

POSTUP A VÝSLEDKY TESTOVANIA DIGITÁLNYCH NIVELAČNÝCH PRÍSTROJOV PODĽA STN ISO 17 123-2

Ježko J.

1. ÚVOD

Norma STN ISO 171 23-2 patrí do radu noriem z oblasti pôsobnosti medzinárodnej technickej komisie ISO/TC 172/SC 6 – „Optics and optical instruments /Geodetic and surveying instruments“ (Optika a optické prístroje/Geodetické a meracie prístroje). Rieši postup testovania nivelačných prístrojov bez rozlíšenia typu prístroja, (je určená pre všetky typy nivelačných prístrojov). Podobne ako ostatné normy z tejto rady noriem na testovanie vybraných geodetických prístrojov bola do sústavy STN prevzatá v roku 2010 (zoznam noriem uvedený v [2]) sa skladá sa z dvoch častí – postupov [1, 2, 4]:

- zjednodušená metodika testovania (vhodná pre prístroje používané v stavebnej praxi – prístroje nižšej triedy presnosti),
- úplná metodika testovania (vhodná pre prístroje určené na presnú niveláciu, aplikácie v inžinierskej geodézii – prístroje vyššej triedy presnosti).

Predmetom testovania podľa tejto normy boli dva digitálne nivelačné prístroje používané pri meraní posunov v inžinierskej geodézii i pri meraní v Štátnej nivelačnej sieti (ŠNS) - Trimble DiNi 12 a Trimble DiNi Digital level (obr. 1.1, 1.2).

2. TESTOVANIE NIVELAČNÝCH PRÍSTROJOV – ZJEDNODUŠENÝ POSTUP

Táto časť ISO 17123 špecifikuje skúšobné postupy, zamerané na určovanie a odhad presnosti nivelačných prístrojov a pomocného vybavenia pri meraniach v stavebníctve a geodézii. Cieľom týchto skúšok je najmä overenie vhodnosti jednotlivých prístrojov na príslušnú úlohu a splnenie požiadaviek iných noriem. Postupy sú určené na skúšanie prístrojov v teréne bez potreby ďalších zariadení a sú navrhnuté tak, aby bol minimalizovaný vplyv atmosférických podmienok na výsledok testu [4].



Obr. 1.1: Trimble DiNi 12 [3]



Obr. 1.2: Trimble DiNi Digital level [3]

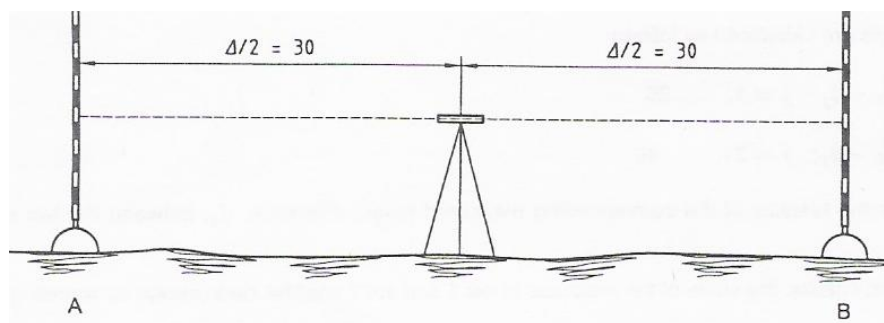
1.1 Zjednodušená metodika testovania

Metodika je určená na zisťovanie presnosti optických nivelačných prístrojov používaných na plošnú niveláciu a na úlohy v bežnej stavebnej praxi s možnosťou používania nerovnakých dĺžok zámer.

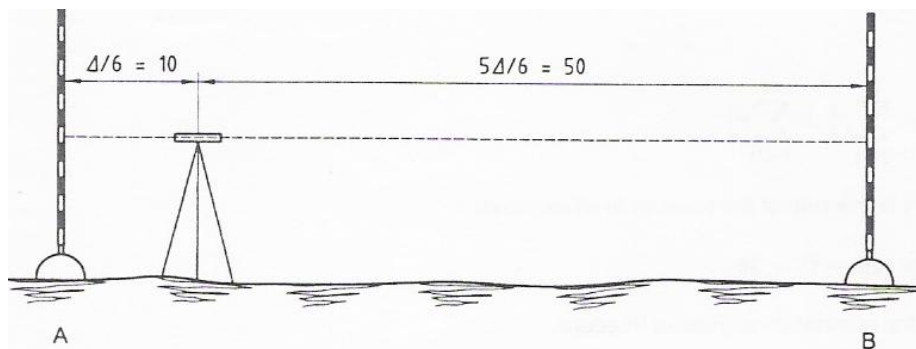
Postup je založený na určení prevýšenia medzi dvoma bodmi (približne 60 m vzdialenými), ktoré je považované za skutočnú (správnu) hodnotu. Rozdiel medzi meraným prevýšením s nerovnakými dĺžkami zámer a hodnotou prevýšenia považovanou za skutočnú (získanú z merania s rovnako dlhými zámerami) určuje, či testovaný prístroj vyhovuje stanovenej krajnej odchýlke pre plánovanú meračskú úlohu [4].

