

KOMPARÁTOR NA KALIBRÁCIU KRÁTKYCH DĹŽKOVÝCH MERADIEL

Pavol Kajánek, Alojz Kopáčik, Ján Erdélyi, Peter Kyrinovič

Kalibrácia nivelačných prístrojov a lát

Základné rozdelenie (z hľadiska spôsobu vyhodnotenia latového úseku):

- Systémová kalibrácia:
 - kalibrácia celého nivelačného systému (nivelačný prístroj + lata),
 - čítanie na late realizované nivelačným prístrojom,
 - podmienky pri kalibrácii zodpovedajú podmienkam pri meraní.
- Kalibrácia nivelačnej latory:
 - predmetom kalibrácie je samotná nivelačná lata,
 - poloha dielika vyhodnotená spracovaním obrazu + interferometer.

Podľa umiestnenia nivelačnej latory pri kalibrácii:

- lata v horizontálnej polohe – menší teplotný gradient,
- lata vo vertikálnej polohe – reálne umiestnenie latory pri meraní.

Predmet kalibrácie

Kritéria presnosti nivelačných lát stanovené normou DIN 18717: 1996 Precision levelling staffs:

- Maximálna hodnota opravy latového úseku:

$$\Delta l_{max} = [0,02 + 2 \cdot l \cdot 10^{-5}] mm$$

- Maximálna odchýlka prvého čítania:

$$v_{g_{max}} = 0,05 mm$$

- Maximálna hodnota koeficientu teplotnej rozťažnosti:

$$\alpha_{max} = 1 \cdot 10^{-6} K^{-1}.$$

Princíp kalibrácie

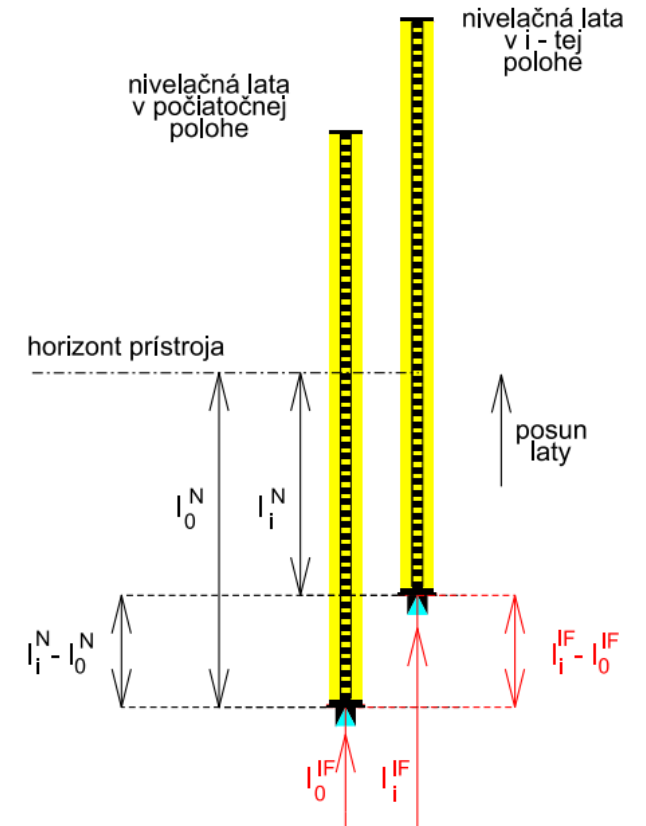
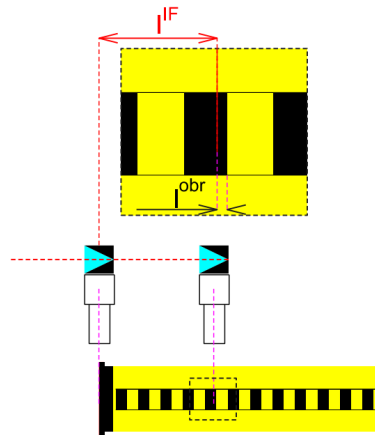
Základný princíp kalibrácie je v oboch prípadoch spoločný a je založený na porovnaní rozdielu dvoch čítaní na nivelačnej late (dĺžky latového úseku) s rozdielom čítaní (dĺžky) určenej pomocou laserinterferometra.

$$v_i = (l_i^N - l_0^N) - (l_i^{IF} - l_0^{IF})$$

$(l_i^N - l_0^N)$ - rozdiel čítaní na nivelačnej late,

$(l_i^{IF} - l_0^{IF})$ - rozdiel čítaní interferometra.

Pri kalibrácii samotnej nivelačnej laty sú opravy vyjadrené ako rozdiel medzi referenčnou a meranou polohou dielika.



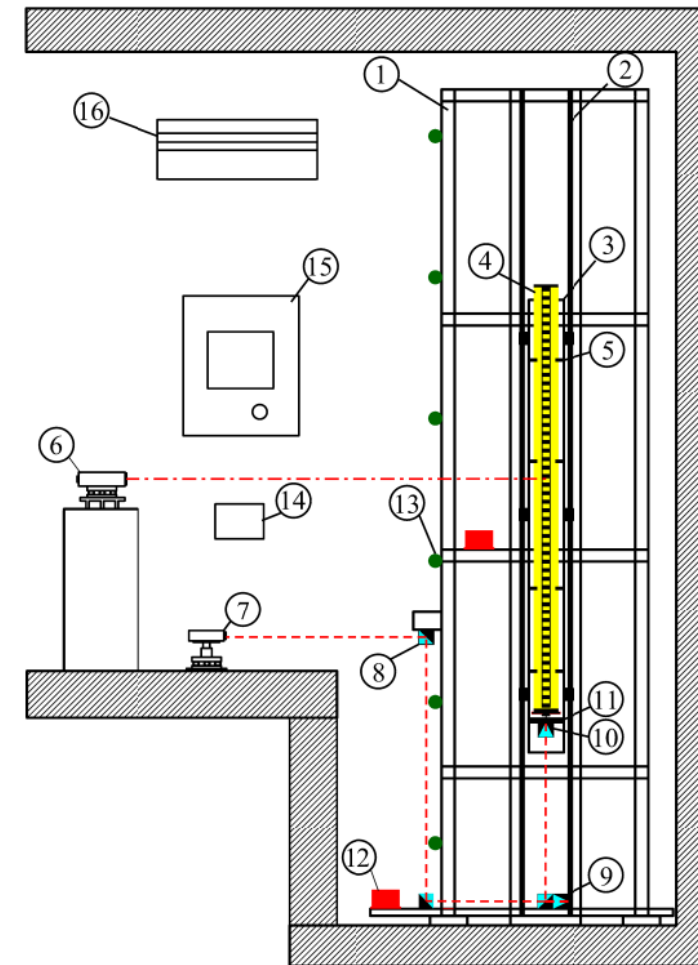
Vertikálny komparátor- systémová kalibrácia

- Konštrukcia vyhotovená z hliníkových profilov ukotvená v stene laboratória.
- Lata umiestnená vo vertikálnej polohe.
- Posun laty realizovaný krokovým motorom.
- Referenčná hodnota posunu laty je meraná interferometrom.
- Svetlá výška miestnosti 6,6 m (požiadavka pri kalibrácii 3 m lát).
- Priestory laboratória sú klimatizované (20°C , $\pm 1^{\circ}\text{C}$).
- Teplota konštrukcie meraná v 6 výškových úrovniach konštrukcie.
- Kontrola naklonenia konštrukcie v 2 výškových úrovniach.
- Proces kalibrácie je plne automatizovaný.
- Dĺžka trvania kalibrácie 3 m laty (2 opakované merania v smere TAM a SPÄŤ) pri kroku 20 mm je 2,5 hod.



