]	$n$ [m]	$h$ [m]	$s_e$ [m]	$s_n$ [m]	$s_{en}$ [m]	$s_h$ [m]
<b>FGG 2 Referenčna vrednost</b>	460938,081	100811,614	367,530	0,004	0,005	0,004	0,011
<b>Odstopanje od referenčne vrednosti</b>	$max \Delta_e$ [m]	$max \Delta_n$ [m]	$max \Delta_h$ [m]	$max \Delta_{en}$ [m]	$min \Delta_e$ [m]	$min \Delta_n$ [m]	$min \Delta_h$ [m]
	0,008	0,013	0,015	0,018	-0,009	-0,018	-0,043
<i>Leica</i>	$e$ [m]	$n$ [m]	$h$ [m]	$s_e$ [m]	$s_n$ [m]	$s_{en}$ [m]	$s_h$ [m]
<b>FGG 2 Referenčna vrednost</b>	460938,081	100811,614	367,530	0,004	0,003	0,003	0,009
<b>Odstopanje od referenčne vrednosti</b>	$max \Delta_e$ [m]	$max \Delta_n$ [m]	$max \Delta_h$ [m]	$max \Delta_{en}$ [m]	$min \Delta_e$ [m]	$min \Delta_n$ [m]	$min \Delta_h$ [m]
	0,005	0,007	0,020	0,013	-0,013	-0,006	-0,014

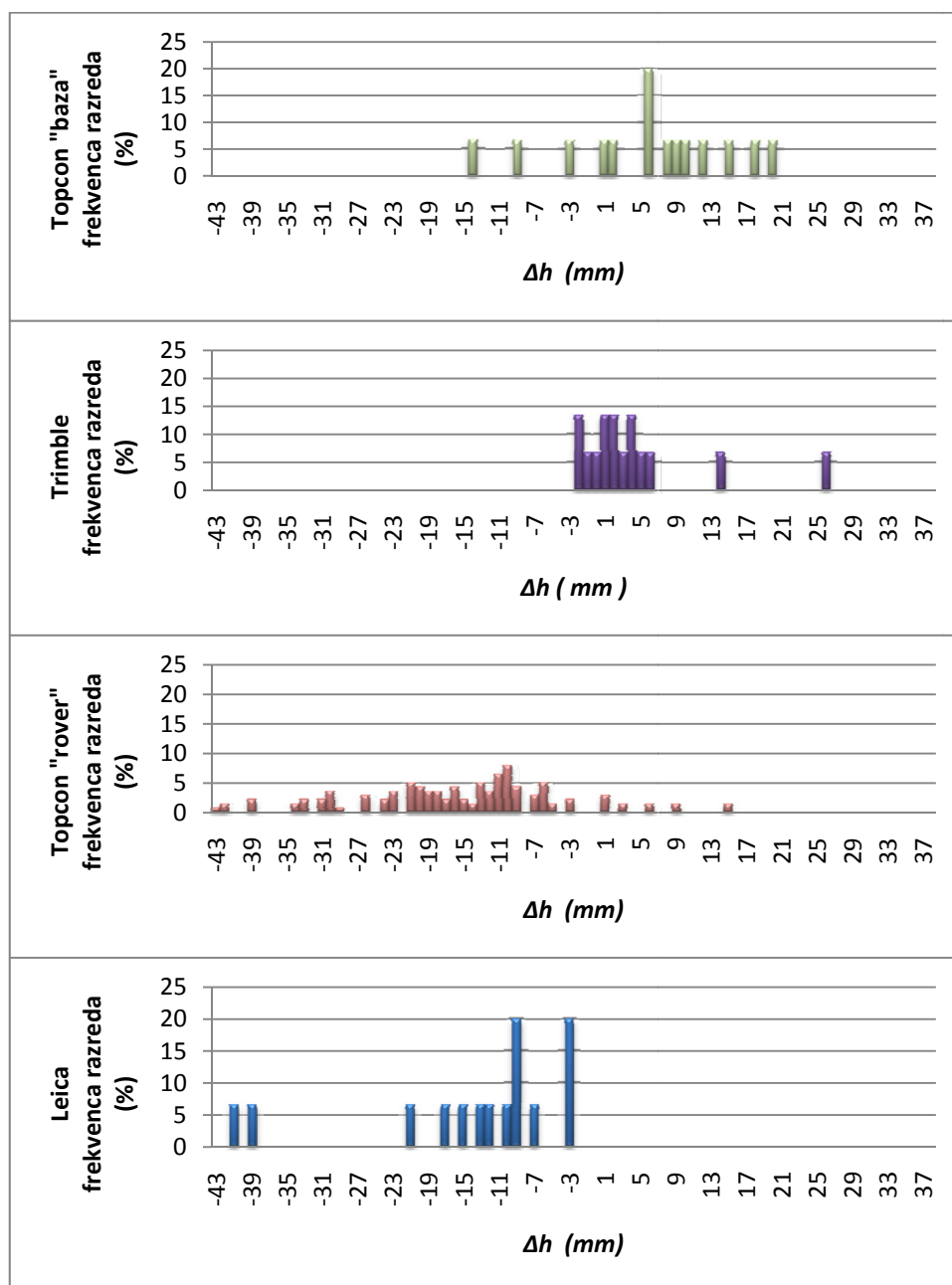


V histogramu 3.1 smo prikazali relativne frekvence razredov vseh 180 opazovanj za točko FGG 2, ločeno po sprejemnikih. V histogramu 3.1. smo prikazali dolžinska odstopanja v %, pridobljena kot odstopanja od referenčne vrednosti.



Histogram 3.1: Histogram relativnih frekvenc dolžinskih odstopanj, pridobljenih s 180 opazovanji z različnimi instrumenti na točki FGG 2

V histogramu 3.2 smo prikazali frekvence razredov vseh 180 meritev na točki FGG 2 ločeno po sprejemnikih – gre za predstavitev odstopanj v višinski komponenti, ki smo jih dobili tako, da smo konkretno meritev (višino  $h$ ) primerjali z referenčno vrednostjo.



Histogram 3.2: Histogram relativnih frekvenc višinskih odstopanj položajev, pridobljenih s 180 meritvami z različnimi instrumenti na točki FGG 2

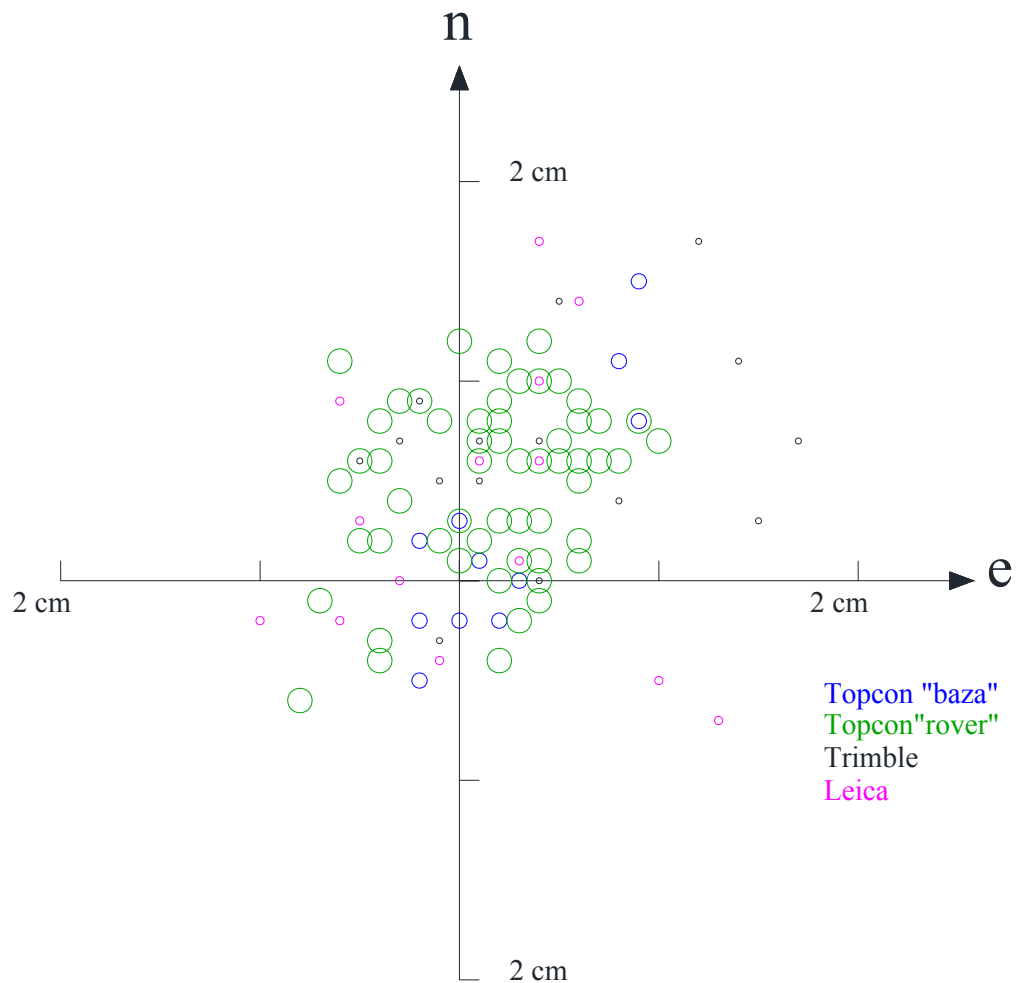
Proizvajalec instrumentov Topcon za kinematično metodo izmere navaja natančnosti (Topcon. 2006. A-6 str.):  $\sigma_{eh} = 10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ ,  $\sigma_h = 15 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ . Proizvajalec instrumentov Leica za kinematično metodo zagotavlja meritve naslednje natančnosti (Leica. 2009. 2 str.):  $\sigma_{eh} = 10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ ,  $\sigma_h = 20 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ . Proizvajalec instrumentov Trimble za kinematično metodo izmere zagotavlja meritve naslednje natančnosti (Trimble, 2009, str. 50):  $\sigma_{eh} = 10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ ,  $\sigma_h = 20 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ .

Standardni odkloni konkretni meritev v primeru točke FGG 2 so znašali po dolžini do največ  $\sigma_{en} = 5 \text{ mm}$  in po višini  $\sigma_h = 11 \text{ mm}$  (preglednica 3.12), kar nam potrjuje ustreznost navedb proizvajalca. Na podlagi histogramov 3.1. in 3.2. lahko vidimo, da se večina odklonov nahaja znotraj definicijskega območja za standardne odklone, ki jih navaja proizvajalec, vendar pa moramo biti pozorni na pojav odstopanj največjih vrednosti. Iz preglednice 3.12 lahko razberemo, da so največje vrednosti znašale 23 mm v primeru dolžinskih in od -43 mm do +26 mm v primeru višinskih odstopanj, kar nas opozarja na nevarnost zanašanja na enkratno meritev. Na podlagi histogramov 3.1. in 3.2. prav tako ne moremo reči, da se opazovanja razporejajo po normalni porazdelitvi. Vzorec razporejanja lahko prej opišemo kot naključni, bolj ali manj znotraj natančnosti instrumentov.

Na podlagi gornje analize lahko rečemo, da so glede na referenčno vrednost pridobljeno s statično metodo GPS, vsi štirje instrumenti dosegali manjše vrednosti standardnih odklonov od tistih, ki jih podaja proizvajalec.

### **3.2.1.2 Preizkus GNSS-RTK instrumenta na točki FGG 3**

Na točki FGG 3 smo opravili 180 meritev (določitev koordinat), ki smo jih opravili z 4 različnimi instrumenti treh proizvajalcev. Na Sliki 4 prikazujemo razpršenost koordinat točke FGG 3 za te štiri različne instrumente, ki so posledica uporabe različnih instrumentov v različnih časovnih trenutkih in v različnih pogojih (predvsem atmosferskih).



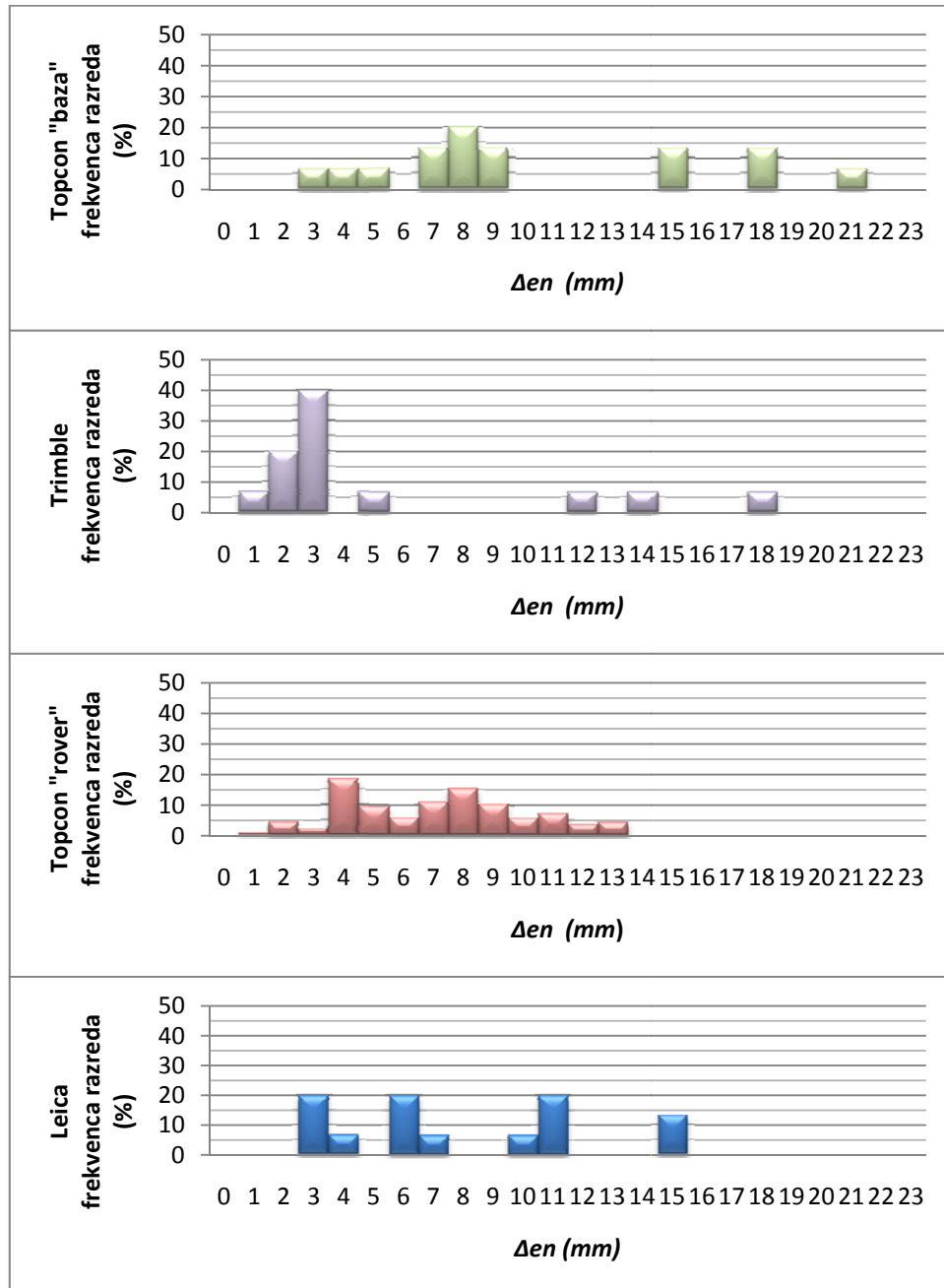
Slika 4: FGG 3 – položaj v koordinatnem sistemu D96/TM. Predstavljenih je 180 rezultatov meritev s štirimi instrumenti treh proizvajalcev (Leica, Topcon, Trimble).

V preglednici 3.13 smo prikazali nekatere statistične vrednosti določitve koordinat točke FGG 3, ki smo jih prav tako prikazali v poglavju 3.2.1.1.1. Izračuni so priloženi v eprilogi: »FGG3 po instrumentih«

Preglednica 3.13: Statistične vrednosti, pridobljene iz 180 meritev z instrumenti različnih proizvajalcev na točki FGG 3

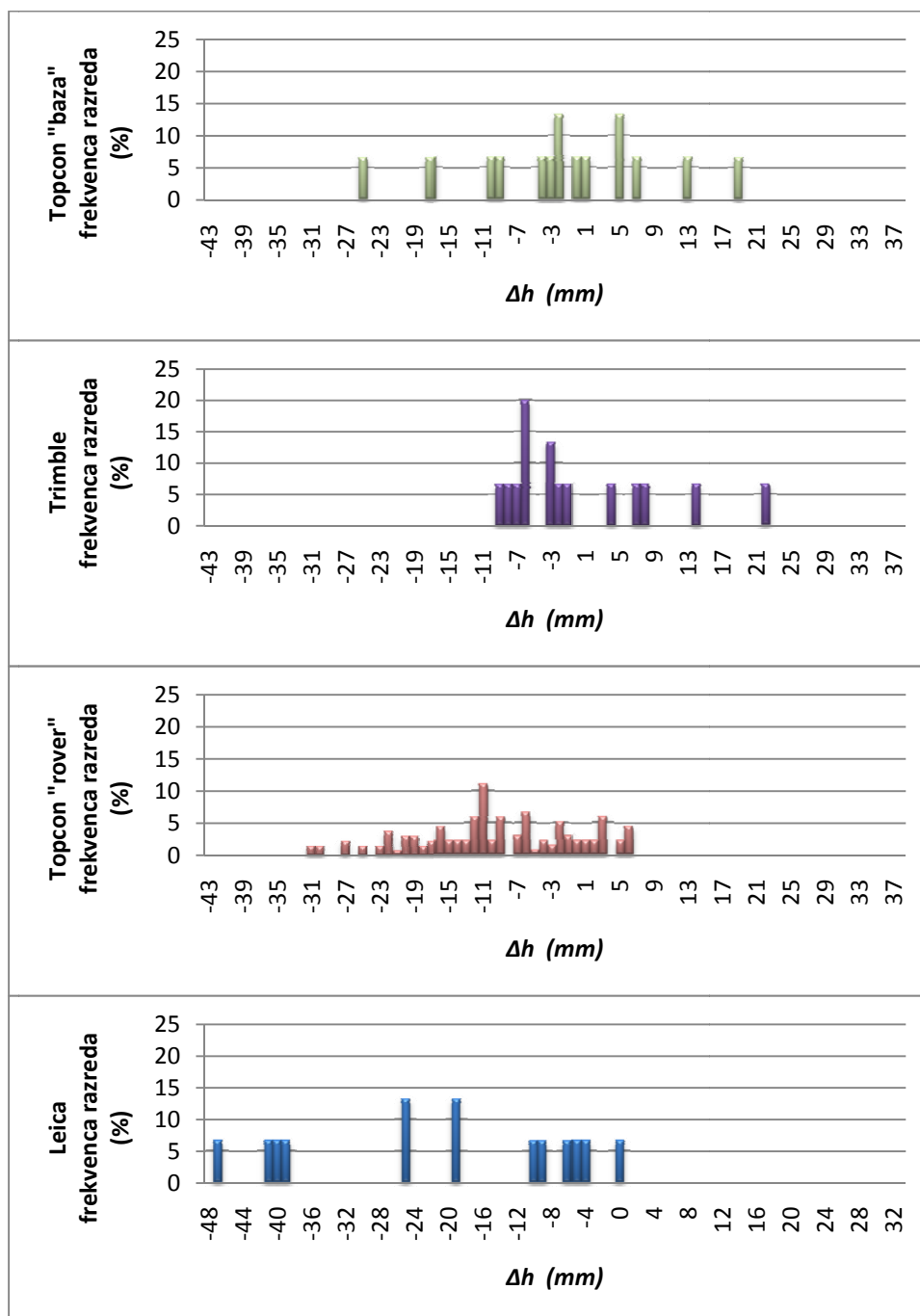
<i>Topcon »baza«</i>	<i>e</i> [m]	<i>n</i> [m]	<i>h</i> [m]	<i>s<sub>e</sub></i> [m]	<i>s<sub>n</sub></i> [m]	<i>s<sub>en</sub></i> [m]	<i>s<sub>h</sub></i> [m]
<b>FGG 3</b> Referenčna vrednost	460947,558	100791,203	367,502	0,006	0,007	0,005	0,017
Odstopanje od referenčne vrednosti	<i>max Δ<sub>e</sub></i> [m]	<i>max Δ<sub>n</sub></i> [m]	<i>max Δ<sub>h</sub></i> [m]	<i>max</i> <i>Δ<sub>en</sub></i> [m]	<i>min</i> <i>Δ<sub>e</sub></i> [m]	<i>min</i> <i>Δ<sub>n</sub></i> [m]	<i>min</i> <i>Δ<sub>h</sub></i> [m]
	0,010	0,007	0,005	0,017	-0,013	-0,017	-0,048
<i>Trimble</i>	<i>e</i> [m]	<i>n</i> [m]	<i>h</i> [m]	<i>s<sub>e</sub></i> [m]	<i>s<sub>n</sub></i> [m]	<i>s<sub>en</sub></i> [m]	<i>s<sub>h</sub></i> [m]
<b>FGG 3</b> Referenčna vrednost	460947,558	100791,203	367,502	0,004	0,007	0,006	0,009
Odstopanje od referenčne vrednosti	<i>max Δ<sub>e</sub></i> [m]	<i>max Δ<sub>n</sub></i> [m]	<i>max Δ<sub>h</sub></i> [m]	<i>max</i> <i>Δ<sub>en</sub></i> [m]	<i>min</i> <i>Δ<sub>e</sub></i> [m]	<i>min</i> <i>Δ<sub>n</sub></i> [m]	<i>min</i> <i>Δ<sub>h</sub></i> [m]
	0,002	0,005	0,022	0,018	-0,009	-0,016	-0,009
<i>Topkon »rover«</i>	<i>e</i> [m]	<i>n</i> [m]	<i>h</i> [m]	<i>s<sub>e</sub></i> [m]	<i>s<sub>n</sub></i> [m]	<i>s<sub>en</sub></i> [m]	<i>s<sub>h</sub></i> [m]
<b>FGG 3</b> Referenčna vrednost	460947,558	100791,203	367,502	0,004	0,004	0,003	0,009
Odstopanje od referenčne vrednosti	<i>max Δ<sub>e</sub></i> [m]	<i>max Δ<sub>n</sub></i> [m]	<i>max Δ<sub>h</sub></i> [m]	<i>max</i> <i>Δ<sub>en</sub></i> [m]	<i>min</i> <i>Δ<sub>e</sub></i> [m]	<i>min</i> <i>Δ<sub>n</sub></i> [m]	<i>min</i> <i>Δ<sub>h</sub></i> [m]
	0,008	0,006	0,006	0,013	-0,010	-0,012	-0,031
<i>Leica</i>	<i>e</i> [m]	<i>n</i> [m]	<i>h</i> [m]	<i>s<sub>e</sub></i> [m]	<i>s<sub>n</sub></i> [m]	<i>s<sub>en</sub></i> [m]	<i>s<sub>h</sub></i> [m]
<b>FGG 3</b> Referenčna vrednost	460947,558	100791,203	367,502	0,007	0,005	0,006	0,011
Odstopanje od referenčne vrednosti	<i>max Δ<sub>e</sub></i> [m]	<i>max Δ<sub>n</sub></i> [m]	<i>max Δ<sub>h</sub></i> [m]	<i>max</i> <i>Δ<sub>en</sub></i> [m]	<i>min</i> <i>Δ<sub>e</sub></i> [m]	<i>min</i> <i>Δ<sub>n</sub></i> [m]	<i>min</i> <i>Δ<sub>h</sub></i> [m]
	0,005	0,003	0,019	0,021	-0,017	-0,017	-0,025

V histogramu 3.3 smo prikazali relativne frekvence razredov vseh 180 meritev na točki FGG 3, ločene za vse štiri instrumente. V histogramu 3.3. smo prikazali dolžinska odstopanja v % – odstopanja so pridobljena kot določitev odstopanj od referenčne vrednosti.