Konfigurácia testovacej priamky

Pre zníženie vplyvu refrakcie na minimum, je vhodné na realizáciu skúšky vybrať vodorovné územie (obr. 1.3, 1.4)



Obr. 1.3



Obr. 1.4

Postup merania

Pred meraním je potrebné nechať prístroj aklimatizovať s vonkajším prostredím (2 min. na 1°C teplotného rozdielu). Potom nasleduje meranie dvoch sérií. V prvej sérii sa prístroj postaví približne do stredu medzi dva body A,B ($\Delta/2 = 30$ m). Táto konfigurácia minimalizuje vplyv refrakcie a chyby optickej sústavy (obr. 1.3). Séria merania pozostáva z 10 meraní, pričom každé meranie pozostáva z odčítania zámery vzad $x_{A,j}$, na bode A a jedného odčítania vpred $x_{B,j}$, na bode B. Medzi každým párom odčítaní je treba zmeniť mierne polohu prístroja a znovu urovnať a odčítať nové hodnoty. Po piatich meraniach (x_{A1} , x_{B1} , x_{A5} , x_{B5}) sa merania vzad a vpred vymenia pre ďalších päť meraní (x_{A6} , x_{B6} , x_{A10} , x_{B10}). V druhej sérii je potrebné prístroj postaviť približne v polohe $\Delta/6 = 10$ m od bodu A a $5\Delta/6 = 50$ m od bodu B (obr. 1.4). Takto sa realizuje ďalších desať meraní rovnakým postupom ako pri prvej sérii [4].

2 Úplná testovacia metodika

Táto metodika sa používa na zisťovanie najlepšej dosiahnuteľnej presnosti vybraného – testovaného nivelačného prístroja v terénnych podmienkach a vyžaduje rovnaké dĺžky zámer (max. odchýlka 10%). Doporučené dĺžky zámer sú 30 m. Sklon zámernej osi sa touto testovacou metodikou nedá určiť, ale táto chyba nemá vplyv na empirickú strednú chybu, ani na rozdiel začiatku delenia nivelačných lát pri používaní rovnakých dĺžok zámer. Pred určením chyby zámernej osi musí byť prístroj skontrolovaný podľa užívateľskej príručky (kontrola hlavnej podmienky NP, kap. 1 - STN ISO 171 23-2, 2010).

Konfigurácia testovacej priamky

Pre zníženie vplyvu refrakcie na minimum, je vhodné na realizáciu skúšky vybrať vodorovné územie, terén by mal byť kompaktný, povrch rovnorodý, pričom je potrebné sa vyhnúť cestám, pokrytým asfaltom alebo betónom. V prípade, že na prístroj svieti priame slnečné svetlo, je ho potrebné chrániť, napr. dáždnikom. Dva body (A a B) sú stabilizované približne vo vzdialenosti $\Delta = 60$ m), nivelačný prístroj je potrebné postaviť približne do stredu medzi tieto dva body ($\Delta/2 = 30 \text{ m} \pm 3 \text{ m}$) pre zníženie vplyvu refrakcie a vplyvu nevodorovnosti zámernej osi (obr. 1.3). Na získanie spoľahlivých výsledkov je potrebné zaistiť pri meraní zvislú polohu lát počas celého testovania, napr. pomocou oporných paličiek.

Postup merania

Pred meraním je potrebné nechať prístroj aklimatizovať s vonkajším prostredím (2 min. na 1°C teplotného rozdielu). Pre testovanie je potrebné realizovať dve série meraní. Prvá séria pozostáva z 20 párov odčítaní, pričom každé meranie pozostáva z jedného odčítania zámeru vzad $x_{A,j}$, na bode A a jedného odčítania vpred $x_{B,j}$, na bode B. Medzi každým párom odčítaní je treba prístroj zdvihnúť, položiť na mierne odlišné miesto, znovu urovnať. Po desiatich meraniach ($x_{A1}, x_{B1}, \dots, x_{A10}, x_{B10}$) sa merania vzad a vpred vymenia pre ďalších desať meraní ($x_{A11}, x_{B11}, \dots, x_{A20}, x_{B20}$). Potom sa vymenia laty na bodoch A a B a celý postup sa opäť dvadsaťkrát zopakuje ($x_{A21}, x_{B21}, \dots, x_{A30}, x_{B30}, x_{A31}, x_{B31}, \dots, x_{A40}, x_{B40}$) rovnakým postupom ako pri prvej sérii testovania [4].

