



KONIEC STEREOGRAFICKÉHO SYSTÉMU NA SLOVENSKO-MAĎARSKEJ ŠTÁTNEJ HRANICI

Ing. Ján Bublavý, Ing. Branislav Droščák, PhD.

jan.bublavy@skgeodesy.sk, branislav.droscak@skgeodesy.sk

Geodetický a kartografický ústav Bratislava

Tatry 2022 – Globálna geodézia a geoinformatika

24.-25.11.2022, Štrbské Pleso

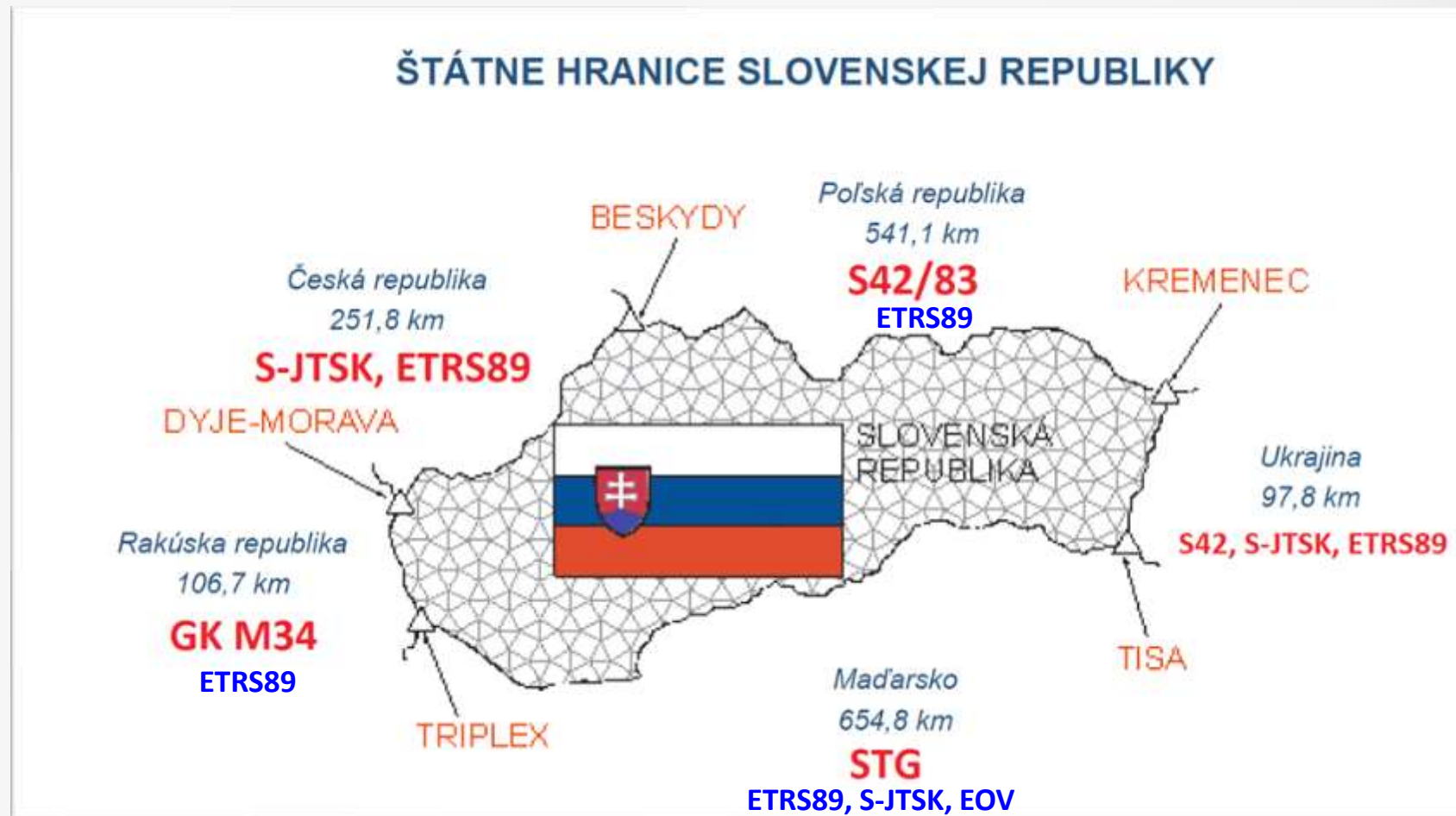


Súčasný stav štátnych hraníc – referenčné systémy

geodetický systém
na štátnej hranici

vs.

použitie v praxi



■ MVSR

určuje záväzné geodetické systémy a záväzné lokalizačné štandardy pre potreby správy štátnych hraníc v súlade s príslušnými medzinárodnými zmluvami a platnými právnymi predpismi

Slovensko-maďarská štátna hranica

- Dĺžka: 654,8 km
- Hraničné znaky (HZ): 6788
- 20 hraničných úsekov I. – XX.
- SR: IV., VI., VII., VIII., IX. a X.
voda: II., III., V., XVI., XVIII., XIX. a XX.



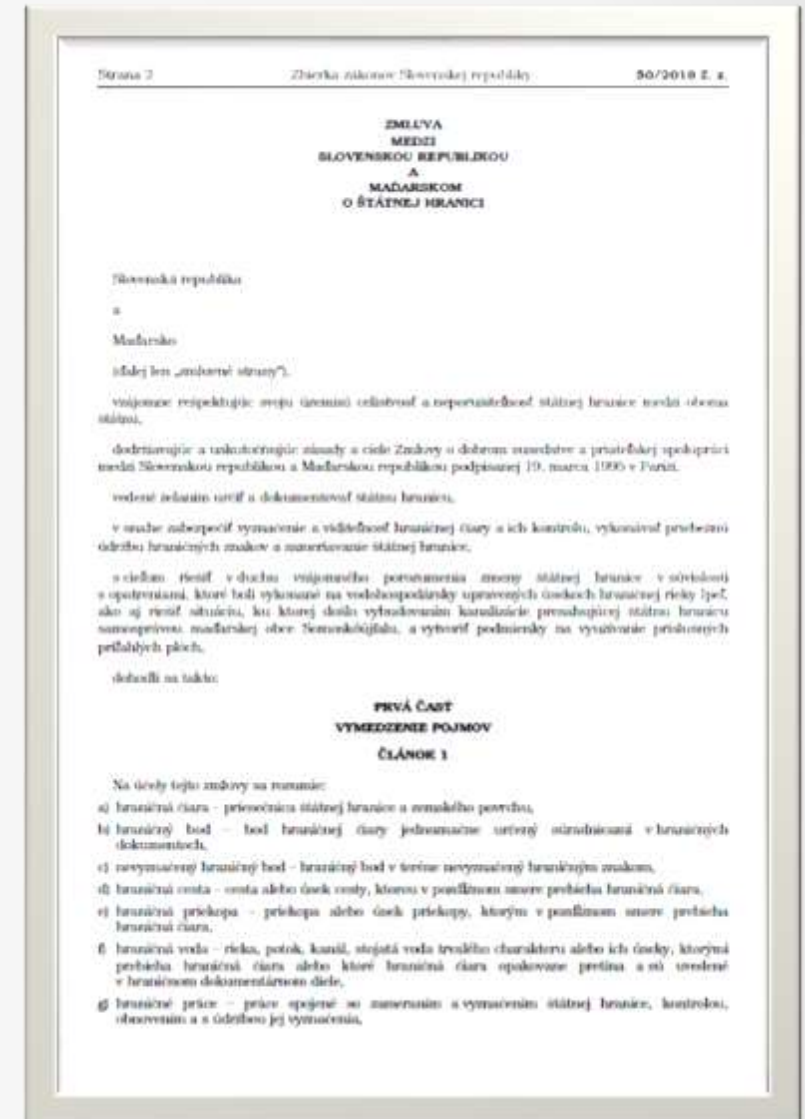
Nová zmluva o štátnej hranici

- podpísaná 25. 1. 2016 v Amsterdame
- platná od 1. 3. 2019

ČLÁNOK 7

(1) Zmluvné strany zabezpečia do dvoch rokov odo dňa nadobudnutia platnosti tejto zmluvy **začatie zamerania štátnej hranice** kontrolou polohy hraničných znakov geodetickým zameraním, zameraním brehov hraničných vôd, okrajov hraničných ciest a hraničných priekop a novým zameraním priľahlých území v celej dĺžke štátnej hranice, a na tomto základe vyhotovenie nového hraničného dokumentárneho diela.

