

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA GEOMATIKY

Název předmětu

Výuka v terénu z teoretické geodézie

Úloha

GEO

Název úlohy:

Určení průběhu kvazigeoidu

akademický rok
2024/2025

semestr
letní

studijní skupina

vypracovaly
Sk. 1

datum
. .2025

klasifikace

Technická zpráva

1 Zadání

Určete průběh kvazigeoidu v profilu vedeném podél nivelačního pořadu II.řádu Z7ab Žleb-Kunčice pomocí GNSS-nivelace. Dosažené výsledky budou použity k otestování modelu kvazigeoidu CR2005 v dané oblasti.

Na profilu realizovaném dočasně stabilizovanými body a vedeném podél nivelačního pořadu Z7ab (úsek Vysoké Žibřidovice - Kladské sedlo vymezený body Z7ab-9 a Z7ab-44) určete pro jednotlivé body profilu elipsoidické souřadnice (polohu a výšku) v systému ETRS89 (realizace ETRF2000) a normální výšku v systému Bpv. Elipsoidické souřadnice zaměřte pomocí technologie GNSS statickou metodou. Normální výšku bodů profilu určete technickou nivelací z blízkých bodů nivelačního pořadu Z7ab.

V úseku Nová Seninka - Kladské sedlo (úsek nivelačního pořadu Z7ab vymezený body Z7ab-33 a Z7ab-44) bude GNSS-nivelace navázána na prováděnou obnovu nivelačního pořadu Z7ab (úloha VPN). V tomto úseku využijte nově určené normální výšky přípojovacích nivelačních bodů z provedené obnovy pořadu. Ve zbylé části profilu (úsek Vysoké Žibřidovice - Nová Seninka) převezměte normální výšky bodů z nivelačních údajů.

Získané hodnoty výškové anomálie kvazigeoidu porovnejte pro body vašeho profilu s hodnotami modelu kvazigeoidu CR2005.

2 Informace o měření

<i>Místo měření:</i>	Staré Město pod Sněžníkem a okolí (okres Šumperk)
<i>Datum měření:</i>	15. 6. 2025 – měření GNSS;
<i>Povětrnostní podmínky:</i>	15. 6. 2025 – jasno, slabý vítr, teplota cca 20–24°C
<i>Použité přístroje a pomůcky:</i>	3 x Leica Sprinter 100, v.č.: 738932, 1007227, 1007439, 2 x Trimble TRMR2, v.č.: 32S17769, 6203S17886, Trimble TRMR580, 6337S22116, nivelační latě, nivelační podložky, stativy, dřevěné kolíky, kladivo, svinovací metr

3 Postup

3.1 Měření GNSS

Měření GNSS probíhalo rychlou statickou metodou s použitím referenční stanice ve Starém Městě (TSTA). Data z měření byla exportována do formátu RINEX. Byla použita observační data ze stanice CZEPOS v Šumperku (CSUM).

Zpracování bylo provedeno v programu RTKLib.

3.2 Technická nivelace

Nivelace byla použita pro určení výšky bodu z excentrického stanoviska, s maximem dvou přestav.

Hodnocení přesnosti nivelace porovnáním rozdílů nivelovaných převýšení a mezní odchylkou probíhalo už v terénu podle:

$$\Delta M_{[mm]} = 0,67 * 40 * \sqrt{R_{[km]}}, \quad (1)$$

kde $R_{[km]}$ je délka pořadu v kilometrech.

Vyhovující dvojice měření pak byla zprůměrována.

Přesnost měření popisuje střední jednotková chyba kilometrová obousměrné nivelace:

$$m_{0[mm]} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\delta h}{R_{[km]}}}, \quad (2)$$

směrodatná odchylka nivelovaného převýšení:

$$m_{[mm]} = m_0 \sqrt{R_{[km]}}, \quad (3)$$

a její mezní hodnota:

$$m_{[mm]} = 1,00 + \frac{1,77}{\sqrt{M}}, \quad (4)$$

kde M je počet oddílů v pořadu.

Výšky měřené dvěma skupinami byly zprůměrovány a ze zákona hromadění směrodatných odchylek je směrodatná odchylka průměru:

$$\sigma_m = 2\sqrt{\sigma_{m1}^2 + \sigma_{m2}^2}. \quad (5)$$

3.3 Výpočet výškové anomálie

Výšková anomálie je rozdíl elipsoidické (určené GNSS) a normální Moloděnského výšky (určené nivelací):

$$N = H_{el} - H_{niv}. \quad (6)$$

Její přesnost je ze zákona hromadění směrodatných odchylek:

$$\sigma_N = \sqrt{\sigma_{Hel}^2 + \sigma_{Hniv}^2}. \quad (7)$$

4 Výsledky

Tabulka 1: Souřadnice a výšky, Staré Město - Nová Seninka

Bod	B[°]	L[°]	H[m]	σ_H [mm]
23K	50,16409	16,94625	568,281	19,0
25K	50,16751	16,94516	582,711	19,0
27.1K	50,17650	16,93953	588,495	19,0
29K	50,17916	16,93285	598,338	19,0
30K	50,18047	16,92536	610,191	19,0
31K	50,18666	16,92124	624,857	19,0
31.1K	50,19064	16,91935	635,698	19,0
32K	50,19339	16,91916	643,479	19,0

