

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ, OBOR GEODÉZIE A KARTOGRAFIE
KATEDRA GEOMATIKY

název předmětu

PROJEKT – TEORETICKÁ GEODÉZIE

číslo úlohy U1	název úlohy OBNOVA A ZAMĚŘENÍ NIVELAČNÍHO POŘADU VELMI PŘESNOU NIVELACÍ				
školní rok	skupiny	Zpracovali		datum	klasifikace
2018/2019	3, 6, 7	Michael Kala Petr Kůdela Tereza Kulovaná Václav Marousek Petra Millarová	Markéta Pecenová Tomáš Reindl Stanislav Nejman David Zahradník Anna Zemánková	16. 12. 2018	

Technická zpráva

Zadání

V rámci úlohy bude provedena obnova části nivelačního pořadu II. řádu Z7ab Žleb-Kunčice v úseku Nová Seninka – Kladské sedlo. V rámci obnovy budou:

- v případě nutnosti zřízeny nové nivelační body
- nově určena převýšení jednotlivých oddílů metodou VPN pomocí digitálního nivelačního přístroje Leica a latí s čárovým kódem; měřená převýšení budou převedena do systému Bpv
- nově vytvořeny nivelační údaje ke všem bodům měřeného úseku

Informace o měření

Gravimetrická měření – skupina č. 3

- Datum měření: 18. 9. 2018
- Měřická četa
 - Michael Kala
 - Petr Kůdela
 - Petra Millarová
 - Tomáš Reindl
- Pomůcky
 - gravimetr Worden
 - gravimetr GAK
- Měřené body: 3408,01, 44, 43, 40.1, 39.2, 37, 36, 35.1, 34

Gravimetrická měření – skupiny č. 6 a 7

- Datum měření: 19. 9. 2018
- Měřická četa
 - Tereza Kulovaná
 - Václav Marousek
 - Stanislav Nejman
 - Markéta Pecenová
 - David Zahradník
 - Anna Zemánková
- Pomůcky
 - gravimetr Worden
 - gravimetr GAK
- Měřené body: 3408,01, 44, 43, 40.1, 39.2, 39.1, 37, 36.1, 35.1, 34

VPN – skupina č. 3

- Datum měření: 21. 9. 2018
- Měřická četa
 - Michael Kala
 - Petr Kůdela

- Petra Millarová
- Tomáš Reindl
- Anna Zemánková
- Pomůcky
 - Leica NA3003
 - stativ s pevnými nohami
 - nivelační latě + držadla
 - nivelační hřeby, kladivo, pásmo, křída, vozík
- Měřený úsek: 33–33.1, 33.1–34, 34–35.1

VPN – skupiny č. 6 a 7

- Datum měření: 21. 9. 2018
- Měřická četa
 - Tereza Kulovaná
 - Václav Marousek
 - Stanislav Nejman
 - Markéta Pecenová
 - David Zahradník
- Pomůcky
 - Leica DNA03 (č. 340080)
 - stativ s pevnými nohami
 - nivelační latě + držadla
 - nivelační hřeby, kladivo, pásmo, křída, vozík
- Měřený úsek: 35.1–36.1, 36.1–37

Měření

Gravimetrická měření

Na výše zmíněných bodech bylo měřeno tíhové zrychlení relativní metodou dvěma přístroji (Worden a GAK). U skupiny č. 3 bylo na bodech č. 44 a č. 43 měřeno pouze gravimetrem značky Worden. S přístrojem GAK na těchto bodech nebylo možné měřit z důvodu nesprávné počáteční kalibrace (stupnice mimo rozsah).

Měření začalo na přípojovacím bodě 3408,01. Dále bylo měřeno na bodech 44, 43, 40.1, 39.2, pak opět na přípojovacím bodě, dále na bodech 37, 36, 35.1, 34 u skupiny č. 3, resp. na bodech 39.1, 37, 36.1, 35.1, 34 u skupinek č. 6 a 7, a nakonec opět na přípojovacím tíhovém bodě. Toto bylo provedeno z důvodu opravy měření z chodu přístroje a také pro připojení do absolutních hodnot tíhového zrychlení.