3. MATEMATICKO-ŠTATISTICKÁ ANALÝZA MERANÝCH ÚDAJOV PODĽA MEDZINÁRODNEJ NORMY STN ISO 17123 - 2 NIVELAČNÉ PRÍSTROJE

Matematicko-štatistická analýza meraných údajov sa delí podľa použitej metodiky testovania (zjednodušená alebo úplná).

3.1 Spracovanie výsledkov testovania pri zjednodušenej metodike

Prevýšenie pri testovaní je určené vzťahom:

$$h_j = x_{A,j} - x_{B,j}; \quad j = 1, \dots, 10, \quad (3.1)$$

kde h_j je rozdiel medzi odčítaním vzad $x_{A,j}$ a odčítaním vpred $x_{B,j}$.

$$\bar{h}_1 = \frac{\sum_{j=1}^{10} h_j}{10}, \quad (3.2)$$

kde $\bar{h}_1$ je priemerná hodnota prevýšenia h_j prvej série meraní. Hodnota $\bar{h}_1$ je považovaná za skutočnú hodnotu prevýšenia medzi bodmi A a B.

$$v_j = \bar{h}_1 - h_j \quad j = 1, \dots, 10, \quad (3.3)$$

kde v_j je oprava príslušného meraného výškového rozdielu h_j prvej série meraní. Ako počtárska kontrola slúži suma opráv jednej série. Mala by sa rovnať nule (s výnimkou chýb zo zaokrúhľovania).

$$\sum_{j=1}^{10} v_j = 0. \quad (3.4)$$

Údaje získané z merania prístrojom Trimble DiNi 12, ako aj vypočítané, priemerné prevýšenia a opravy sa nachádzajú v tab. 3.1 a 3.2, [3].

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{10} v_j^2}{n}}, \quad (3.5)$$

kde :

$\sum_{j=1}^{10} v_j^2$ je suma štvorcov opráv v_j prvej série a $n = 10 - 1 = 9$ je príslušný počet stupňov voľnosti (počet nadbytočných meraní), σ_0 je empirická chyba výškového rozdielu, získaná z prvej série meraní (tab. 3.3).

$$\bar{h}_2 = \frac{\sum_{j=11}^{20} h_j}{10}, \quad (3.6)$$

kde $\bar{h}_2$ je priemerná hodnota výškových rozdielov h_j druhej série meraní. Rozdiel $\bar{h}_1 - \bar{h}_2$ musí byť v rámci krajnej odchýlky p (napr. podľa ISO 4463-1) pre plánovanú meračskú úlohu. Ak p nie je dané, v tom prípade rozdiel musí spĺňať podmienku $|\bar{h}_1 - \bar{h}_2| < 2,5 \cdot \sigma_0$, kde σ_0 je empirická stredná chyba vypočítaná podľa rovnice (3.5).

Tab. 3.1 Merané hodnoty, prevýšenia a opravy : Zjednodušená testovacia metodika:
Laboratórne podmienky (Trimble DiNi 12)

j	$x_{A,j}$ [mm]	$x_{B,j}$ [mm]	h_j [mm]	v_j [mm]	v_j^2 [mm]	j	$x_{A,j}$ [mm]	$x_{B,j}$ [mm]	h_j [mm]
1	1471,51	1465,94	5,57	-0,267	0,071289	11	1449,85	1444,13	5,72
2	1468,96	1463,64	5,32	-0,017	0,000289	12	1433,25	1427,73	5,52
3	1453,74	1448,27	5,47	-0,167	0,027889	13	1415,18	1409,83	5,35
4	1442,37	1437,23	5,14	0,163	0,026569	14	1427,87	1422,25	5,62
5	1423,68	1418,39	5,29	0,013	0,000169	15	1443,82	1437,94	5,88
6	1407,69	1402,48	5,21	0,093	0,008649	16	1452,31	1446,85	5,46
7	1388,99	1383,76	5,23	0,073	0,005329	17	1437,90	1432,28	5,62
8	1376,06	1370,77	5,29	0,013	0,000169	18	1430,55	1424,97	5,58
9	1398,08	1392,85	5,23	0,073	0,005329	19	1416,27	1410,74	5,53
10	1415,28	1410,00	5,28	0,023	0,000529	20	1428,10	1422,47	5,63
Σ	14246,36	14193,33	53,03	0,000	0,146210	Σ	14335,1	14279,19	55,91
$\bar{h}$			5,303			$\bar{h}$			5,591