Tabulka 2: Souřadnice a výšky, Nová Seninka - Kladské Sedlo

Sk.1					Sk.2			
Bod	B[°]	L[°]	H[m]	σ_H [mm]	B[°]	L[°]	H[m]	σ_H [mm]
33.1K	50,19856	16,91752	658,562	9.3	50,19856	16,91752	658,581	5.1
34K	50,20344	16,91535	676,095	2.9	50,20344	16,91535	676,089	1.0
35.1B	50,20855	16,91942	699,480	24.0	50,20855	16,91942	699,432	0
36.1B	50,21102	16,92066	711,668	18.0	50,21102	16,92066	711,704	0
37K	50,21610	16,92155	740,612	43.0	50,21610	16,92155	740,698	0.0
39.1K	50,21817	16,92567	771,620	18.1	50,21817	16,92567	771,657	0.0
43K	50,21969	16,92524	828,388	29.4	50,21969	16,92524	828,447	1.0
44K	50,22303	16,92363	845,421	7.6	50,22303	16,92363	845,406	1.4

Tabulka 3: Výsledky měření, Staré Město - Nová Seninka

Bod	H_{niv} [m]	m_0 [mm]	m [mm]	H_{el} [m]	σ_{Hel} [mm]
23K	524,507	0,0	0,0	568,281	19,0
25K	538,941	0,0	0,0	582,711	19,0
27.1K	544,738	5,0	1,0	588,495	19,0
29K	554,575	4,2	0,5	598,338	19,0
30K	566,417	0,0	0,0	610,191	19,0
31K	581,028	3,0	0,5	624,857	19,0
31.1K	591,914	2,2	0,5	635,698	19,0
32K	599,737	0,0	0,0	643,479	19,0

Tabulka 4: Výsledky měření, Nová Seninka - Kladské Sedlo

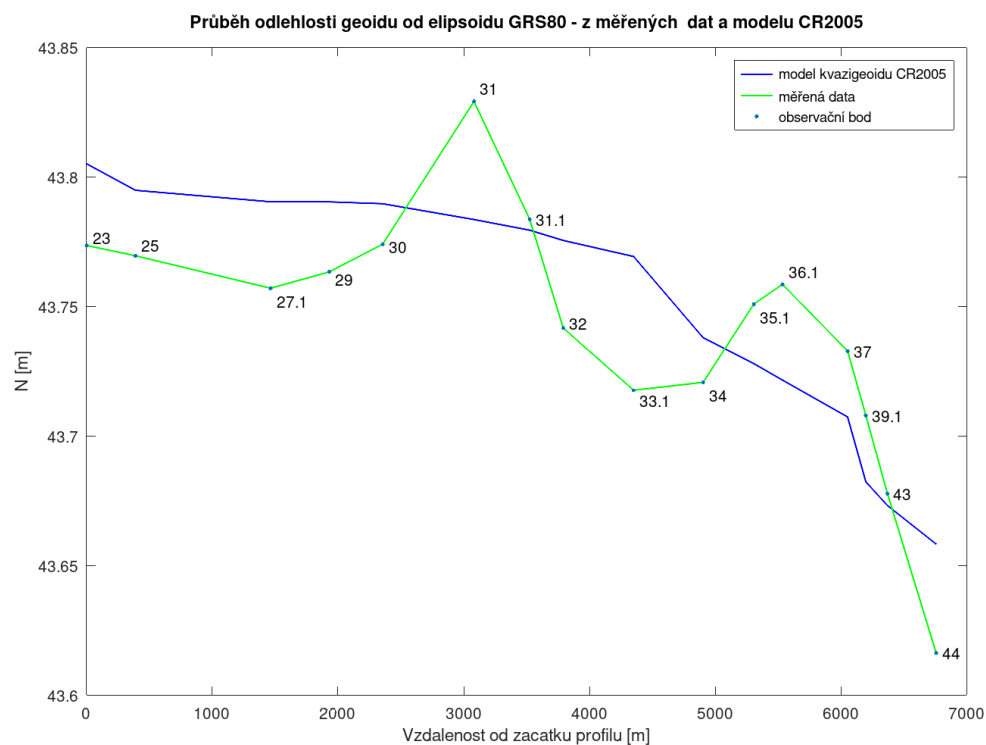
Bod	Sk.1				Sk.2				$\Delta H_{el}[m]$
	$H_{niv}[m]$	$m[mm]$	$H_{el}[m]$	$\sigma_{Hel}[mm]$	$H_{niv}[m]$	$m[mm]$	$H_{el}[m]$	$\sigma_{Hel}[mm]$	
33.1K	614,854	0,5	658,562	9.3	614,853	2,5	658,581	5.1	0,019
34K	632,371	0,0	676,095	2.9	632,371	0,5	676,089	1.0	-0,006
35.1B	655,705	—	699,480	24.0	655,705	—	699,432	0	-0,048
36.1B	667,927	—	711,668	18.0	667,927	—	711,704	0	0,036
37K	696,922	0,0	740,612	43.0	696,922	0,0	740,698	0.0	0,086
39.1K	727,931	0,0	771,620	18.1	727,930	0,0	771,657	0.0	0,037
43K	784,740	0,0	828,388	29.4	784,740	0,5	828,447	1.0	0,059
44K	801,798	0,5	845,421	7.6	801,797	0,5	845,406	1.4	-0,015

