

Kontrola prijímačov GNSS podľa STN ISO 171 23- 8

*Ing. Ján Ježko, PhD.¹
Katedra geodézie SvF STU Bratislava*

1 Úvod

Medzinárodné normy ISO 17123 špecifikujú skúšobné postupy zamerané na určovanie a odhad presnosti geodetických prístrojov a pomocného vybavenia pri meraniach v stavebníctve a geodézii. Cieľom kontroly a testovania je overenie vhodnosti použitia jednotlivých prístrojov na príslušnú úlohu a splnenie požiadaviek iných noriem.

2 Štandardizácia v geodézii

Štandardizáciu v odbore geodézia a kartografia možno definovať ako súbor opatrení, ktoré zabezpečujú jednotný výklad, terminológiu, meracie prístroje a systémy, meracie pomôcky, meradlá, metódy merania, referenčné systémy, geografické informácie, názvoslovie, charakteristiky presnosti určenia objektov a jednotlivých zobrazovaných objektov, kartografického skreslenia a sú nástrojom na záväzné používanie v celej geodetickej praxi a pozostávajú aj s týchto bodov :

- overovania a kalibrácie meracích prístrojov a pomôcok,
- tvorbe, preberaní a aktualizácii technických predpisov,
- budovaní medzinárodných, štátnych a lokálnych sietí,
- tvorby a naplňania informačných databáz (AISGKK),
- aktualizácia geografického názvoslovie,
- tvorba základných a účelových máp a pod,
- tvorby dokumentácie skutočného vyhotovenia stavby,
- vytyčovania a kontroly geometrických parametrov stavebných a strojárskych objektov,
- kontrolných dlhodobých deformačných meraní objektov a zariadení.

Súčasný trendy štandardizácie sa opierajú aj o tieto body:

- štátne normy sú nahradzované európskymi a medzinárodnými normami a predpismi,
- v oblasti geodézie a kartografie neustále vzrastanie štandardov,
- investovanie súkromného sektoru do štandardizácie a znižovanie štátnych nákladov,
- európske štandardy bývajú väčšinou totožné s medzinárodnými [3].

¹ Ing. Ján Ježko, PhD., Katedra geodézie SvF STU Bratislava, Radlinského 11, č. t. 59274338, jan.jezko@stuba.sk

2.1 Medzinárodná a európska štandardizácia

Štandardizácia na medzinárodnej úrovni je v kompetencii Medzinárodnej Organizácie pre Štandardizáciu (International Organisation for Standardisation - ISO), Medzinárodnej elektrotechnickej komisie (IEC) a Medzinárodného telegrafického a telefonického poradného výboru (CCITT), všetky so sídlom v Ženeve. Slovenská republika je od 1.7.1993 riadnym členom ISO. Orgány národných štandardov spolupracujú s ISO pri aktivitách, ktorých cieľom je zjednodušenie medzinárodnej výmeny tovaru a služieb vytvorením jednotných štandardov s globálnou platnosťou a stimulovanie spolupráce vo vedeckých, technických a ekonomických oblastiach medzi jednotlivými členskými štátmi.

Cieľom európskej štandardizácie je vytvorenie jednotného orgánu pre štandardy tak, aby vyhovoval súčasným potrebám a aplikoval ich na celý európsky trh. Túto úlohu má v kompetencii "Comité Européen de Normalisation" (CEN). Európske štandardy sú vo všeobecnosti založené na ISO štandardoch, pokiaľ sú k dispozícii. Slovenská republika je od 1.7.1993 platným členom CEN. Smerovanie štandardizácie spočíva vo vytvorení nového systému zabezpečovania technickej normalizácie, ktorý bude konformný so systémami štátov Európskej únie (EÚ). Cieľovým riešením je vydávanie identických noriem s európskymi normami a štandardmi. Táto skutočnosť predstavuje zavádzanie európskych noriem a štandardov do sústavy Slovenských technických noriem (STN), čo v najkratšom čase so súbežnou previerkou existujúcej sústavy noriem a nadväzne zrušením tých noriem, ktoré sú v rozpore so zavádzanými európskymi normami [3].

