



Přesné určování polohy bodů železničního bodového pole technologií GNSS v provozních podmínkách

Ing. Ondřej Vystavěl, doc. Ing. Jiří Bureš, Ph.D.

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie

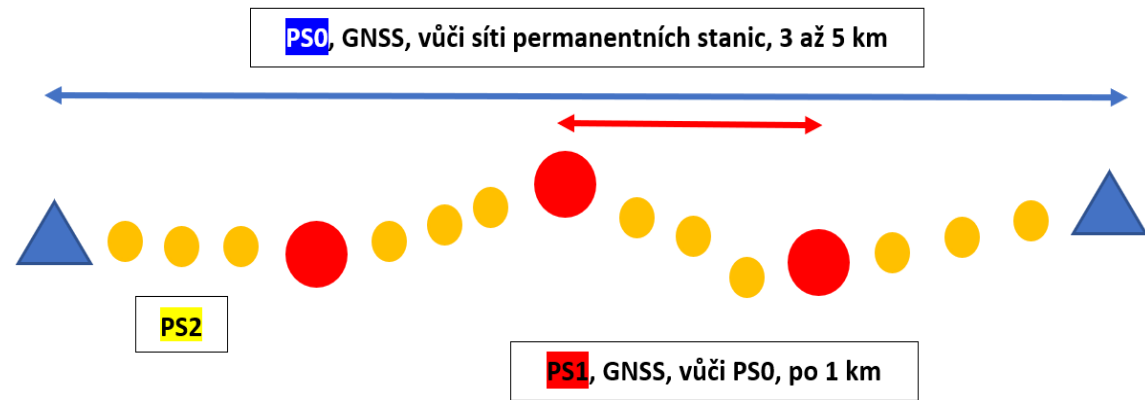
Ondrej.Vystavel@vut.cz, Jiri.Bures@vut.cz

Družicové metody v teorii a praxi

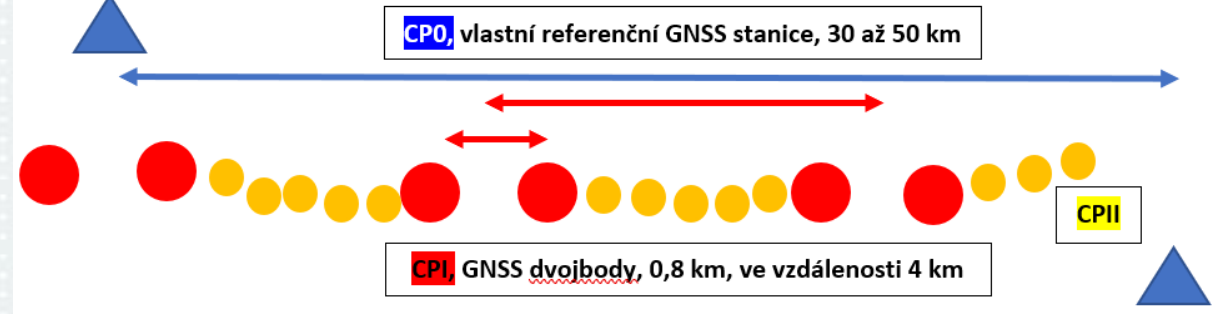
26. ročník konference s mezinárodní účastí, 1. února 2024, Brno

