

GRAVIMETRIA

a jej využitie v geológii, geodézii a životnom prostredí

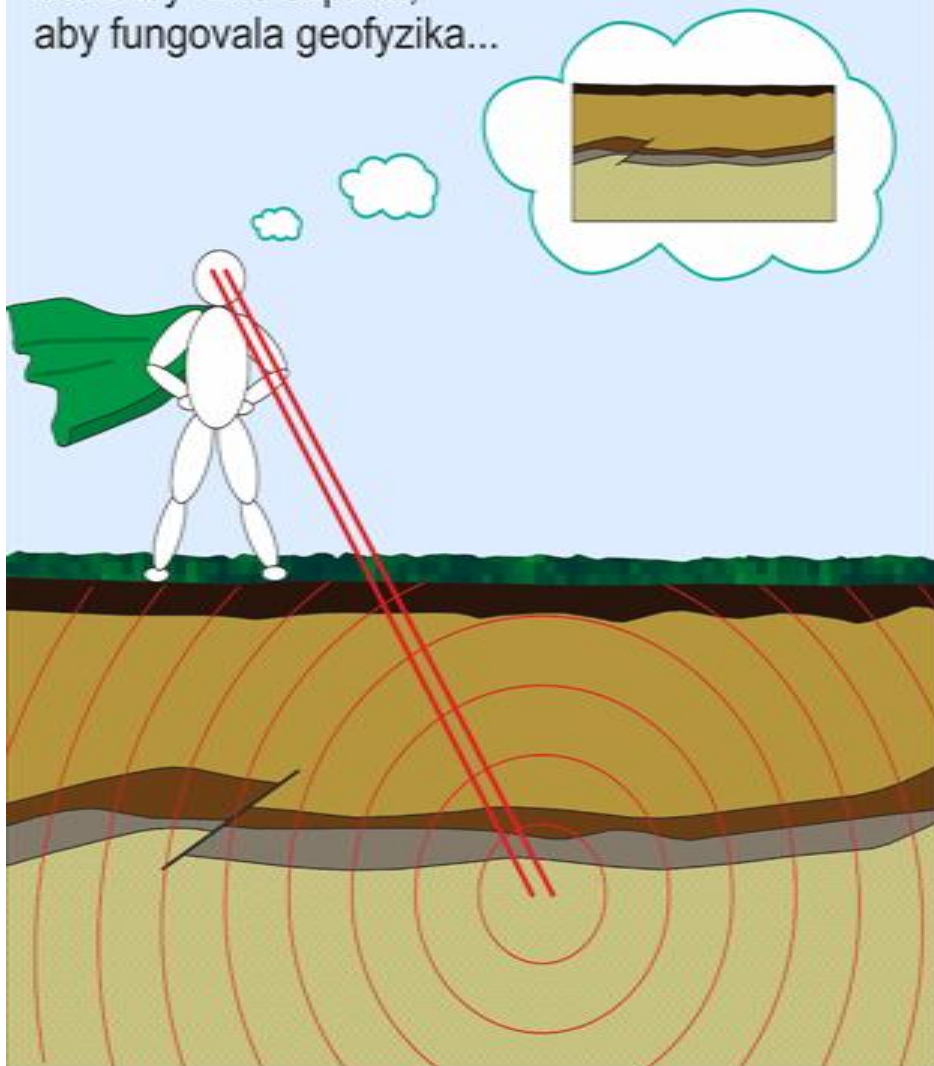
Pavol Zahorec a kol.

Ústav vied o Zemi SAV
Geofyzikálny odbor
Banská Bystrica
zahorec@savbb.sk

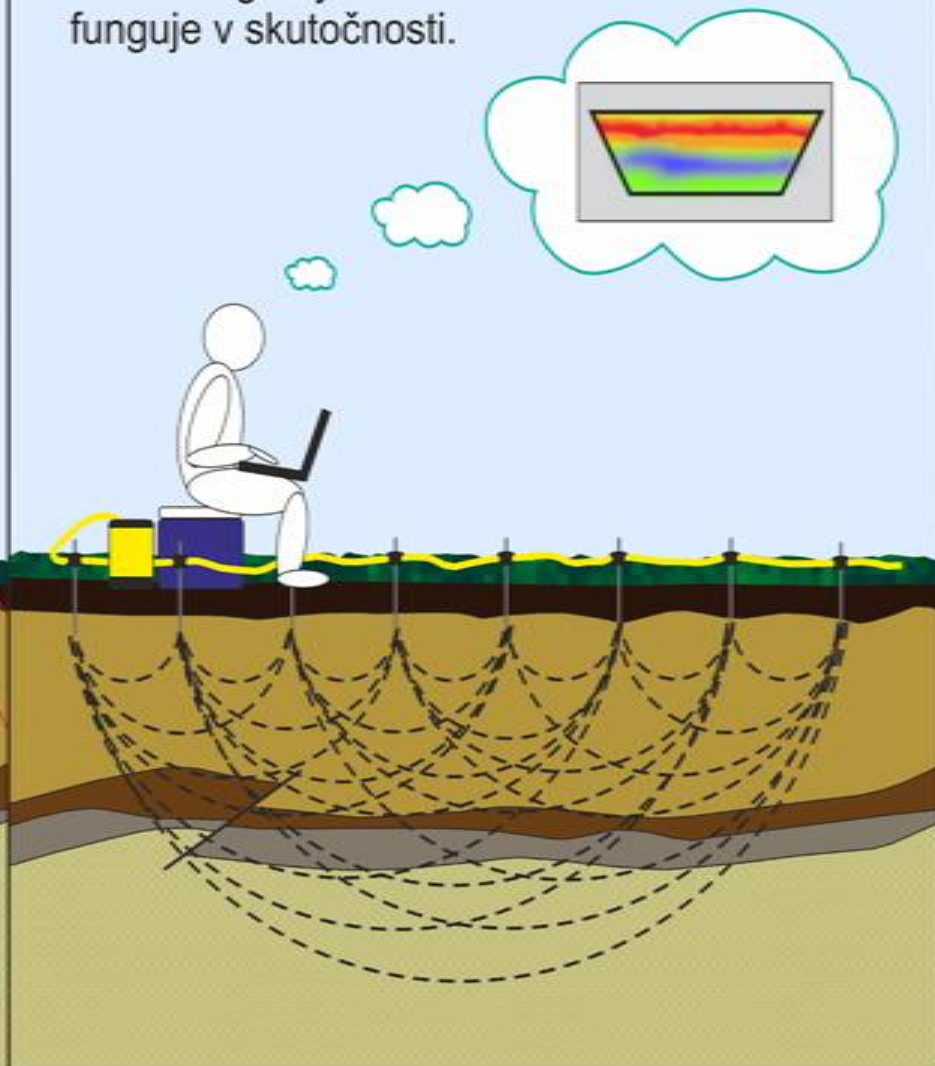
Deň geodiverzity v Banskobystrickom geoparku, 6. október 2022

Gravimetria = súčasť aplikovanej geofyziky aj geodézie

Takto by sme si priali,
aby fungovala geofyzika...



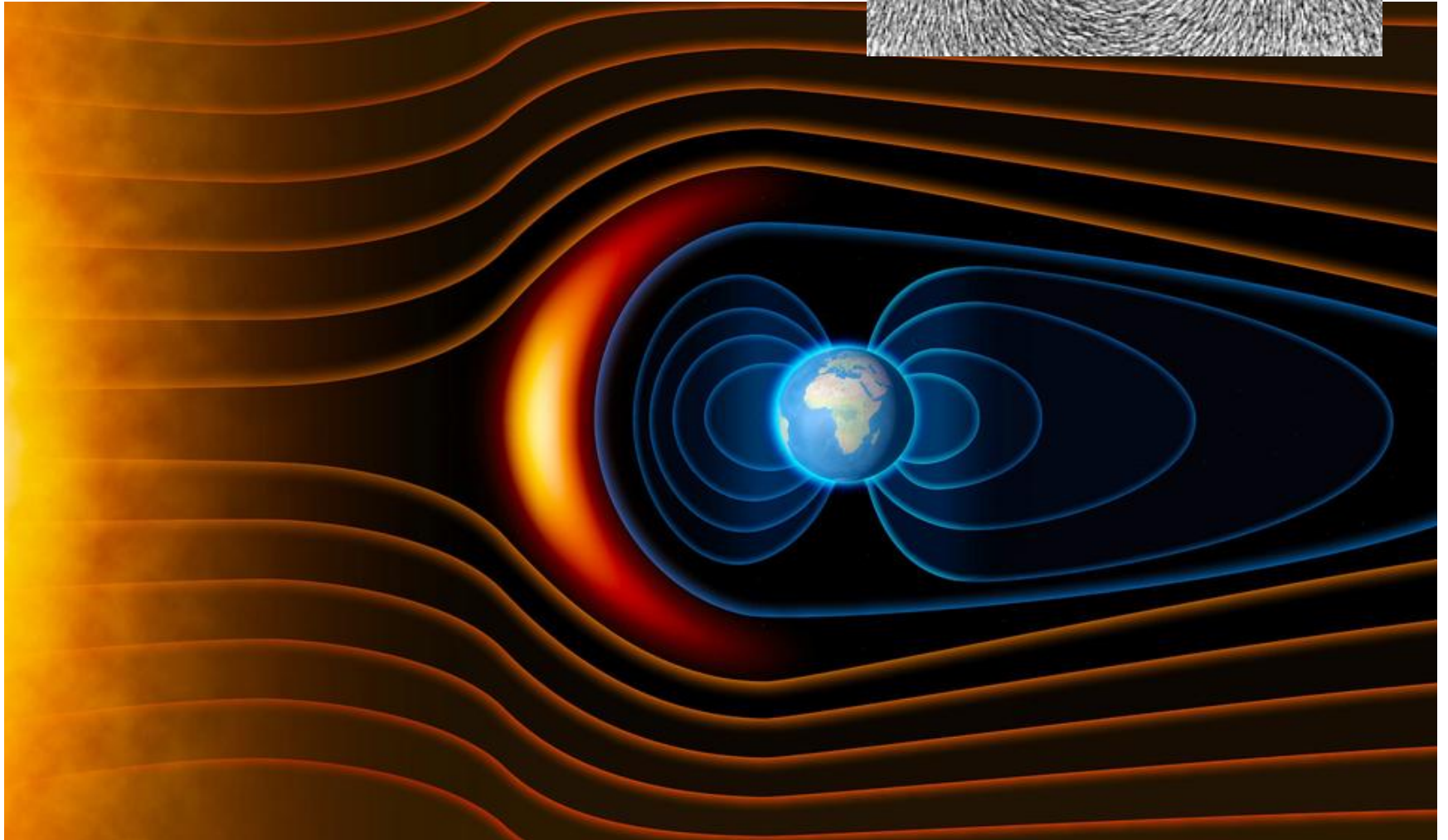
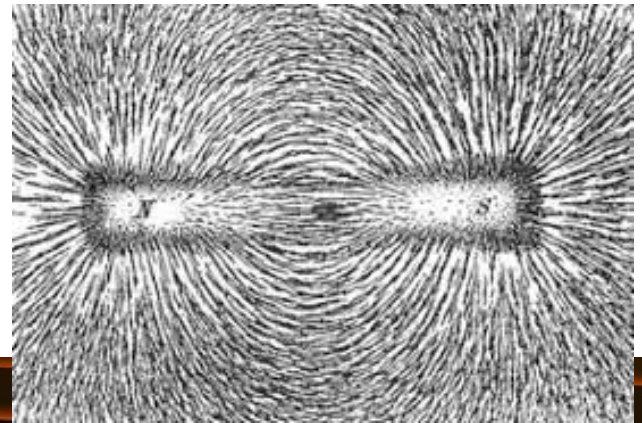
...a takto geofyzika
funguje v skutočnosti.



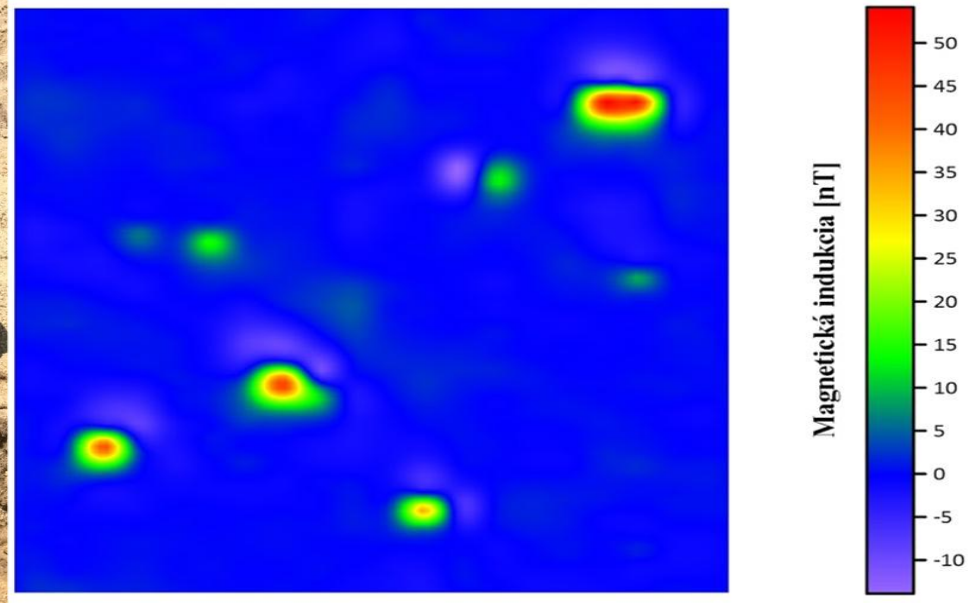
V geofyzike meriame (využívame):

- tiažové pole (prirodzené)**
- magnetické pole (prirodzené)**
- elektrické polia (prirodzené, umelé)**
- mechanické vlnové pole (umelé)**
- rádioaktivitu (prirodzenú)**