Tab. 3.2 Merané hodnoty, prevýšenia a opravy : Zjednodušená testovacia metodika: Terénne podmienky (Trimble DiNi 12)

j	$x_{A,i}[\text{mm}]$	$x_{B,i}[\text{mm}]$	$h_i[\text{mm}]$	$v_i[\text{mm}]$	$v_i^2[\text{mm}]$	j	$x_{A,i}[\text{mm}]$	$x_{B,i}[\text{mm}]$	$h_i[\text{mm}]$
1	1900,57	752,95	1147,62	0,128	0,016384	11	1756,42	609,08	1147,34
2	1884,42	736,82	1147,60	0,148	0,021904	12	1742,62	595,12	1147,50
3	1870,63	722,78	1147,85	-0,102	0,010404	13	1727,17	579,79	1147,38
4	1879,84	731,99	1147,85	-0,102	0,010404	14	1714,63	567,22	1147,41
5	1856,92	709,05	1147,87	-0,122	0,014884	15	1734,61	587,15	1147,46
6	1836,07	688,43	1147,64	0,108	0,011664	16	1749,52	602,11	1147,41
7	1820,01	672,19	1147,82	-0,072	0,005184	17	1734,48	586,91	1147,57
8	1833,55	685,82	1147,73	0,018	0,000324	18	1717,38	570,01	1147,37
9	1851,83	703,88	1147,95	-0,202	0,040804	19	1735,71	588,28	1147,43
10	1833,5	685,95	1147,55	0,198	0,039204	20	1752,84	605,36	1147,48
Σ	18567,34	7089,86	11477,48	0,000	0,171160	Σ	17365,38	5891,03	11474,35
$\bar{h}$			1147,748			$\bar{h}$			1147,435

Podobne boli získané aj údaje zjednodušenou testovacou metodikou pri použití prístroja Trimble DiNi Digital level, pre veľký rozsah sú uvedené len výsledky v tab. 3.3.

Tab. 3.3: Vypočítané hodnoty pre použité prístroje pri rozdielných podmienkach

Trimble DiNi 12	Laboratórne podmienky	Terénne podmienky
σ_0	0,13 mm	0,14 mm
$ \bar{h}_1 - \bar{h}_2 $	0,29 mm	0,31 mm
2,5. σ_0	0,33 mm	0,35 mm
Trimble DiNi Digital level	Laboratórne podmienky	Terénne podmienky
σ_0	0,13 mm	0,13 mm
$ \bar{h}_1 - \bar{h}_2 $	0,11 mm	0,32 mm
2,5. σ_0	0, 33 mm	0,33 mm

V riešenej úlohe je rozdiel $|\bar{h}_1 - \bar{h}_2|$ vždy menší (v laboratórnych i terénnych podmienkach) ako $2,5\sigma_0$.

Ak je rozdiel $|\bar{h}_1 - \bar{h}_2|$ príliš veľký, indikuje to nadmernú nespoľahlivosť merania pri veľkých dĺžkach zámer (50 m), a z toho vyplývajúce chyby z odčítania, refrakcie a chybu zámernej osi. V takomto prípade je treba:

- skontrolovať chyby zámernej osi podľa užívateľského manuálu,
- zredukovať maximálnu dĺžku zámer.

3.2 Spracovanie údajov získaných úplnou testovacou metodikou

Úplná testovacia metodika bola taktiež použitá pri oboch prístrojoch (Trimble DiNi 12 a Trimble DiNi Digital level).

Prevýšenie medzi jednotlivými bodmi získame na základe vzťahu:

$$h_j = x_{A,j} - x_{B,j}; \quad j=1, \dots, 40, \quad (3.7)$$

kde h_j je rozdiel medzi odčítaním vzad $x_{A,j}$ a odčítaním vpred $x_{B,j}$.

$$\bar{h}_1 = \frac{\sum_{j=1}^{20} h_j}{20}, \quad (3.8)$$

kde $\bar{h}_1$ je priemerná hodnota výškových rozdielov h_j prvej série meraní.

$$\bar{h}_2 = \frac{\sum_{j=21}^{40} h_j}{20}, \quad (3.9)$$

kde $\bar{h}_2$ je priemerná hodnota výškových rozdielov h_j druhej série meraní.