Histogram 3.3: Histogram relativnih frekvenc dolžinskih odstopanj položajev, pridobljenih s štirimi instrumenti treh proizvajalcev na točki FGG 3

V histogramu 3.4 smo prav tako prikazali relativne frekvence razredov vseh 180 opazovanj za točko FG 3. Podatki so predstavljeni ločeno za vsakega od štirih uporabljenih instrumentov.



Histogram 3.4: Histogram relativnih frekvenc višinskih odstopanj položajev, pridobljenih s 180 meritvami z različnimi instrumenti na točki FG 3

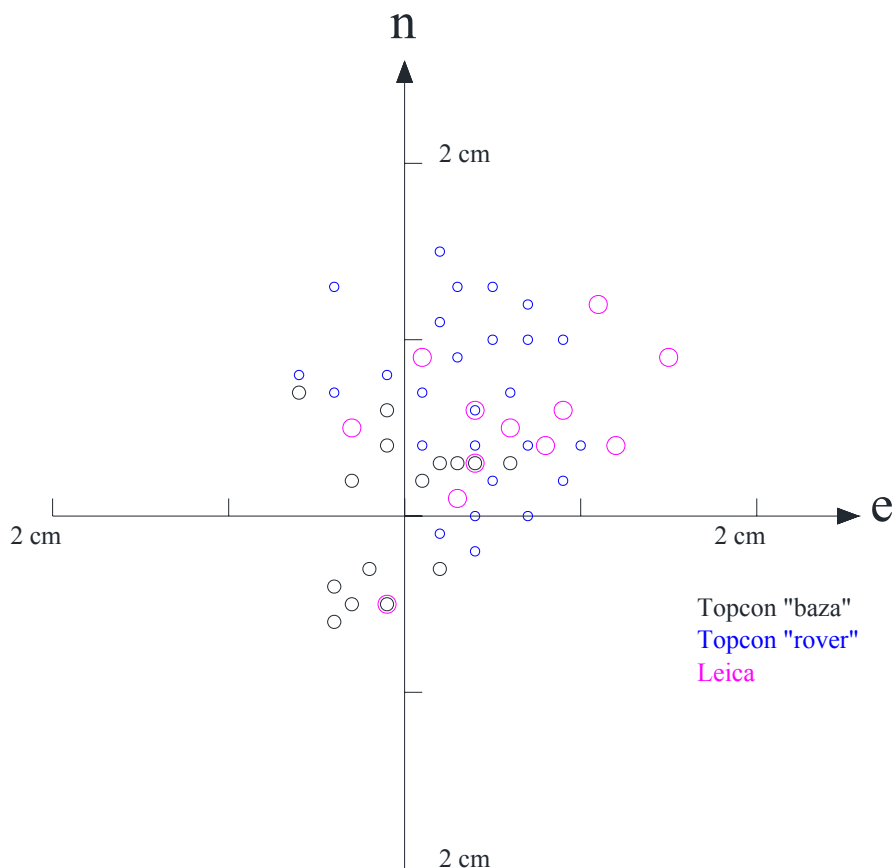
Standardni odkloni meritev v primeru točke FGG 3 so znašali do  $\sigma_{en} = 6$  mm ko govorimo o dolžinskem odstopanju in  $\sigma_h = 17$  mm, ko opazujemo višinske standardne odklone štirih sprejemnikov (preglednica 3.13), kar nam potrjuje ustreznost navedb proizvajalca glede na statistične vrednosti, pridobljene s 180 meritvami na točki FGG, razen v primeru instrumenta Topcon »baza« kjer standardno odstopanje  $\sigma_h = 17$  mm za 2 mm presega standardni odklon podan od proizvajalca. V tem primeru lahko rečemo, da je proizvajalčeva navedba  $\sigma_h = 15$  mm zastavljena preoptimistično glede na pogoje na našem delovišču. Na podlagi histogramov 3.5. in 3.6. lahko vidimo, da večina odklonov ostaja v definicijskem območju standardnih odklonov, podanih s strani proizvajalca. V preglednici 3.13 vidimo, da je največja vrednost odstopanj bila 22 mm v primeru dolžinskih odstopanj in -48 mm do +22 mm v primeru vertikalnih. Na podlagi histogramov 3.3. in 3.4. tudi na tej točki ne moremo reči, da se opazovanja razporejajo po normalni porazdelitvi. Tudi tukaj je vzorec bolj naključen a večinoma znotraj natančnosti instrumentov.

Tudi v primeru meritev na točki FGG 3 lahko potrdimo skladnost standardnih odklonov pridobljenih iz odstopanj od referenčne točke pridobljene s statično metodo GPS in navedenimi od proizvajalca.

### **3.2.1.3 Preizkus GNSS-RTK instrumenta na točki FGG 4**

Na točki FGG 4 smo opravili 165 meritev, t.j. določitev koordinat. Opravljenih meritev je manj kot pri ostalih dveh stebrih. Na FGG 4 nismo merili z instrumentom Trimble. Uporabo stebra FGG 4 smo uvedli naknadno po že opravljeni meritvi z instrumentom Trimble. Na Sliki 5 lahko vidimo različne določitve položajev za točko FGG 4. Z barvami smo na sliki ločeno prikazali položaje, ki smo jih pridobili z meritvami s posameznimi instrumenti.





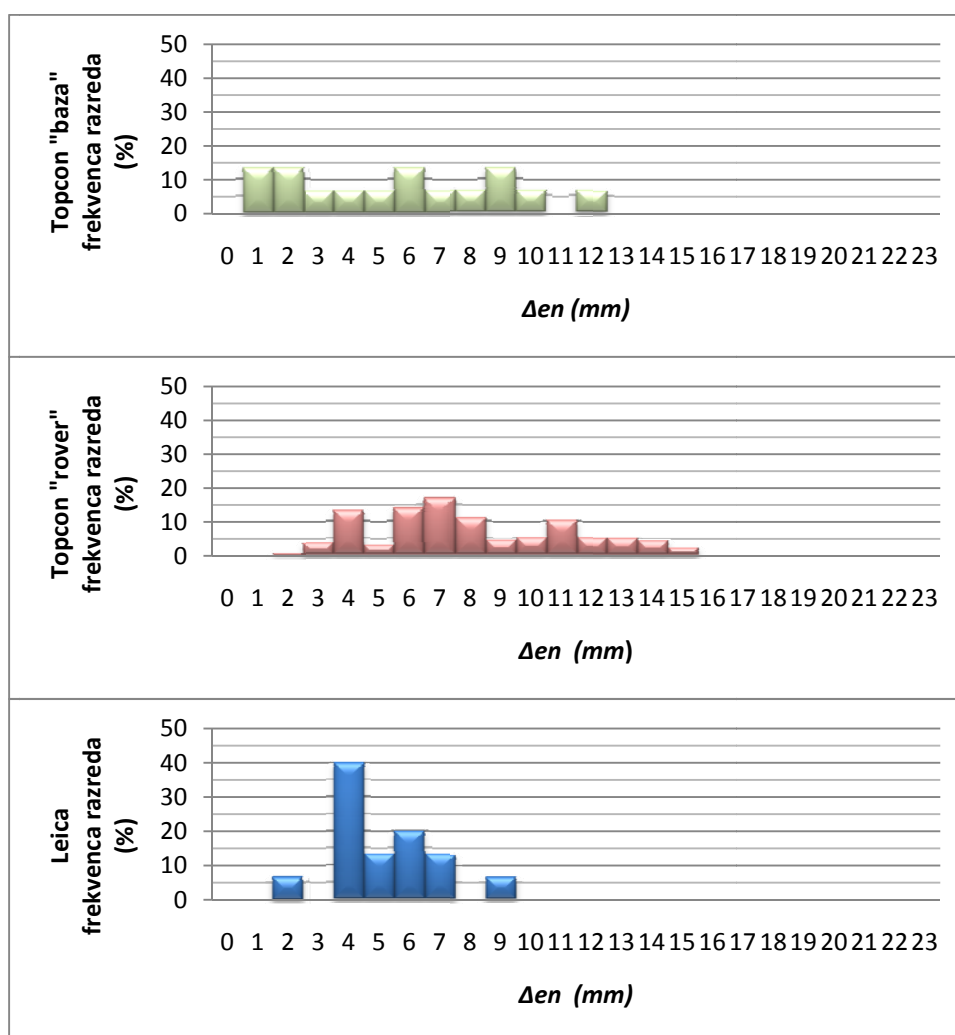
Slika 5: FGG 4 – položaj v koordinatnem sistemu D96/TM. Predstavljenih je 165 rezultatov meritev s tremi instrumenti dveh proizvajalcev (Leica, Topcon).

V preglednici 3.14 smo prikazali nekatere statistične vrednosti pridobljene iz meritev na točki FGG 4. Vrednosti, ki so prikazane, so: povprečna vrednost, standardni odklon in ekstremne vrednosti, prav tako kakor pri ostalih dveh točkah. Izračuni so priloženi v eprilogi: »FGG4 po instrumentih«

Preglednica 3.14: Statistične vrednosti, pridobljene iz 165 meritev z različnimi instrumenti na točki FG 4

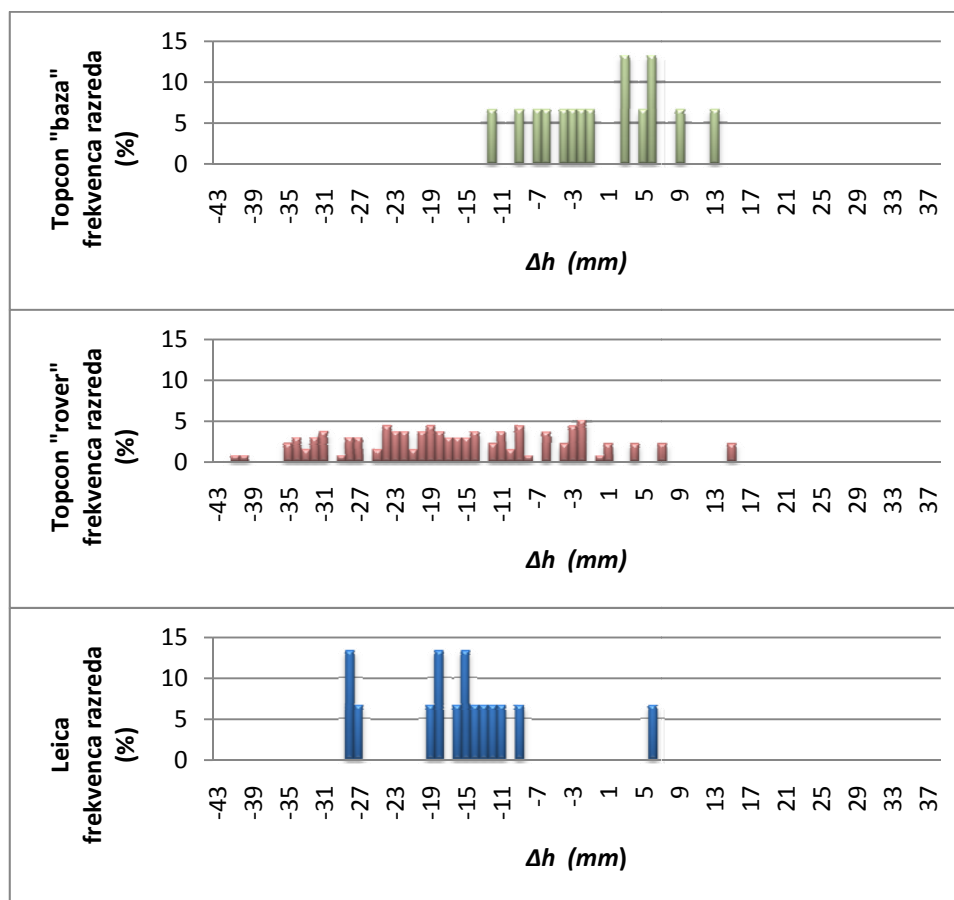
<i>Topcon »baza«</i>	$e$ [m]	$n$ [m]	$h$ [m]	$s_e$ [m]	$s_n$ [m]	$s_{en}$ [m]	$s_h$ [m]
<b>FGG 4 Referenčna vrednost</b>	460888,287	100763,782	367,518	0,003	0,004	0,002	0,009
<b>Odstopanje od referenčne vrednosti</b>	$max \Delta_e$ [m]	$max \Delta_n$ [m]	$max \Delta_h$ [m]	$max \Delta_{en}$ [m]	$min \Delta_e$ [m]	$min \Delta_n$ [m]	$min \Delta_h$ [m]
	0,006	0,006	0,006	0,009	-0,006	-0,007	-0,028
<i>Topkon »rover«</i>	$e$ [m]	$n$ [m]	$h$ [m]	$s_e$ [m]	$s_n$ [m]	$s_{en}$ [m]	$s_h$ [m]
<b>FGG 4 Referenčna vrednost</b>	460888,287	100763,782	367,518	0,003	0,004	0,003	0,013
<b>Odstopanje od referenčne vrednosti</b>	$max \Delta_e$ [m]	$max \Delta_n$ [m]	$max \Delta_h$ [m]	$max \Delta_{en}$ [m]	$min \Delta_e$ [m]	$min \Delta_n$ [m]	$min \Delta_h$ [m]
	0,006	0,002	0,015	0,015	-0,010	-0,015	-0,047
<i>Leica</i>	$e$ [m]	$n$ [m]	$h$ [m]	$s_e$ [m]	$s_n$ [m]	$s_{en}$ [m]	$s_h$ [m]
<b>FGG 4 Referenčna vrednost</b>	460888,287	100763,782	367,518	0,006	0,004	0,004	0,007
<b>Odstopanje od referenčne vrednosti</b>	$max \Delta_e$ [m]	$max \Delta_n$ [m]	$max \Delta_h$ [m]	$max \Delta_{en}$ [m]	$min \Delta_e$ [m]	$min \Delta_n$ [m]	$min \Delta_h$ [m]
	0,004	0,005	0,014	0,017	-0,015	-0,012	-0,011

V histogramu 3.5 smo prikazali frekvence razredov za 165 meritev na točki FG 4. V histogramu 3.5. prikazujemo dolžinska odstopanja v %, pridobljena kot odstopanja od referenčne vrednosti pridobljene s statično GPS metodo.



Histogram 3.5: Histogram relativnih frekvenc dolžinskih odstopanj položajev, pridobljenih s 165 opazovanji z različnimi instrumenti na točki FGG 4

V histogramu 3.6 si lahko ogledamo frekvence razredov vseh 165 opazovanj uporabljenih treh instrumentov za točko FGG 4. V histogramu 3.6. smo prikazali višinska odstopanja v %, pridobljena kot odstopanja od referenčne vrednosti.



Histogram 3.10: Histogram relativnih frekvenc dolžinskih odstopanj položajev, pridobljenih s 165 opazovanji z različnimi instrumenti na točki FG 4

Standardni odkloni naših meritev so tako v primeru točke FG 4 so znašali za dolžinska odstopanja izračunana iz koordinatnih razlik  $\sigma_{en} = 4$  mm in  $\sigma_h = 13$  mm za višinska odstopanja (preglednica 3.16), kar nam zopet potrjuje ustreznost proizvajalčevih navedb. Na histogramih 3.5. in 3.6. vidimo, da se večina odklonov nahaja znotraj standardnih odklonov, podanih od proizvajalcev. V preglednici 3.16 vidimo, da so največje vrednosti odstopanj znašale do 14 mm v primeru dolžinskih in -32 mm do +15 mm v primeru višinskih odstopanj. Tudi te vzorce lahko podobno kot pri ostalih dveh točkah označimo kot naključno razporejene znotraj standardnih odklonov, podanih od proizvajalcev.

Kot v ostalih dveh primerih lahko zopet potrdimo skladnost izračunanih in od proizvajalca podanih standardnih odklonov. Referenčna točka je bila tudi tukaj določena s statično metodo GPS.

### 3.3 Opazovanja za preizkus po standardu ISO 17123-8

V skladu s standardom ISO 17123-8 bomo v poglavju predstavili rezultate meritev parov koordinat in obrazce za izračun, kot jih standard predvideva. Predstavili bomo obrazec za predhodno kontrolo grobo pogrešenih odstopanj, ki mu bo sledil obrazec za izračun statističnega ovrednotenja odstopanj, ločeno za horizontalni in vertikalni položaj.

Za meritve za namen preizkusa po ISO-standardu smo uporabili štiri sprejemnike treh proizvajalcev:

- Trimble R8 GNSS System,
- dva sprejemnika Topcon HiPer Pro GNSS iste serije
- Leica Viva GNSS GS 15.

V opazovanja smo vključili 4 točke. FGG 2, FGG 3, FGG 4 in TLA 6.

Opazovanja smo z instrumenti Trimble in Topcon »baza« opravili Septembra 2009, Januarja 2010 z instrumentom Topcon »rover« in Marca 2010 z Leicinim instrumentom.

#### 3.3.1 Preizkus sprejemnika Trimble R8

S sprejemnikom **Trimble R8 GNSS** smo opravili dve seriji meritev. Opazovali smo na krajiščih vektorja **FGG 3 - FGG 2**. V prvem načinu nam je kot bazno stojišče služila s strani omrežja SIGNAL definirana virtualna postaja. V drugem načinu smo kot bazno stojišče privzeli ljubljansko permanentno postajo GSR1.

Proizvajalec instrumentov Trimble za kinematično metodo izmere zagotavlja meritve naslednje natančnosti (Trimble, 2009, str. 50):

$$\sigma_{en} = 10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm} \qquad \sigma_h = 20 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$$

##### 3.3.1.1 Bazno stojišče, določeno z VRS-načinom

V poglavju si bomo ogledali rezultate meritev vnesene v obrazce, ki jih podaja standard ISO17123-8. V preglednici 3.15 bomo opravili kontrolo grobo pogrešenih opazovanj, v

preglednici 3.16 pa bomo izračunali standardne odklone standarda ISO 17123-8 ločeno za horizontalni položaj in višino.

Podatke smo pridobili s sprejemnikom Trimble R8, za bazno stojišče pa smo uporabili virtualno postajo generirano s strani omrežja SIGNAL.

