



Nová národná realizácia výškového systému EVRS na Slovensku

Miroslava Jančovičová, Branislav Droščák, Ján Bublavý



Výškové systémy na Slovensku

Baltský výškový systém po vyrovnaní (Bpv)

Realizácia Bpv57 = súborné vyrovnanie z roku 1957; EPSG:8357

- Referenčný mareograf v Kronštadte (Fínsky záliv)
- Normálne výšky podľa Molodenského
 - Normálne tiažové pole - výpočet Helmertovým vzťahom (1909)
 - Krasovského elipsoid
 - Redukcia z tiažového zrýchlenia
- Nové merania sú zapracovávané do pôvodnej Bpv57



Výškové systémy na Slovensku

Európsky vertikálny referenčný systém (EVRS)

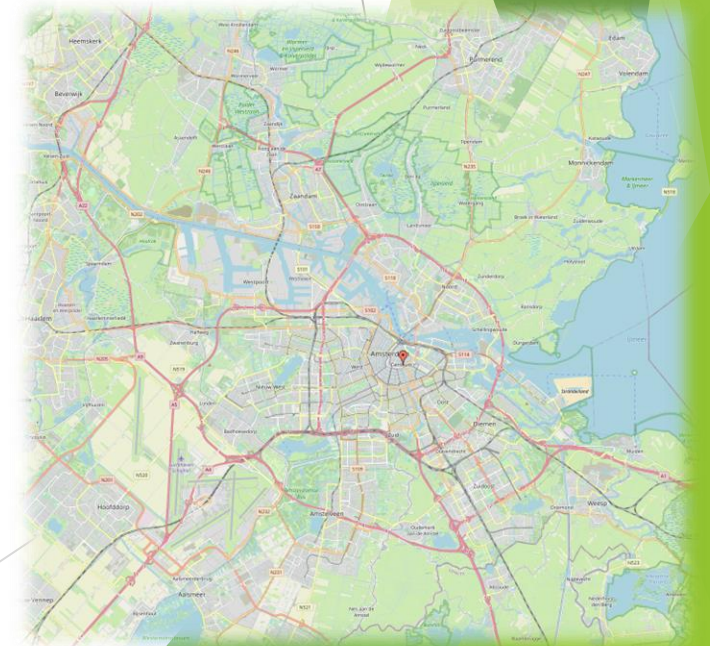
Realizácia EVRF2000; EPSG: 5730

- Referenčný mareograf v Amsterdame (NAP), kde

$$W_0 = W_{0E} = \text{konšt.}$$

- Normálne výšky podľa Molodenského

- Definícia pomocou geopotenciálnych kót $-\Delta W_P = C_P = W_{0E} - W_P$
- Prepočet na normálnu výšku - použitie GRS80



Míľniky vývoja výškových systémov na Slovensku

do 1993

- ▶ ČSJNS s Bpv
- ▶ Uvažovanie o prechode na Bpv83 a UELN (Amsterdam)

1995 - 1996

- ▶ Vybudovanie ŠNS (na podklade bodov ON a bodov I.-III. rád ČSJNS z územia SR)
- ▶ Zapojenie ŠNS do UELN
- ▶ Súborné vyrovnanie ŠNS 1. rádu v Bpv83 (výšky nenasadené do praxe)
- ▶ Stále v platnosti realizácia Bpv57

2006

- ▶ Variantné vyrovnanie 1. rádu ŠNS v Bpv a Bpv83 (výšky nenasadené do praxe)
- ▶ Stále v platnosti Bpv57

Míľniky vývoja výškových systémov na Slovensku

2009

- ▶ Implementácia EVRF2000 (vyhláška ÚGKK SR č. 300/2009 Z. z.)
- ▶ Súborné vyrovnanie ŠNS v EVRF2000 nebolo vykonané

2014

- ▶ Doplnenie EVRS do Rezortnej transformačnej služby
- ▶ Realizácia EVRF2007
- ▶ Vo vyhláške ÚGKK SR č. 300/2009 Z.z. stále EVRF2000

2019

- ▶ Vyrovnanie 1. rádu ŠNS v EVRS (EVRF2007) - rôzne varianty
- ▶ Analýza výhod a nevýhod prechodu na EVRS a prezentácia ÚGKK SR
- ▶ **Súhlasné stanovisko ÚGKK SR k postupnému prechodu na EVRS ako primárny výškový systém na Slovensku**

EVRS a Bpv - výhody a nevýhody

EVRS



Geopotenciálne kóty
Pripojenie ŠNS k EVRS
Elipsoid GRS80
Slapový systém v súlade s IAG



Menej známy v praxi
Zmena v hodnotách výšok
Úprava legislatívy

Bpv



Klasický spôsob výpočtu -
redukcia z tiaže
Pripojenie k Bpv57
(vyrovnanie v rámci
"východného bloku")
Krasovského elipsoid
Neznalosť slapového systému

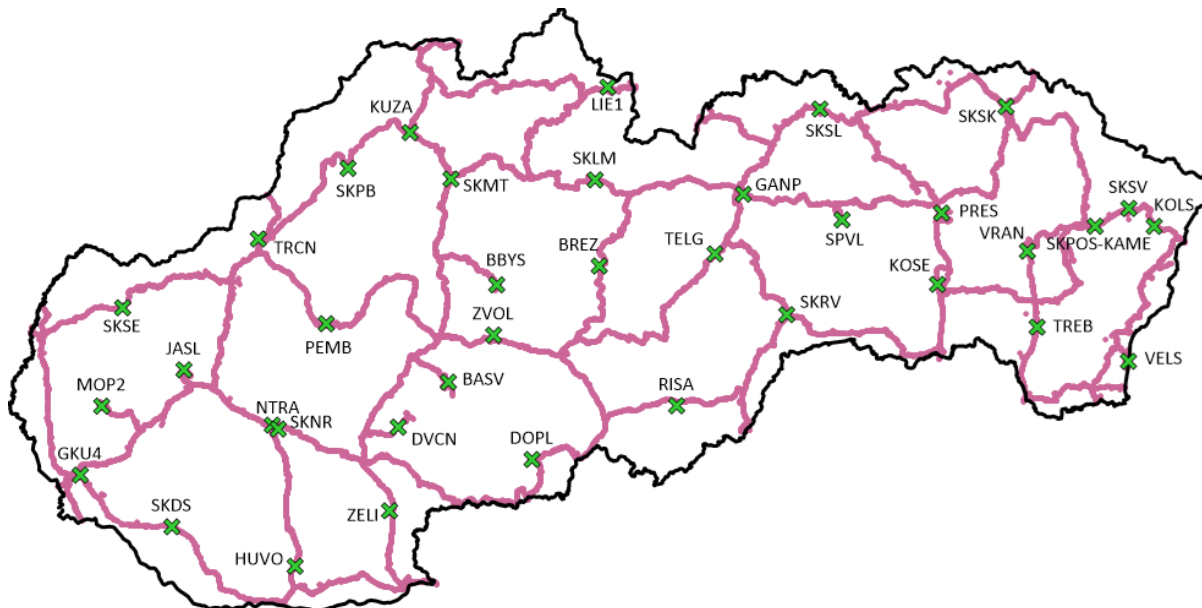


Dlhé roky zaužívaný v praxi

Príprava novej realizácie EVRS na Slovensku

Východisko: vyrovnanie v EVRF2007

- ▶ Kostra siete: 1. rád ŠNS + body SKPOS
- ▶ Aktualizácia databázy polôh bodov ŠNS (Bublavý a kol., 2019)
 - Spresnená poloha v ETRS89, výška v Bpv, tiažové zrýchlenie - CBA2G (Marušiak a kol., 2015)
- ▶ Doplnenie chýbajúcich prípojok k bodom SKPOS
- ▶ Identifikácia poklesu na Podunajskej nížine