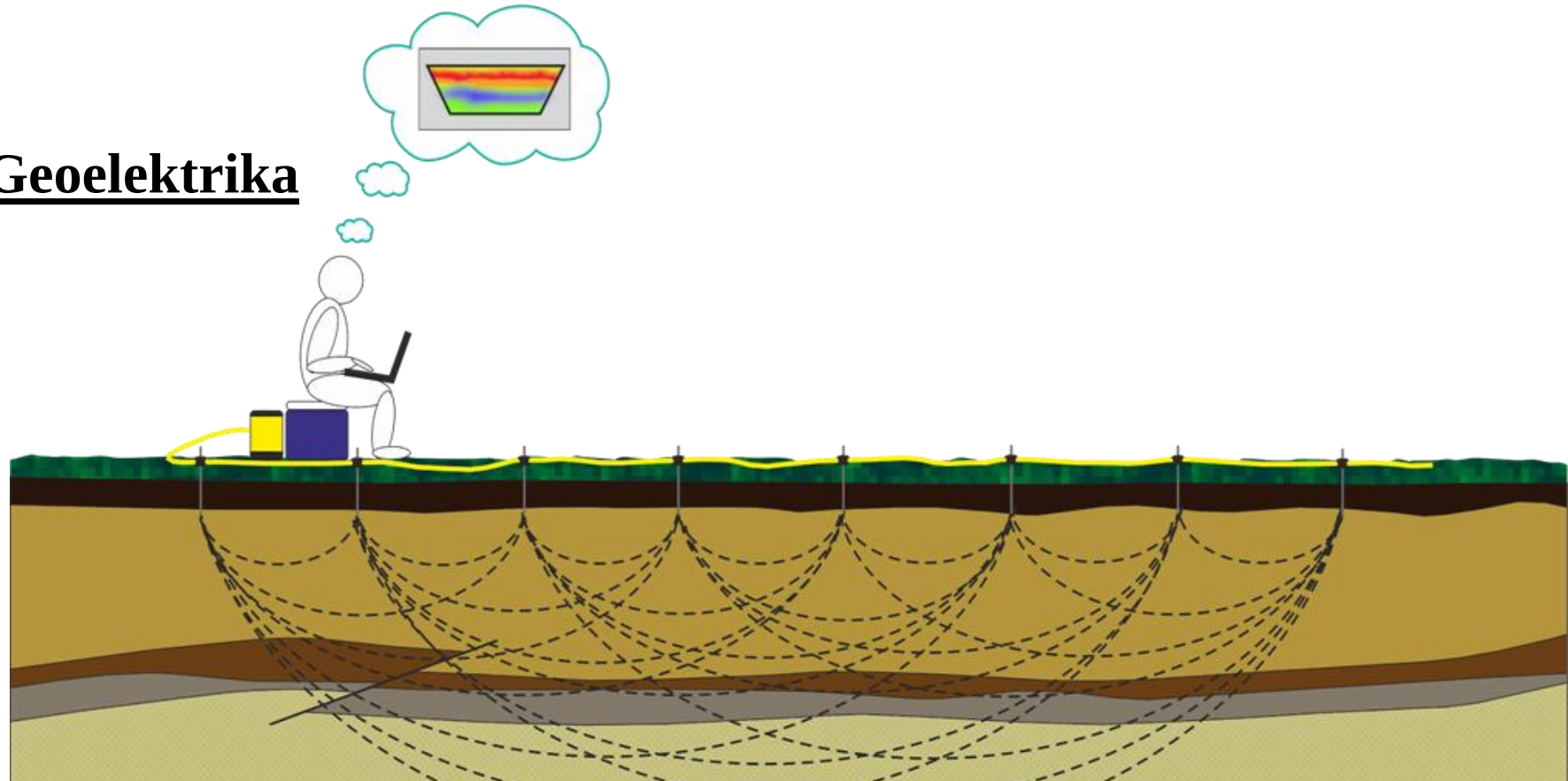
Magnetometria



Magnetometria



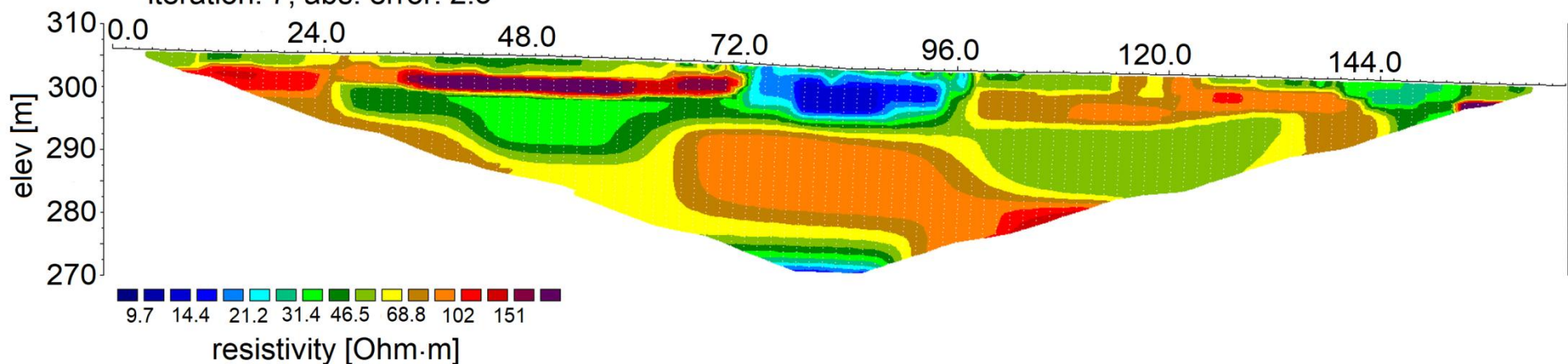
Geoelektrika



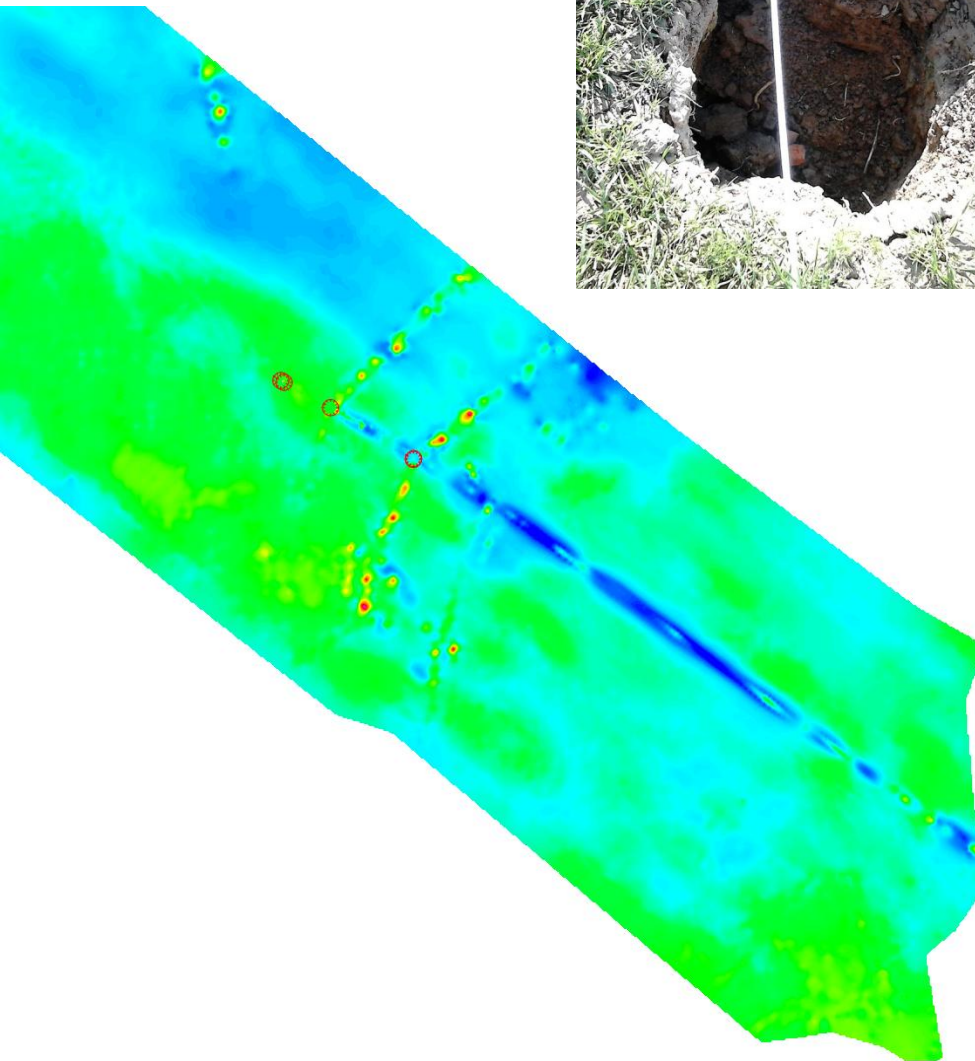
SSE

NNW

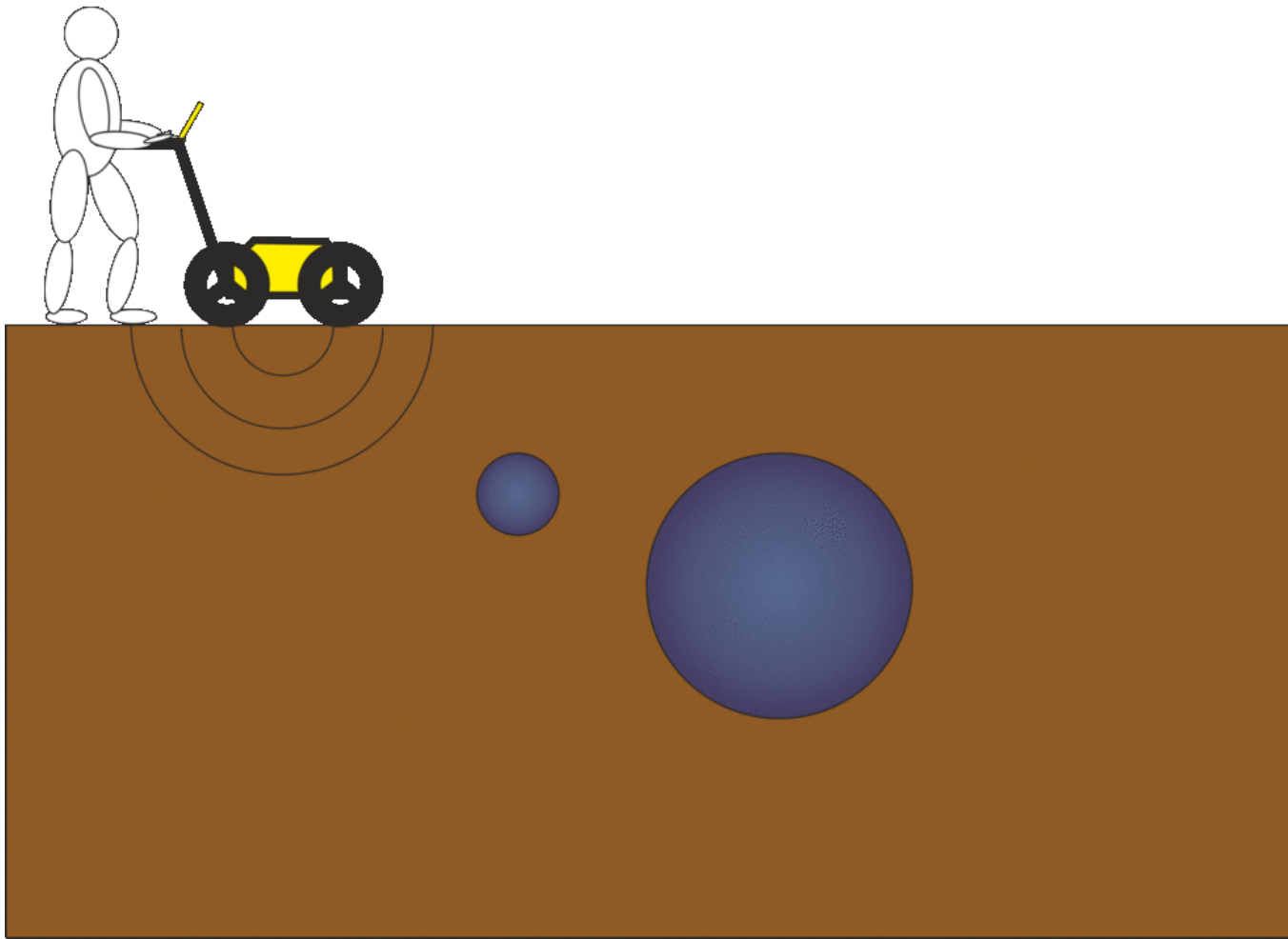
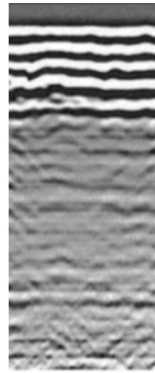
iteration: 7, abs. error: 2.5



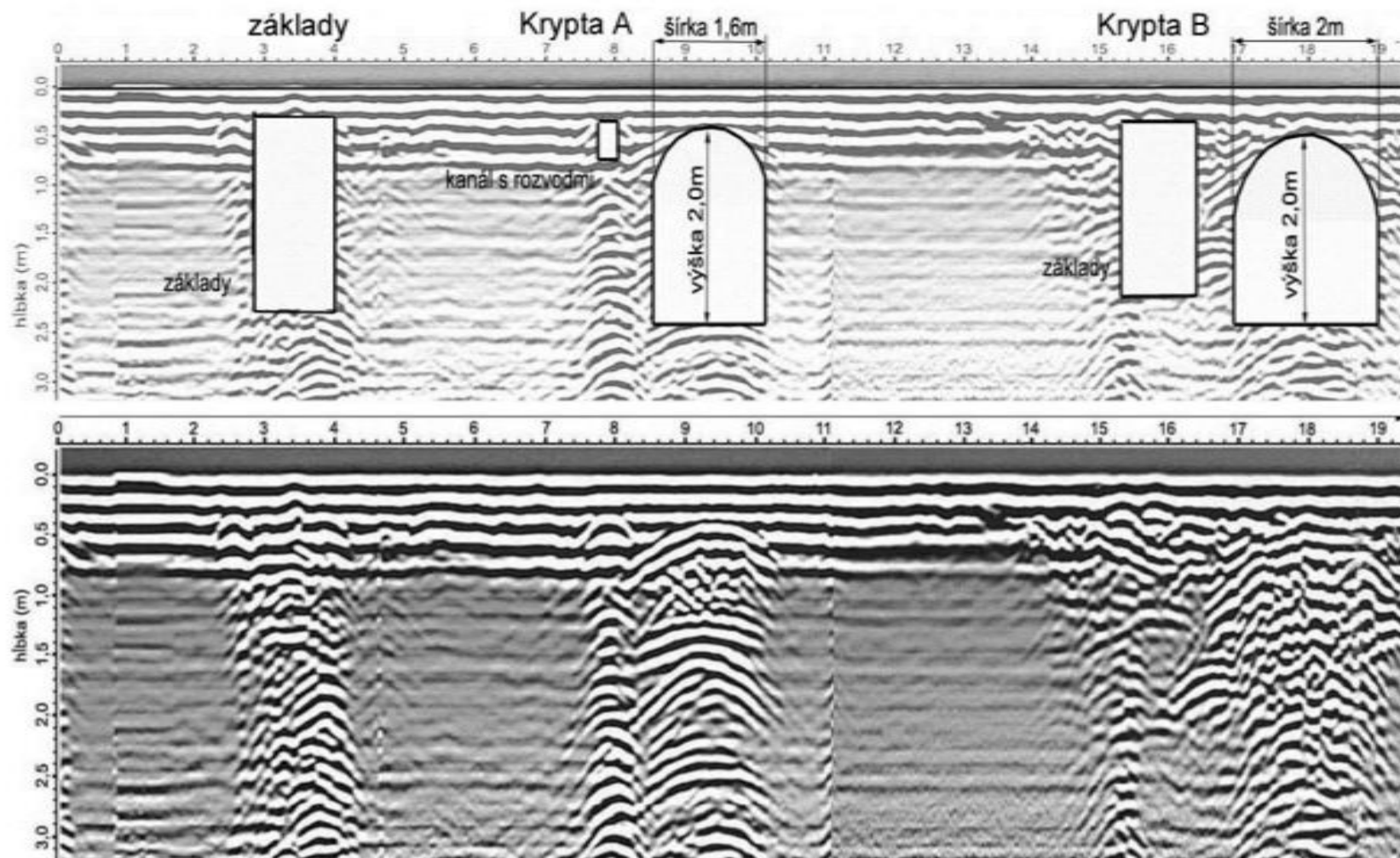
Geoelektrika



Georadar

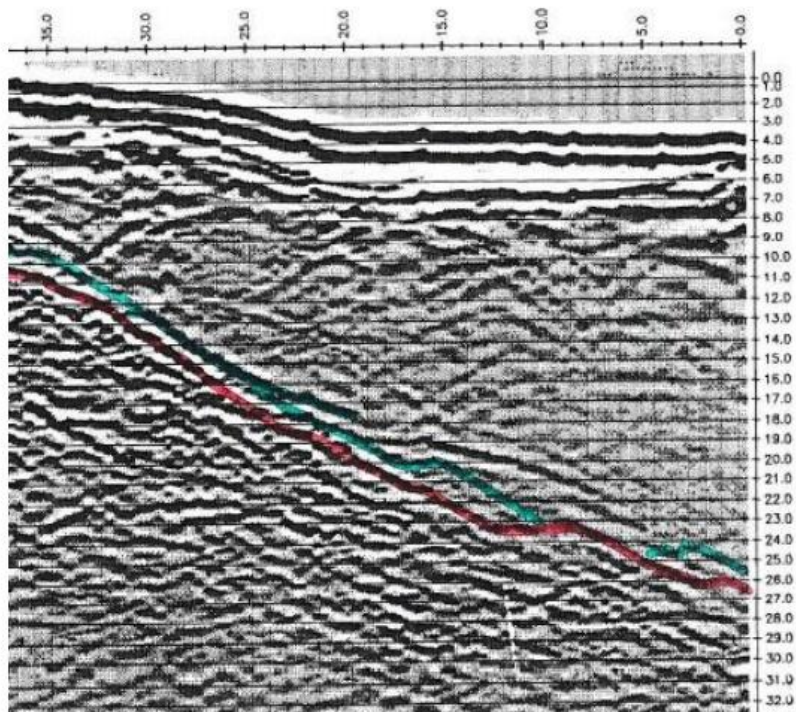


Georadar

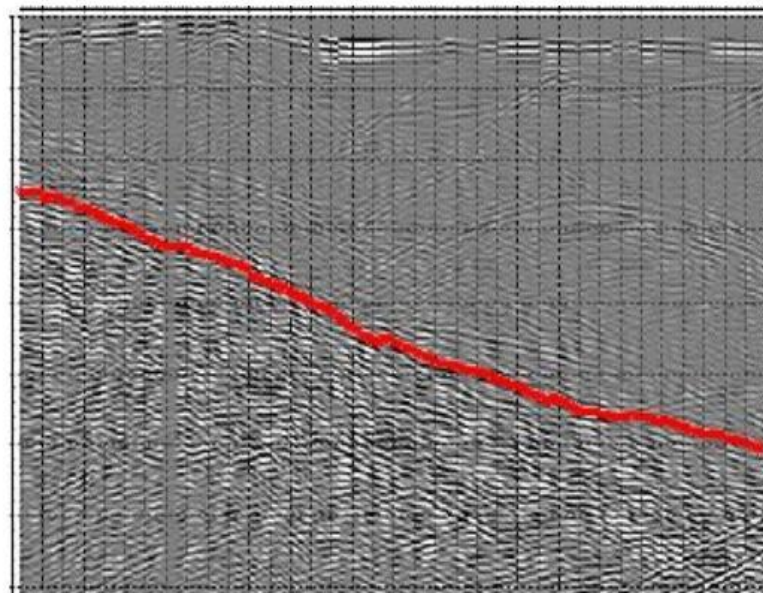


Georadar

1995

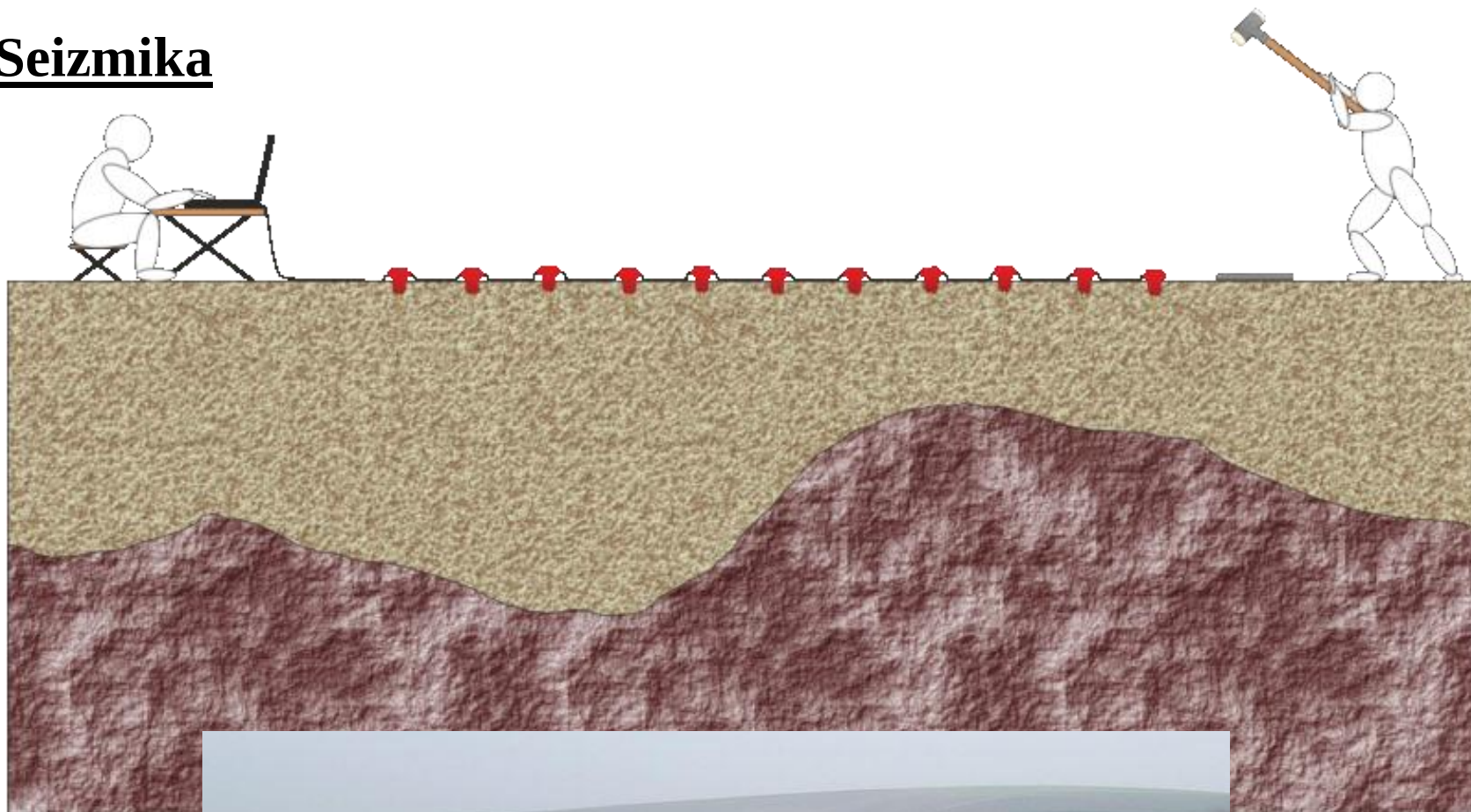


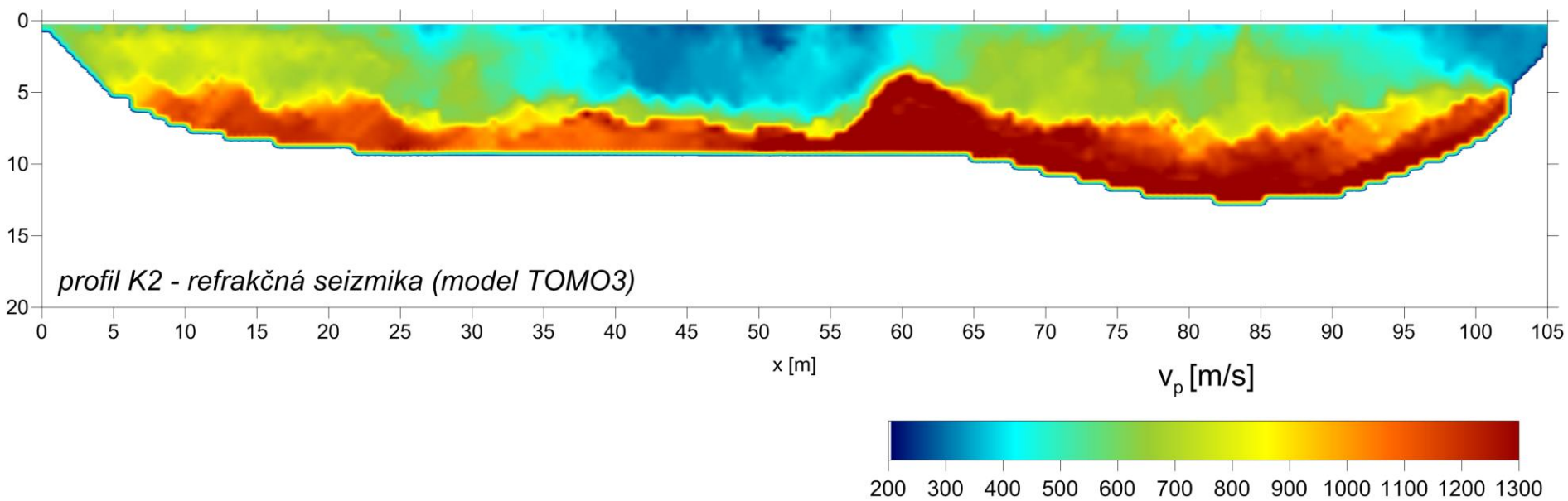
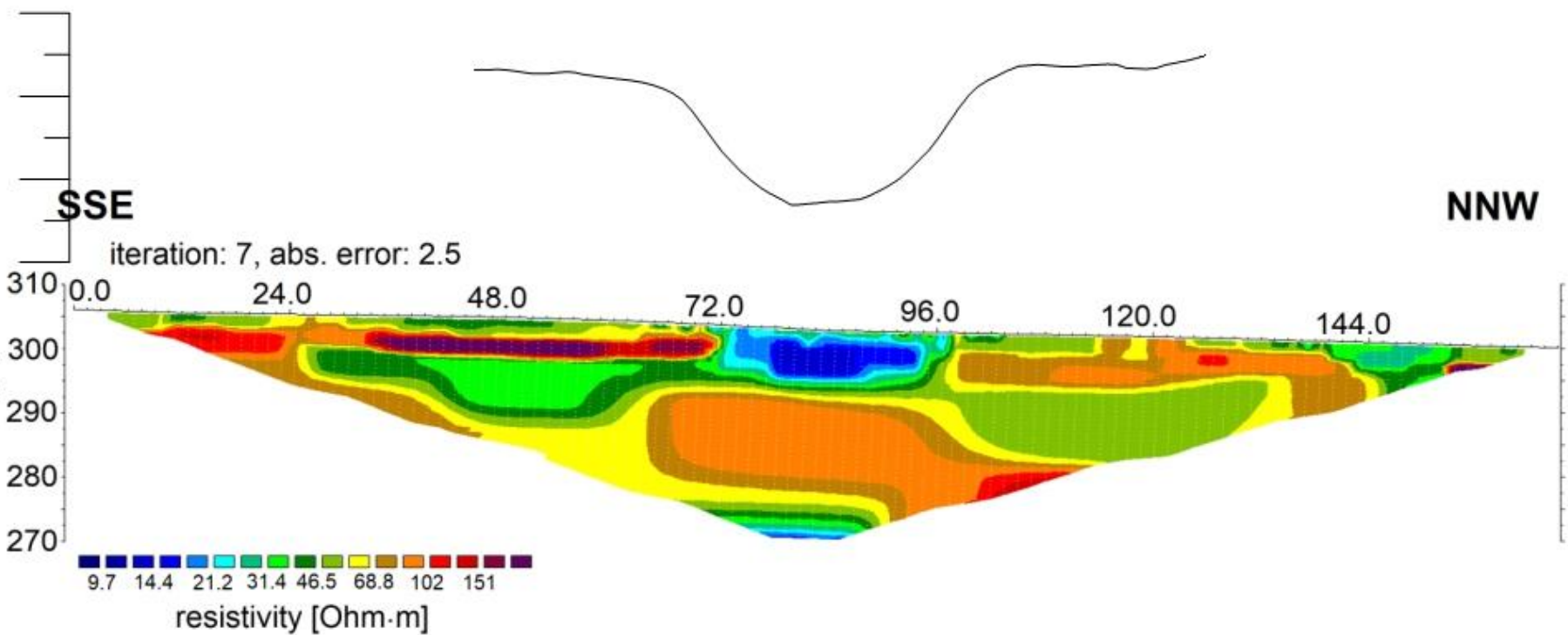
2020