Velmi přesná nivelace

Na měřeném úseku byla určena převýšení metodou velmi přesné nivelace. Nejdříve byly úseky rozměřeny pásmem a představové body stabilizovány nivelačními hřeby současně se signalizací středů pro postavení stroje. Byly dodržovány sudé počty představ. Při měření se postupovalo dle zásad pro VPN, tedy byly dodržovány mezní hodnoty záměr nad terénem, stejné délky záměr tam a zpět a také mezní rozdíl mezi dvojím převýšením (toto nastaveno v přístroji, v případě nesplnění byla přestava přeměřena).

Celý úsek byl vždy proměřen jedním i druhým směrem (tam a zpět), přičemž při druhém průchodu bylo zaměněno pořadí latí. Výsledná převýšení tam a zpět byla ihned v terénu testována na mezní rozdíl.

$$\Delta_{M_{\Delta h}} = 2,25 \cdot \sqrt{R}$$

Zpracování

Gravimetrická měření

Pro určení normálních výšek bylo nutno zpracovat gravimetrická měření a určit dané opravy. Měřené hodnoty tíhového zrychlení pro jednotlivé body v systému GRS95 byly vypočteny v příloženém zápisníku.

Při zpracování byly měřené hodnoty zprůměrovány (všechna čtení) a vynásobeny konstantou přístroje (převedení z dílků přístroje na jednotky mGal). Byla provedena oprava z teploty (u přístroje GAK teplota mimo měřitelný rozsah, tudíž neuvažováno). Dále byl určen chod gravimetru z měření na připojovacím bodě před a po měření daných bodů tak, že daty byla proložena přímka a dopočteny opravy dle časových údajů měření. Po zavedení všech těchto oprav byla výsledná určená relativní tíhová zrychlení přičtena k absolutní hodnotě na připojovacím bodě a tím určena tíhová zrychlení absolutní pro dané nivelační body.

Nivelace

Pro každý úsek mezi body bylo spočteno nivelační převýšení z měření tam a zpět.

Výpočet průměrného nivelačního převýšení pro jednotlivé oddíly							
oddíl	délka pořadu [m]	měření tam [m]	měření zpět [m]	rozdíl [mm]	mezní rozdíl [mm]	vyhovuje	průměr [m]
33–33.1	190	3,41851	-3,4187	-0,15	0,98	Ano	3,4186
33.1–34	615	17,49586	-17,4957	0,17	1,76	Ano	17,4958
34–35.1	691	21,61396	-21,6138	0,13	1,87	Ano	21,6139
35.1–36.1	298	12,22005	-12,21984	0,21	1,23	Ano	12,2199
36.1–37	622	30,31504	-30,31483	0,21	1,77	Ano	30,3149

Výpočet normálních výšek

Z měřených tíhových zrychlení, přibližných výšek (Bpv) určených z měřených převýšení a prvního bodu celého pořadu (výchozí bod č. 33) a poloh zájmových bodů (zeměpisná šířka) byly dle následujících vzorců a postupu určeny normální výšky.

- Normální tíhové zrychlení na povrchu elipsoidu

$$\gamma = 978030 \cdot (1 + 0,005302 \cdot \sin^2 B - 0,000007 \cdot \sin^2 2B)$$

$$B - \text{zeměpisná šířka bodu ["}]$$
- Fayova redukce

$$\delta_F = 0,3086 \cdot H$$

$$H - \text{přibližná výška bodu (Bpv) [m]}$$

- Fayova anomálie

$$\Delta g_F = g + \delta_F - \gamma$$

g – měřené tíhové zrychlení na jednotlivých bodech [mGal]

- Normální ortometrická korekce

$$C_\gamma = -0,0000254 H_S \cdot \Delta B''$$

H_S – přibližná výška mezi body (průměr výšek) [m]

ΔB - rozdíl zeměpisných šířek ["]

- Korekce z tíhových anomálií

$$C_{(g-\gamma)} = 0,0010193 \Delta g_F^s \cdot \Delta H_{niv}^{AB}$$

Δg_F^s – průměr Fayových anomálií z obou bodů úseku [mGal]

ΔH_{niv}^{AB} – měřené převýšení mezi body A a B [m]