2.2 Technické predpisy (normy)

Technická norma je predpis, ktorý stanovuje najvýhodnejšie riešenie opakujúcej sa úlohy, spracovaný, prerokovaný, schválený a vyhlásený podľa predpisov o technickej normalizácii [4].

Technická normalizácia je činnosť, ktorá pre opakujúce sa úlohy zisťuje, určuje a uplatňuje najvýhodnejšie riešenie, najmä z hľadiska hospodárnosti, akosti a bezpečnosti. Cieľom technickej normalizácie je vytváranie podmienok na hospodárnosť pri výrobe a výmene, stanovenie požiadaviek na bezpečnosť, ochranu zdravia a životného prostredia, ochranu záujmov spotrebiteľov, vytváranie prostriedkov dorozumenia v hospodárskych vzťahoch a odstraňovanie technických prekážok v medzinárodnom obchode. Spôsob uskutočňovania technickej normalizácie, vyhlasovanie jej výsledkov, vydávanie príslušných dokumentov a stanovenie miery ich záväznosti určujú právne predpisy jednotlivých krajín a príslušné medzinárodné dohovory.

Ústredným orgánom pre oblasť technickej normalizácie na Slovensku je Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo (ÚNMS) SR, ktorého výkonnou zložkou riešiacou a vypracúvajúcou normy je Slovenský ústav technickej normalizácie (SÚTN). Technické normy na Slovensku vydáva SÚTN. Sú odborným návodom na najvýhodnejšie, najkvalitnejšie a najhospodárnejšie riešenie príslušného problému. Zavádzajú poriadok a disciplínu do výroby, sú prostriedkom právneho rozhodovania vo veciach technického rázu, prostriedkom dorozumievania medzi výrobcom a odberateľom, majú riadiacu, racionalizačnú, integračnú funkciu. Technické normy nie sú zákonom záväzné, ale odporúčané ako jedno s kritérií pre prax. Záväznými sa stávajú

uvedením do zmluvy o vyhotovení diela na podnet investora. Technické predpisy používané v SR nám reprezentuje tab. 1.

Tab. 1: Technické predpisy používané v SR

Skratka	Názov predpisu	Vydavateľ
ISO	Medzinárodné normy	SÚTN
EN	Európske normy	SÚTN
STN	Slovenské technické	SÚTN
PN	Podnikové normy	podniky
S	Smernice	ÚGKK
I	Inštrukcie	ÚGKK
MN	Metodické návody	ÚGKK
TP	Technologické	ÚGKK

2.2.1 Technické normy na testovanie geodetických prístrojov

Pred zahájením geodetických, kontrolných, vytyčovacích a overovacích meraní, kde sú potrebné údaje o presnosti, je dôležité aby merač zistil, či presnosť používaného prístrojového vybavenia a pomôcok spĺňa kritéria danej meračskej úlohy. K zisteniu či prístroje a pomôcky spĺňajú kritéria presnosti je potrebné vykonať skúšobné merania k jej zisteniu s použitím určitého prístroja a príslušenstva k meračským prácam. Aby testovanie a skúšobne meranie malo opodstatnený význam treba aby sa podmienky pri testovaní meraní približovali reálnym podmienkam v teréne. Tieto podmienky by mali zahrňovať zmeny v teplote vzduchu, rýchlosť vetra, oblačnosť a viditeľnosť. Výber postupov testovania je navrhnutý tak aby vo veľkej miere boli eliminované systematické chyby. Postupy pre určenie presnosti vyžadujú opakovanie meraní počas krátkeho časového intervalu s rovnakým prístrojovým vybavením a s rovnakým meračom. Tieto podmienky a postupy sú definované v jednotlivých normách.

