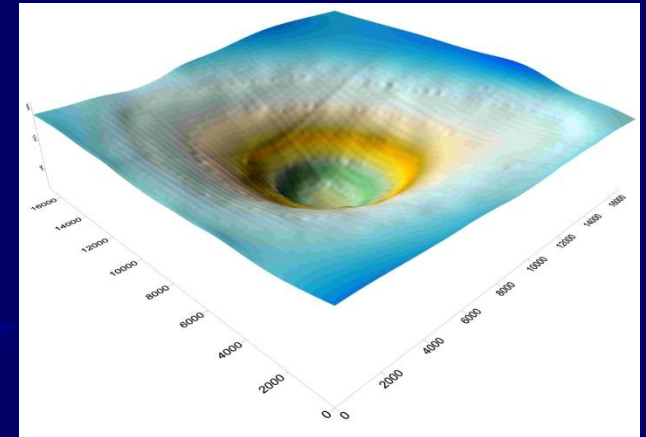
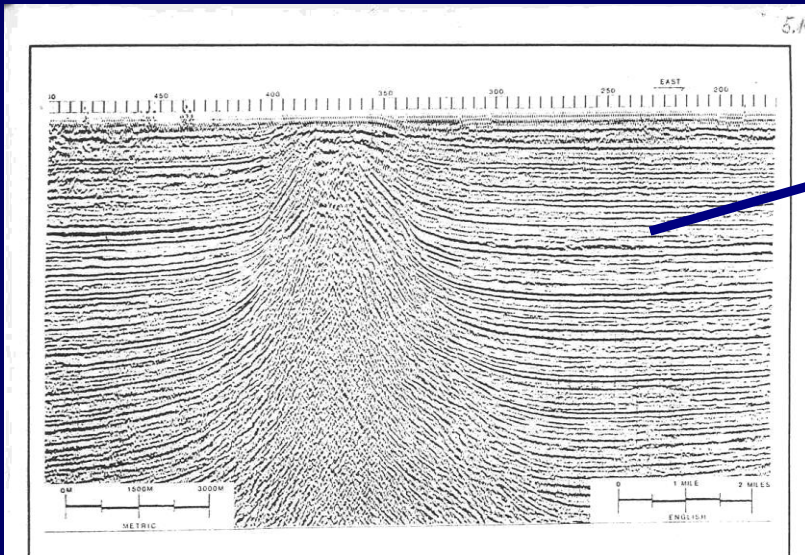


využitie gravimetrie –

- v regionálnej geológii
- v ropnom prieskume
- detekcia dutín (inžiniersky, environmentálny prieskum, archeológia)
- atď'. (hustotné nehomogenity)



PRÍKLADY POUŽITIA MIKROGRAVIMETRIE – DETEKCIA DUTÍN

archeologické aplikácie

- *prieskum Cheopsovej pramídy*
- *kostol Sv. Václava, Tovačov, Česká republika*
- *Dóm Sv. Mikuláša, Trnava*
- *veľká terasa, Oravský hrad*

inžinierske aplikácie

- *kanalizačný zberač Gagarinova ul.*
- *prejavy plytkých krasových útvarov, Švajčiarsko*
- *Porýnie (Nemecko) – prejavy banského diela*

Microgravity probes the Great Pyramid

By JACQUES LAKHMANAN
Compagnie de Prospection Géophysique Française
Paris, France
and JACQUES MONTLUCON
Electricité de France
Paris, France

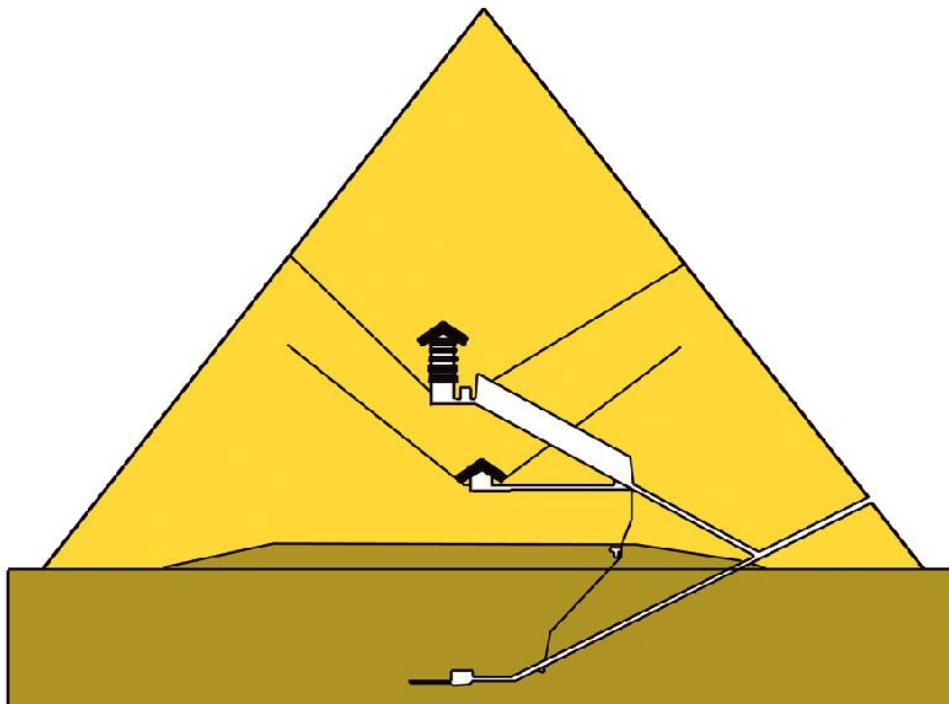


CHEOPSOVA PYRAMÍDA V GIZE

výsledky francúzskeho projektu z konca osemdesiatych rokov 20. storočia – použitie mikrogravimetrie

Gravimetria – prieskum Cheopsovej pyramídy

využitie veľmi presného merania tiažového zrýchlenia Zeme za účelom detekcie neznámych dutín - príklad: Cheopsova pyramída v Egypte

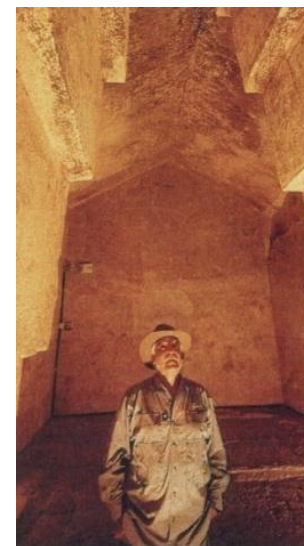


Grafik: Stefan Eggers - www.pyramidenbau.info

štruktúra pyramídy:
spodná komora,
stredná („královnina“) komora
a horná („kráľovská“) komora
veľká galéria

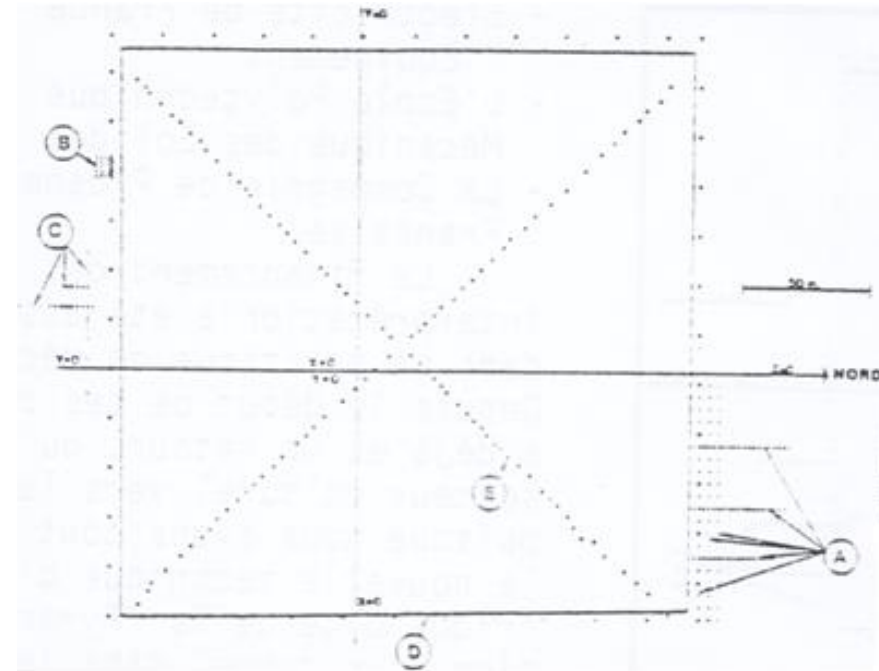
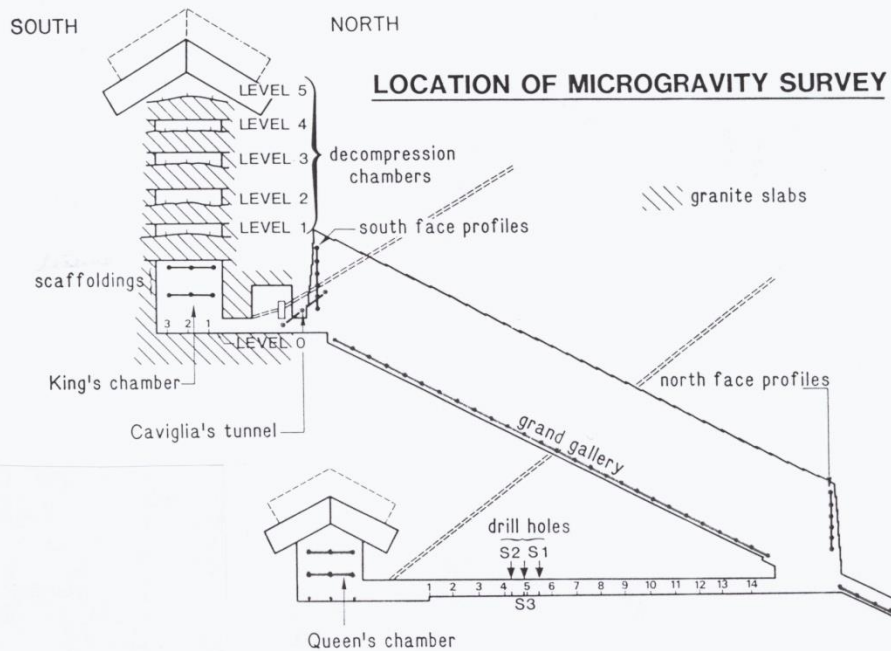
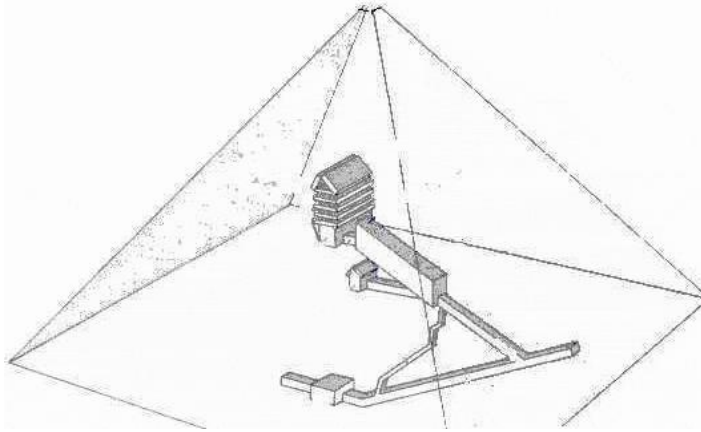


veľká galéria



**„kráľovská“
komnata**

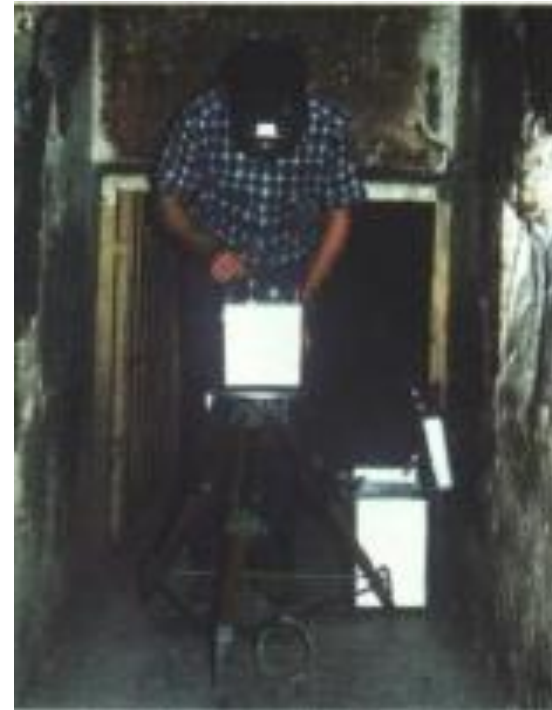
Gravimetria – prieskum Cheopsovej pyramídy



polohy bodov merania

Gravimetria – prieskum Cheopsovej pyramídy

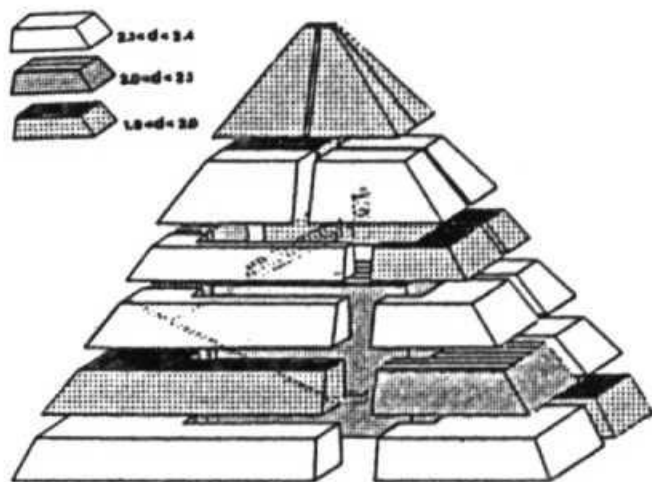
využitie veľmi presného merania tiažového zrýchlenia Zeme za účelom detekcie neznámych dutín - príklad: Cheopsova pyramída v Egypte



**samotné meranie (realizované v noci)
použitý prístroj: LaCoste & Romberg gravimeter**

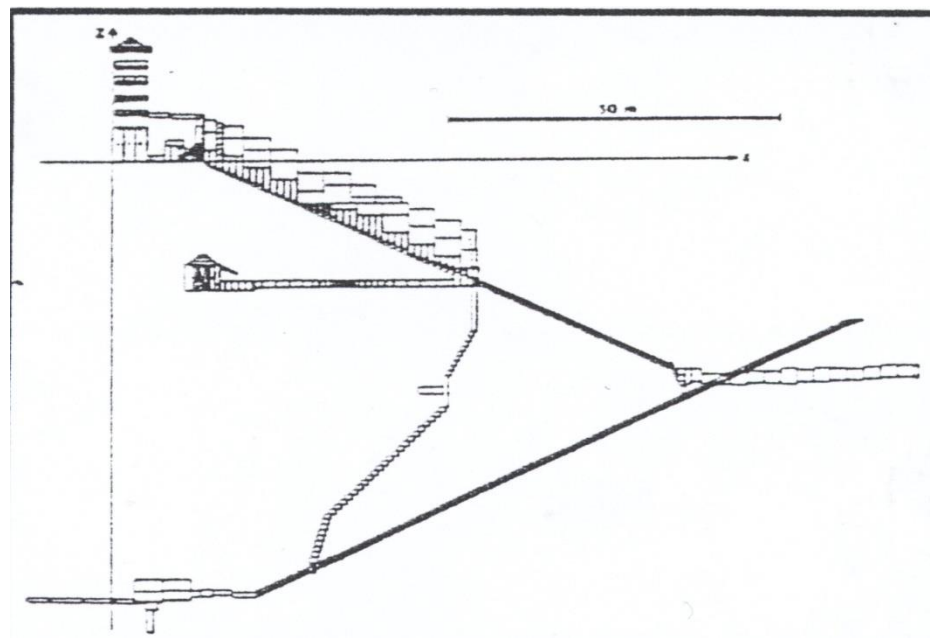
Gravimetria – prieskum Cheopsovej pyramídy

spracovanie nameraných dát –
– odstránenie gravitačných
účinkov známych štruktúr



Densities of the large block structure of the Cheops Pyramid.

model hustotného „rozvrstvenia“
pyramídy
(určený z meraní na povrchu)