(3) **Metódy zamerania štátnej hranice** podľa odseku 1 a obsah a formu nového hraničného dokumentárneho diela **určí hraničná komisia**.

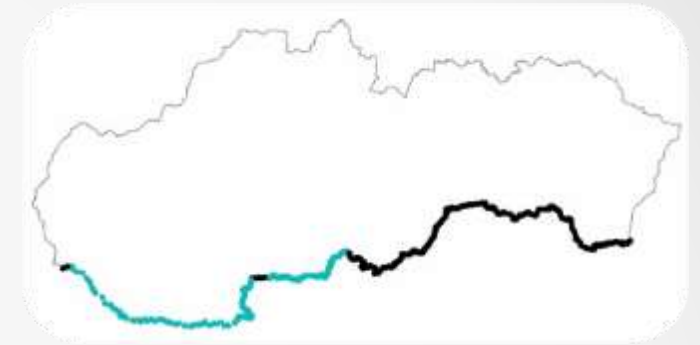


Technický projekt

- Technický projekt predstavuje jednotný dokument popisujúci podrobnosti realizácie a kontroly nového zamerania štátnej hranice v novom súradnicovom systéme ETRS89, projekcii ETRS89-TM34 (EPSG:3046).
- Národné súradnicové referenčné systémy
 - Slovensko: S-JTSK + BPV
 - Maďarsko: EOVS + EOMA
- Metódy merania nového zamerania štátnej hranice
 - Metódy merania GNSS
 - Klasické geodetické metódy merania
 - Metódy diaľkového prieskumu Zeme
- Kontrola kvality určenia hraničných znakov
- Kontrola určenia polohy HZ s doterajšou hraničnou dokumentáciou porovnaním dĺžkok a súradníc



Nové zameranie štátnej hranice



- do roku 2017 – II., III. a V. úsek – určené ETRS89
- 2016 – 2021 - 10. zameriavacie a vyznačovacie práce na slovensko-maďarskej štátnej hranici – dohodnuté zameranie hraničných znakov

Harmonogram prác

- 2016 – IV., VI. úsek
– III. a V. úsek – iba hlavné HZ (SR)
- 2017 – VII., VIII. a X. úsek
- 2019 – IX., XVI. úsek
- 2020 – XVIII., XIX. a XX. úsek (SR)

PREHLAD MERANIA																
Hraničný znak	Terestrické			GPS			Ine	Poznámky k meraniu	ETRS89 GNSS			ETRS89 POLYGON			Súradnicové rozdiely	
	nájd.	prešikov.	poligon	sklápa	GNSS RTK - 1. meranie	GNSS RTK - 2. meranie			GNSS RTK - 3. meranie	φ [°']	λ [°']	h [m]	φ [°']	λ [°']	h [m]	Δp (m)
XIX.1								2xRTN	482553.99009	213911.57059	149.473					
XIX.3								2xRTN	482517.59104	213929.58389	147.413					
XIX.3/3								2xRTN	482418.53247	213956.22285	142.914					
XIX.3/5								2xRTN	482404.60461	213956.52950	142.524					
XIX.4/1								2xRTN	482401.20945	214001.32607	144.047					
XIX.4/3								2xRTN	482352.26665	214008.16529	142.610					
XIX.4/5								2xRTN	482358.45977	213956.96672	141.721					
XIX.5								2xRTN	482351.91851	213953.71827	145.370					
XIX.7								2xRTN	482329.47232	213959.98203	142.411					
XIX.14/3								2xRTN	482259.81052	214154.04039	141.705					
XIX.15								poligon voľný				482248.57241	214111.62138	138.534		
XIX.17								poligon voľný				482228.41752	214221.03428	137.802		
XIX.23								2xRTN	482105.96287	214318.09069	137.399					
XIX.25								2xRTN	482057.19127	214418.50747	138.786					
XIX.27								2xRTN	482044.30564	214518.38569	137.262					
XIX.29								2xRTN	482020.69822	214582.22632	137.522					
XIX.31								2xRTN	482020.50191	214658.17153	138.699					
XIX.33								2xRTN	482031.98042	214756.12841	137.033					
XIX.35								2xRTN	482018.13181	214839.37500	136.427					
XIX.37								2xRTN	481958.78018	214902.40484	137.519					
XIX.39								2xRTN	482003.68897	214945.76411	137.964					
XIX.41								poligon voľný				482015.67918	215000.44434	136.548		
XIX.43								S2	482017.18530	214956.60493	137.466					
XIX.45								S2	482124.02632	215006.36498	136.008					
XIX.46								2xRTN	482150.12394	215011.84478	138.129					
XIX.46/2								rajón				482151.88782	215044.08777	135.876		
XIX.47								S2	482153.28253	215051.57865	137.656					

Nové zameranie štátnej hranice



Nové zameranie štátnej hranice



Nové zameranie štátnej hranice

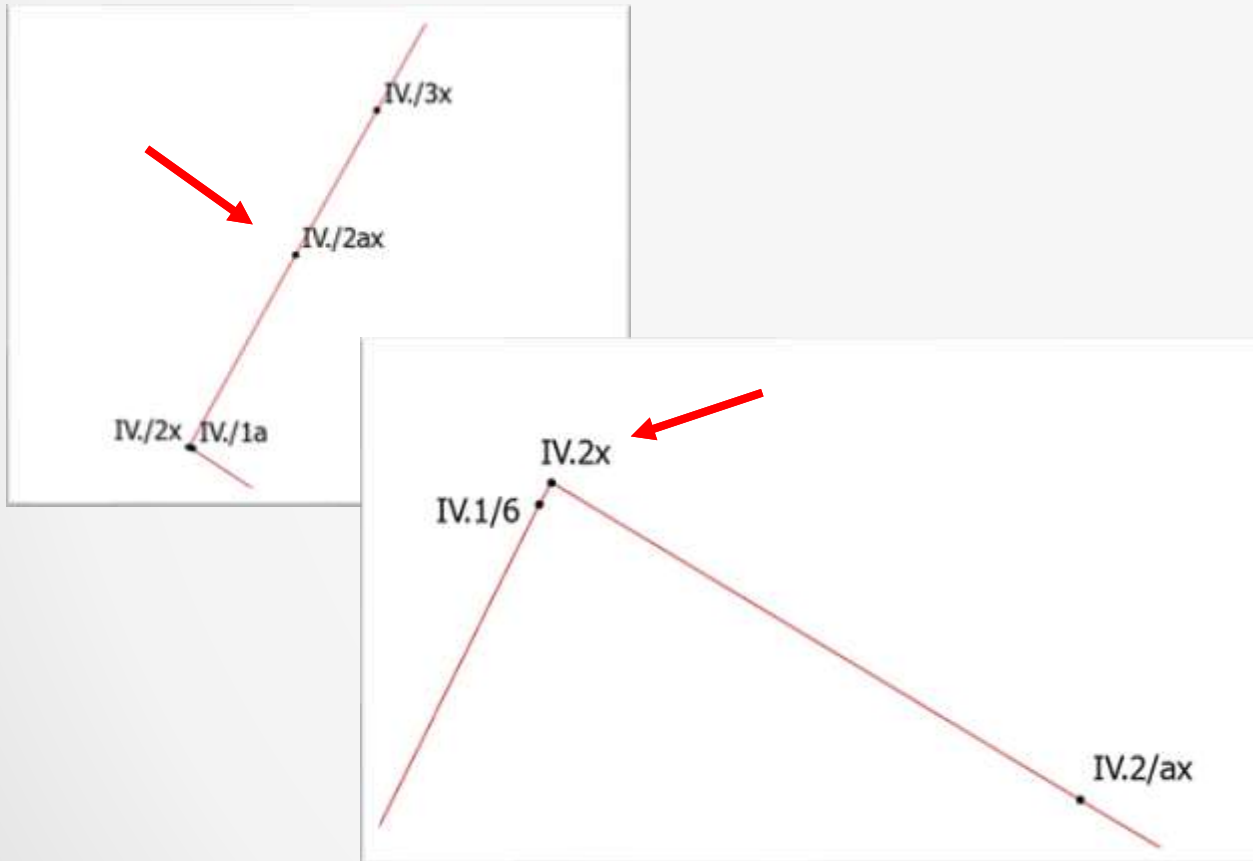


Nové zaměranie štátnej hranice



Kontrola určenia polohy HZ s doterajšou hraničnou dokumentáciou – porovnaním dĺžok