2.3 Členenie a obsah STN ISO 17 123

Oblasť kontroly a testovania geodetických prístrojov reprezentuje sada noriem STN ISO 17 123. Skladá sa z 8 častí, kde slovenskou legislatívou boli prijaté časti 2 až 8. STN ISO 17 123 pozostáva z častí 2 až 8, ktoré boli vydané 1.2.2010 :

- Optika a optické prístroje. Postupy na skúšanie geodetických prístrojov. *Časť 2: Nivelačné prístroje,*
- Optika a optické prístroje. Postupy na skúšanie geodetických prístrojov. *Časť 3: Teodolity,*
- Optika a optické prístroje. Postupy na skúšanie geodetických prístrojov. *Časť 4: Elektrooptické dial'komery,*
- Optika a optické prístroje. Postupy na skúšanie geodetických prístrojov. *Časť 5: Elektronické tachymetre,*
- Optika a optické prístroje. Postupy na skúšanie geodetických prístrojov. *Časť 6: Rotačné laserové prístroje,*
- Optika a optické prístroje. Postupy na skúšanie geodetických prístrojov. *Časť 7: Optické prevažovacie prístroje,*

- Optika a optické prístroje. Postupy na skúšanie geodetických prístrojov. *Časť 8: GNSS meracie systémy pracujúce kinematickou metódou v reálnom čase.*

Tri z uvedených noriem (STN ISO 17123-4, 5, 6) prešli v roku 2012 revíziou a zmenami a v VI/2013 boli navrhnuté na prevzatie do sústavy STN v originály (s národným predhovorom, s nasledujúcim označením a názvami:

- STN ISO 17123-4: 2013. Optika a optické prístroje. Postupy na testovanie geodetických prístrojov. Časť 4 : Elektrooptické diaľkomery (meranie na odrazové hranoly),.
- STN ISO 17123-5: 2013. Optika a optické prístroje – Postupy na testovanie geodetických prístrojov. Časť 5 : Univerzálne meracie stanice.,
- STN ISO 17123-6: 2013. Optika a optické prístroje. Postupy na testovanie geodetických prístrojov. Časť 6 : Rotačné laserové prístroje.

3 Testovanie geodetických prístrojov podľa STN ISO 171 23-GNSS meracie systémy pracujúce kinematickou metódou v reálnom čase

Globálne navigačné satelitné systémy (Global Navigation Satellite Systems – GNSS) umožňujú rýchle určovanie polohy, presného času a orientácie v trojrozmernom súradnicovom systéme.

3.1 Postupy a realizácia testovacích meraní podľa STN ISO 171 23 - GNSS meracie systémy pracujúce kinematickou metódou v reálnom čase

Pred samotnou realizáciou meranie je nutné zabezpečiť zariadenia a pomôcky, ktoré sú doporučené výrobcom GNSS aparatury. Pre dosiahnutie požadovanej presnosti pre danú meračskú úlohu je potrebné zohľadniť minimálny počet merateľných družíc, minimálny čas observácie, maximálnu hodnotu PDOP (faktor zníženia presnosti v polohe), ktorý udáva výrobca. Výsledky testu sú ovplyvnené viacerými faktormi ako konfigurácia družíc, vplyv ionosféry a troposféry, multiplath (viaccestné šírenie signálu – antény prijímajú aj odrazený signál).

3.1.1 Konfigurácia pri meraní

V časti technickej normy venovanej GNSS meracím systémom pracujúcim kinematickou metódou v reálnom čase sa odporúča na testovanie používať prístrojové vybavenie pozostávajúce s nepohyblivého prijímača (bázy) a s dvoch pohybujúcich sa prijímačov (roverov). GNSS RTK s využitím fyzickej stanice (bázy) sa v súčasnej geodetickej praxi používa ojedinelej. Vzdialenosť medzi fyzickou referenčnou a roverom, ktorý sa pohybuje je dosť malá, čo ma za následok nízku elimináciu systematických vplyvov ako vplyv troposféry a ionosféry, efekt multiplath a pod. Referenčnú stanicu (bázu) môžeme nahradiť sieťou referenčných staníc, na Slovensku je to SKPOS. Služba SKPOS umožňuje vygenerovať virtuálnu referenčnú stanicu v blízkosti meraného bodu (rovera). Korekčné údaje sú určené vzhľadom k tejto virtuálnej stanici v reálnom čase a sú k dispozícii 24 hodín denne. Využitie siete permanentných staníc umožňuje efektívnejšie eliminovať systematické vplyvy a tým aj dosiahnuť vyššiu presnosť.