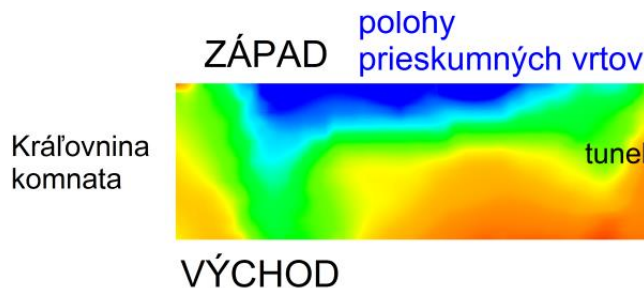
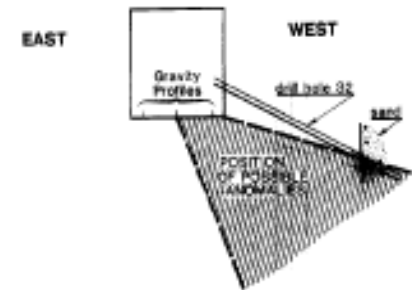
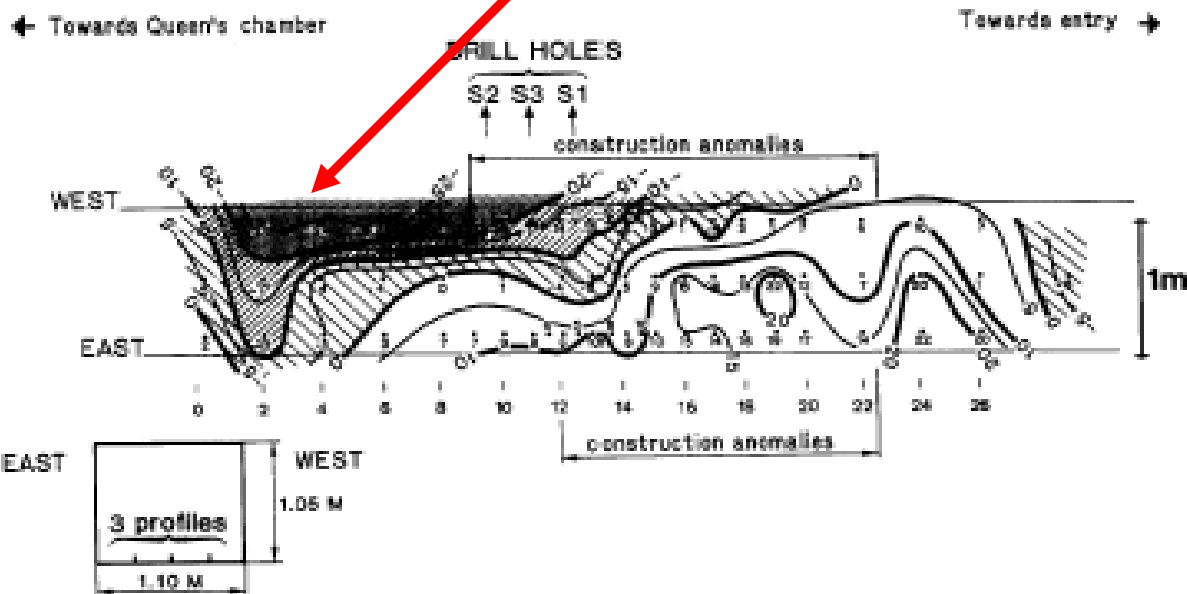


známe dutiny – ich príspevok
bol počítačovo modelovaný
a odstránený z nameraných
údajov

Gravimetria – prieskum Cheopsovej pyramídy

hlavný výsledok:

zistenie dominantnej negatívnej anomálie v západnej časti prístupovej chodby do „kráľovninej“ pohrebnej komory



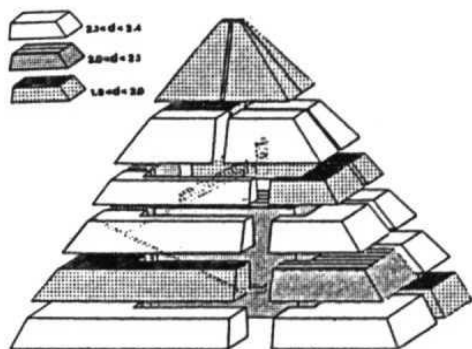
**3 vrty dosiahli po 2.1 m dutinu vyplnenú pieskom (?),
(modelovaný objem - až 40 m³)**

Gravimetria – prieskum Cheopsovej pyramídy

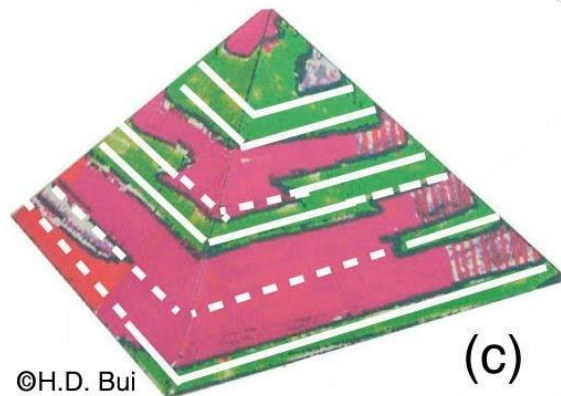
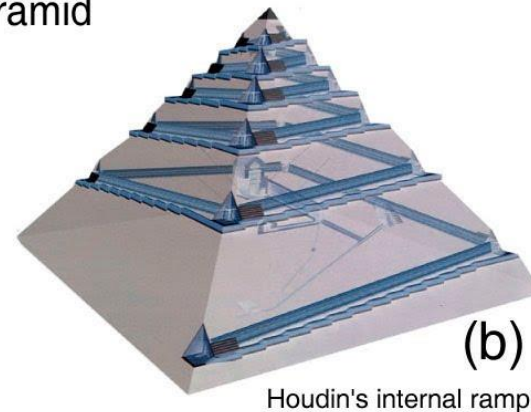
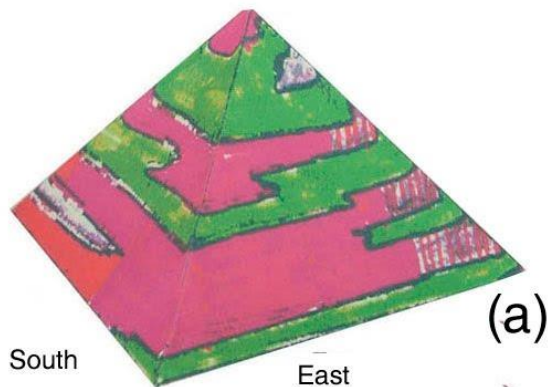
možná interpretácia:

zvyšok pieskovej rampy?

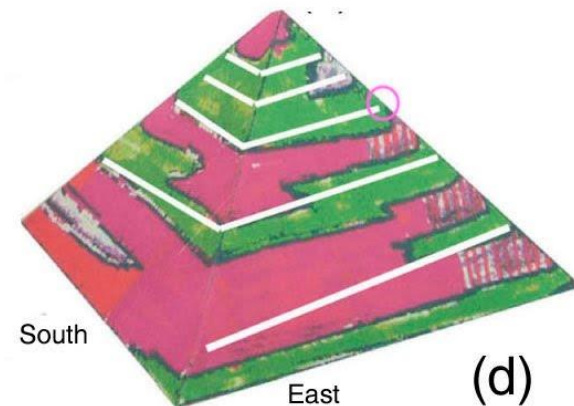
Density imaging of the Cheops pyramid



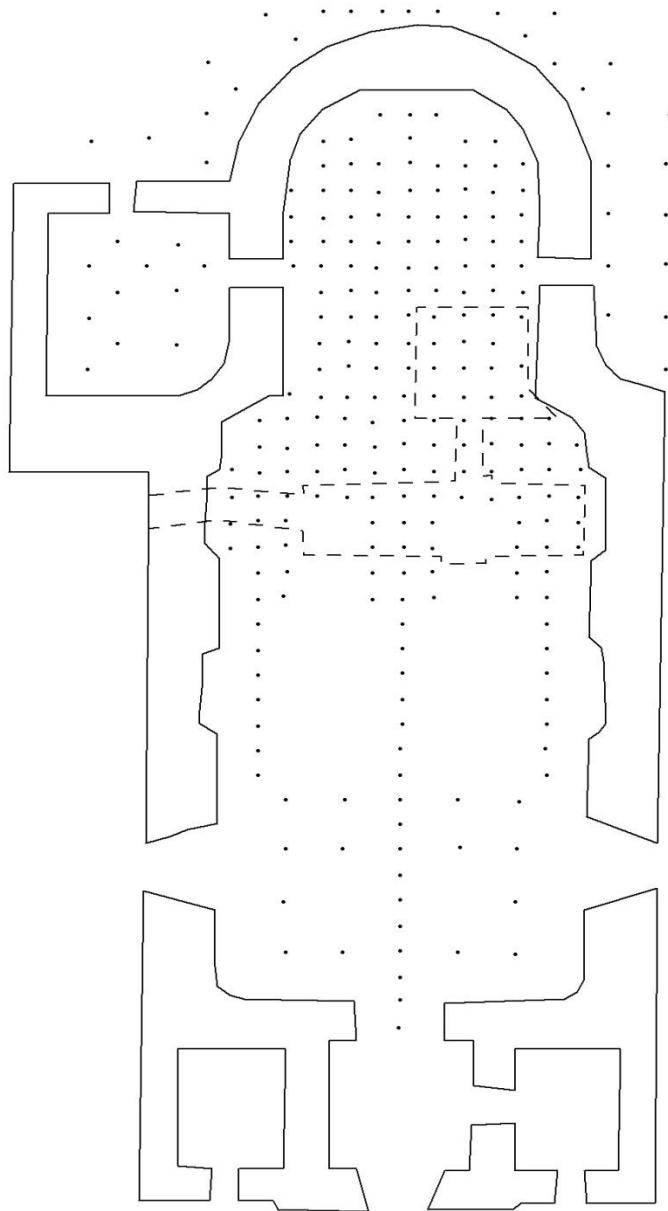
Densities of the large block structure of the Cheops Pyramid.



©H.D. Bui



výsledky mikrogravimetrického prieskumu kostola Sv. Václava v Tovačove (Bližkovský 1976, 1979)



860

M. BLÍŽKOVSKÝ

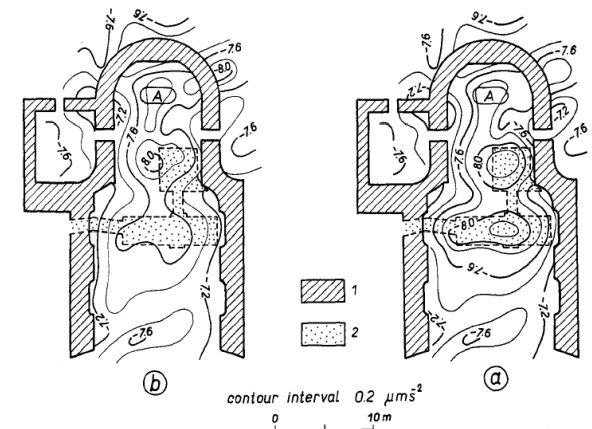
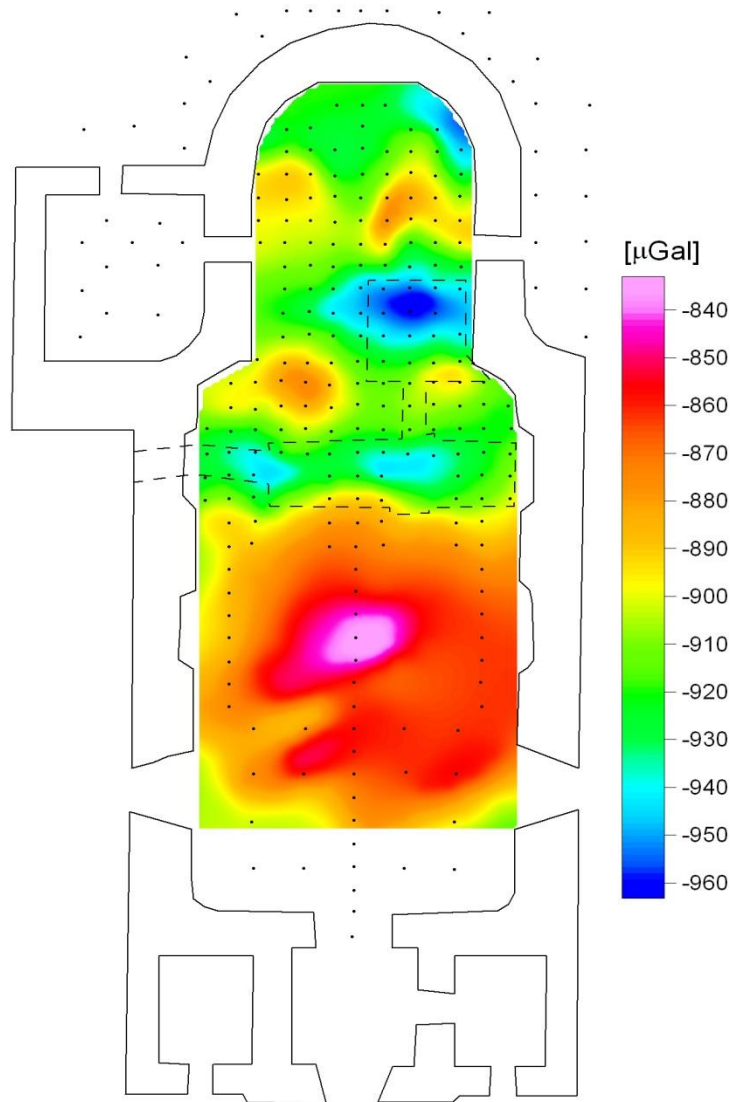


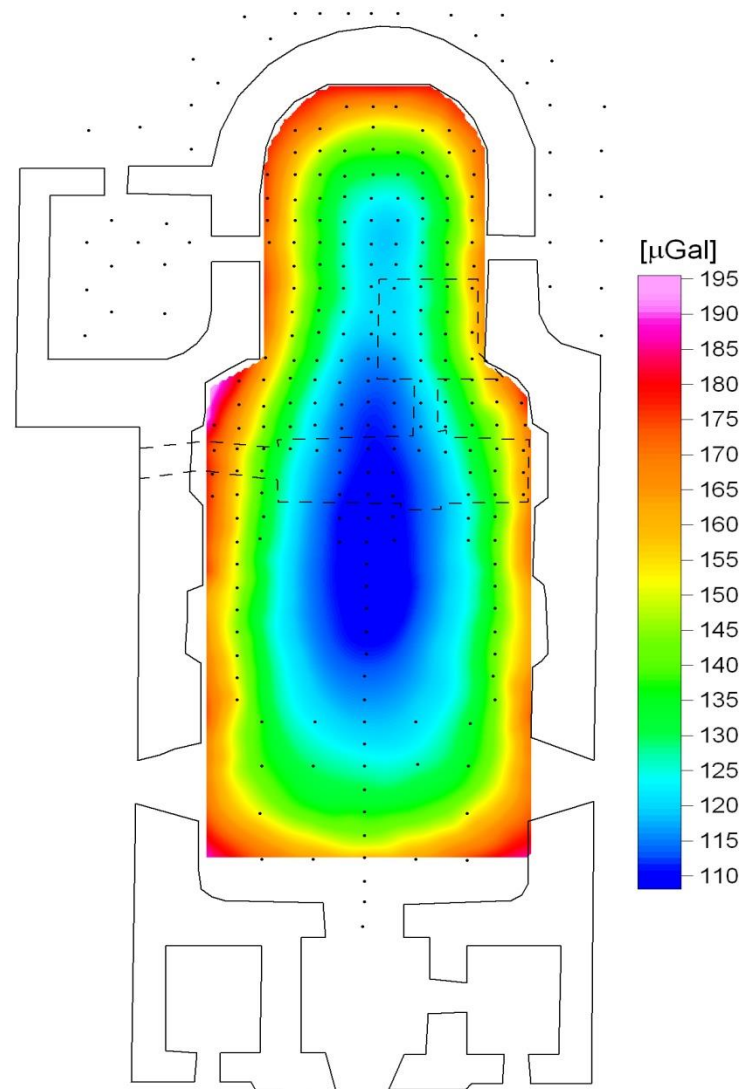
Fig. 10. Maps of Bouguer anomalies in the St. Venceslas church Tovačov. a) map corrected for gravity effect of walls, b) map corrected for gravity effects of walls and crypts.