- Normální (Moloděnského výšky)

$$\Delta H_N^{AB} = \Delta H_{niv}^{AB} + C_\gamma + C_{(g-\gamma)}$$

$$H_N^B = H_N^A + \Delta H_N^{AB}$$

- Bougerova anomálie – nivelační údaje

$$\delta_B = 0,119 \cdot H$$

$$\Delta g_B = \Delta g_F - \delta_B$$

Výpočet normálních výšek								
Č. bodu	H [m]	G [mGal]	Γ [mGal]	Δg_F [mGal]	c_γ [mm]	$c_{(g-\gamma)}$ [mm]	ΔH_N^{AB} [m]	H_N [m]
33	613,175	980938,8	981084,0	44,1	-	-	-	613,175
33.1	616,5936	980938,8	981084,1	45,0	-0,09692	0,15507	3,4186	616,594
34	634,0894	980935,5	981084,5	46,7	-0,22532	0,81733	17,4964	634,090
35.1	655,7033	980929,2	981084,9	46,6	-0,29150	1,01574	21,6146	655,705
36.1	667,9232	980928,9	981085,2	49,8	-0,14953	0,60084	12,2204	667,925
37	698,2381	980922,8	981085,6	52,6	-0,32858	1,58283	30,3162	698,241

Přílohy

Elektronicky

- Příloha č. 1: Výpis dat ze záznamníku nivelačního přístroje Leica NA3003
(ftp://athena.fsv.cvut.cz/PRGE2018/merena_data/vpn/skupina_3_6_7/sk3-VPN.txt)
- Příloha č. 2: Výpis dat ze záznamníku nivelačního přístroje Leica DNA03
(ftp://athena.fsv.cvut.cz/PRGE2018/merena_data/vpn/skupina_3_6_7/sk6_7-VPN.gsi)

V papírové podobě

- Příloha č. 3 (a–c): Zápisníky gravimetrického měření
- Příloha č. 4 (a–f): Zpracování měření tíhových dat
- Příloha č. 5 (a–e): Formuláře nivelačních údajů pro jednotlivé body nivelačního pořadu

Závěr

Během měření nebyly překročeny mezní hodnoty pro žádný z úseků nivelačních pořadů.

Pro body nivelačního pořadu byly vypočteny normální výšky. Výsledné hodnoty korekcí a normálních výšek jsou uvedeny výše v tabulce. Nadmořská výška bodu č. 37 vypočítaná z měřených hodnot převýšení od bodu č. 33 byla určena o 2 mm nižší než nadmořská výška uvedená v původních nivelačních údajích.

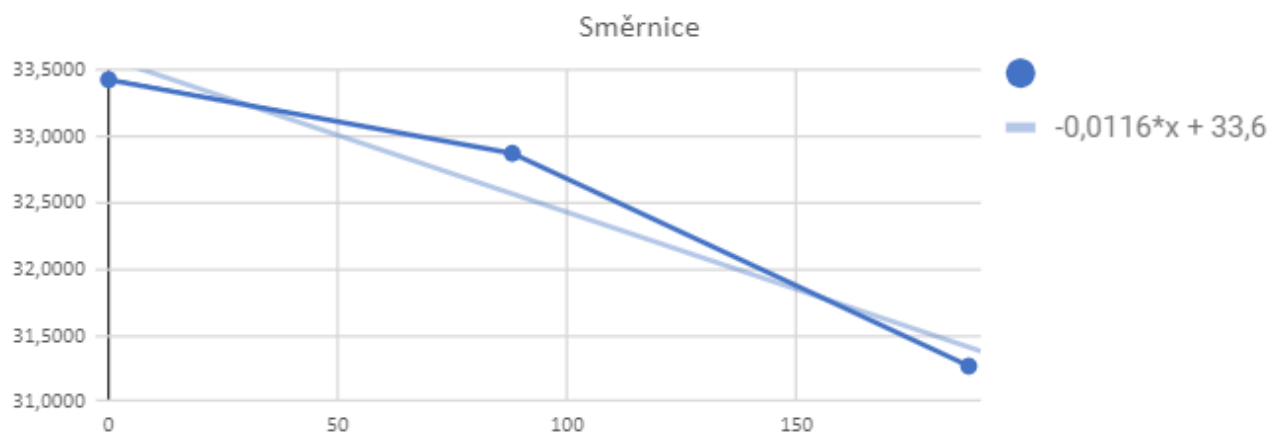
Výpisy dat ze záznamníků nivelačních přístrojů jsou dostupné elektronicky na adrese výše uvedené v přílohách.