Opravy sa vypočítajú nasledovne:

$$v_j = \bar{h}_1 - h_j \quad j=1, \dots, 20, \quad (3.10)$$

$$v_j = \bar{h}_2 - h_j \quad j=21, \dots, 40, \quad (3.11)$$

kde v_j je oprava príslušného meraného prevýšenia h_j medzi bodmi A a B.

Ako počtárska kontrola slúži suma opráv oboch sérií. Mali by sa rovnať nule (s výnimkou chýb zo zaokrúhľovania).

$$\sum_{j=1}^{20} v_j = 0, \quad (3.12)$$

$$\sum_{j=21}^{40} v_j = 0. \quad (3.13)$$

$$\sum_{j=1}^{40} v_j^2 = \sum_{j=1}^{20} v_j^2 + \sum_{j=21}^{40} v_j^2, \quad (3.14)$$

kde $\sum_{j=1}^{40} v_j^2$ je suma štvorcov všetkých opráv.

Empirická stredná chyba σ_0 je platná pre prevýšenie vo vzdialenosti 60 m:

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{40} v_j^2}{n}}, \quad (3.15)$$

$n = 2 \cdot (20 - 1) = 38$, kde n je počet stupňov voľnosti.

$$\sigma_{ISO-LEV} = \frac{\sigma_0}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{1000m}{60m}} = \sigma_0 \cdot 2.89, \quad (3.16)$$

kde $\sigma_{ISO-LEV}$ je empirická stredná kilometrová chyba pri meraní tam a späť (STN ISO 171 23-2, 2010).

Údaje získané úplnou testovacou metodikou pre prístroj Trimble DiNi 12 sú uvedené podľa [3] v tab. 3.4 a 3.5. Údaje získané úplnou testovacou metodikou pri použití prístroja Trimble DiNi Digital level nie sú uvedené pre obmedzený rozsah príspevku.

Tab 3.4: Merané hodnoty, prevýšenia a opravy: Úplná testovacia metodika: Trimble DiNi 12 (Laboratórne podmienky)

j	x _{A,i} [mm]	x _{B,i} [mm]	h _i [mm]	v _i [mm]	v _i [mm ²]	j	x _{A,i} [mm]	x _{B,i} [mm]	h _i [mm]	v _i [mm]	v _i [mm ²]
1	1517,40	1504,94	12,46	-0,052	0,002704	21	1567,48	1555,19	12,29	0,140	0,019460
2	1501,60	1489,13	12,47	-0,062	0,003844	22	1587,34	1575,01	12,33	0,100	0,009900
3	1484,08	1471,59	12,49	-0,082	0,006724	23	1571,86	1559,38	12,48	-0,050	0,002550
4	1508,59	1496,36	12,23	0,178	0,031684	24	1553,95	1541,65	12,30	0,130	0,016770
5	1536,73	1524,28	12,45	-0,042	0,001764	25	1538,49	1525,94	12,55	-0,120	0,014520
6	1561,47	1548,94	12,53	-0,122	0,014884	26	1558,12	1545,55	12,57	-0,140	0,019740
7	1539,73	1527,50	12,23	0,178	0,031684	27	1575,96	1563,41	12,55	-0,120	0,014520
8	1519,53	1507,03	12,50	-0,092	0,008464	28	1596,14	1583,84	12,30	0,129	0,016770
9	1502,00	1489,55	12,45	-0,042	0,001764	29	1615,98	1603,47	12,51	-0,080	0,006480
10	1531,17	1518,68	12,49	-0,082	0,006724	30	1597,22	1585,01	12,21	0,219	0,048180
11	1510,19	1497,66	12,53	-0,122	0,014884	31	1578,35	1565,84	12,51	-0,080	0,006480
12	1537,99	1525,44	12,55	-0,142	0,020164	32	1560,07	1547,75	12,32	0,110	0,011990
13	1559,03	1546,76	12,27	0,138	0,019044	33	1546,28	1533,89	12,39	0,040	0,001560
14	1536,34	1524,12	12,22	0,188	0,035344	34	1564,64	1552,11	12,53	-0,101	0,010100
15	1519,20	1506,69	12,51	-0,102	0,010404	35	1550,64	1538,37	12,27	0,159	0,025440
16	1545,01	1532,47	12,54	-0,132	0,017424	36	1571,19	1558,85	12,34	0,089	0,008010
17	1567,51	1555,18	12,33	0,078	0,006084	37	1592,28	1579,79	12,49	-0,061	0,003660
18	1586,96	1574,58	12,38	0,028	0,000784	38	1576,16	1563,68	12,48	-0,051	0,002550
19	1567,27	1555,03	12,24	0,168	0,028224	39	1558,70	1546,13	12,57	-0,140	0,019740
20	1549,23	1536,94	12,29	0,118	0,013924	40	1583,61	1571,01	12,60	-0,170	0,029070
Σ	30681,03	30432,87	248,16	0,000	0,276520	Σ	31444,46	31195,87	248,59	0,000	0,287495
$\bar{h}$			12,408			$\bar{h}$			12,430		