- mikrogravimetria v sieti 1 x 1 m
a 2 x 2 m, spolu 262 bodov
- stredná kvadratická chyba meraného
ťažového zrýchlenia = 0.011 mGal
- interpretované anomálie s
amplitúdou 0.06 mGal = 60 μGal

výsledky mikrogravimetrického prieskumu kostola Sv. Václava v Tovačove (Bližkovský 1976, 1979)

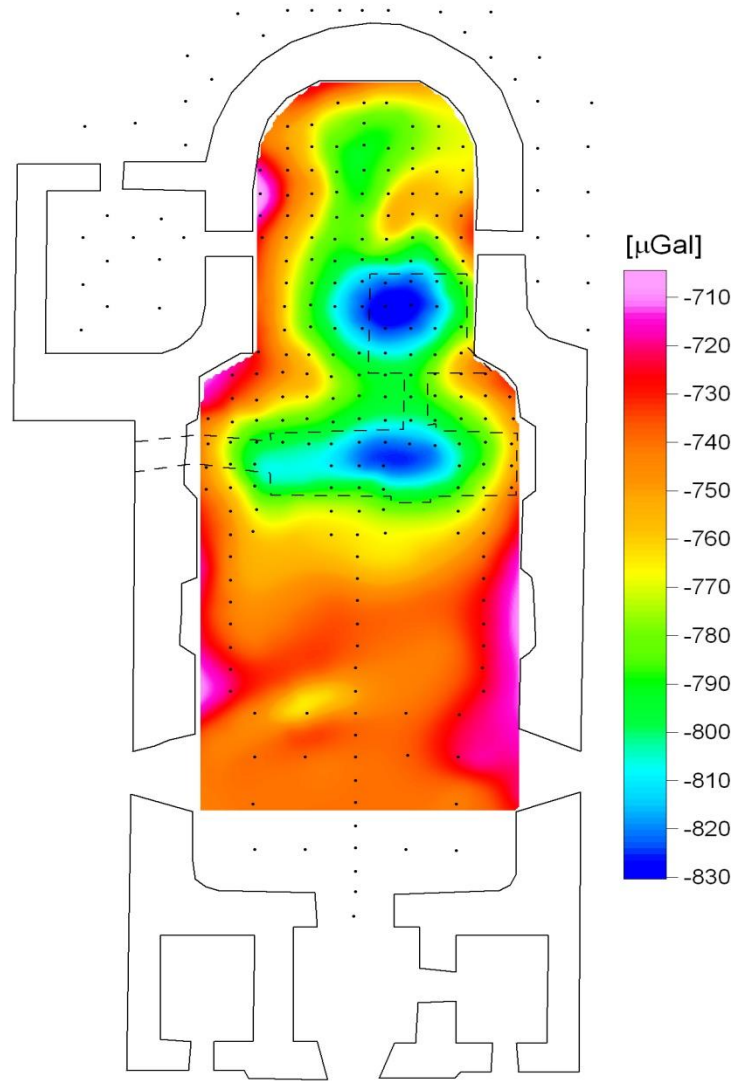


neúplná Bouguerova anomália
(bez topokorekcií a opráv na účinky múrov)

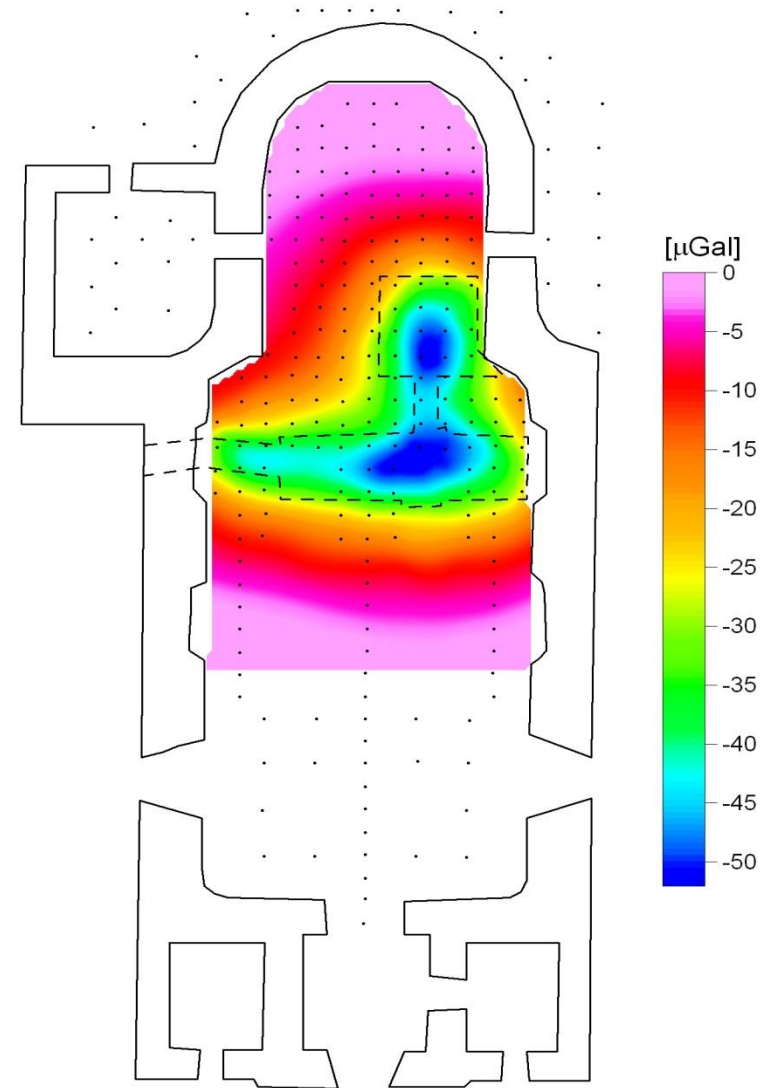


gravitačný účinok múrov

výsledky mikrogravimetrického prieskumu kostola Sv. Václava v Tovačove (Bližkovský 1976, 1979)

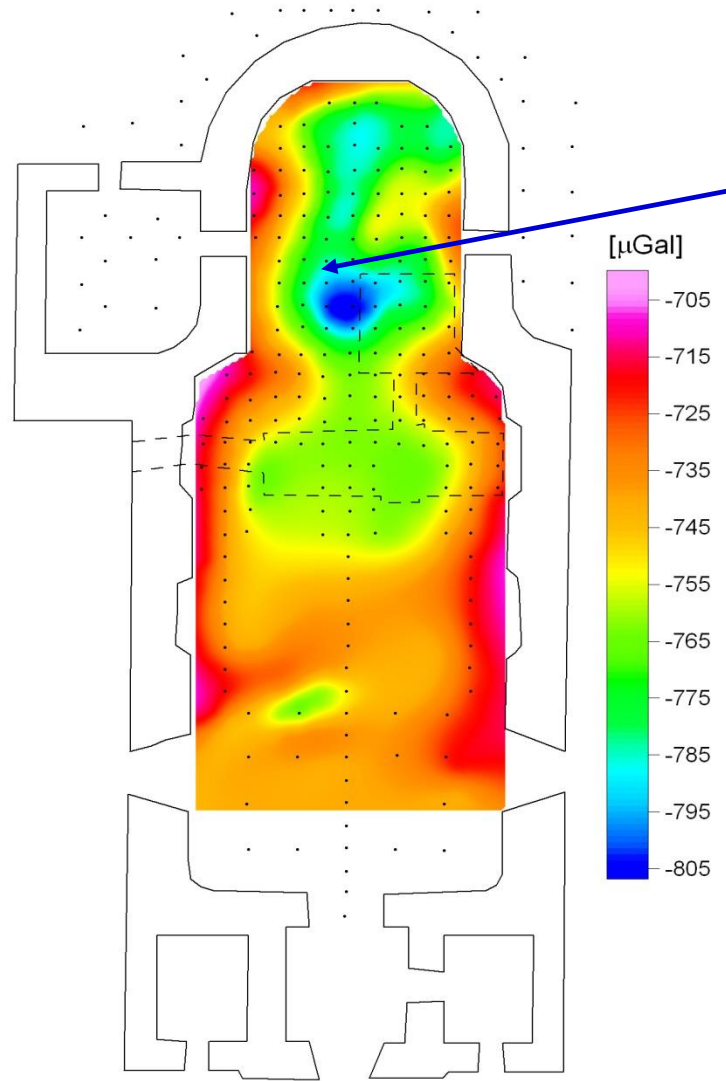


úplná Bouguerova anomália
(s opravami na účinky múrov)



gravitačný účinok známych krýpt

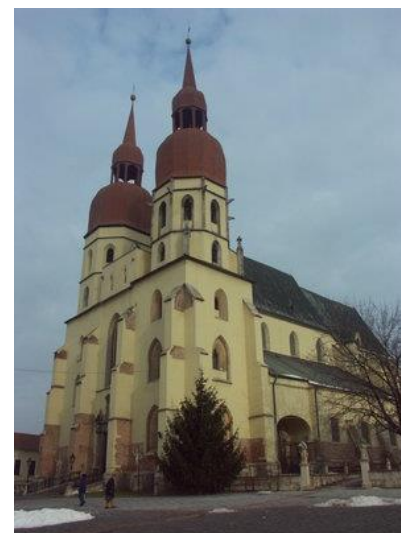
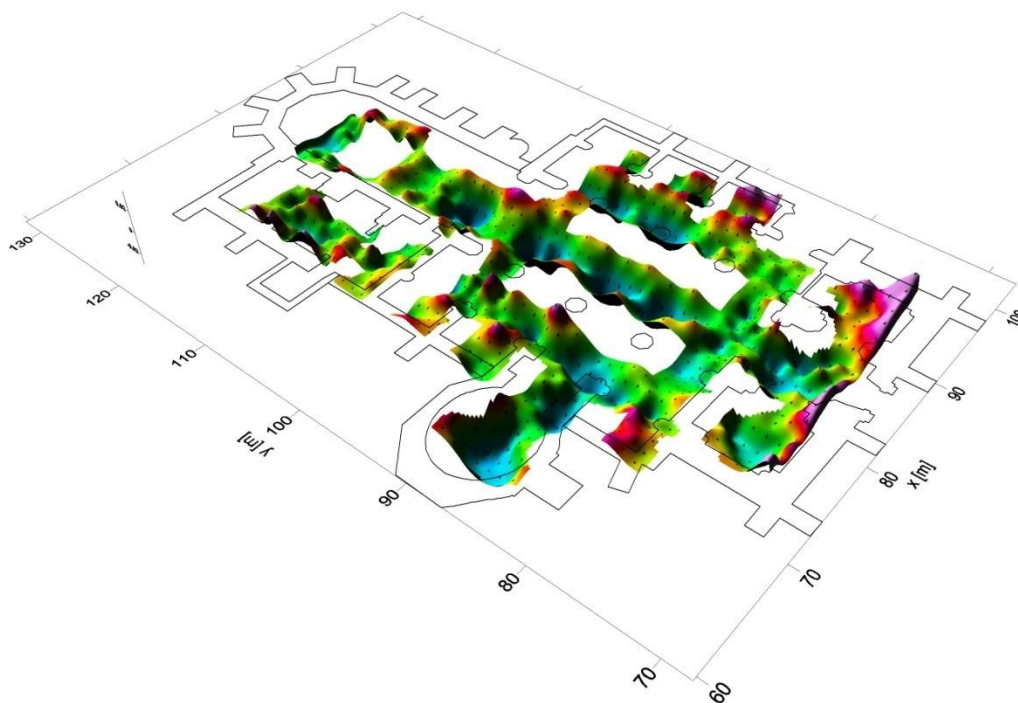
výsledky mikrogravimetrického prieskumu kostola Sv. Václava v Tovačove (Bližkovský 1976, 1979)



v priestore výslednej
negatívnej anomálie
boli nájdené nové,
dovtedy neznáme
priestory

výsledok: úplná odkrytá (stripped) Bouguerova anomália
(s odstránením účinkov známych dutín)

Mikrogravimetrický a georadarový prieskum Dómu Sv. Mikuláša v Trnave



výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave

použitá metodika:

- mikrogravimetria v sieti 1 x 1 m

(prístroje: Scintrex CG-3M, CG-5, Sodin 214G)

(realizované firmou G-trend s.r.o. a KAEG PRIF UK)

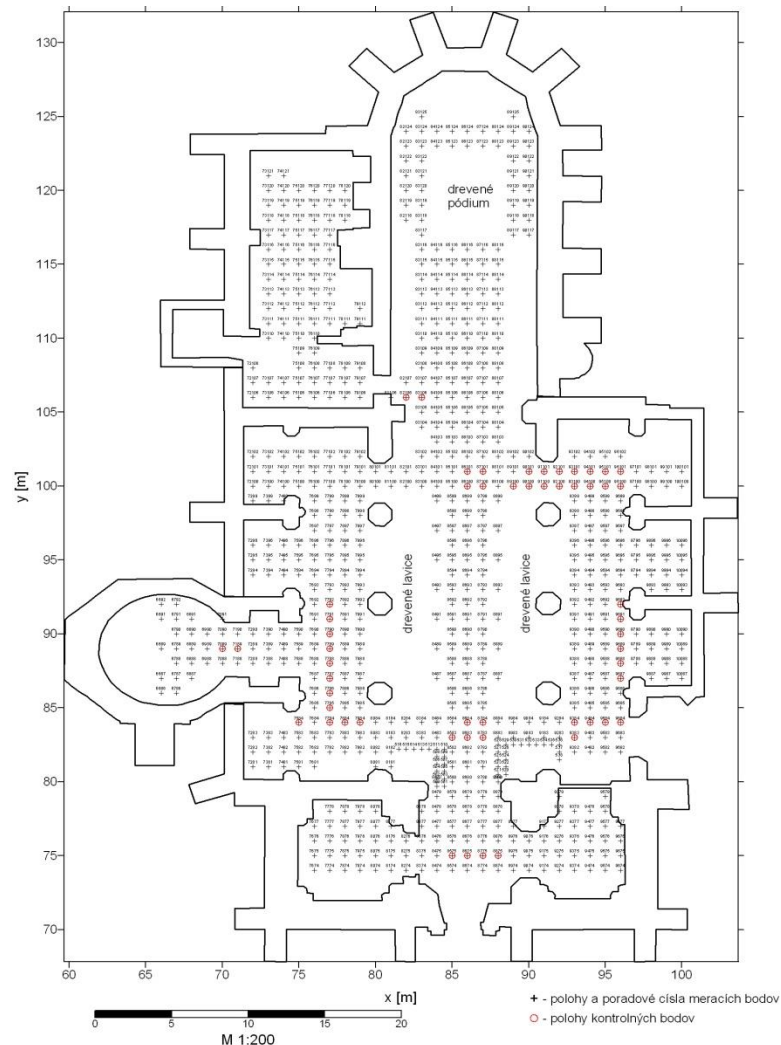
- georadar v tzv. trasovacej modifikácii

(prístroj: Mala Easy Locator EXM+ s 500 MHz a 350 MHz anténou)

(realizované firmou Terra s.r.o., Košice)

výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave

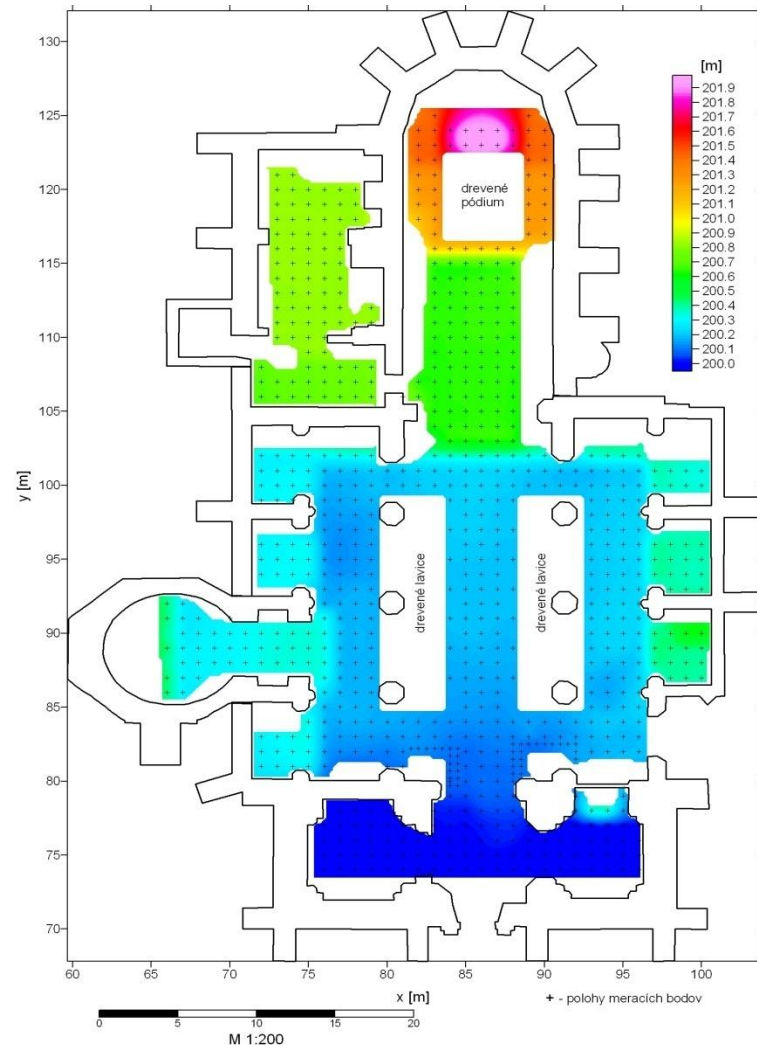
mikrogravimetria:



Obr. 2 Polohy meracích a kontrolných bodov v priestore kostola

4

rozmiestnenie bodov merania
(854 bodov, plocha cca. 30 x 50m!)