- dĺžka vypočítaná zo súradníc ETRS89 vs. dĺžka zo Stereografického systému $\Delta d \leq 0,22 \text{ m}$
- skreslenie – na východ narastá



Č. HZ	Súradnice ETRS			vodor.dl d (m)	Stereograf.súradnice			K (oprava zo skreslenia) [mm]	ROZDIEL v dĺžkach - bez skreslenia (m)	ROZDIEL v dĺžkach (m)
	φ [° ' '']	λ [° ' '']	h el. (m)		Y _{st} (m)	X _{st} (m)	z _{st} (m)			
IVx.	480214.99691	184917.22242	162.293		16848.55	-61248.45				
IV./ax	480217.13111	184918.59979	161.406	71.829	16819.88	-61314.22	71.75	-1.78	0.08	
IV./bx	480219.81200	184920.33260	163.225	90.250	16783.81	-61396.95	90.25	-2.24	0.00	
IV./1	480221.18438	184916.54414	161.852	89.191	16862.16	-61439.55	89.18	-2.22	0.01	
IV./1a	480222.81351	184912.05889	162.296	105.659	16954.96	-61490.12	105.68	-2.64	-0.03	
IV./2x	480222.83234	184911.98706	162.436	1.598	16956.30	-61490.81	1.51	-0.04	0.09	
IV./2ax	480225.33772	184913.70503	162.280	85.174	16920.79	-61567.96	84.93	-2.13	0.24	
IV./3x	480227.21630	184914.99600	167.197	63.889	16893.57	-61626.05	64.15	-1.61	-0.26	
IV./3ax	480230.85040	184917.51190	165.822	123.754	16841.09	-61738.06	123.71	-3.11	0.04	
IV./4x	480233.25690	184919.18260	166.458	81.991	16806.28	-61812.34	82.01	-2.07	-0.02	
IV./5x	480235.24940	184922.35740	171.227	90.065	16740.42	-61873.68	90.00	-2.27	0.06	
IV./6x	480234.45640	184925.79670	171.251	75.330	16669.11	-61848.89	75.50	-1.90	-0.17	
IV./7x	480232.81408	184932.50506	172.011	147.938	16330.36	-61797.84	147.84	-3.72	0.08	
IV./8x	480231.31096	184938.23918	171.830	127.522	16411.81	-61751.02	127.46	-3.20	0.06	
IV.1x	480229.39978	184945.13273	174.003	154.308	16269.18	-61691.62	154.50	-3.87	0.00	
IV.1/1	480229.57914	184945.23396	173.534	5.923	16267.10	-61697.14	5.90	-0.15	0.02	
IV.1/2	480231.84619	184946.57325	174.304	75.318	16239.17	-61767.07	75.30	-1.89	0.02	
IV.1/3	480236.05036	184949.10807	173.042	140.068	16186.28	-61896.86	140.15	-3.52	-0.09	
IV.1/4	480241.08984	184952.11678	174.796	167.667	16123.53	-62025.26	167.59	-4.22	0.08	
IV.1/4a	480244.43825	184954.17897	174.386	111.880	16080.69	-62155.40	111.68	-2.82	0.20	
IV.1/5	480247.52571	184956.06508	174.435	103.070	16041.28	-62250.77	103.19	-2.62	-0.12	
IV.1/6	480253.50827	184959.66996	171.809	199.298	15966.03	-62435.46	199.45	-5.08	-0.15	
IV.2x	480253.65332	184959.77912	172.593	5.018	15963.98	-62440.10	5.05	-0.13	-0.04	
IV.2/ax	480251.85332	185005.16187	174.255	124.575	15852.32	-62384.02	124.95	-3.19	-0.38	
IV.2/1x	480250.03081	185010.64827	176.495	126.807	15738.84	-62327.43	126.81	-3.22	0.00	
IV.2/2x	480248.07886	185016.52029	174.445	135.740	15617.46	-62266.82	135.67	-3.44	0.07	
IV.2/2a	480248.20688	185016.59701	174.334	4.262	15615.82	-62270.74	4.25	-0.11	0.01	
IV.2/2b	480252.33507	185019.14967	174.527	138.034	15562.65	-62398.09	138.00	-3.50	0.03	

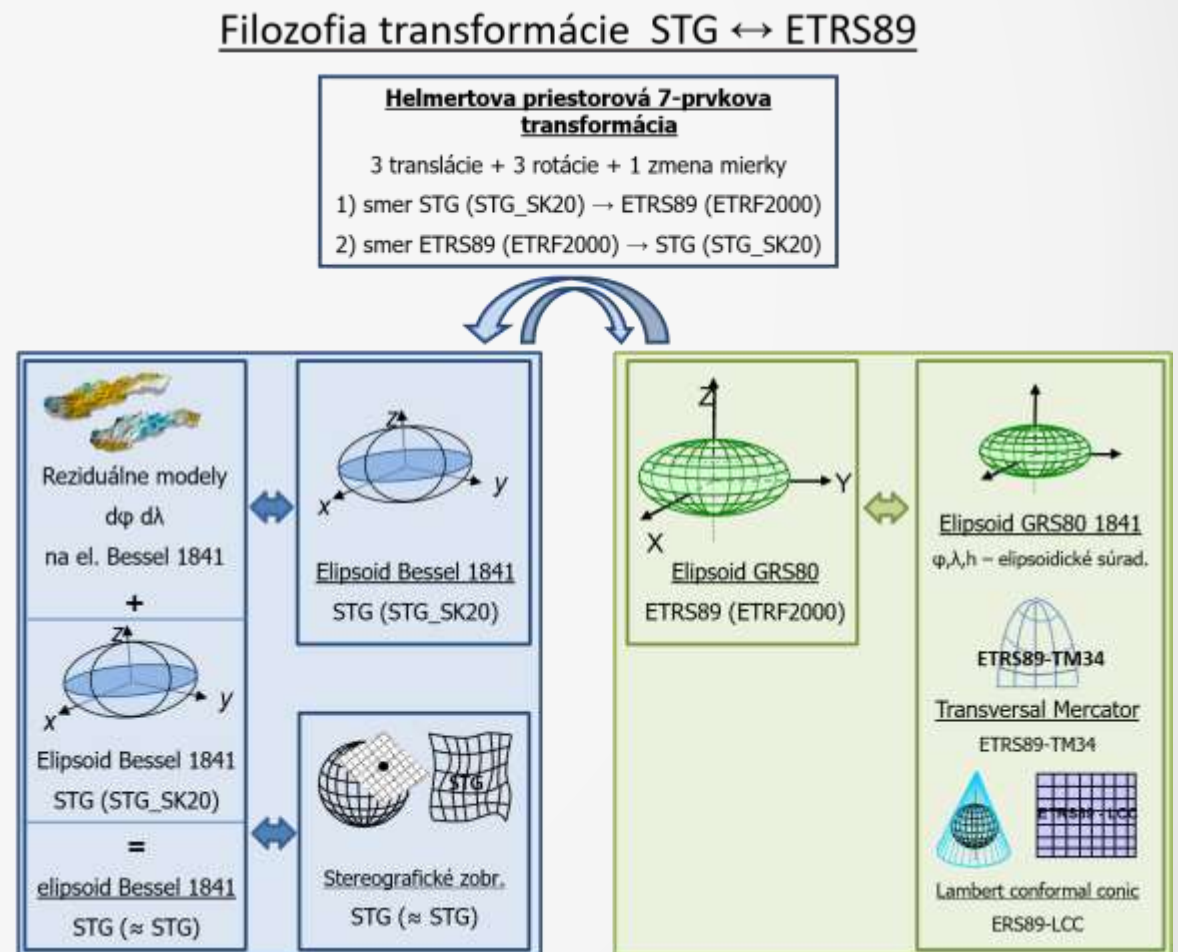
Č. HZ	Súradnice ETRS			vodor.dl d (m)	Stereograf.súradnice			K (oprava zo skreslenia) [mm]	ROZDIEL v dĺžkach - bez skreslenia (m)	ROZDIEL v dĺžkach (m)
	φ [° ' '']	λ [° ' '']	h el. (m)		Y _{st} (m)	X _{st} (m)	z _{st} (m)			
XX.1	482254.76882	220748.16165	140.976		-228323.69	-104061.00			0.00	0.00
XX.3	482302.18396	220805.79282	142.845	429.032	-228677.23	-104304.42	429.24	-166.34	-0.20	-0.04
XX.5	482330.58581	220747.33494	143.139	955.967	-228262.58	-105166.12	956.27	-371.18	-0.31	0.06
XX.7	482339.99472	220831.24035	143.034	948.819	-229153.78	-105492.72	949.16	-369.78	-0.34	0.03
XX.9	482348.85774	220907.41998	143.289	792.997	-229886.68	-105796.23	793.26	-311.18	-0.26	0.05