V Praze dne 16. prosince 2018

**Kala, Kúdela, Kulovaná, Marousek, Millarová,
Pecenová, Reindl, Nejman, Zahradník, Zemánková**

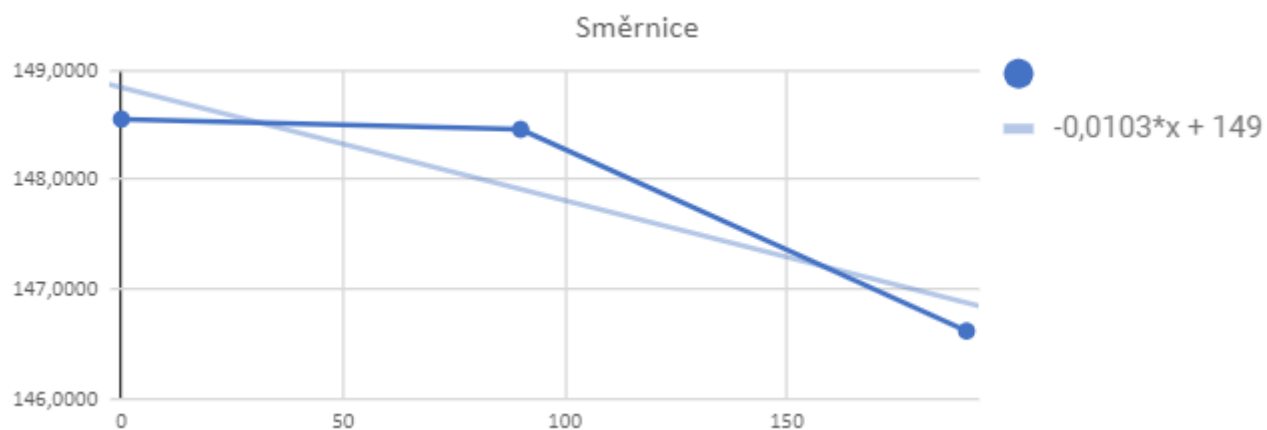
Skupina č. 3 - GAK			
Číslo bodu	\emptyset čtení [dílek]	g_r'' [mGal]	g [mGal]
3408,01	7,6326	33,4232	980938,6
40.1	1,649	7,2210	980913,1
39.2	2,428	10,6322	980916,6
3408,01	7,506	32,8688	980939,1
39,1	2,8678	12,5581	980919,0
37	4,027	17,6342	980924,3
36	5,245	22,9679	980929,7
35,1	5,6796	24,8710	980931,8
34	6,582	28,8226	980936,0
3408,01	7,1402	31,2669	980938,6