Preglednica 3.15: Primerjava rezultatov opazovanj na točkah FGG 3 – FGG 2 z »danimi« vrednostmi: dolžina: 22,503 m in višinska razlika -0,025 m

Zap. številka	Serija <i>i</i>	Niz <i>j</i>	Točka določitve položaja <i>k</i>	3D položaj <i>[m]</i>			Horizontalna dolžina <i>D<sub>j</sub></i> <i>[m]</i>	Višinska razlika <i>Δh<sub>j</sub></i> <i>[m]</i>	Odstopanja <i>[mm]</i>	
				<i>e</i>	<i>n</i>	<i>h</i>			<i>ε<sub>D,i,j</sub></i>	<i>ε<sub>h,i,j</sub></i>
1	1	1	FGG 3	460947,563	100791,207	367,508				
2	1	1	FGG 2	460938,083	100811,617	367,525	22,504	-0,017	-1	-8
3	1	2	FGG 3	460947,563	100791,199	367,506				
4	1	2	FGG 2	460938,084	100811,617	367,527	22,511	-0,021	-8	-4
5	1	3	FGG 3	460947,563	100791,200	367,502				
6	1	3	FGG 2	460938,083	100811,619	367,510	22,512	-0,008	-9	-17
7	1	4	FGG 3	460947,566	100791,201	367,501				
8	1	4	FGG 2	460938,085	100811,620	367,530	22,513	-0,029	-10	4
9	1	5	FGG 3	460947,565	100791,200	367,499				
10	1	5	FGG 2	460938,087	100811,615	367,517	22,508	-0,018	-5	-7
11	2	1	FGG 3	460947,558	100791,203	367,505				
12	2	1	FGG 2	460938,077	100811,611	367,535	22,503	-0,030	0	5
13	2	2	FGG 3	460947,562	100791,198	367,497				
14	2	2	FGG 2	460938,080	100811,618	367,520	22,514	-0,023	-11	-2
15	2	3	FGG 3	460947,558	100791,197	367,505				
16	2	3	FGG 2	460938,082	100811,609	367,521	22,504	-0,016	-1	-9
17	2	4	FGG 3	460947,564	100791,198	367,503				
18	2	4	FGG 2	460938,081	100811,609	367,526	22,506	-0,023	-3	-2
19	2	5	FGG 3	460947,565	100791,198	367,505				
20	2	5	FGG 2	460938,084	100811,609	367,526	22,506	-0,021	-3	-4
21	3	1	FGG 3	460947,564	100791,208	367,502				
22	3	1	FGG 2	460938,086	100811,617	367,508	22,502	-0,006	1	-19
23	3	2	FGG 3	460947,565	100791,207	367,497				
24	3	2	FGG 2	460938,085	100811,617	367,517	22,504	-0,020	-1	-5
25	3	3	FGG 3	460947,565	100791,206	367,493				
26	3	3	FGG 2	460938,088	100811,615	367,516	22,502	-0,023	1	-2
27	3	4	FGG 3	460947,564	100791,207	367,494				
28	3	4	FGG 2	460938,086	100811,620	367,524	22,506	-0,030	-3	5
29	3	5	FGG 3	460947,563	100791,213	367,484				
30	3	5	FGG 2	460938,084	100811,615	367,506	22,497	-0,022	6	-3
<b>prave vrednosti</b>							<b>22,503</b>	<b>-0,025</b>		
<b>meje odstopanj [mm]</b>								<b>±</b>	<b>35</b>	<b>71</b>

Preglednica 3.16: Izračun  $s_{ISO\ en}$  iz položajev v D96/TM in  $s_{ISO\ h}$  iz elipsoidnih višin

Zap. št.	Serija	Niz	Točka	3D položaj			Odstopanje od povprečja		
				[m]			[mm]		
	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>	<i>e</i>	<i>n</i>	<i>h</i>	$r_x$	$r_y$	$r_h$
1	1	1	FGG 3	460947,563	100791,207	367,508	-4	0	-8
2	1	1	FGG 2	460938,083	100811,617	367,525	-2	1	-4
3	1	2	FGG 3	460947,563	100791,199	367,506	4	0	-6
4	1	2	FGG 2	460938,084	100811,617	367,527	-2	0	-6
5	1	3	FGG 3	460947,563	100791,200	367,502	3	0	-2
6	1	3	FGG 2	460938,083	100811,619	367,510	-4	1	11
7	1	4	FGG 3	460947,566	100791,201	367,501	2	-3	-1
8	1	4	FGG 2	460938,085	100811,620	367,530	-5	-1	-9
9	1	5	FGG 3	460947,565	100791,200	367,499	3	-2	1
10	1	5	FGG 2	460938,087	100811,615	367,517	0	-3	4
11	2	1	FGG 3	460947,558	100791,203	367,505	0	5	-5
12	2	1	FGG 2	460938,077	100811,611	367,535	4	7	-14
13	2	2	FGG 3	460947,562	100791,198	367,497	5	1	3
14	2	2	FGG 2	460938,080	100811,618	367,520	-3	4	1
15	2	3	FGG 3	460947,558	100791,197	367,505	6	5	-5
16	2	3	FGG 2	460938,082	100811,609	367,521	6	2	0
17	2	4	FGG 3	460947,564	100791,198	367,503	5	-1	-3
18	2	4	FGG 2	460938,081	100811,609	367,526	6	3	-5
19	2	5	FGG 3	460947,565	100791,198	367,505	5	-2	-5
20	2	5	FGG 2	460938,084	100811,609	367,526	6	0	-5
21	3	1	FGG 3	460947,564	100791,208	367,502	-5	-1	-2
22	3	1	FGG 2	460938,086	100811,617	367,508	-2	-2	13
23	3	2	FGG 3	460947,565	100791,207	367,497	-4	-2	3
24	3	2	FGG 2	460938,085	100811,617	367,517	-2	-1	4
25	3	3	FGG 3	460947,565	100791,206	367,493	-3	-2	7
26	3	3	FGG 2	460938,088	100811,615	367,516	0	-4	5
27	3	4	FGG 3	460947,564	100791,207	367,494	-4	-1	6
28	3	4	FGG 2	460938,086	100811,620	367,524	-5	-2	-3
29	3	5	FGG 3	460947,563	100791,213	367,484	-10	0	16
30	3	5	FGG 2	460938,084	100811,615	367,506	0	0	15
<b>povprečje</b>			FGG 3	<b>460947,563</b>	<b>100791,203</b>	<b>367,500</b>			
<b>serij</b>			FGG 2	<b>460938,084</b>	<b>100811,615</b>	<b>367,521</b>			
<b>vsota kvadratov</b>									
<b>odstopanj</b>									
				$s_e$	$s_n$	$s_h$	$s_{ISO\ en} = 5,13\ mm$		
<b>standardni odklon vzorca s</b>				<b>2,62</b>	<b>4,41</b>	<b>7,35</b>	$s_{ISO\ h} = 7,35\ mm$		



V preglednici 3.15 smo primerjali dolžine in višinske razlike opazovanih točk z dolžinami in višinskimi razlikami. Izmerjene vrednosti smo primerjali z referenčnimi. Vse meritve se nahajajo znotraj dovoljenih odstopanj od referenčnih vrednosti  $\pm 35 \text{ mm}$  ( $2,5 \times \sqrt{2} \times s_{EN}$ ) v primeru dolžinskih in  $\pm 71 \text{ mm}$  ( $2,5 \times \sqrt{2} \times s_h$ ) v primeru višinskih odstopanj in s tem ugotavljamo, da v meritvah ni grobo pogrešenih odstopanj.

V preglednici 3.16 smo izračunali povprečje za vsako od opazovanih točk. Nato smo izračunali odstopanja od povprečja, jih kvadrirali in sešteli.

Posamezne standardne odklone smo izračunali po enačbi (7) in dobili:

$$s_e = 2,62 \text{ mm}, s_n = 4,41 \text{ mm}, s_h = 7,35 \text{ mm}.$$

Iz teh vrednosti smo pridobili standardne odklone posamičnega horizontalnega položaja oziroma višine po ISO standardu (enačbi (8), (9))  $s_{ISO-GNSS RTK_{en}} = 5,13 \text{ mm}$ ,  $s_{ISO-GNSS RTK_h} = 7,35 \text{ mm}$ .

Statistični test A: testiranje ničelne domneve  $H_0: s_{ISO-GNSS RTK_{en}} \leq \sigma_{en}$  (Preglednica 3.16).

Iz numeričnega rezultata za pogoj (14):  $5,13 \text{ mm} \leq 12,00 \text{ mm}$  lahko s 95% stopnjo zaupanja trdimo, da ničelne domneve  $H_0$  ne moremo zavrniti.

Eksperimentalni standardni odklon  $s_{ISO-GNSS RTK_{en}}$  položaja v horizontalni ravnini ( $e, n$ ) je torej manjši ali enak predhodno določeni vrednosti  $\sigma_{en}$ .

Statistični test B: testiranje ničelne domneve  $H_0: s_{ISO-GNSS RTK_h} \leq \sigma_h$  (Preglednica 3.16).

Iz numeričnega rezultata za pogoj (19):  $7,35 \text{ mm} \leq 24,00 \text{ mm}$  lahko s 95% stopnjo zaupanja trdimo, da ničelne domneve  $H_0$  ne moremo zavrniti.

Eksperimentalni standardni odklon  $s_{ISO-GNSS RTK_h}$  višine ( $h$ ) je tudi sedaj manjši ali enak predhodno določeni vrednosti  $\sigma_h$ .

Za naše delovišče zaključimo, da s stopnjo zaupanja 95% (s tveganjem 5%) ne moremo trditi, da so standardni odkloni z RTK-metodo pridobljenih koordinat ( $s_{ISO-GNSS RTK_{en}}$ ,  $s_{ISO-GNSS RTK_h}$ ), večji od vrednosti, ki jih podaja proizvajalec Trimble ( $\sigma_{en}$ ,  $\sigma_h$ ).

Praktično to pomeni, da pri meritvah na našem delovišču ne moremo zavrniti navedb proizvajalca o natančnosti instrumenta.

### ***3.3.1.1 Bazno stojišče je permanentna postaja GSRI***

V poglavju bomo obravnavali rezultate meritev, pridobljene z instrumentom Trimble, ko smo uporabili za bazno stojišče najbližjo permanentno postajo.

Preglednica 3.17: Primerjava rezultatov opazovanj na točkah FGG 3 - FGG 2 z »danimi« vrednostmi: dolžina: 22,503 m in višinska razlika -0,025 m

Zap. številka	Serija	Niz	Točka določitve položaja	3D položaj			Horizontalna dolžina $D_j$ [m]	Višinska razlika $\Delta h_j$ [m]	Odstopanja	
				$e$	$n$	$h$			$\varepsilon_{D,i,j}$	$\varepsilon_{h,i,j}$
1	1	1	FGG 3	460947,561	100791,203	367,508				
2	1	1	FGG 2	460938,082	100811,618	367,529	22,508	-0,021	-5	-4
3	1	2	FGG 3	460947,559	100791,204	367,503				
4	1	2	FGG 2	460938,079	100811,612	367,526	22,502	-0,023	1	-2
5	1	3	FGG 3	460947,560	100791,201	367,505				
6	1	3	FGG 2	460938,079	100811,606	367,531	22,500	-0,026	3	1
7	1	4	FGG 3	460947,556	100791,198	367,508				
8	1	4	FGG 2	460938,082	100811,617	367,526	22,510	-0,018	-7	-7
9	1	5	FGG 3	460947,558	100791,206	367,511				
10	1	5	FGG 2	460938,080	100811,617	367,529	22,504	-0,018	-1	-7
11	2	1	FGG 3	460947,556	100791,201	367,508				
12	2	1	FGG 2	460938,080	100811,617	367,525	22,508	-0,017	-5	-8
13	2	2	FGG 3	460947,560	100791,201	367,504				
14	2	2	FGG 2	460938,082	100811,616	367,530	22,508	-0,026	-5	1
15	2	3	FGG 3	460947,558	100791,201	367,509				
16	2	3	FGG 2	460938,075	100811,616	367,527	22,510	-0,018	-7	-7
17	2	4	FGG 3	460947,556	100791,205	367,505				
18	2	4	FGG 2	460938,081	100811,614	367,532	22,501	-0,027	2	2
19	2	5	FGG 3	460947,557	100791,201	367,510				
20	2	5	FGG 2	460938,077	100811,615	367,532	22,508	-0,022	-5	-3
21	3	1	FGG 3	460947,560	100791,203	367,498				
22	3	1	FGG 2	460938,086	100811,616	367,528	22,504	-0,030	-1	5
23	3	2	FGG 3	460947,566	100791,214	367,494				
24	3	2	FGG 2	460938,086	100811,615	367,524	22,496	-0,030	7	5
25	3	3	FGG 3	460947,567	100791,218	367,480				
26	3	3	FGG 2	460938,087	100811,636	367,504	22,511	-0,024	-8	-1
27	3	4	FGG 3	460947,567	100791,219	367,495				
28	3	4	FGG 2	460938,085	100811,619	367,516	22,496	-0,021	7	-4
29	3	5	FGG 3	460947,567	100791,211	367,488				
30	3	5	FGG 2	460938,084	100811,612	367,528	22,497	-0,040	6	15
<b>prave vrednosti</b>							<b>22,503</b>	<b>-0,025</b>		
<b>meje odstopanj [mm]</b>								<b>±</b>	<b>35</b>	<b>71</b>

Preglednica 3.18: Izračun  $s_{ISO\ en}$  iz položajev v D96/TM in  $s_{ISO\ h}$  iz elipsoidnih višin

Zap. št.	Serija	Niz	Točka	3D položaj			Odstopanje od povprečja		
				[m]			[mm]		
	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>	<i>e</i>	<i>n</i>	<i>h</i>	$r_x$	$r_y$	$r_h$
1	1	1	FGG 3	460947,561	100791,203	367,508	3	0	-6
2	1	1	FGG 2	460938,082	100811,618	367,529	-2	0	-3
3	1	2	FGG 3	460947,559	100791,204	367,503	2	2	-1
4	1	2	FGG 2	460938,079	100811,612	367,526	4	3	0
5	1	3	FGG 3	460947,560	100791,201	367,505	5	1	-3
6	1	3	FGG 2	460938,079	100811,606	367,531	10	3	-5
7	1	4	FGG 3	460947,556	100791,198	367,508	8	5	-6
8	1	4	FGG 2	460938,082	100811,617	367,526	-1	0	0
9	1	5	FGG 3	460947,558	100791,206	367,511	0	3	-9
10	1	5	FGG 2	460938,080	100811,617	367,529	-1	2	-3
11	2	1	FGG 3	460947,556	100791,201	367,508	5	5	-6
12	2	1	FGG 2	460938,080	100811,617	367,525	-1	2	1
13	2	2	FGG 3	460947,560	100791,201	367,504	5	1	-2
14	2	2	FGG 2	460938,082	100811,616	367,530	0	0	-4
15	2	3	FGG 3	460947,558	100791,201	367,509	5	3	-7
16	2	3	FGG 2	460938,075	100811,616	367,527	0	7	-1
17	2	4	FGG 3	460947,556	100791,205	367,505	1	5	-3
18	2	4	FGG 2	460938,081	100811,614	367,532	2	1	-6
19	2	5	FGG 3	460947,557	100791,201	367,510	5	4	-8
20	2	5	FGG 2	460938,077	100811,615	367,532	1	5	-6
21	3	1	FGG 3	460947,560	100791,203	367,498	3	1	4
22	3	1	FGG 2	460938,086	100811,616	367,528	0	-4	-2
23	3	2	FGG 3	460947,566	100791,214	367,494	-8	-5	8
24	3	2	FGG 2	460938,086	100811,615	367,524	1	-4	2
25	3	3	FGG 3	460947,567	100791,218	367,480	-12	-6	22
26	3	3	FGG 2	460938,087	100811,636	367,504	-20	-5	22
27	3	4	FGG 3	460947,567	100791,219	367,495	-13	-6	7
28	3	4	FGG 2	460938,085	100811,619	367,516	-3	-3	10
29	3	5	FGG 3	460947,567	100791,211	367,488	-5	-6	14
30	3	5	FGG 2	460938,084	100811,612	367,528	4	-2	-2
povprečje			FGG 3	<b>460947,561</b>	<b>100791,206</b>	<b>367,502</b>			
serij			FGG 2	<b>460938,082</b>	<b>100811,616</b>	<b>367,526</b>			
vsota kvadratov									
odstopanj									
				$s_e$	$s_n$	$s_h$	$s_{ISO\ en} = 7,51\ mm$		
standardni odklon vzorca s				<b>3,85</b>	<b>6,45</b>	<b>8,15</b>	$s_{ISO\ h} = 8,15\ mm$		

V preglednici 3.17 smo primerjali dolžine in višinske razlike opazovanih točk z referenčnimi dolžinami in višinskimi razlikami.

Vse meritve se nahajajo znotraj dovoljenih odstopanj od referenčnih vrednosti  $\pm 35$  mm ( $2,5 \times \sqrt{2} \times s_{yx}$ ) v primeru dolžinskih in  $\pm 71$  mm ( $2,5 \times \sqrt{2} \times s_h$ ) v primeru višinskih odstopanj.

V preglednici 3.18 smo izračunali povprečje za vsako od opazovanih točk. Nato smo izračunali odstopanja od povprečja jih kvadrirali in sešteli.

Posamezne standardne odklone smo izračunali po enačbi (7):  $s_e = 3,85$  mm,  $s_n = 6,45$  mm,  $s_h = 8,15$  mm.

Standardne odklone posamičnega položaja oziroma višine po ISO standardu po enačbah (8) in (9):

$$s_{ISO-GNSS\ RTK\ en} = 7,51\ \text{mm},\ s_{ISO-GNSS\ RTK\ h} = 8,15\ \text{mm}.$$

Statistični test A: testiranje ničelne domneve  $H_0: s_{ISO-GNSS\ RTK\ en} \leq \sigma_{en}$  (Preglednica 3.18).

Iz numeričnega rezultata za pogoj (14):  $7,51\ \text{mm} \leq 12,00\ \text{mm}$  lahko s 95% stopnjo zaupanja trdimo, da ničelne domneve  $H_0$  ne moremo zavrniti.

Eksperimentalni standardni odklon  $s_{ISO-GNSS\ RTK\ en}$  položaja v horizontalni ravnini ( $e, n$ ) je manjši ali enak teoretični in predhodno določeni vrednosti  $\sigma_{en}$ .

Statistični test B: testiranje ničelne domneve  $H_0: s_{ISO-GNSS\ RTK\ h} \leq s_h$  (Preglednica 3.18).

Iz numeričnega rezultata za pogoj (19):  $8,15\ \text{mm} \leq 24,00\ \text{mm}$  lahko s 95% stopnjo zaupanja trdimo, da ničelne domneve ne moremo zavrniti.

Eksperimentalni standardni odklon  $s_{ISO-GNSS\ RTK\ h}$  višine ( $h$ ) je prav tako manjši ali enak teoretični in predhodno določeni vrednosti  $\sigma_h$ .

Za naše delovišče zaključimo, da s stopnjo zaupanja 95% (s tveganjem 5%) ne moremo trditi, da so standardni odkloni z RTK-metodo pridobljenih koordinat ( $S_{ISO-GNSS RTK_{en}}$ ,  $S_{ISO-GNSS RTK_h}$ ), večji od vrednosti, ki jih podaja proizvajalec Trimble ( $\sigma_{en}$ ,  $\sigma_h$ ).

Pri meritvah na našem delovišču torej ne moremo zavrniti navedb proizvajalca o natančnosti instrumenta.

### 3.3.2 Preizkus instrumenta Topcon Hyper PRO

S sprejemnikoma **Hiper Pro GNSS »baza«** in **Hiper Pro GNSS »rover«**, smo opravili meritve na treh točkah; FGG 1, FGG 2 in FGG 3. Bazno stojišče je bilo določeno z metodo VRS. Opazovali smo na krajiščih vektorjev različnih dolžin:

**FGG 2 - FGG 3**

**FGG 3 - FGG 4**

**FGG 4 - FGG 2**

Proizvajalec instrumentov Topcon za kinematično metodo izmere navaja natančnosti (Topcon. 2006. A-6 str.):

$$\sigma_{en} = 10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$$

$$\sigma_h = 15 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$$

#### 3.3.2.1 Preizkus instrumenta Topcon »baza«

#### Opazovanja na krajiščih vektorja: FGG 2 - FGG 4

Vse meritve se nahajajo znotraj dovoljenih odstopanj, kot je razvidno iz Preglednice 1 v e-prilogi 7 FGG 2-FGG 4.

Statistični test A: testiranje ničelne domneve  $H_0 : S_{ISO-GNSS RTK_{en}} \leq \sigma_{en}$  (e-priloga 7-FGG 2-FGG 4, Preglednica 2)

Rezultat za pogoj (14)  $S_{ISO-GNSS RTK_{en}} = 6,49 \text{ mm} \leq 12,00 \text{ mm}$  nas vodi do ugotovitve, da s 95% verjetnostjo ne moremo zavrniti ničelne domneve  $H_0$ .

---

Sprejememo standardni odklon, ki ga navaja proizvajalec za položaj.

Statistični test B: testiranje ničelne domneve  $H_0: s_{ISO-GNSS RTK_h} \leq \sigma_h$  (e-priloga 7-FGG 2-FGG 4, Preglednica 2)

Rezultat za pogoj (19)  $s_{ISO-GNSS RTK_h} = 9,43 \text{ mm} \leq 18,00 \text{ mm}$  nas vodi do ugotovitve, da s 95% verjetnostjo ne moremo zavrniti ničelne domneve  $H_0$ .

Standardnega odklona za višinsko razliko, ki jo navaja proizvajalec torej ne moremo zavrniti.

Za naše delovišče zaključimo, da s stopnjo zaupanja 95% (s tveganjem 5%) ne moremo trditi, da so standardni odkloni z RTK-metodo pridobljenih koordinat ( $s_{ISO-GNSS RTK_{en}}$ ,  $s_{ISO-GNSS RTK_h}$ ), večji od vrednosti, ki jih podaja proizvajalec Topcon ( $\sigma_{en}$ ,  $\sigma_h$ ).

Navedb proizvajalca o standardnih odklonih instrumenta za položaj in višino ne moremo zavrniti.

### **Opazovanja na krajiščih vektorja: FGG 3 - FGG 2**

Vse meritve se nahajajo znotraj dovoljenih odstopanj, kot je razvidno iz Preglednice 1 v e-prilogi 8-FGG 3-FGG 2.

Statistični test A: testiranje ničelne domneve  $H_0: s_{ISO-GNSS RTK_{en}} \leq \sigma_{en}$  (e-priloga 8-FGG 3-FGG 2, Preglednica 2)

Rezultat za pogoj (14)  $s_{ISO-GNSS RTK_{en}} = 9,21 \text{ mm} \leq 12,00 \text{ mm}$  nas vodi do ugotovitve, da s 95% verjetnostjo ne moremo zavrniti ničelne domneve  $H_0$ .

Standardnega odklona, ki ga navaja proizvajalec za horizontalni položaj ne moremo zavrniti.