Kontrola určenia polohy HZ s doterajšou hraničnou dokumentáciou – porovnaním súradníc

- Jednotný transformačný kľúč medzi ETRS89 a Budapeštianskym stereografickým systémom + reziduálne modely

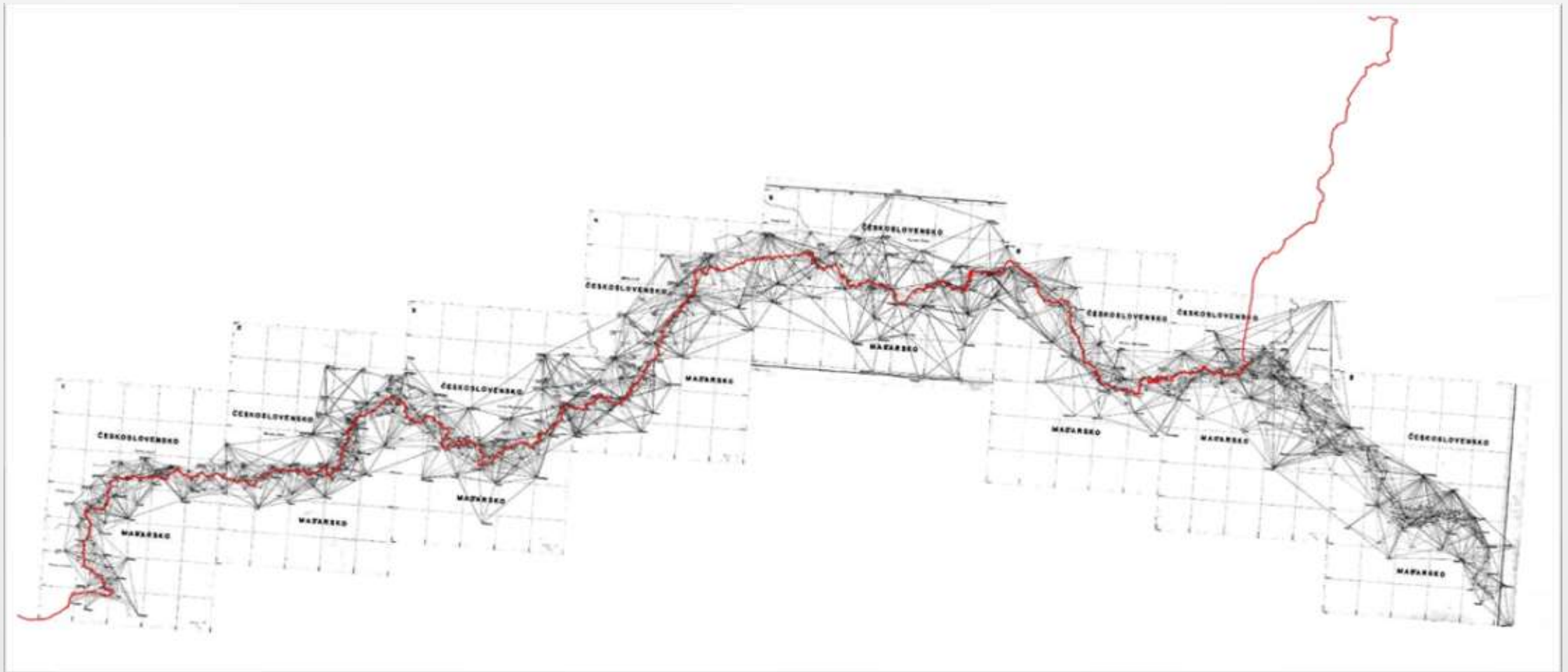
- Odhad transformačných parametrov 7-prvkovej Helmertovej transformácie Molodenského-Badekasovým modelom

- Reziduálne modely
 - DMRZ_STG_ETRS89_DB.grd
 - DMRZ_STG_ETRS89_DL.grd



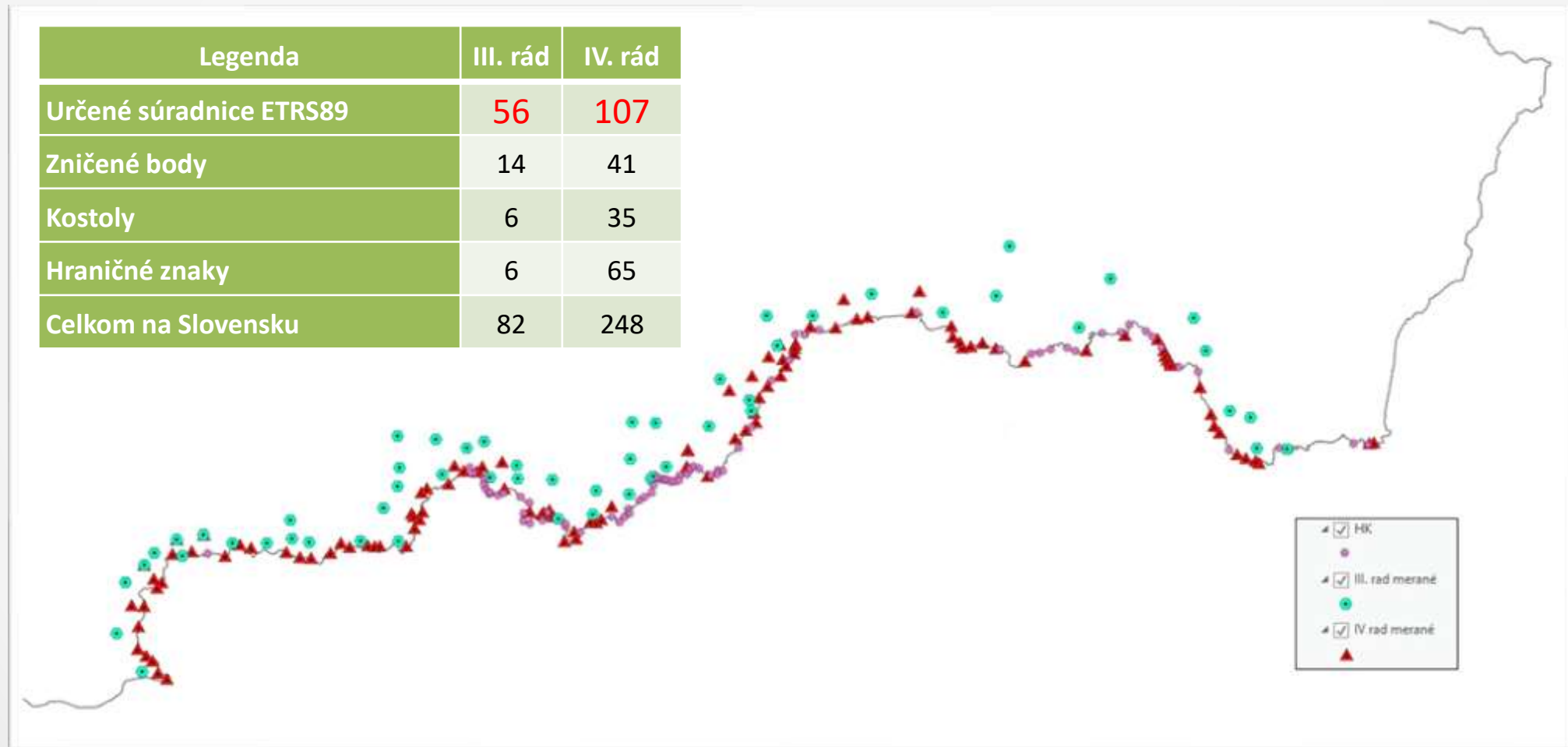
Kontrola určenia polohy HZ s doterajšou hraničnou dokumentáciou – porovnaním súradníc