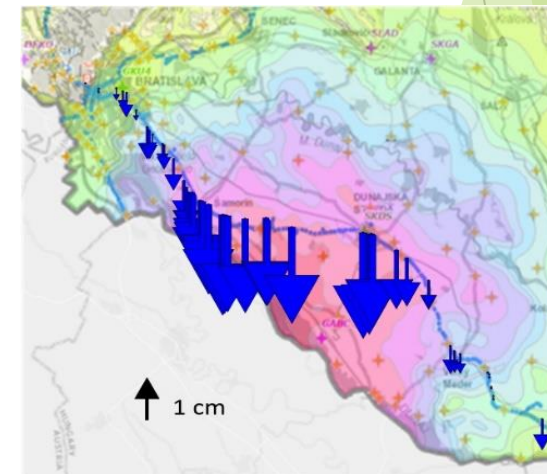
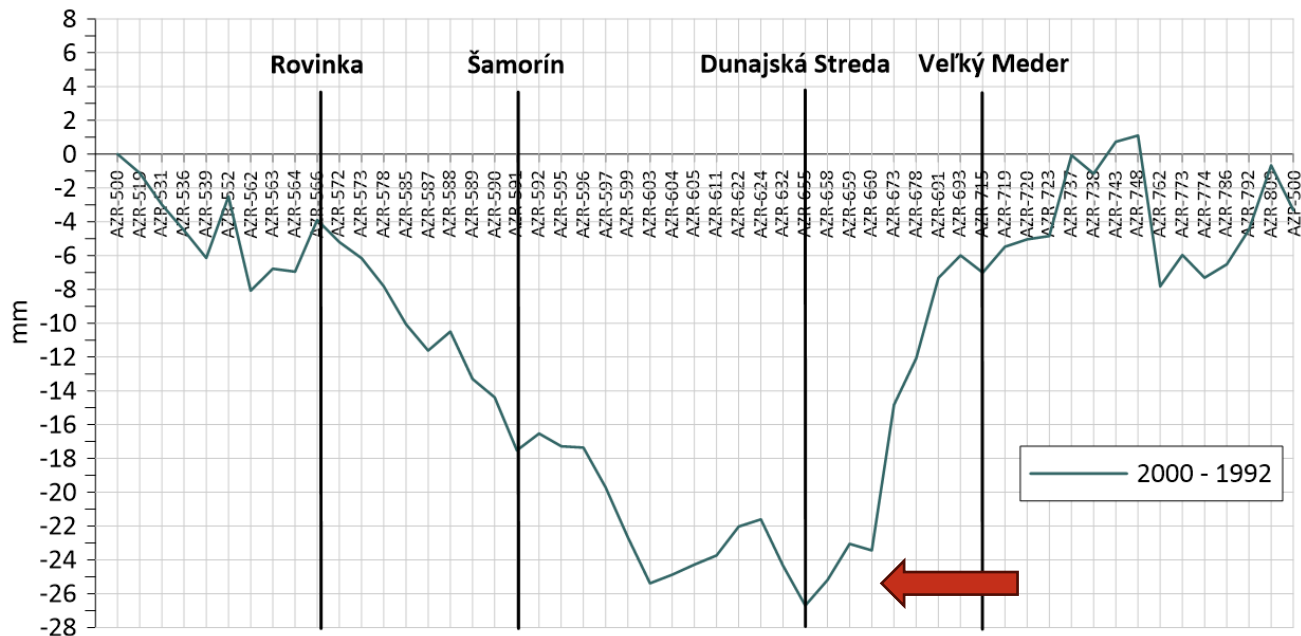


| data_SNS | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|----------|-------|------|------|---|-------|------------|------------|-------|--------|--------|----------|
| 39711x26 cell | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 1 | 'AZP-500' | 112.8305 | 21824 | 2002 | 'N1' | 0 | 'IN1' | 501974 | 1.3308e+06 | 42551 | 'VKM1' | 0 | 'IVKM1' |
| 2 | 'AZP-501' | 112.1215 | 33541 | 2002 | 'N1' | 0 | 'IN1' | 5.0179e+05 | 1.3309e+06 | 42551 | 'VKM1' | 0 | 'IVKM1' |
| 3 | 'AZP-502' | 111.9926 | 33541 | 2002 | 'N1' | 0 | 'IN1' | 5.0176e+05 | 1.3308e+06 | 42551 | 'VKM1' | 0 | 'IVKM1' |
| 4 | 'AZP-503' | 112.4943 | 33541 | 2000 | 'N1' | 0 | 'IN1' | 5.0165e+05 | 1.3305e+06 | 39629 | 'E1' | 0.1964 | 'TE1 1V' |
| 5 | 'AZP-504' | 112.4045 | 25510 | 2000 | 'N1' | 0 | 'IN1' | 5.0162e+05 | 1.3305e+06 | 42551 | 'VKM1' | 0 | 'IVKM1' |
| 6 | 'AZP-505' | 112.1277 | 33541 | 2000 | 'N1' | 0 | 'IN1' | 5.0152e+05 | 1.3303e+06 | 42551 | 'VKM1' | 0 | 'IVKM1' |
| 7 | 'AZP-506' | 110.0338 | 36739 | 2000 | 'N1' | 0 | 'IN1' | 5.0131e+05 | 1.3303e+06 | 42551 | 'VKM1' | 0 | 'IVKM1' |
| 8 | 'AZP-507' | 110.6967 | 33541 | 2000 | 'N1' | 0 | 'IN1' | 5.0104e+05 | 1.3303e+06 | 42551 | 'VKM1' | 0 | 'IVKM1' |
| 9 | 'AZP-510' | 109.5330 | 33541 | 2015 | 'N1' | 0 | 'IN1' | 5.0052e+05 | 1.3302e+06 | 42551 | 'VKM1' | 0 | 'IVKM1' |
| 10 | 'AZP-511' | 109.2670 | 33541 | 2015 | 'N1' | 0 | 'IN1' | 5.0052e+05 | 1.3301e+06 | 42917 | 'ED1' | 0 | 'IED1' |
| 11 | 'AZP-512' | 109.2564 | 33541 | 2015 | 'N1' | 0 | 'IN1' | 5.0030e+05 | 1.3298e+06 | 39629 | 'E1' | 0 | 'TE1' |
| 12 | 'AZP-513' | 109.2123 | 42146 | 2015 | 'N1' | 0 | 'IN1' | 5.0002e+05 | 1.3293e+06 | 38534 | 'E1' | 0 | 'TE1' |
| 13 | 'AZP-514' | 109.8733 | 33541 | 2015 | 'N1' | 0 | 'IN1' | 4.9993e+05 | 1.3293e+06 | 42186 | 'E1' | 0.0358 | 'TE1 1E' |
| 14 | 'AZP-515' | 108.6016 | 28382 | 2015 | 'N1' | 0 | 'IN1' | 4.9975e+05 | 1.3291e+06 | 39629 | 'E1' | 0.0486 | 'TE1 1E' |
| 15 | 'AZP-516' | 111.7162 | 36739 | 2000 | 'N1' | 0 | 'IN1' | 4.9944e+05 | 1.3289e+06 | 36707 | 'P1' | 0.0424 | 'TE1 1E' |
| 16 | 'AZP-517' | 109.6582 | 36739 | 2000 | 'N1' | 0 | 'IN1' | 4.9921e+05 | 1.3286e+06 | 36707 | 'P1' | 0.1028 | 'TE1 1E' |
| 17 | 'AZP-518' | 108.4426 | 33541 | 2000 | 'N1' | 0 | 'IN1' | 4.9910e+05 | 1.3284e+06 | 39629 | 'E1' | 0.0957 | 'TE1 1E' |
| 18 | 'AZP-519' | 108.2334 | 33541 | 2000 | 'N1' | 0 | 'IN1' | 4.9882e+05 | 1.3280e+06 | 36707 | 'P1' | 0.0918 | 'TE1 1E' |
| 19 | 'AZP-520' | 108.0716 | 33541 | 2000 | 'N1' | 0 | 'IN1' | 4.9816e+05 | 1.3274e+06 | 36707 | 'P1' | 0.0866 | 'TE1 1E' |