Graf opravy z chodu gravimetru



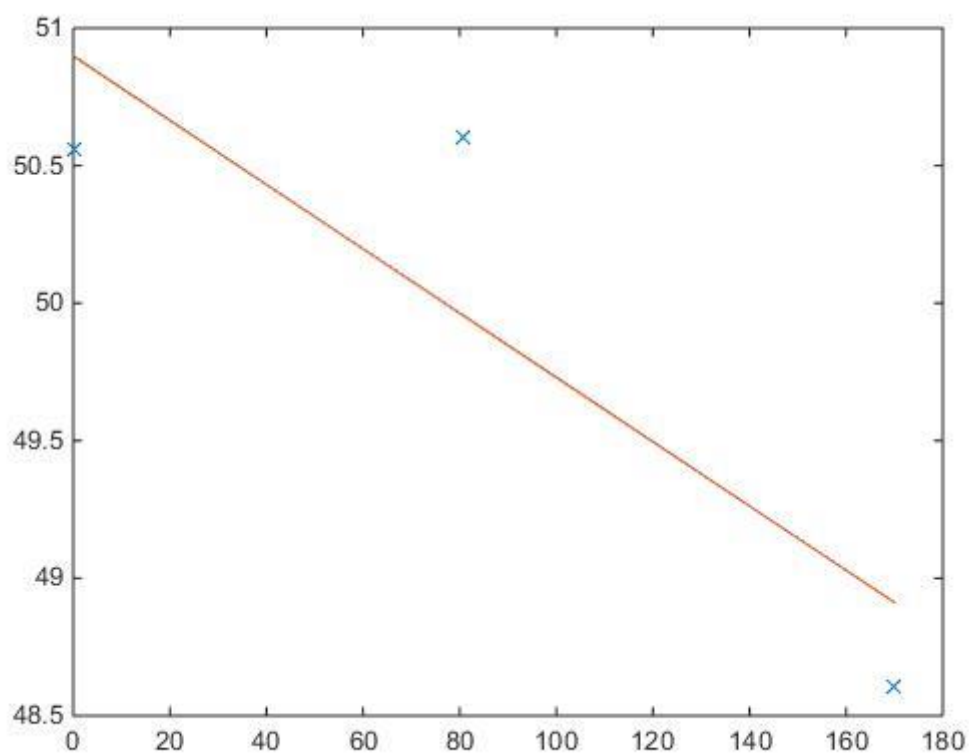
Skupina č. 3 - Worden			
Číslo bodu	\emptyset čtení [dílek]	g_r'' [mGal]	g [mGal]
3408,01	1264,26	148,5506	980938,6
40.1	935,26	109,8931	980900,2
39.2	963,4	113,1995	980903,7
3408,01	1014,3	119,1803	980909,9
39,1	1041,6	122,3880	980913,2
37	1263,46	148,4566	980939,4
36	1071,6	125,9130	980917,1
35,1	1112,18	130,6812	980922,0
34	1162,92	136,6431	980928,1
3408,01	1198,52	140,8261	980932,4

Graf opravy z chodu gravimetru



Skupina č. 6 - GAK			
Číslo bodu	\emptyset čtení [dílek]	g_r'' [mGal]	g [mGal]
3408,01	11.5460	50.5599	980939.2
44	3.8774	16.9791	980905.3
43	4.4260	19.3815	980907.7
40.1	5.6984	24.9533	980913.3
39.2	6.2230	27.2505	980915.7
3408,01	11.5554	50.6011	980939.3
39.1	6.6472	29.1081	980917.5
37	8.9900	39.3672	980927.9
36.1	8.9530	39.2052	980927.8
35.1	9.0980	39.8401	980928.4
34	10.2614	44.9347	980933.5
3408,01	11.1000	48.6069	980937.3