Principy budování „ŽBP“ ve světě

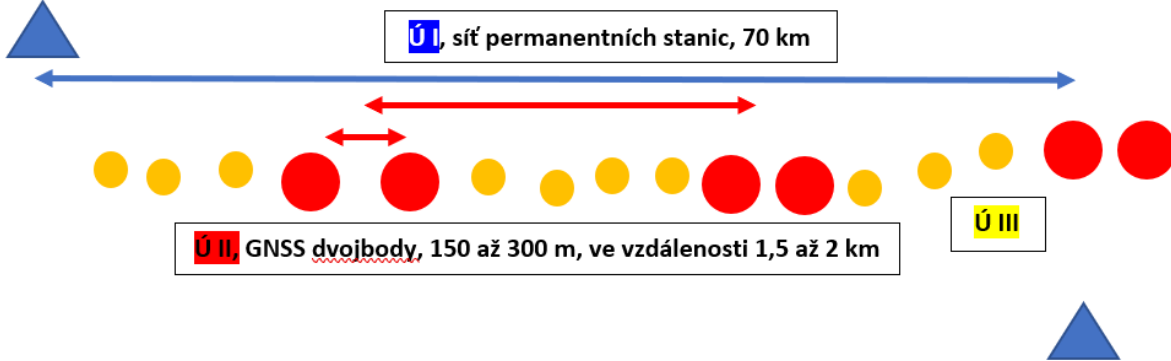
Německo



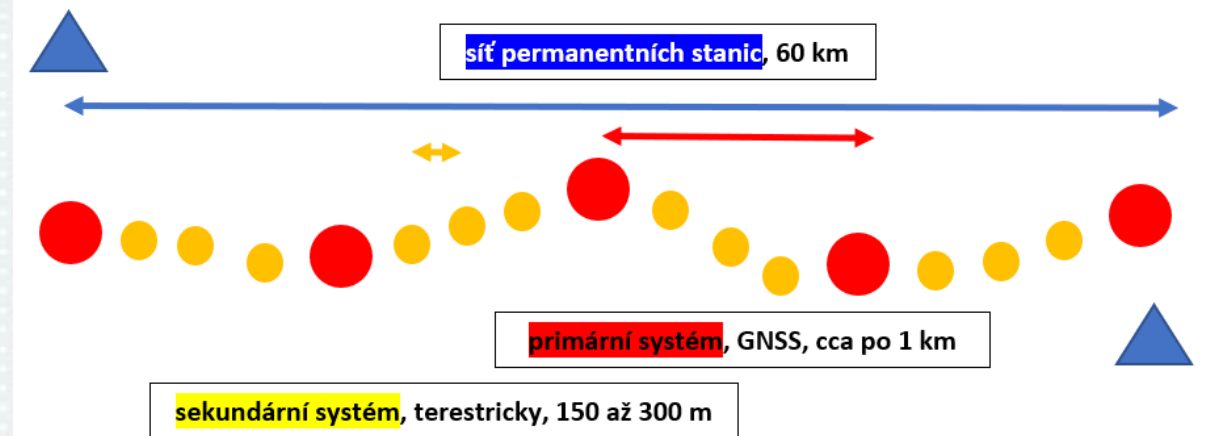
Čína



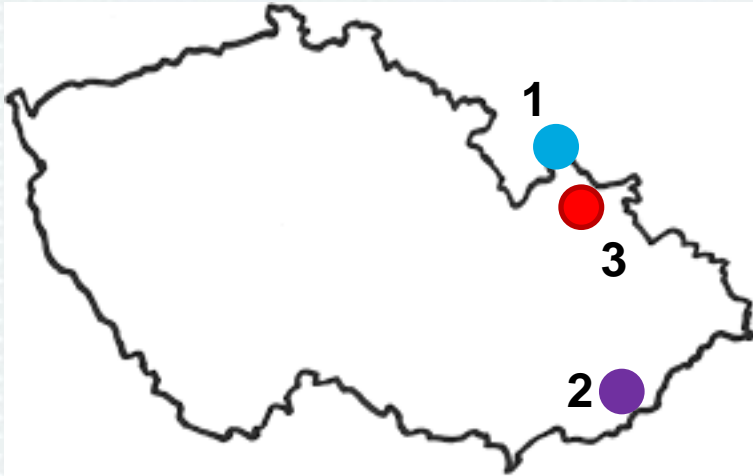
Polsko



Česká republika



Měřené úseky ŽBP



1) Velká Kraš – Vidnava
4,5 km



2) Bojkovice – Hostětín
9,5 km



3) Jeseník – Mikulovice
16,0 km

Zásady přesného měření GNSS

- návaznost do sítí permanentních stanic které jsou součástí nezávislého monitoringu VÚGTK, v.v.i.,
- preference použití síťové metody měření typu VRS,
- použitý signál GNSS minimálně GPS+Glonass,
- elevační maska 10° až 13° ,
- počet observovaných družic min. 10, GDOP ≤ 2 ,
- doba měření 5 minut při fixovaném řešení (start měření min. 30 sekund po fixaci řešení z důvodu ustálení fixace),
- počet opakování měření min. 3x s časovým odstupem 3 až 4 hod,