Pri vykonávaní testovacích meraní bola použitá metóda merania v reálnom čase s využitím siete permanentných staníc na Slovensku (SKPOS). SKPOS primárne zabezpečuje určovanie priestorovej polohy v ETRS 89 a v realizácii národného rovinného súradnicového systému JTSK03. Pri tejto metóde sú získané priamo súradnice x , y , h v JTSK03.

Testovacie pole pozostáva s dvoch bodov, (boli umiestnené na streche budovy Stavebnej fakulty Slovenskej technickej univerzity v Bratislave). Rozmiestnenie bodov by má byť v blízkosti plánovanej meračskej úlohy a ich vzdialenosť sa má pohybovať v rozmedzí od 2m do 20m. Body boli stabilizované na kovových pilieroch medzi ktorými je vzdialenosť cca 11m. Na bode č.1 bol umiestnený GNSS prijímač Trimble R8 v.č. 4723133985 na bode č.2 prijímač Trimble R6 v.č. 4820152424. Umiestnenie prijímačov je na obr.1.

Vzdialenosti a prevýšenia medzi bodmi testovacieho poľa je potrebné určiť metódami, ktorých presnosť je vyššia ako 3mm. Dĺžka bola určená univerzálnou meracou stanicou Leica TCR 407, (dĺžková presnosť udávaná výrobcom je 2 mm + 2 ppm).



Obr. 1 : Poloha bodu č.1 – Trimble R8 (vľavo), bod č.2 – Trimble R6 (vpravo) [2]

Tab. 2 : Nominálne hodnoty dĺžok medzi bodmi 1 a 2[2]

Nominálne hodnoty	
Vodorovná dĺžka	Prevýšenie
[m]	[m]
11,576	0,264



Obr. 2 : *Určenie hodnôt dĺžky univerzálnou meracou stanicou Leica TCR 407[2]*

Séria meraní pozostáva z piatich skupín, kde každá skupina meraní obsahuje meranie na oboch bodoch pre rover. Medzi jednotlivými skupinami je päť minútový časový interval, jedna séria trvá 25 minút. Celý tento cyklus merania by mal v čo najväčšej miere eliminovať vplyv viaccestného odrazu (multiplath). Časový interval medzi jednotlivými skupinami vyžaduje odstup 90 min. Stredná chyba vypočítaná so všetkých meraní vyjadruje mieru presnosti počas merania, vrátane väčšiny negatívnych vplyvom pri určovaní polohy bodu družicovou metódou.

3.1.2 Zjednodušená testovacia metóda

Zjednodušená testovacia metóda pozostáva z jednej série meraní a poskytuje odhad, či presnosť použitého prístroja je v rámci stanovenej krajnej odchýlky [1].

Na obidvoch bodoch vykonáme päť skupín meraní v rámci jednej série. Postupnosť merania je uvedené v tab.3, kde $x_{i,j,k}$, $y_{i,j,k}$ a $h_{i,j,k}$ sú namerané súradnice v lokálnom súradnicovom systéme. Index i je poradové číslo série, index j skupinu merania a k označuje číslo bodu.

Tab. 3: *Postupnosť meraní v jednej sérii*

Poradové číslo	Séria i	Skupina j	Č. bodu k	Merané hodnoty		
				x	y	h
1	1	1	1	$x_{1,1,1}$	$y_{1,1,1}$	$h_{1,1,1}$
2	1	1	2	$x_{1,1,2}$	$y_{1,1,2}$	$h_{1,1,2}$
3	1	2	1	$x_{1,2,1}$	$y_{1,2,1}$	$h_{1,2,1}$
4	1	2	2	$x_{1,2,2}$	$y_{1,2,2}$	$h_{1,2,2}$
5	1	3	1	$x_{1,3,1}$	$y_{1,3,1}$	$h_{1,3,1}$
6	1	3	2	$x_{1,3,2}$	$y_{1,3,2}$	$h_{1,3,2}$
7	1	4	1	$x_{1,4,1}$	$y_{1,4,1}$	$h_{1,4,1}$
8	1	4	2	$x_{1,4,2}$	$y_{1,4,2}$	$h_{1,4,2}$
9	1	5	1	$x_{1,5,1}$	$y_{1,5,1}$	$h_{1,5,1}$
10	1	5	2	$x_{1,5,2}$	$y_{1,5,2}$	$h_{1,5,2}$