Identifikácia poklesu na Podunajskej nížine

Porovnanie nivelácií na ťahu Bratislava - Komárno

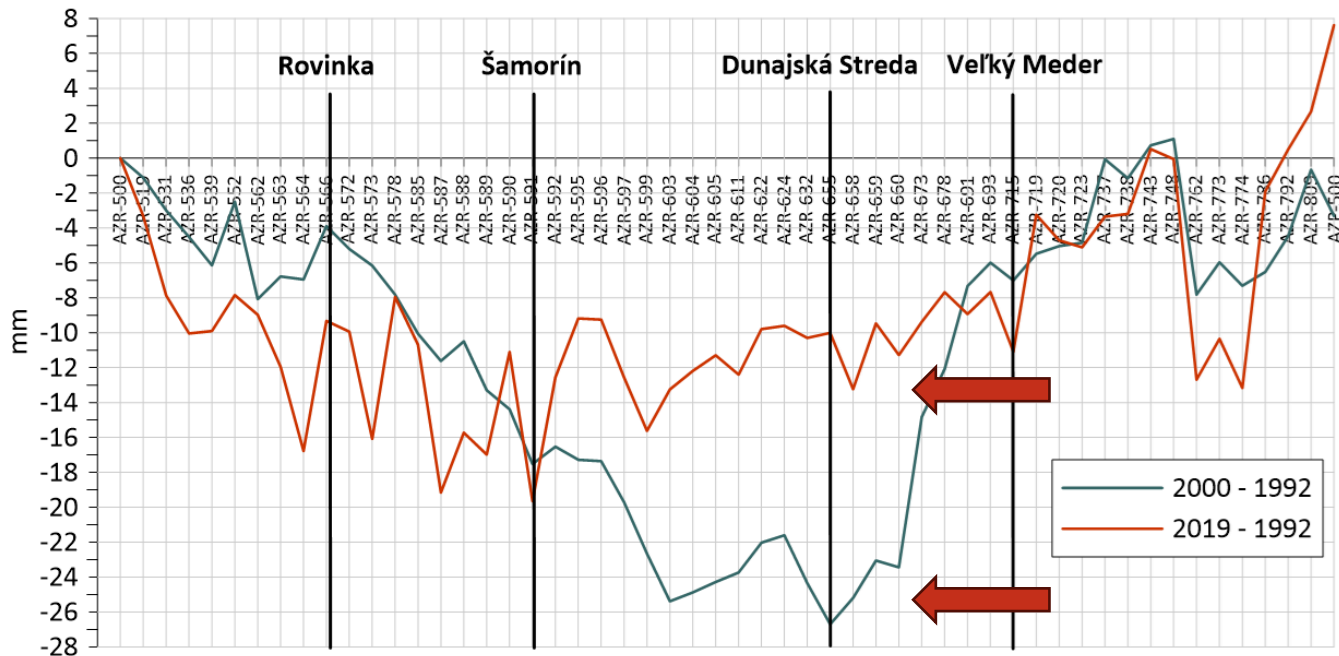
- ▶ Realizácie z rokov 1992 a 2000 - pokles do 2,7 cm okolo Dunajskej Stredy
- ▶ Rozhodnutie vykonať nové zameranie celého ťahu



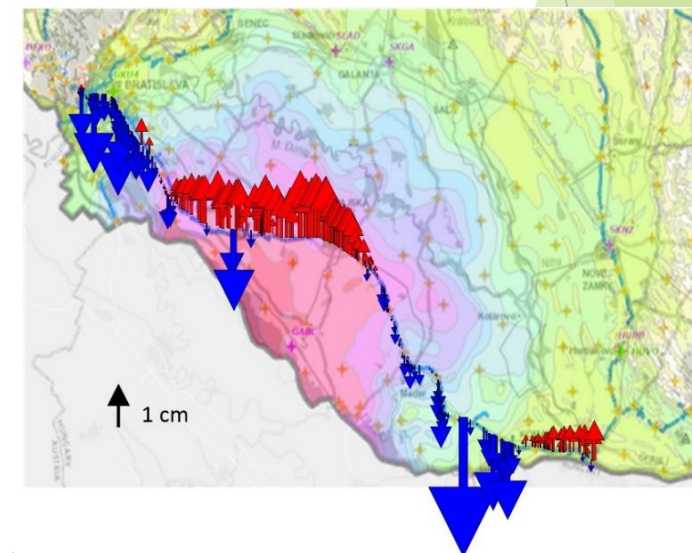
Identifikácia poklesu na Podunajskej nížine

Nové zameranie t'ahu Bratislava - Komárno

- ▶ Pokles z roku 2000 sa nepotvrdil - opačný trend pohybu
- ▶ Rozdiely oproti 1992 do 1,5 cm
- ▶ Do vyrovnania bude použité najnovšie meranie z roku 2019



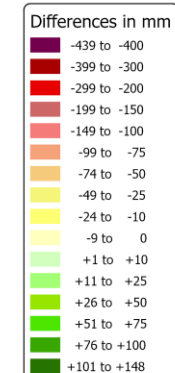
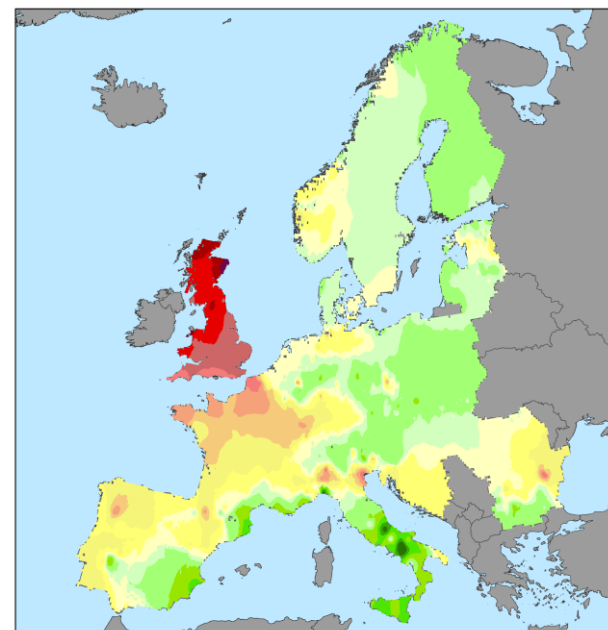
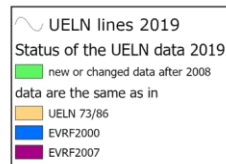
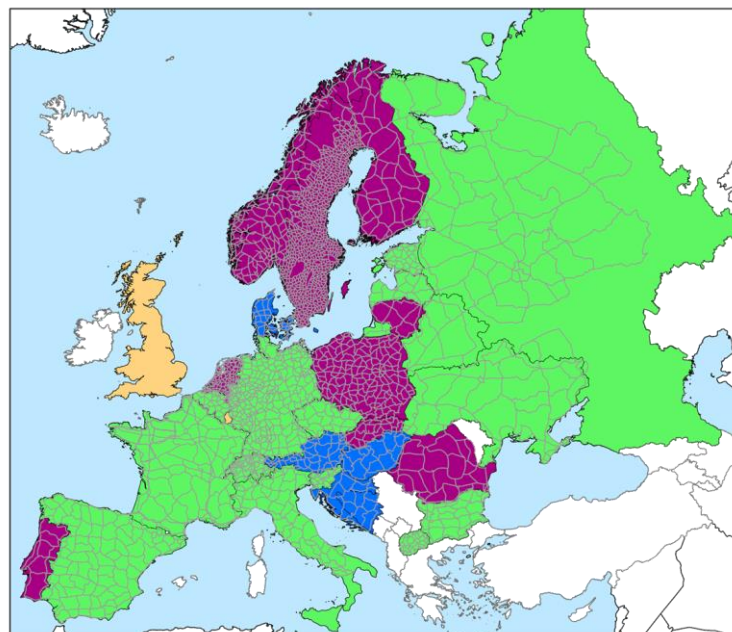
Porovnanie 2000 a 2019