Statistični test B: testiranje ničelne domneve  $H_0: s_{ISO-GNSS RTK_h} \leq \sigma_h$  (e-priloga 8-FGG 3-FGG 2, Preglednica 2)

Rezultat za pogoj (19)  $s_{ISO-GNSS RTK_h} = 17,30 \text{ mm} \leq 18,00 \text{ mm}$  nas vodi do ugotovitve, da s 95% verjetnostjo ne moremo zavrniti ničelne domneve  $H_0$ .

Standarnemu odklonu podanemu od proizvajalca za višino lahko zaupamo.

Za naše delovišče zaključimo, da s stopnjo zaupanja 95% (s tveganjem 5%) ne moremo trditi, da so standardni odkloni z RTK-metodo pridobljenih koordinat ( $s_{ISO-GNSS RTK_{en}}$ ,  $s_{ISO-GNSS RTK_h}$ ), večji od vrednosti, ki jih podaja proizvajalec Topcon ( $\sigma_{en}$ ,  $\sigma_h$ ).

Navedb proizvajalca o standarnih odklonih za položaj in višino ne moremo zavriniti.

### **Opazovanja na krajiščih vektorja: FGG 3 - FGG 4**

Vse meritve se nahajajo znotraj dovoljenih odstopanj, kot je razvidno iz Preglednice 1 v eprilogi 9-FGG 3-FGG 4.

Statistični test A: testiranje ničelne domneve  $H_0 : s_{ISO-GNSS RTK_{en}} \leq \sigma_{en}$  (e-priloga 9-FGG 3-FGG 4, Preglednica 2)

Rezultat za pogoj (14):  $s_{ISO-GNSS RTK_{en}} = 7,77 \text{ mm} \leq 12,00 \text{ mm}$  nas vodi do ugotovitve, da s 95% verjetnostjo ne moremo zavriniti ničelne domneve  $H_0$ .

Standardnega odklona horizontalnega položaja s strani proizvajalca ne moremo zavriniti.

Statistični test B: testiranje ničelne domneve  $H_0 : s_{ISO-GNSS RTK_h} \leq \sigma_h$  (e-priloga 9-FGG 3-FGG 4, Preglednica 2)

Rezultat za pogoj (19):  $s_{ISO-GNSS RTK_h} = 12,14 \text{ mm} \leq 18,00 \text{ mm}$  nas vodi do ugotovitve, da s 95% verjetnostjo ne moremo zavriniti ničelne domneve  $H_0$ .

Navedba proizvajalca o standarnem odklonu za višino ne moremo zavriniti.

Za naše delovišče zaključimo, da s stopnjo zaupanja 95% (s tveganjem 5%) ne moremo trditi, da so standardni odkloni z RTK-metodo pridobljenih koordinat ( $s_{ISO-GNSS RTK_{en}}$ ,  $s_{ISO-GNSS RTK_h}$ ), večji od vrednosti, ki jih podaja proizvajalec Topcon ( $\sigma_{en}$ ,  $\sigma_h$ ).

Navedb proizvajalca, o standarnih odklonih položaja in višine ne moremo zavriniti.



---

### *3.3.2.1 Preizkus instrumenta Topcon »rover«*

S sprejemnikom **Hiper Pro GNSS**, imenovanim »rover«, smo meritve opravljali 3 dni zapored. Vsak dan smo opravili tri serije meritev. Naslednja serija se je začela takoj, ko je bila opravljena meritev na eni točki. Povedano drugače: če se je prva serija začela ob 8:00, se je druga začela recimo ob 8:01 in tretja ob 8:02. Tako smo eno točko opazovali trikrat, nato pa smo se premaknili na naslednjo. Namen trikratnega opazovanje je bil preučiti morebitno odstopanje med meritvami ob zelo majhnem časovnem zamiku.

Zaradi obsežnosti so rezultati prikazani v preglednicah 3.19, 3.20, 3.21. V preglednicah je podana ugotovitev iz Preglednic 1 znotraj elektronskih prilog od 10-točka1-točka2 do 37-točka1-točka2.

V nadaljevanju sta v preglednicah prikazana statistična testa A in B ISO standarda 17123-8 , kjer ugotavljamo skladnosti horizontalnih in višinskih standardnih odklonov s podanimi od proizvajalca. Testi so izračunani v Preglednicah 2 v elektronskih prilogah od 10-točka1-točka2 do 37-točka1-točka2.

Preglednica 3.19: Preizkusi instrumenta Topcon »rover« opravljene prvi dan

Serijska	Vektor	Meritve znotraj dovoljenih odstopanj	$s_{ISO\ en}$	$\leq$	$\sigma_{en}$	Statistični test A Komentar $H_0$ ob stopnji zaupanja $(1-\alpha)=95\%$	$s_{ISO\ h}$	$\leq$	$\sigma_h$	Statistični test B Komentar $H_0$ ob stopnji zaupanja $(1-\alpha)=95\%$	Skladnost deklariranih in merjenih natančnost ob stopnji zaupanja 95 %
1	FGG 2 - FGG 4	da	3,23	$\leq$	12	$H_0$ ne moremo zavrniti	9,88	$\leq$	18	$H_0$ ne moremo zavrniti	Skladno
1	FGG 3 - FGG 2	da	3,95	$\leq$	12	$H_0$ ne moremo zavrniti	9,24	$\leq$	18	$H_0$ ne moremo zavrniti	Skladno
1	FGG 3 - FGG 4	da	3,99	$\leq$	12	$H_0$ ne moremo zavrniti	7,01	$\leq$	18	$H_0$ ne moremo zavrniti	Skladno
2	FGG 2 - FGG 4	da	3,9	$\leq$	12	$H_0$ ne moremo zavrniti	10,37	$\leq$	18	$H_0$ ne moremo zavrniti	Skladno
2	FGG 3 - FGG 2	da	6,11	$\leq$	12	$H_0$ ne moremo zavrniti	6,04	$\leq$	18	$H_0$ ne moremo zavrniti	Skladno
2	FGG 3 - FGG 4	da	4,46	$\leq$	12	$H_0$ ne moremo zavrniti	6,92	$\leq$	18	$H_0$ ne moremo zavrniti	Skladno
3	FGG 2 - FGG 4	da	3,39	$\leq$	12	$H_0$ ne moremo zavrniti	8,77	$\leq$	18	$H_0$ ne moremo zavrniti	Skladno
3	FGG 3 - FGG 2	da	7,52	$\leq$	12	$H_0$ ne moremo zavrniti	9,49	$\leq$	18	$H_0$ ne moremo zavrniti	Skladno
3	FGG 3 - FGG 4	da	5,14	$\leq$	12	$H_0$ ne moremo zavrniti	7,24	$\leq$	18	$H_0$ ne moremo zavrniti	Skladno

Preglednica 3.20: Preizkusi instrumenta Topcon »rover« opravljene drugi dan

Serijska	Vektor	Meritve znotraj dovoljenih odstopanj	$s_{ISO\ en}$	$\leq$	$\sigma_{en}$	Statistični test A Komentar $H_0$ ob stopnji zaupanja $(1-\alpha)=95\%$	$s_{ISO\ h}$	$\leq$	$\sigma_h$	Statistični test B Komentar $H_0$ ob stopnji zaupanja $(1-\alpha)=95\%$	Skladnost deklariranih in merjenih natančnost ob stopnji zaupanja 95 %
1	FGG 2 - FGG 4	da	5,01	$\leq$	12	$H_0$ ne moremo zavrniti	6,79	$\leq$	18	$H_0$ ne moremo zavrniti	Skladno
1	FGG 3 - FGG 2	da	4,66	$\leq$	12	$H_0$ ne moremo zavrniti	9,9	$\leq$	18	$H_0$ ne moremo zavrniti	Skladno
1	FGG 3 - FGG 4	da	5,04	$\leq$	12	$H_0$ ne moremo zavrniti	7,31	$\leq$	18	$H_0$ ne moremo zavrniti	Skladno
2	FGG 2 - FGG 4	da	4,79	$\leq$	12	$H_0$ ne moremo zavrniti	5,13	$\leq$	18	$H_0$ ne moremo zavrniti	Skladno
2	FGG 3 - FGG 2	da	6,09	$\leq$	12	$H_0$ ne moremo zavrniti	5,43	$\leq$	18	$H_0$ ne moremo zavrniti	Skladno
2	FGG 3 - FGG 4	da	5,03	$\leq$	12	$H_0$ ne moremo zavrniti	6,3	$\leq$	18	$H_0$ ne moremo zavrniti	Skladno
3	FGG 2 - FGG 4	da	5,07	$\leq$	12	$H_0$ ne moremo zavrniti	4,92	$\leq$	18	$H_0$ ne moremo zavrniti	Skladno
3	FGG 3 - FGG 2	da	5,96	$\leq$	12	$H_0$ ne moremo zavrniti	10,19	$\leq$	18	$H_0$ ne moremo zavrniti	Skladno
3	FGG 3 - FGG 4	da	5,41	$\leq$	12	$H_0$ ne moremo zavrniti	6,09	$\leq$	18	$H_0$ ne moremo zavrniti	Skladno

Preglednica 3.21: Preizkusi instrumenta Topcon »rover« opravljene tretji dan

Serijska	Vektor	Meritve znotraj dovoljenih odstopanj	$S_{ISO\ en}$	$\leq$	$\sigma_{en}$	Statistični test A Komentar $H_0$ ob stopnji zaupanja $(1-\alpha)=95\%$	$S_{ISO\ h}$	$\leq$	$\sigma_h$	Statistični test B Komentar $H_0$ ob stopnji zaupanja $(1-\alpha)=95\%$	Skladnost deklariranih in merjenih natančnost ob stopnji zaupanja 95 %
1	FGG 2 - FGG 4	da	6,97	$\leq$	12	$H_0$ ne moremo zavrniti	10,98	$\leq$	18	$H_0$ ne moremo zavrniti	Skladno
1	FGG 3 - FGG 2	da	5,11	$\leq$	12	$H_0$ ne moremo zavrniti	8,97	$\leq$	18	$H_0$ ne moremo zavrniti	Skladno
1	FGG 3 - FGG 4	da	5,59	$\leq$	12	$H_0$ ne moremo zavrniti	11,54	$\leq$	18	$H_0$ ne moremo zavrniti	Skladno
2	FGG 2 - FGG 4	da	5,19	$\leq$	12	$H_0$ ne moremo zavrniti	12,29	$\leq$	18	$H_0$ ne moremo zavrniti	Skladno
2	FGG 3 - FGG 2	da	6,13	$\leq$	12	$H_0$ ne moremo zavrniti	6,58	$\leq$	18	$H_0$ ne moremo zavrniti	Skladno
2	FGG 3 - FGG 4	da	5,25	$\leq$	12	$H_0$ ne moremo zavrniti	11,67	$\leq$	18	$H_0$ ne moremo zavrniti	Skladno
3	FGG 2 - FGG 4	da	5,04	$\leq$	12	$H_0$ ne moremo zavrniti	12,26	$\leq$	18	$H_0$ ne moremo zavrniti	Skladno
3	FGG 3 - FGG 2	da	5,52	$\leq$	12	$H_0$ ne moremo zavrniti	10,46	$\leq$	18	$H_0$ ne moremo zavrniti	Skladno
3	FGG 3 - FGG 4	da	5,54	$\leq$	12	$H_0$ ne moremo zavrniti	11,35	$\leq$	18	$H_0$ ne moremo zavrniti	Skladno

Za naše delovišče zaključimo, da s stopnjo zaupanja 95% (s tveganjem 5%) ne moremo trditi, da so standardni odkloni z RTK-metodo pridobljenih koordinat ( $S_{ISO-GNSS\ RTK\ en}$ ,  $S_{ISO-GNSS\ RTK\ h}$ ), večji od vrednosti, ki jih podaja proizvajalec Topcon ( $\sigma_{en}$ ,  $\sigma_h$ ).

Navedb proizvajalca o standardnih odklonih za položaj in višino ne moremo zavrniti.

### 3.3.3 Preizkus instrumenta Leica Viva

S sprejemnikom **Leica Viva GNSS** smo opravili meritve na štirih točkah: FGG 1, FGG 2, FGG 3 in TLA 6. V izmero smo vključili točko TLA 6, da bi se približali priporočenim dolžinam vektorjev, ki so navedene v ISO 17123-8. Bazno stojišče je bilo določeno z metodo VRS.

Opazovali smo na krajiščih vektorjev različnih dolžin:

**FGG 2 - FGG 3**

**FGG 2 - TLA 6**

**FGG 3 - FGG 4**

**FGG 3 - TLA 6**

**FGG 4 - FGG 2**

**FGG 3 - TLA 6**

Proizvajalec instrumentov Leica za kinematično metodo zagotavlja meritve naslednje natančnosti (Leica. 2009. 2 str.):

$$\sigma_{en} = 10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$$

$$\sigma_h = 20 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$$

Zaradi obsežnosti so rezultati prikazani v Preglednici 3.22. V preglednici je podana ugotovitev iz Preglednice 1 znotraj elektronskih prilog od 1-točka1-točka2 do 6-točka1-točka2. V nadaljevanju sta v preglednicah prikazana statistična testa A in B ISO-standarda 17123-8, kjer ugotavljamo skladnosti horizontalnih in višinskih standardnih odklonov s podanimi od proizvajalca. Testi so izračunani v Preglednici 2 v elektronskih prilogah od 1-točka1-točka2 do 6-točka1-točka2.

Preglednica 3.22: Preizkusi inštrumenta Leica Viva

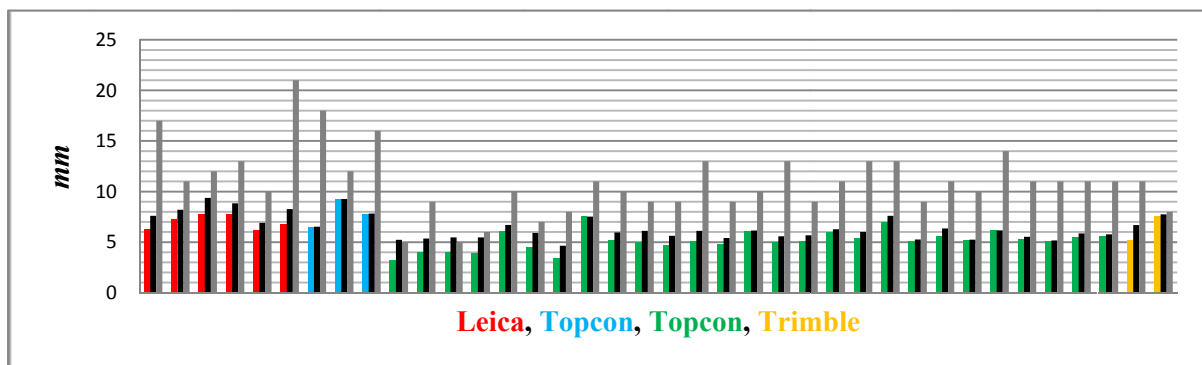
Vektor	Meritve znotraj dovoljenih odstopanj	$S_{ISO\ en}$	$\leq$	$\sigma_{en}$	Statistični test A Komentar $H_0$ ob stopnji zaupanja $(1-\alpha)=95\%$	$S_{ISO\ h}$	$\leq$	$\sigma_h$	Statistični test B Komentar $H_0$ ob stopnji zaupanja $(1-\alpha)=95\%$	Skladnost deklariranih in merjenih natančnost ob stopnji zaupanja 95 %
<b>FGG 2 – FGG 4</b>	da	6,22	$\leq$	12	$H_0$ ne moremo zavrniti	8,32	$\leq$	24	$H_0$ ne moremo zavrniti	Skladno
<b>FGG 3 – FGG 2</b>	da	7,23	$\leq$	12	$H_0$ ne moremo zavrniti	10,28	$\leq$	24	$H_0$ ne moremo zavrniti	Skladno
<b>FGG 3 – FGG 4</b>	da	7,79	$\leq$	12	$H_0$ ne moremo zavrniti	9,32	$\leq$	24	$H_0$ ne moremo zavrniti	Skladno
<b>FGG 3 – FGG 6</b>	da	7,74	$\leq$	12	$H_0$ ne moremo zavrniti	9,06	$\leq$	24	$H_0$ ne moremo zavrniti	Skladno
<b>FGG 6 – FGG 2</b>	da	6,16	$\leq$	12	$H_0$ ne moremo zavrniti	8,03	$\leq$	24	$H_0$ ne moremo zavrniti	Skladno
<b>FGG 6 – FGG 4</b>	da	6,8	$\leq$	12	$H_0$ ne moremo zavrniti	6,76	$\leq$	24	$H_0$ ne moremo zavrniti	Skladno

Za naše delovišče zaključimo, da s stopnjo zaupanja 95% (s tveganjem 5%) ne moremo trditi, da so standardni odkloni z RTK-metodo pridobljenih koordinat ( $S_{ISO-GNSS\ RTK\ en}$ ,  $S_{ISO-GNSS\ RTK\ h}$ ), večji od vrednosti, ki jih podaja proizvajalec Leica ( $\sigma_{en}$ ,  $\sigma_h$ ).

Standardne odklone položaja in višina, navedenih od proizvajalca ne moremo zavrniti.

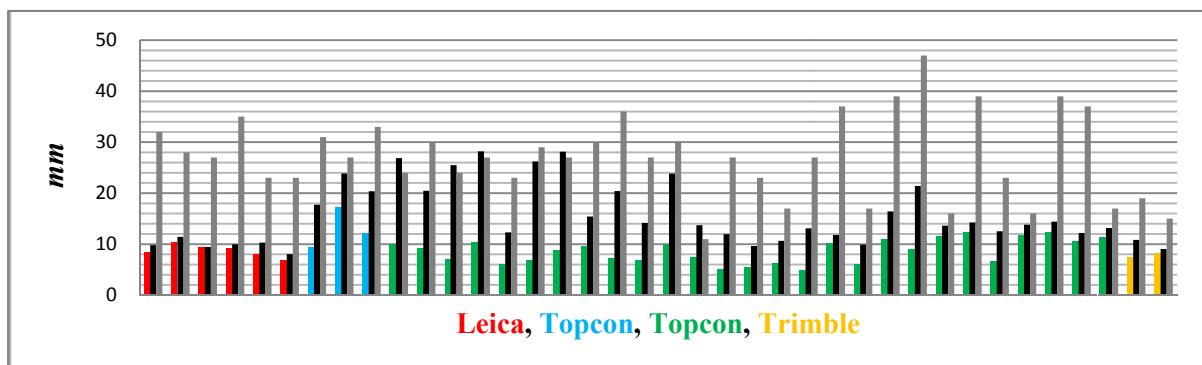
### 3.4 Analiza rezultatov (izidov) statističnih testov A in B

Na grafikonih 3.1 in 3.2 prikazujemo standardne odklone, pridobljene s pomočjo izračunov po ISO-standardu, in jih ločili po barvah glede na instrument. Desno ob njem lahko opazujemo standardne odklone, pridobljene s pomočjo referenčne vrednosti, ki ji sledijo še največja odstopanja znotraj posameznega testa. V grafikonu 3.1 so prikazani rezultati pridobljeni za horizontalni položaj, v grafikonu 3.2 pa za višino.



Grafikon 3.1: Pregled testiranih vrednosti v statističnem testu A, kjer se sprašujemo ali je

$$s_{ISO-GNSS RTK_{en}} < 12 \text{ mm} \text{ prej brez rezultatov – popravljeno v vseh spodaj}$$



Grafikon 3.2: Pregled testiranih vrednosti v statističnem testu B, kjer se sprašujemo ali je

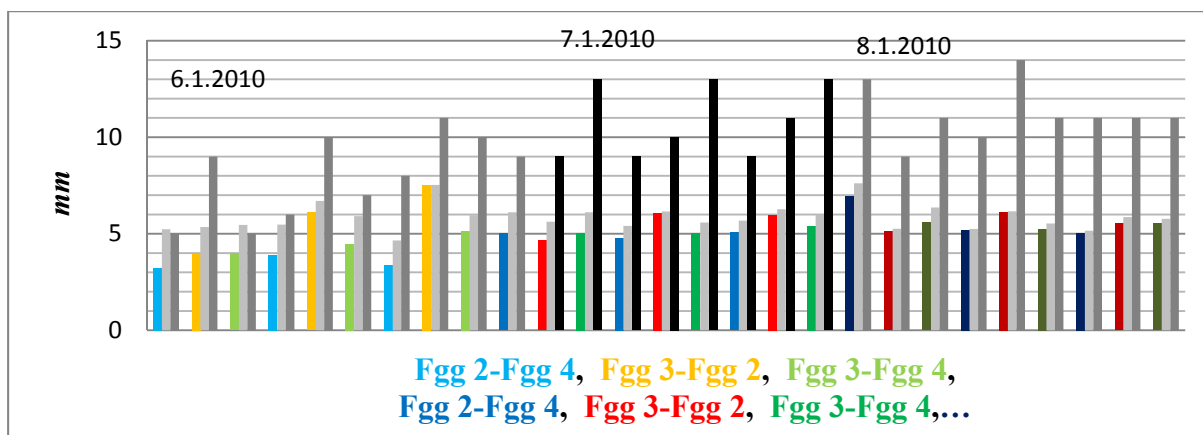
$$s_{ISO-GNSS RTK_h} < 24 \text{ mm, oziroma } s_{ISO-GNSS RTK_h} < 18 \text{ mm v primeru Topconovih instrumentov}$$

Glede na statistične teste A in B po ISO-standardu lahko rečemo, da na našem delovišču lahko pričakujemo rezultate, ki niso slabši od tistih, ki jih podaja posamezni proizvajalec – ne glede na tip sprejemnika ali metode izbire baznega stojišča (VRS, permanentna postaja GSR1).

V primeru standardnih odklonov, pridobljenih s primerjavo z referenčno vrednostjo, pa lahko rečemo, da so rezultati skladni z navedbami proizvajalcev, razen v primeru višinskih standardnih odklonov instrumentov proizvajalca Topcon, ki so deklarirani, glede na izide testiranja na našem delovišču, preveč optimistično.