Tab. 3.5: Merané hodnoty, prevýšenia a opravy: Úplná testovacia metodika: Trimble DiNi 12 (Terénne podmienky)

j	$x_{A,j}[\text{mm}]$	$x_{B,j}[\text{mm}]$	$h_j[\text{mm}]$	$v_j[\text{mm}]$	$v_j[\text{mm}^2]$	j	$x_{A,j}[\text{mm}]$	$x_{B,j}[\text{mm}]$	$h_j[\text{mm}]$	$v_j[\text{mm}]$	$v_j[\text{mm}^2]$
1	1941,64	596,85	1344,79	0,124	0,015252	21	1925,29	580,28	1345,01	-0,031	0,000930
2	1938,28	593,22	1345,06	-0,146	0,021462	22	1936,52	591,68	1344,84	0,139	0,019460
3	1930,08	585,04	1345,04	-0,126	0,016002	23	1945,30	600,47	1344,83	0,149	0,022350
4	1918,34	573,30	1345,04	-0,126	0,016002	24	1936,88	591,86	1345,02	-0,041	0,001640
5	1912,59	567,80	1344,79	0,124	0,015252	25	1924,08	579,21	1344,87	0,109	0,011990
6	1925,41	580,45	1344,96	-0,046	0,002162	26	1937,73	592,62	1345,11	-0,131	0,017030
7	1933,48	588,70	1344,78	0,134	0,017822	27	1921,66	576,59	1345,07	-0,091	0,008190
8	1942,36	597,66	1344,70	0,214	0,045582	28	1934,71	589,70	1345,01	-0,031	0,000930
9	1935,60	590,67	1344,93	-0,016	0,000272	29	1951,76	607,02	1344,74	0,239	0,057360
10	1932,14	587,35	1344,79	0,124	0,015252	30	1935,70	590,62	1345,08	-0,101	0,010100
11	1927,13	582,16	1344,97	-0,057	0,003192	31	1923,55	578,72	1344,83	0,149	0,022350
12	1937,27	592,31	1344,96	-0,046	0,002162	32	1939,35	594,53	1344,82	0,159	0,025440
13	1930,00	585,02	1344,98	-0,066	0,004422	33	1947,64	602,52	1345,12	-0,141	0,019740
14	1920,82	576,04	1344,78	0,134	0,017822	34	1930,26	585,34	1344,92	0,059	0,003540
15	1913,62	568,63	1344,99	-0,076	0,005852	35	1917,61	572,45	1345,16	-0,181	0,032580
16	1925,91	580,78	1345,13	-0,216	0,046872	36	1902,09	556,99	1345,10	-0,121	0,014520
17	1935,10	590,10	1345,00	-0,086	0,007482	37	1929,98	584,95	1345,03	-0,051	0,002550
18	1943,04	598,04	1345,00	-0,086	0,007482	38	1945,75	600,69	1345,06	-0,081	0,006480
19	1932,36	587,59	1344,77	0,144	0,020592	39	1935,87	590,93	1344,94	0,039	0,001560
20	1925,11	580,30	1344,81	0,104	0,010712	40	1919,27	574,24	1345,03	-0,051	0,002550
Σ	38600,28	11702,01	26898,27	0,000	0,291655	Σ	38641,00	11741,41	26899,59	0,000	0,281295
$\bar{h}$			1344,914			$\bar{h}$			1344,980		

Konkrétne vypočítané hodnoty pri úplnej testovacej metodike (sumy štvorcov všetkých opráv, empirické stredné chyby, empirické stredné kilometrové chyby) pre obidva prístroje, ktoré sme vypočítali použitím vyššie uvedených vzorcov (3.7 až 3.16) sa nachádzajú v tab. 3.6, [3].

Tab. 3.6: Vypočítané hodnoty pre použité prístroje v laboratórnych a terénnych podmienkach, [3].