Vertikálny komparátor- systémová kalibrácia

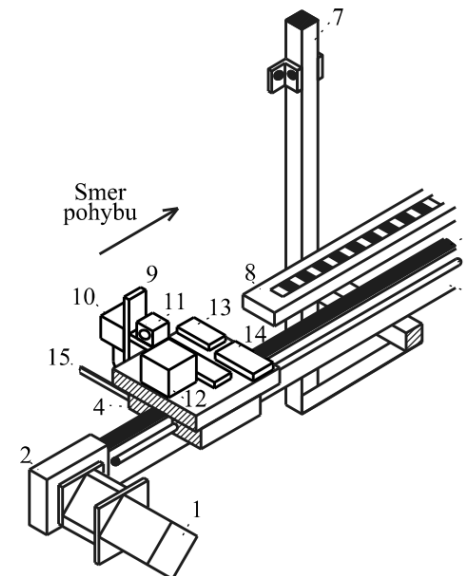
- Konštrukcia vyhotovená z hliníkových profilov ukotvená v stene laboratória.
- Lata umiestnená vo vertikálnej polohe.
- Posun lavy realizovaný krokovým motorom.
- Referenčná hodnota posunu lavy je meraná interferometrom.
- Svetlá výška miestnosti 6,6 m (požiadavka pri kalibrácii 3 m lavy).
- Priestory laboratória sú klimatizované (20°C , $\pm 1^{\circ}\text{C}$).
- Teplota konštrukcie meraná v 6 výškových úrovniach konštrukcie.
- Kontrola naklonenia konštrukcie v 2 výškových úrovniach.
- Proces kalibrácie je plne automatizovaný.
- Dĺžka trvania kalibrácie 3 m lavy (2 opakované merania v smere TAM a SPÄŤ) pri kroku 20 mm je 2,5 hod.



- 1 - nosná konštrukcia
- 2 - pojazdné kolajnice
- 3 - pohyblivá konštrukcia
- 4 - nivelačná lata
- 5 - obruč pre uchytenie nivelačnej lavy
- 6 - nivelačný prístroj
- 7 - laserinterferometer
- 8 - 90° hranol
- 9 - referenčný hranol
- 10 - odrazový hranol
- 11 - konzola pre postavenie nivelačnej lavy
- 12 - dvojosí snímač naklonenia
- 13 - snímač teploty konštrukcie
- 14 - snímač teploty vzduchu, atmosférického tlaku a relatívnej vlhkosti vzduchu
- 15 - riadiaca jednotka krokového motora
- 16 - klimatizačná jednotka

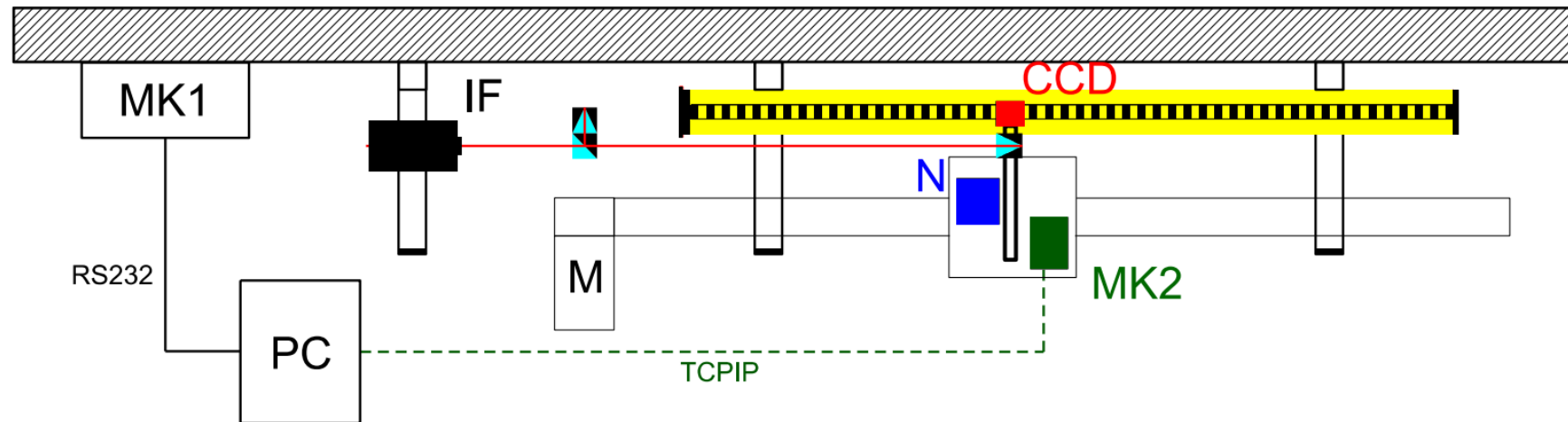
Horizontálny komparátor- kalibrácia nivelačnej laty

- základom je lineárny posuvný systém umiestnený na konzolách,
- lata umiestnená pevne na konzolách v horizontálnej polohe,
- kamera umiestnená na vozíku je posúvaná po hranách dielikov,
- naklonenie vozíka kontrolované dvojsím snímačom naklonenia,
- posun vozíka meraný interferometricky,
- proces kalibrácie je plne automatizovaný,
- jedno kalibračné meranie = 6 hod (vyhodnocuje sa každá hrana dielika - kódová lata Leica GPCL3 683 dielikov)
- funkčný princíp HK umožňuje vykonávať kalibráciu ďalších čiarkových meradiel (klasické laty, meračské pásma, základnicové laty).