- pôvodné body III. a IV. rádu trigonometrickej siete z roku 1922-1924



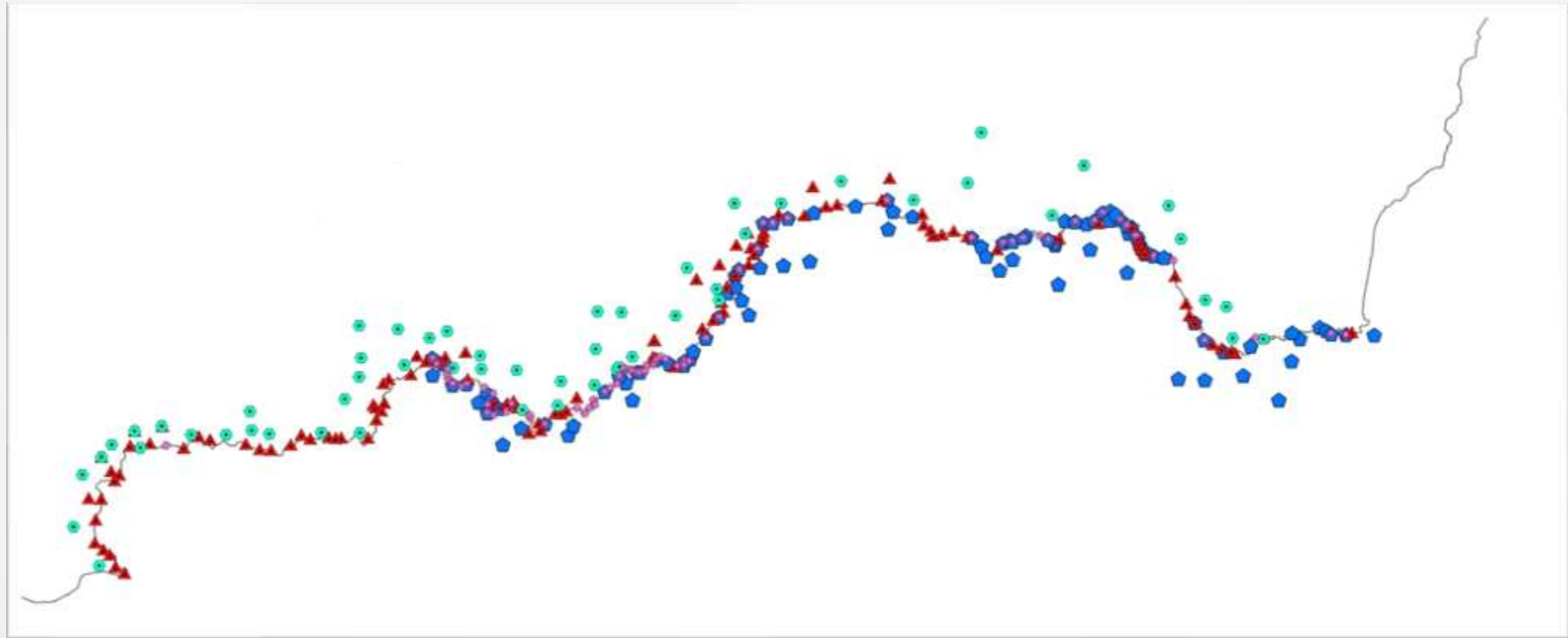
Kontrola určenia polohy HZ s doterajšou hraničnou dokumentáciou – porovnaním súradníc

- merané trigonometrické body v rokoch 2017 až 2019



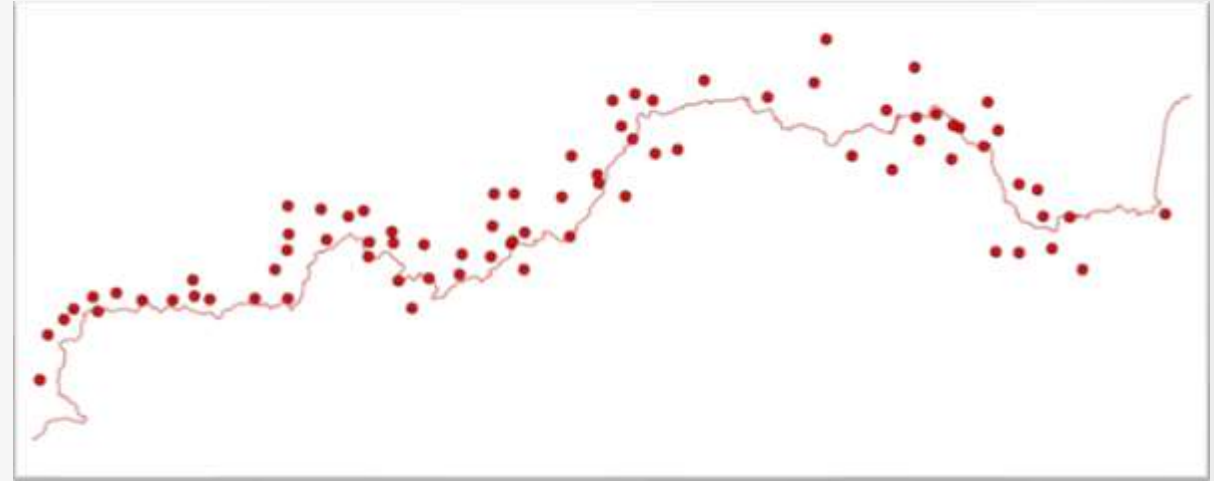
Kontrola určenia polohy HZ s doterajšou hraničnou dokumentáciou – porovnaním súradníc

- doplnené trigonometrické body maďarskou stranou v roku 2021 – 100 bodov
- 28 duplicitne zameraných bodov – priemerná odchýlka **0,03 m**

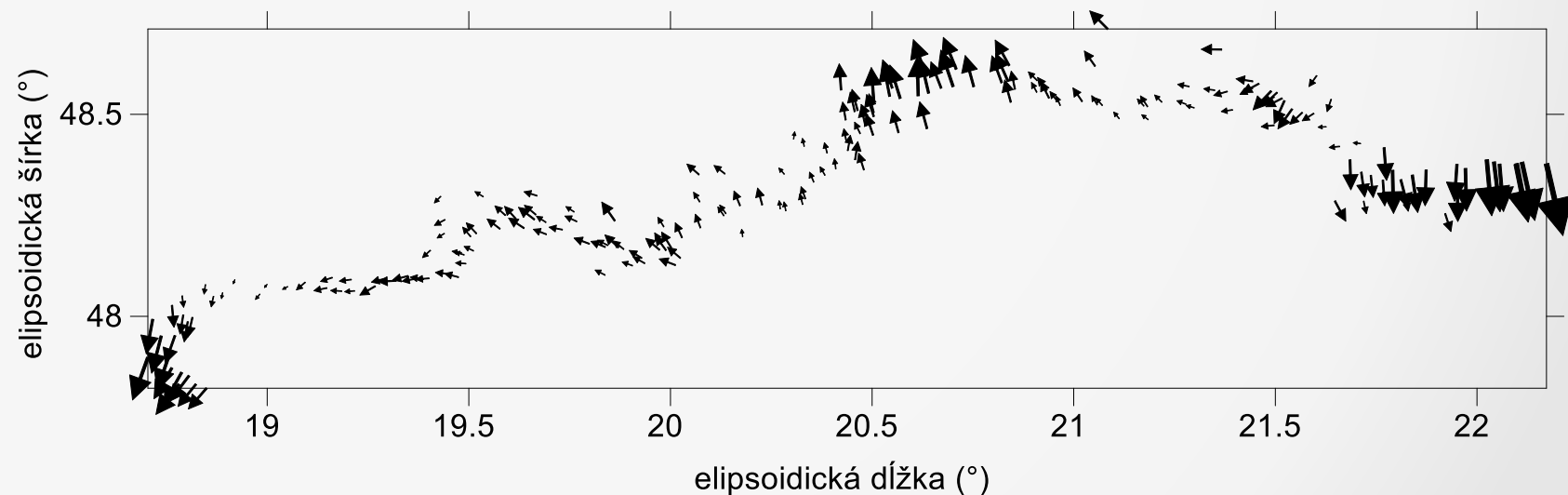


Kontrola určenia polohy HZ s doterajšou hraničnou dokumentáciou – porovnaním súradníc