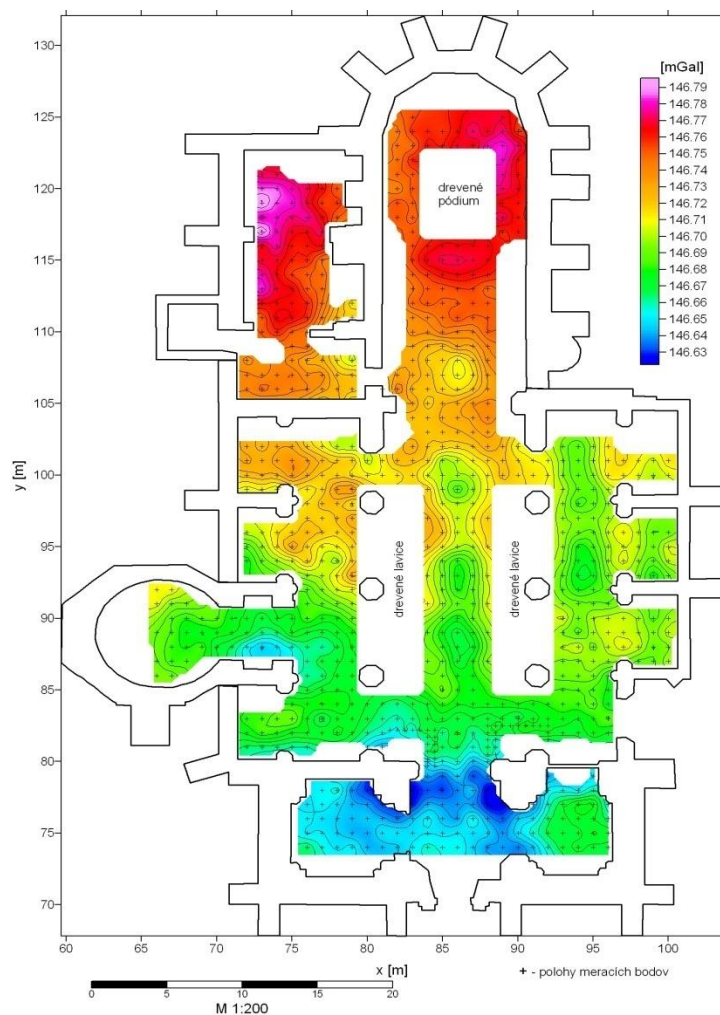
Obr. 3 Mapa priebehu nadmorských výšok meracích bodov v priestore kostola

5

nadmorské výšky bodov merania
(rozpätie: 2.018 m)

výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave

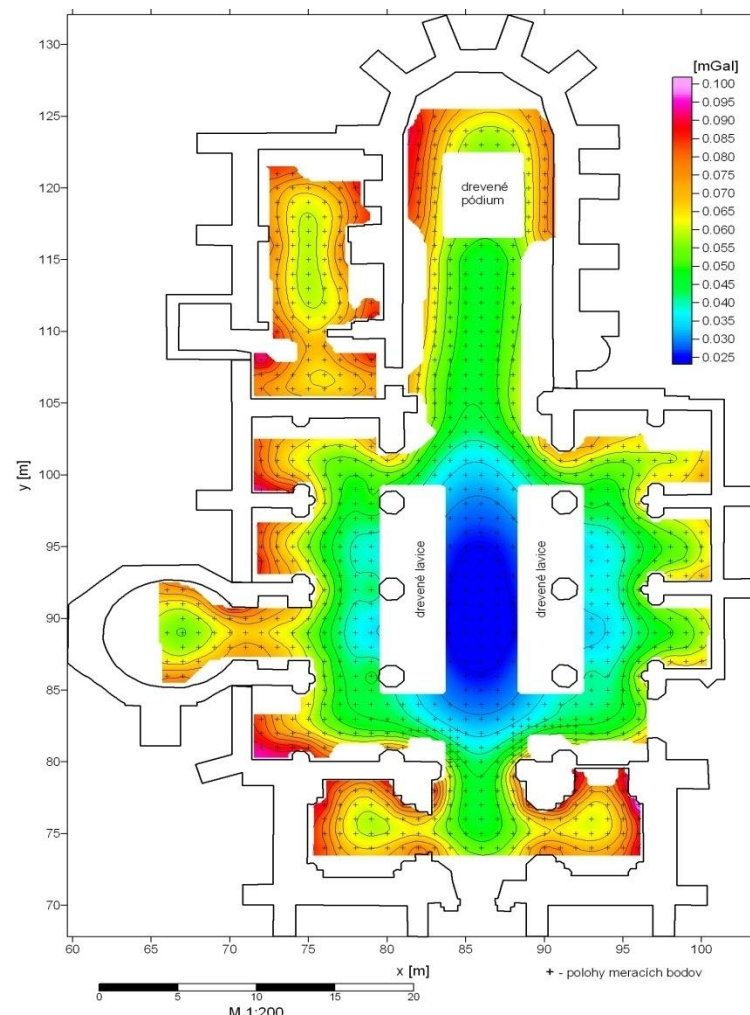
mikrogravimetria:



Obr. 5 Mapa priebehu neúplných Bouguerových anomálií v priestore kostola
(bez zavedenia opráv o gravitačný účinok múrov), kor. hustota = 1.80 g.cm^{-3}

8

neúplné Bouguerove anomálie
bez opravy o účinky múrov
(pre $\sigma = 1.80 \text{ g.cm}^{-3}$)



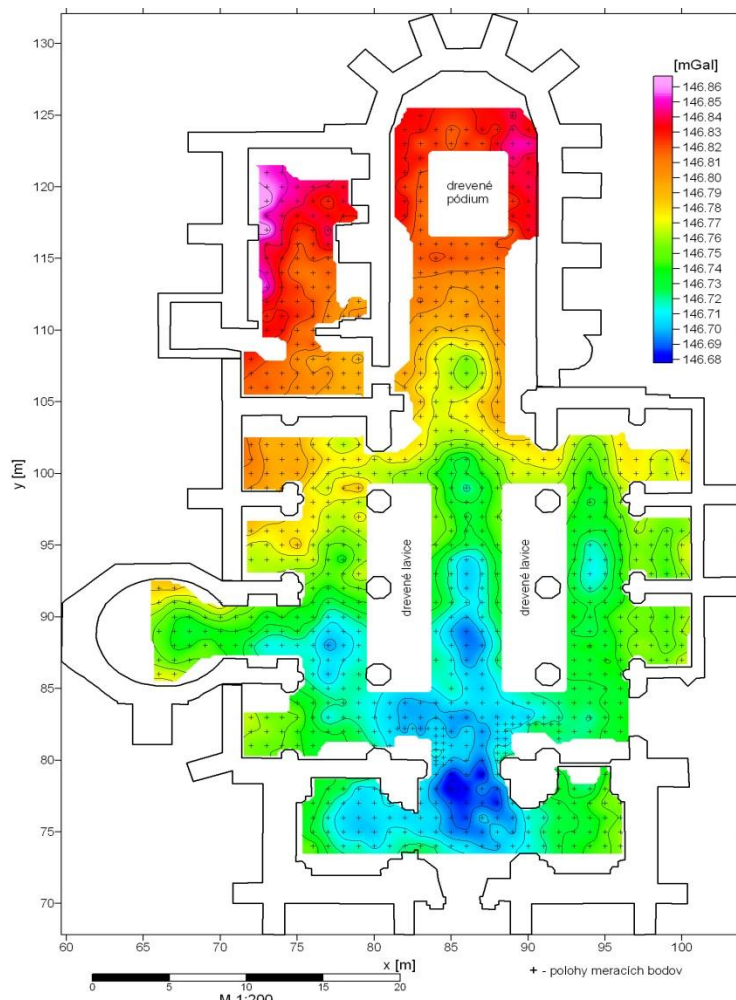
Obr. 6 Mapa priebehu gravitačných účinkov múrov v priestore kostola

9

gravitačný účinok múrov s hustotou
 1.70 g.cm^{-3} (nepálená tehla)
(18 polygon. hranolov, soft.: Potent)

výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave

mikrogravimetria:

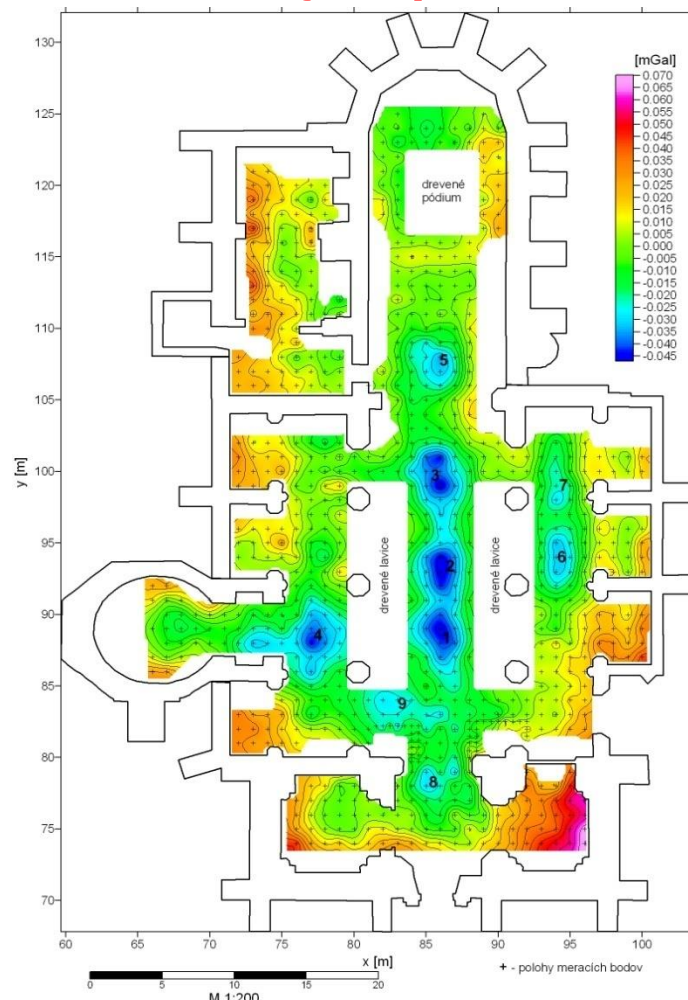


Obr. 7 Mapa priebehu neúplných Bouguerových anomálií v priestore kostola (so zavedením opráv o gravitačný účinok múrov), kor. hustota = 1.80 g.cm^{-3}

10

neúplné Bouguerove anomálie
s opravou o účinky múrov
(pre $\sigma = 1.80 \text{ g.cm}^{-3}$)

výstup



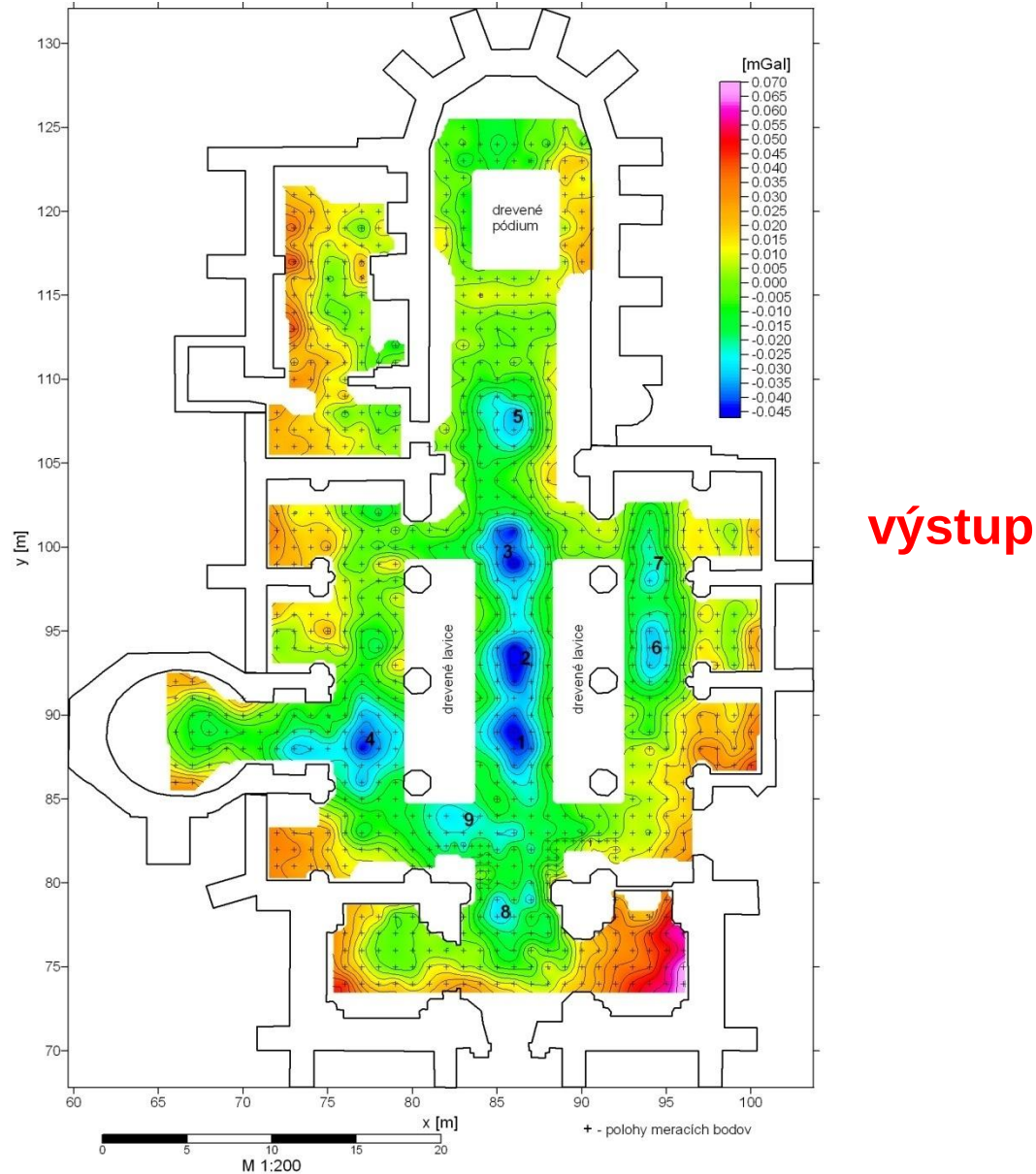
Obr. 8 Mapa priebehu lokálnych neúplných Bouguerových anomálií v priestore kostola (so zavedením opráv o gravitačný účinok múrov a odstráneným trendom), kor. hustota = 1.80 g.cm^{-3}

11

neúplné Bouguerove anomálie
s opravou o účinky múrov a
odstráneným lineárnym trendom

výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave

mikrogravimetria:

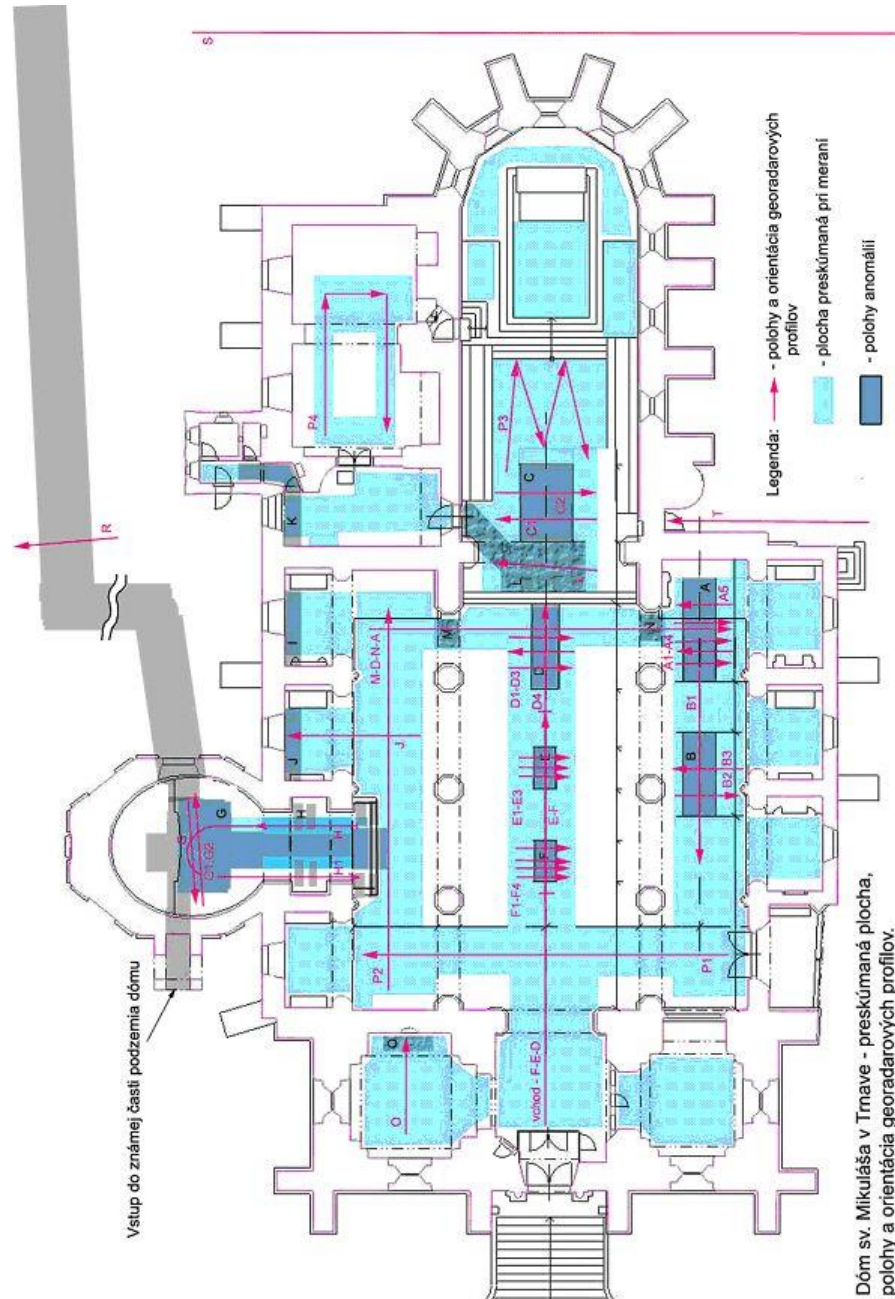


Obr. 8 Mapa priebehu lokálnych neúplných Bouguerových anomálií v priestore kostola
(so zavedením opráv o gravitačný účinok múrov a odstráneným trendom), kor. hustota = 1.80 g.cm^{-3}

neúplné Bouguerove anomálie s opravou o účinky múrov a odstráneným lineárnym trendom