- 1 - krokový motor
- 2 - remenica pre ozubený remeň
- 3 - pozdĺžny profil komparátora
- 4 - vozík umiestnený na kladkových pojazdoch
- 5 - oceľová tyč
- 6 - ozubený remeň
- 7 - nosná konzola pre konštrukciu komparátora
- 8 - nivelačná lata
- 9 - konzola pre upevnenie kamery
- 10 - kamera
- 11 - merací hranol pre interferometer
- 12 - snímač naklonenia Nivel 220
- 13 - raspberry pi
- 14 - 1x batéria 5V + 1x batéria 12V
- 15 - osvetlenie (led pásy)

Horizontálny komparátor- kalibrácia nivelačnej laty



MK1 - mikrokontrolér pre krokový motor
MK2 - mikrokontrolér pre kameru a snimač naklonenia
IF - interferometer
CCD - kamera

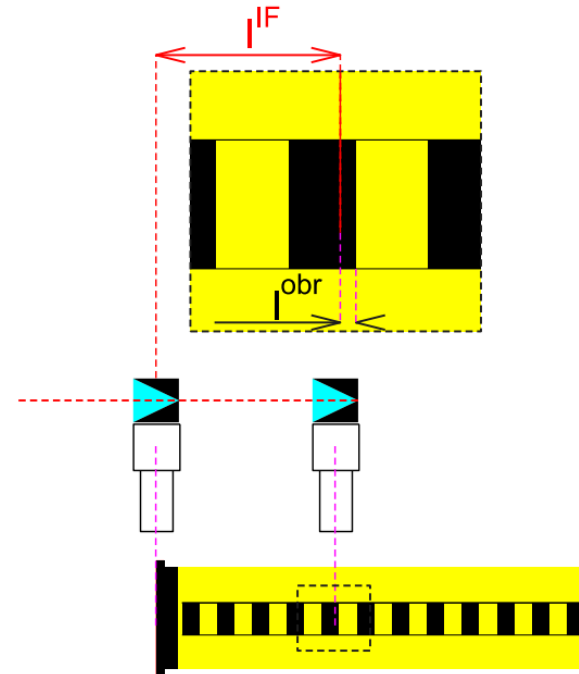
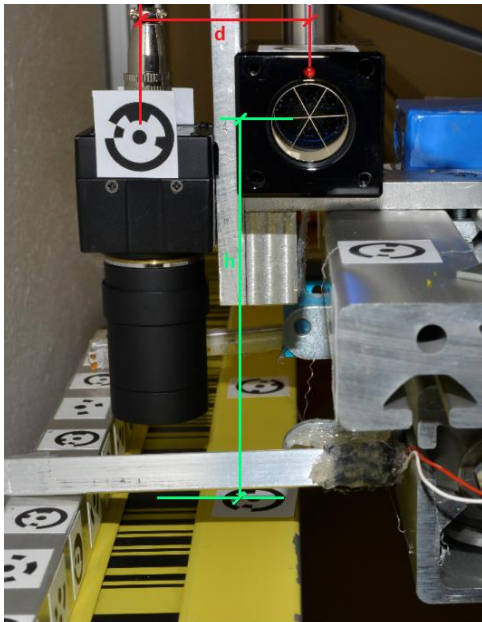
Horizontálny komparátor- kalibrácia nivelačnej laty

Poloha hrany dielika je určená na základe interferometricky meranej zmeny polohy projekčného centra kamery a spracovania obrazu:

$$l = l^{IF} + l^{obr}$$

l^{IF} - posun projekčného centra kamery meraný interferometrom (korekcia zo sklonu a stočenia kamery).

l^{obr} - vzdialenosť hrany dielika od stredu snímky.

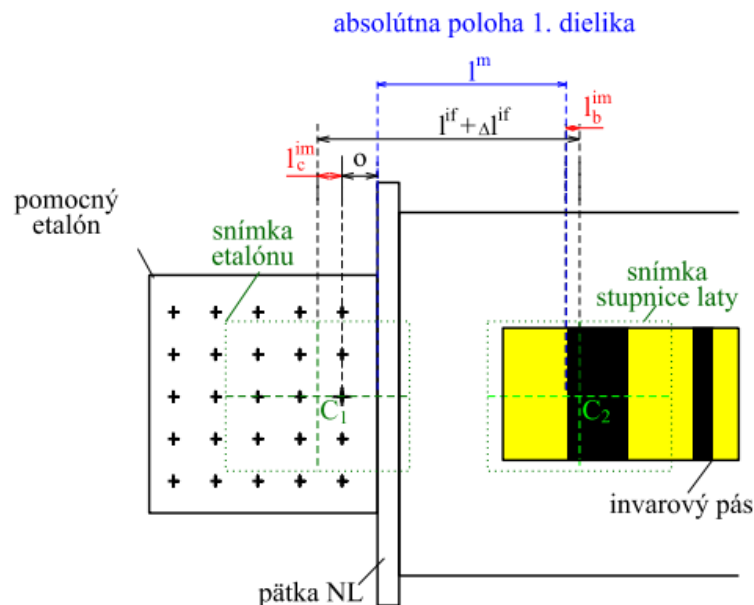


Oprava prvého čítania

Oprava prvého čítania:

- vyjadruje chybu v absolútnej polohe prvého dielika stupnice nivelačnej laty.
- pomocou nej sú všetky opravy vzťahnuté k pätku nivelačnej laty.

Poloha prvého dielika:



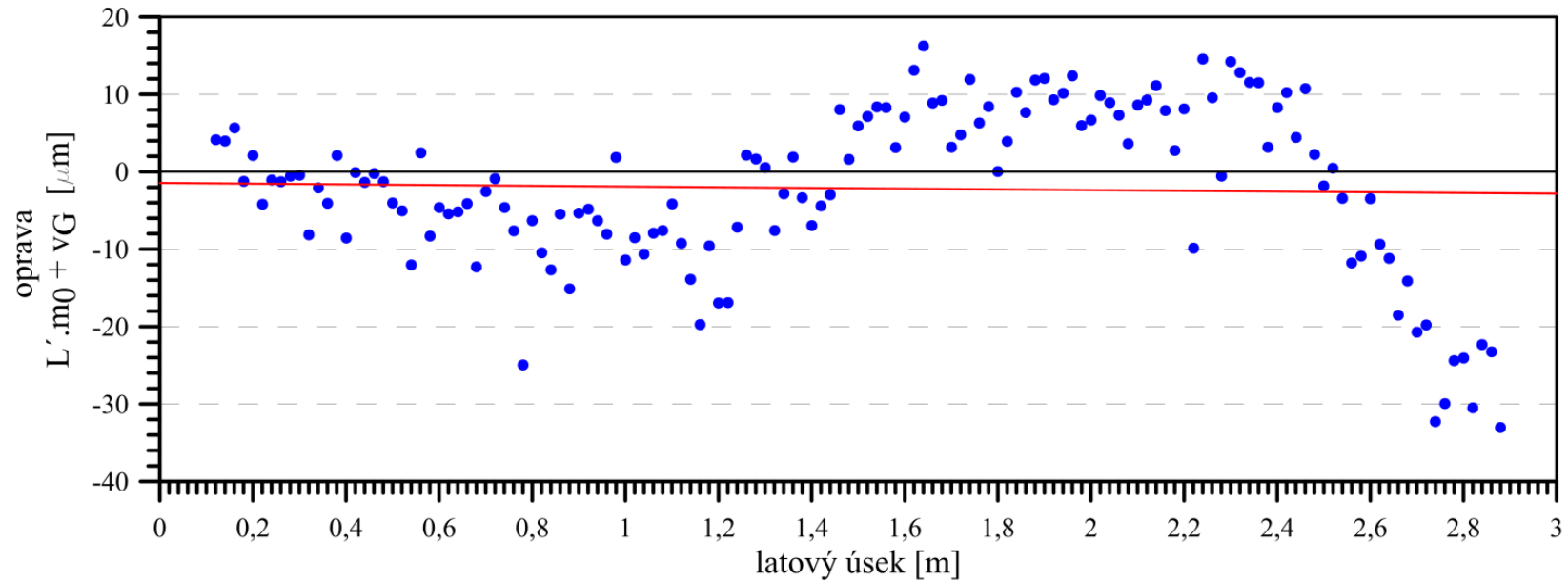
l^m – vzdialenosť prvého dielika od pätky nivelačnej laty,