Výpočet

Porovnaním nominálnych hodnôt s jednotlivými meraniami vieme odhaliť hrubé chyby. Pre každú skupinu j ($= 1, \dots, 5$) v sérii i ($= 1$) vypočítame vodorovnú vzdialenosť a prevýšenie medzi bodmi 1 a 2. Ďalším krokom je výpočet odchýlok od nominálnych hodnôt.

$$\begin{aligned}
 D_{i,j} &= \sqrt{(x_{i,j,2} - x_{i,j,1})^2 + (y_{i,j,2} - y_{i,j,1})^2} \\
 \Delta h_{i,j} &= h_{i,j,2} - h_{i,j,1} \\
 \varepsilon D_{i,j} &= D_{i,j} - D^* \\
 \varepsilon \Delta h_{i,j} &= \Delta h_{i,j} - \Delta h^*
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

kde: $x_{i,j,k}, y_{i,j,k}, h_{i,j,k}$ sú namerané hodnoty súradníc x, y, h ,
 $D_{i,j}, \Delta h_{i,j}$ je vypočítaná vodorovná vzdialenosť, resp. prevýšenie,
 $D^*, \Delta h^*$ sú nominálne hodnoty vodorovnej vzdialenosti, resp. prevýšenia,
 $\varepsilon D_{i,j}, \varepsilon \Delta h_{i,j}$ sú odchýlky vodorovnej polohy, resp. prevýšenia.

Ak odchýlky nespĺňajú niektorú z nasledujúcich podmienok v tom prípade je nutné meranie opakovať.

$$\begin{aligned}
 |\varepsilon D_{i,j}| &\leq 2,5 \cdot \sqrt{2} \cdot s_{x,y} \\
 |\varepsilon \Delta h_{i,j}| &\leq 2,5 \cdot \sqrt{2} \cdot s_h
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

kde $s_{x,y}$ a s_h sú hodnoty vopred určené úplnou testovacou metódou, alebo sa použijú hodnoty udávané výrobcom.

Pre jednoduchú testovaciu metódu boli použité hodnoty, ktoré udáva výrobca prijímačov. Hodnoty pre $s_{x,y}$ a s_h Trimble R6 a Trimble R8 sú rovnaké, hodnota $s_{x,y} = 10\text{mm}$ a $s_h = 20\text{mm}$. Po dosadení hodnôt udávaných výrobcom majú krajné dovolené odchýlky nasledujúce hodnoty: $|\varepsilon D_{i,j}| = 35,4\text{mm}$ a $|\varepsilon \Delta h_{i,j}| = 70,7\text{mm}$. Výsledky experimentálnych meraní touto metódou sú uvedené v tab.4.

Tab. 4: Namerané údaje s vypočítanými odchýlkami [2]

Por. číslo	Skupina j	Bod k	Merané hodnoty			Vodorovná vzdialenosť $D_{i,j}$	Prevýšenie $\Delta h_{i,j}$	Odchýlky od nominálnych hodnôt ¹	
			x	y	h			$\varepsilon D_{i,j}$	$\varepsilon \Delta h_{i,j}$
			[m]	[m]	[m]			[mm]	[mm]
1	1	1	1 279 936.714	573 185.072	172.953				
2	1	2	1 279 943.990	573 176.128	173.234	11.530	0.272	46	17
3	2	1	1 279 936.706	573 185.070	172.960				
4	2	2	1 279 943.996	573 176.125	173.230	11.539	0.269	37	6
5	3	1	1 279 936.699	573 185.075	172.963				
6	3	2	1 279 943.990	573 176.128	173.234	11.542	0.270	35	7
7	4	1	1 279 936.704	573 185.071	172.964				