Nová realizácia EVRF2019 a kvázigeoid GMSQ2019

2019 - EUREF výročné sympóziu v Talline - rezolúcia č. 3

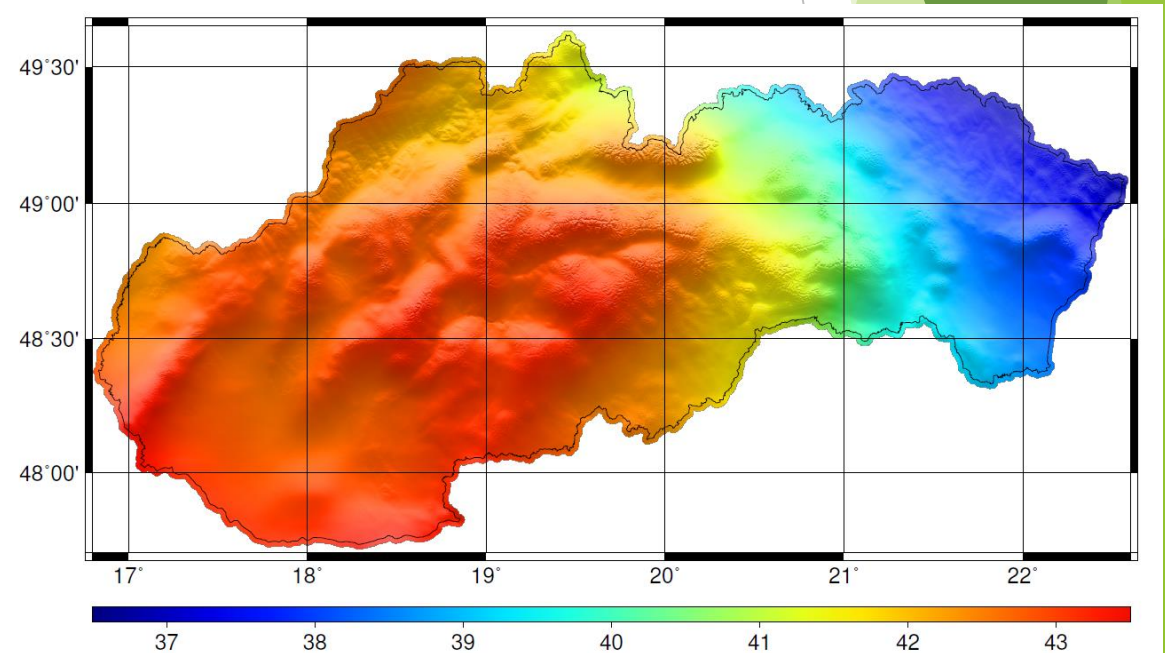
- ▶ Aktualizácia nivelačných ťahov od roku 2008 z 13 krajín
- ▶ Rozšírenie do Ruska, Bieloruska a na Ukrajinu
- ▶ Rozdiely EVRF2007 - EVRF2019 na území SR 11 až 25 mm



Nová realizácia EVRF2019 a kvázigeoid **GMSQ2019**

2020 - Gravimetrický model slovenského kvázigeoidu **GMSQ2019**

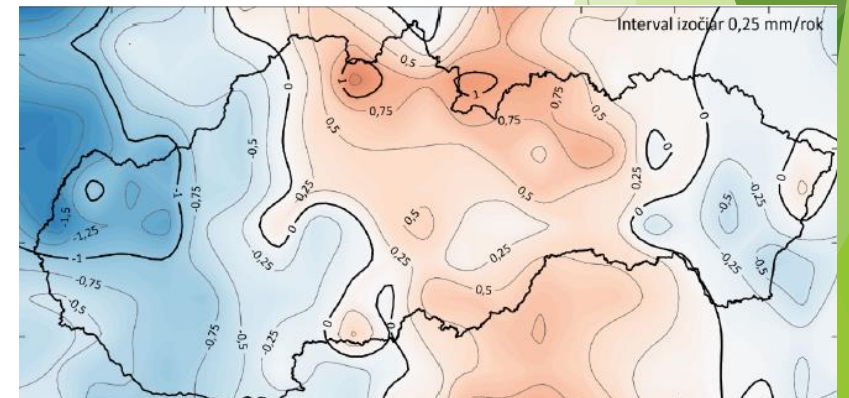
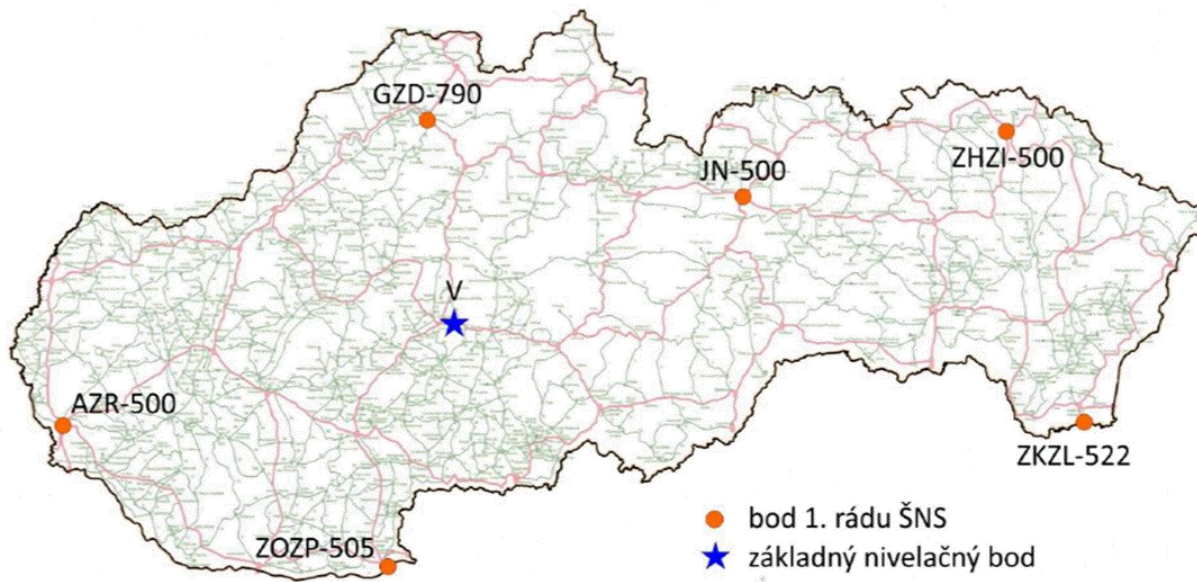
- ▶ autor: KGGaGI SvF STU
- ▶ 20 455 347 bodov
- ▶ Presnosť - rozdiely voči GNSS nivelácii (Bpv)
 - ŠPS A trieda (SKPOS): $\sigma = 18,6$ mm
 - ŠPS B trieda: $\sigma = 25,1$ mm
 - ŠPS C trieda: $\sigma = 21,1$ mm