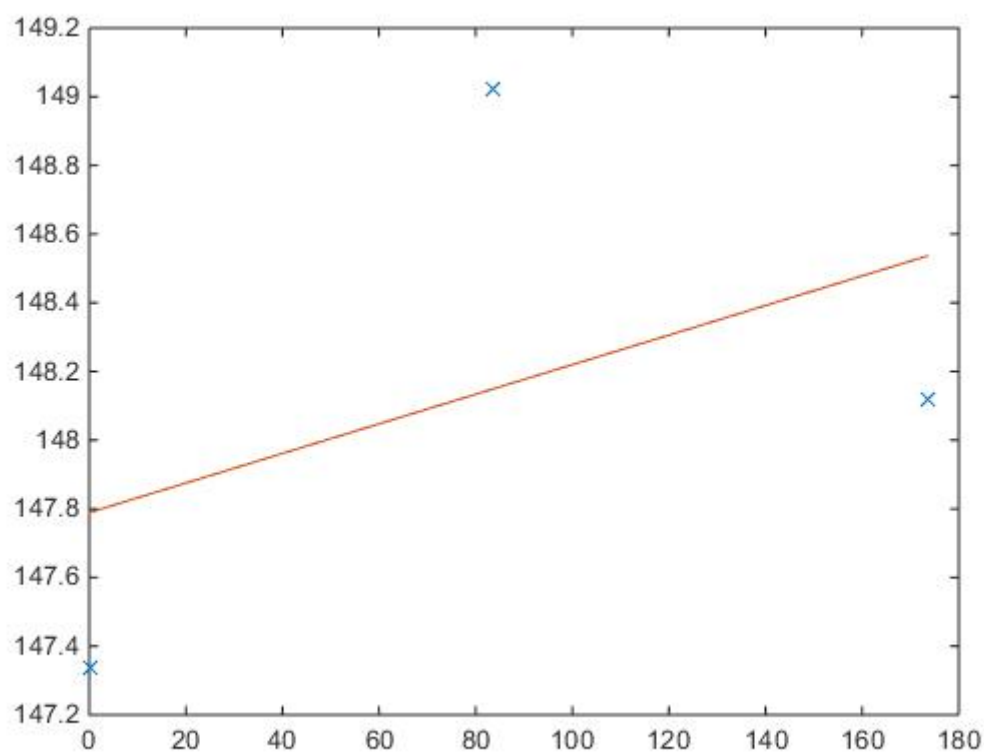
Graf opravy z chodu gravimetru



$$\delta ch = 51 - 0,0117 \cdot x$$

Skupina č. 6 - Worden			
Číslo bodu	\emptyset čtení [dílek]	g_r'' [mGal]	g [mGal]
3408,01	1253.92	147.3356	980937.8
44	984.08	115.6294	980906.2
43	982.60	115.4555	980906.0
40.1	1022.18	120.1061	980910.7
39.2	1051.22	123.5184	980914.1
3408,01	1268.28	149.0229	980939.5
39.1	1068.37	125.5335	980916.1
37	1120.40	131.6470	980922.2
36.1	1187.92	139.5806	980930.1
35.1	1178.70	138.4973	980929.0
34	1220.34	143.3899	980933.8
3408,01	1260.56	148.1158	980938.6