l^{if} – interferometricky meraní posun kamery,

l_c^{im} – vzdialenosť medzi hlavným bodom snímky a krížikom/ dielikom stupnice NL,

o – vzdialenosť medzi krížikom pomocného etalónu a pätkou laty.

Použitie opráv latových úsekov z kalibračného certifikátu pri meraní



$$L = L' \cdot [1 + m_0 + \alpha_T \cdot (T - T_0) \cdot 10^{-6}] + v_G$$

L' - meraná dĺžka latového úseku,

m_0 - mierkový koeficient nivelačného systému,

α_T - koeficient teplotnej rozťažnosti invaru,

T - teplota pri meraní,

T_0 - teplota pri kalibrácii,

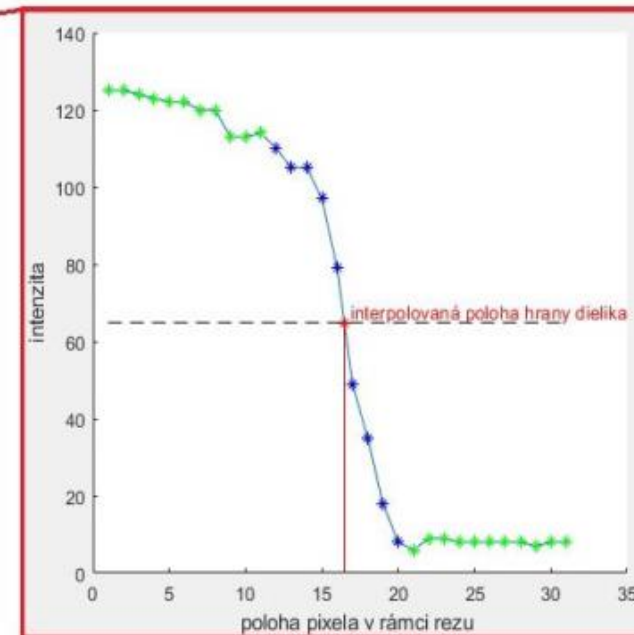
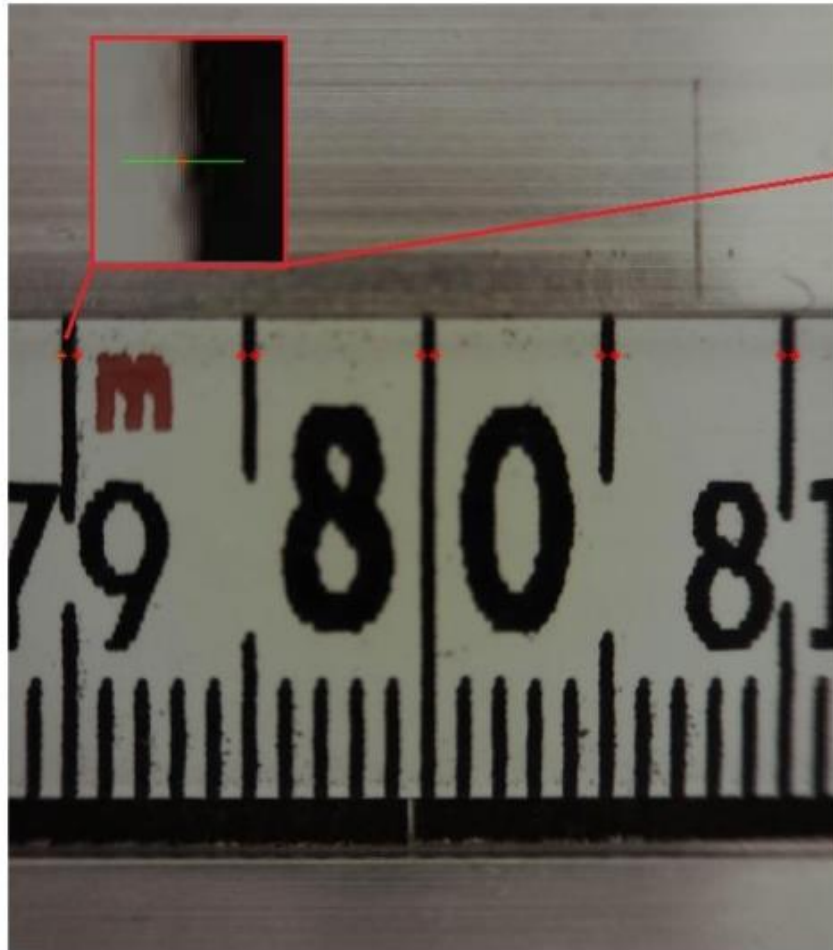
v_G - oprava prvého čítania.