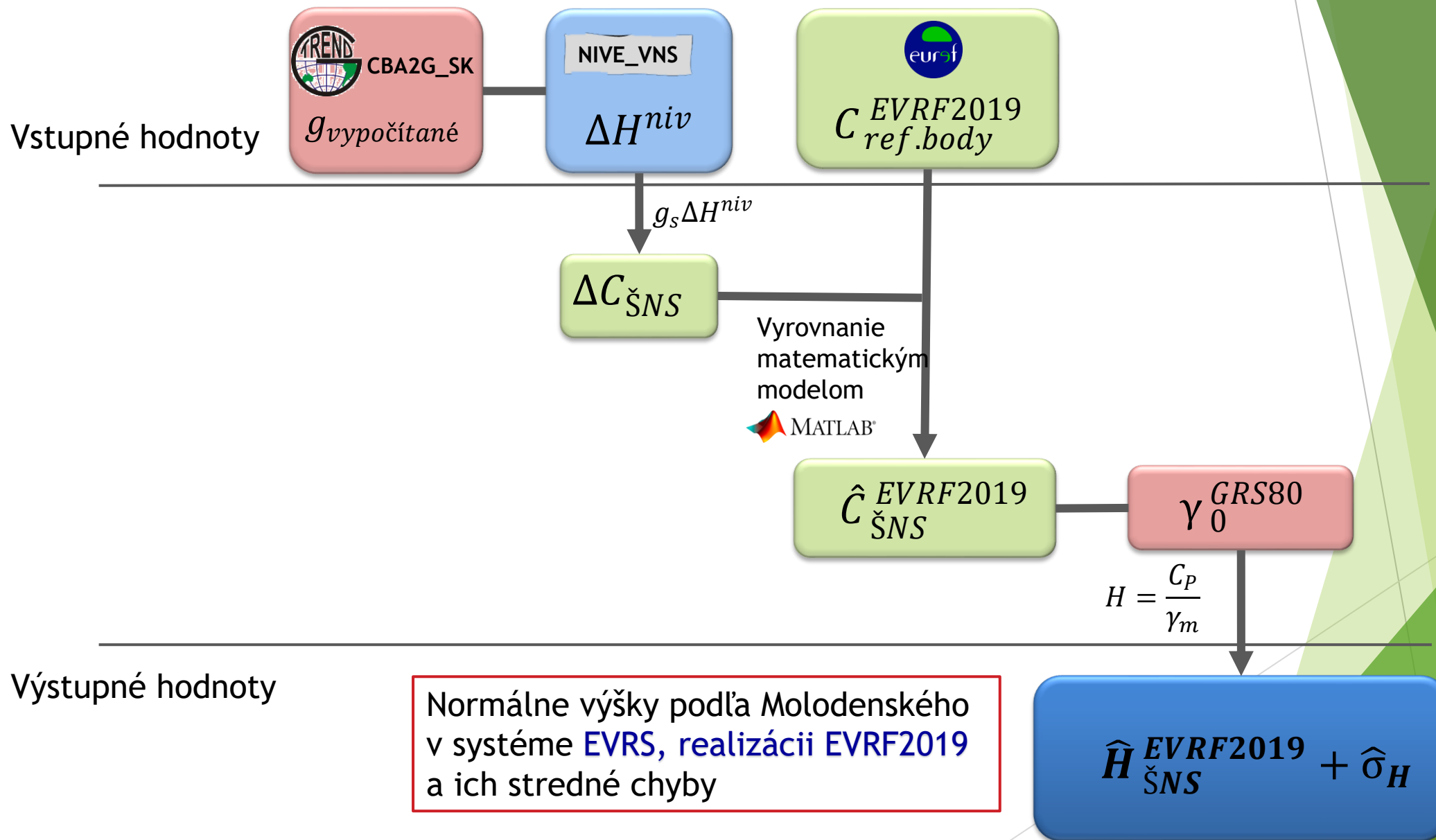
Nová národná realizácia EVRF2019

Pripojenie na 7 referenčných bodov

- ▶ Rovnaká množina ako pri EVRF2007
- ▶ Rovnomerné rozloženie po území SR
- ▶ Stabilné oblasti - na základe mapy recentných vertikálnych pohybov (Majkráková, 2019)
- ▶ Geopotenciálne kóty pripájacích bodov prevzaté z doručeného súborného vyrovnania v realizácii EVRF2019

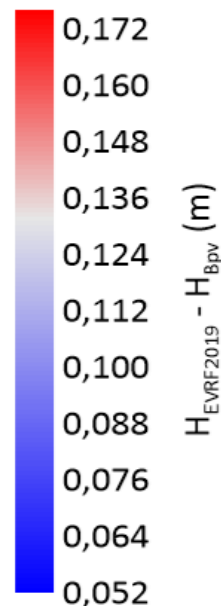
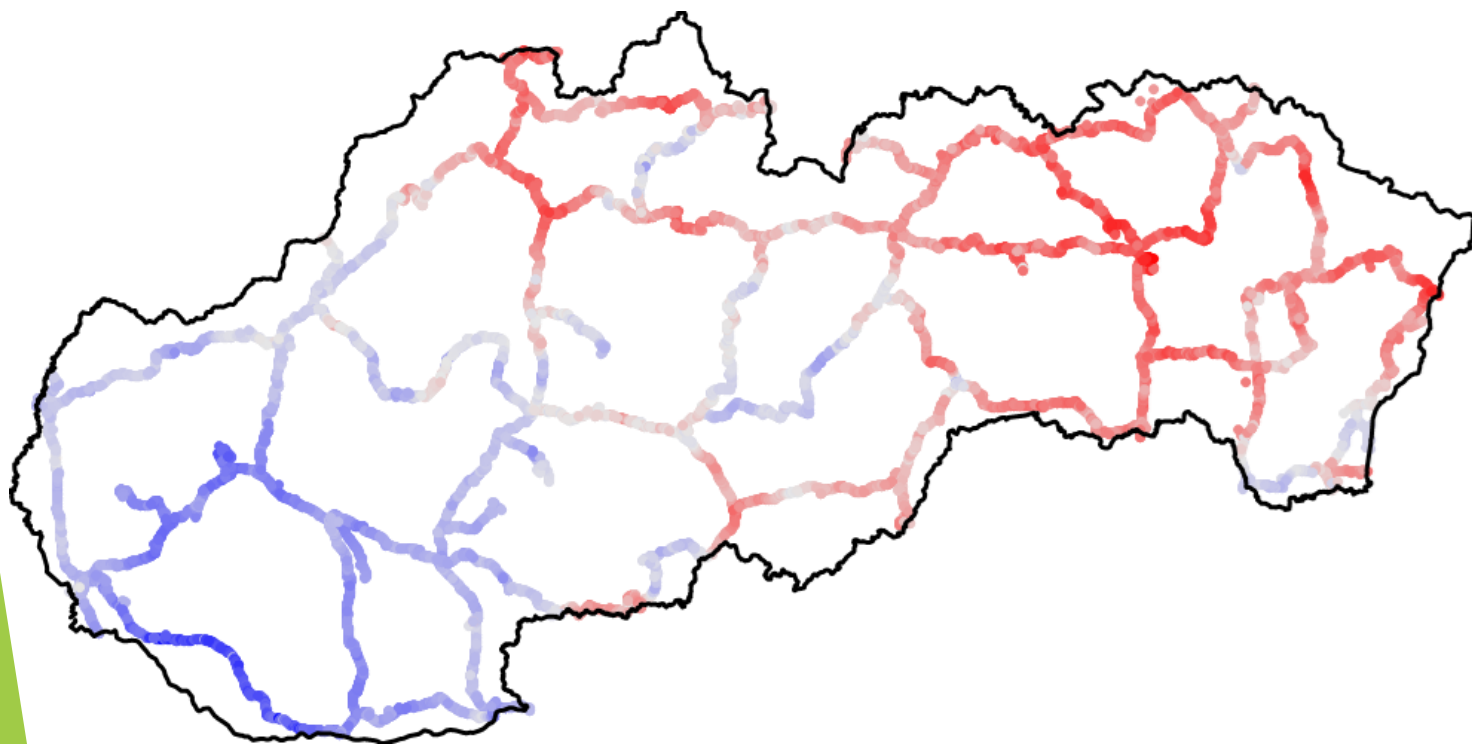