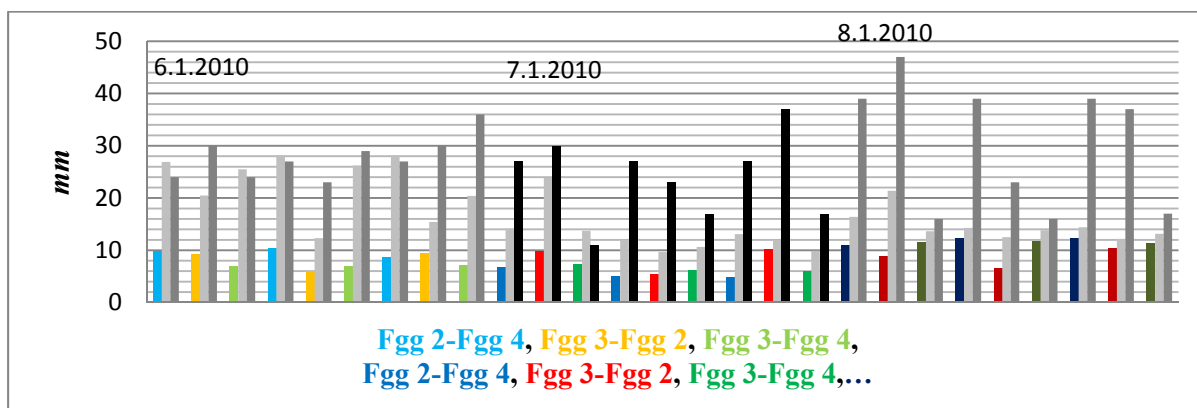
### 3.4.1 Ponovljivost pri malem časovnem zamiku

Na grafikonih 3.3 in 3.4 smo prikazali 3 serije standardnih odklonov, pridobljene s pomočjo izračunov po ISO-standardu za tri zaporedne dneve 6., 7. in 8.1.2010. Vsak dan smo opravili 3 serije meritev. Točke so bile določene zaporedoma z minimalnim časovnim zamikom, potrebnim za ponovno inicializacijo. Znotraj prve serije so s tremi barvami ločeni statistični testi za posamezni vektor. Desno ob njem(sivo) navajamo standardne odklone, pridobljene s pomočjo referenčne vrednosti, ki ji sledijo še največja odstopanja v okviru posameznega testa. Sledijo z različnimi barvami prikazani rezultati drugega in tretjega dne. V grafikonu 3.3 so prikazani rezultati pridobljeni za horizontalni položaj, v grafikonu 3.4 pa za višino.



Grafikon 3.3: Pregled testiranih vrednosti v statističnem testu A, kjer se sprašujemo, ali je

$$s_{ISO-GNSS RTK_{en}} < 12 \text{ mm v primeru ponovljivosti pri malem časovnem zamiku}$$



Grafikon 3.4: Pregled testiranih vrednosti v statističnem testu B, kjer se sprašujemo, ali je  $s_{ISO-GNSS RTK_h} < 24$  mm, oziroma  $s_{ISO-GNSS RTK_h} < 18$  mm v primeru Topconovih instrumentov, v primeru ponovljivosti pri malem časovnem zamiku

Če se za začetek osredotočimo na vektorje, opazovane prvi dan (svetlo modra, rumena, svetlo zelena), lahko opazimo določene trende večanja in manjšanja standardnih odklonov. Sklepali bi lahko, da gre za ciklično nihanje, na katerega imajo največji vpliv prav vrednosti, pridobljene na posameznih točkah. Za točke, ki so krajišča vektorjev, tako lahko rečemo, da so ob približno istem času podvržene različnim vplivom, ki najverjetneje izhajajo iz okolja (večpotje), saj se tokom prestavitve iz ene merske točke na drugo geometrijska razporeditev satelitov spreminja minimalno. Podobne ugotovitve lahko podamo tudi za ostale dneve.

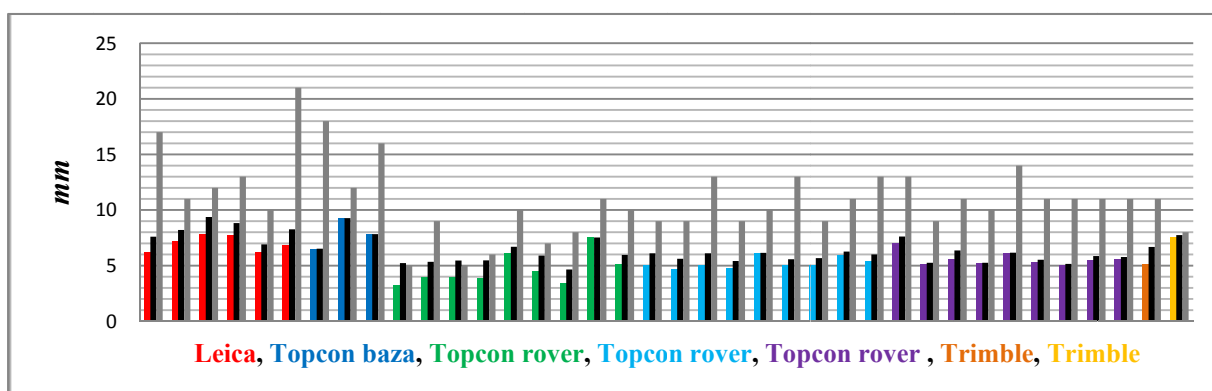
Če primerjamo standardne odklone za preizkuse po ISO-standardu in tiste, ki smo jih pridobili s pomočjo statične GPS-izmere in smo jih privzeli kot referenčne, lahko opazimo manjša odstopanja.

Če lahko rečemo, da sta ta dva trenda podobna, pa pojavljanje ekstremov v popolnosti ne sledi drugima dvema trendoma.

Na podlagi diagramov lahko sklepamo, da so opazovanja na našem delovišču obremenjena s hitro spreminjajočimi se vplivi, ki že ob manjšem časovnem intervalu vplivajo na spreminjanje standardnih odklonov, ki se gibljejo od  $\sigma = 4$  mm do  $\sigma = 7$  mm po horizontalni in  $\sigma = 5$  mm  $\sigma = 12$  mm po vertikalni komponenti.

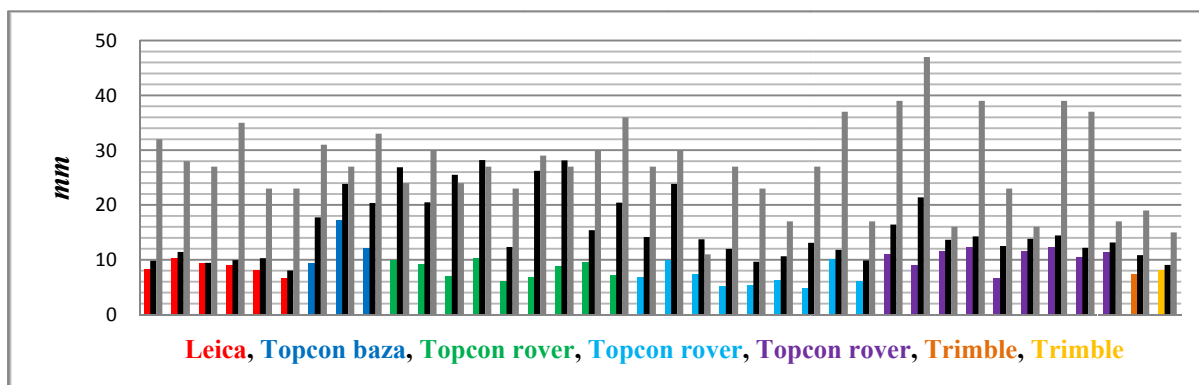
### 3.4.2 Preizkusi, opravljeni v različnih dneh

Pri preizkusih opravljenih v različnih dnevih smo na grafikonih 3.5 in 3.6 prikazali standardne odklone pridobljene po ISO standardu za 7 različnih dni. Z različnimi barvami smo ločili standardne odklone, pridobljene s pomočjo izračunov po ISO-standardu za posamezne dneve. Desno ob barvnem stolpiču lahko opazujemo standardne odklone, pridobljene s pomočjo referenčne vrednosti, ki ji sledijo še največja odstopanja, znotraj posameznega testa. V grafikonu 3.5 so prikazani rezultati pridobljeni za horizontalni položaj, v grafikonu 3.6. pa za višino.



Grafikon 3.5: Pregled testiranih vrednosti v statističnem testu A, kjer se sprašujemo ali je

$$s_{ISO-GNSS RTK_{en}} < 12 \text{ mm v primeru dnevnega zamiku}$$



Grafikon 3.6: Pregled testiranih vrednosti v statističnem testu B, kjer se sprašujemo ali je

$$s_{ISO-GNSS RTK_h} < 24 \text{ mm, oziroma } s_{ISO-GNSS RTK_h} < 18 \text{ mm v primeru Topconovih instrumentov, v primeru dnevnega zamiku}$$

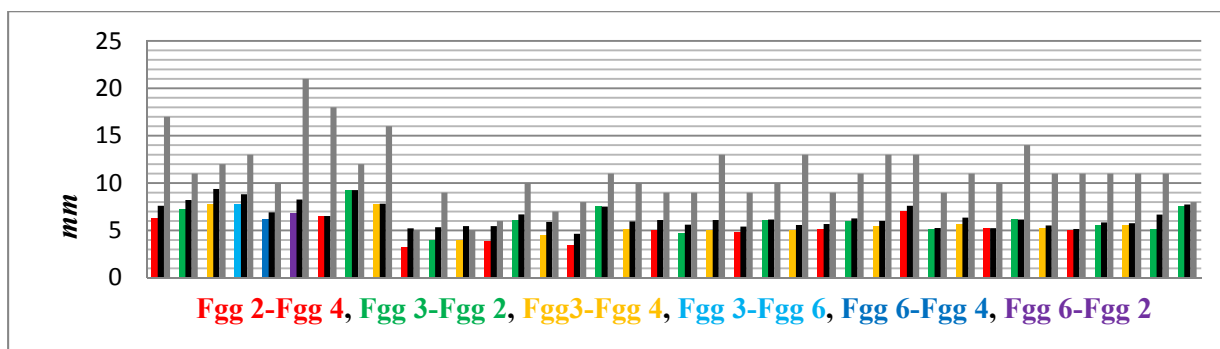
Če najprej preučimo izide statističnih testov, opravljenih za instrument Topcon »rover«, opazimo določeno spreminjanje velikosti standardnih odklonov glede na dan. Vendar pa, kot



smo že ugotovili pri malem časovnem zamiku, že krajši čas vpliva na spremembe velikosti odstopanj in posledično velikosti, po ISO standardu pridobljenih standardnih odklonov. Opazovanja v daljšem časovnem zamiku kažejo različne toda v resnici male razlike. Da bi o tem lahko rekli kaj več, bi potrebovali veliko večjo količino vzorcev meritev.

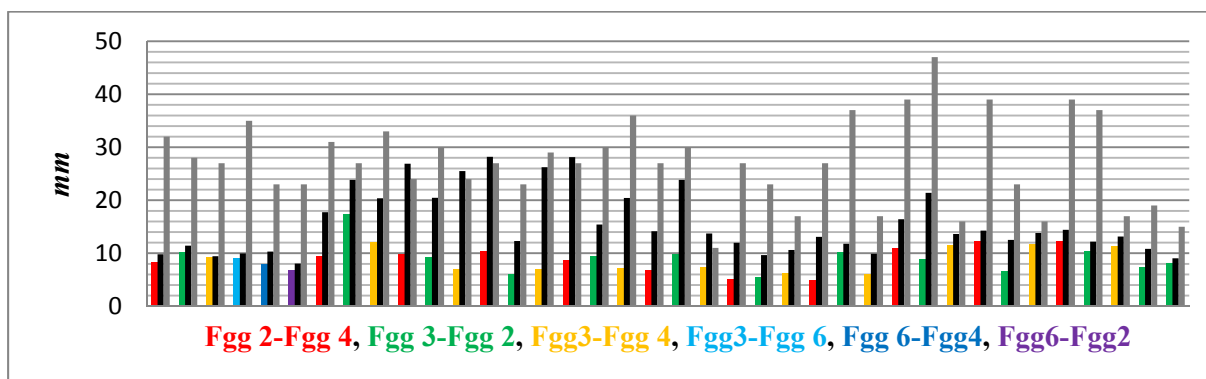
### 3.4.3 Različne dolžine vektorjev

Na grafikonih 3.7 in 3.8 smo prikazali standardne odklone, določene po ISO-standardu 6. različno dolgih vektorjev in jih ločili z barvami. Desno ob barvnem stolpiču lahko opazujemo standardne odklone, pridobljene s pomočjo referenčne vrednosti, ki ji sledijo še največja odstopanja, opažena znotraj posameznega testa. V grafikonu 3.7 so prikazani rezultati pridobljeni za horizontalni položaj, v grafikonu 3.8 pa za višino.



Grafikon 3.7: Pregled testiranih vrednosti v statističnem testu A, kjer se sprašujemo, ali je

$$s_{ISO-GNSS RTK_{en}} < 12 \text{ mm v primeru različnih dolžin vektorjev}$$

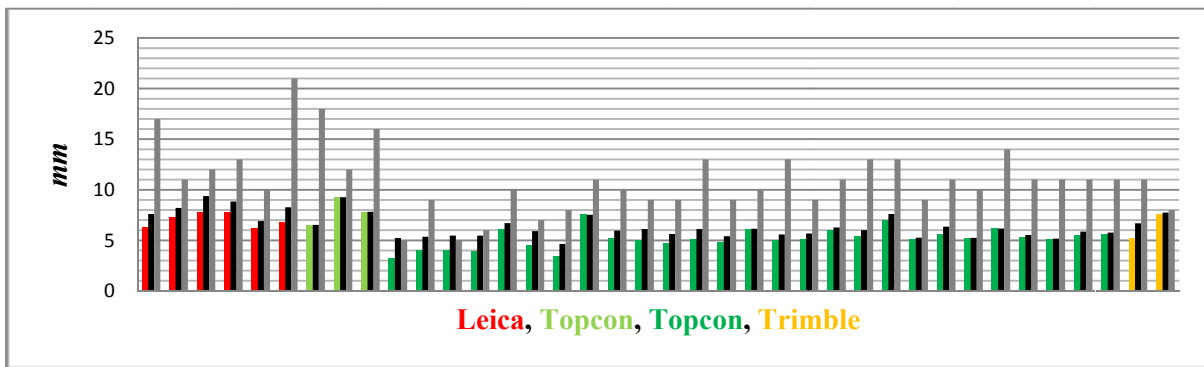


Grafikon 3.8: Pregled testiranih vrednosti v statističnem testu B, kjer se sprašujemo, ali je  $s_{ISO-GNSS RTK_h} < 24$  mm, oziroma  $s_{ISO-GNSS RTK_h} < 18$  mm v primeru Topconovih instrumentov, v primeru različnih dolžin vektorjev

Na prvi pogled bi lahko rekli, da različne dolžine vektorjev vplivajo na natančnost. Toda, kot smo že ugotovili v analizi posameznih točk, je natančnost vektorja predvsem odvisna od dogajanja na posamezni točki. Morda bi lahko pričakovali zelo podobne pogoje na najkrajšem vektorju FGG 3 – FGG 6, toda drugi največji položajni standardni odklon na tem vektorju pridobljen z istim instrumentom, lahko zavrne to domnevo.

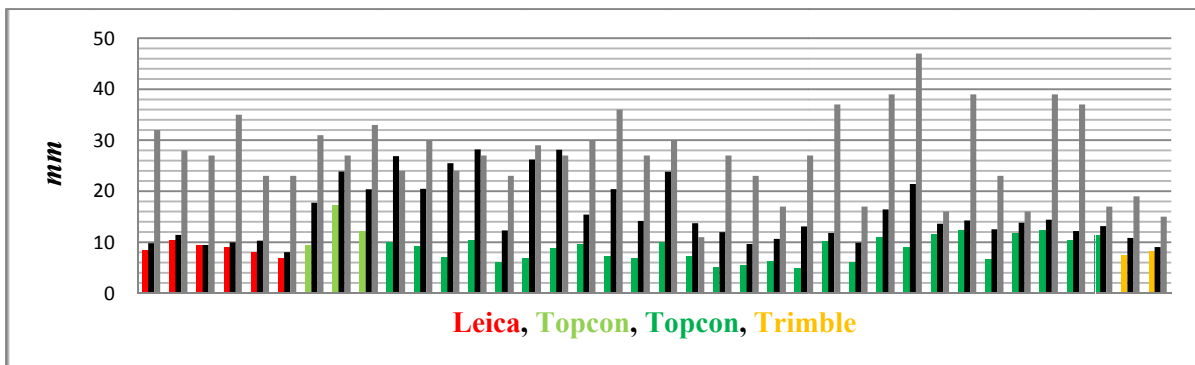
### 3.4.4 Vrednotenje glede na proizvajalca

Na grafikonih 3.9 in 3.10 smo prikazali standardne odklone določene po ISO-standardu treh različnih proizvajalcev in jih ločili z barvami. Desno ob barvnem stolpiču so podani še standardni odkloni, pridobljeni s pomočjo referenčne vrednosti, ki ji sledijo še največja odstopanja, opažena znotraj posameznega testa. V grafikonu 3.9 so prikazani rezultati pridobljeni za horizontalni položaj, v grafikonu 3.10 pa za višino.



Grafikon 3.9: Pregled testiranih vrednosti v statističnem testu A, kjer se sprašujemo, ali je

$$s_{ISO-GNSS RTK_{en}} < 12 \text{ mm v primeru različnih proizvajalcev}$$



Grafikon 3.10: Pregled testiranih vrednosti v statističnem testu B, kjer se sprašujemo, ali je

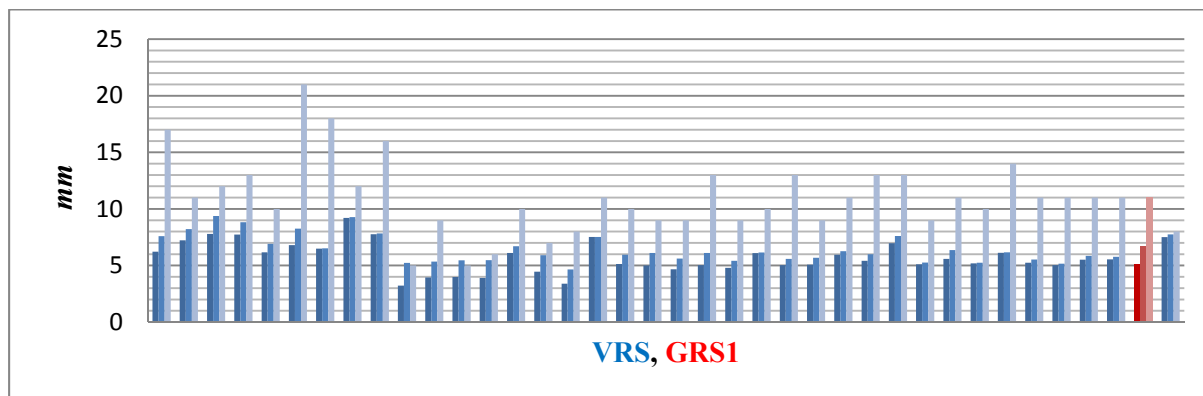
$$s_{ISO-GNSS RTK_h} < 24 \text{ mm, oziroma } s_{ISO-GNSS RTK_h} < 18 \text{ mm v primeru Topconovih instrumentov, v primeru različnih proizvajalcev}$$

Če si ogledamo različne vrednosti standardnih odklonov glede na proizvajalca, bi lahko sklepali na določen vpliv. Če pa se vrnemo na analizo zamikov po dnevih ali na kratek časovni zamik, bi pa lahko zavrnilo vpliv proizvajalca. Na podlagi predhodnih analiz ne bi mogli zavrnilo domneve, da ne bi najmanjši odkloni pripisani enemu proizvajalcu, sčasoma dosegli vrednosti drugih proizvajalcev, še posebej, ker smo zaznali največje razlike prav pri dveh instrumentih istega proizvajalca Topcon.

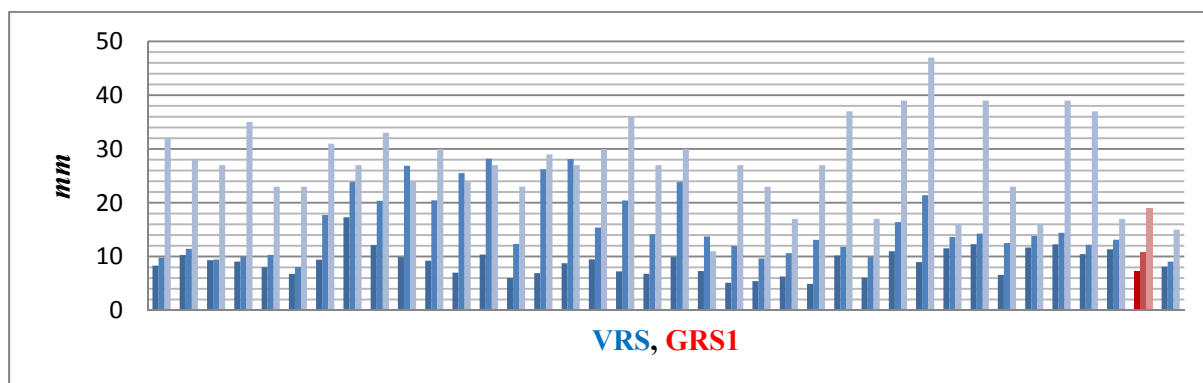
### 3.4.5 Bazno stojišče kot permanentna postaja ali kot VRS

Na grafikonih 3.11 in 3.12 smo prikazali standardne odklone določene po ISO-standardu dveh različnih metod in jih ločili z barvami. Desno ob najtemnejšem stolpiču so podani standardni

odkloni, pridobljeni s pomočjo referenčne vrednosti, ki ji skrajno desno, v trostolpični skupini, sledijo še največja odstopanja, opažena znotraj posameznega testa. V grafikonu 3.11 so prikazani rezultati pridobljeni za horizontalni položaj, v grafikonu 3.12 pa za višino.