- odhad parametrov z množiny 80 bodov III. rádu trigonometrickej siete

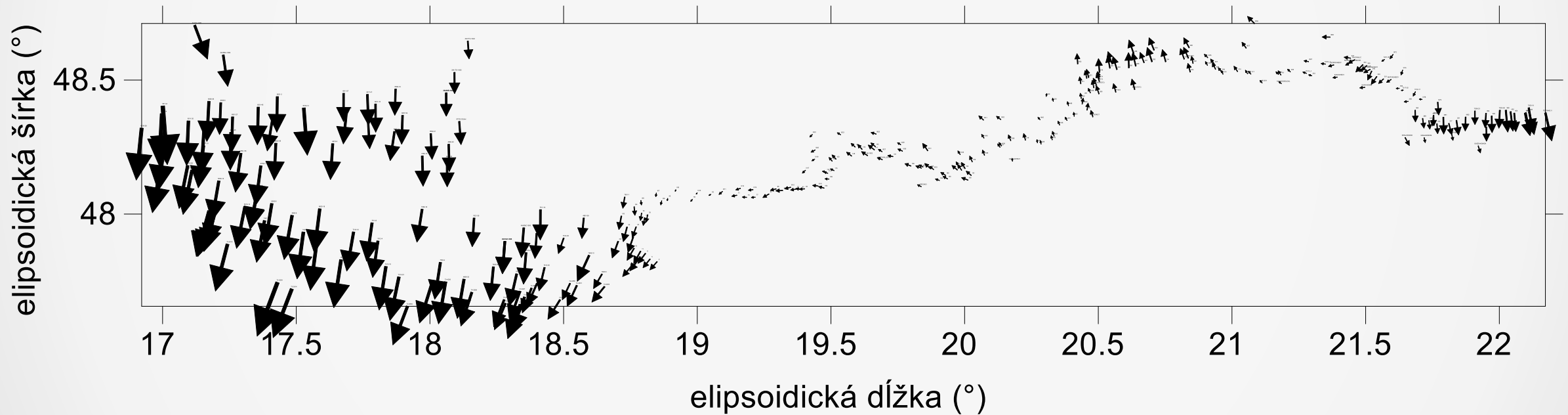


- reziduálny model
 - 139 bodov III. a IV. rádu



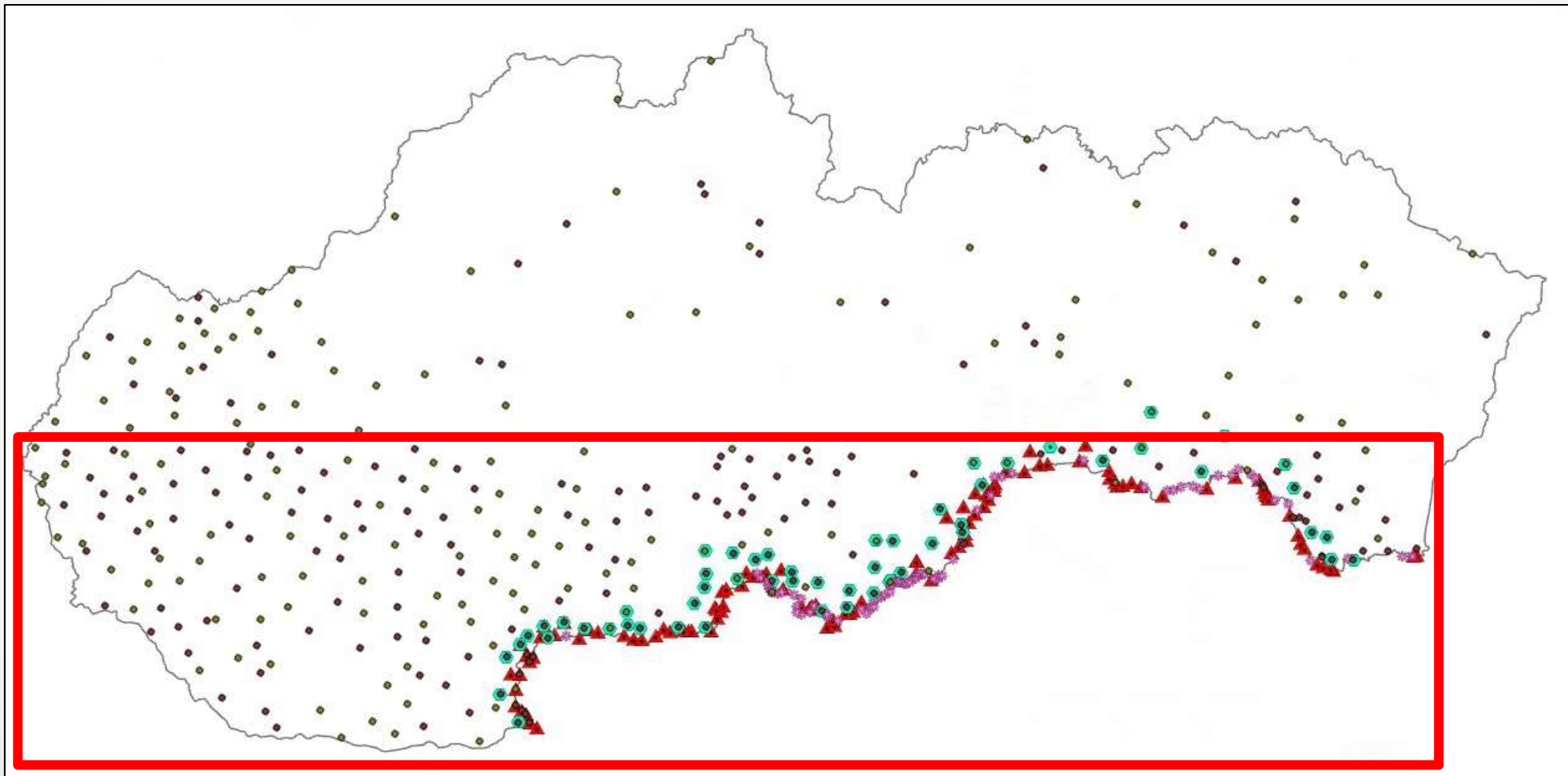
Kontrola určenia polohy HZ s doterajšou hraničnou dokumentáciou – porovnaním súradníc

- rozšírenie reziduálneho modelu pre celú slovensko-maďarskú ŠH – stav k 1.6.2022