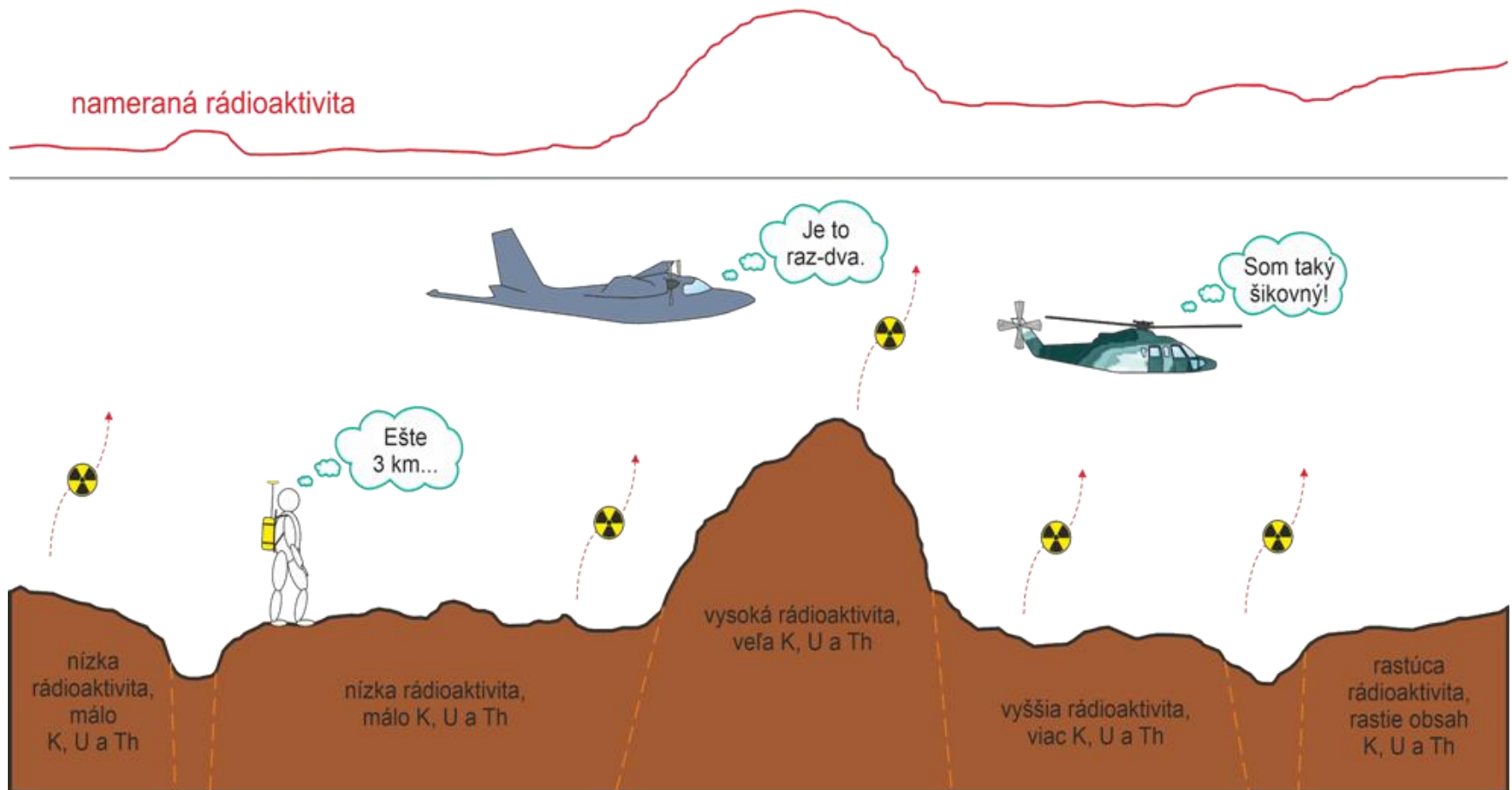
menej ľadu o cca 1-2 m

Seizmika

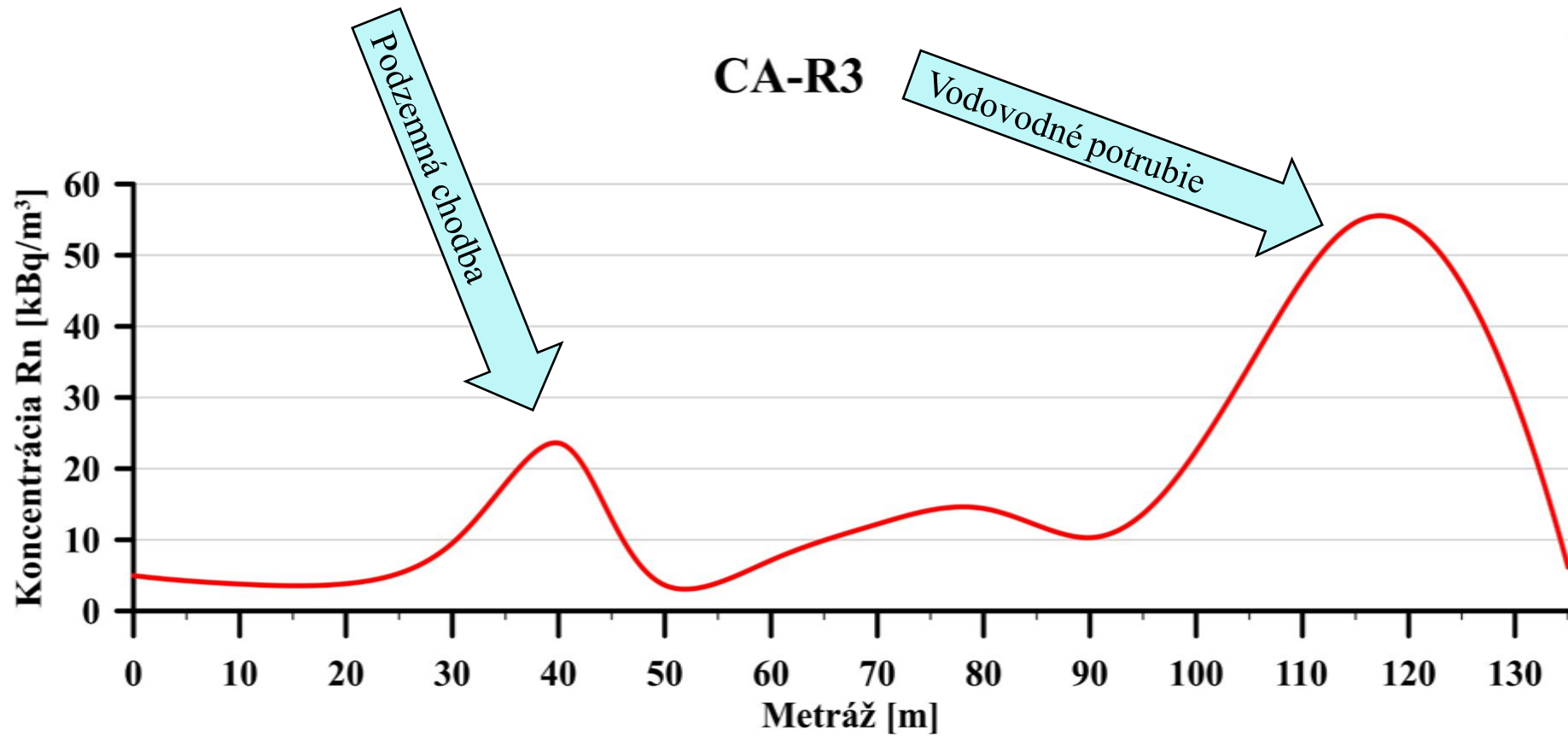




Rádiometria



Rádiometria



Gravimetria

$$F_{g1,g2} = \chi \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

• Fyzikálna geodézia

- Nadmorské výšky
- Globálne geopotenciálne modely Zeme

• Aplikovaná geofyzika

- Gravimetrické merania a ich využitie v životnom prostredí

ideli nijakú rýchlosť, len
tane pri ňom bez
ento jav si vysvetľuje
vačnosti, podľa ktorého
vonkajšie sily, si
chlosť" (tu
meň bez toho,

pu relativity je
naké ako hľadisko
t vysvetľuje, čo
pri A), tvrdiac, že
ní k zemi
ie, prečo kameň
o naopak), si
ho zákon, podľa
hľadu na
n



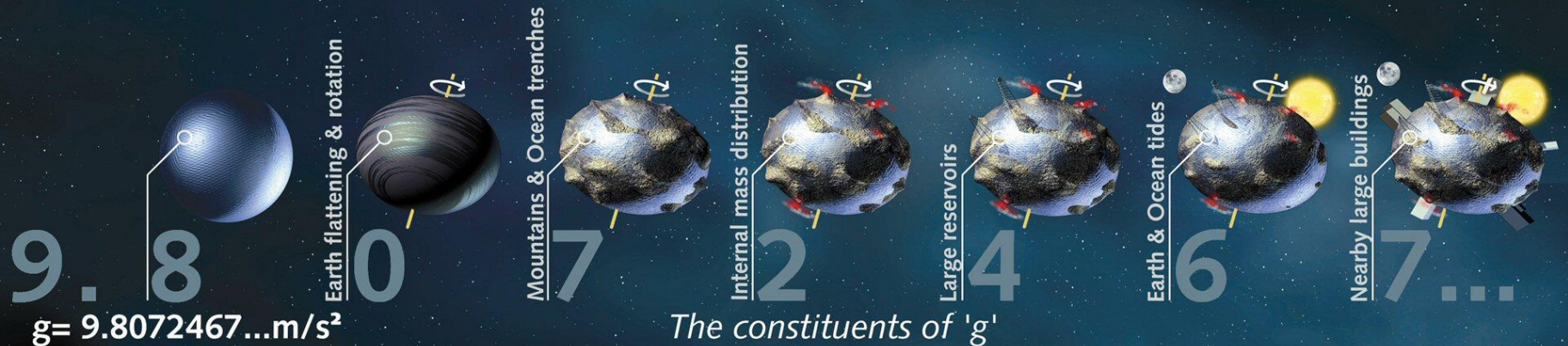
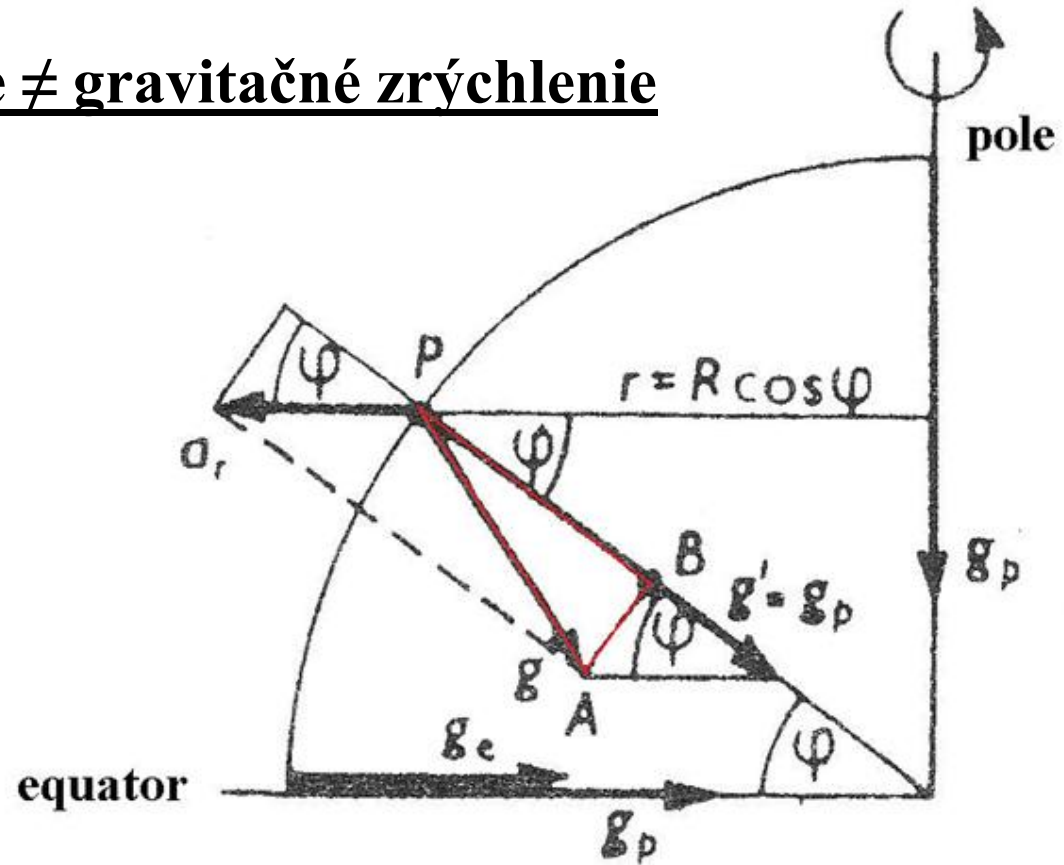
ty sú

sti som mal

iej relativity a jej
sebe Einstein
muláciu
šak bolo treba
to povedať, že
chápali jej
odobne



Tiažové zrýchlenie $\neq$ gravitačné zrýchlenie

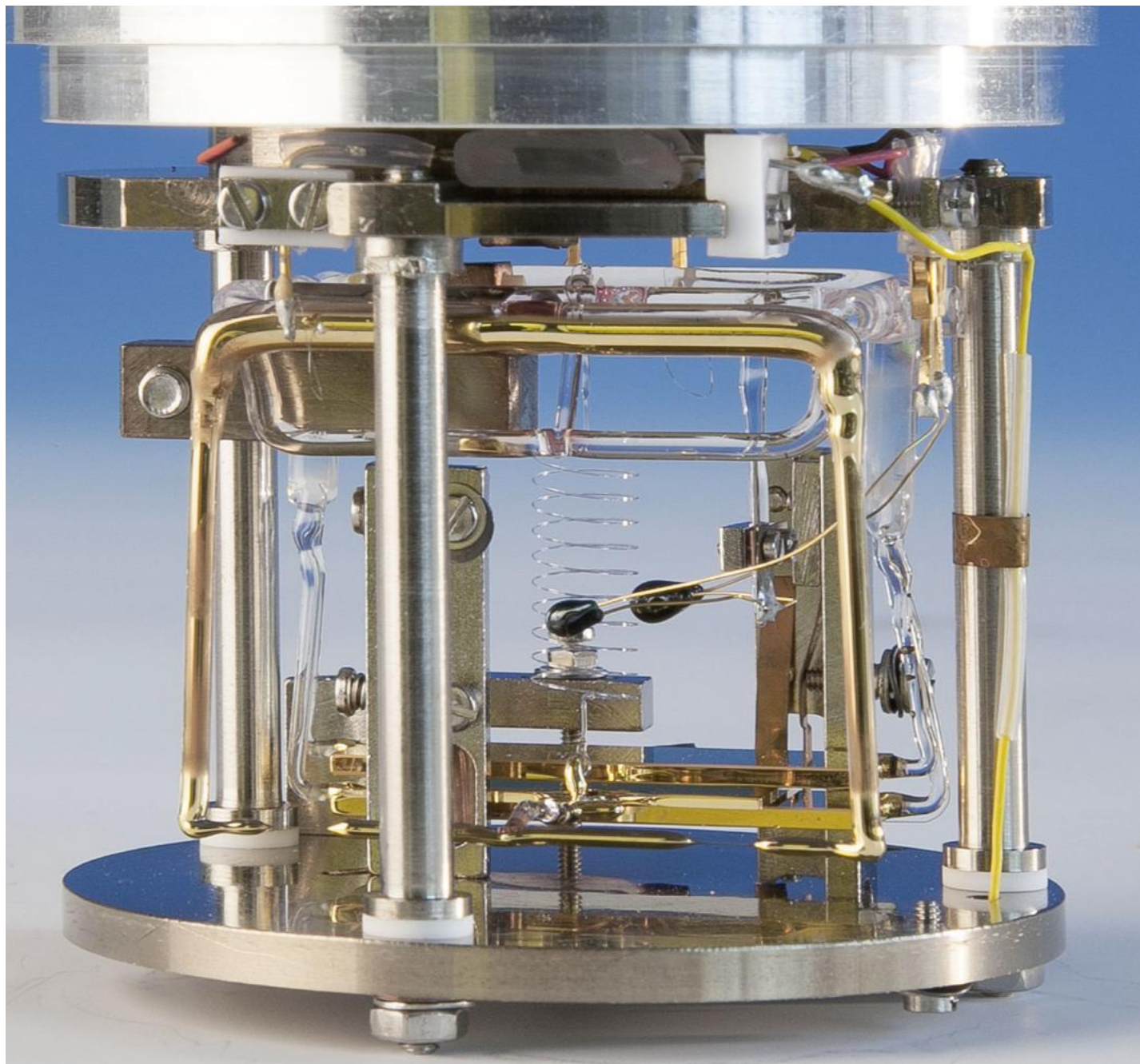


Meranie tiažového zrýchlenia

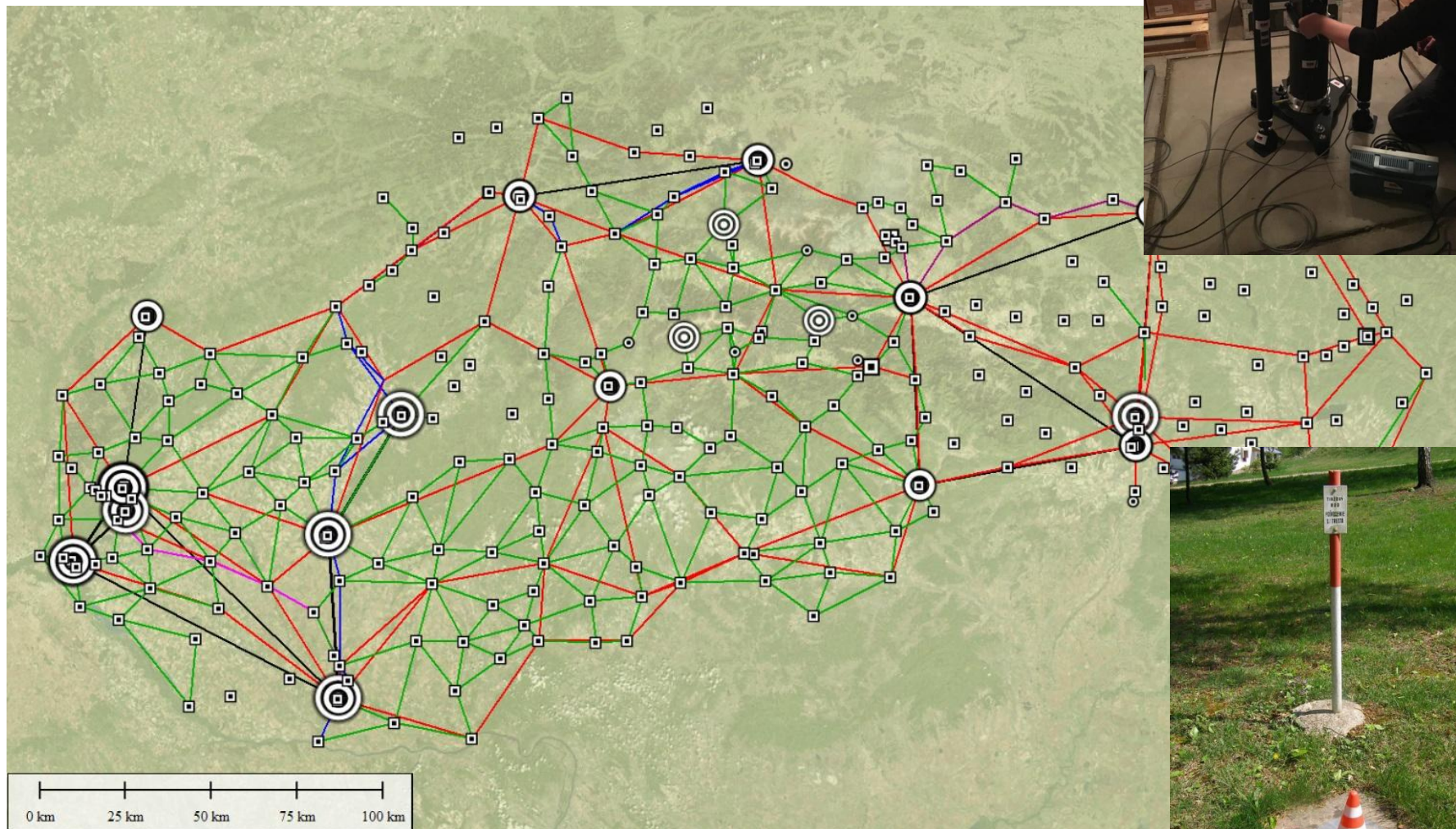




SCINTREX
Autograv
CG-3M Automated Gravity Meter

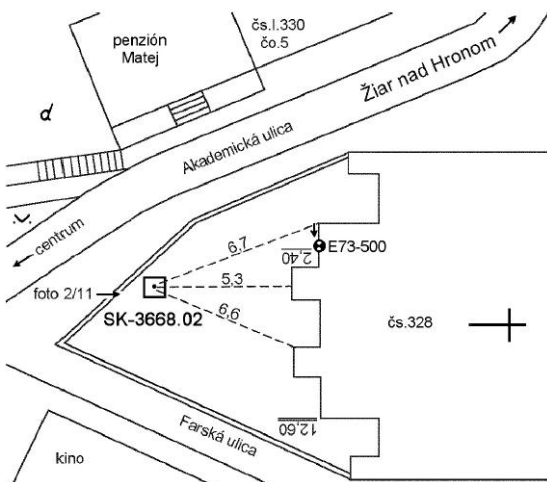


Gravimetrický referenční systém 1995 (S-Gr95)



© Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky

Dátum: 6.10.2022



Úplné označenie bodu
SK-3668.02

Názov k. ú.
Banská Štiavnica

Názov obce
Banská Štiavnica

Tiažové zrýchlenie (S-Gr95)
9807919,72 $\mu\text{m/s}^2$

Popisná hodnota Druhu značky
klincová s dierkou

Topografický popis
Bod je v dláždenom priestranstve, pred hlavným vchodom
do rímskokatolíckeho kostola Nanebovzatia Panny Márie

Search 'Add Image'

Export PDF

Adobe Export PDF
Convert PDF Files to Word
or Excel Online

Select PDF File

SK-3668.02.pdf

Convert to

Microsoft Word (*.docx)

Document Language:
English (U.S.) Change

Convert

Edit PDF

Create PDF

Comment

Combine Files

Organize Pages

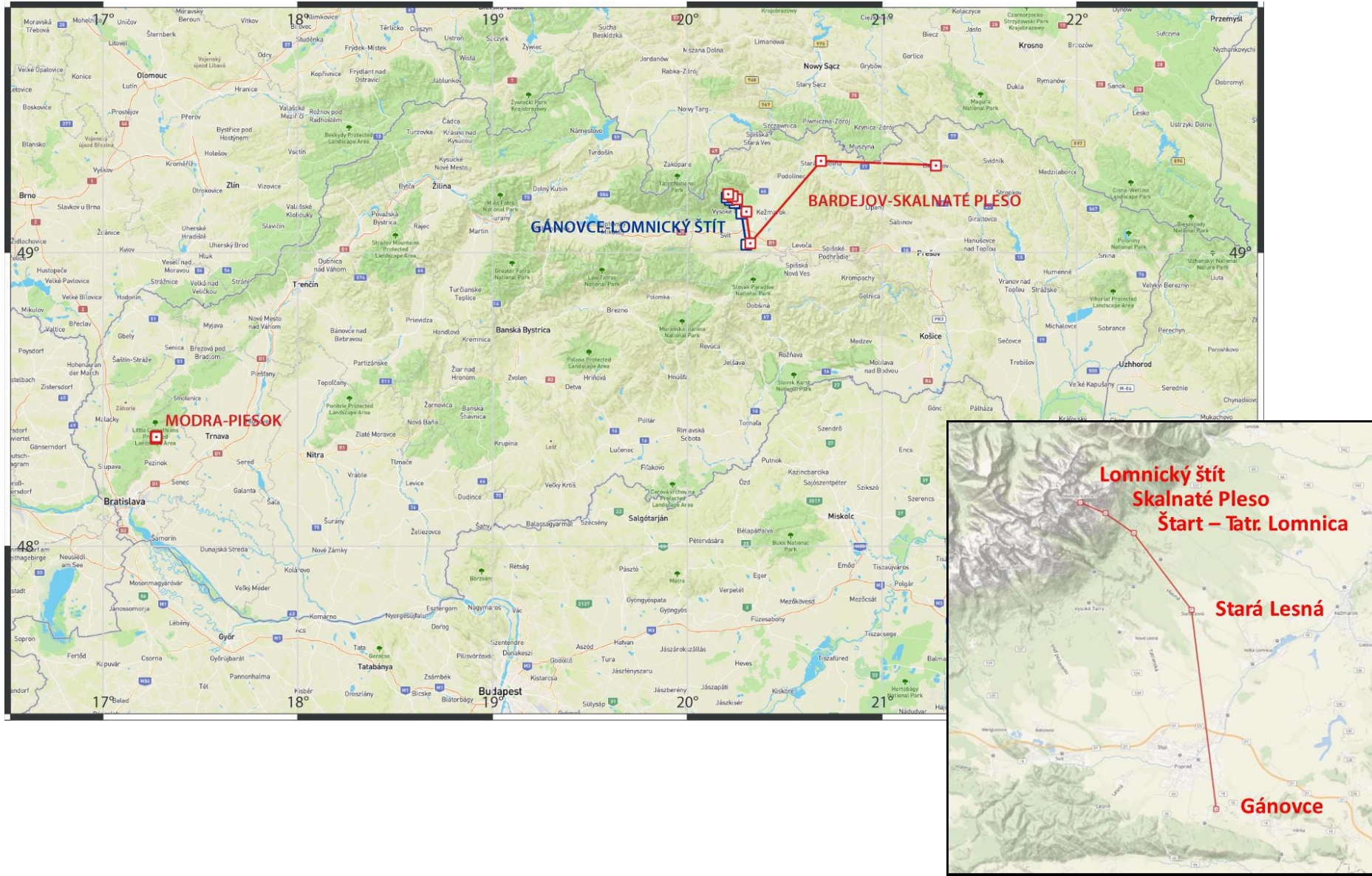
Compress PDF

Convert, edit and e-sign PDF
forms & agreements

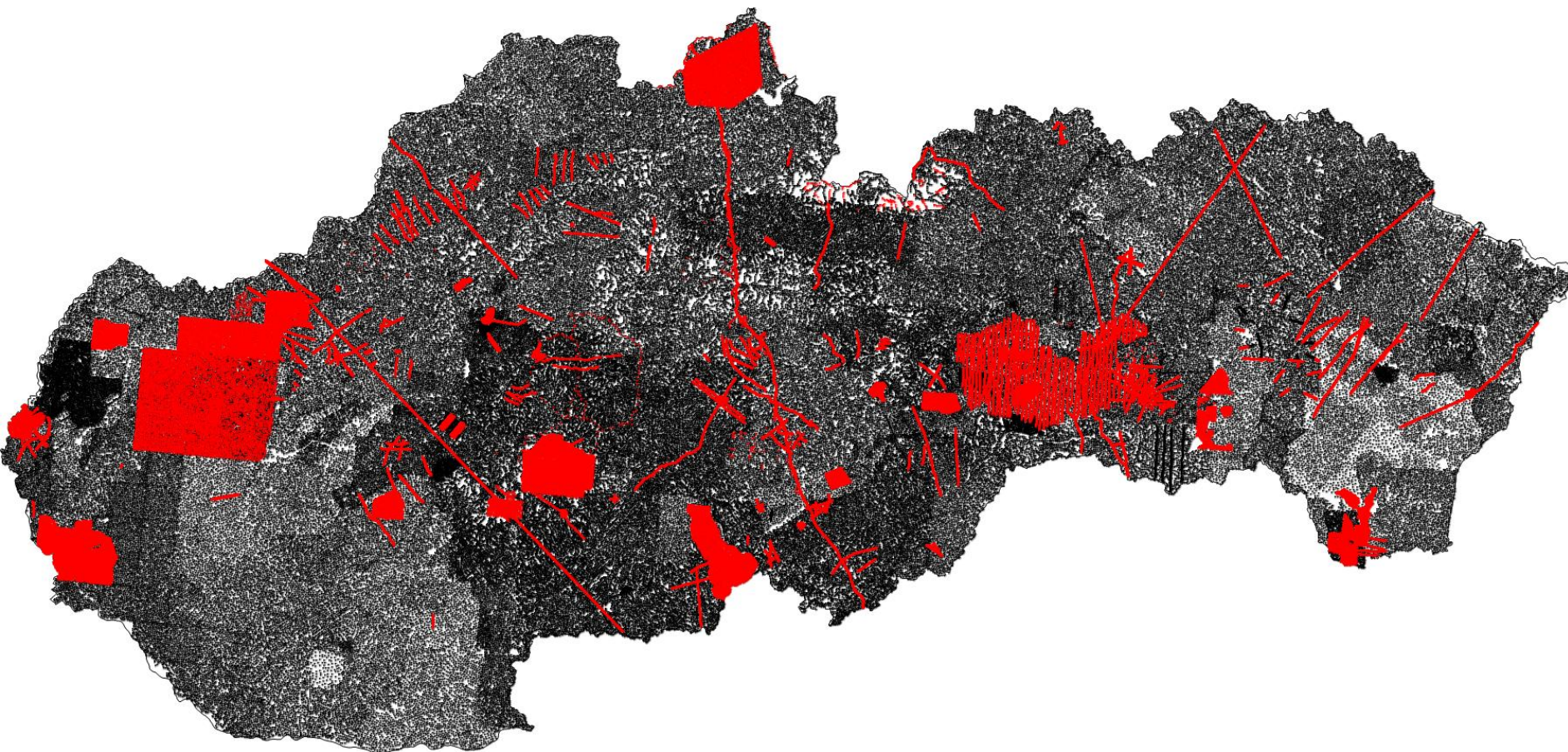
Free 7-Day Trial

EN 10:13 6.10.2022

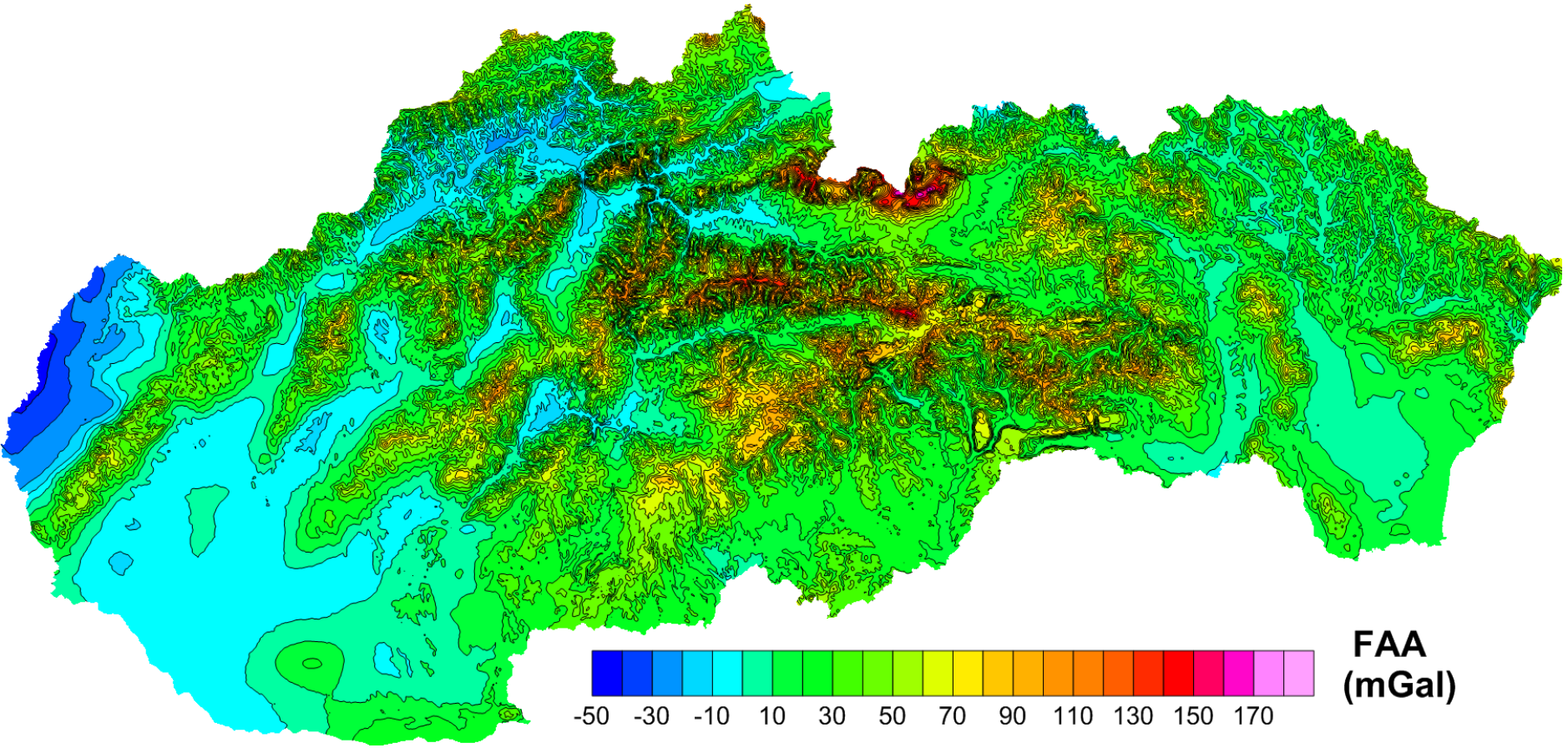
Gravimetrické základnice

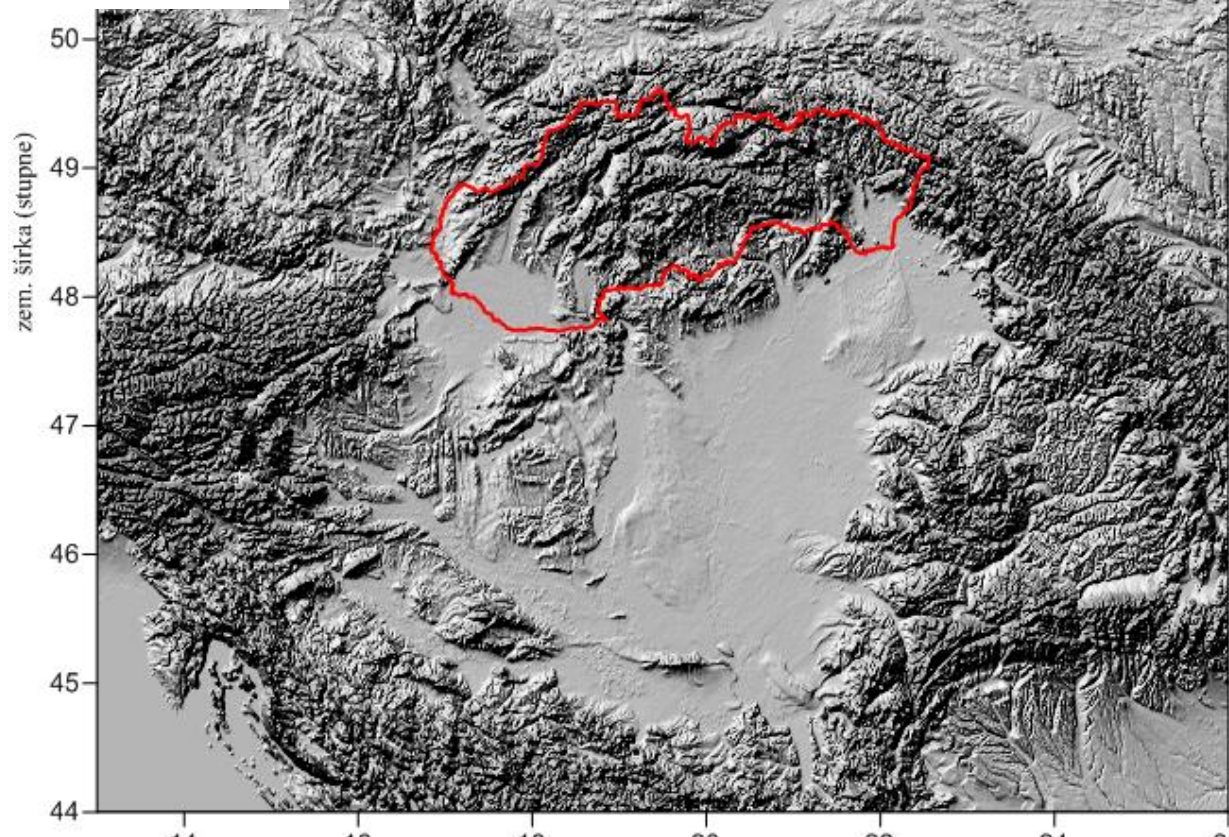
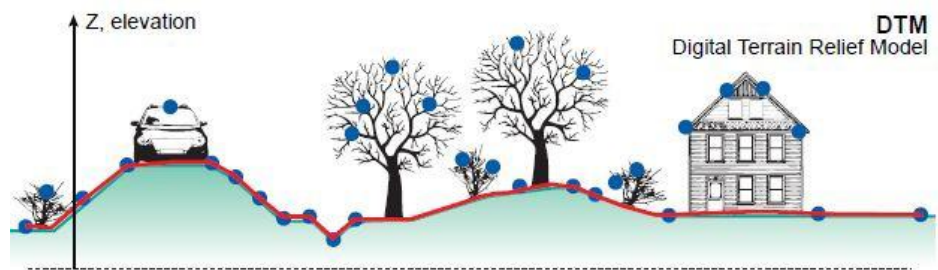
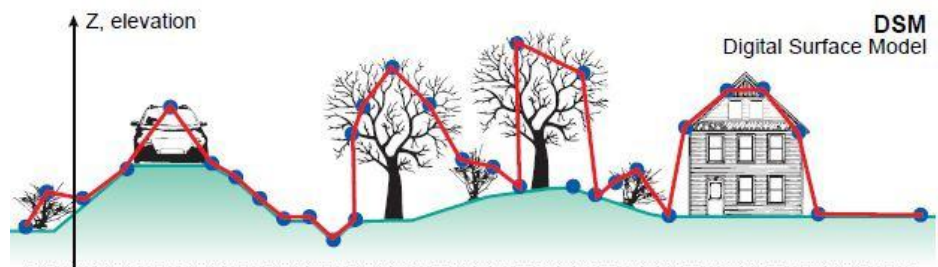


Gravimetrická databáza Slovenska (cca 320 000 bodov)