- centrace antény nad měřickou značkou lepší jak 1 mm.

Dosažená přesnost GNSS v ideálních podmínkách na kalibrační základně



GNSS aparatura
Trimble R2

s_y [mm]	s_x [mm]
3,2	2,2

Provozní podmínky na železnici



Dosažená přesnost GNSS v provozních podmínkách

Měřený úsek železniční tratě	délka úseku [km]	# určovaných GNSS bodů (n)	s_Y [mm]	s_X [mm]
TÚ 1371 Velká Kraš – Vidnava	4,5	8	3,2	5,7
TÚ 2302 Bojkovice – Hostětín	9,5	12	6,8	7,1
TÚ 1363 Jeseník – Mikulovice	16,5	27	6,9	6,9

Přesnost v provozních podmínkách je 2x až 3x horší než v ideálních podmínkách na kalibrační základně.

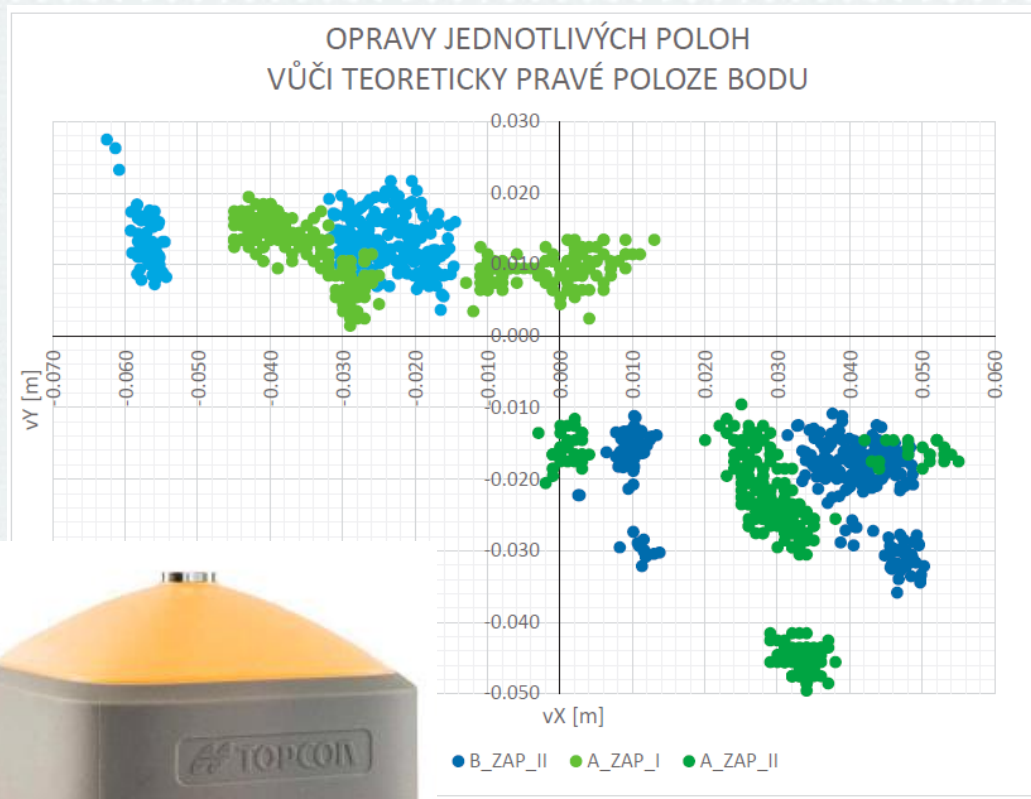
K aparaturám s inerciální jednotkou

GNSS aparatura	při vypnutí korekce náklonu RMS [mm]	při zapnutí korekce náklonu RMS [mm]
<u>Trimble R780</u> (IMU)	7,6	10,6