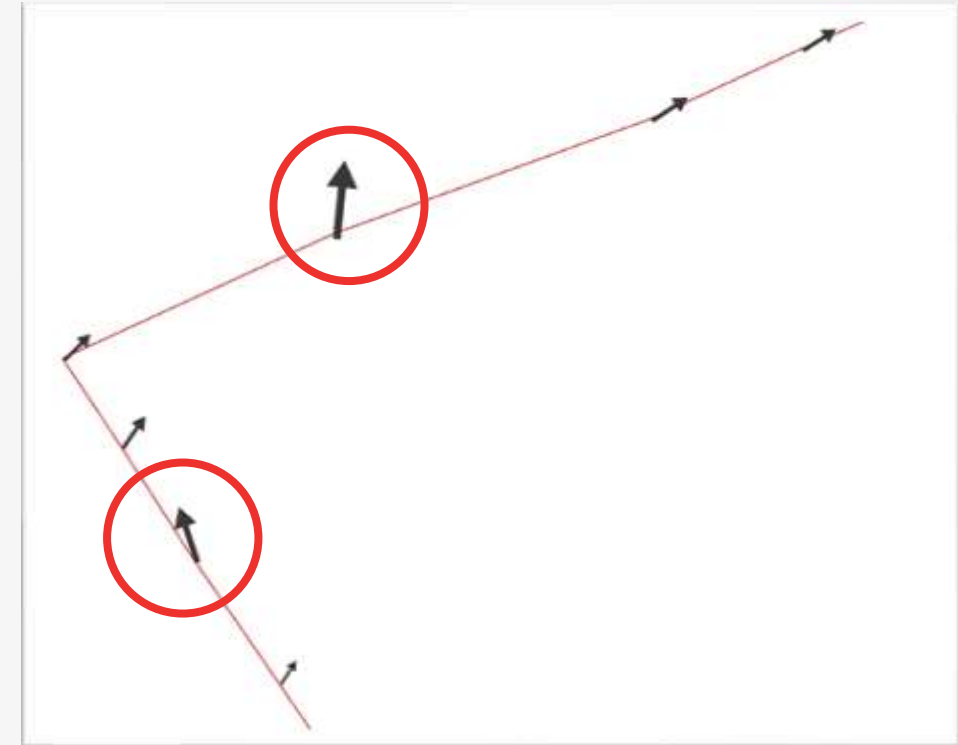
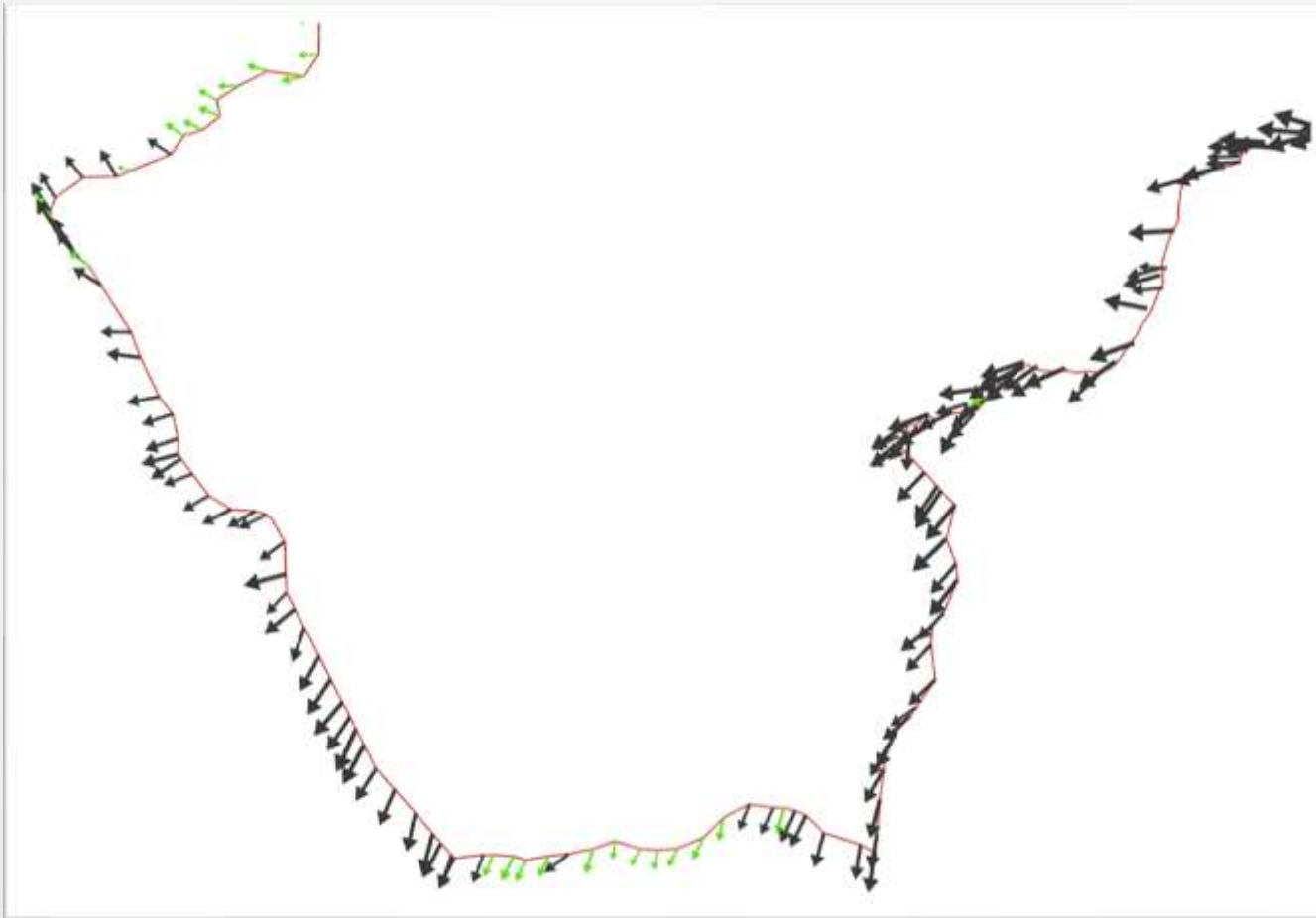
Kontrola určenia polohy HZ s doterajšou hraničnou dokumentáciou – porovnaním súradníc

- rozšírenie reziduálneho modelu pre celú slovensko-maďarskú ŠH – stav k 1.11.2022



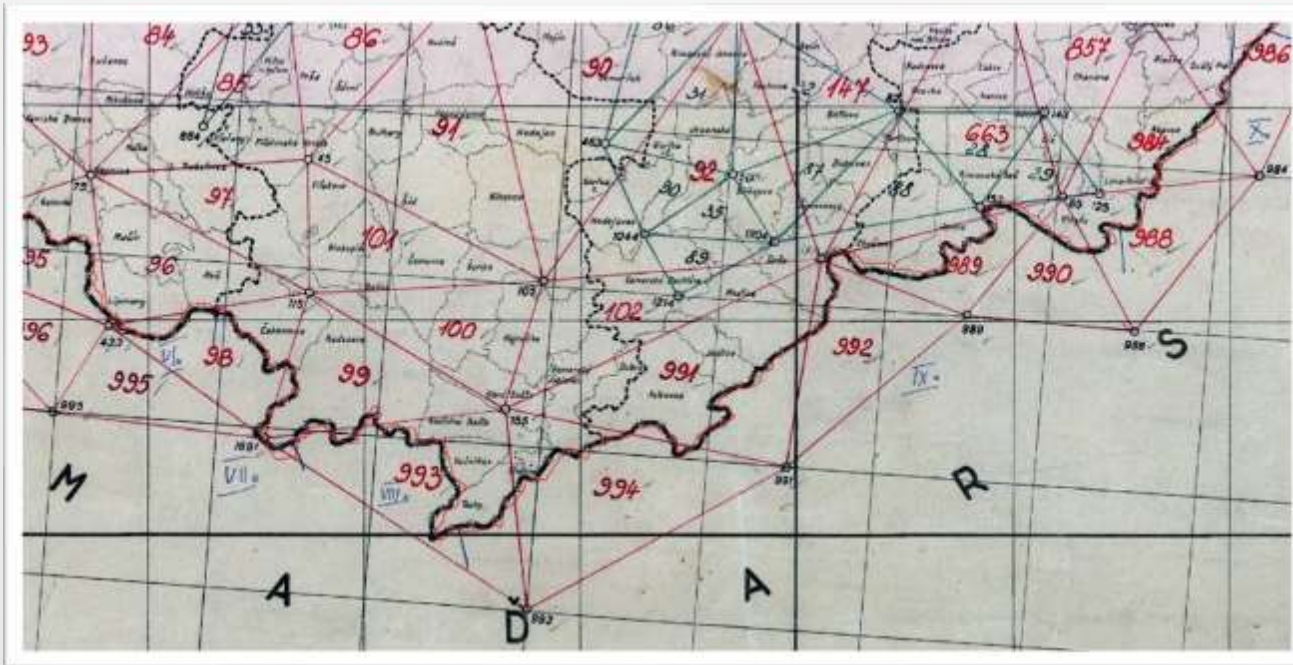
Kontrola určenia polohy HZ s doterajšou hraničnou dokumentáciou – porovnaním súradníc