Kalibračný certifikát

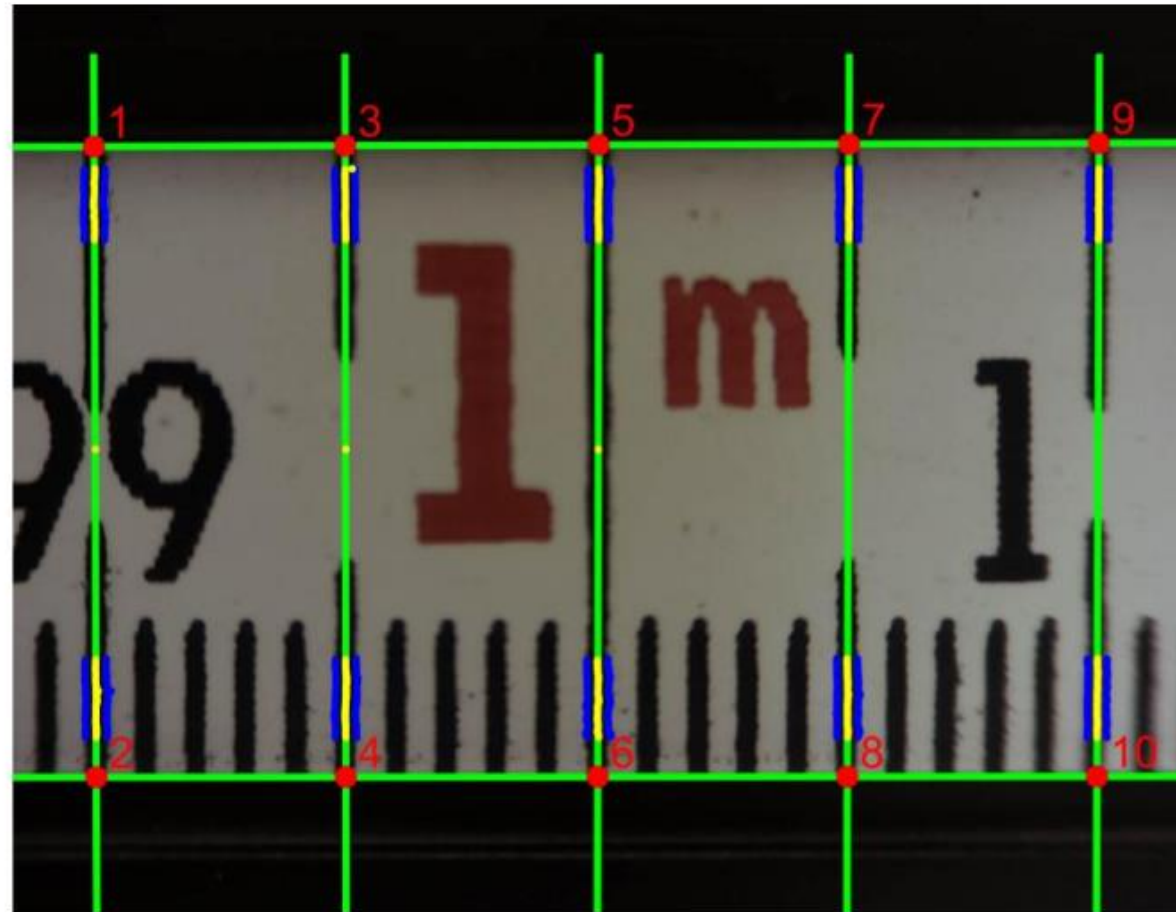
Kalibračný certifikát č. 05/2019		Strana 1/3
Nivelačná lata (typ, výrobné číslo): Leica GPCL3, v.č. 32316 Rozsah merania [m]: 0,12043 - 2,87934 Prístroj (typ, výrobné číslo): Leica DNA03, v.č. 346 056 Číslo zakazky: PZ95 Dátum kalibrácie: 11.2.2019	Laboratórium metrológie krátkych dĺžok Slovenská technická univerzita v Bratislave Stavebná fakulta Katedra geodézie Radlinského 11 810 05 Bratislava tel. +421 259 274 559 email: alojz.kopacik@stuba.sk	
Koeficient rozťažnosti (normovaný): $\alpha_{TN} = 0,36 \text{ ppm} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$	Položka nivelačnej latory pri kalibrácii: vertikálna poloha	
Určenie mierkového koeficientu:		
Mierkový koeficient: $m_0 = -0,46 \pm 0,02 \text{ ppm}$ $T_0 = 20,8^\circ\text{C}$ $v_G = 12 \cdot 10^{-6} \text{ m}$		
Latový úsek po oprave: $L = L' \cdot [1 + m_0 + \alpha_T \cdot (T - T_0) \cdot 10^{-6}] + v_G$		
L' [m]	meraná dĺžka latového úseku	m_0 mierkový koeficient
T [°C]	teplota pri meraní	α_T [ppm · °C ⁻¹] koeficient teplotnej rozťažnosti invaru
T_0 [°C]	teplota pri kalibrácii	v_G [m] oprava prvého čítania
Výpočet mierkového koeficientu:		
1. meranie:		
Mierkový koeficient :	Priemerná teplota:	20,9 °C
-0,44 ppm ± 0,02 ppm	Priemerný atmosférický tlak:	990,6 hPa
	Priemerný rozptyl meraní:	± 7,62 µm
2. meranie:		
Mierkový koeficient :	Priemerná teplota:	20,8 °C
-0,40 ppm ± 0,03 ppm	Priemerný atmosférický tlak:	990,0 hPa
	Priemerný rozptyl meraní:	± 8,61 µm
Priemer z dvoch meraní:		
Mierkový koeficient :	Priemerná teplota:	20,8 °C
0,42 ppm ± 0,02 ppm	Priemerný atmosférický tlak:	990,3 hPa
	Priemerný rozptyl meraní:	± 8,12 µm