Trimble DiNi 12	Laboratórne podmienky	Terénne podmienky
$\sum_{j=1}^{40} v_j^2$	0,564 mm ²	0,573 mm ²
σ_0	0,12 mm	0,12 mm
$\sigma_{\text{ISO-LEV}}$	0,34 mm	0,35 mm
Trimble DiNi Digital level	Laboratórne podmienky	Terénne podmienky
$\sum_{j=1}^{40} v_j^2$	0,488 mm ²	0,631 mm ²
σ_0	0,11 mm	0,13 mm
$\sigma_{\text{ISO-LEV}}$	0,32 mm	0,36 mm

Štatistické testy

Štatistické testy sú odporúčané len pre úplnú testovaciu metodiku. Poskytujú odpovede na tri otázky (tab. 3.7):

- Je vypočítaná empirická stredná chyba σ_0 menšia ako príslušná hodnota σ , udávaná výrobcom alebo menšia ako iná definovaná hodnota σ ?
- Patria dve empirické stredné chyby σ_0 a $\tilde{\sigma}_0$ získané z dvoch nezávislých meraní do rovnakého rozdelenia pravdepodobnosti, za predpokladu že obe merania majú rovnaký počet stupňov voľnosti?

Empirické stredné chyby σ_0 a $\tilde{\sigma}_0$ môžu byť získané z:

- dvoch sérií meraní vykonaných tým istým prístrojom ale rôznymi meračmi,
- dvoch sérií meraní vykonaných tým istým prístrojom v odlišných časoch,
- dvoch sérií meraní vykonaných s rôznymi prístrojmi.

- Je rozdiel δ v začiatkoch delenia stupníc nivelačných lát rovný nule?

Pre nasledujúce testy je uvažovaná hladina významnosti $\alpha = 0,05$ a počet stupňov voľnosti $n = 38$, [4].

Tab. 3.7: Štatistické testy

Otázka	Nulová hypotéza	Alternatívna hypotéza
a)	$\sigma_0 \leq \sigma$	$\sigma_0 > \sigma$
b)	$\sigma_0 = \tilde{\sigma}$	$\sigma_0 \neq \tilde{\sigma}$
c)	$\delta = 0$	$\delta \neq 0$

Otázka a)

Nulová hypotéza sa nezamieta ak je splnená nasledujúca podmienka:

$$\sigma_0 = \sigma \cdot \sqrt{\frac{\chi_{1-\alpha}^2(n)}{n}}, \quad (3.17)$$

$$\sigma_0 = \sigma \cdot \sqrt{\frac{\chi_{0,95}^2(38)}{38}}, \quad (3.18)$$

$$\chi_{0,95}^2(38) = 53,38, \quad (3.19)$$

$$\sigma_0 = \sigma \cdot \sqrt{\frac{53,38}{38}}, \quad (3.20)$$

$$\sigma_0 = \sigma \cdot 1,19, \quad (3.21)$$

inak sa nulová hypotéza zamieta, [4].

Tab. 3.8: Vypočítané hodnoty pre otázku a), [3].

Trimble DiNi 12	Laboratórne podmienky	Terénne podmienky
σ	0,3 mm	0,3 mm
σ_0	0,34 mm	0,35 mm
$\sigma_{1,19}$	0,36 mm	0,36 mm
Trimble DiNi Digital level	Laboratórne podmienky	Terénne podmienky
σ	0,3 mm	0,3 mm
σ_0	0,32 mm	0,36 mm
$\sigma_{1,19}$	0,36 mm	0,36 mm

Z tab. 3.8 je zrejmé, že v každom prípade je splnená podmienka $\sigma_0 \leq \sigma_{1,19}$ a preto sa nulová hypotéza na hladine významnosti $\alpha = 0,05$ nezamieta [3].

Otázka b)

Príslušná nulová hypotéza sa nezamieta ak je splnená nasledujúca podmienka:

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}}(n, n) \leq \frac{\sigma_0^2}{\tilde{\sigma}_0^2} \leq F_{1-\alpha/2}(n, n), \quad (3.22)$$

$$\frac{1}{F_{0,975}}(38, 38) \leq \frac{\sigma_0^2}{\tilde{\sigma}_0^2} \leq F_{0,975}(38, 38), \quad (3.23)$$

$$F_{0,975}(38, 38) = 1,91, \quad (3.24)$$

$$0,52 \leq \frac{\sigma_0^2}{\tilde{\sigma}_0^2} \leq 1,91, \quad (3.25)$$

Inak sa nulová hypotéza zamieta, [4].

Tab. 3.9: Vypočítané hodnoty pre otázku b), [3]

	Trimble DiNi 12	Trimble DiNi Digital level
σ_0	0,34 mm	0,35
$\tilde{\sigma}_0$	0,32 mm	0,36
$\frac{\sigma_0^2}{\tilde{\sigma}_0^2}$	1,13	0,95

Empirickú strednú chybu $\tilde{\sigma}_0$ sme získali z nezávislého merania rovnakým prístrojom, ale v rôznych časoch.