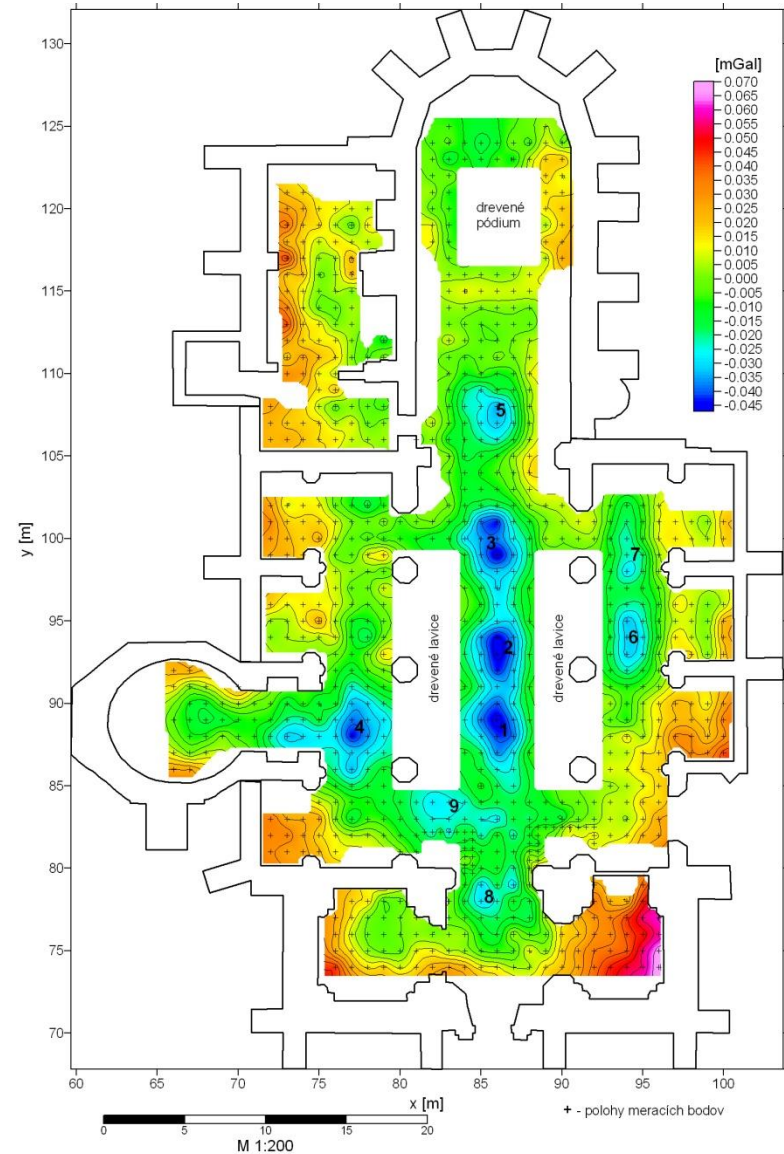
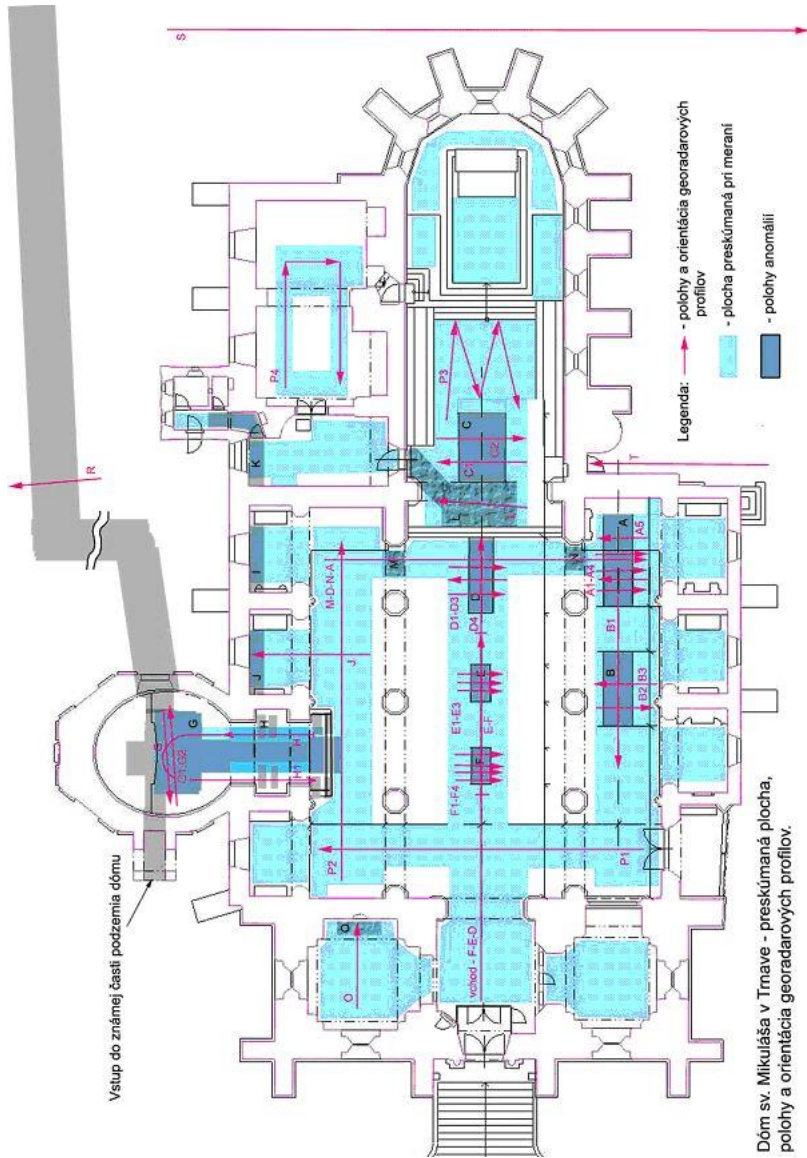
výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave

merania GPR:



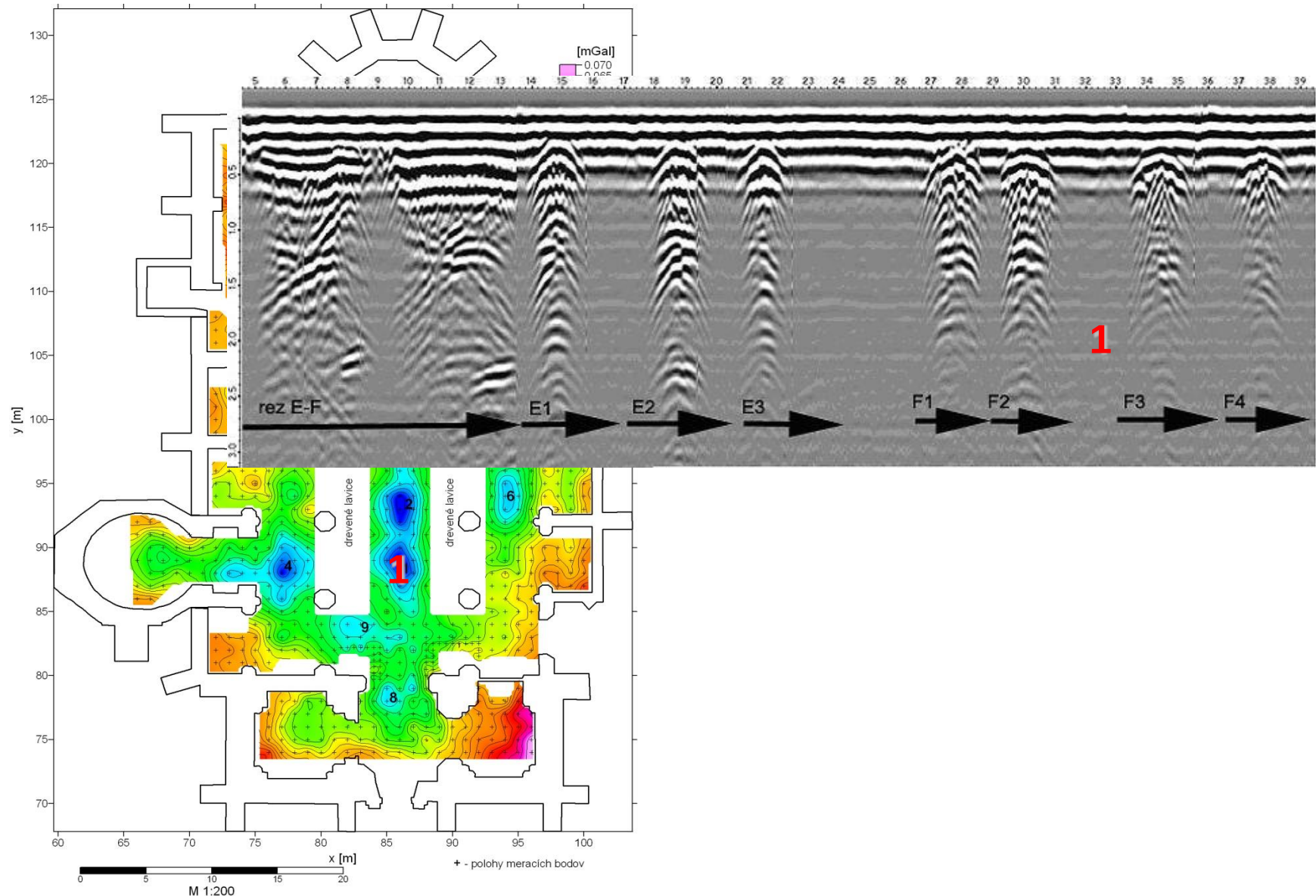
priebeh profilov GPR (trasovacia metóda) s vyznačenými detekovanými dutinami

výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave



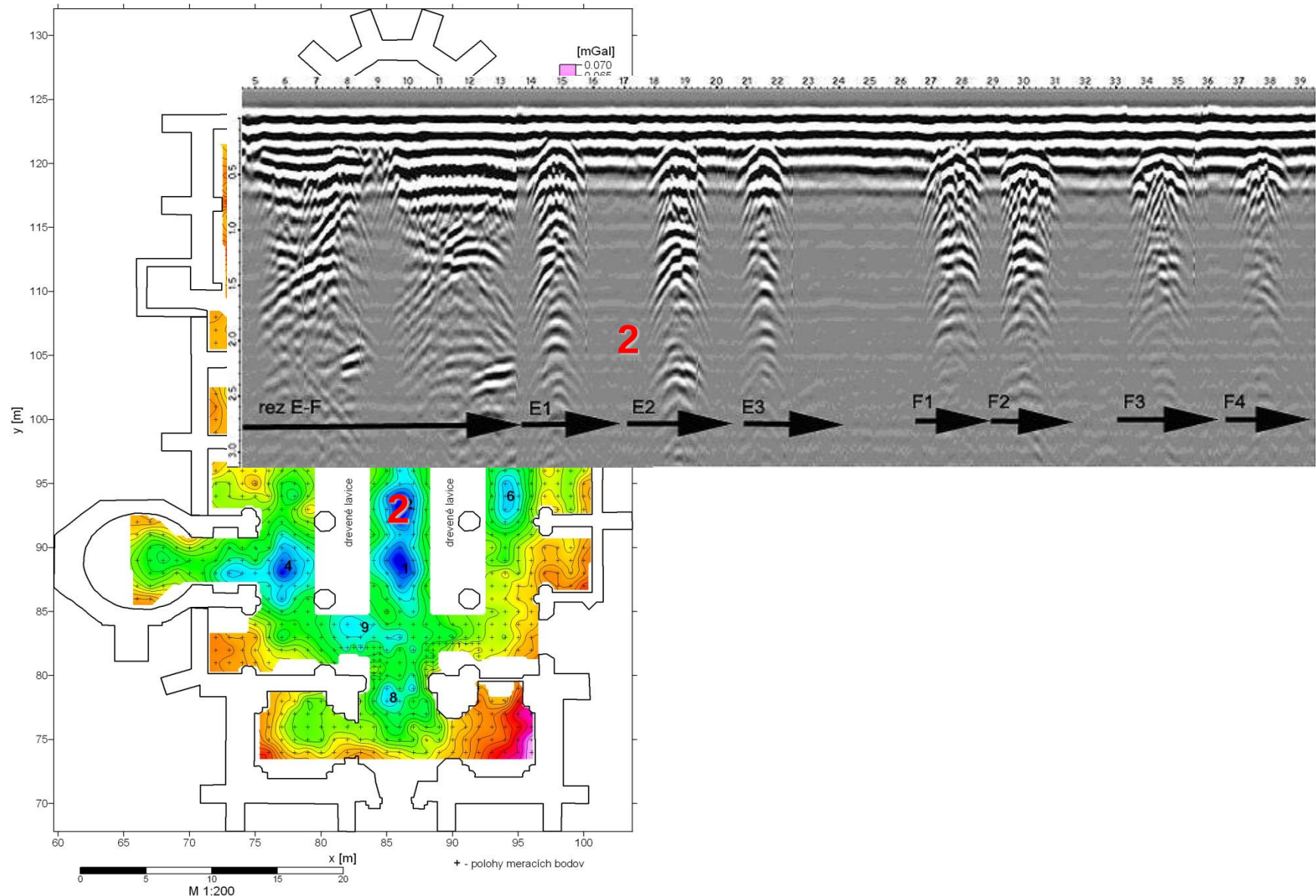
Obr. 8 Mapa priebehu lokálnych neúplných Bouguerových anomálií v priestore kostola (so zavedením opráv o gravitačný účinok múrov a odstráneným trendom), kor. hustota = 1.80 g.cm^{-3}

výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave



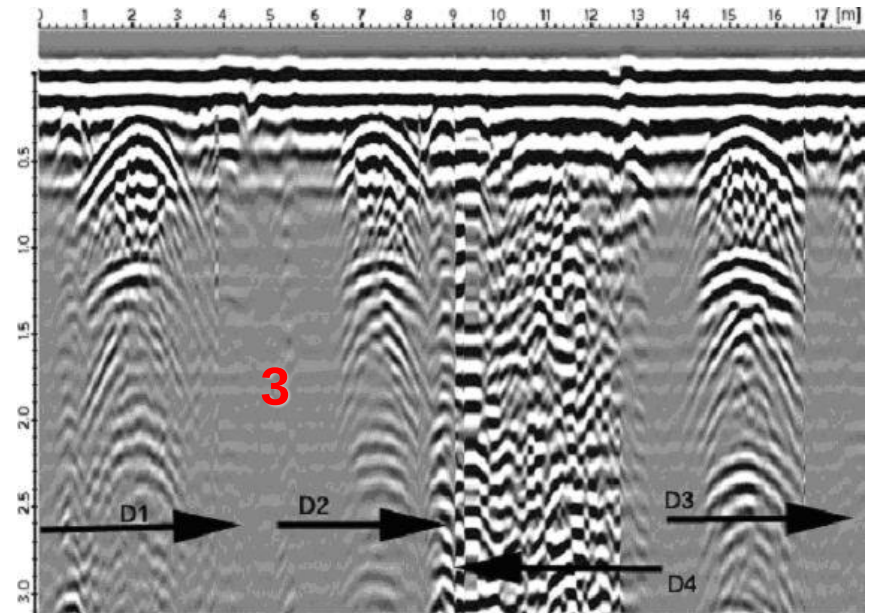
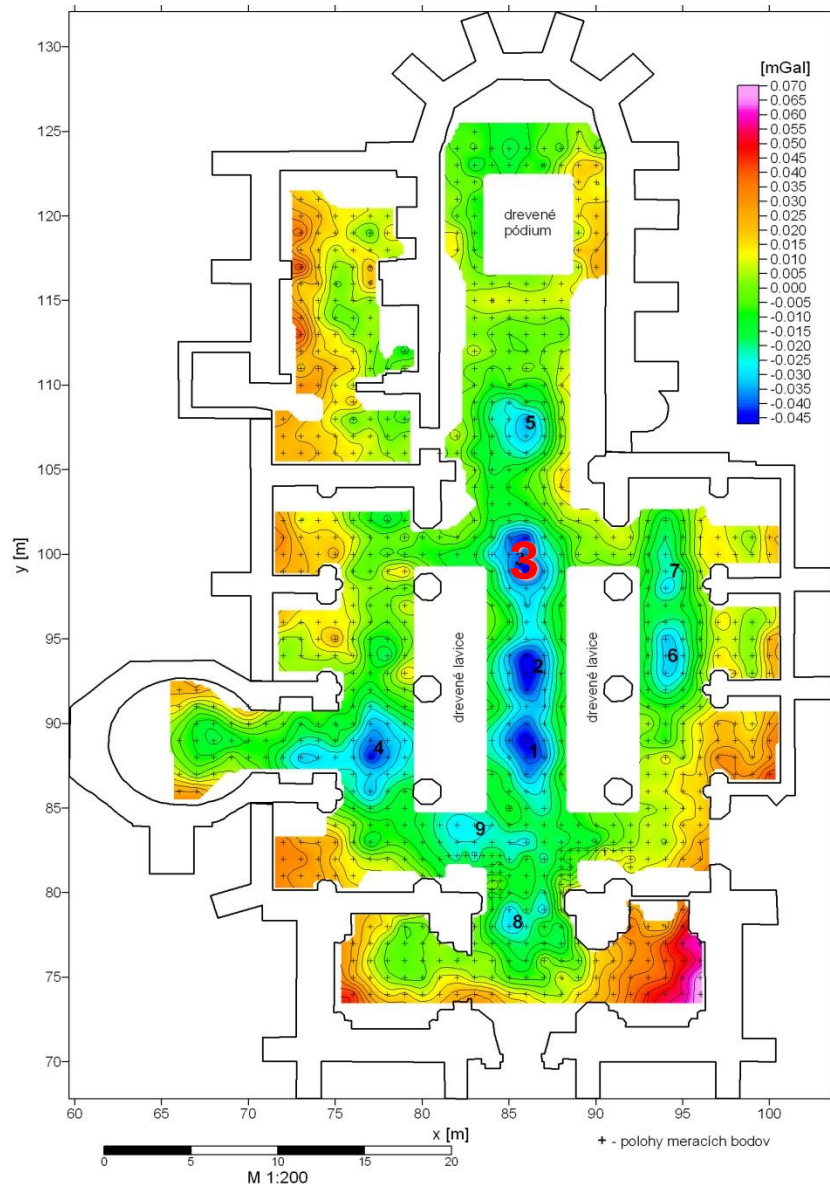
Obr. 8 Mapa priebehu lokálnych neúplných Bouguerových anomálií v priestore kostola (so zavedením opráv o gravitačný účinok múrov a odstráneným trendom), kor. hustota = 1.80 g.cm^{-3}

výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave



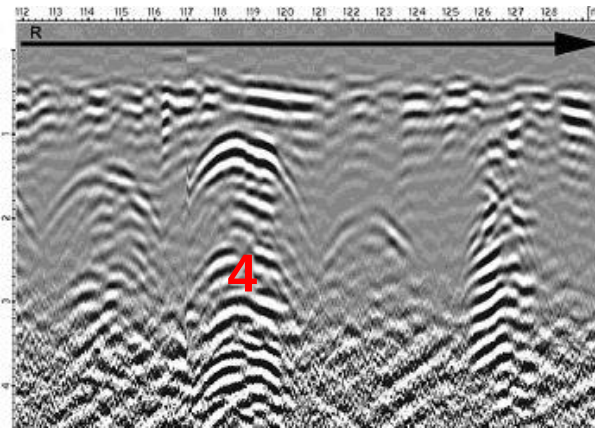
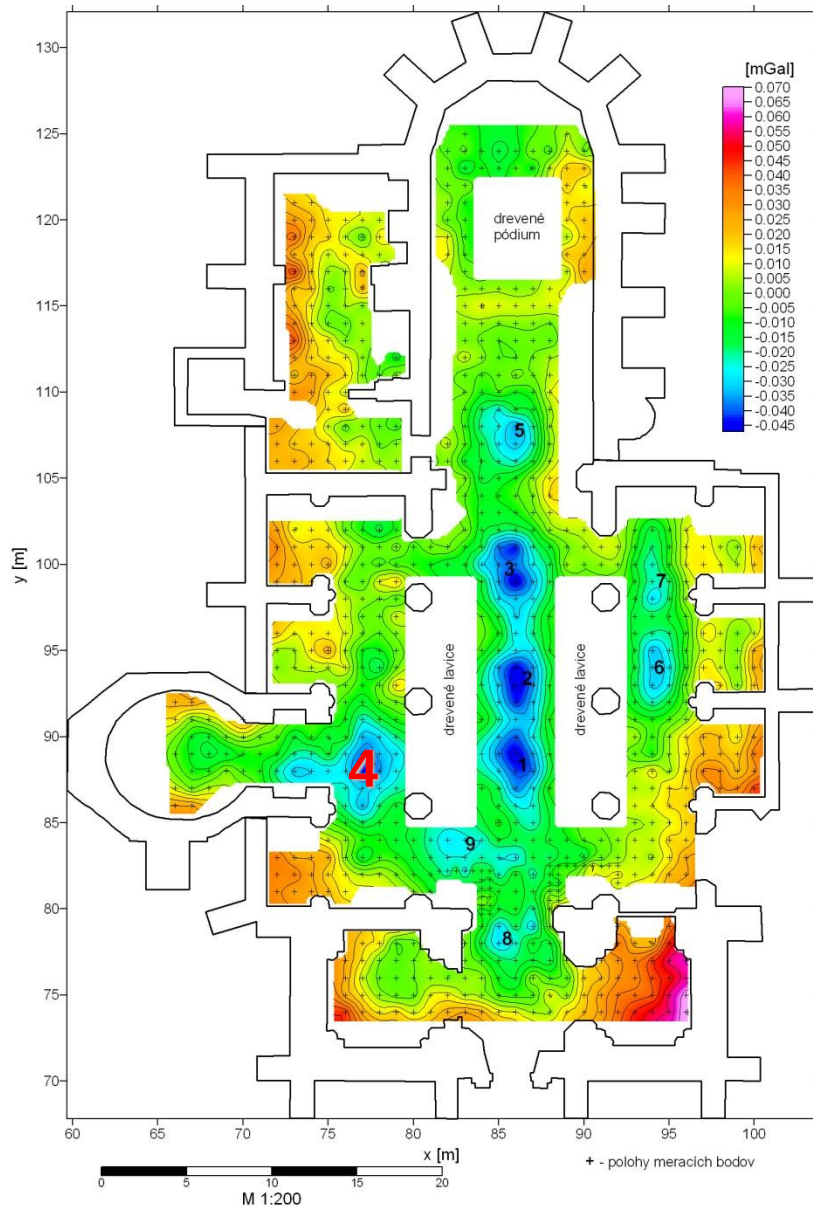
Obr. 8 Mapa priebehu lokálnych neúplných Bouguerových anomálií v priestore kostola (so zavedením opráv o gravitačný účinok múrov a odstráneným trendom), kor. hustota = 1.80 g.cm^{-3}

výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave

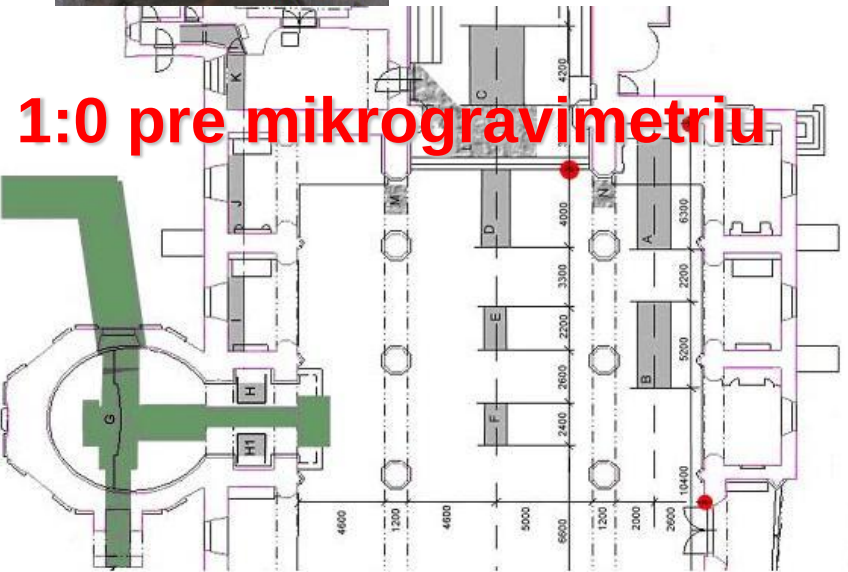


Obr. 8 Mapa priebihu lokálnych neúplných Bouguerových anomálií v priestore kostola (so zavedením opráv o gravitačný účinok múrov a odstráneným trendom), kor. hustota = 1.80 g.cm^{-3}

výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave

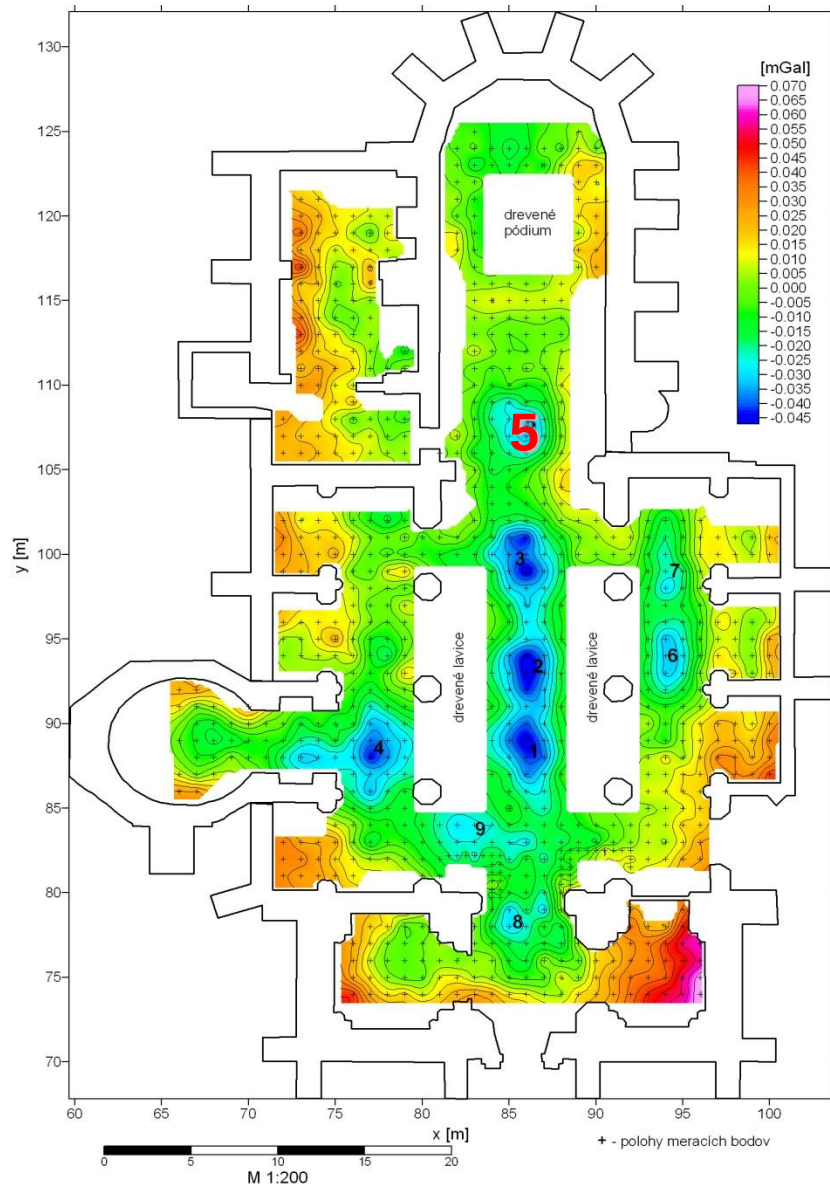


známa
krypta (chodba)

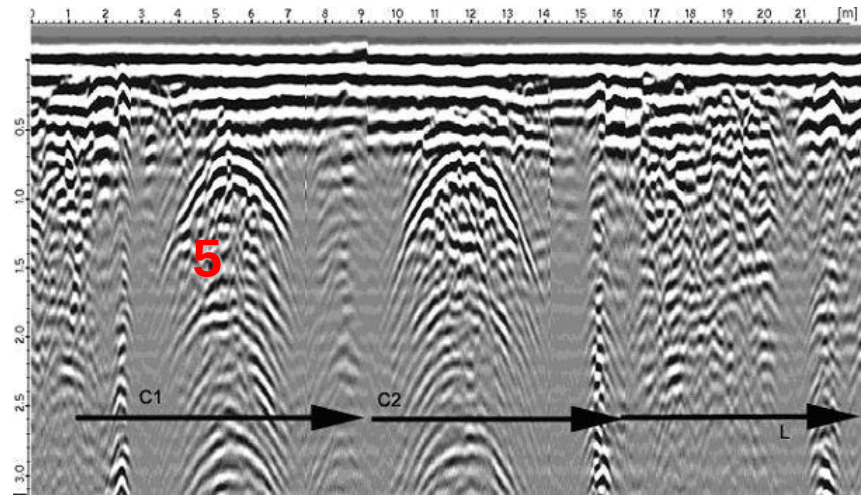


Obr. 8 Mapa priebehu lokálnych neúplných Bouguerových anomálií v priestore kostola (so zavedením opráv o gravitačný účinok múrov a odstráneným trendom), kor. hustota = 1.80 g.cm^{-3}

výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave

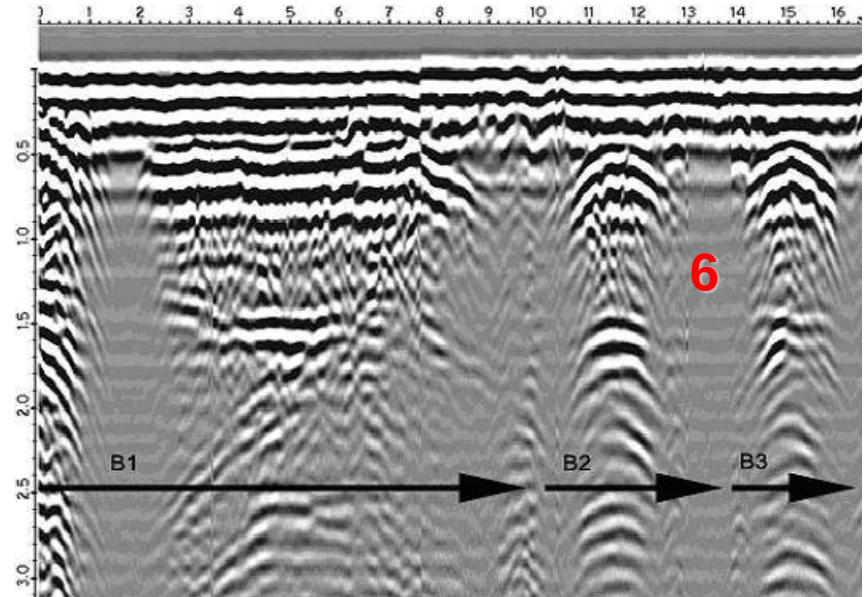
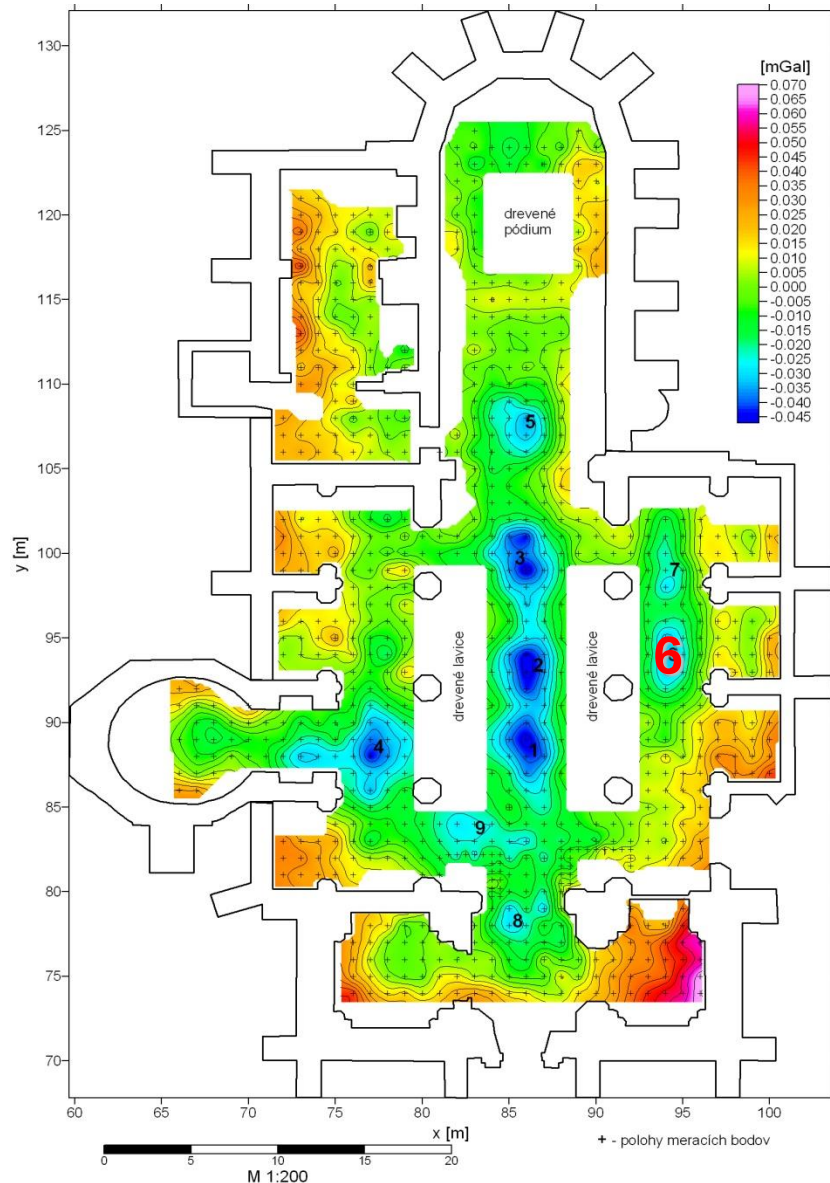


Obr. 8 Mapa priebehu lokálnych neúplných Bouguerových anomálií v priestore kostola (so zavedením opráv o gravitačný účinok múrov a odstráneným trendom), kor. hustota = 1.80 g.cm^{-3}