Postup výpočtu národnej realizácie EVRF2019



Národná realizácia EVRF2019

EVRF2019 vs. Bpv57 alebo „O koľko sa nám zmenia výšky“



Rozdiely $H_{EVRF2019} - H_{Bpv}$ reprezentujú:

- rozdiel v referenčných mareografoch (Kronštadt vs. NAP)
- rozdiel v spôsobe výpočtu
- recentné vertikálne pohyby

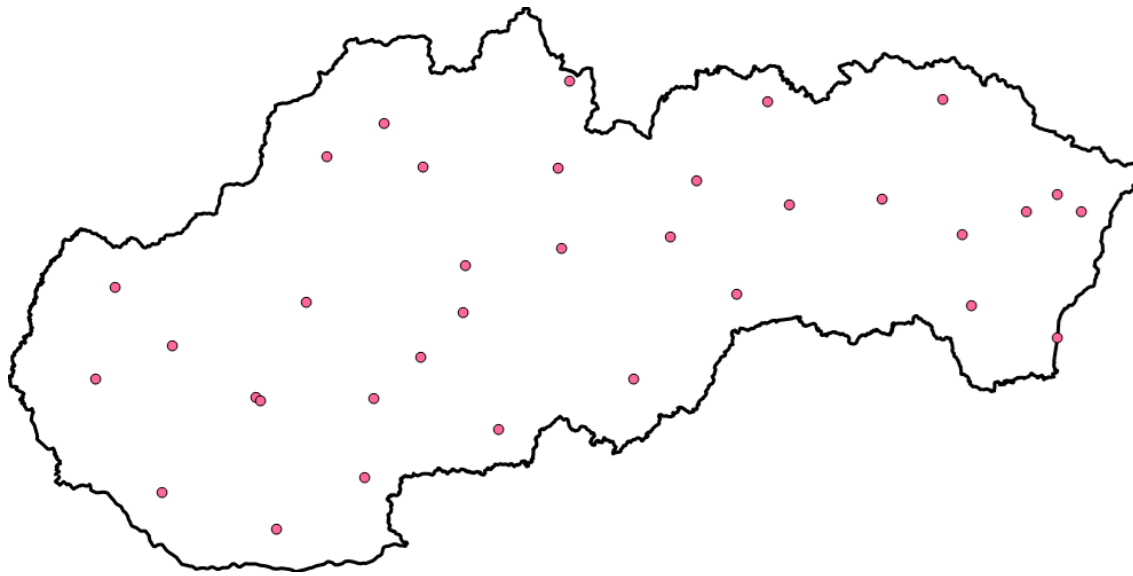
| | $H_{EVRF2019} - H_{Bpv}$ (cm) |
|-------------------|----------------------------------|
| Minimum | 5,213 |
| Maximum | 17,461 |
| Priemerná hodnota | 13,118 |
| Počet bodov | 12 013 |

Národná realizácia EVRF2019

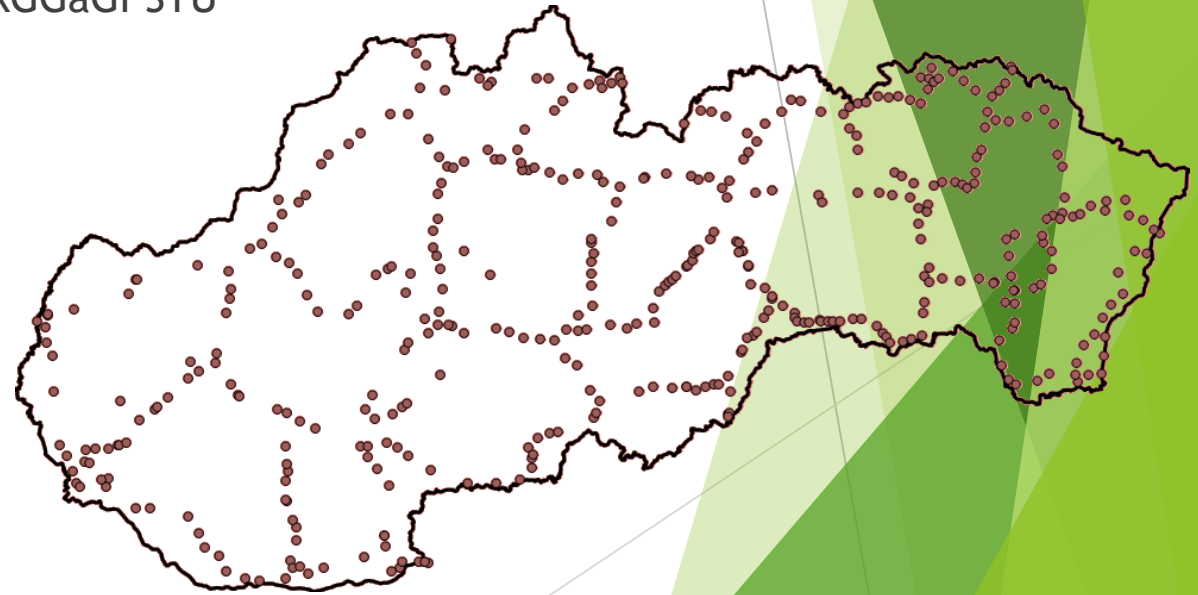
Otestovanie

Testovanie na vybraných bodoch ŠPS

- ▶ Testovací vzťah: $H = h_{ETRS89} - \zeta_{kvázigeoid}$
- ▶ Použité kvázigeoidy:
 - DVRM05 (Klobušíak et al., 2005) - využitý v Rezortnej transformačnej službe
 - GMSQ2019 (Bucha et al., 2019) - model kvázigeoidu KGGaGI STU