Grafikon 3.11: Pregled testiranih vrednosti v statističnem testu A, kjer se sprašujemo, ali je  $S_{ISO-GNSS RTK_{en}} < 12$  mm v primeru različnih metod



Grafikon 3.12: Pregled testiranih vrednosti v statističnem testu B, kjer se sprašujemo, ali je  $S_{ISO-GNSS RTK_h} < 24$  mm, oziroma  $S_{ISO-GNSS RTK_h} < 18$  mm v primeru Topconovih instrumentov, v primeru različnih metod

Za resnično primerjavo dveh metod, bazno stojišče kot permanentna postaja ali VRS, imamo premalo vzorcev, toda meritev, opravljena z metodo priklepa na samo eno permanentno postajo, bistveno ne odstopa od ostalih meritev. Morda najzanimivejša je primerjava VRS-GSR1 na meritvah z istim, Trimblevim instrumentom, prikazana z rdečimi stopšiči in modrimi, ki se nahajajo desno od njih, to je skrajno desno v grafikonih. Na tem primeru lahko opazimo zamik, ki pa spet ne izstopa iz okvirov že ugotovljenih analiz in mu tako ne moremo pripisovati kakšnega posebnega pomena.

### 3.5 Statistični testi C in D

V statističnih testih C in D bomo skušali odgovoriti na naslednji dve vprašanji:

#### 1.) Statistični test C:

Ali izračunana standardna odklona  $S_{ISO-GNSS RTK_{en}}$  in  $\tilde{S}_{ISO-GNSS RTK_{en}}$  posamičnega položaja, določena iz dveh različnih vzorcev opazovanj, pripadata isti populaciji? Pri tem sklepamo, da imata vzorca isto število prostostnih stopenj  $\nu_e + \nu_n$  in  $\tilde{\nu}_n + \tilde{\nu}_n$ , ki ustrezajo prostostnim stopnjam v  $S_{ISO-GNSS RTK_{en}}$  oziroma  $\tilde{S}_{ISO-GNSS RTK_{en}}$ .

#### 2.) Statistični test D

Ali izračunana standardna odklona  $S_{ISO-GNSS RTK_h}$  in  $\tilde{S}_{ISO-GNSS RTK_h}$  posamične višine, določene iz dveh različnih vzorcev opazovanj, pripadata isti populaciji? Pri tem sklepamo, da imata vzorca isto število prostostnih stopenj  $\nu_h$  in  $\tilde{\nu}_h$ , ki ustrezajo prostostnim stopnjam v  $S_{ISO-GNSS RTK_h}$  oziroma  $\tilde{S}_{ISO-GNSS RTK_h}$ .

Eksperimentalni standardni odklon  $s$  in  $\tilde{s}$ , lahko pridobimo iz:

- dveh vzorcev rezultatov meritev, opravljenih z isto opremo
- dveh vzorcev rezultatov meritev, opravljenih z različno opremo

Za sledeče preizkuse je stopnja zaupanja  $1 - \alpha = 0,95$  in prostostni stopnji  $\nu_E + \nu_N = 56$  oziroma  $\nu_h = 28$ .

Preizkuse statističnih testov bomo opravili za vektor FGG 2 – FGG 3, ki se po medsebojni oddaljenosti približuje zahtevam ISO standarda (okoli 20 m). V okviru meritev na krajiščih vektorja FGG 2 – FGG 3 bomo primerjali 13 vzorcev, ki jih bomo preizkusili 78-krat brez ponavljanj. Vključili bomo vzorce, pridobljene z instrumenti Leica, Topcon »baza«, Topcon »rover« in Trimble. Vzorce smo pridobili v 7 dneh in 13 serijah.

#### 3.5.1 Primerjava različnih meritev na vektorju FGG 2 – FGG 3

Iz meritev na krajiščih vektorja FGG 2 – FGG 3 bomo primerjali 13 vzorcev meritev:

- 1 vzorec instrumenta Leica,
- 1 vzorec instrumenta Topcon »baza«,

9 vzorcev instrumenta Topcon »rover« in

2 vzorca instrumenta Trimble.

13 serij pridobljenih v 7 dnevih bomo preizkusili 78 krat, brez ponavljanj.

V celoti smo na vektorju FGG 2 – FGG 3 opravili 78 preizkusov, brez ponavljanj. Ničelno hipotezo smo zavrnili v 32 primerih od 78 v primeru statističnega testa C in v 31 primerih od 78 v primeru statističnega testa D. Rezultati primerjav so prikazani v eprilogi FGG2-FGG3\_statistični testi C in D.

### **3.5.2 Primerjava različnih meritev z instrumentom Topkon »rover«**

Meritve z instrumentom Topcon »rover« smo primerjali 72 krat. Ničelno hipotezo smo zavrnili v 29 primerih od 72 v primeru statističnega testa C in v 28 primerih od 72 v primeru statističnega testa D. Rezultati primerjav so prikazani in razdeljeni glede na posamezne proizvajalcev preglednicah 3.23 – 3.29.

#### ***3.5.2.1 Meritve z instrumentom Topcon »rover«r prvi dan***

Meritve z instrumentom Topcon »rover« smo preizkusili za 3-vzorke, ki smo jih pridobili z meritvami prvi dan. Ničelno hipotezo smo zavrnili v 2 primerih od 3 v primeru statističnega testa C in v 2 primerih od 3 v primeru statističnega testa D. Rezultati primerjav so prikazani v preglednici 3.17. (izračuni -e-priloga FGG2-FGG3\_statistični testi C in D)

Preglednica 3.23: Statistični test C in D, kjer se sprašujemo ali  $s_{ISO-GNSS RTK_{en}}$  in  $\tilde{s}_{ISO-GNSS RTK_{en}}$  ter ali  $s_{ISO-GNSS RTK_h}$  in  $\tilde{s}_{ISO-GNSS RTK_h}$  pripadata isti populaciji. Primerjava 3 vzorcev instrumenta Topcon »rover« prvega dne med seboj.

1. instrument	Serijska	2. instrument	Serijska	$s_{en}$	<	$s_{ISO_{en}}$	<	$s_{en}$	Statistični test C Komentar ob stopnji zaupanja (1- $\alpha$ )= 95%	$s_h$	<	$s_{ISO_h}$	<	$s_h$	Statistični test D Komentar ob stopnji zaupanja (1- $\alpha$ )= 95%
Topcon »rover «	1. serijska 1. dan	Topcon »rover «	2. serijska 1. dan	0,59	<	0,42	<	1,70	<b>H<sub>0</sub> zavrnemo</b>	0,47	<	2,34	<	2,13	<b>H<sub>0</sub> zavrnemo</b>
Topcon »rover «	1. serijska 1. dan	Topcon »rover «	3. serijska 1. dan	0,59	<	0,28	<	1,70	<b>H<sub>0</sub> zavrnemo</b>	0,47	<	0,95	<	2,13	H <sub>0</sub> ne moremo zavrniti
Topcon »rover «	2. serijska 1. dan	Topcon »rover «	3. serijska 1. dan	0,59	<	0,66	<	1,70	H <sub>0</sub> ne moremo zavrniti	0,47	<	0,40	<	2,13	<b>H<sub>0</sub> zavrnemo</b>

### 3.5.2.2 Meritve z instrumentom Topcon »rover« drugi dan

Meritve z instrumentom Topcon »rover« smo preizkusili za 3-vzorke, ki smo jih pridobili z meritvami drugi dan. Ničelno hipotezo smo zavrnili v 1 primeru od 3 v primeru statističnega testa C in 2 primerih od 3 v primeru statističnega testa D. Rezultati primerjav so prikazani v preglednici 3.24. (izračuni -e-priloga FGG2-FGG3\_statistični testi C in D)

Preglednica 3.24: Statistični test C in D, kjer je sprašujemo, ali  $s_{ISO-GNSS RTK_{en}}$  in  $\tilde{s}_{ISO-GNSS RTK_{en}}$  ter ali  $s_{ISO-GNSS RTK_h}$  in  $\tilde{s}_{ISO-GNSS RTK_h}$  pripadata isti populaciji. Primerjava 3 vzorcev instrumenta Topcon »rover« drugega dne.

1. instrument	Serijska	2. instrument	Serijska	$s_{en}$	<	$s_{ISO_{en}}$	<	$s_{en}$	Statistični test C Komentar ob stopnji zaupanja (1- $\alpha$ )= 95%	$s_h$	<	$s_{ISO_h}$	<	$s_h$	Statistični test D Komentar ob stopnji zaupanja (1- $\alpha$ )= 95%
Topcon »rover «	1. serijska 2. dan	Topcon »rover «	2. serijska 2. dan	0,59	<	0,59	<	1,70	<b>H<sub>0</sub> zavrnemo</b>	0,47	<	3,32	<	2,13	<b>H<sub>0</sub> zavrnemo</b>
Topcon »rover «	1. serijska 2. dan	Topcon »rover «	3. serijska 2. dan	0,59	<	0,61	<	1,70	H <sub>0</sub> ne moremo zavrniti	0,47	<	0,94	<	2,13	H <sub>0</sub> ne moremo zavrniti
Topcon »rover «	3. serijska 2. dan	Topcon »rover «	2. serijska 3. dan	0,59	<	0,94	<	1,70	H <sub>0</sub> ne moremo zavrniti	0,47	<	2,4	<	2,13	<b>H<sub>0</sub> zavrnemo</b>

### 3.5.2.3 Meritve z instrumentom Topcon »rover« tretji dan

Meritve z instrumentom Topcon »rover« smo preizkusili za 3-vzorke, ki smo jih pridobili z meritvami tretji dan. Ničelno hipotezo smo zavrnili v 0 primerih od 3 poskusov v primeru statističnega testa C in v 1 primeru od 3 poskusov v primeru statističnega testa D. Rezultati primerjav so prikazani v preglednici 3.25. (izračuni -epriloga FGG2-FGG3\_statistični testi C in D)

Preglednica 3.25: Statistični test C in D, kjer je sprašujemo, ali  $s_{ISO-GNSS RTK_{en}}$  in  $\tilde{s}_{ISO-GNSS RTK_{en}}$  ter ali  $s_{ISO-GNSS RTK_h}$  in  $\tilde{s}_{ISO-GNSS RTK_h}$  pripadata isti populaciji. Preizkus za 3 vzorce meritev z instrumentom Topcon »rover« za tretji dan.

1. instrument	Serija	2. instrument	Serija	$s_{en}$	<	$s_{ISO_{en}}$	>	$s_{en}$	Statistični test C Komentar ob stopnji zaupanja (1- $\alpha$ )=95%	$s_h$	>	$s_{ISO_h}$	<	$s_h$	Statistični test D Komentar ob stopnji zaupanja (1- $\alpha$ )=95%
Topcon »rover«	1. serija 3. dan	Topcon »rover«	2. serija 3. dan	0,59	<	0,70	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrniti	0,47	<	1,86	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrniti
Topcon »rover«	1. serija 3. dan	Topcon »rover«	3. serija 3. dan	0,59	<	0,86	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrniti	0,47	<	0,74	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrniti
Topcon »rover«	2. serija 3. dan	Topcon »rover«	3. serija 3. dan	0,59	<	1,23	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrniti	0,47	<	0,4	<	2,13	$H_0$ zavrnemo

Znotraj analize tridnevni opazovanj, kjer so bile posamezne serije opazovane z minimalnim časovnim zamikom, lahko opazimo, da ničelne hipoteze o pripadnosti isti populaciji ne moremo potrditi v 1 primeru statističnega testa C in v 2 primerih statističnega testa D. Vzroki za to lahko izhajajo iz različne geometrije razporeditve satelitov (ali v različnem številu satelitov). Upoštevati moramo tudi, da se pogoji na točki FGG 2 in FGG 3 razlikujejo.

### 3.5.2.4 Instrument Topcon »rover«: primerjava meritev v treh dneh

Preizkus meritve z instrumentom Topcon »rover« smo opravili 36 krat. Ničelno hipotezo smo, v primeru statističnega testa C, zavrnili v 12 primerih od 36 in v 15 primerih od 36 v primerih statističnega testa D. Rezultati primerjav so prikazani v preglednici 3.26.



Preglednica 3.26: Statistični test C in D, kjer je sprašujemo, ali dva ali več vzorcev pripada isti populaciji. Preizkus za 36 vzorcev meritev z instrumentom Topcon »rover«.

1. instrument	Serijska	2. instrument	Serijska	$s_{en}$	<	$s_{ISO\ en}$	<	$s_{en}$	Statistični test C Komentar ob stopnji zaupanja ( $1-\alpha$ )=95%	$s_h$	<	$s_{ISO\ h}$	<	$s_h$	Statistični test D Komentar ob stopnji zaupanja ( $1-\alpha$ )=95%
Topcon »rover«	1. serija 1. dan	Topcon »rover«	2. serija 1. dan	0,59	<	0,42	<	1,70	$H_0$ zavrnemo	0,47	<	2,34	<	2,13	$H_0$ zavrnemo
Topcon »rover«	1. serija 1. dan	Topcon »rover«	3. serija 1. dan	0,59	<	0,28	<	1,70	$H_0$ zavrnemo	0,47	<	0,95	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrniti
Topcon »rover«	1. serija 1. dan	Topcon »rover«	1. serija 2. dan	0,59	<	0,72	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrniti	0,47	<	0,87	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrniti
Topcon »rover«	1. serija 1. dan	Topcon »rover«	2. serija 2. dan	0,59	<	0,42	<	1,70	$H_0$ zavrnemo	0,47	<	2,9	<	2,13	$H_0$ zavrnemo
Topcon »rover«	1. serija 1. dan	Topcon »rover«	3. serija 2. dan	0,59	<	0,44	<	1,70	$H_0$ zavrnemo	0,47	<	0,82	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrniti
Topcon »rover«	1. serija 1. dan	Topcon »rover«	1. serija 3. dan	0,59	<	0,60	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrniti	0,47	<	1,06	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrniti
Topcon »rover«	1. serija 1. dan	Topcon »rover«	2. serija 3. dan	0,59	<	0,41	<	1,70	$H_0$ zavrnemo	0,47	<	1,97	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrniti
Topcon »rover«	1. serija 1. dan	Topcon »rover«	3. serija 3. dan	0,59	<	0,51	<	1,70	$H_0$ zavrnemo	0,47	<	0,78	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrniti
Topcon »rover«	2. serija 1. dan	Topcon »rover«	3. serija 1. dan	0,59	<	0,66	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrniti	0,47	<	0,4	<	2,13	$H_0$ zavrnemo
Topcon »rover«	2. serija 1. dan	Topcon »rover«	1. serija 2. dan	0,59	<	1,72	<	1,70	$H_0$ zavrnemo	0,47	<	0,37	<	2,13	$H_0$ zavrnemo
Topcon »rover«	2. serija 1. dan	Topcon »rover«	2. serija 2. dan	0,59	<	1,01	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrniti	0,47	<	1,24	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrniti
Topcon »rover«	2. serija 1. dan	Topcon »rover«	3. serija 2. dan	0,59	<	1,05	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrniti	0,47	<	0,35	<	2,13	$H_0$ zavrnemo
Topcon »rover«	2. serija 1. dan	Topcon »rover«	1. serija 3. dan	0,59	<	1,43	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrniti	0,47	<	0,45	<	2,13	$H_0$ zavrnemo
Topcon »rover«	2. serija 1. dan	Topcon »rover«	2. serija 3. dan	0,59	<	0,99	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrniti	0,47	<	0,84	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrniti
Topcon »rover«	2. serija 1. dan	Topcon »rover«	3. serija 3. dan	0,59	<	1,23	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrniti	0,47	<	0,33	<	2,13	$H_0$ zavrnemo

Preglednica se nadaljuje na naslednji strani

1. instrument	Serijska	2. instrument	Serijska	$s_{en}$	<	$s_{ISO\ en}$	>	$s_{en}$	Statistični test C Komentar ob stopnji zaupanja (1- $\alpha$ )= 95%	$s_h$	<	$s_{ISO\ h}$	>	$s_h$	Statistični test D Komentar ob stopnji zaupanja (1- $\alpha$ )= 95%	
Topcon »rover «	3. serija 1. dan	/	Topcon »rover «	1. serija 2. dan	0,59	<	2,60	<	1,70	$H_0$ zavrnememo	0,47	<	0,92	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrnuti
Topcon »rover «	3. serija 1. dan	/	Topcon »rover «	2. serija 2. dan	0,59	<	1,53	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrnuti	0,47	<	3,06	<	2,13	$H_0$ zavrnememo
Topcon »rover «	3. serija 1. dan	/	Topcon »rover «	3. serija 2. dan	0,59	<	1,59	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrnuti	0,47	<	0,87	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrnuti
Topcon »rover «	3. serija 1. dan	/	Topcon »rover «	1. serija 3. dan	0,59	<	2,16	<	1,70	$H_0$ zavrnememo	0,47	<	1,12	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrnuti
Topcon »rover «	3. serija 1. dan	/	Topcon »rover «	2. serija 1. dan	0,59	<	1,50	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrnuti	0,47	<	2,08	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrnuti
Topcon »rover «	3. serija 1. dan	/	Topcon »rover «	3. serija 3. dan	0,59	<	1,86	<	1,70	$H_0$ zavrnememo	0,47	<	0,82	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrnuti
Topcon »rover «	1. serija 2. dan	/	Topcon »rover «	2. serija 2. dan	0,59	<	0,59	<	1,70	$H_0$ zavrnememo	0,47	<	3,32	<	2,13	$H_0$ zavrnememo
Topcon »rover «	1. serija 2. dan	/	Topcon »rover «	3. serija 2. dan	0,59	<	0,61	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrnuti	0,47	<	0,94	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrnuti
Topcon »rover «	1. serija 2. dan	/	Topcon »rover «	1. serija 3. dan	0,59	<	0,83	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrnuti	0,47	<	1,22	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrnuti
Topcon »rover «	1. serija 2. dan	/	Topcon »rover «	2. serija 3. dan	0,59	<	0,58	<	1,70	$H_0$ zavrnememo	0,47	<	2,26	<	2,13	$H_0$ zavrnememo
Topcon »rover «	1. serija 2. dan	/	Topcon »rover «	3. serija 3. dan	0,59	<	0,71	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrnuti	0,47	<	0,89	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrnuti
Topcon »rover «	2. serija 2. dan	/	Topcon »rover «	3. serija 2. dan	0,59	<	1,04	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrnuti	0,47	<	0,28	<	2,13	$H_0$ zavrnememo
Topcon »rover «	2. serija 2. dan	/	Topcon »rover «	1. serija 3. dan	0,59	<	1,42	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrnuti	0,47	<	0,37	<	2,13	$H_0$ zavrnememo
Topcon »rover «	2. serija 2. dan	/	Topcon »rover «	2. serija 3. dan	0,59	<	0,99	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrnuti	0,47	<	0,68	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrnuti
Topcon »rover «	2. serija 2. dan	/	Topcon »rover «	3. serija 3. dan	0,59	<	1,22	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrnuti	0,47	<	0,27	<	2,13	$H_0$ zavrnememo

Preglednica se nadaljuje na naslednji strani

1. instrument	Serijska	2. instrument	Serijska	$s_{en}$	<	$s_{ISO\ en}$	<	$s_{en}$	Statistični test C Komentar ob stopnji zaupanja ( $1-\alpha$ )= 95%	$s_h$	<	$s_{ISO\ h}$	<	$s_h$	Statistični test D Komentar ob stopnji zaupanja ( $1-\alpha$ )= 95%
Topcon »rover «	3. serijska 2. dan	Topcon »rover «	1. serijska 3. dan	0,59	<	1,36	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrniti	0,47	<	1,29	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrniti
Topcon »rover «	3. serijska 2. dan	Topcon »rover «	2. serijska 3. dan	0,59	<	0,94	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrniti	0,47	<	2,4	<	2,13	$H_0$ zavrnemo
Topcon »rover «	3. serijska 2. dan	Topcon »rover «	3. serijska 3. dan	0,59	<	1,17	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrniti	0,47	<	0,95	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrniti
Topcon »rover «	1. serijska 3. dan	Topcon »rover «	2. serijska 3. dan	0,59	<	0,70	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrniti	0,47	<	1,86	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrniti
Topcon »rover «	1. serijska 3. dan	Topcon »rover «	3. serijska 3. dan	0,59	<	0,86	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrniti	0,47	<	0,74	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrniti
Topcon »rover «	2. serijska 3. dan	Topcon »rover «	3. serijska 3. dan	0,59	<	1,23	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrniti	0,47	<	0,4	<	2,13	$H_0$ zavrnemo

V primeru primerjave vzorcev meritev z instrumentom Topcon »rover«, so možni vzroki za neprikladnost isti populaciji lahko v razporeditve satelitov in posledično njihovo vzhajanje in zahajanje, ter večpotja, ki se pojavijo ob določenih položajih posameznih satelitov. Nekaj pa bi lahko pripisali tudi dnevnim vplivom. (izračuni -e-priloga FGG2-FGG3\_statistični testi C in D)

### 3.5.2.5 Skladnost meritev med instrumentoma istega proizvajalca (Topcon »rover«, Topcon »baza«)

Meritve z instrumentom Topcon »rover« smo primerjali 9 krat z meritvami z instrumentom Topcon »baza«. Ničelno hipotezo smo zavrnili v 8 primerih od 9 v primeru statističnega testa C in v 9 primerih od 9 v primeru statističnega testa D. Rezultati primerjav so prikazani v preglednici 3.27. (izračuni -e-priloga FGG2-FGG3\_statistični testi C in D)

Preglednica 3.27: Statistični test C in D, kjer se sprašujemo ali dva vzorca meritev pripadata isti populaciji. Primerjava 1 vzorca instrumenta Topcon »baza« z 9 vzorci instrumenta Topcon »rover« .