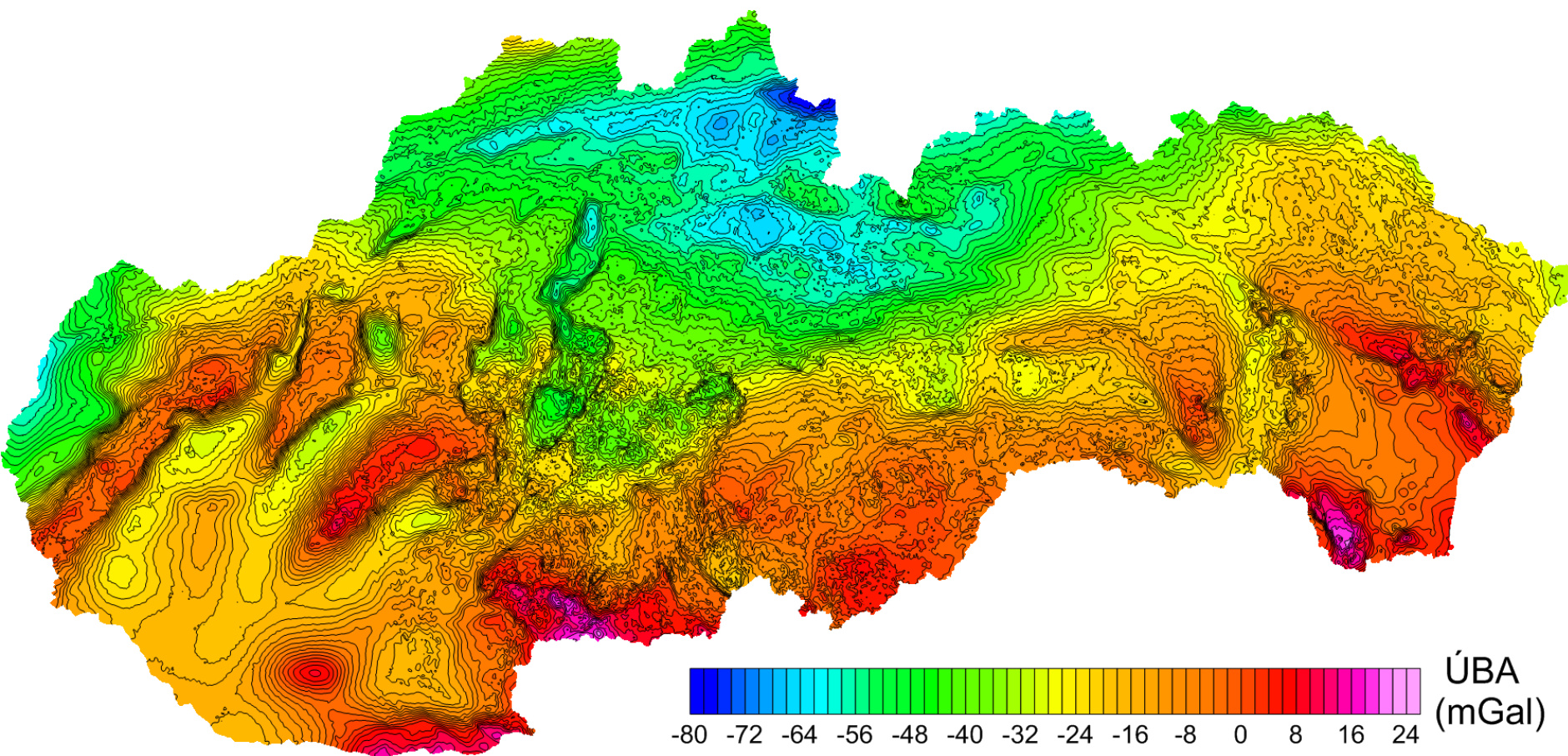


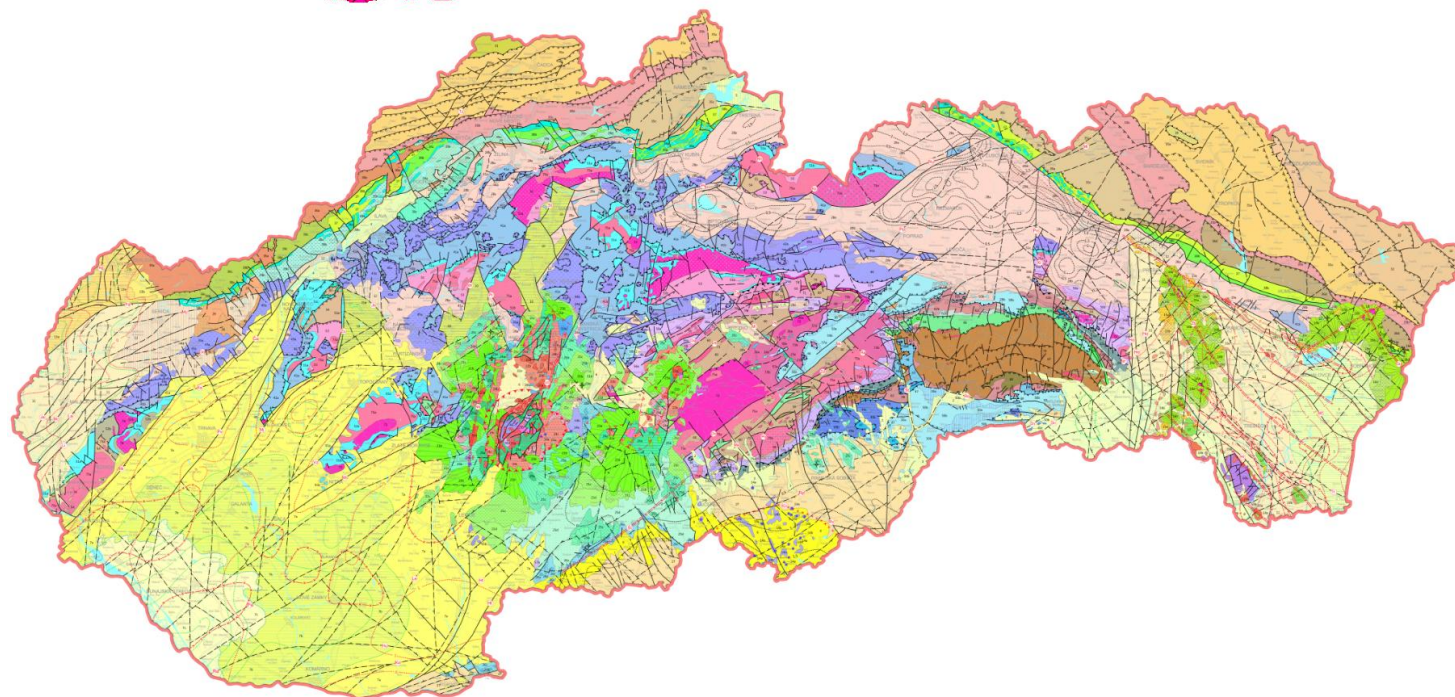
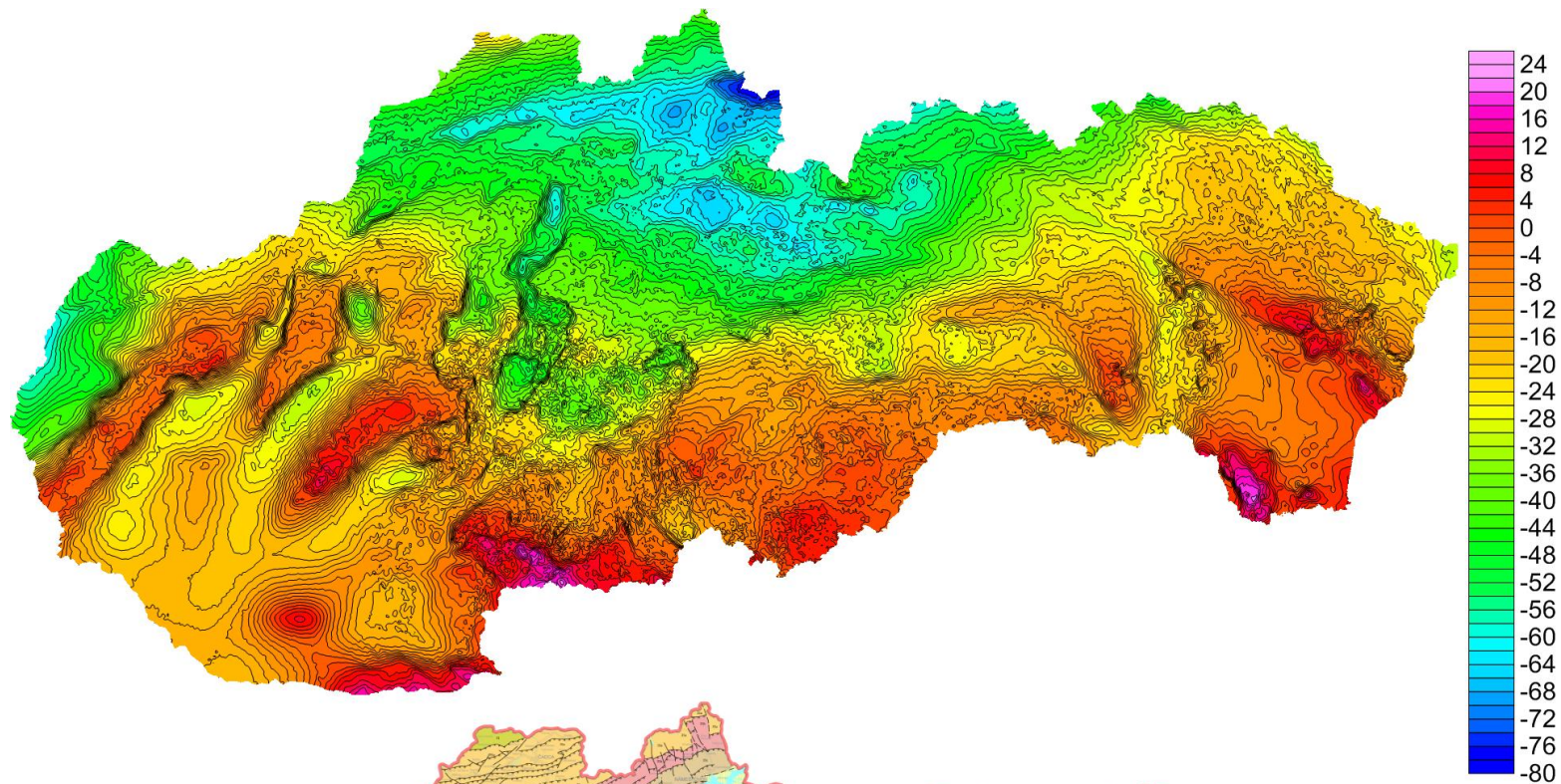
Mapa anomálií vo voľnom vzduchu (Free air anomaly)





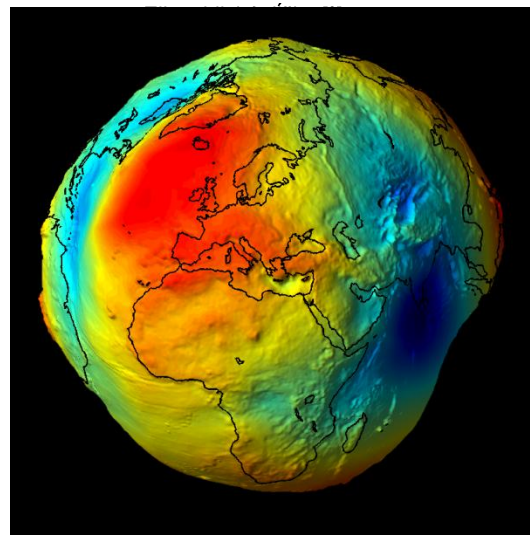
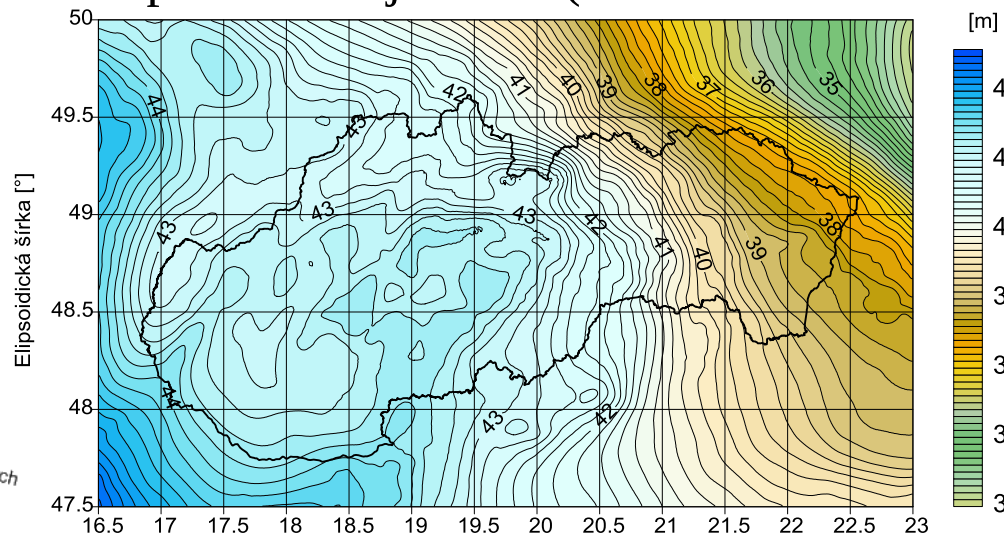
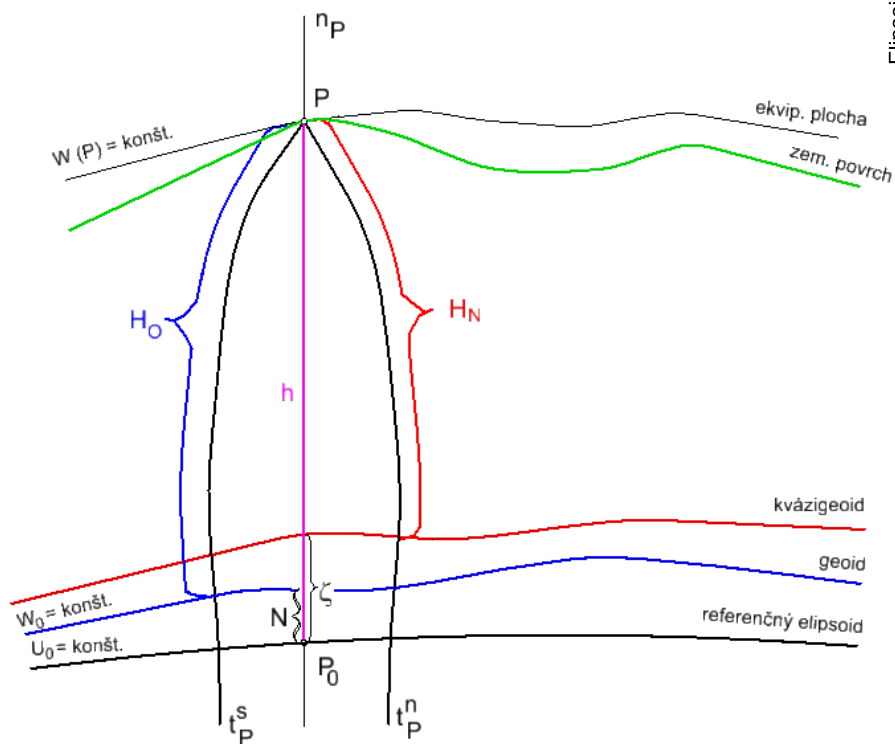
Mapa úplných Bouguerových anomálií Slovenska





Nadmorské výšky

VÝŠKA – vertikálna odľahlosť bodu od zvolenej vzťažnej plochy meraná po priamke (**GEOMETRICKÁ VÝŠKA**) alebo priestorovej krivke (**FYZIKÁLNA VÝŠKA**)





Nadmorské výšky

VÝŠKA – vertikálna odľahlosť bodu od zvolenej vzťažnej plochy meraná po priamke (**GEOMETRICKÁ VÝŠKA**) alebo priestorovej krivke (**FYZIKÁLNA VÝŠKA**)



Nadmorské výšky a gravimetrická databáza Slovenska

- fyzikálne výšky – závislé od tiažového poľa => nestačí len nivelácia

- donedávna – klasický spôsob určovania výšok:

- *nivelované prevýšenia + redukcia z tiaže*

$$H^A = H^0 + \Delta H_{niv}^{0,A} + C_q \quad C_q = O_\gamma + P$$

- *ortometrická korekcia – zbiehavosť ekvip. plôch*

$$O_\gamma = -0.0000254 H_S \Delta \varphi_S''$$

- *prevodový člen – lokálne zvlnenie ekvip. plôch*

$$P = 0.0010193 \cdot \Delta g_{VV} \cdot \Delta H_{niv}$$

$$P = 0.0010193 (\Delta g_B + 0.1119 H_S) \Delta H_{niv}$$

$$\Delta g_{VV} = g - \gamma = \Delta g_B + 0.1119 H$$

$$\gamma = \gamma_0 - 0.3086 H$$

- v súčasnosti – geopotenciálne kóty:

- *kombinácia nivelácie a gravimetrie*

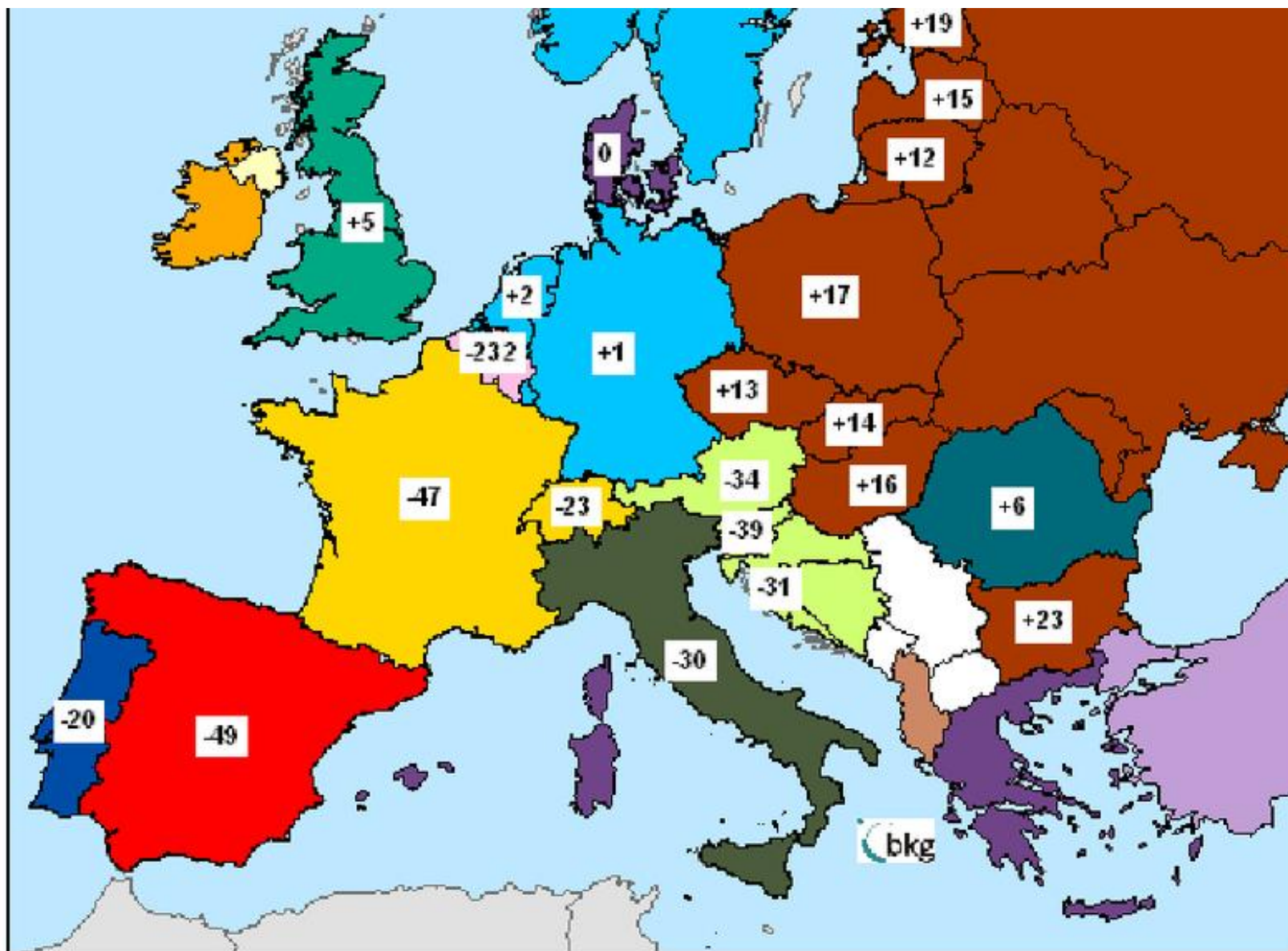
$$C_A = C_0 + \Delta C_0^A = C_0 + \int_0^A g dH = C_0 + \sum_0^A g_i \Delta H_i^{niv}$$

$$H_N^A = \frac{C_A}{\gamma_m^A}$$

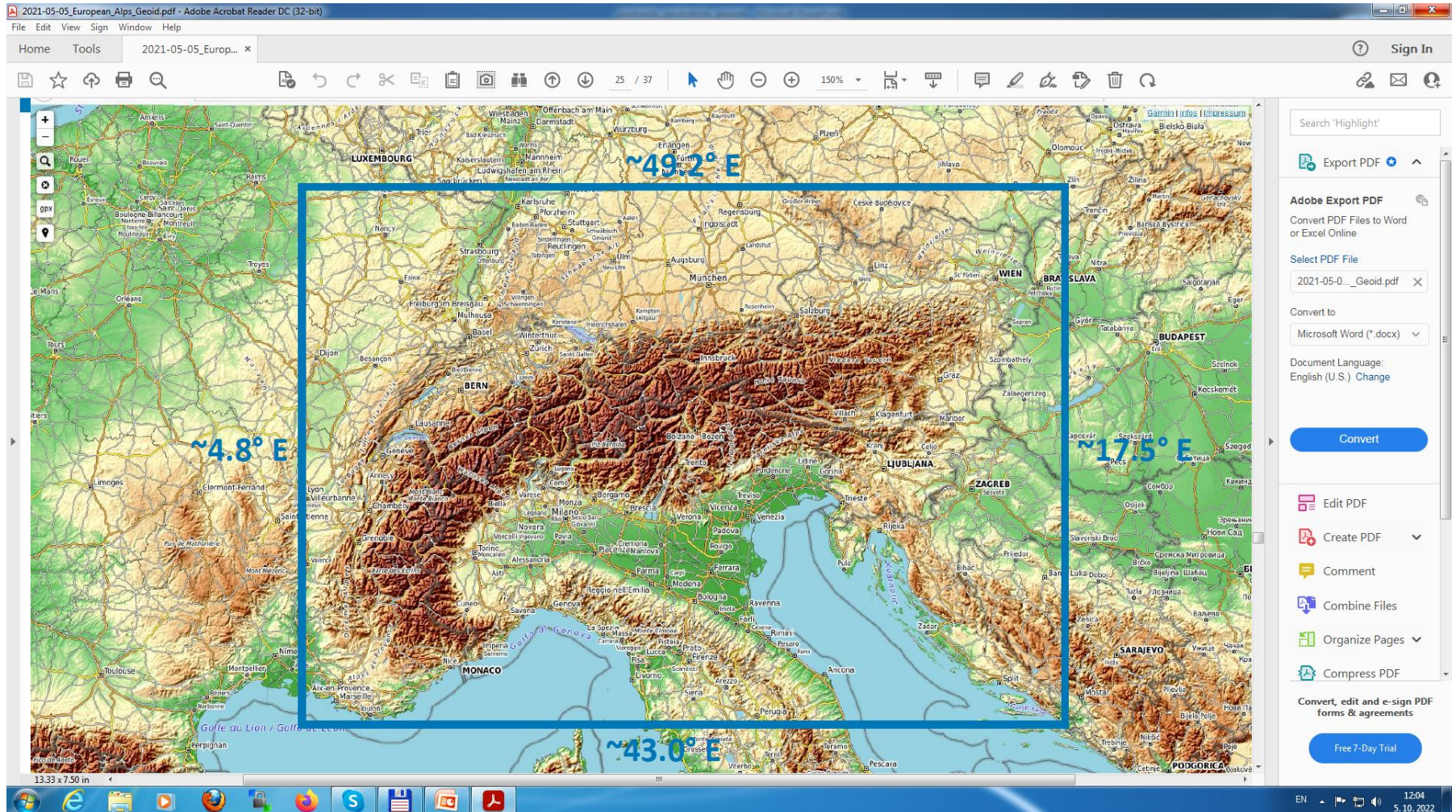
Nadmorské výšky a gravimetrická databáza Slovenska