GNSS aparatura	střední systematická odchylka <u>cy</u> [mm]	střední systematická odchylka <u>cx</u> [mm]
<u>Trimble R780</u> (IMU)	-0,1	+2,2



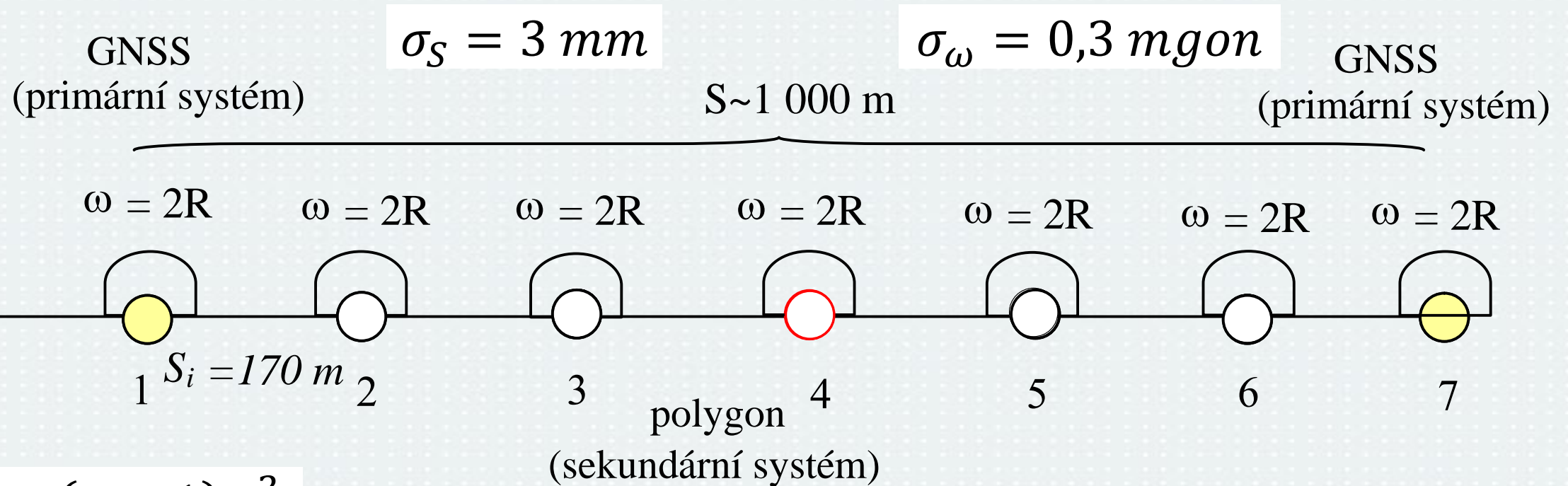
K aparaturám s IMU + eCompass



KOMPENZACE	I. POLOHA	II. POLOHA
VYP.	0.003 m	0.003 m
ZAP.	0.025 m	0.038 m



GNSS a terestrické měření (zjednodušený model výpočtu přesnosti)



