



TESTOVANIE PRIJÍMAČOV GNSS PODĽA STN ISO 17123-8 POSTUP A VÝSLEDKY

TESTING OF GNSS RECEIVERS ACCORDING TO THE STN ISO 17123-8 PROCEDURE AND RESULTS





Testovanie geodetických prístrojov - STN ISO 17 123

- pred zahájením geodetických prác - poznať kvalitu vybavenia,
- testovanie podľa STN ISO 17 123 potvrdí (vylúči) – či presnosť

Oblasť kontroly a testovania geodetických prístrojov reprezentuje sada noriem STN ISO 17 123. Časť 2 – 8:

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 diaľkomery (meranie na odrazové hranoly),

Optika a optické prístroje. Postupy na skúšanie geodetických prístrojov. **Časť 5:**
Univerzálne meracie stanice,

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.



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

- metóda merania v reálnom čase s využitím siete permanentných staníc na Slovensku (SKPOS),
- testovacie pole - dva body, (na streche budovy SvF STU v BA),
- rozmiestnenie bodov podobné ako pri plánovanej meračskej úlohe, v rozmedzí od 2m do 20m,
- body stabilizované - konzola + pilier, (vzdialenosť cca 11m), bod č.1 bol - GNSS prijímač Trimble R8, bod č.2 prijímač Trimble R6. (obr.)





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

- kontrolovaná – určovaná dĺžka + prevýšenie,
- nominálne hodnoty určené univerzálnou meracou stanicou Leica TCR 407,

Nominálne hodnoty

Vodorovná dĺžka

Prevýšenie

[m]

[m]

11,576

0,264





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

- zjednodušená testovacia metóda - jedna séria meraní,
- poskytuje odhad, či presnosť použitého prístroja je v rámci stanovenej krajnej odchýlky,

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	$x_{1,5,2}$	$y_{1,5,2}$	$h_{1,5,2}$

$$D_{i,j} = \sqrt{(x_{i,j,2} - x_{i,j,1})^2 + (y_{i,j,2} - y_{i,j,1})^2}$$

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

$$\varepsilon D_{i,j} = D_{i,j} - D^*$$

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

$$|\varepsilon D_{i,j}| \leq 2,5 \cdot \sqrt{2} \cdot s_{x,y} = 35.4 \text{ mm}$$

$$|\varepsilon \Delta h_{i,j}| \leq 2,5 \cdot \sqrt{2} \cdot s_h = 70.7 \text{ mm}$$

- kde $s_{x,y}$ a s_h sú hodnoty **vopred** určené úplnou testovacou metódou, alebo sa použijú **hodnoty udávané výrobcom** (pre R6 a R8 použité hodnoty **$s_{x,y} = 10 \text{ mm}$ a $s_h = 20 \text{ mm}$**)



Namerané údaje s vypočítanými odchýlkami (35,4mm, 70,7mm):

Por. číslo	Skupina <i>j</i>	Bod <i>k</i>	Merané hodnoty			Vodorovná vzdialenosť $D_{i,j}$	Prevýšenie $\Delta h_{i,j}$	Odchýlky od nominálnych hodnôt ¹	
			<i>x</i>	<i>y</i>	<i>h</i>			$\epsilon D_{i,j}$	$\epsilon \Delta h_{i,j}$
			[m]	[m]	[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 $D^* = \underline{11,576 \text{ m}}$ a pre prevýšenie $\Delta h^* = \underline{0,264 \text{ m}}$



• úplná testovacia metóda :

- meranie pozostáva z troch sérii, ktoré sú oddelené 90 minútovým časovým intervalom,
- poradie merania v jednotlivých sériách je podobné ako pri jednoduchšej testovacej metóde,
- výpočet sa vykonáva v dvoch krokoch,
- v prvom kroku sa jednotlivé merania porovnávajú s nominálnymi hodnotami,
- hodnoty meraných veličín sa vypočítajú podľa nasledujúcich vzťahov:

$$\bar{x} = \frac{1}{15} \cdot \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 x_{i,j,k}$$

$$\bar{y} = \frac{1}{15} \cdot \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 y_{i,j,k}$$

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

• výpočet opráv pre 3 série:

$$r_{x\ i,j,k} = \bar{x}_k - x_{i,j,k}$$

$$r_{y\ i,j,k} = \bar{y}_k - y_{i,j,k}$$

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

• suma štvorcov sa pre x , y a h :

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

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

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



Štatistická analýza dosiahnutých výsledkov :

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

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum r_x^2}{v_x}}$$

$$S_{ISO-GNSS RTK-x,y} = \sqrt{s_x^2 + s_y^2}$$

$$S_{ISO-GNSS RTK-h} = s_h$$

pričom platí:

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



Štatistická analýza dosiahnutých výsledkov :