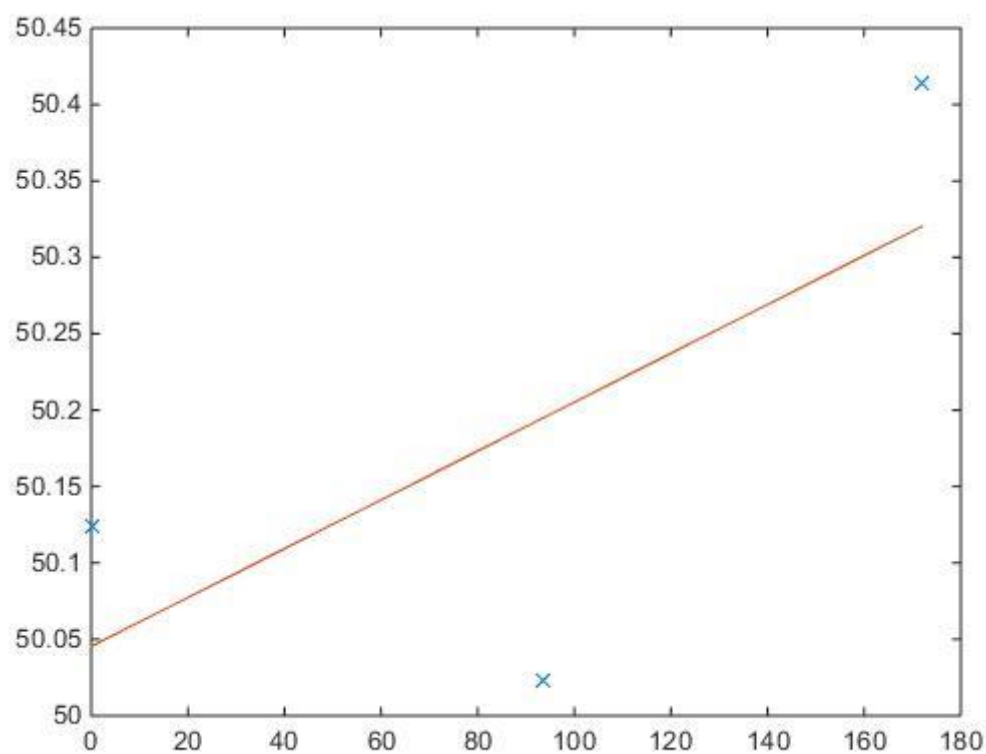
Graf opravy z chodu gravimetru



$$\delta ch = 148 + 0,0043 \cdot x$$

Skupina č. 7 - GAK			
Číslo bodu	\emptyset čtení [dílek]	g_r'' [mGal]	g [mGal]
3408,01	11.4464	50.1238	980938.5
44	3.6858	16.1401	980904.6
43	4.2220	18.4881	980906.9
40.1	5.2818	23.1290	980911.6
39.2	6.2012	27.1551	980915.6
3408,01	11.4234	50.0231	980938.4
39.1	6.7644	29.6213	980918.1
37	8.0068	35.0618	980923.5
36.1	9.2620	40.5583	980929.0
35.1	9.5434	41.7905	980930.2
34	10.8762	47.6269	980936.0
3408,01	11.5126	50.4137	980938.8

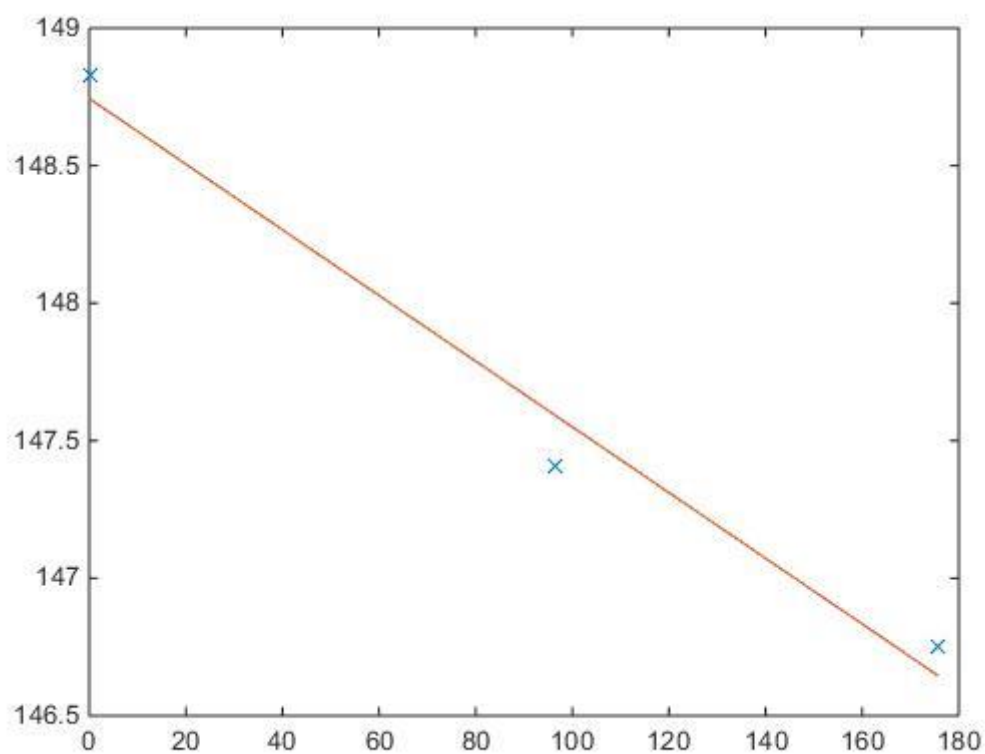
Graf opravy z chodu gravimetru



$$\delta ch = 50 + 0,0016 \cdot x$$

Skupina č. 7 - Worden			
Číslo bodu	\varnothing čtení [dílek]	g_r'' [mGal]	g [mGal]
3408,01	1266.62	148.8278	980939.8
44	954.36	112.1373	980902.6
43	974.70	114.5273	980905.1
40.1	1018.52	119.6761	980910.3
39.2	1062.16	124.8038	980915.5
3408,01	1254.52	147.4061	980938.3
39.1	1073.10	126.0892	980916.8
37	1122.68	131.9149	980922.7
36.1	1173.46	137.8816	980928.7
35.1	1179.00	138.5325	980929.4
34	1218.96	143.2278	980934.1
3408,01	1248.94	146.7505	980937.7

Graf opravy z chodu gravimetru



$$\delta ch = 149 - 0,0119 \cdot x$$