- **GKÚ – nová realizácia referenčného výškového systému**
- **jedna z požiadaviek – znalosť g na všetkých bodoch ŠNS**
- **merané g na všetkých bodoch je nereálne => využitie gravimetrickej databázy Slovenska prostredníctvom interpolácie z mapy ÚBA**
- **vyvinuli sme softvér CBA2G_SK, ktorý využíva jednoznačný spätný výpočet (rekonštrukciu) tiažového zrýchlenia z hodnoty ÚBA v danom bode**
- **chyba určenia g na úrovni 1 mGal sa premieta do chyby v určení výšok na úrovni 0.1 – 0.2 mm, čo je o 1 - 2 rády vyššia presnosť v porovnaní s určovaním g z GGM modelov**
- **softvér CBA2G_SK – najpresnejší spôsob nepriameho určovania g**

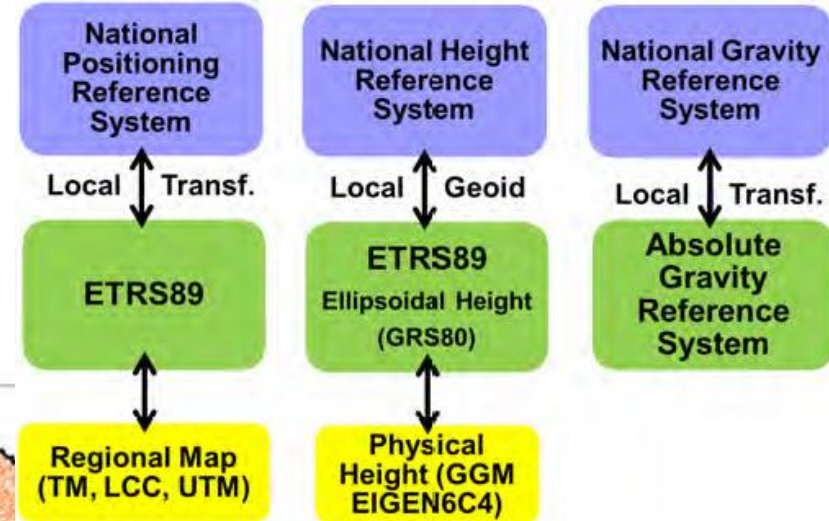
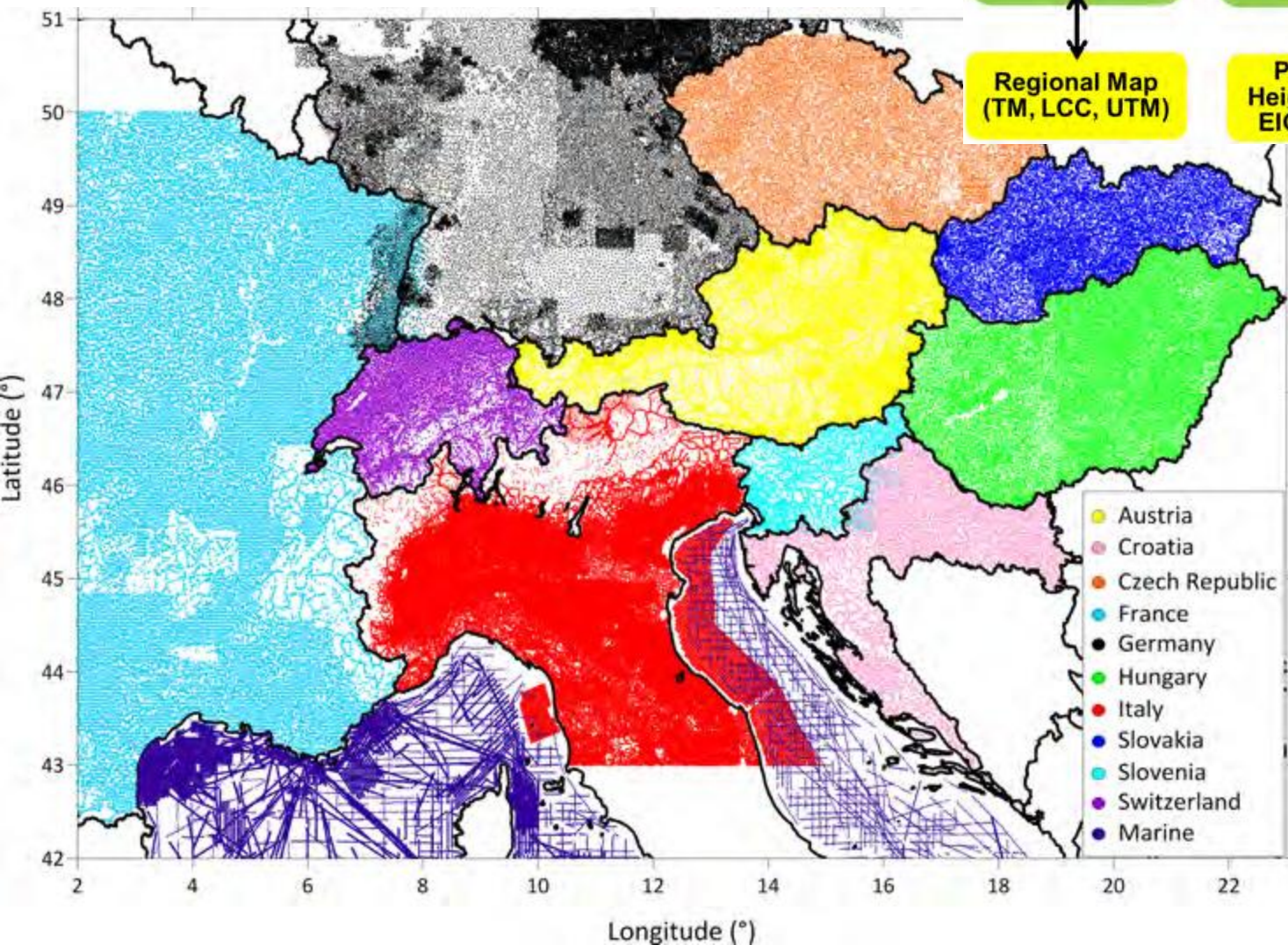
Nadmorské výšky v Európe – motivácia:



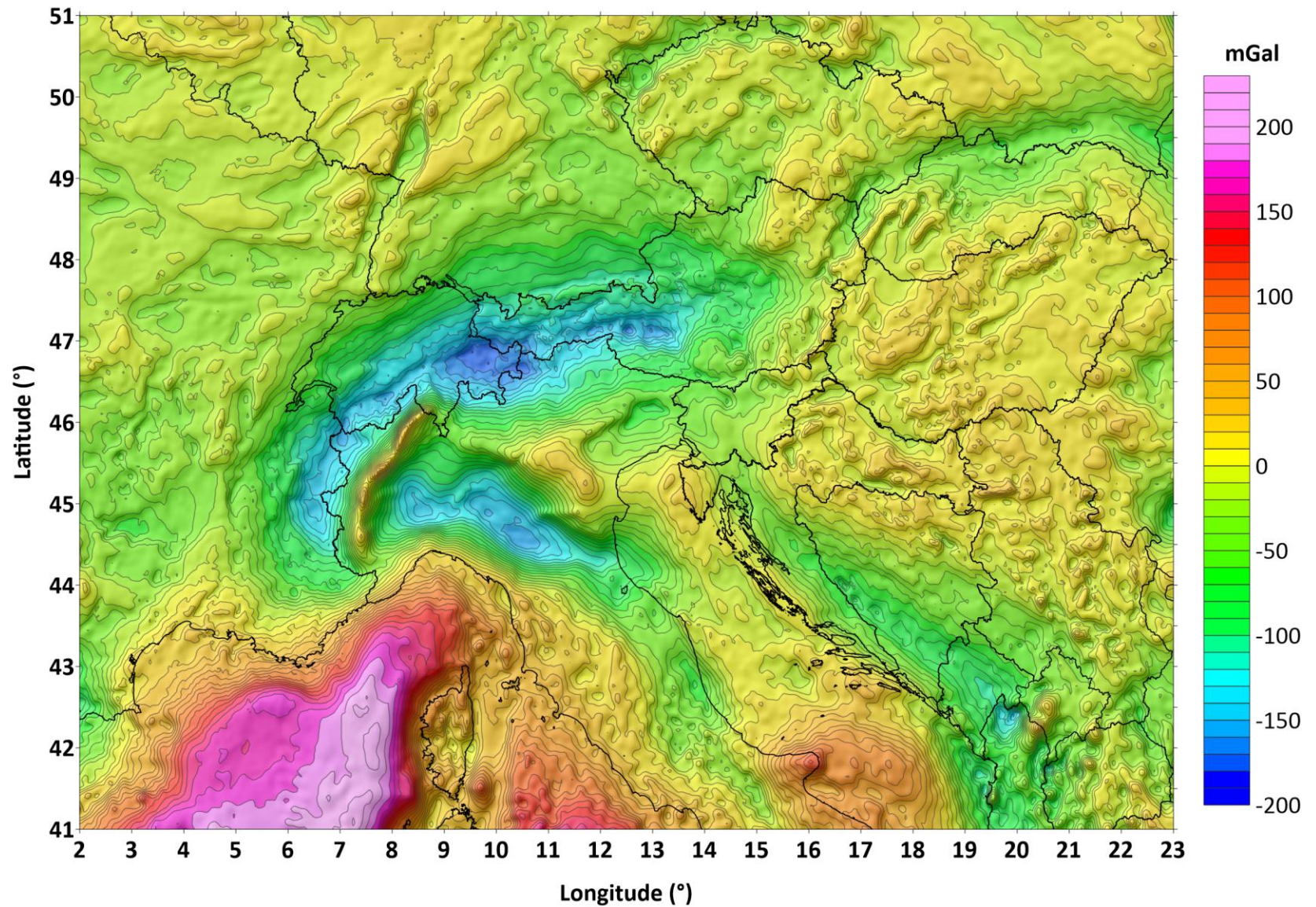
projekt European Alps Geoid



Projekt Alparray



Projekt Alparray

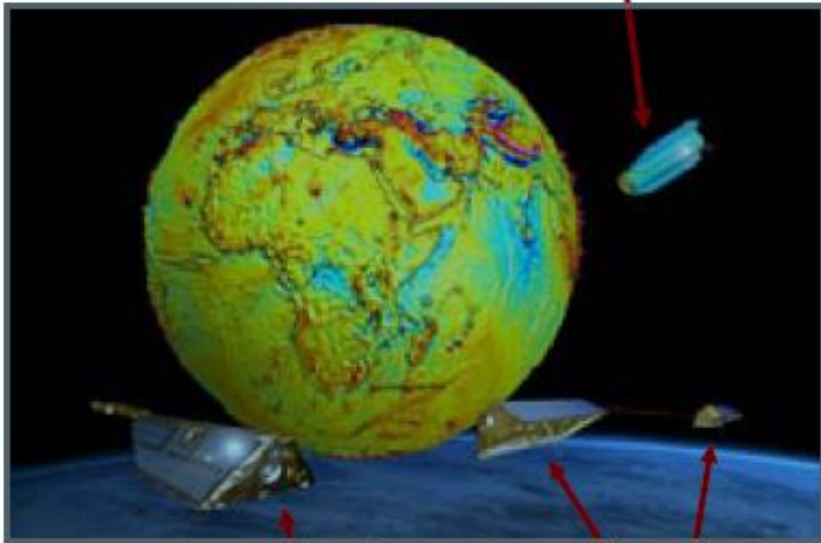


Globálne geopotenciálne modely

- kombinácia družicových a terestrických dát
- modely sú dostupné vo forme SH koeficientov => sférická harmonická syntéza

$$V(r, \theta, \lambda) = \frac{GM}{r} \left[1 + \sum_{n=2}^{N_{\max}} \left(\frac{a}{r} \right)^n \sum_{m=0}^n (\bar{C}_{nm} \cos m\lambda + \bar{S}_{nm} \sin m\lambda) \bar{P}_{nm}(\cos \theta) \right]$$

GOCE

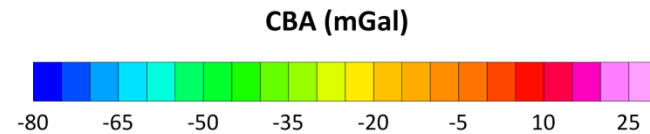
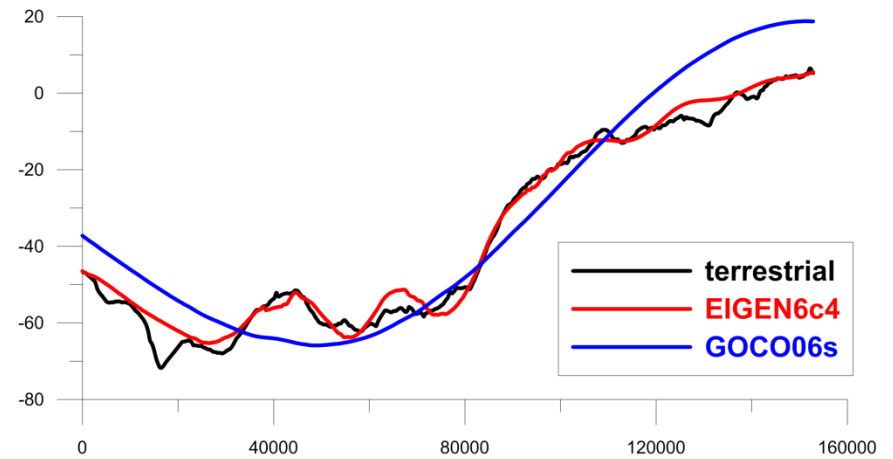
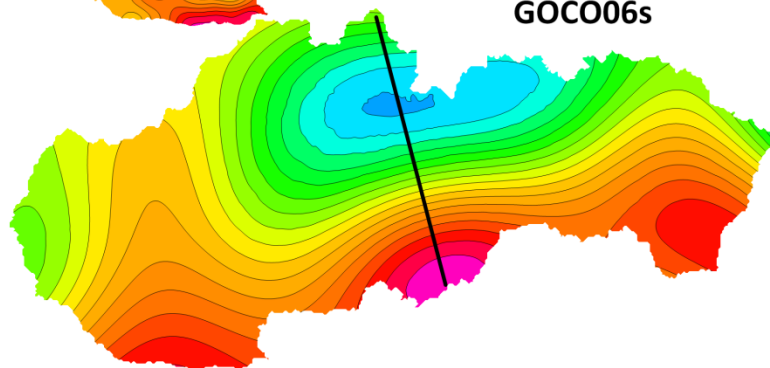
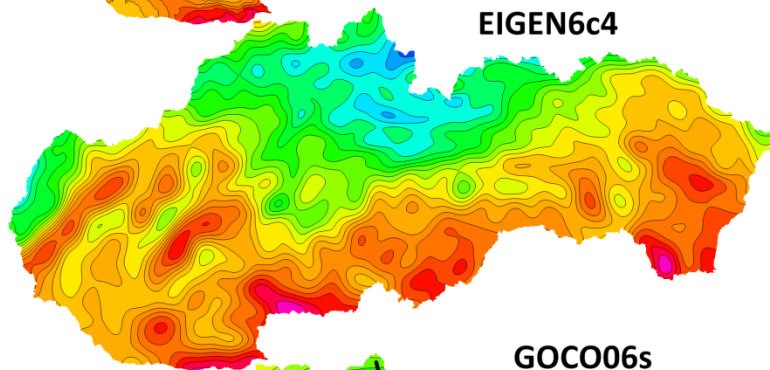
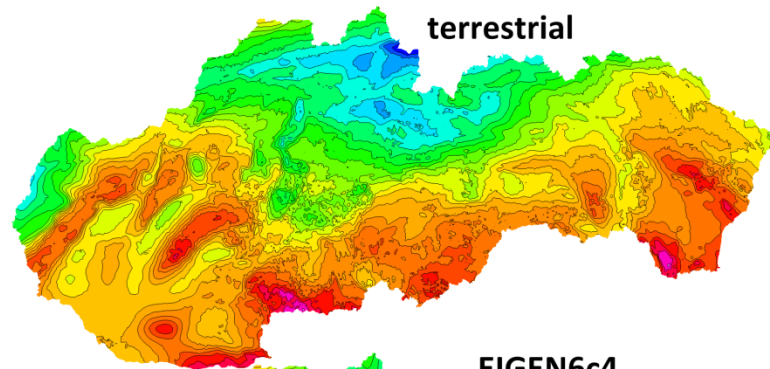


CHAMP

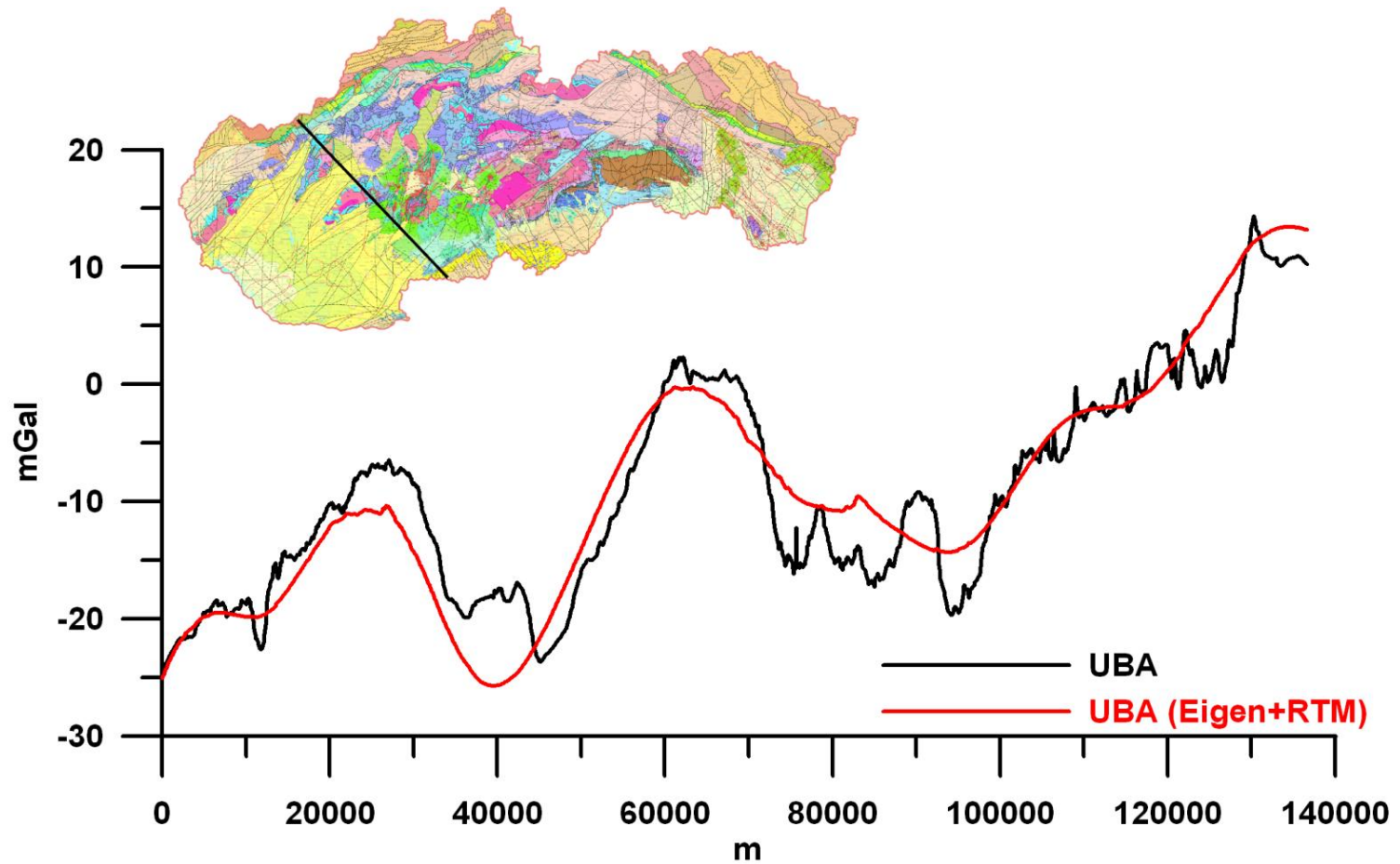
GRACE



Globálne geopotenciálne modely

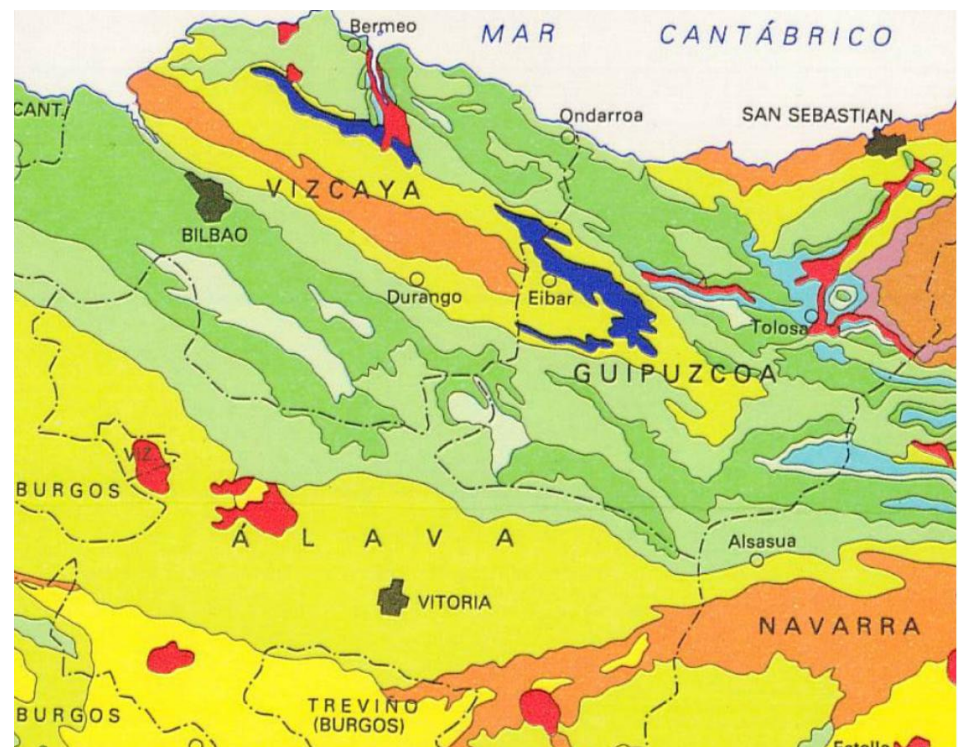


Globálne geopotenciálne modely (GGM)