Kalibračný certifikát č. 05/2019		Strana 2/3																																																																																																																																																																																																																														
Nivelačná lata (typ, výrobné číslo): Leica GPCL3, v.č. 32316 Rozsah merania [m]: 0,12043 - 2,87934	Číslo zakazky: PZ95 Dátum kalibrácie: 11.2.2019																																																																																																																																																																																																																															
Opravy pre latové úseky																																																																																																																																																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>latový úsek [m]</th> <th>oprava [µm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0.12043 -4.1</td></tr> <tr><td>2</td><td>0.14052 -4.0</td></tr> <tr><td>3</td><td>0.16056 -5.7</td></tr> <tr><td>4</td><td>0.18056 1.2</td></tr> <tr><td>5</td><td>0.20053 -2.1</td></tr> <tr><td>6</td><td>0.22048 4.2</td></tr> <tr><td>7</td><td>0.24041 1.1</td></tr> <tr><td>8</td><td>0.26036 1.3</td></tr> <tr><td>9</td><td>0.28037 0.6</td></tr> <tr><td>10</td><td>0.30040 0.4</td></tr> <tr><td>11</td><td>0.32047 8.2</td></tr> <tr><td>12</td><td>0.34056 2.1</td></tr> <tr><td>13</td><td>0.36061 4.1</td></tr> <tr><td>14</td><td>0.38064 -2.1</td></tr> <tr><td>15</td><td>0.40060 8.6</td></tr> <tr><td>16</td><td>0.42050 0.1</td></tr> <tr><td>17</td><td>0.44045 1.4</td></tr> <tr><td>18</td><td>0.46038 0.2</td></tr> <tr><td>19</td><td>0.48035 1.3</td></tr> <tr><td>20</td><td>0.50040 4.1</td></tr> <tr><td>21</td><td>0.52048 5.1</td></tr> <tr><td>22</td><td>0.54048 12.0</td></tr> <tr><td>23</td><td>0.56052 -2.4</td></tr> <tr><td>24</td><td>0.58047 8.3</td></tr> <tr><td>25</td><td>0.60035 4.6</td></tr> <tr><td>26</td><td>0.62029 5.5</td></tr> <tr><td>27</td><td>0.64031 5.2</td></tr> <tr><td>28</td><td>0.66029 4.1</td></tr> <tr><td>29</td><td>0.68031 12.3</td></tr> <tr><td>30</td><td>0.70040 2.5</td></tr> <tr><td>31</td><td>0.72042 0.9</td></tr> <tr><td>32</td><td>0.74048 4.6</td></tr> <tr><td>33</td><td>0.76048 7.6</td></tr> <tr><td>34</td><td>0.78037 25.0</td></tr> <tr><td>35</td><td>0.80030 6.3</td></tr> <tr><td>36</td><td>0.82025 10.5</td></tr> </tbody> </table>	latový úsek [m]	oprava [µm]	1	0.12043 -4.1	2	0.14052 -4.0	3	0.16056 -5.7	4	0.18056 1.2	5	0.20053 -2.1	6	0.22048 4.2	7	0.24041 1.1	8	0.26036 1.3	9	0.28037 0.6	10	0.30040 0.4	11	0.32047 8.2	12	0.34056 2.1	13	0.36061 4.1	14	0.38064 -2.1	15	0.40060 8.6	16	0.42050 0.1	17	0.44045 1.4	18	0.46038 0.2	19	0.48035 1.3	20	0.50040 4.1	21	0.52048 5.1	22	0.54048 12.0	23	0.56052 -2.4	24	0.58047 8.3	25	0.60035 4.6	26	0.62029 5.5	27	0.64031 5.2	28	0.66029 4.1	29	0.68031 12.3	30	0.70040 2.5	31	0.72042 0.9	32	0.74048 4.6	33	0.76048 7.6	34	0.78037 25.0	35	0.80030 6.3	36	0.82025 10.5	<table border="1"> <thead> <tr> <th>latový úsek [m]</th> <th>oprava [µm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>37</td><td>0.84025 12.7</td></tr> <tr><td>38</td><td>0.86023 5.5</td></tr> <tr><td>39</td><td>0.88023 15.1</td></tr> <tr><td>40</td><td>0.90030 5.3</td></tr> <tr><td>41</td><td>0.92039 4.8</td></tr> <tr><td>42</td><td>0.94040 6.3</td></tr> <tr><td>43</td><td>0.96034 8.1</td></tr> <tr><td>44</td><td>0.98030 -1.9</td></tr> <tr><td>45</td><td>1.00023 11.4</td></tr> <tr><td>46</td><td>1.02021 8.5</td></tr> <tr><td>47</td><td>1.04024 10.6</td></tr> <tr><td>48</td><td>1.06025 7.9</td></tr> <tr><td>49</td><td>1.08027 7.6</td></tr> <tr><td>50</td><td>1.10042 4.2</td></tr> <tr><td>51</td><td>1.12041 9.2</td></tr> <tr><td>52</td><td>1.14035 13.9</td></tr> <tr><td>53</td><td>1.16027 19.7</td></tr> <tr><td>54</td><td>1.18023 9.6</td></tr> <tr><td>55</td><td>1.20028 17.0</td></tr> <tr><td>56</td><td>1.22028 16.9</td></tr> <tr><td>57</td><td>1.24031 7.2</td></tr> <tr><td>58</td><td>1.26037 -2.2</td></tr> <tr><td>59</td><td>1.28046 -1.6</td></tr> <tr><td>60</td><td>1.30058 -0.5</td></tr> <tr><td>61</td><td>1.32051 7.6</td></tr> <tr><td>62</td><td>1.34049 2.9</td></tr> <tr><td>63</td><td>1.36037 -1.9</td></tr> <tr><td>64</td><td>1.38032 3.3</td></tr> <tr><td>65</td><td>1.40026 6.9</td></tr> <tr><td>66</td><td>1.42019 4.4</td></tr> <tr><td>67</td><td>1.44025 3.0</td></tr> <tr><td>68</td><td>1.46027 -8.0</td></tr> <tr><td>69</td><td>1.48035 -1.6</td></tr> <tr><td>70</td><td>1.50023 -5.9</td></tr> <tr><td>71</td><td>1.52025 -7.1</td></tr> <tr><td>72</td><td>1.54023 -8.4</td></tr> </tbody> </table>	latový úsek [m]	oprava [µm]	37	0.84025 12.7	38	0.86023 5.5	39	0.88023 15.1	40	0.90030 5.3	41	0.92039 4.8	42	0.94040 6.3	43	0.96034 8.1	44	0.98030 -1.9	45	1.00023 11.4	46	1.02021 8.5	47	1.04024 10.6	48	1.06025 7.9	49	1.08027 7.6	50	1.10042 4.2	51	1.12041 9.2	52	1.14035 13.9	53	1.16027 19.7	54	1.18023 9.6	55	1.20028 17.0	56	1.22028 16.9	57	1.24031 7.2	58	1.26037 -2.2	59	1.28046 -1.6	60	1.30058 -0.5	61	1.32051 7.6	62	1.34049 2.9	63	1.36037 -1.9	64	1.38032 3.3	65	1.40026 6.9	66	1.42019 4.4	67	1.44025 3.0	68	1.46027 -8.0	69	1.48035 -1.6	70	1.50023 -5.9	71	1.52025 -7.1	72	1.54023 -8.4	<table border="1"> <thead> <tr> <th>latový úsek [m]</th> <th>oprava [µm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>73</td><td>1.56012 -8.3</td></tr> <tr><td>74</td><td>1.58009 -3.1</td></tr> <tr><td>75</td><td>1.60019 -7.1</td></tr> <tr><td>76</td><td>1.62018 -13.1</td></tr> <tr><td>77</td><td>1.64018 -16.2</td></tr> <tr><td>78</td><td>1.66023 -8.9</td></tr> <tr><td>79</td><td>1.68025 -9.2</td></tr> <tr><td>80</td><td>1.70028 -3.2</td></tr> <tr><td>81</td><td>1.72023 -4.8</td></tr> <tr><td>82</td><td>1.74016 -11.9</td></tr> <tr><td>83</td><td>1.76012 -6.3</td></tr> <tr><td>84</td><td>1.78015 -8.4</td></tr> <tr><td>85</td><td>1.80009 0.0</td></tr> <tr><td>86</td><td>1.82013 -3.9</td></tr> <tr><td>87</td><td>1.84019 -10.3</td></tr> <tr><td>88</td><td>1.86021 -7.7</td></tr> <tr><td>89</td><td>1.88030 -11.8</td></tr> <tr><td>90</td><td>1.90023 -12.0</td></tr> <tr><td>91</td><td>1.92011 -9.3</td></tr> <tr><td>92</td><td>1.94004 -10.1</td></tr> <tr><td>93</td><td>1.96002 -12.4</td></tr> <tr><td>94</td><td>1.97998 -6.0</td></tr> <tr><td>95</td><td>2.00004 -6.7</td></tr> <tr><td>96</td><td>2.02010 -9.9</td></tr> <tr><td>97</td><td>2.04016 -8.9</td></tr> <tr><td>98</td><td>2.06023 -7.3</td></tr> <tr><td>99</td><td>2.08024 -3.6</td></tr> <tr><td>100</td><td>2.10016 -8.6</td></tr> <tr><td>101</td><td>2.12009 -9.2</td></tr> <tr><td>102</td><td>2.14006 -11.1</td></tr> <tr><td>103</td><td>2.16005 -7.9</td></tr> <tr><td>104</td><td>2.18005 -2.7</td></tr> <tr><td>105</td><td>2.20011 -8.1</td></tr> <tr><td>106</td><td>2.22020 9.9</td></tr> <tr><td>107</td><td>2.24033 -14.6</td></tr> <tr><td>108</td><td>2.26035 -9.6</td></tr> </tbody> </table>	latový úsek [m]	oprava [µm]	73	1.56012 -8.3	74	1.58009 -3.1	75	1.60019 -7.1	76	1.62018 -13.1	77	1.64018 -16.2	78	1.66023 -8.9	79	1.68025 -9.2	80	1.70028 -3.2	81	1.72023 -4.8	82	1.74016 -11.9	83	1.76012 -6.3	84	1.78015 -8.4	85	1.80009 0.0	86	1.82013 -3.9	87	1.84019 -10.3	88	1.86021 -7.7	89	1.88030 -11.8	90	1.90023 -12.0	91	1.92011 -9.3	92	1.94004 -10.1	93	1.96002 -12.4	94	1.97998 -6.0	95	2.00004 -6.7	96	2.02010 -9.9	97	2.04016 -8.9	98	2.06023 -7.3	99	2.08024 -3.6	100	2.10016 -8.6	101	2.12009 -9.2	102	2.14006 -11.1	103	2.16005 -7.9	104	2.18005 -2.7	105	2.20011 -8.1	106	2.22020 9.9	107	2.24033 -14.6	108	2.26035 -9.6
latový úsek [m]	oprava [µm]																																																																																																																																																																																																																															
1	0.12043 -4.1																																																																																																																																																																																																																															
2	0.14052 -4.0																																																																																																																																																																																																																															
3	0.16056 -5.7																																																																																																																																																																																																																															
4	0.18056 1.2																																																																																																																																																																																																																															
5	0.20053 -2.1																																																																																																																																																																																																																															
6	0.22048 4.2																																																																																																																																																																																																																															
7	0.24041 1.1																																																																																																																																																																																																																															
8	0.26036 1.3																																																																																																																																																																																																																															
9	0.28037 0.6																																																																																																																																																																																																																															
10	0.30040 0.4																																																																																																																																																																																																																															
11	0.32047 8.2																																																																																																																																																																																																																															
12	0.34056 2.1																																																																																																																																																																																																																															
13	0.36061 4.1																																																																																																																																																																																																																															
14	0.38064 -2.1																																																																																																																																																																																																																															
15	0.40060 8.6																																																																																																																																																																																																																															
16	0.42050 0.1																																																																																																																																																																																																																															
17	0.44045 1.4																																																																																																																																																																																																																															
18	0.46038 0.2																																																																																																																																																																																																																															
19	0.48035 1.3																																																																																																																																																																																																																															
20	0.50040 4.1																																																																																																																																																																																																																															
21	0.52048 5.1																																																																																																																																																																																																																															
22	0.54048 12.0																																																																																																																																																																																																																															
23	0.56052 -2.4																																																																																																																																																																																																																															
24	0.58047 8.3																																																																																																																																																																																																																															
25	0.60035 4.6																																																																																																																																																																																																																															
26	0.62029 5.5																																																																																																																																																																																																																															
27	0.64031 5.2																																																																																																																																																																																																																															
28	0.66029 4.1																																																																																																																																																																																																																															
29	0.68031 12.3																																																																																																																																																																																																																															
30	0.70040 2.5																																																																																																																																																																																																																															
31	0.72042 0.9																																																																																																																																																																																																																															
32	0.74048 4.6																																																																																																																																																																																																																															
33	0.76048 7.6																																																																																																																																																																																																																															
34	0.78037 25.0																																																																																																																																																																																																																															
35	0.80030 6.3																																																																																																																																																																																																																															
36	0.82025 10.5																																																																																																																																																																																																																															
latový úsek [m]	oprava [µm]																																																																																																																																																																																																																															
37	0.84025 12.7																																																																																																																																																																																																																															
38	0.86023 5.5																																																																																																																																																																																																																															
39	0.88023 15.1																																																																																																																																																																																																																															