$$\sigma_L^2 = (n - 1)\sigma_S^2$$

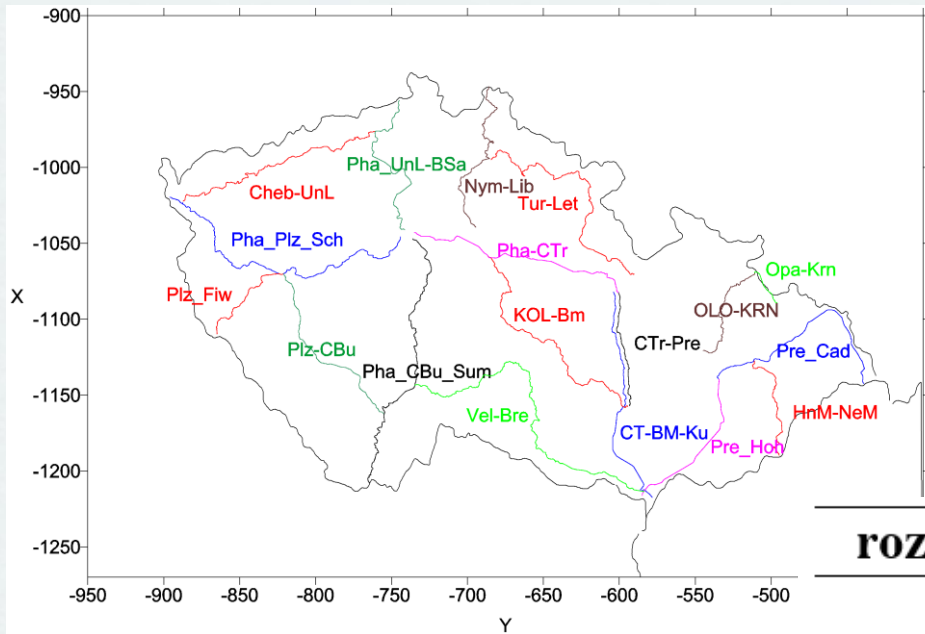
$$\sigma_q^2 = \frac{n(n - 1)(2n - 1)}{6} S_i^2 \sigma_\omega^2$$



$$\sigma_L = 5,2 \text{ mm}$$

$$\sigma_q = 3,0 \text{ mm}$$

Geometrické nehomogenity JTK ČÚZK 2018



rozsah [mm/km]	DL [%]	DQ [%]	DLDQ [%]
0 – 5	65	70	40
5 - 10	26	22	40
10 - 20	8	7	18
20 - 25	0.6	1	2
25 - 40	0.3	0.1	0.5

BUREŠ, J., KOSTELECKÝ, J.: Poradenské a konzultační služby pro DTMŽ – Strategie uplatnění, pořizování a správy prostorových dat. Část Analýza – Dílčí část 1.3.2. Geodetické přesnosti prostorových dat. 7/2021

Soulad přesností družicového a terestrického měření

Měřený úsek železniční tratě	σ_0 <u>apriori</u>	σ_0 <u>aposteriori</u>	Kritická σ_0 (pro <u>Chí-kvadrát a nadbytečnost ν</u>)	RMS σ_p [mm]	max. σ_p [mm]
TÚ 1371 Velká Kraš – Vidnava	1,0	0.8505	1.1744 ($\nu=43$)	2,8	3,3
TÚ 2302 Bojkovice – Hostětín	1,0	1.3331	1.1193 ($\nu=93$)	4,2	5,3
TÚ 1363 Jeseník – Mikulovice	1,0	1.5912	1.1326 ($\nu=75$)	4,2	6,8

Závěry

1. Prokázala se reprodukovatelnost přesnosti určení bodů technologií GNSS ve směrodatné souřadnicové odchylce lepší jak $\sigma_{x,y} = 5$ mm ze tří opakování.
2. Ukázalo se, že přesnost v provozních podmínkách je 2x až 3x horší než za ideálních podmínek na kalibrační základně.
3. Do výsledné přesnosti při kombinaci družicového a terestrického měření vstupují:
 - nejistoty měření GNSS,
 - nejistoty terestrického měření (úhlů, délek),
 - a dominantně geometrické měřítkové nehomogenity jednotného transformačního klíče.
4. Metodika měření GNSS aplikovaná v provozních podmínkách zaručuje dosažení nejvyšší potřebné přesnosti.

Děkujeme za pozornost!

Ing. Ondřej Vystavěl

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie

Ondrej.Vystavel@vut.cz