SKPOS
34 bodov



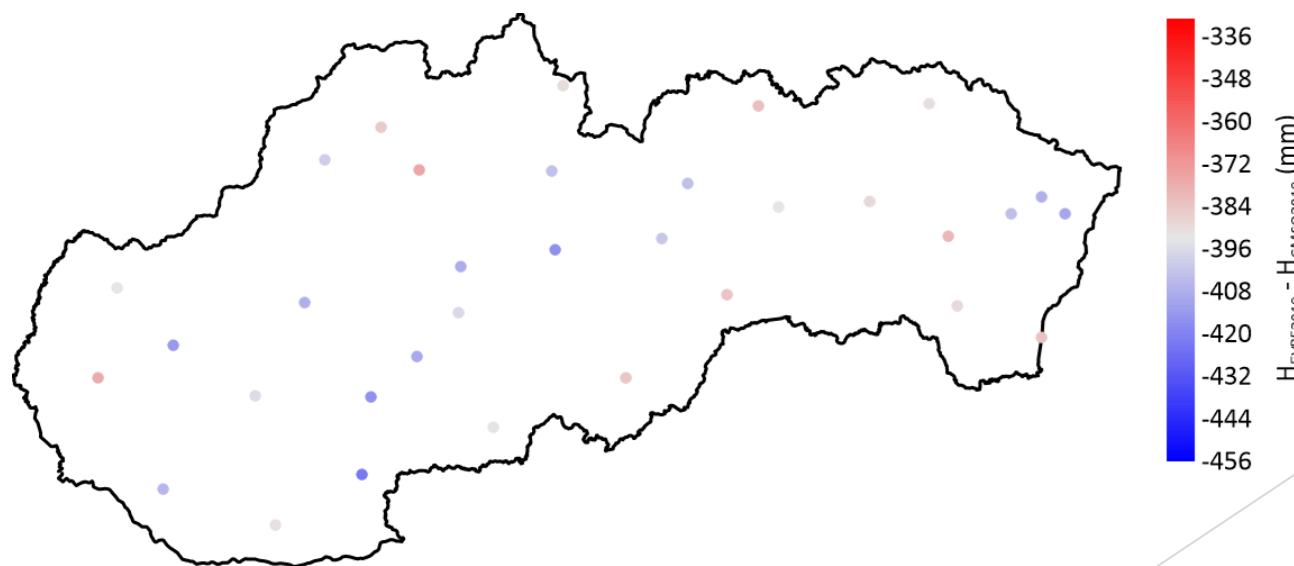
ŠPS B a C
429 bodov

Národná realizácia EVRF2019

Výsledky testovania (na bodoch SKPOS)

- Stredná chyba elipsoidickej výšky bodov SKPOS je 10 mm

| | | $H_{Bpv} - H_{DVRM05}$ | $H_{Bpv} - H_{GMSQ2019}$ | $H_{EVRF2019} - H_{DVRM05}$ | $H_{EVRF2007} - H_{DVRM05}$ | $H_{EVRF2019} - H_{GMSQ2019}$ | $H_{EVRF2007} - H_{GMSQ2019}$ |
|------------|------|------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Minimum | (mm) | -35,70 | -582,68 | 108,77 | 92,93 | -423,44 | -437,47 |
| Maximum | | 42,40 | -498,59 | 182,35 | 163,01 | -375,97 | -393,19 |
| Priemer | | -1,08 | -546,26 | 147,31 | 30,58 | -397,87 | -413,57 |
| Str. chyba | | 17,79 | 19,84 | 14,90 | 17,43 | 12,18 | 12,78 |

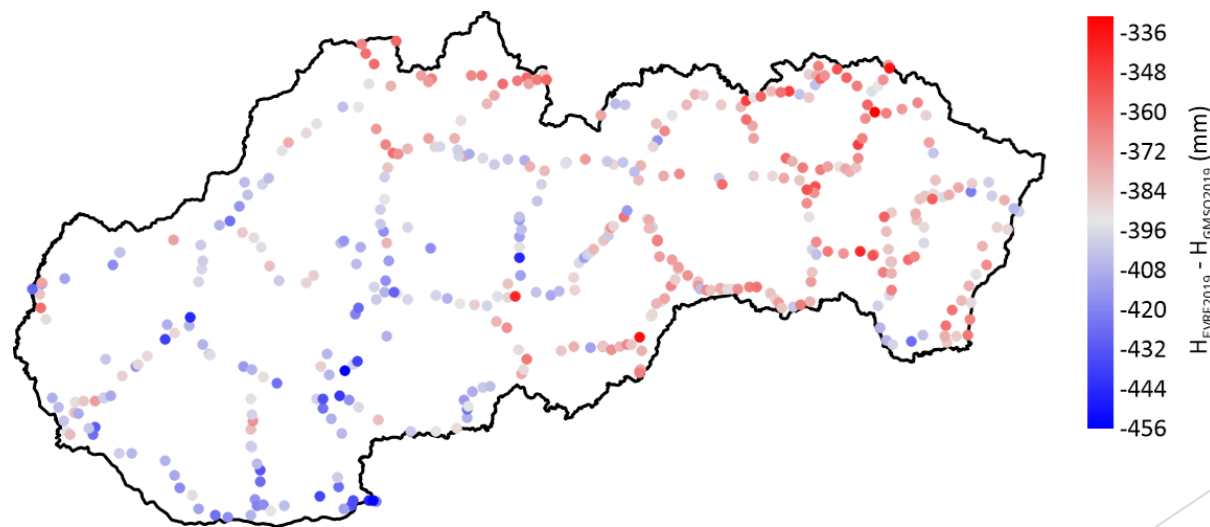


Národná realizácia EVRF2019

Výsledky testovania (na bodoch ŠPS B a C)

- Stredná chyba elipsoidickej výšky bodov ŠPS B a C je 25 mm

| | | $H_{Bpv} - H_{DVRM05}$ | $H_{Bpv} - H_{GMSQ2019}$ | $H_{EVRF2019} - H_{DVRM05}$ | $H_{EVRF2007} - H_{DVRM05}$ | $H_{EVRF2019} - H_{GMSQ2019}$ | $H_{EVRF2007} - H_{GMSQ2019}$ |
|------------|------|------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Minimum | (mm) | -68,20 | -595,16 | 80,12 | 69,23 | -456,04 | -466,19 |
| Maximum | | 98,40 | -477,47 | 253,43 | 236,06 | -331,64 | -313,76 |
| Priemer | | 1,72 | -541,80 | 153,79 | 137,52 | -389,72 | 404,86 |
| Str. chyba | | 21,37 | 18,20 | 25,45 | 26,13 | 20,44 | 20,58 |



Národná realizácia EVRF2019

Vyrovnanie nivelačných ťahov 2.rádu

Stav nivelačných ťahov 2. rádu
ŠNS:

- ▶ 76 % ťahov premeraných (2003-2016)
- ▶ Meranie: modifikovaná VPN
 $\rho = 2,25\sqrt{R}$
- ▶ 24 % ťahov nepremeraných = staršie merania (1987-1996)

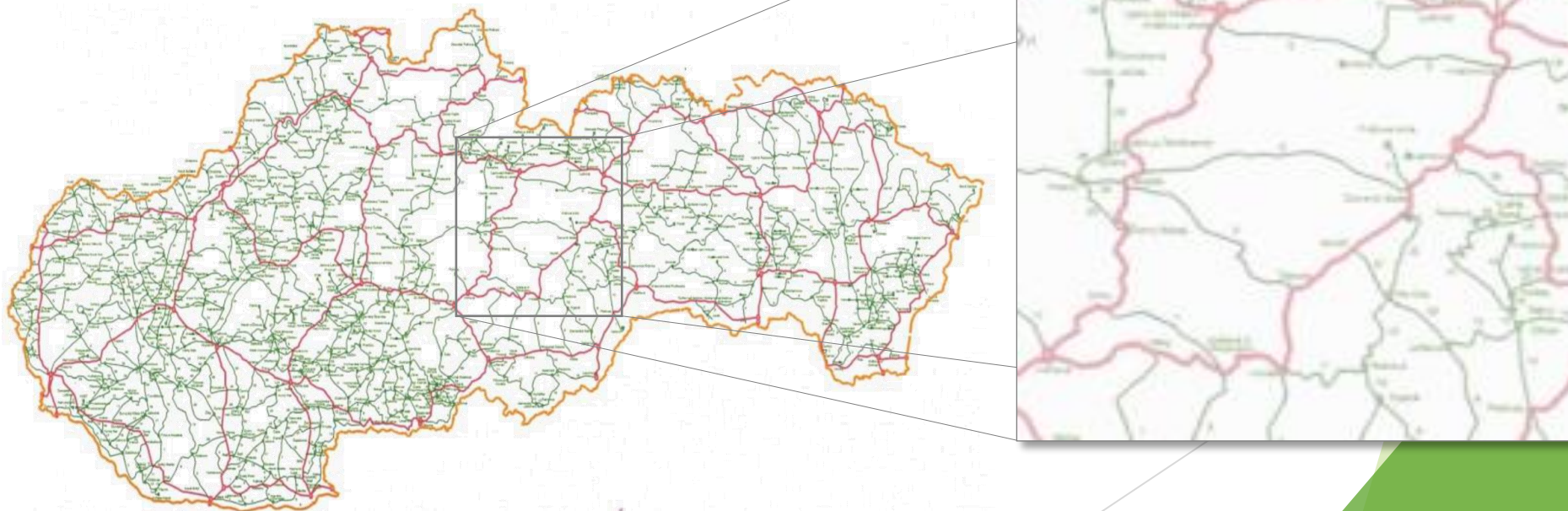


Národná realizácia EVRF2019

Vyrovnanie nivelačných ťahov 2.rádu

Prípadová štúdia na vyrovnanie bodov 2. rádu na polygóne I (1. rád)