8	4	2	1 279 943.995	573 176.122	173.229	11.543	0.268	33	1
9	5	1	1 279 936.702	573 185.074	172.961				
10	5	2	1 279 943.998	573 176.124	173.232	11.547	0.267	29	7

¹ Nominálna hodnota pre vodorovnú vzdialenosť $D^*=11,576$ m a pre prevýšenie $\Delta h^*=0,264$ m

Z tab. 4 vyplýva, že všetky vypočítané odchýlky spĺňajú podmienku uvedenú vo vzťahu (3.2) až na dve hodnoty pri určení dĺžky, z toho dôvodu meranie netreba opakovať. Hodnovernejšie výsledky testovania dostaneme pri úplnej testovacej metóde, ktorá je uvedená ďalej.

3.1.3 Úplná testovacia metóda

Úplná testovacia metóda slúži na určenie najlepšej dosiahnuteľnej presnosti testovanej aparatury. Meranie pozostáva z troch sérií, ktoré sú oddelené 90 minútovým časovým intervalom. Poradie merania v jednotlivých sériách je podobné ako pri jednoduchej testovacej metóde [1]. Namerané údaje vzhľadom na obmedzený rozsah príspevku sú uvedené vo [2].

Výpočet sa vykonáva v dvoch krokoch. V prvom kroku sa jednotlivé merania porovnávajú s nominálnymi hodnotami, s cieľom odhalenia hrubých chýb pri meraní. Približné hodnoty meraných veličín sa vypočítajú podľa nasledujúcich vzťahov [1]:

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \frac{1}{15} \cdot \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 x_{i,j,k} \\ \bar{y} &= \frac{1}{15} \cdot \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 y_{i,j,k} \quad k = 1, 2 \\ \bar{h} &= \frac{1}{15} \cdot \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 h_{i,j,k}\end{aligned}\quad (3)$$

Opravy pre všetky tri série meraní sa vypočítajú nasledovne:

$$\begin{aligned}r_{x\ i,j,k} &= \bar{x}_k - x_{i,j,k} \\ r_{y\ i,j,k} &= \bar{y}_k - y_{i,j,k} \quad k = 1, 2, \quad j = 1, \dots, 5, \quad i = 1, 2, 3 \\ r_{h\ i,j,k} &= \bar{h}_k - h_{i,j,k}\end{aligned}\quad (4)$$

Suma štvorcov sa pre x , y a h vypočíta samostatne:

$$\begin{aligned}\sum r_x^2 &= \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^2 r_{x\ i,j,k}^2 \\ \sum r_y^2 &= \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^2 r_{y\ i,j,k}^2 \\ \sum r_h^2 &= \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^2 r_{h\ i,j,k}^2\end{aligned}\quad (5)$$

Počet stupňov voľnosti je pre x , y , a h identický:

$$v_x = v_y = v_z = (m \cdot n - 1) \cdot p = (3 \cdot 5 - 1) \cdot 2 = 28, \quad (6)$$

kde: m je počet sérií (3),
 n je počet skupín v sérii (5),

p je počet meraných bodov (2).

Posledným krokom je výpočet stredných chýb pre jednotlivé merania x , y a h [1] :

$$\begin{aligned} s_x &= \sqrt{\frac{\sum r_x^2}{v_x}} \\ s_y &= \sqrt{\frac{\sum r_y^2}{v_y}} \\ s_h &= \sqrt{\frac{\sum r_h^2}{v_h}} \end{aligned} \quad , \quad (7)$$

pričom platí:

$$s_{ISO-GNSS RTK-x,y} = \sqrt{s_x^2 + s_y^2} \quad , \quad (8)$$

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

kde:

$s_{ISO-GNSS RTK-x,y}$ je empirická stredná chyba určenia polohy (x , y),

$s_{ISO-GNSS RTK-h}$ je empirická stredná chyba určenia výšky (h).

Tab.5: Empirické štandardné odchýlky GNSS meraní metódou RTK[2]

Empirické štandardné odchýlky GNSS meraní metódou RTK					
Epocha	s_x [mm]	s_y [mm]	s_h [mm]	$s_{ISO-GNSS RTK-x,y}$ [mm]	$s_{ISO-GNSS RTK-h}$ [mm]
1	3,8	2,6	3,7	4,6	3,7
2	2,8	3,1	5,2	4,2	5,2

Štatistické testy

Štatistické testy je doporučené používať pri testovaní podľa tejto časti ISO 17 123. Tieto štatistické testy sa dajú použiť len pre úplnú testovaciu metódu [1].