Pre obidva prístroje je uvedená podmienka $0,52 \leq \frac{\sigma_0^2}{\tilde{\sigma}_0^2} \leq 1,91$ splnená (tab. 3.9), preto sa

nulová hypotéza na hladine významnosti $\alpha = 0,05$ nezamieta.

Otázka c)

Príslušná nulová hypotéza sa nezamieta ak je splnená nasledujúca podmienka:

$$|\delta| \leq \sigma_{\delta} \cdot t_{1-\alpha/2}(n) \quad (3.26)$$

$$|\delta| \leq \sigma_{\delta} \cdot t_{0,975}(38) \quad (3.27)$$

$$\sigma_{\delta} = \frac{\sigma_0}{\sqrt{10}} \quad (3.28)$$

$$t_{0,975}(38) = 2,02 \quad (3.29)$$

$$|\delta| \leq \sigma_0 \cdot 0,64 \quad (3.30)$$

Inak sa nulová hypotéza zamietá [4].

Tab. 3.10: Vypočítané hodnoty pre otázku c.) [3]

Trimble DiNi 12	Laboratórne podmienky	Terénne podmienky
σ_0	0,12 mm	0,12 mm
δ	0,022 mm	0,066 mm
$\sigma_0 \cdot 0,64$	0,078 mm	0,078 mm
Trimble DiNi Digital level	Laboratórne podmienky	Terénne podmienky
σ_0	0,11 mm	0,13 mm
δ	0,020 mm	0,078 mm
$\sigma_0 \cdot 0,64$	0,073 mm	0,083 mm

Z tab. 3.10 je zrejmé, že pre všetky prípady je podmienka $|\delta| \leq \sigma_0 \cdot 0,64$ splnená. Preto sa nulová hypotéza na hladine významnosti $\alpha = 0,05$ nezamietá.

4. ZÁVEREREČNÉ ZHODNOTENIE TESTOVANIA

- Vybrané digitálne nivelačné prístroje (Trimble DiNi 12, Trimble DiNi Digital level) boli testované dvoma metódami, v dvoch rozličných podmienkach a splňujú požiadavky tejto normy v zmysle testovania podľa zjednodušenej testovacej metodiky. Výsledné hodnoty testovania pri zjednodušenej testovacej metodike sa nachádzajú v tab. 3.3.
- Štatistické testy preukázali tiež že oba testované prístroje (Trimble DiNi 12, Trimble DiNi Digital level) vyhovejú aj testovaniu podľa úplnej testovacej metodiky. Použité štatistické testy poskytujú odpovede na tri otázky (tab.3.7), pričom vo všetkých prípadoch možno konštatovať, že stanovená podmienka bola splnená (nulová hypotéza nebola zamietnutá).
- Výsledkom testovania podľa STN ISO 17123-2 je konštatovanie, že oba prístroje (Trimble DiNi 12, Trimble DiNi Digital level), testované na základe postupu podľa predmetnej normy a príslušných testovacích štatistík vyhovejú daným požiadavkám na meranie pre potreby v geodézii a v stavebníctve.
- Normy a ich používanie, tak ako na medzinárodnej i na národnej úrovni majú svoju nezastupiteľnú úlohu. Ich tvorba, preberanie i používanie sú nevyhnutnou zložkou v procese technickej realizácie akéhokoľvek výrobku i tovaru, vrátane geodetických a kartografických prác a služieb.

LITERATÚRA :

- [1] JEŽKO, J.: Testovanie elektronických tachymetrov podľa STN ISO 17123-5. In: Geodézia, kartografia a geografické informačné systémy 2010 : VI. vedecko-odborná konferencia s medzinárodnou účasťou. Demänovská dolina, SR, 7.-9.9.2010. -, 2010. - ISBN 978-80-553-0468-7, nestr.
- [2] JEŽKO, J. : Nové technické normy na testovanie geodetických prístrojov v praxi. In: Slovenský geodet a kartograf. - ISSN 1335-4019. - Roč. 15, č. 1 (2010), s. 20-22.
- [3] JEŽKO, J. : Overovanie kvality digitálnych nivelačných prístrojov. (Záverečná bakalárska práca). Katedra geodézie SvF STU, Bratislava 2012, 36 s.
- [4] STN ISO 17123-2:2010 Optika a optické prístroje – Postupy na testovanie geodetických prístrojov. 2. časť: Nivelačné prístroje.