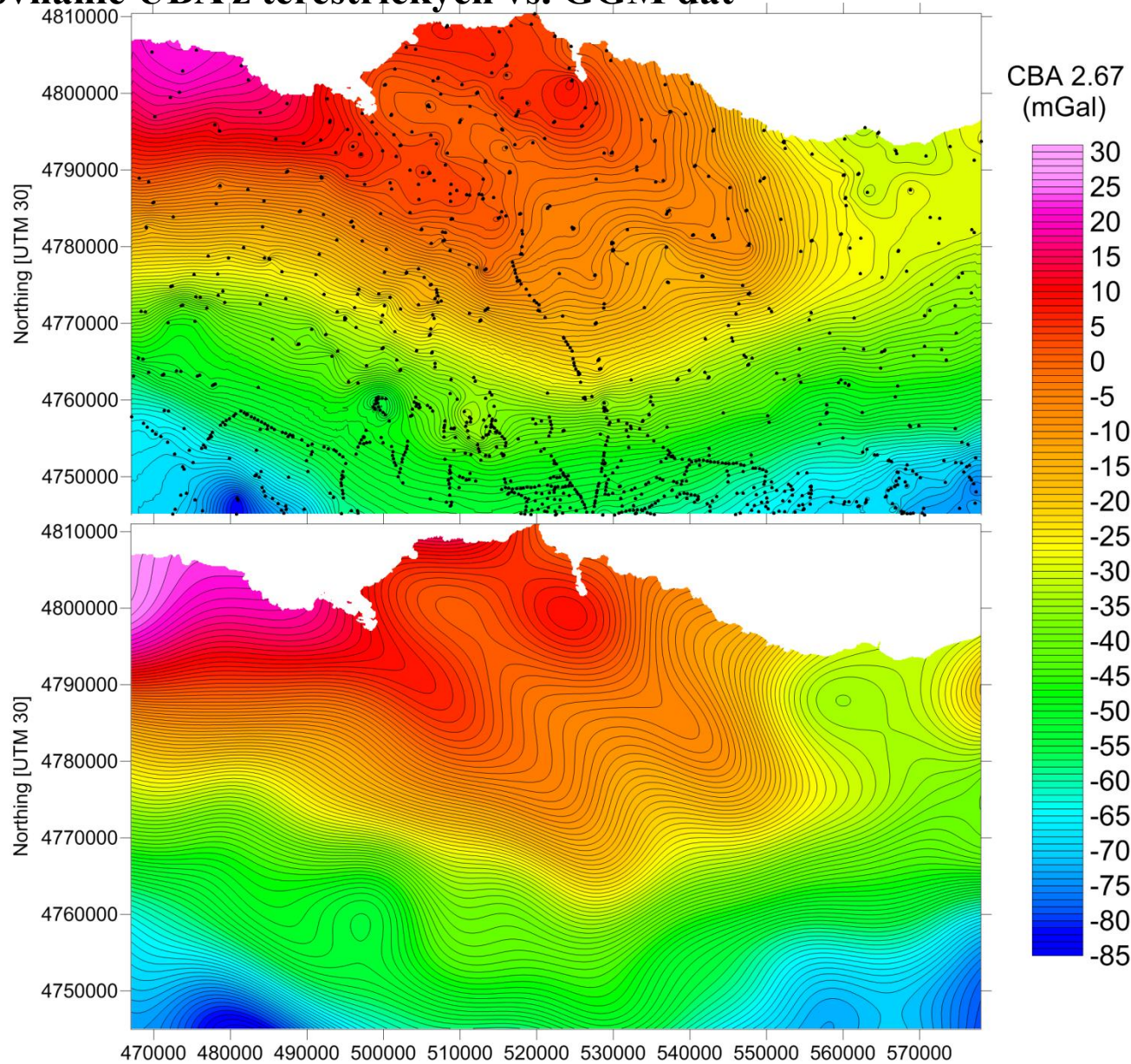
Využitie GGM v geofyzike a geológii

- riešenie štruktúrnej stavby Bilbao – antiklinória na základe gravimetrie z GGM
- nedostatok kvalitných terestrických gravimetrických dát



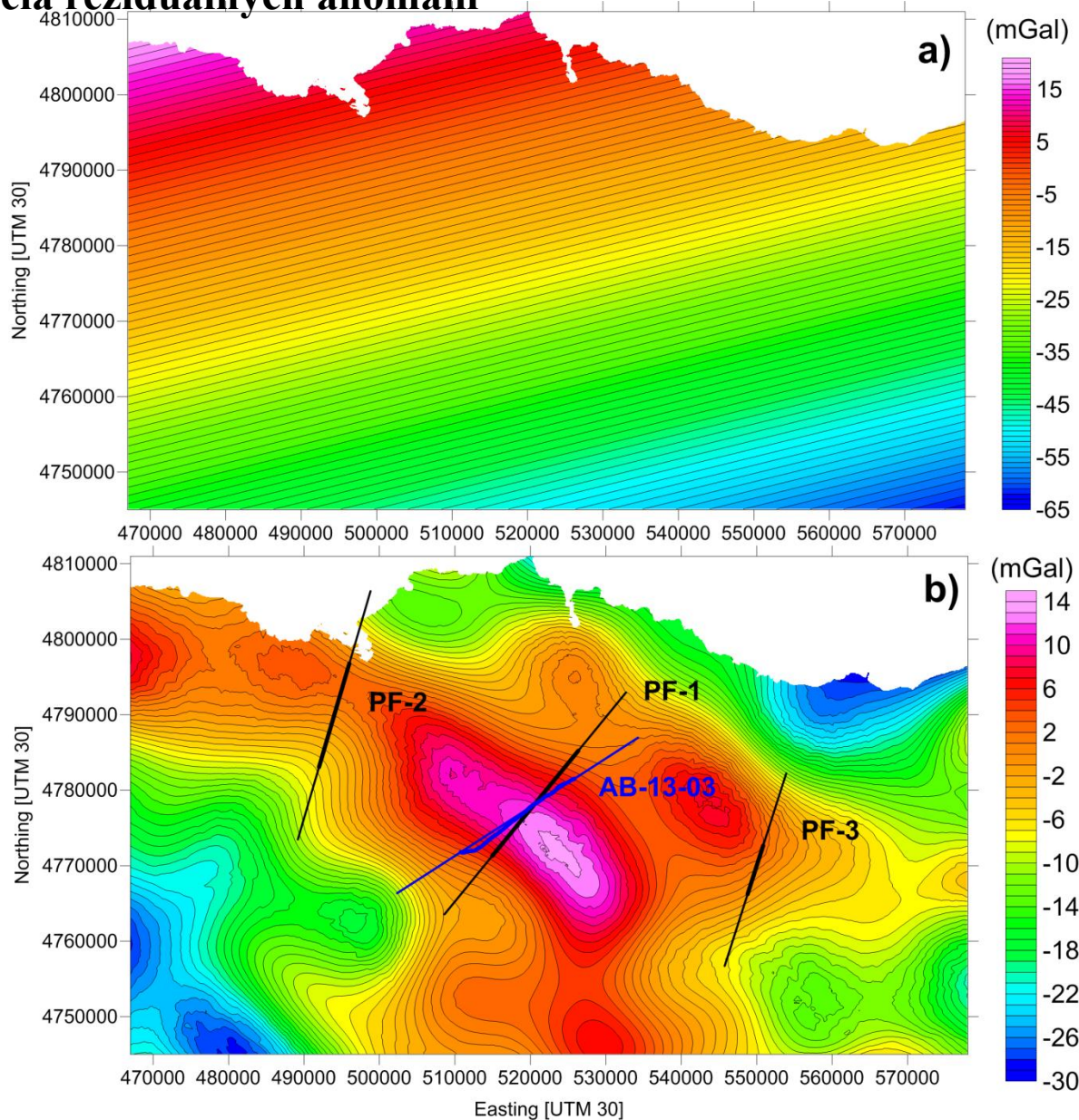
Využitie GGM v geofyzike a geológii

- porovnanie ÚBA z terestrických vs. GGM dát



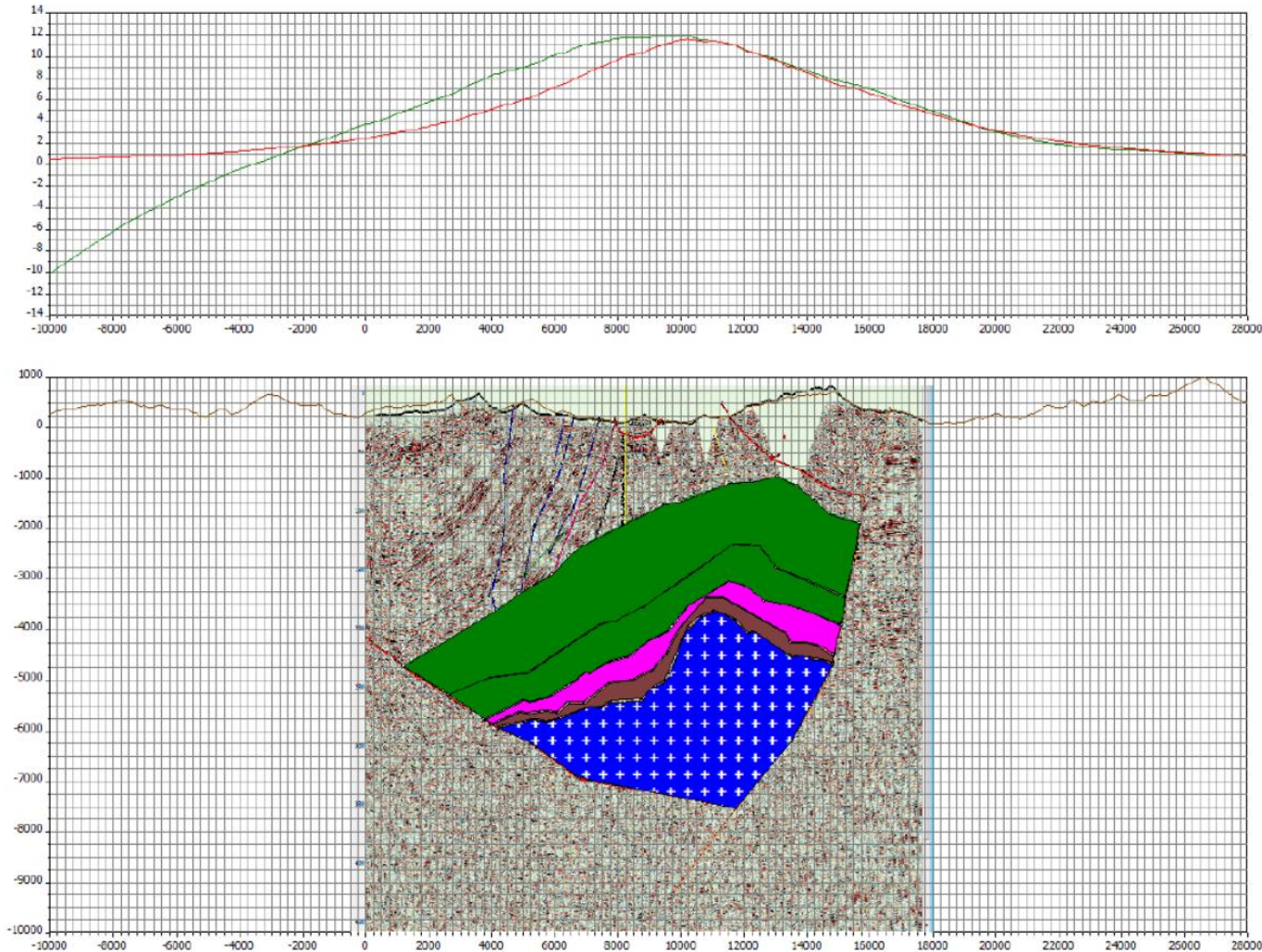
Využitie GGM v geofyzike a geológii

- separácia reziduálnych anomálií



Využitie GGM v geofyzike a geológii

- spoločná interpretácia (gravimetria, seizmika, magnetometria) prinesie nový pohľad na štruktúrnú stavbu Bilbao – antiklinória z pohľadu výskytu uhl'ovodíkov

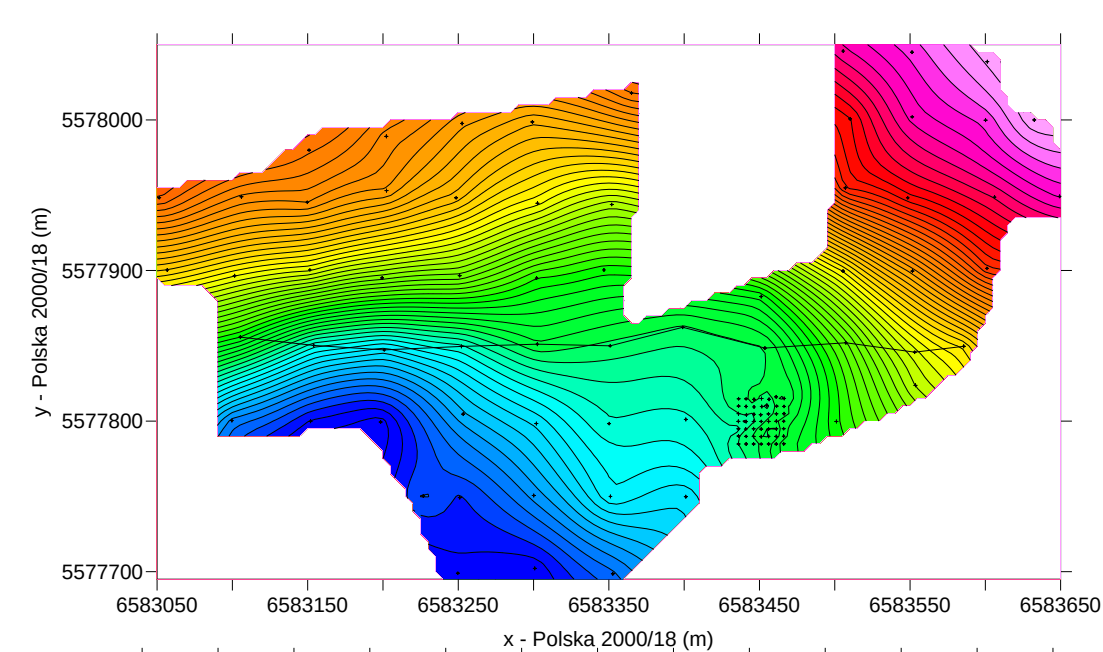


Mikuška et al. (2017)

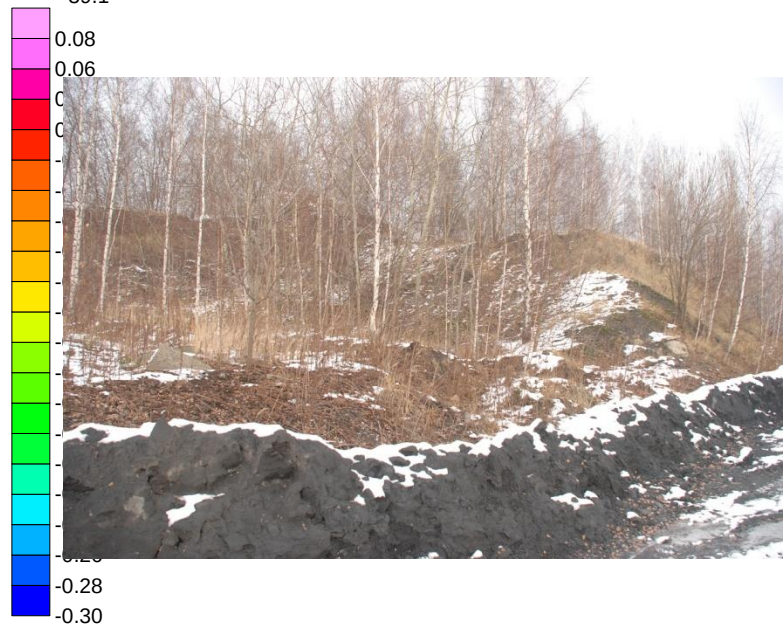
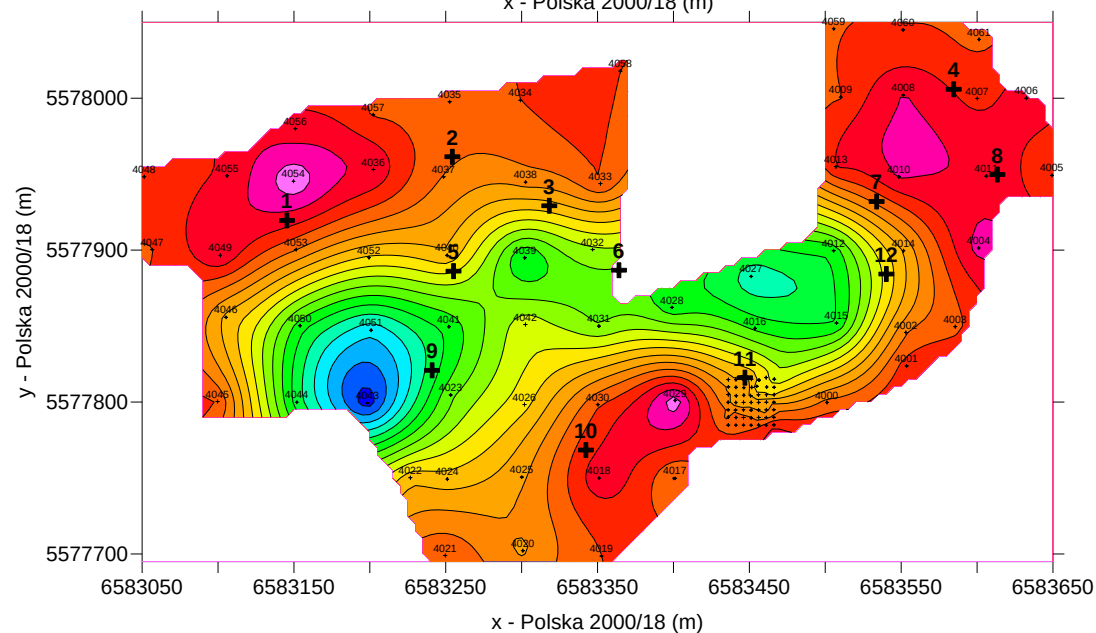
Gravimetrické merania v aplikovanej geofyzike

- škály prieskumu – od regionálnych cez lokálne detailné až po mikrogravimetriu
- regionálne štúdie: geologická (štruktúrno – tektonická) stavba blokov zemskej kôry do väčšej hĺbky, geotermálne štúdie, prieskum ložísk uhl'ovodíkov... v súčasnosti - integrované modelovanie
- lokálne štúdie: napr. súčasť IG prieskumu, enviro prieskum
- mikrogravimetria: vyhľadávanie dutín rôzneho pôvodu, prirodzené (jaskyne), antropogénne (krypty, staré banské diela, pivnice a pod.) – archeológia, enviro prieskum