- ▶ Jedno-etapové alebo dvoj-etapové vyrovnanie
- ▶ Otestovanie vplyvu zavedenia rôzneho váhovania na nivelačných ťahoch 2. rádu
- ▶ Rozhodne porovnanie výsledných stredných chýb

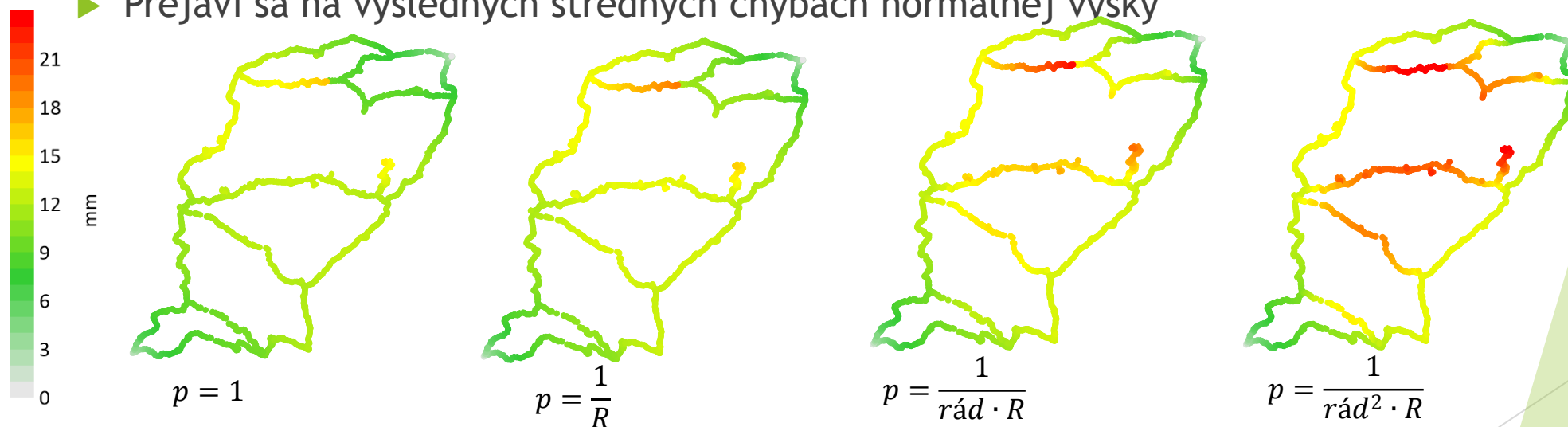


Národná realizácia EVRF2019

Vyrovnanie nivelačných ťahov 2.rádu

Vyrovnanie bodov 1. a 2. rádu ŠNS v jednej etape

- ▶ Test s rôznym typom váhovania pre 1. a 2. rády
- ▶ Prejaví sa na výsledných stredných chybách normálnej výšky



Vyrovnanie bodov 1. a 2. rádu ŠNS v dvoch etapách


- ▶ Diskusia pri hľadaní najoptimálnejšieho riešenia a možností modifikácie modelu vyrovnania

Národná realizácia EVRF2019

Implementácia do vyhlášky

Novela

- ▶ implementácia EVRF2019 ako nového SKVRF2023 je naplánovaná do novely Vyhlášky ÚGKK SR 300/2009 Z. z. na apríl 2024
- ▶ implementácia EVRF 2019 je naplánovaná ako výmena za EVRF2000
- ▶ nepôjde ešte o zavedenie EVRS ako primárneho výškového systému ale najprv o definovanie novej národnej realizácie EVRF2019

ZBIERKA  ZÁKONOV
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

Ročník 2009

Vyhlásené: 25. 7. 2009 Časová verzia predpisu účinná od: 1.10.2019

Obsah dokumentu je právne záväzný.

300
VYHLÁŠKA
Úradu geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky
zo 14. júla 2009,
ktorou sa vykonáva zákon Národnej rady Slovenskej republiky
č. 215/1995 Z. z. o geodézii a kartografii v znení neskorších predpisov

Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky (ďalej len „úrad“) podľa § 28 ods. 1 zákona Národnej rady Slovenskej republiky č. 215/1995 Z. z. o geodézii a kartografii v znení neskorších predpisov (ďalej len „zákon“) ustanovuje:

§ 1
Predmet úpravy

Táto vyhláška upravuje postup orgánov a organizácií ústredného orgánu štátnej správy v odbore geodézia a kartografia, podnikateľských subjektov v odbore geodézia a kartografia, ako aj geodetických útvarov investorských, projektantských a zhotoviteľských organizácií (ďalej len „účastníkov výstavby“) pri vykonávaní geodetických a kartografických činností. Vyhláška podrobnejšie upravuje

- a) záväzné geodetické systémy,
- b) spravovanie informačného systému geodézie, kartografie a katastra (ďalej len „informačný systém“) a spôsob poskytovania údajov z informačného systému,
- c) popis údajov spravovaných v informačnom systéme metaúdajmi,
- d) postup pri standardizácii geografického názvoslovia,
- e) postup pri vykonávaní kartografických činností,
- f) postup pri vykonávaní geodetických činností,
- g) postup pri vydávaní osvedčenia o osobitnej odbornej spôsobilosti,
- h) spôsob autorizačného a úradného overovania vybraných geodetických a kartografických činností.

PRVÁ ČASŤ
ZÁVÄZNÉ GEODETICKÉ REFERENČNÉ SYSTÉMY A ICH PLATNÉ REALIZÁCIE

§ 2

(1) Názvy a kódy záväzných geodetických referenčných systémov sú:

- a) Európsky terestrický referenčný systém 1989 s alfanumerickým kódom ETRS89, kódom EPSG::4927 pre 3D – φ, λ, h, kódom EPSG::4258 pre 3D – X, Y, Z a kódom EPSG::4936 pre 2D – φ, λ,
- b) Súradnicový systém Jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej s alfabetským kódom S-JTSK a kódom EPSG::2065,

Záver

- ▶ Bpv v platnosti dlhé roky - globálne a lokálne nehomogenity
- ▶ Prechod na EVRF2019 nám prinesie:
 - moderný a najmä korektný prístup k výpočtu výšok (gepotenciálne kóty)
 - korektné napojenie ŠNS k EVRS a jej realizáciám ako aj k svetovému výškovému systému
 - v kombinácii s novým kvázigeoidom možnosť určovania nadmorských výšok prostredníctvom GNSS technológií na 1-2 cm
- ▶ Stále prebiehajú diskusie o najvhodnejšom spôsobe prepojenia 1. a 2. rádu ŠNS s prihliadnutím na šírenie stredných chýb



Ďakujem za pozornosť.

miroslava.jancovicova@skgeodesy.sk