- analýza súradnicových rozdielov – systematický priebeh, detekcia anomálií



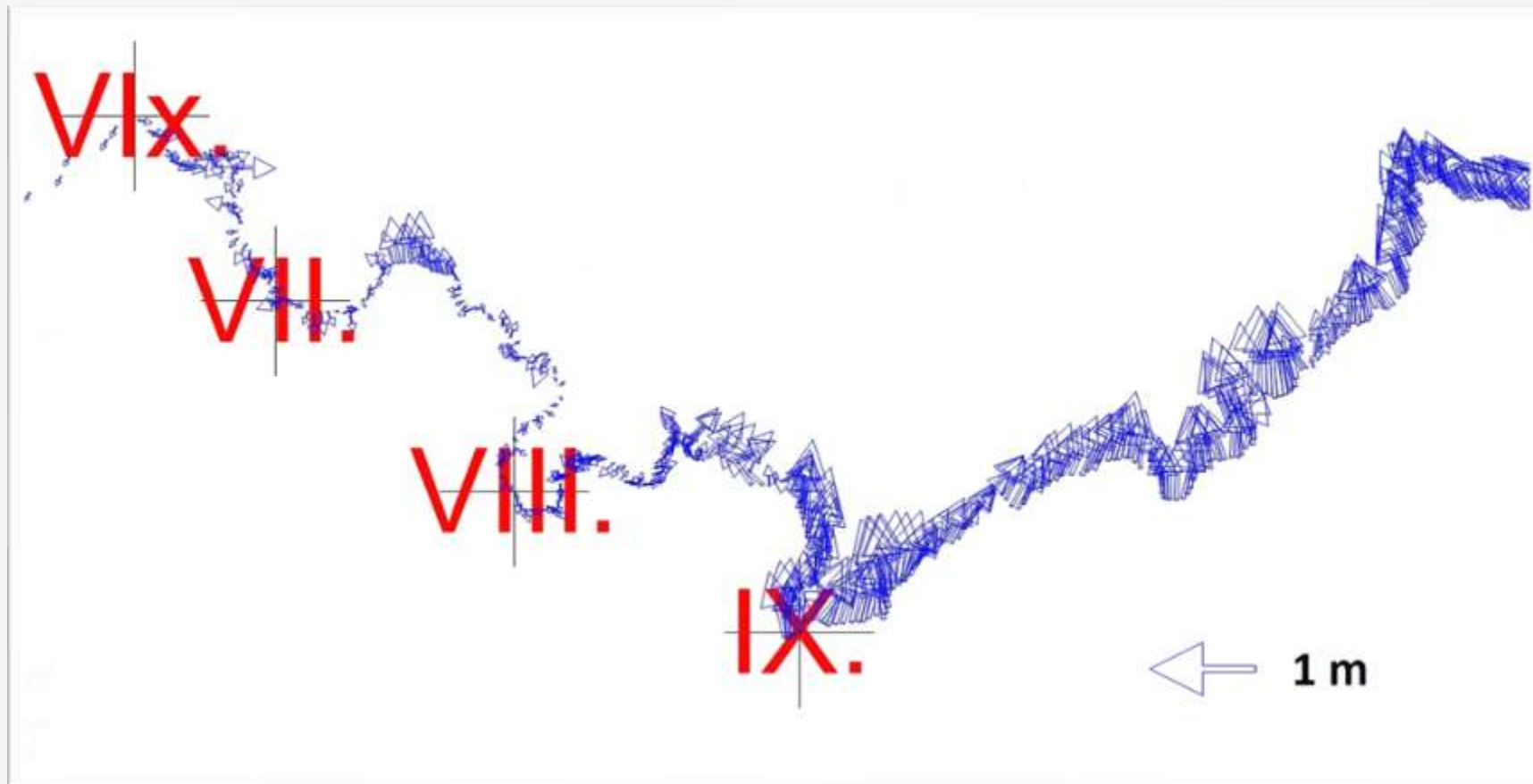
Kontrola určenia polohy HZ s doterajšou hraničnou dokumentáciou

- odstránenie hrubých chýb v zoznamoch súradníc
- premiestnené hraničné znaky, doplnenie podzemnej značky – GNSS + transformácia cez tzv. Křovákove klíče bez lokálnej dotransformácie JTSK



Kontrola určenia polohy HZ s doterajšou hraničnou dokumentáciou

- premiestnené hraničné znaky, doplnenie podzemnej značky – GNSS + transformácia cez tzv. Křovákové klíče bez lokálnej dotransformácie JTSC



Kontrola určenia polohy HZ s doterajšou hraničnou dokumentáciou

- kontrola správneho osadenia HZ nad podzemnou značkou
 - - 98 HZ prestabilizovaných na úsekoch v správe SR



Kontrola určenia polohy HZ s doterajšou hraničnou dokumentáciou

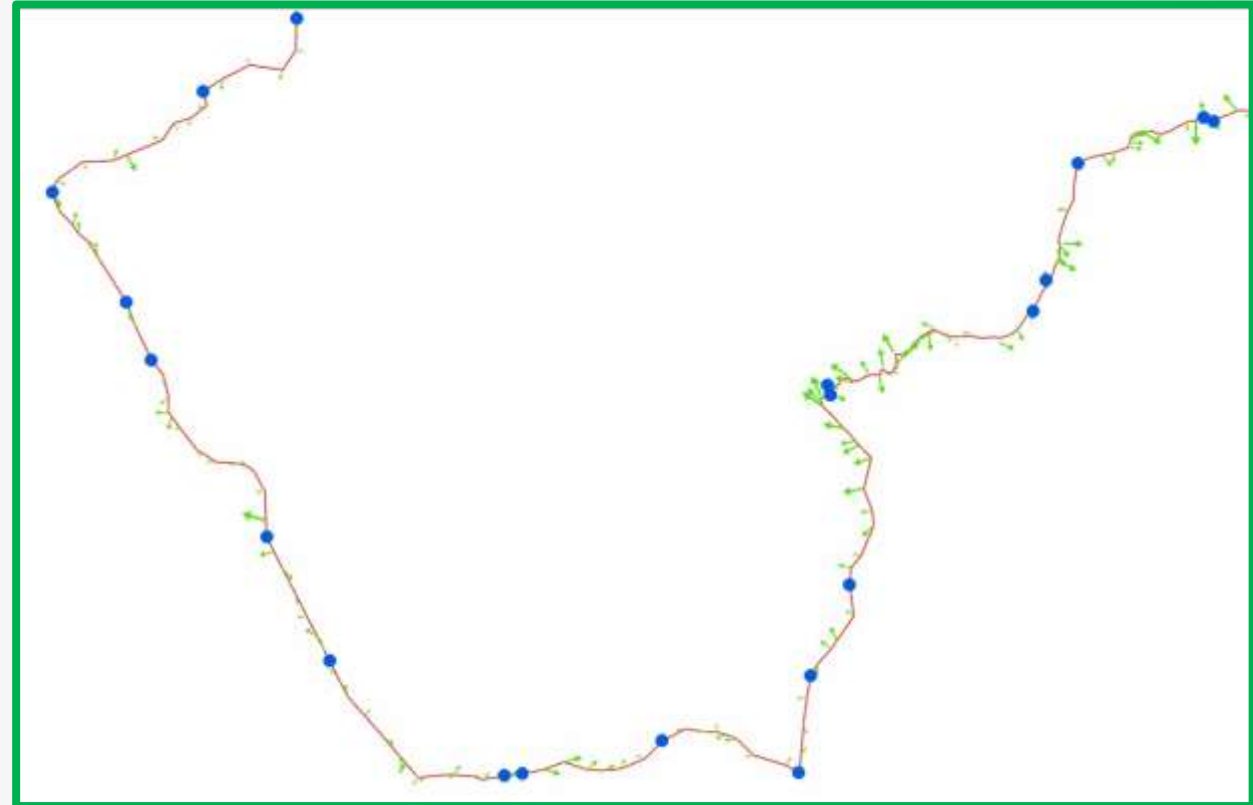
- kontrola správneho osadenia HZ nad podzemnou značkou
 - - 98 HZ prestabilizovaných na úsekoch v správe SR



Prepočítanie nevyznačených hraničných bodov do systému ETRS89

- ostránenie systematického priebehu v reziduálnych gridoch

$$\Delta p \leq 0,15 \text{ m}$$



Záver

- určenie štátnej hranice v ETRS89 – zjednotenie systémov na ŠH
- výhody nového zamerania štátnej hranice
 - bez potreby transformácie cez súradnicový systém S-JTSK
 - nie je nutné pôvodné polygónové ťahy napasovávať na nové GNSS merania
- ďalej plánujeme
 - transformácia do národných systémov S-JTSK + Bpv
 - nové hraničné dokumentárne dielo v ETRS89-TM34 (EPSG:3046)
geodatabáza + prostredie ArcGIS Pro



Ďakujem za pozornosť

Ing. Ján Bublavý, Ing. Branislav Droščák, PhD.

jan.bublavy@skgeodesy.sk, branislav.droscak@skgeodesy.sk

Geodetický a kartografický ústav Bratislava

Tatry 2022 – Globálna geodézia a geoinformatika

24.-25.11.2022, Štrbské Pleso