- štatistické testy sa dajú použiť **len pre úplnú** testovaciu metódu,
- je vypočítaná empirická štandardná odchýlka $S_{ISO-GNSS RTK-x,y}$ určenia polohy menšia (rovná) ako jej prislúchajúca hodnota udávaná výrobcom alebo ako iná definovaná hodnota?
- je vypočítaná empirická štandardná odchýlka $S_{ISO-GNSS RTK-h}$ určenia výšky menšia (rovná) ako jej prislúchajúca hodnota udávaná výrobcom alebo ako iná definovaná hodnota?
- patria dve empirické štandardné odchýlky $S_{x,y}$ a $\hat{S}_{x,y}$ určené z dvoch rôznych súborov nezávislých meraní do rovnakého rozdelenia pravdepodobnosti, (obe vzorky rovnaký počet stupňov voľnosti)

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)	$S_{x,y} = \hat{S}_{x,y}$	$S_{x,y} \neq \hat{S}_{x,y}$
d)	$S_h = \hat{S}_h$	$S_h \neq \hat{S}_h$



Štatistická analýza dosiahnutých výsledkov :

- hodnoty empirických štandardných odchýlok a môžu byť získané z:
- dvoch sérií meraní vykonaných tým istým prístrojom,
- dvoch sérií meraní vykonaných s rôznymi prístrojmi,
- pri štatistických testoch sa uvažuje hladina významnosti $\alpha = 0,05$ a počet stupňov voľnosti $v_x + v_y = 56$ a $v_h = 28$,
- po vyčíslení (otázka a)-nulová hypotéza H_0 sa nezamieta ak je splnené:

$$\sqrt{s^2 (v_x + v_y)}$$

- je vypočítaná empirická štandardná odchýlka $S_{ISO-GNSS RTK-x,y}$ určenia polohy menšia (rovná) ako jej prislúchajúca hodnota udávaná výrobcom alebo ako iná definovaná hodnota (10mm)?

$$S_{ISO-GNSS RTK-x,y} \leq \sigma_{xy} \cdot \sqrt{\frac{74,47}{56}}$$

$$S_{ISO-GNSS RTK-x,y} \leq \sigma_{xy} \cdot \sqrt{\frac{74,47}{56}} = \sigma_{xy} \cdot 1,15$$

- 1 meranie: $4,6 < 11,5$,
- 2 meranie: $4,2 < 11,5$ - v oboch prípadoch sa nulová hypotéza nezamieta.



Štatistická analýza dosiahnutých výsledkov – otázka b) - nulová hypotéza H_0 sa nezamieta ak je splnené: :

$$S_{ISO-GNSS RTK-h} \leq \sigma_h \cdot \sqrt{\frac{\chi_{1-\alpha}^2 \nu_h}{\nu}}$$

• je vypočítaná empirická štandardná odchýlka $S_{ISO-GNSS RTK-h}$ určenia výšky menšia (rovná) ako jej prislúchajúca hodnota udávaná výrobcom alebo iná definovaná hodnota (20mm)?

$$S_{ISO-GNSS RTK-h} \geq \sigma_h \cdot \sqrt{\frac{41,34}{28}}$$

$$S_{ISO-GNSS RTK-h} \leq \sigma_h \cdot \sqrt{\frac{41,34}{28}} = \sigma_h \cdot 1,22$$

•1 meranie: $3,7 < 24,4$

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



Štatistická analýza dosiahnutých výsledkov – otázka c) - nulová hypotéza H_0 sa nezamieta ak je splnené: :

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

• patria dve empirické štandardné odchýlky $s_{x,y}$ a $\hat{s}_{x,y}$ ($4,6^2/4,2^2$) určené z dvoch rôznych súborov nezávislých meraní do rovnakého rozdelenia pravdepodobnosti, (obe vzorky rovnaký počet stupňov voľnosti)

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

$$0,59 \leq \frac{S^2_{ISO-GNSS RTK-x,y}}{\tilde{S}^2_{ISO-GNSS RTK-x,y}} \leq 1,70$$

• $0,59 < 1,20 < 1,70$, t.j. sa nulová hypotéza nezamieta.



Štatistická analýza dosiahnutých výsledkov – otázka d) - nulová hypotéza H_0 sa nezamieta ak je splnené: :

$$1 - \frac{s^2_{ISO-GNSS RTK-h}}{\tilde{s}^2_{ISO-GNSS RTK-h}} \leq F_{0,975}(\tilde{\nu}_1, \nu_2)$$

• patria dve empirické štandardné odchýlky s_h a \hat{s}_h ($3,7^2/5,2^2$) určené z dvoch rôznych súborov nezávislých meraní do rovnakého rozdelenia pravdepodobnosti, (obe vzorky rovnaký počet stupňov voľnosti)

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

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

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



ZÁVER

Výsledky 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 meranie a štatistické testy podľa úplnej testovacej metódy potvrdili, že oba prístroje vyhovujú otázkam *a)* až *d)* uvedenej normy.

Ďakujem za pozornosť