1. instrument	Serijska	2. instrument	Serijska	$s_{en}$	<	$s_{ISO\ en}$	<	$s_{en}$	Statistični test C Komentar ob stopnji zaupanja (1- $\alpha$ )= 95%	$s_h$	<	$s_{ISO\ h}$	<	$s_h$	Statistični test D Komentar ob stopnji zaupanja (1- $\alpha$ )= 95%
Topcon »baza«	1. serija	Topcon »rover«	1. serija 1. dan	0,59	<	5,44	<	1,70	$H_0$ zavrnemo	0,47	<	3,5	<	2,13	$H_0$ zavrnemo
Topcon »baza«	1. serija	Topcon »rover«	2. serija 1. dan	0,59	<	2,27	<	1,70	$H_0$ zavrnemo	0,47	<	8,2	<	2,13	$H_0$ zavrnemo
Topcon »baza«	1. serija	Topcon »rover«	3. serija 1. dan	0,59	<	1,50	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrniti	0,47	<	3,32	<	2,13	$H_0$ zavrnemo
Topcon »baza«	1. serija	Topcon »rover«	1. serija 2. dan	0,59	<	3,90	<	1,70	$H_0$ zavrnemo	0,47	<	3,06	<	2,13	$H_0$ zavrnemo
Topcon »baza«	1. serija	Topcon »rover«	2. serija 2. dan	0,59	<	2,29	<	1,70	$H_0$ zavrnemo	0,47	<	10,2	<	2,13	$H_0$ zavrnemo
Topcon »baza«	1. serija	Topcon »rover«	3. serija 2. dan	0,59	<	2,39	<	1,70	$H_0$ zavrnemo	0,47	<	2,88	<	2,13	$H_0$ zavrnemo
Topcon »baza«	1. serija	Topcon »rover«	1. serija 3. dan	0,59	<	3,25	<	1,70	$H_0$ zavrnemo	0,47	<	3,72	<	2,13	$H_0$ zavrnemo
Topcon »baza«	1. serija	Topcon »rover«	2. serija 3. dan	0,59	<	2,26	<	1,70	$H_0$ zavrnemo	0,47	<	6,92	<	2,13	$H_0$ zavrnemo
Topcon »baza«	1. serija	Topcon »rover«	3. serija 3. dan	0,59	<	2,78	<	1,70	$H_0$ zavrnemo	0,47	<	2,73	<	2,13	$H_0$ zavrnemo

V primeru primerjave meritev z instrumentom Topcon »rover« in Topcon »baza« so možni vzroki za nepripadnost isti populaciji isti, kot smo jih že navedli v prejšnjem poglavju, to je razporeditev satelitov in vplivi okolja- večpotje.

### 3.5.2.6 Skladnost meritev med instrumentoma Topcon »rover« in Leica

Meritve z instrumentom Topcon »rover« smo primerjali 9 krat z meritvami z instrumentom Leica. Ničelno hipotezo smo zavrnili v 4 primerih od 9 v primeru statističnega testa C in v 3 primerih od 9 v primeru statističnega testa D. Rezultati primerjav so prikazani v preglednici 3.28. (izračuni -e-priloga FGG2-FGG3\_ statistični testi C in D)

Preglednica 3.28: Statistični test C in D, kjer se sprašujemo ali dva vzorca meritev pripadata isti populaciji. Primerjava 9 vzorcev instrumenta Topcon »rover« z vzorcem instrumenta Leica.

1. instrument	Serijska	2. instrument	Serijska	$s_{en}$	<	$s_{150 en}$	<	$s_{en}$	Statistični test C Komentar ob stopnji zaupanja (1- $\alpha$ )=95%	$s_h$	<	$s_{150 h}$	<	$s_h$	Statistični test D Komentar ob stopnji zaupanja (1- $\alpha$ )=95%
Leica	1. serija /	Topcon »rover«	1. serija 1. dan	0,59	<	3,36	<	1,70	$H_0$ zavrnemo	0,47	<	1,24	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrniti
Leica	1. serija /	Topcon »rover«	2. serija 1. dan	0,59	<	1,40	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrniti	0,47	<	2,89	<	2,13	$H_0$ zavrnemo
Leica	1. serija /	Topcon »rover«	3. serija 1. dan	0,59	<	0,93	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrniti	0,47	<	1,17	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrniti
Leica	1. serija /	Topcon »rover«	1. serija 2. dan	0,59	<	2,41	<	1,70	$H_0$ zavrnemo	0,47	<	1,08	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrniti
Leica	1. serija /	Topcon »rover«	2. serija 2. dan	0,59	<	1,41	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrniti	0,47	<	3,58	<	2,13	$H_0$ zavrnemo
Leica	1. serija /	Topcon »rover«	3. serija 2. dan	0,59	<	1,47	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrniti	0,47	<	1,02	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrniti
Leica	1. serija /	Topcon »rover«	1. serija 3. dan	0,59	<	2,00	<	1,70	$H_0$ zavrnemo	0,47	<	1,31	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrniti
Leica	1. serija /	Topcon »rover«	2. serija 3. dan	0,59	<	1,39	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrniti	0,47	<	2,44	<	2,13	$H_0$ zavrnemo
Leica	1. serija /	Topcon »rover«	3. serija 3. dan	0,59	<	1,72	<	1,70	$H_0$ zavrnemo	0,47	<	0,96	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrniti

V primeru primerjave vzorcev instrumenta Topcon »rover« in Leica so možni vzroki za neprimernost isti populaciji lahko razporeditve satelitov spet enake kot smo jih navedli. Možni vzroki poleg razporeditve satelitov in večpota pa so tudi razlike v programski opremi posameznih instrumentov.

### 3.5.3 Skladnost meritev med instrumentoma Topcon »rover« in Trimble

Meritve z instrumentom Topcon »rover« smo primerjali 18 krat z meritvami z instrumentom Trimble. Ničelno hipotezo smo zavrnil v 5 primerih od 18 v primeru statističnega testa C in v 1 primeru od 18 v primeru statističnega testa D. Rezultati primerjav so prikazani v preglednici 3.29. (izračuni -e-priloga FGG2-FGG3\_statistični testi C in D)

Preglednica 3.29: Statistični test C in D, kjer se sprašujemo o pripadnosti isti populaciji. Primerjava 9 meritev z instrumentom Topcon »rover« z 2 meritvama z instrumentom Trimble.

1. instrument	Serijska	2. instrument	Serijska	$s_{en}$	<	$s_{ISO\ en}$	<	$s_{en}$	Statistični test C Komentar ob stopnji zaupanja (1- $\alpha$ )= 95%	$s_h$	<	$s_{ISO\ h}$	<	$s_h$	Statistični test D Komentar ob stopnji zaupanja (1- $\alpha$ )= 95%
Topcon »rover«	1. serija 1. dan	/ Trimble	1. serija	0,59	<	0,59	<	1,70	H <sub>0</sub> ne moremo zavrniti	0,47	<	1,58	<	2,13	H <sub>0</sub> ne moremo zavrniti
Topcon »rover«	1. serija 1. dan	/ Trimble	1. serija	0,59	<	0,28	<	1,70	H <sub>0</sub> zavrnemo	0,47	<	1,28	<	2,13	H <sub>0</sub> ne moremo zavrniti
Topcon »rover«	2. serija 1. dan	/ Trimble	1. serija	0,59	<	1,42	<	1,70	H <sub>0</sub> ne moremo zavrniti	0,47	<	0,68	<	2,13	H <sub>0</sub> ne moremo zavrniti
Topcon »rover«	2. serija 1. dan	/ Trimble	1. serija	0,59	<	0,66	<	1,70	H <sub>0</sub> ne moremo zavrniti	0,47	<	0,55	<	2,13	H <sub>0</sub> ne moremo zavrniti
Topcon »rover«	3. serija 1. dan	/ Trimble	1. serija	0,59	<	2,15	<	1,70	H <sub>0</sub> zavrnemo	0,47	<	1,67	<	2,13	H <sub>0</sub> ne moremo zavrniti
Topcon »rover«	3. serija 1. dan	/ Trimble	1. serija	0,59	<	1,00	<	1,70	H <sub>0</sub> ne moremo zavrniti	0,47	<	1,36	<	2,13	H <sub>0</sub> ne moremo zavrniti
Topcon »rover«	1. serija 2. dan	/ Trimble	1. serija	0,59	<	0,83	<	1,70	H <sub>0</sub> ne moremo zavrniti	0,47	<	1,82	<	2,13	H <sub>0</sub> ne moremo zavrniti
Topcon »rover«	1. serija 2. dan	/ Trimble	1. serija	0,59	<	0,39	<	1,70	H <sub>0</sub> zavrnemo	0,47	<	1,47	<	2,13	H <sub>0</sub> ne moremo zavrniti
Topcon »rover«	2. serija 2. dan	/ Trimble	1. serija	0,59	<	1,41	<	1,70	H <sub>0</sub> ne moremo zavrniti	0,47	<	0,55	<	2,13	H <sub>0</sub> ne moremo zavrniti
Topcon »rover«	2. serija 2. dan	/ Trimble	1. serija	0,59	<	0,66	<	1,70	H <sub>0</sub> ne moremo zavrniti	0,47	<	0,44	<	2,13	H <sub>0</sub> zavrnemo
Topcon »rover«	3. serija 2. dan	/ Trimble	1. serija	0,59	<	1,35	<	1,70	H <sub>0</sub> ne moremo zavrniti	0,47	<	1,93	<	2,13	H <sub>0</sub> ne moremo zavrniti
Topcon »rover«	3. serija 2. dan	/ Trimble	1. serija	0,59	<	0,63	<	1,70	H <sub>0</sub> ne moremo zavrniti	0,47	<	1,56	<	2,13	H <sub>0</sub> ne moremo zavrniti

Preglednica se nadaljuje na naslednji strani

1. instrument	Serijska	2. instrument	Serijska	$s_{en}$	<	$s_{ISO\ en}$	>	$s_{en}$	Statistični test C Komentar ob stopnji zaupanja ( $1-\alpha$ )= 95%	$s_h$	<	$s_{ISO\ h}$	>	$s_h$	Statistični test D Komentar ob stopnji zaupanja ( $1-\alpha$ )= 95%
Topcon »rover«	1. serijska 3. dan	/ Trimble	1. serijska	0,59	<	0,99	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrniti	0,47	<	1,49	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrniti
Topcon »rover«	1. serijska 3. dan	/ Trimble	1. serijska	0,59	<	0,46	<	1,70	$H_0$ zavrnemo	0,47	<	1,21	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrniti
Topcon »rover«	2. serijska 3. dan	/ Trimble	1. serijska	0,59	<	1,43	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrniti	0,47	<	0,8	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrniti
Topcon »rover«	2. serijska 3. dan	/ Trimble	1. serijska	0,59	<	0,67	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrniti	0,47	<	0,65	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrniti
Topcon »rover«	3. serijska 3. dan	/ Trimble	1. serijska	0,59	<	1,16	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrniti	0,47	<	2,03	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrniti
Topcon »rover«	3. serijska 3. dan	/ Trimble	1. serijska	0,59	<	0,54	<	1,70	$H_0$ zavrnemo	0,47	<	1,65	<	2,13	$H_0$ ne moremo zavrniti

V primeru primerjave meritev z instrumentom Topcon »rover« in Trimble so možni vzroki za neprikladnost isti populaciji enaki, kot smo jih omenili v prejšnjem poglavju: razporeditev satelitov, večpoteje in različna programska oprema.

### 3.5.4 Skladnost meritev instrumenta Topcon »baza« glede na druge instrumente

Meritve z instrumentom Topcon »baza« smo preizkusili 12 krat glede na druge instrumente.

Ničelno hipotezo smo zavrnili zavrniti v 9 primerih od 12 v primeru statističnega testa C in v 12 primerih od 13 v primeru statističnega testa D. Rezultati so prikazani v preglednicah 3.27, 3.30, 3.31. (izračuni -e-priloga FGG2-FGG3\_statistični testi C in D)

#### 3.5.4.1 Skladnost meritev med instrumentoma Topcon »baza« in Leica

Meritve z instrumentom Topcon »baza« smo primerjali 1 krat z meritvami z instrumentom Leica. Ničelno hipotezo smo zavrnili v 0 primerih od 1 poskusa v primeru statističnega testa C in v 1 primeru od 1 v primeru statističnega testa D. Rezultati primerjav so prikazani v preglednici 3.30. (izračuni -e-priloga FGG2-FGG3\_statistični testi C in D)

Preglednica 3.30: Statistični test C in D, kjer je sprašujemo, ali dva vzorca meritev pripadata isti populaciji. Primerjava meritve z instrumentom Topcon »baza« z meritvijo z instrumentom Leica.

1. instrument	Serijska številka	/	2. instrument	Serijska številka	$s_{en}$	<	$s_{ISO\ en}$	<	$s_{en}$	Statistični test C Komentar ob stopnji zaupanja (1- $\alpha$ )= 95%	$s_h$	<	$s_{ISO\ h}$	<	$s_h$	Statistični test D Komentar ob stopnji zaupanja (1- $\alpha$ )= 95%
Leica	1. serija	/	Topcon »baza«	1. serija	0,59	<	0,62	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrniti	0,47	<	0,35	<	2,13	$H_0$ zavrnemo

Kot v primeru primerjave instrumenta Topcon Rover in instrumenta Leica lahko neprilagodnost isti populaciji verjetno pripišemo istim vzrokom.

### 3.5.4.2 Skladnost meritev med instrumentoma Topcon »baza« in Trimble

Meritve z instrumentom Topcon »baza« smo primerjali 2 krat z meritvami z instrumentom Trimble. Ničelno hipotezo smo zavrnili v 1 primeru od 2 v primeru statističnega testa C in v 2 primeru od 2 v primeru statističnega testa D. Rezultati primerjav so prikazani v preglednici 3.31. (izračuni -e-priloga FGG2-FGG3\_statistični testi C in D)

Preglednica 3.31: Statistični test C in D, kjer se sprašujemo ali dva vzorca – meritve (horizontalne koordinate in posebej višina) pripadajo isti populaciji. Primerjava vzorca meritve z instrumentom Topcon »baza« z 2 vzorcema meritev z instrumentom Trimble.

1. instrument	Serijska številka	/	2. instrument	Serijska številka	$s_{en}$	<	$s_{ISO\ en}$	<	$s_{en}$	Statistični test C Komentar ob stopnji zaupanja (1- $\alpha$ )= 95%	$s_h$	<	$s_{ISO\ h}$	<	$s_h$	Statistični test D Komentar ob stopnji zaupanja (1- $\alpha$ )= 95%
Topcon »baza«	1. serija	/	Trimble	1. serija	0,59	<	3,22	<	1,70	$H_0$ zavrnemo	0,47	<	5,55	<	2,13	$H_0$ zavrnemo
Topcon »baza«	1. serija	/	Trimble	1. serija	0,59	<	1,50	<	1,70	$H_0$ ne moremo zavrniti	0,47	<	4,50	<	2,13	$H_0$ zavrnemo

Kot v primeru primerjave instrumenta Topcon »rover« in instrumenta Trimble lahko neprilagodnost isti populaciji verjetno pripišemo istim vzrokom.



### **3.5.4.3 Skladnost meritev med instrumentoma Topcon »baza« in Topcon »rover«**

Vzorec meritev z instrumentom Topcon »baza« smo primerjali 9 krat z vzorci meritev z instrumentom Topcon »rover«. Rezultati primerjav so že prikazani v preglednici 3.23, ki ji tudi že sledijo komentarji primerjav. Ničelno hipotezo smo zavrnili v 8-ih primerih od 9 v primeru statističnega testa C in v 9 primerih od 9 v primeru statističnega testa D. Baza. Rezultati primerjav so že prikazani v preglednici 3.27, ki ji tudi že sledijo komentarji primerjav. (izračuni -e-priloga FGG2-FGG3\_statistični testi C in D)

### **3.5.5 Skladnost meritev instrumenta Leica glede na druge instrumente**

Vzorec instrumenta Leica smo primerjali 12 krat glede na druge instrumente.

Ničelno domnevo smo zavrnili v 7 primerih od 12 v primeru statističnega testa C in v 4 primerih od 12 v primeru statističnega testa. Rezultati so prikazani v preglednicah 3.28, 3.30, 3.32. (izračuni -e-priloga FGG2-FGG3\_statistični testi C in D)

#### **3.5.5.1 Skladnost meritev med instrumentoma Topcon »baza« in Leica**

Meritve z instrumentom instrumenta Leica smo primerjali 1 krat z meritvami z instrumentom Topcon »baza«. Rezultati primerjav so že prikazani v preglednici 3.24, ki ji tudi že sledijo komentarji primerjav.

#### **3.5.5.2 Skladnost meritev med instrumentoma Leica in Topcon »rover«**

Meritve z instrumentom Leica smo primerjali 9 krat z meritvami z instrumentom Topcon »rover«. Rezultati primerjav so že prikazani v preglednici 3.22, ki ji tudi že sledijo komentarji primerjav.

### 3.5.5.3 Skladnost meritev med instrumentoma Leica in Trimble

Meritve z instrumentom Leica smo primerjali 2 krat z meritvami z instrumentom Trimble. Ničelno hipotezo smo zavrnil v 1 primeru od 2 v primeru statističnega testa C in v 0 primerih od 2 v primeru statističnega testa D. Rezultati primerjav so prikazani v preglednici 3.32.

Preglednica 3.32: Statistični test C in D, kjer se sprašujemo ali  $s_{ISO-GNSS RTK_{EN}}$  in  $\tilde{s}_{ISO-GNSS RTK_{EN}}$  ter ali  $s_{ISO-GNSS RTK_h}$  in  $\tilde{s}_{ISO-GNSS RTK_h}$  pripadata isti populaciji. Primerjava vzorca instrumenta Leica z 2 vzorcema instrumenta Trimble.

1. instrument	Serijska številka	/	2. instrument	Serijska številka	$s_{en}$	<	$s_{ISO\ en}$	<	$s_{en}$	Statistični test C Komentar ob stopnji zaupanja (1- $\alpha$ )= 95%	$s_h$	<	$s_{ISO\ h}$	<	$s_h$	Statistični test D Komentar ob stopnji zaupanja (1- $\alpha$ )= 95%
Leica	1. serija	/	Trimble	1. serija	0,59	<	1,99	<	1,70	<b>H<sub>0</sub> zavrnemo</b>	0,47	<	1,96	<	2,13	H <sub>0</sub> ne moremo zavrniti
Leica	1. serija	/	Trimble	1. serija	0,59	<	0,93	<	1,70	H <sub>0</sub> ne moremo zavrniti	0,47	<	1,59	<	2,13	H <sub>0</sub> ne moremo zavrniti

Kot v vseh primerih do sedaj, je primerjava instrumenta Topcon »rover« in instrumenta Trimble verjetno podvržena istim vzrokom za nepripadnost populaciji.

### 3.5.6 Skladnost meritev instrumenta Trimble glede na druge instrumente

Meritve z instrumentom Trimble smo primerjali 23 krat glede na druge instrumente.

Ničelno hipotezo smo zavrnil v 8 primerih od 23 v primeru statističnega testa C in v 3 primerih od 23 v primeru statističnega testa D. Rezultati so prikazani v preglednicah 3.29, 3.31, 3.32, 3.33.

---

### ***3.5.6.1 Skladnost meritev med instrumentoma Trimble in Leica***

Meritve z instrumentom Trimble smo primerjali 2 krat z meritvami z instrumentom Leica. Rezultati primerjav so že prikazani v preglednici 3.26, ki ji tudi že sledijo komentarji primerjav.

### ***3.5.6.2 Skladnost meritev med instrumentoma Topcon »baza« in Trimble***

Meritve z instrumentom Trimble smo primerjali 2 krat z vzorci meritev z instrumentom Topcon »baza« . Rezultati primerjav so prikazani v preglednici 3.25, ki ji tudi že sledijo komentarji primerjav.

### ***3.5.6.3 Skladnost meritev med instrumentoma Topcon »rover« in Trimble***

Meritve z instrumentom Trimble smo primerjali 18 krat z meritvami z instrumenta Topcon »rover« . Rezultati primerjav so prikazani v preglednici 3.23, ki ji tudi že sledijo komentarji primerjav.

### ***3.5.6.4 Skladnost meritev med instrumentoma Trimble in Trimble***

Meritve z instrumentom Trimble smo primerjali 1 krat z meritvami z instrumentom Trimble. Ničelno hipotezo smo zavrnili v 1 primerih od 1 v primeru statističnega testa C in v 0 primerih od 1 poskusa v primeru statističnega testa D. Rezultati primerjav so prikazani v preglednici 3.33. (izračuni -e-priloga FGG2-FGG3\_statistični testi C in D)

Preglednica 3.33: Statistični test C in D, kjer se sprašujemo ali meritve (horizontalne koordinate in elipsoidna višina) pripadajo isti populaciji. Primerjava meritve z instrumentom Trimble z vzorcema meritev z instrumentom Trimble.

1. instrument	Serijska številka	2. instrument	Serijska številka	$S_{en}$	$\wedge$	$S_{ISO\ en}$	$\wedge$	$S_{en}$	Statistični test C Komentar ob stopnji zaupanja $(1-\alpha)=95\%$	$S_h$	$\wedge$	$S_{ISO\ h}$	$\wedge$	$S_h$	Statistični test D Komentar ob stopnji zaupanja $(1-\alpha)=95\%$	
Trimble	1. serija	/	Trimble	1. serija	0,59	<	0,47	<	1,70	<b>H<sub>0</sub> zavrnemo</b>	0,47	<	0,81	<	2,13	H <sub>0</sub> ne moremo zavrniti

V primeru primerjave meritev z instrumentom Trimble možne vzroke za nepripadnost isti populaciji zopet lahko prepoznamo v vplivu razporeditve satelitov in vplivov iz okolja to je večpotja, ki se občasno pojavijo in vplivajo na napačen pridobljen položaj.