40	0.90030 5.3																																																																																																																																																																																																																															
41	0.92039 4.8																																																																																																																																																																																																																															
42	0.94040 6.3																																																																																																																																																																																																																															
43	0.96034 8.1																																																																																																																																																																																																																															
44	0.98030 -1.9																																																																																																																																																																																																																															
45	1.00023 11.4																																																																																																																																																																																																																															
46	1.02021 8.5																																																																																																																																																																																																																															
47	1.04024 10.6																																																																																																																																																																																																																															
48	1.06025 7.9																																																																																																																																																																																																																															
49	1.08027 7.6																																																																																																																																																																																																																															
50	1.10042 4.2																																																																																																																																																																																																																															
51	1.12041 9.2																																																																																																																																																																																																																															
52	1.14035 13.9																																																																																																																																																																																																																															
53	1.16027 19.7																																																																																																																																																																																																																															
54	1.18023 9.6																																																																																																																																																																																																																															
55	1.20028 17.0																																																																																																																																																																																																																															
56	1.22028 16.9																																																																																																																																																																																																																															
57	1.24031 7.2																																																																																																																																																																																																																															
58	1.26037 -2.2																																																																																																																																																																																																																															
59	1.28046 -1.6																																																																																																																																																																																																																															
60	1.30058 -0.5																																																																																																																																																																																																																															
61	1.32051 7.6																																																																																																																																																																																																																															
62	1.34049 2.9																																																																																																																																																																																																																															
63	1.36037 -1.9																																																																																																																																																																																																																															
64	1.38032 3.3																																																																																																																																																																																																																															
65	1.40026 6.9																																																																																																																																																																																																																															
66	1.42019 4.4																																																																																																																																																																																																																															
67	1.44025 3.0																																																																																																																																																																																																																															
68	1.46027 -8.0																																																																																																																																																																																																																															
69	1.48035 -1.6																																																																																																																																																																																																																															
70	1.50023 -5.9																																																																																																																																																																																																																															
71	1.52025 -7.1																																																																																																																																																																																																																															
72	1.54023 -8.4																																																																																																																																																																																																																															
latový úsek [m]	oprava [µm]																																																																																																																																																																																																																															
73	1.56012 -8.3																																																																																																																																																																																																																															
74	1.58009 -3.1																																																																																																																																																																																																																															
75	1.60019 -7.1																																																																																																																																																																																																																															
76	1.62018 -13.1																																																																																																																																																																																																																															
77	1.64018 -16.2																																																																																																																																																																																																																															
78	1.66023 -8.9																																																																																																																																																																																																																															
79	1.68025 -9.2																																																																																																																																																																																																																															
80	1.70028 -3.2																																																																																																																																																																																																																															
81	1.72023 -4.8																																																																																																																																																																																																																															
82	1.74016 -11.9																																																																																																																																																																																																																															
83	1.76012 -6.3																																																																																																																																																																																																																															
84	1.78015 -8.4																																																																																																																																																																																																																															
85	1.80009 0.0																																																																																																																																																																																																																															
86	1.82013 -3.9																																																																																																																																																																																																																															
87	1.84019 -10.3																																																																																																																																																																																																																															
88	1.86021 -7.7																																																																																																																																																																																																																															
89	1.88030 -11.8																																																																																																																																																																																																																															
90	1.90023 -12.0																																																																																																																																																																																																																															
91	1.92011 -9.3																																																																																																																																																																																																																															
92	1.94004 -10.1																																																																																																																																																																																																																															
93	1.96002 -12.4																																																																																																																																																																																																																															
94	1.97998 -6.0																																																																																																																																																																																																																															
95	2.00004 -6.7																																																																																																																																																																																																																															
96	2.02010 -9.9																																																																																																																																																																																																																															
97	2.04016 -8.9																																																																																																																																																																																																																															
98	2.06023 -7.3																																																																																																																																																																																																																															
99	2.08024 -3.6																																																																																																																																																																																																																															
100	2.10016 -8.6																																																																																																																																																																																																																															
101	2.12009 -9.2																																																																																																																																																																																																																															
102	2.14006 -11.1																																																																																																																																																																																																																															
103	2.16005 -7.9																																																																																																																																																																																																																															
104	2.18005 -2.7																																																																																																																																																																																																																															
105	2.20011 -8.1																																																																																																																																																																																																																															
106	2.22020 9.9																																																																																																																																																																																																																															
107	2.24033 -14.6																																																																																																																																																																																																																															
108	2.26035 -9.6																																																																																																																																																																																																																															
Kalibráciu vykonal: Ing. Pavol Kajánek, PhD. v Bratislave, dňa 15.2.2019 Vedúci laboratória: doc. Ing. Ján Erdélyi, PhD. Vedúci katedry: prof. Ing. Alojz Kopáčik, PhD.																																																																																																																																																																																																																																