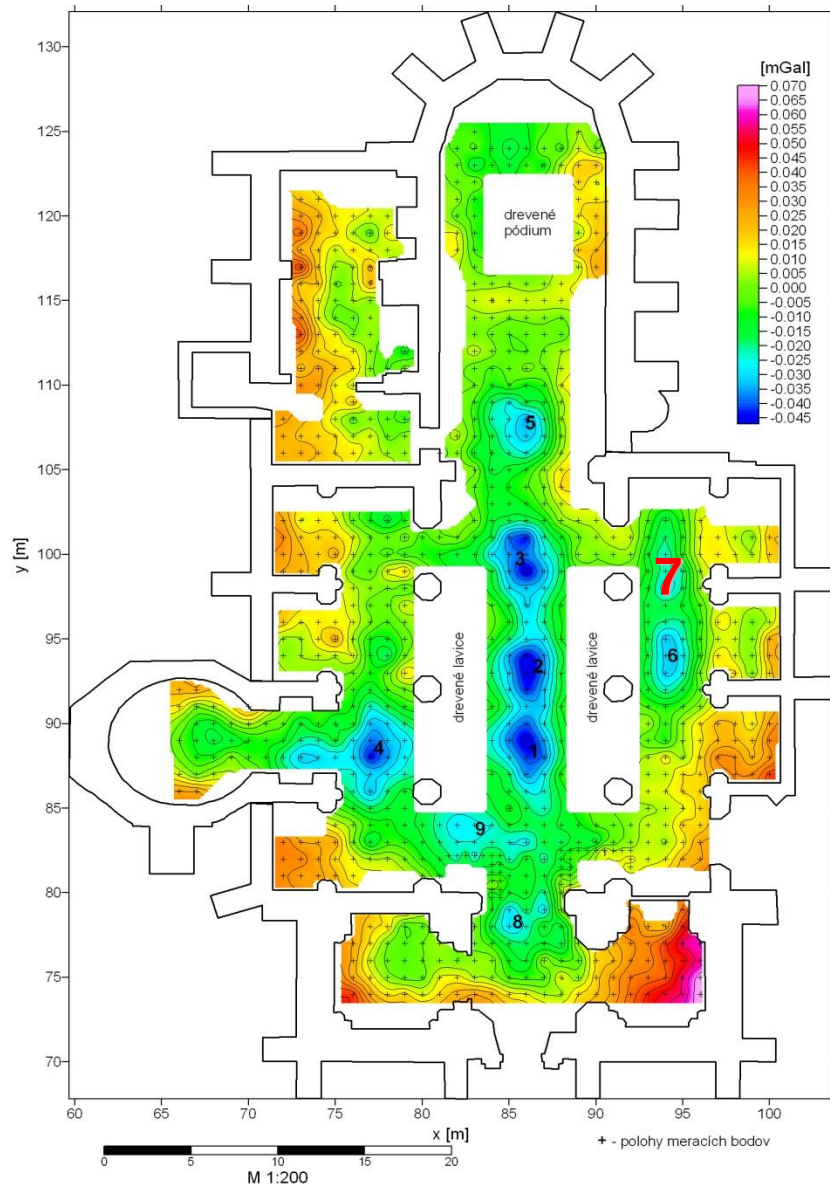
spojenie výsledkov mikrogravimetrie a metódy GPR

výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave

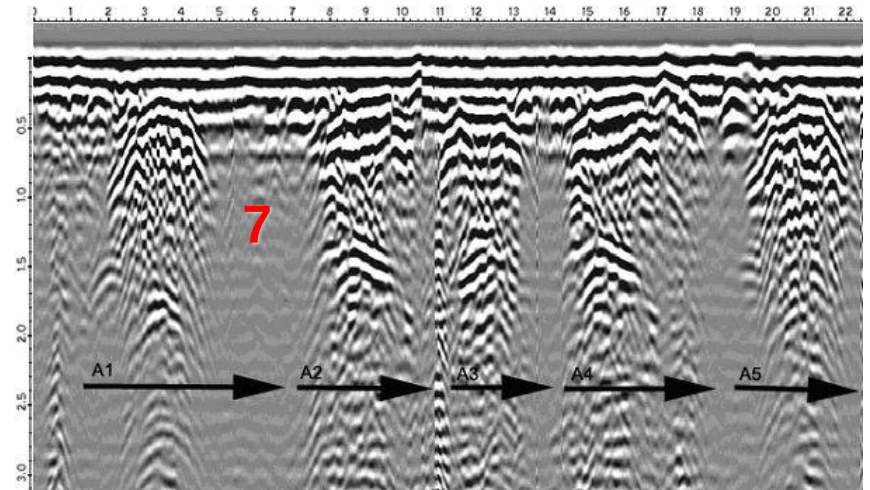


Obr. 8 Mapa priebihu lokálnych neúplných Bouguerových anomálií v priestore kostola (so zavedením opráv o gravitačný účinok múrov a odstráneným trendom), kor. hustota = 1.80 g.cm⁻³

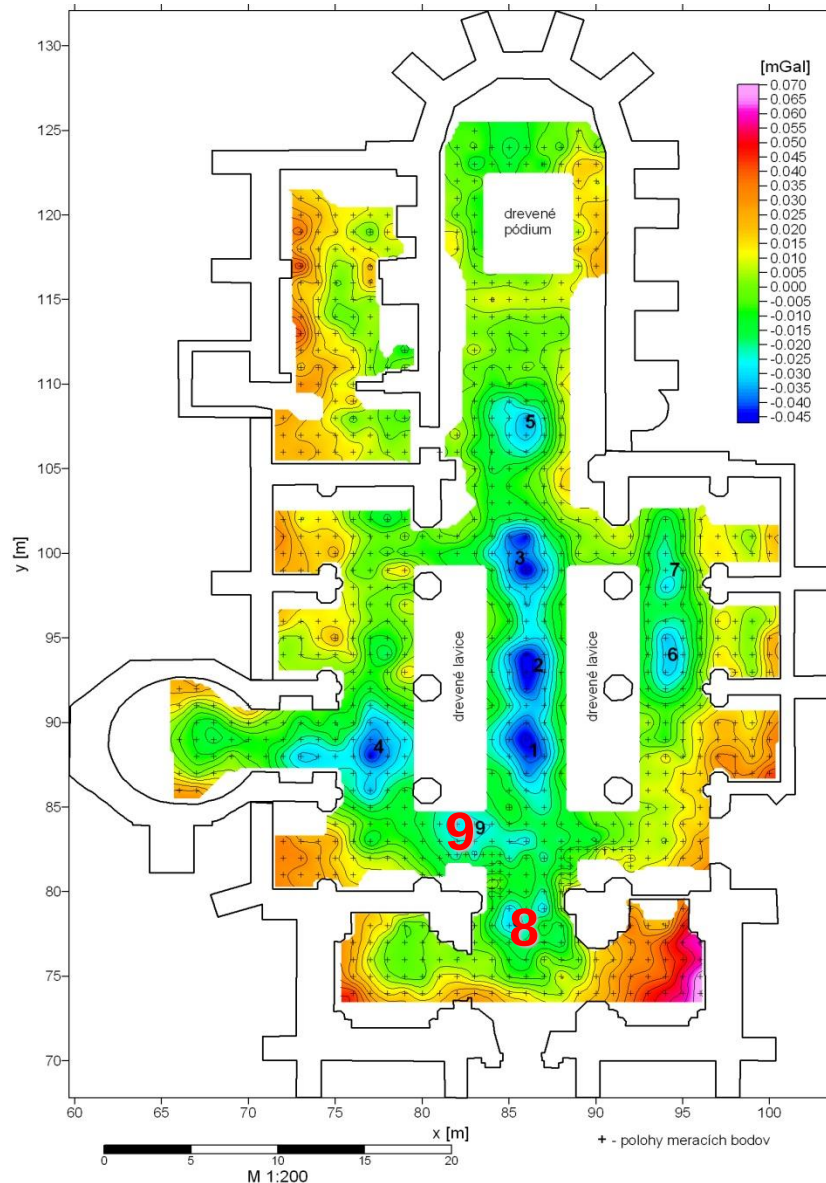
výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave



Obr. 8 Mapa priebehu lokálnych neúplných Bouguerových anomálií v priestore kostola (so zavedením opráv o gravitačný účinok múrov a odstráneným trendom), kor. hustota = 1.80 g.cm^{-3}



výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave

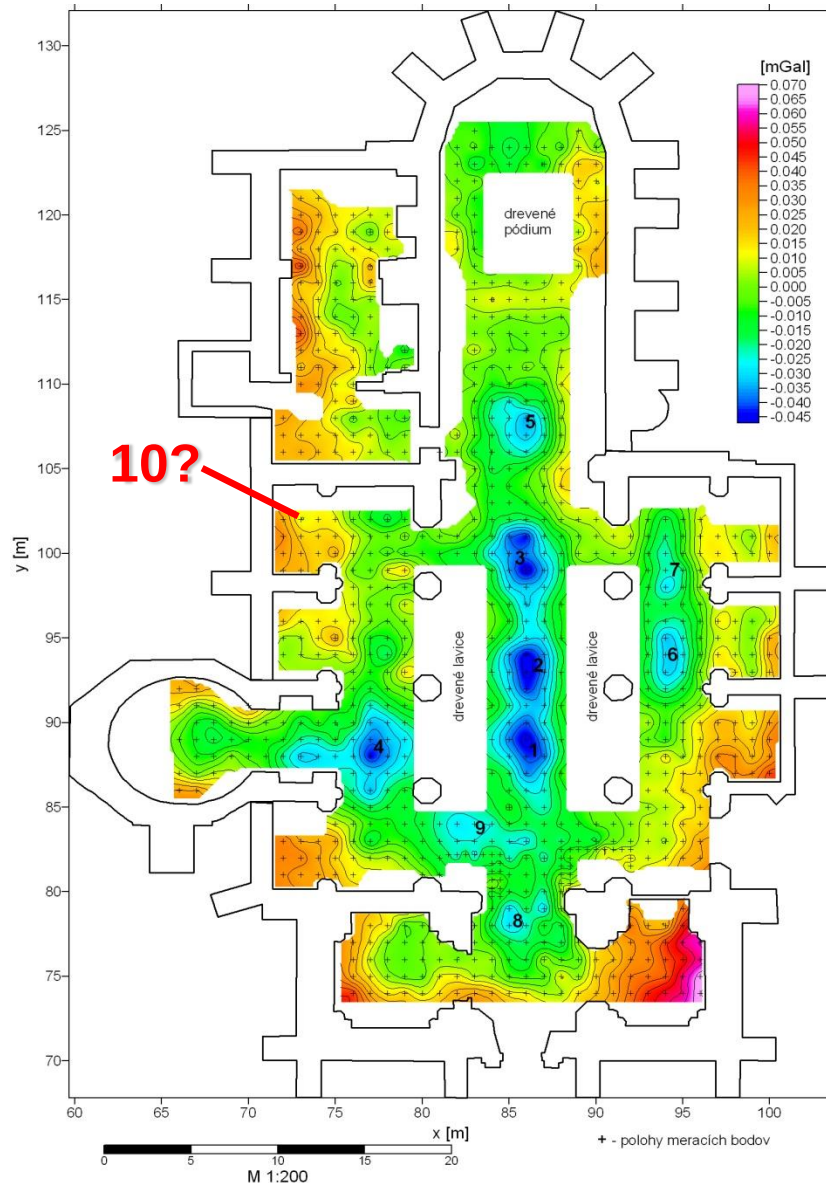


Obr. 8 Mapa priebehu lokálnych neúplných Bouguerových anomálií v priestore kostola (so zavedením opráv o gravitačný účinok múrov a odstráneným trendom), kor. hustota = 1.80 g.cm^{-3}

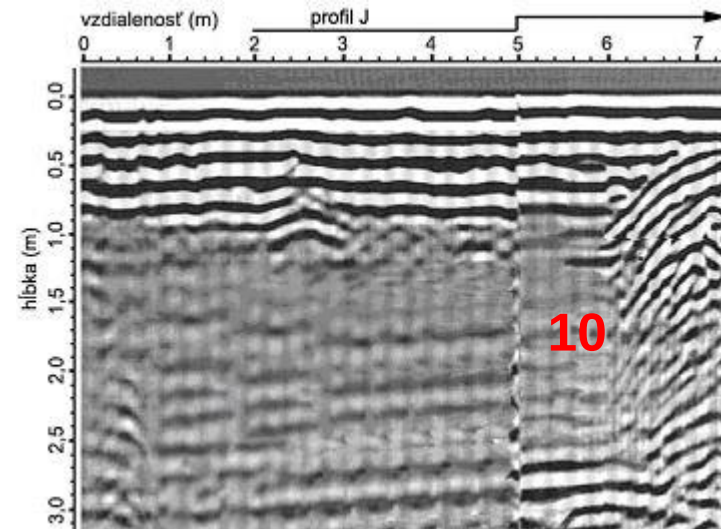
anomálie 8 a 9 svojim anomálnym charakterom nezodpovedajú s vysokou pravdepodobnosťou prejavu prítomnosti krýpt, ale iba ľahších objektov v podlaží

(bez GPR indikácií)

výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave



Obr. 8 Mapa priebehu lokálnych neúplných Bouguerových anomálií v priestore kostola (so zavedením opráv o gravitačný účinok múrov a odstráneným trendom), kor. hustota = 1.80 g.cm^{-3}



GPR poskytuje indikáciu prítomnosti prázdneho priestoru tesne pri múre, pričom mikrogravimetria na tomto mieste nevykazuje žiadne anomálne hodnoty (lokálne minimum)

1:1

spojenie výsledkov mikrogravimetrie a metódy GPR

výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave

všetky GPR anomálie boli následne overené videoinšpekciou –
navrtaním a zasunutím priemyselnej mini-kamery s osvetlením



1. vrtanie po odkrytí dlažby



2. paženie



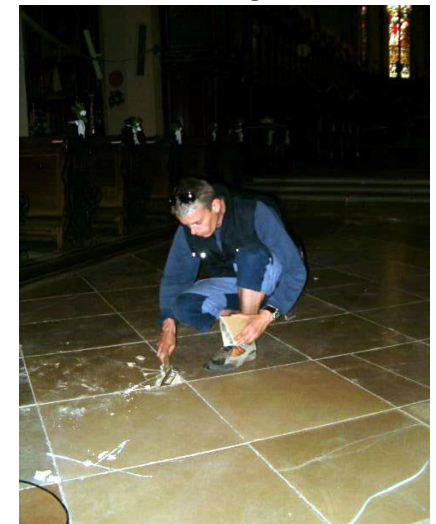
3. vsunutie kamery do otvoru



4. obhliadka priestoru



5. nahratie videosekvencie

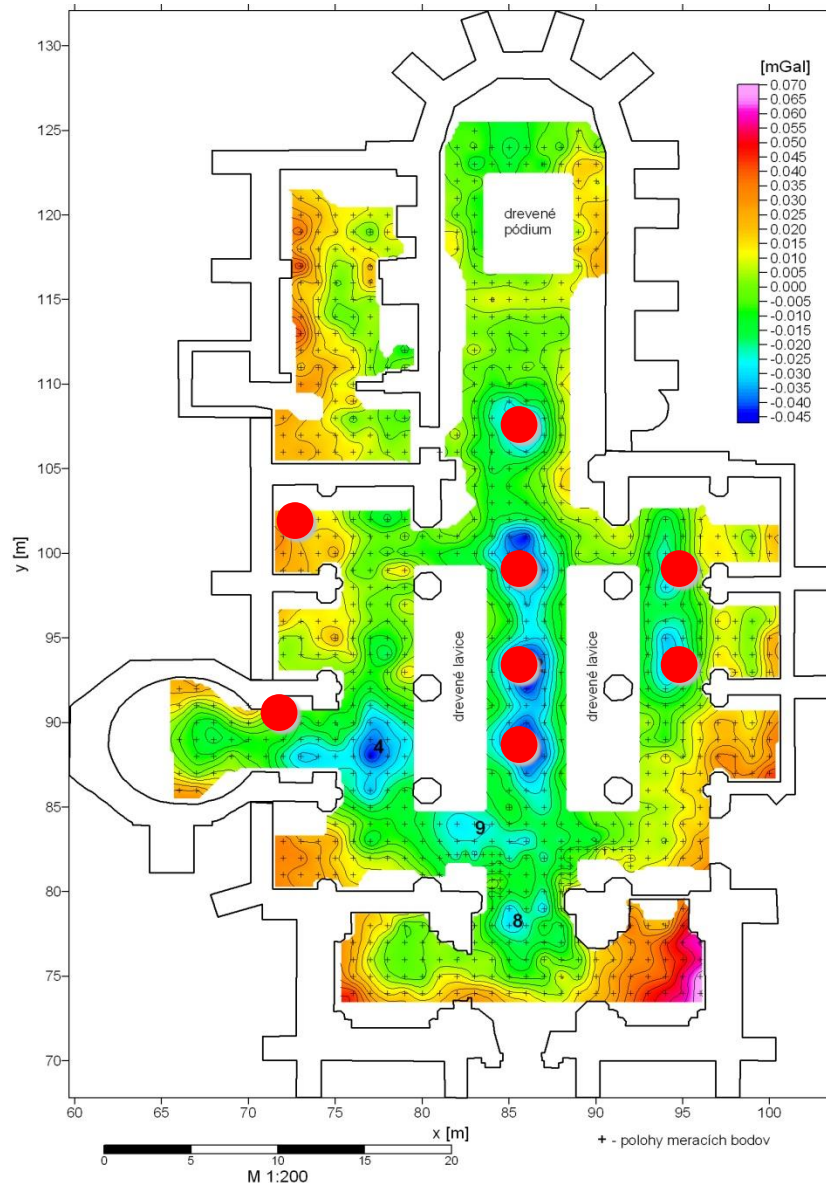


6. opätovné uloženie dlažby

výsledky geofyzikálneho prieskumu Dómu Sv. Mikuláša v Trnave

výsledky videoinšpekcie:

overené prakticky všetky dôležité
indikácie GPR (na 90 % totožné
s mikrogravimetriou) -
- vo všetkých prípadoch bola
potvrdená prítomnosť
stredovekých krýpt