---

## 4 ZAKLJUČKI

### 4.1 ISO 17123-8

Standard ISO 17123-8 vsebuje navodila za terenski preizkus delovanja GNSS RTK merske opreme za posamezno delovišče brez posebne dodatne opreme, kjer preverjamo ustreznost rezultatov izmere glede na navedbe proizvajalca. Preizkus po standardu ISO 17123-8 ne posega na področje ocene točnosti meritev. Vrednotenje rezultatov temelji na določitvi povprečnih vrednosti koordinat dveh točk, ki smo jih dobili iz zaporedno pridobljenih koordinat točk. V preizkusu vrednotimo relativne odnose med točkama (horizontalna dolžina in višinska razlika).

Merski točki naj bi bile med seboj oddaljeni od 2 do 20 m. Horizontalne razdalje in višinske razlike med točkama, kamor smo postavljali rover, naj bi se določile z geodetskimi metodami izmere, s standardno deviacijo določitve radalje in višinske razlike, boljšo od 3 mm. Takšne vrednosti obravnavamo kot dane (referenčne) in jih uporabimo v prvih korakih preizkusa. Horizontalne razdalje in višinske razlike, pridobljene z RTK-merjenji v posameznem nizu opazovanj, primerjamo z referenčnimi z namenom ugotavljanja grobih pogreškov v koordinatah.

Standard podaja dva načina preizkušanja GNSS opreme in sicer poenostavljeni in popolni preizkus. Poenostavljeni postopek preizkusa se sestoji iz izvedbe ene serije meritev in zagotavlja oceno, ali merska oprema zagotavlja natančnosti znotraj predpisanih odstopanj. Popolni preizkus po standardu ISO temelji na izvedbi več (vsaj treh) zaporednih serij opazovanj, kjer je vsaka nadaljnja izvedena 1,5 ure po prejšnji.

Vsaka serijo sestavlja 5 nizov meritev (t. j. določitev koordinat). Vsak zaporedni niz meritev na dveh točkah naj bi opravili v razmaku 5 minut od prejšnjega. V vsaki seriji moramo opraviti 5 nizov meritev, kar vodi do 25-minutnega časovnega razmaka meritev v eni seriji. Časovni interval ene serije meritev je v standardu ISO 17123-8 vezan na ugotovljeno dejstvo, da je vpliv večpotja zaradi odbojev signalov od okoliških objektov vezan na časovni interval 20 minut.

Vsak niz meritev vključuje določitev koordinat z GNSS-RTK instrumentom (rover-jem) na dveh točkah. Ponovno zaporedno serijo opazovanj opravimo po 90-ih minutah od končane predhodne serije. Standard ISO 17123-8 predpisuje tri zaporedno izvedene serije opazovanj. Ponovne serije opazovanj opravljamo zato, ker se v časovnem intervalu 1 ure in pol geometrija razporeditve GNSS-satelitov na tirnici spremeni, deloma pa se spremenijo tudi atmosferski pogoji.

Popolni preizkus omogoča določitev standardnih odklonov posebej za horizontalni položaj in elipsoidno višino. Preko statističnih testov A in B se ugotavljajo skladnosti tako pridobljenih standardnih odklonov s teoretičnim standardnim odklonom podanih s strani proizvajalca opreme. S pomočjo statističnih testov C in D pa ugotavljajo, ali vzorci, iste ali različne opreme, iz različnih preizkusov pripadajo isti populaciji.

Za oceno natančnosti GNSS-opreme pod pogoji, ki so lahko kratkotrajni ali dolgotrajni, uporabimo statistični test  $\chi^2$  (statistični test A in B). Za oceno natančnosti opreme, uporabljene v različnih časovnih obdobjih (večje število vzorcev, ista oprema) oziroma za primerjave med različno opremo, uporabljeno pod podobnimi pogoji, uporabimo Fisherjev statistični test (statistični test C in D).

## **4.2 Komentar izbire delovišča na strehi FGG**

Za delovišče smo izbrali streho Fakultete za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani. Za merske točke smo uporabili že stabilizirane merske stebre, ki so nam omogočili prisilno centriranje instrumentov in dodatno talno stabilizirano točko, ki je skrajšala, glede na standard, nekoliko predolgo razdaljo med merskima stebroma FGG 2 in FGG 3. Dolžine v preizkusu uporabljenih vektorjev so se tako gibale od 2 do 69 m

Preden smo lahko GNSS-rezultate meritev obravnavali v standardu ISO 17123-8, smo določili razmerja med točkami (horizontalna dolžina, višinska razlika), kjer smo opravljali meritve. Glede na zahteve standarda ISO 17123-8 so morale biti količine pridobljene z natančnostjo, boljšo od 3 mm. To pomeni, da smo za ta namen uporabili druge geodetske metode izmere za določitev položajev točk. Za pridobitev teh podatkov smo uporabili GPS statično metodo izmere. Z namenom kontrole smo dodatno opravili opazovanja s pomočjo

---

klasičnega geodetskega instrumentarija (elektronski tahimeter, nivelir), ki bi glede na kratke medsebojne razdalje lahko nudil natančnejše podatke o medsebojnih odnosih. Na podlagi primerjav smo sklepali, da standardni odkloni višinskih razlik in razdalj med točkami, pridobljenih po katerikoli uporabljeni metodi, izpolnjejo pogoj, da so določeni s standardno deviacijo manjšo od 3 mm.

### 4.3 Analiza meritev

V analizi smo najprej preučili standardne odklone od referenčnih vrednosti, nato pa še standardne odklone standarda ISO17123-8.

#### 4.3.1 Splošna analiza meritev

Da bi razumeli obnašanje količin, ki vstopajo v preizkus po standardu ISO 17123-8, smo želeli najprej preučiti obnašanje meritev na posameznih točkah, vendar takšna analiza ni sestavni del standarda. Na točkah, ki smo jih opazovali v preizkusu, smo v daljšem časovnem obdobju opazovali iste položaje s štirimi instrumenti treh proizvajalcev: Trimble, Leica, Topcon (2 instrumenta). Za potrebe analize smo vzorce razdelili po različnih instrumentih in jim določili njihove standardne odklone glede na referenčne vrednosti. Opazovali pa smo tudi njihove največje in najmanjše vrednosti. Na posameznih točkah je bilo opravljeno od 165 do 180 meritev.

Standardni odkloni konkretnih meritev v primeru naših točk so znašali do  $\sigma_{en} = 6$  mm in  $\sigma_h = 17$  mm v primeru odstopanj od referenčnih vrednosti, torej v večini primerov znotraj območja teoretičnih standardnih odklonov podanih od proizvajalca. Edino odstopanje od navedb proizvajalca je bil prav standardni odklon  $\sigma_h = 17$  mm. Le tega smo zasledili pri instrumentu Topcon »baza«, za katerega proizvajalec zagotavlja standardni odklon  $\sigma_h = 15$  mm in za katerega, na osnovi naših testov, ugotavljamo, da je za naše delovišče postavljen nekoliko preoptimistično.

Bili pa smo pozorni tudi na največja odstopanja, ki so znašala do 23 mm v primeru dolžinskih in od -48 mm do +26 mm v primeru višinskih odstopanj, kar nas je opozarjalo na nevarnost zanašanja na enkratno meritev.

### 4.3.2 Preizkusi po standardu ISO 17123-8

V teh preizkusih smo najprej opravili predohodno kontrolo ali poenostavljeni preizkus, kjer nismo našli grobo pogrešenih odstopanj.

### 4.3.3 Popolni preizkus in statistična testa (vprašanji A in B)

S popolnim preizkusom po ISO standardu smo preizkusili 28 vektorjev, pridobljenih s štirimi instrumenti treh proizvajalcev (Leica, Trimble, Topcon) znotraj širšega časovnega okvira v trajanju 6 mesecev in potem ko v preizkusih nismo zasledili grobih pogreškov ter izračunali standardne odklone in preizkusili domneve o skladnostih le teh s teoretičnimi standardnimi odkloni podanimi od proizvajalcev smo za naše delovišče zaključili, da s stopnjo zaupanja 95% (s tveganjem 5%) ne moremo trditi, da so standardni odkloni z RTK-metodo pridobljenih koordinat ( $S_{ISO-GNSS RTK_{en}}$ ,  $S_{ISO-GNSS RTK_h}$ ), večji od vrednosti, ki jih podajajo proizvajalci.

V nadaljnji analizi statističnih testov A in B smo primerjali med seboj vzorce glede na časovne zamike, dolžine vektorjev, proizvajalcev ali metode izvedbe RTK meritev. Prav tako smo skušali te teste analizirati tudi v primeru, ko smo v izračunih uporabili referenčne vrednosti in ne povprečnih.

V primeru kratkih časovnih zamikov smo že pri vektorjih opazovanih znotraj enega dneva, opazili določene trende večanja in manjšanja standardnih odklonov. Sklepali smo, da gre za periodično spreminjanje, na katerega imajo največji vpliv prav vrednosti, pridobljene na posameznih točkah. Za točke, ki so krajišča vektorjev, tako lahko rečemo, da so ob približno istem času podvržene različnim vplivom, ki najverjetneje izhajajo iz okolja (večpotje).

V primerjavi standardnih odklonov po ISO-standardu in tistih, ki smo jih pridobili s pomočjo statične GPS-izmere in smo jih privzeli kot referenčne, smo opazili manjša odstopanja glede na tiste pridobljene z povprečenjem.

Če smo lahko rekli, da sta ta dva trenda podobna, pa pojavnost ekstremov v popolnosti ni sledila drugima dvema trendoma. Sklepali smo, da so opazovanja na našem delovišču



obremenjena s hitro spreminjajočimi se vplivi, ki že ob manjšem časovnem intervalu vplivajo na spreminjanje vrednosti standardnih odklonov horizontalnega položaja in višine.

V primeru dnevnih zamikov, še posebej pri treh zaporednih dnevih, smo opazili poleg že omenjenih kratkotrajnih sprememb tudi določeno spreminjanje velikosti standardnih odklonov glede na dan. V primeru treh zaporednih dni, ob uporabi istega instrumenta so se takšni zamiki gibali okoli 1mm.

Analiza dolžine vektorjev je pokazala razlike. Toda, kot smo že ugotovili v analizi posameznih točk, je natančnost vektorja predvsem odvisna od dogajanja na posamezni točki. Morda bi lahko pričakovali zelo podobne pogoje na najkrajšem vektorju FGG 3 – FGG 6, toda glede na drugi največji položajni standardni odklon na tem vektorju pridobljen z istim instrumentom, smo zavrnilo to domnevo. Največji standardni odklon je znašal  $\sigma = 9$  mm, na našem vektorju pa  $\sigma = 8$  mm

Pri analizi različnih proizvajalcev smo lahko sklepali na določen vpliv. Ko pa smo se povrnili na analizo zamikov po dnevih ali na kratki časovni zamik, smo zavrnilo možnosti vplivov proizvajalca, saj na podlagi predhodnih analiz ne bi mogli zavrniti domneve, da ne bi najmanjši odkloni pripisani enemu proizvajalcu, sčasoma dosegli vrednosti drugih proizvajalcev, še posebej, ker smo zaznali največje razlike prav pri dveh instrumentih istega proizvajalca; Topcon.

V primeru analize metode izvedbe RTK-ja ko smo primerjali metodo VRS in navezavo na najbližjo permanentno postajo nismo opazili, bistvenih odstopanj od ostalih meritev. Morda najzanimivejša je bila primerjava VRS-GSR1 na meritvah z istim, Trimblevim instrumentom. Na tem primeru smo sicer opazili zamik, ki pa spet ni izstopal iz okvirov že ugotovljenih analiz in mu tako nismo mogli pripisovati kakšnega posebnega pomena.

#### **4.3.4 Statistična testa (vprašanja C in D)**

Preizkuse statističnih testov C in D smo opravili za vektor FGG 2 – FGG 3, ki se po medsebojni oddaljenosti približuje zahtevam ISO standarda (okoli 20 m). V okviru meritev na krajiščih vektorja FGG 2 – FGG 3 smo primerjali 13 vzorcev, ki smo jih preizkusili 78-krat

brez ponavljanj. Vključili smo vzorce, pridobljene z instrumenti Leica, Topcon »baza« , Topcon »rover« in Trimble. Vzorce smo pridobili v 7 dneh in 13 serijah.

V celoti smo na vektorju FGG 2 – FGG 3 opravili 78 preizkusov, brez ponavljanj. Ničelno hipotezo smo zavrnil v 32 primerih od 78 v primeru statističnega testa C in v 31 primerih od 78 v primeru statističnega testa D.

Statistične teste smo zopet opravili najprej znotraj tridnevni opazovanj, ločeno za vsak dan posebej, kjer so bile posamezne serije opazovane z minimalnim časovnim zamikom. Opazili smo, da ničelne hipoteze zavrnemo do 33% v primeru statističnega testa C in do 67% v primeru statističnega testa D.

Nadalje smo primerjali med seboj vzorce treh dni opravljenih z istim instrumentom.

Preizkus meritve z instrumentom Topcon »rover« smo opravili 36 krat. Ničelno domnevo smo zavrnil v 12 primerih od 36 v primeru statističnega testa C in v 17 primerih od 36 v primerih statističnega testa D.

Meritve z instrumentom Topcon »rover« smo primerjali 9 krat z meritvami z instrumentom Topcon »baza« . Ničelno hipotezo smo zavrnil v 8 primerih od 9 v primeru statističnega testa C in v 9 primerih od 9 v primeru statističnega testa D.

Meritve z instrumentom Topcon »rover« smo primerjali 9 krat z meritvami z instrumentom Leica. Ničelno hipotezo smo zavrnil v 4 primerih od 9 v primeru statističnega testa C in v 3 primerih od 9 v primeru statističnega testa D.

Meritve z instrumentom Topcon »rover« smo primerjali 18 krat z meritvami z instrumentom Trimble. Ničelno domnevo smo zavrnil v 5 primerih od 18 v primeru statističnega testa C in v 0 primerih od 18 v primeru statističnega testa D.

Meritve z instrumentom Topcon »baza« smo preizkusili 12 krat glede na druge instrumente. Alternativne hipoteze nismo mogli zavrniti v 9 primerih od 12 v primeru statističnega testa C in v 12 primerih od 13 v primeru statističnega testa D.

---

Vzorec instrumenta Leica smo primerjali 12 krat glede na druge instrumente.

Ničelno domnevo smo zavrnili v 7 primerih od 12 v primeru statističnega testa C in v 4 primerih od 12 v primeru statističnega testa.

Meritve z instrumentom Trimble smo primerjali 23 krat glede na druge instrumente.

Ničelno domnevo smo zavrnili v 8 primerih od 23 v primeru statističnega testa C in v 3 primerih od 23 v primeru statističnega testa D.

Možne vzroke za nepripadnost isti populaciji lahko, kot smo omenili v gornjih poglavjih pripišemo razporeditvi satelitov in posledično njihovem vzhajanju in zahajanju, večpotju zaradi neugodnega delovišča z mnogimi možnimi izvori odbojev, ki se pojavijo ob določenih položajih posameznih satelitov. Možni vzroki pa so tudi razlike v programski opremi posameznih instrumentov. Nekatere vplive bi lahko pripisali tudi dnevnim značilnostim.

#### **4.4 Sklep**

ISO standard 17123-8 je uporaben, ko hočemo oceniti natančnosti naše opreme na danem delovišču. S pomočjo njega se lahko prepričamo ali lahko zagotavljamo od naročnika zahtevane natančnosti, ki jih nato lahko v poročilu tudi dodamo k od proizvajalca določenim natančnostim. Popolni preizkus sicer zahteva nekaj časa, a ga je na novem delovišču vseeno dobro opraviti.

Ker so tako pridobljeni standardni odkloni rezultat povprečenja 15 vzorcev, pridobljenih v širšem časovnem okviru enega dneva, ki zmanjšujejo napake, moramo biti pri oceni enkratne meritve previdni. Znotraj analize vzorcev smo opazili največja odstopanja. Da bi se takim napakam izognili, moramo tudi same meritve večkrat ponoviti v časovnem razponu 20 minut.

Če lahko rečemo, da so analize testov A in B pokazale, da so bili v celoti sprejeti ne glede na spreminjajoče se okoliščine, pa lahko v primeru statističnih testov C in D lahko rečemo, da so njihove meje postavljene zelo ozko in kaj hitro se lahko zgodi, da ne moremo potrditi pripadnosti dveh vzorcev isti populaciji. Tako je bilo vsaj v primeru našega delovišča.

Za preučitev obnašanja statističnih testov C in D bi bilo potrebno izbrati idealno delovišče in na njemu opraviti čim večje število vzorcev v širšem časovnem okviru, po možnosti tudi z različno opremo. Šele potem bi o teh testih lahko rekli kaj več. Na podlagi takšnega preizkusa, bi potem v nadaljevanju lažje razumeli pomen pogostih zavrnitev pripadnosti rezultatov meritev isti populaciji.

#### **4.5 Zaključek**

Osnovno vodilo naloge je bilo predstaviti preizkus GNSS-RTK instrumentov v teoriji in praksi. Da bi dopolnili vrzel standarda ISO 17123-8 v smislu primerjave z referenčnimi vrednostmi koordinat točk, smo opravili dodatne analize, ki so potrdile pravilnost delovanja instrumentov ne samo v smislu medsebojnih višinskih in dolžinskih odstopanj in natančnosti ampak tudi točnosti.

S preizkusi smo tako pridobili podatke o zanesljivosti in točnosti opreme in vplivih delovišča na meritve. Podobne preizkuse pa bi lahko opravili tudi za druga delovišča. Zanimivo bi bilo preučiti delovanje instrumentov pod pogoji kjer je okolica zasičena z EMV valovanjem (oddajniki...), ali pa referenčno delovišče, kjer nismo obremenjeni z možnimi izvori večpotja in EMV.

---

## 5 VIRI

David Martin Review of standards, Best practice, Testing and calibration in GNSS, France, 2008

Hans Heister The new ISO standard 17123-8 for checking GNSS field measuring systems, Stockholm, 2008

ISO standard 17123-8, 2003/2007

Krunoslav Mihajlović, Krsta Vračarić Geodezija 1, Beograd 1981

Leica Digitalnivelliere NA2002/NA3000, Heerbrugg, 1993

Leica TPS1200+ User Manual, Heerbrugg 2009

Leica, Leica Viva GNSS, Heerbrugg 2009

Peter Fonda Analiza ISO standardov za potrebe geodezije v inženirstvu Ljubljana 2007

Thommen Meteo Station HM30, Waldenburg 2001

Topcon HiPer pro Operator's manual, Livermore 2006

Trimble, Series 4000 Receiver Reference, Feb 1995

Trimble, User guide trimble R8 GNSS receiver, 2009

William Hending national geodetic survey user guidelines for real time GNSS positioning, September 2008

## 6 KAZALO E-PRILOG (ZGOŠČENKA)

### Izračuni po ISO standardu - mapa

#### Koda C++ - pod mapa

#### Meritve po ISO standardu - podmapa

01fgg2-fgg4-LEICA.txt	20fgg3-fgg2-ROVER-21.txt
02fgg2-fgg3-LEICA.txt	21fgg3-fgg4-ROVER-21.txt
03fgg3-fgg4-LEICA.txt	22fgg2-fgg4-ROVER-22.txt
04fgg3-fgg6-LEICA.txt	23fgg3-fgg2-ROVER-22.txt
05fgg6-fgg2-LEICA.txt	24fgg3-fgg4-ROVER-22.txt
06fgg6-fgg4-LEICA.txt	25fgg2-fgg4-ROVER-23.txt
07fgg2-fgg4-BAZA.txt	26fgg3-fgg2-ROVER-23.txt
08fgg3-fgg2-BAZA.txt	27fgg3-fgg4-ROVER-23.txt
09fgg3-fgg4-BAZA.txt	28fgg2-fgg4-ROVER-31.txt
10fgg2-fgg4-ROVER-11.txt	29fgg3-fgg2-ROVER-31.txt
11fgg3-fgg2-ROVER-11.txt	30fgg3-fgg4-ROVER-31.txt
12fgg3-fgg4-ROVER-11.txt	31fgg2-fgg4-ROVER-32.txt
13fgg2-fgg4-ROVER-12.txt	32fgg3-fgg2-ROVER-32.txt
14fgg3-fgg2-ROVER-12.txt	33fgg3-fgg4-ROVER-32.txt
15fgg3-fgg4-ROVER-12.txt	34fgg2-fgg4-ROVER-33.txt
16fgg2-fgg4-ROVER-13.txt	35fgg3-fgg2-ROVER-33.txt
17fgg3-fgg2-ROVER-13.txt	36fgg3-fgg4-ROVER-33.txt
18fgg3-fgg4-ROVER-13.txt	37fgg3-fgg2-TRIMBLE.txt
19fgg2-fgg4-ROVER-21.txt	38fgg3-fgg2-TRIMBLE-VRS.txt

#### Statistični testi – podmapa

FGG2 po instrumentih.xlsx
FGG3 po instrumentih.xlsx
FGG4 po instrumentih.xlsx
maximalna odstopanja.txt
statistični testi A in B.txt

---

statistični testi A in B\_referenčne vrednosti.txt

statistični testi C in D vse kombinacije.txt

statistični testi C in D.txt

statistični testi C in D\_referenčne vrednosti.txt

vektor 2-3 testi C in D.docx

## **Predhodne meritve –mapa**

**gps STATIČNE MERITVE -podmapa**

**GSR1-podmapa**

**Precizne efemeride – podmapa**

**Rinexi – podmapa**

**Trimblove datoteke – podmapa**

**Kontrolne meritve – podmapa**

izmera medsebojni odnosi stebrov- klasično.fld

niveliranje stebrov.xlsx