Tab. 6 : Štatistické testy

Otázka	Nulová hypotéza	Alternatívna hypotéza
a)	$s_{ISO-GNSS RTK-x,y} \leq \sigma_{xy}$	$s_{ISO-GNSS RTK-x,y} > \sigma_{xy}$
b)	$s_{ISO-GNSS RTK-h} \leq \sigma_h$	$s_{ISO-GNSS RTK-h} > \sigma_h$
c)	$\sigma_{xy} = \tilde{\sigma}_{xy}$	$\sigma_{xy} \neq \tilde{\sigma}_{xy}$
d)	$\sigma_h = \tilde{\sigma}_h$	$\sigma_h \neq \tilde{\sigma}_h$

- Vypočítaná empirická štandardná odchýlka $s_{ISO-GNSS RTK-x,y}$ určenia polohy menšia ako jej prislúchajúca hodnota σ_{xy} udávaná výrobcom alebo menšia ako iná definovaná hodnota?
- Vypočítaná empirická štandardná odchýlka $s_{ISO-GNSS RTK-h}$ určenia polohy menšia ako jej prislúchajúca hodnota σ_h udávaná výrobcom alebo menšia ako iná definovaná hodnota?

- c) Patria dve empirické štandardné odchýlky $s_{ISO-GNSS\ RTK-x,y}$ a $\tilde{s}_{ISO-GNSS\ RTK-x,y}$, určené z dvoch rôznych súborov nezávislých meraní do rovnakého rozdelenia pravdepodobnosti, za predpokladu že obe vzorky rovnaký počet stupňov voľnosti?
- d) Patria dve empirické štandardné odchýlky $s_{ISO-GNSS\ RTK-h}$ a $\tilde{s}_{ISO-GNSS\ RTK-h}$, určené z dvoch rôznych súborov nezávislých meraní do rovnakého rozdelenia pravdepodobnosti, za predpokladu že obe vzorky rovnaký počet stupňov voľnosti?

Hodnoty empirických štandardných odchýlok s a \tilde{s} môžu byť získané z [1]:

- dvoch sérií meraní vykonaných tým istým prístrojom,
- dvoch sérií meraní vykonaných s rôznymi prístrojmi.

Pri týchto štatistických testoch sa uvažuje hladina významnosti $\alpha = 0.05$ a počet stupňov voľnosti $v_x + v_y = 56$, $v_h = 28$ [1].

Otázka a)

Nulová hypotéza H_0 sa nezamieta ak je splnené:

$$s_{ISO-GNSS\ RTK-x,y} \leq \sigma_{xy} \cdot \sqrt{\frac{\chi_{1-\alpha}^2 (v_x + v_y)}{v_x + v_y}} \quad (10)$$

$$s_{ISO-GNSS\ RTK-x,y} \leq \sigma_{xy} \cdot \sqrt{\frac{\chi_{0,95}^2 (56)}{56}} \quad (11)$$

$$\chi_{0,95}^2 (56) = 74,47 \quad (12)$$

$$s_{ISO-GNSS\ RTK-x,y} \leq \sigma_{xy} \cdot \sqrt{\frac{74,47}{56}} = \sigma_{xy} \cdot 1,15 \quad (13)$$

GNSS aparatúra Trimble [2]:

1 meranie: $4,6 < 11,5$,

2 meranie: $4,2 < 11,5$, t.j.v oboch prípadoch sa nulová hypotéza nezamieta.