Lokálne gravimetrické štúdie – environmentálny prieskum

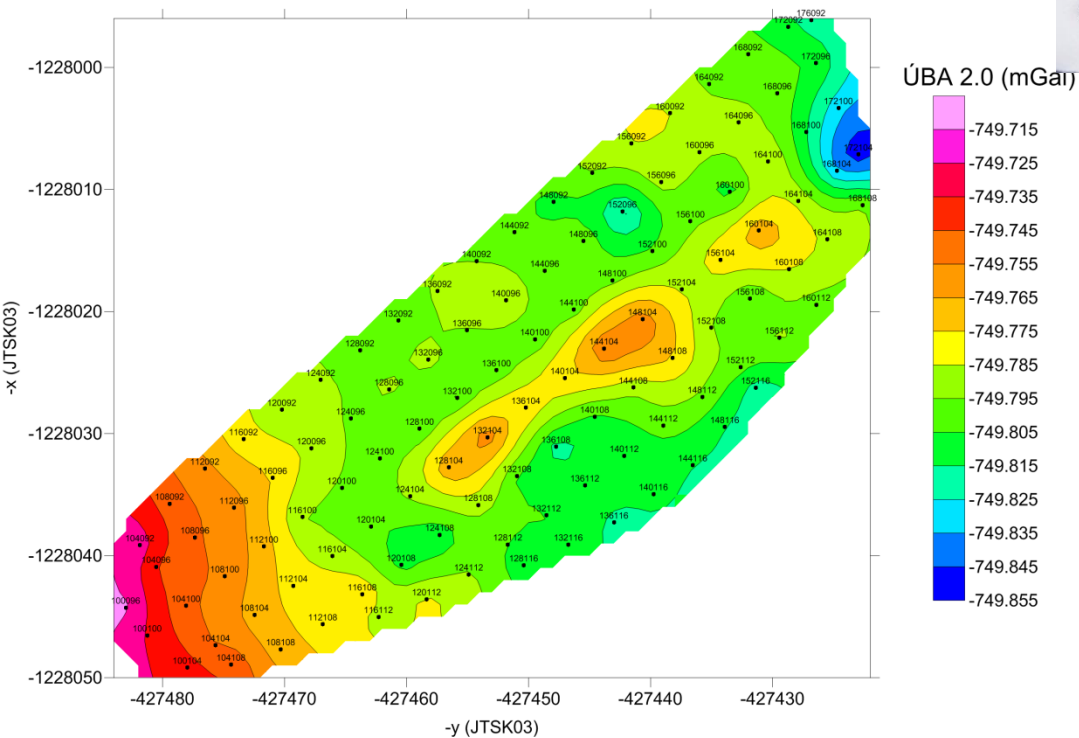


Halda Jadwiga - Katowice



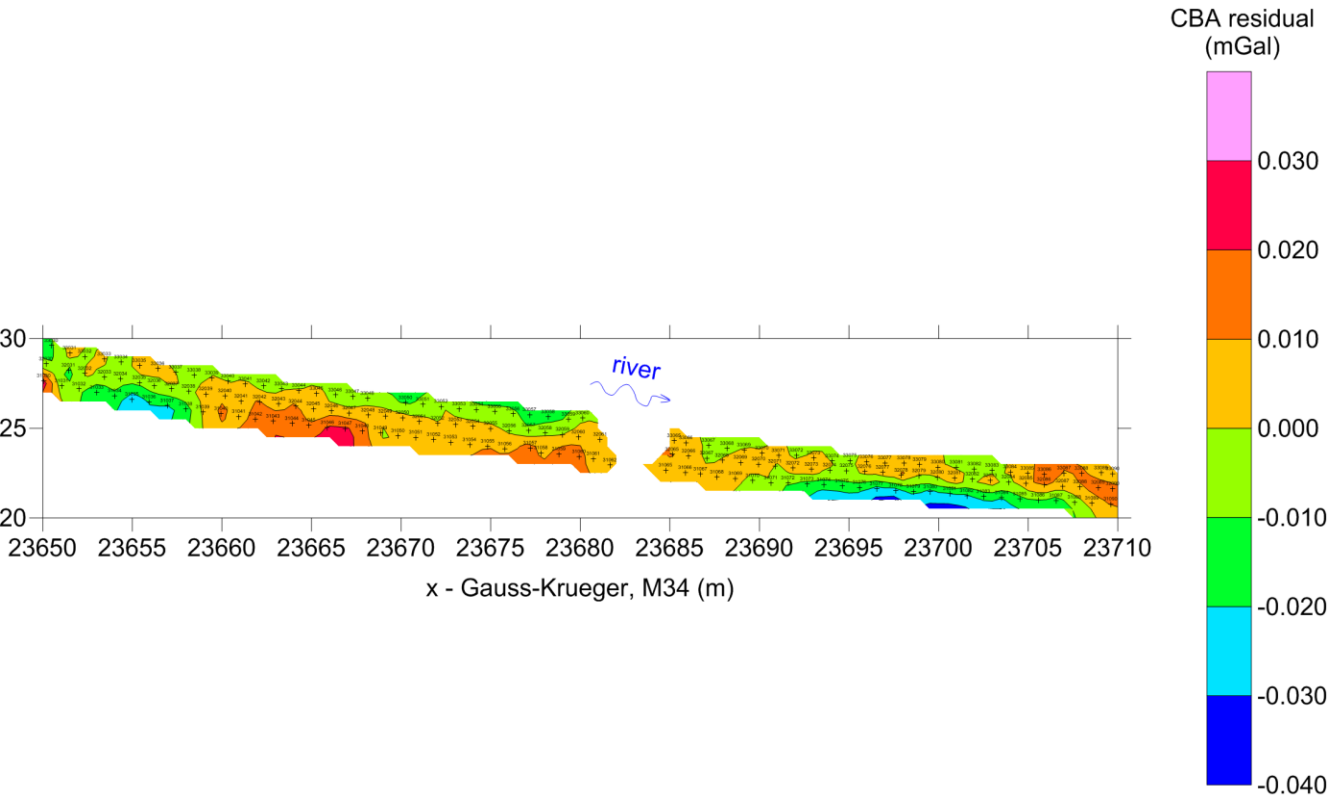
Mikrogravimetrické štúdie v environmentálnom prieskume

Prepadnuté dno akumuláčnej nádrže Lyžiarske stredisko Králiky



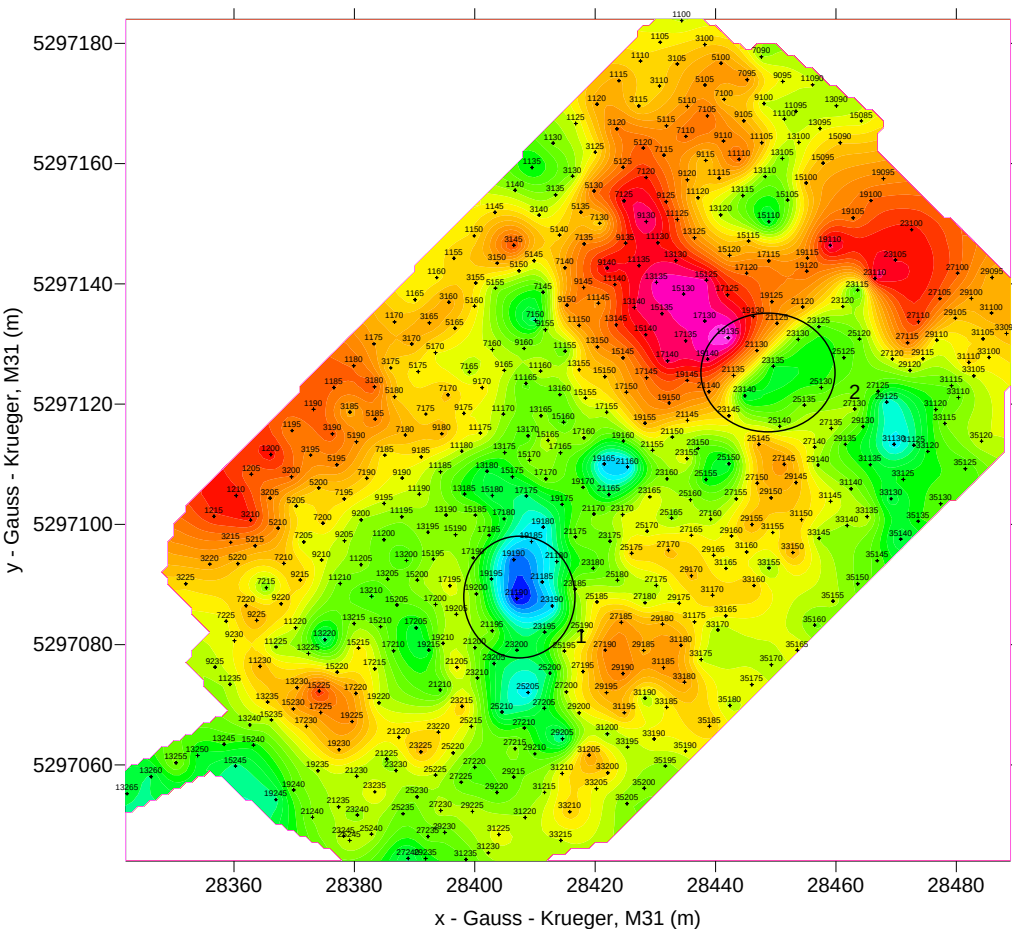
Mikrogravimetrické štúdie v environmentálnom prieskume

Bobrie nory v hrádzach riečky Rußbach - Rakúsko



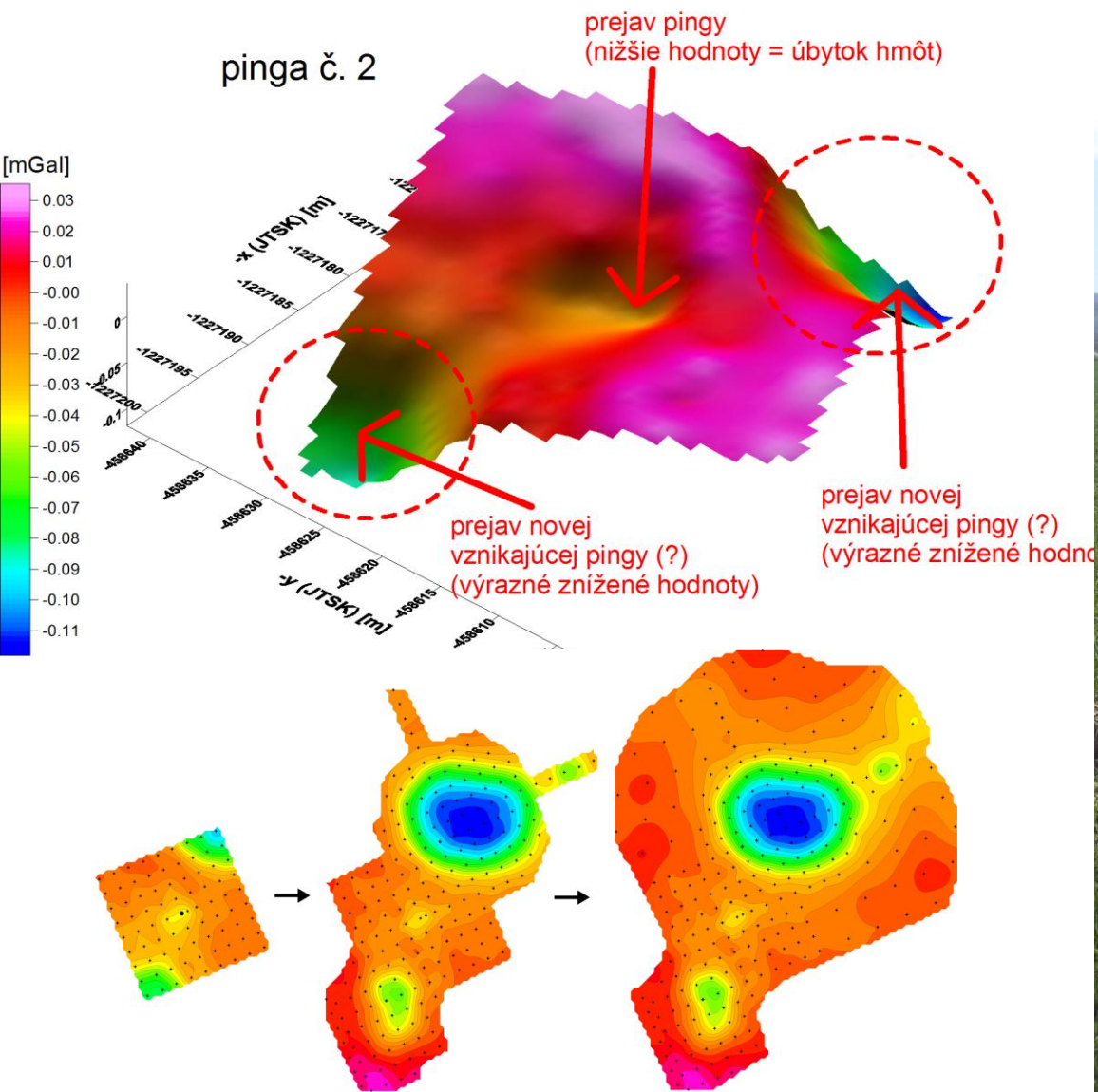
Mikrogravimetrické štúdie v environmentálnom prieskume

Lyžiarske stredisko Feuerkogel - Rakúsko

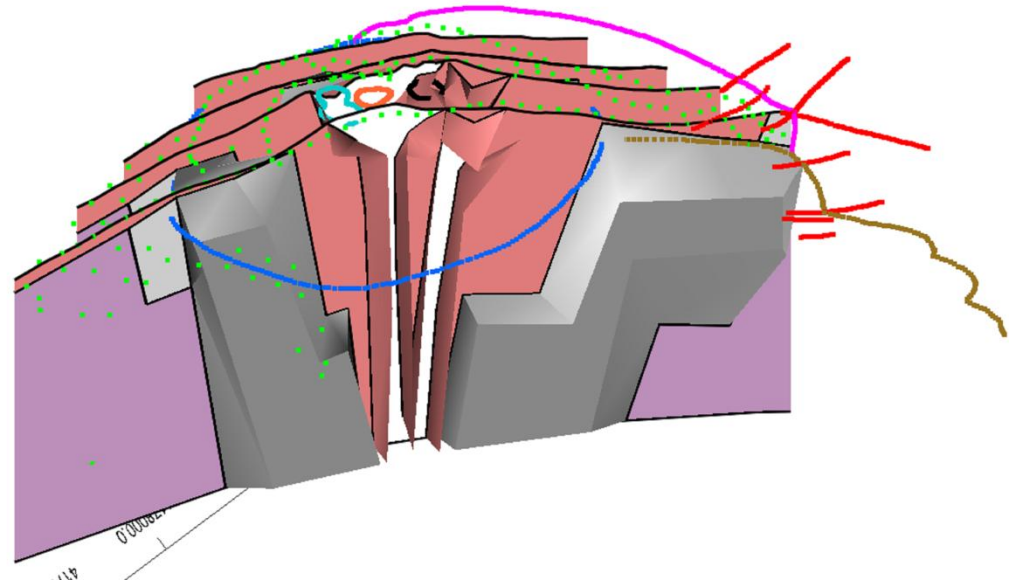
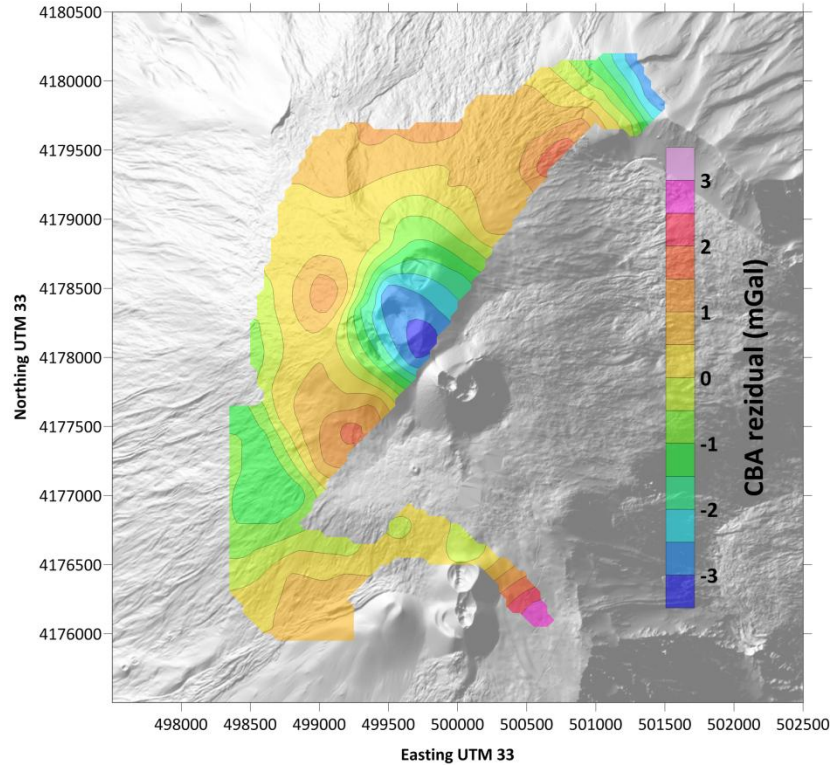


Mikrogravimetrické štúdie v environmentálnom prieskume

Oblasť bývalej ťažby uhlia v Hornonitrianskej kotline



Sopečná gravimetria



Sopečná gravimetria



Sopečná gravimetria



Sopečná gravimetria



Sopečná gravimetria



Sopečná gravimetria



„Špeciálne“ gravimetrické štúdie - miesta s „opačnou gravitáciou“

Moravská Třebová



„Špeciálne“ gravimetrické štúdie - miesta s „opačnou gravitáciou“

Moravská Třebová



„Špeciálne“ gravimetrické štúdie - miesta s „opačnou gravitáciou“

Moravská Třebová



„Špeciálne“ gravimetrické štúdie - miesta s „opačnou gravitáciou“

Lačnov



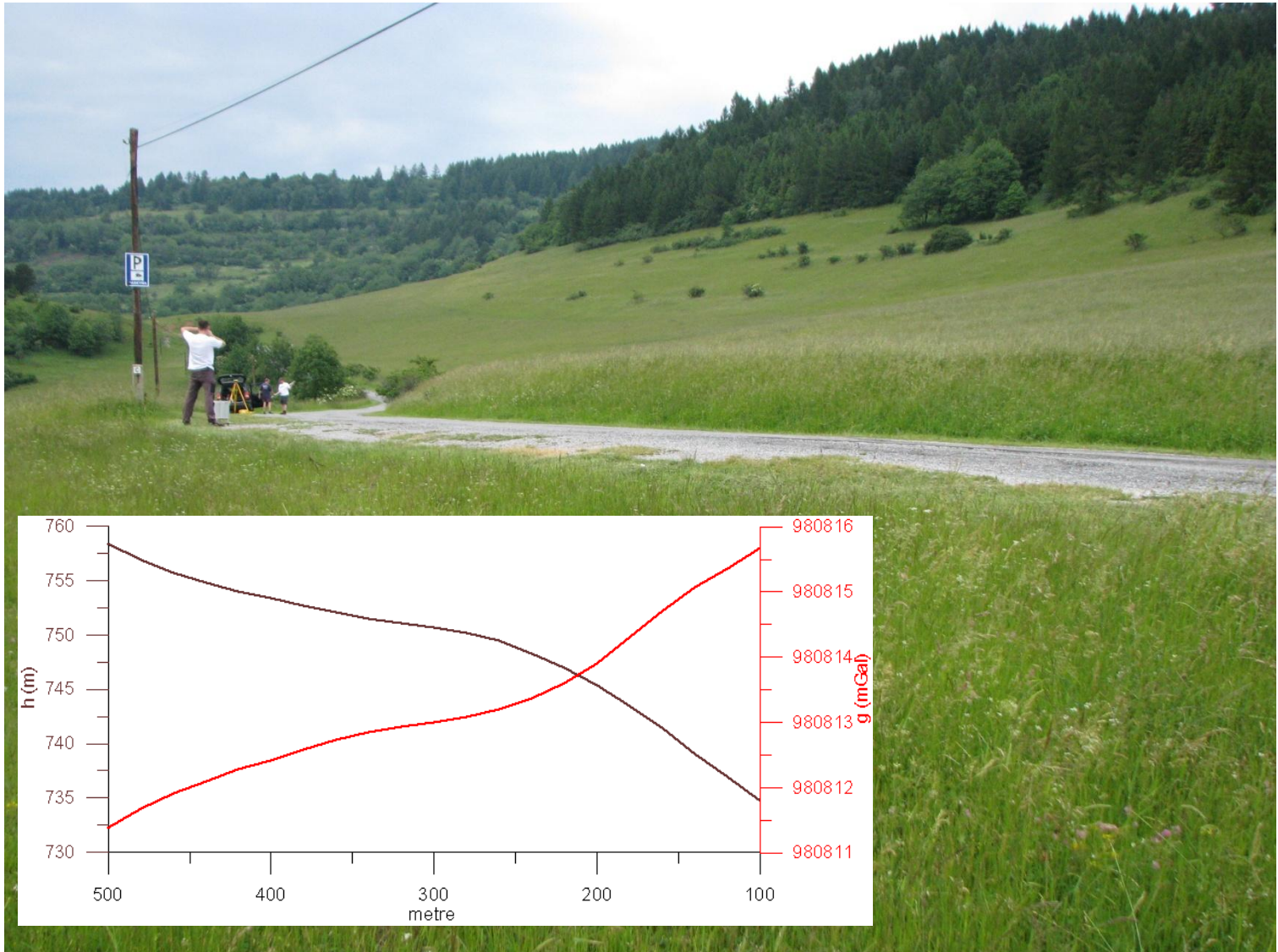
„Špeciálne“ gravimetrické štúdie - miesta s „opačnou gravitáciou“

Lačnov



„Špeciálne“ gravimetrické štúdie - miesta s „opačnou gravitáciou“

Lačnov



Spoluautori použitých materiálov:

Juraj Papčo (SvF STU)

Roman Pašteka (PriF UK)

Peter Vajda (GFO ÚVZ SAV)

Ján Mikuška (G-trend, s.r.o.)

Ďakujem za pozornosť!