Kalibrácia meračských pásiem

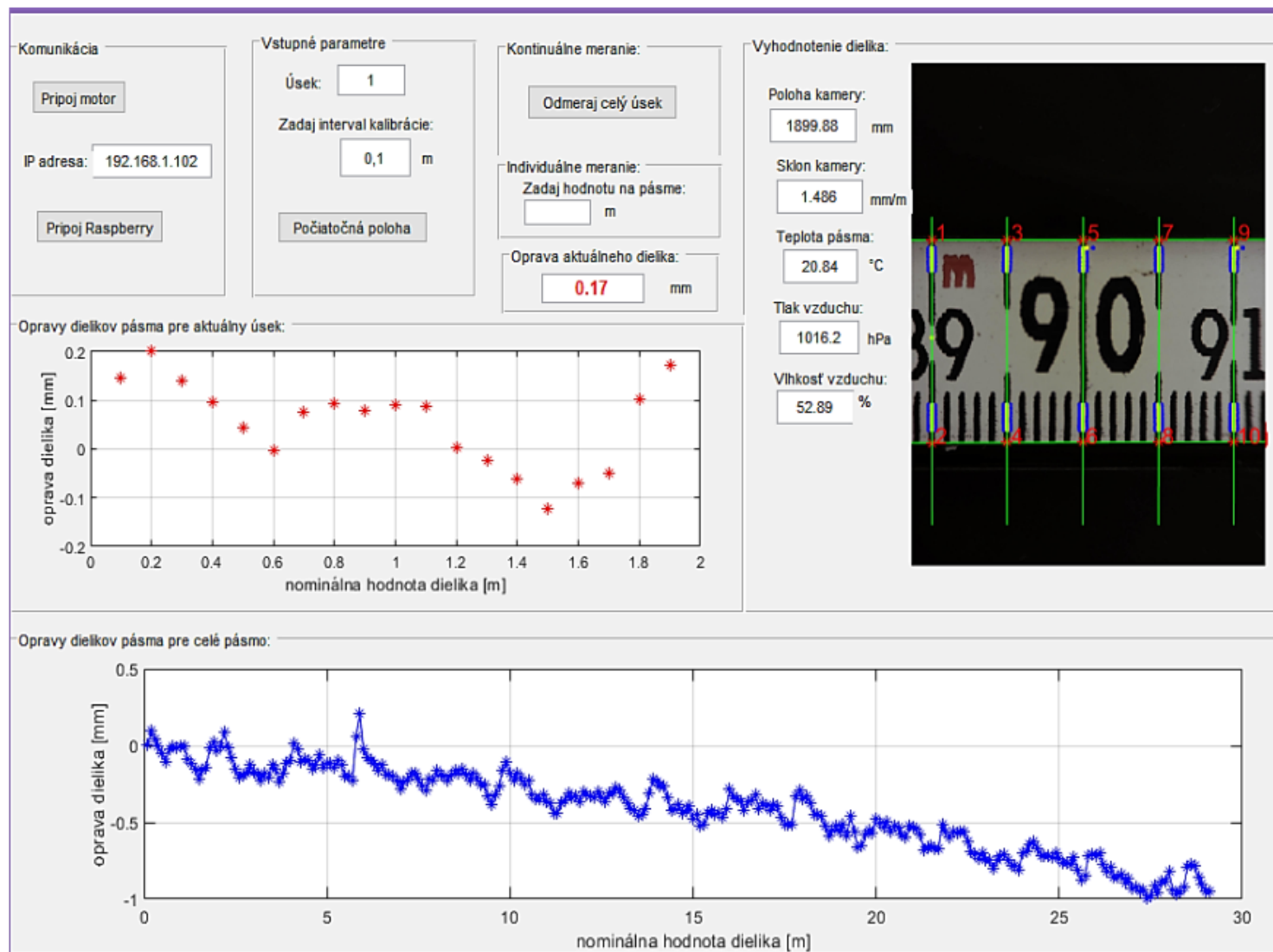


Kalibrácia meračských pásiem



Obr. 15 Vyhodnotenie stredu dielikov

Kalibrácia meračských pásiem



Komparátor na kalibráciu krátkych dĺžkových meradiel

Ďakujem za pozornosť

Pavol Kajánek, Ing., PhD.

Alojz Kopáček, prof., Ing., PhD.

Ján Erdélyi, doc., Ing., PhD.

Peter Kyrinovič, doc., Ing., PhD.

pavol.kajanek@stuba.sk

Slovenská technická univerzita v Bratislave

Stavebná fakulta,

Radlinského 11, 813 68 Bratislava, Slovakia,

www.svf.stuba.sk