Otázka b)

Nulová hypotéza H_0 sa nezamieta ak je splnené:

$$s_{ISO-GNSS\ RTK-h} \leq \sigma_h \cdot \sqrt{\frac{\chi_{1-\alpha}^2 v_h}{v_h}} \quad (14)$$

$$s_{ISO-GNSS\ RTK-h} \leq \sigma_h \cdot \sqrt{\frac{\chi_{0,95}^2 (28)}{28}} \quad (15)$$

$$\chi_{0,95}^2 (28) = 41,34 \quad (16)$$

$$s_{ISO-GNSS\ RTK-h} \leq \sigma_h \cdot \sqrt{\frac{41,34}{28}} = \sigma_{xy} \cdot 1,22 \quad (17)$$

GNSS aparátúra Trimble [2]:

1 meranie: $3,7 < 24,4$,

2 meranie: $5,2 < 24,4$, t.j.v oboch prípadoch sa nulová hypotéza nezamieta.

Otázka c)

Nulová hypotéza H_0 sa nezamieta ak je splnené:

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(\tilde{v}_x + \tilde{v}_y, v_x + v_y)} \leq \frac{s_{ISO-GNSS RTK-x,y}^2}{\tilde{s}_{ISO-GNSS RTK-x,y}^2} \leq F_{1-\alpha/2}(\tilde{v}_x + \tilde{v}_y, v_x + v_y) \quad (18)$$

$$\frac{1}{F_{0,975}(56,56)} \leq \frac{s_{ISO-GNSS RTK-x,y}^2}{\tilde{s}_{ISO-GNSS RTK-x,y}^2} \leq F_{0,975}(56,56) \quad (19)$$

$$F_{0,975}(56,56) = 1,70 \quad (20)$$

$$0,59 \leq \frac{s_{ISO-GNSS RTK-x,y}^2}{\tilde{s}_{ISO-GNSS RTK-x,y}^2} \leq 1,70 \quad (21)$$

GNSS aparátúra Trimble [2]:

$0,59 < 1,19 < 1,70$, t.j. sa nulová hypotéza nezamieta.

Otázka d)

Nulová hypotéza H_0 sa nezamieta ak je splnené:

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

$$\frac{1}{F_{0,975}(28,28)} \leq \frac{s_{ISO-GNSS RTK-h}^2}{\tilde{s}_{ISO-GNSS RTK-h}^2} \leq F_{0,975}(28,28) \quad (23)$$

$$F_{0,975}(28,28) = 2,13 \quad (24)$$

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

GNSS aparátúra Trimble [2]:

$0,47 < 0,51 < 2,13$, t.j. sa nulová hypotéza nezamieta.

4 Záver

Testovanie geodetických prístrojov a pomôcok sa v súčasnosti stáva nevyhnutnou súčasťou geodetických prác. Technické normy stanovujú kritéria a požiadavky, ktoré sú kladené na vybrané skupiny prístrojov. Normy napriek tomu, že nie sú záväzné, ale odporúčané, umožňujú efektívne určiť spoľahlivosť daného prístrojového vybavenia a voľbu metódy pre konkrétnu meračskú úlohu.

V prípade testovania podľa STN ISO 17 123 – 8, pre oba GNSS prijímače bola použité jednoduchá i úplná testovacia metóda. Jednoduchou testovacou metódou bolo

zistené, že presnosť použitých prístrojov čiastočne zodpovedá požiadavkám tejto normy. Vykonané štatistické testy podľa úplnej testovacej metódy potvrdili, že oba prístroje vyhovujú otázkam *a)* až *d)* uvedenej normy.

Literatúra:

- [1] STN ISO 17123-8: 2010 Optika a optické prístroje – Postupy na testovanie geodetických prístrojov. 8. časť: GNSS meracie systémy pracujúce kinematickou metódou v reálnom čase.
- [2] BUJŇÁK, L. : Testovanie geodetických prístrojov podľa STN ISO 17 123. Diplomová práca. Katedra geodézie SvF STU Bratislava. Vedúci práce: Ing. Ján Ježko, PhD. Bratislava, 2012, 55s.
- [3] JEŽKO, J.: Testovanie a kalibrácia geodetických prístrojov z pohľadu technických noriem. In.: Interdisciplinárne aplikácie geodézie, inžinierskej geodézie a fotogrametrie. Bratislava, Katedra geodézie SvF STU, 2008, 10 s., (CD ROM) ISBN 978-80-227-2938-3.