Tabulka 5: PRŮMĚR – Souřadnice a výšky, Staré Město - Kladské Sedlo

Bod	B[°]	L[°]	H[m]	$\sigma_H[mm]$
23K	50,16409	16,94625	568,281	19,0
25K	50,16751	16,94516	582,711	19,0
27.1K	50,17650	16,93953	588,495	19,0
29K	50,17916	16,93285	598,338	19,0
30K	50,18047	16,92536	610,191	19,0
31K	50,18666	16,92124	624,857	19,0
31.1K	50,19064	16,91935	635,698	19,0
32K	50,19339	16,91916	643,479	19,0
33.1K	50,19856	16,91752	658,571	9,3
34K	50,20344	16,91535	676,092	2,9
35.1B	50,20855	16,91942	699,456	24,0
36.1B	50,21102	16,92066	711,686	18,0
37K	50,21610	16,92155	740,655	43,0
39.1K	50,21817	16,92567	771,638	18,1
43K	50,21969	16,92524	828,418	29,4
44K	50,22303	16,92363	845,414	7,6

Tabulka 6: PRŮMĚR – Výsledky měření, Staré Město - Kladské Sedlo

Bod	$H_{niv}[m]$	$m[mm]$	$H_{el}[m]$	$\sigma_{Hel}[mm]$	$N_{int}[m]$	$N[m]$	$N_{int} - N[m]$	$\sigma_N[mm]$
23K	524,507	0,0	568,281	19,0	43.805	43.774	0.031	0.0
25K	538,941	0,0	582,711	19,0	43.795	43.770	0.025	0.0
27.1K	544,738	1,0	588,495	19,0	43.790	43.757	0.033	2.0
29K	554,575	0,5	598,338	19,0	43.790	43.763	0.027	1.0
30K	566,417	0,0	610,191	19,0	43.790	43.774	0.015	0.0
31K	581,028	0,5	624,857	19,0	43.784	43.829	-0.045	1.0
31.1K	591,914	0,5	635,698	19,0	43.779	43.784	-0.004	1.0
32K	599,737	0,0	643,479	19,0	43.776	43.742	0.033	0.0
33.1K	614,854	5,1	658,571	9,3	43.769	43.718	0.051	10.6
34K	632,371	1,0	676,092	2,9	43.738	43.721	0.017	3.0
35.1B	655,705	—	699,456	24,0	43.728	43.751	-0.022	24.0
36.1B	667,927	—	711,686	18,0	43.722	43.759	-0.036	18.0
37K	696,922	0,0	740,655	43,0	43.707	43.733	-0.025	43.0
39.1K	727,931	0,0	771,638	18,1	43.682	43.708	-0.025	18.1
43K	784,740	1,0	828,418	29,4	43.673	43.678	-0.004	29.4
44K	801,798	1,4	845,414	7,6	43.658	43.616	0.042	7.0



Obrázek 1: Grafické znázornění průběhu kvazigeoidu na zadaném profilu

5 Závěr

V rámci této úlohy byl stanoven průběh kvazigeoidu v profilu podél nivelačního pořadu II. řádu Z7ab, konkrétně v úseku od Vysoké Žibřidovice po Kladské sedlo. Bylo provedeno GNSS měření pro určení elipsoidických výšek v systému ETRS89 a technická nivelace pro stanovení normálních výšek v systému Bpv. Byla vypočtena výšková anomálie kvazigeoidu pro jednotlivé body profilu.

Naměřené hodnoty byly následně porovnány s hodnotami modelu kvazigeoidu CR2005. Získané výsledky prokázaly, že model CR2005 se v dané oblasti blíží skutečnému průběhu kvazigeoidu. Rozdíly mezi naměřenými a modelovými hodnotami jsou uvedeny v 6, kde se pohybují v řádu milimetrů až centimetrů. Tyto odchylky jsou přijatelné vzhledem k použité metodice a přesnosti měření.

Grafické znázornění průběhu výškových anomálií je na 1.

6 Přílohy

1.

V Praze dne: .. 2025

M. Kovář, M. Pokorný,
F. Roučka, K. Sedlák