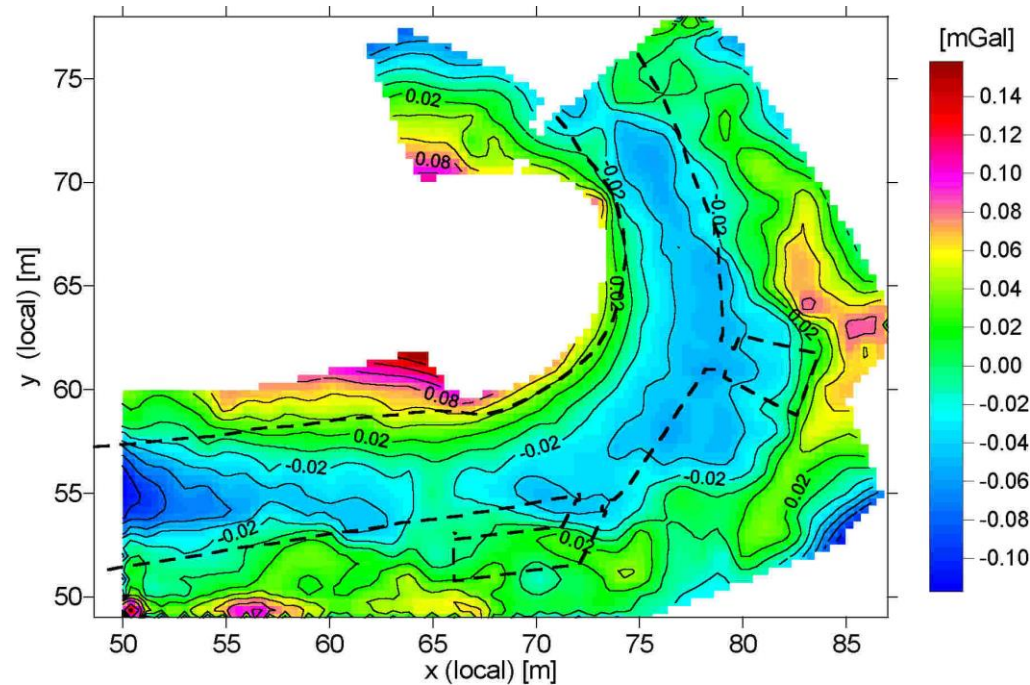


Obr. 8 Mapa priebehu lokálnych neúplných Bouguerových anomálií v priestore kostola
(so zavedením opráv o gravitačný účinok múrov a odstráneným trendom), kor. hustota = 1.80 g.cm^{-3}

Oravský hrad – veľká terasa



veľká terasa



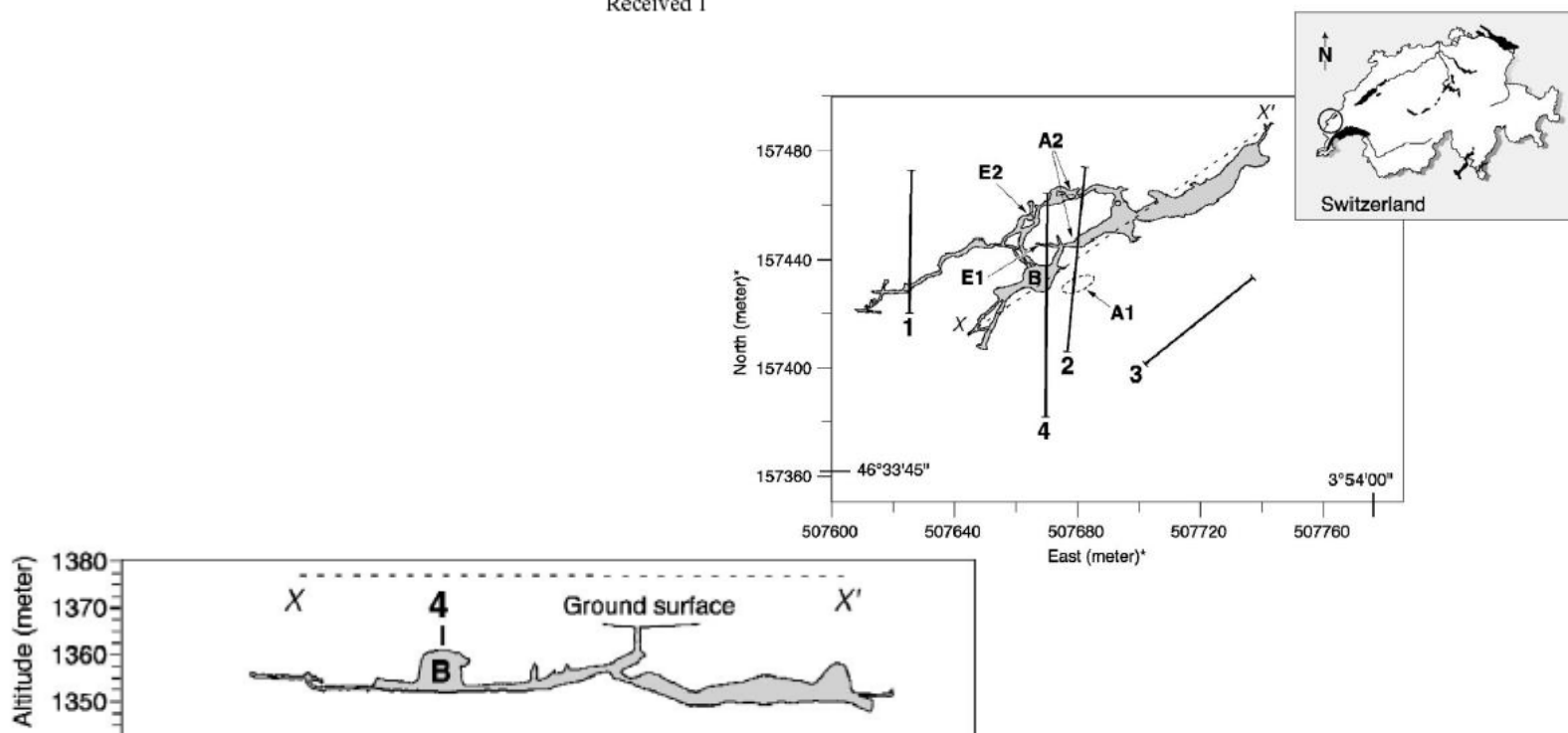
výsledná mapa Bouguerových anomálií

Integration of ground-penetrating radar and microgravimetric methods to map shallow caves

Milan Beres*, Marc Luetscher, Raymond Olivier

Institut de Géophysique, Collège Propédeutique, Université de Lausanne, CP, CH-1015 Lausanne, Switzerland

Received 1



prieskum krasových útvarov

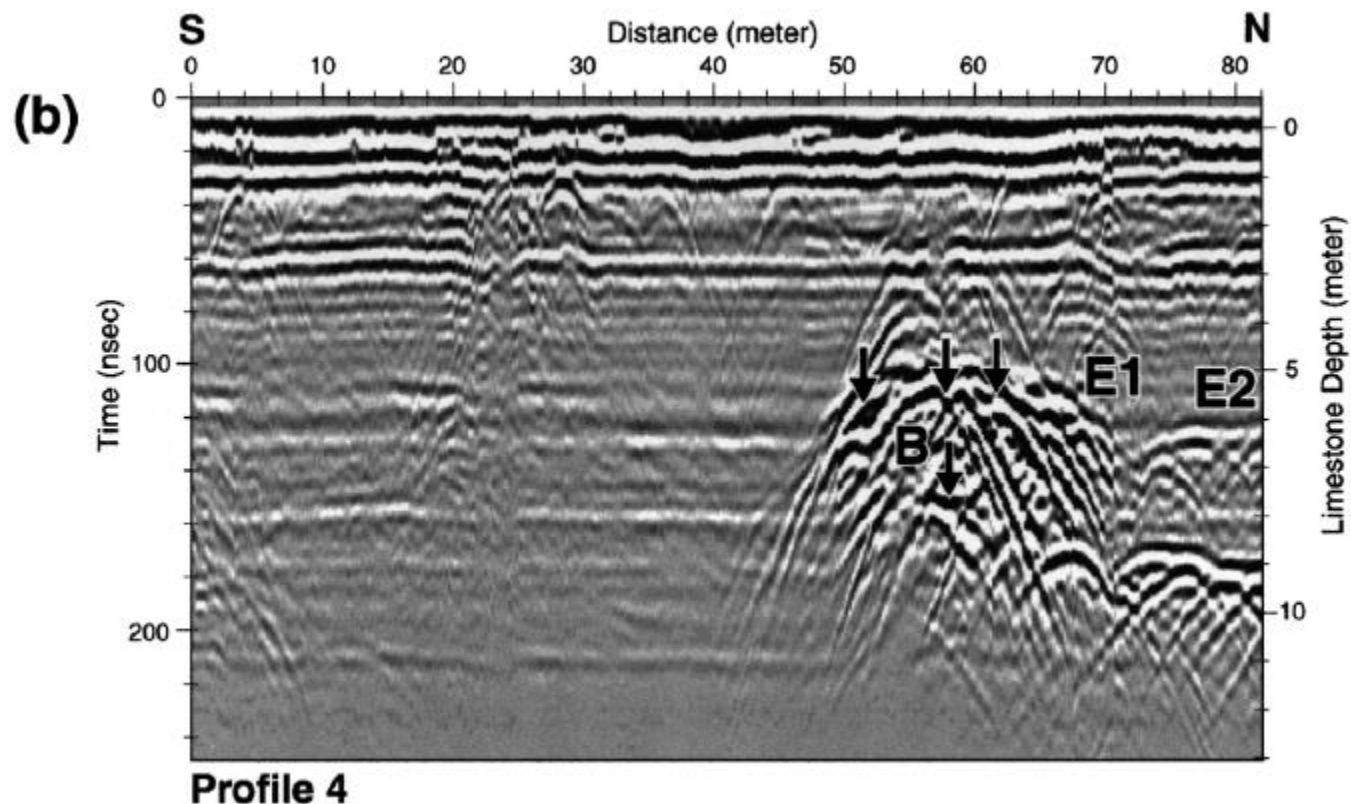
Integration of ground-penetrating radar and microgravimetric methods to map shallow caves

Milan Beres*, Marc Luetscher, Raymond Olivier

Institut de Géophysique, Collège Propédeutique, Université de Lausanne, CP, CH-1015 Lausanne, Switzerland

Received 14 March 2000; accepted 12 February 2001

radarogram – nemigrovaný rez



prieskum krasových útvarov

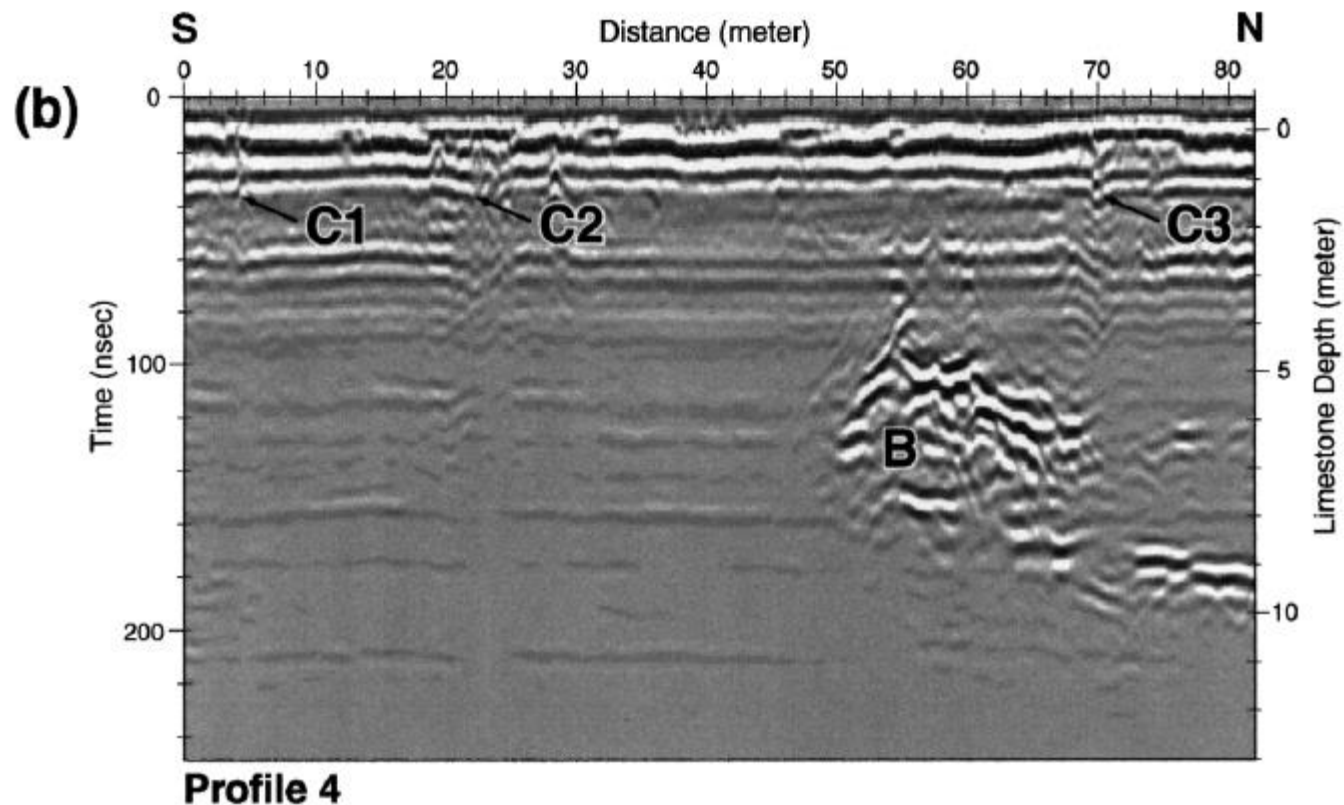
Integration of ground-penetrating radar and microgravimetric methods to map shallow caves

Milan Beres*, Marc Luetscher, Raymond Olivier

Institut de Géophysique, Collège Propédeutique, Université de Lausanne, CP, CH-1015 Lausanne, Switzerland

Received 14 March 2000; accepted 12 February 2001

radarogram – migrovaný rez



prieskum krasových útvarov

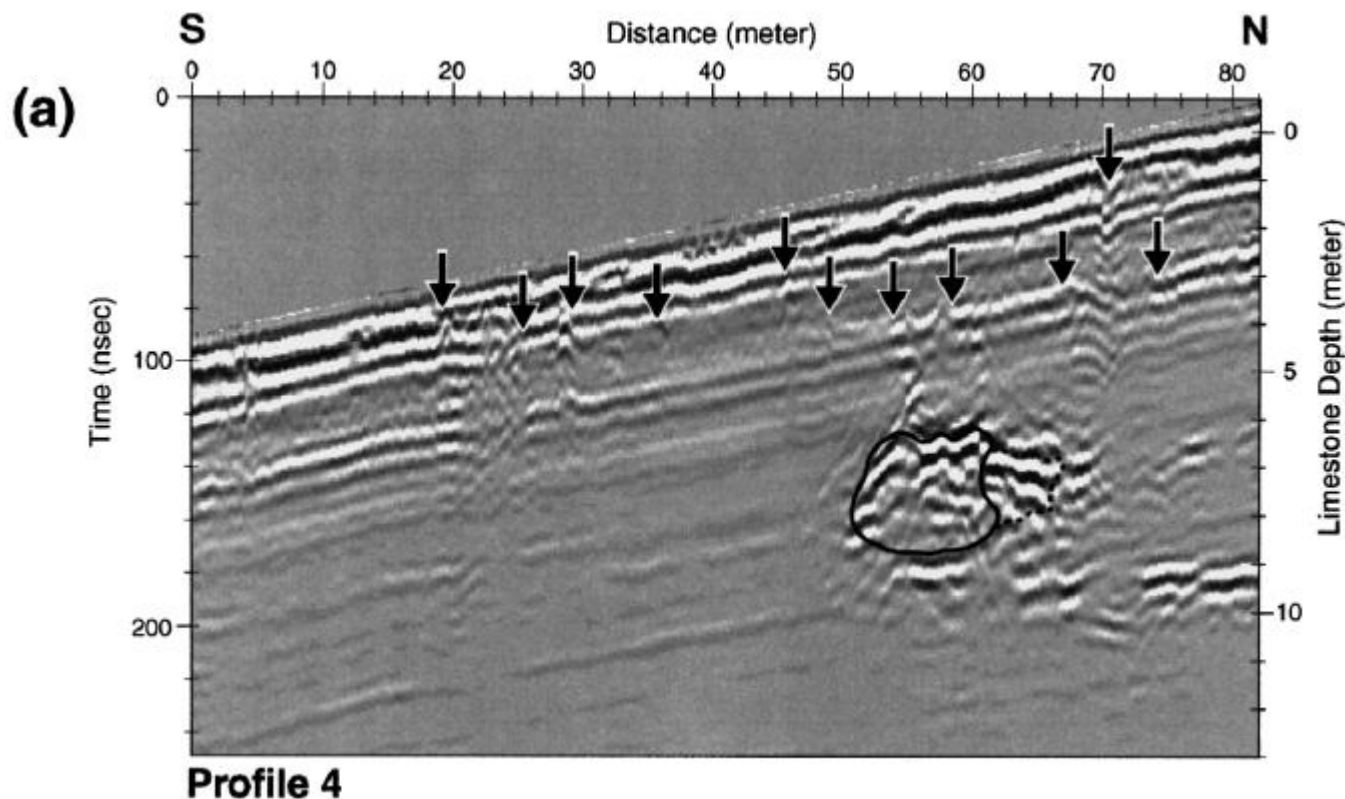
Integration of ground-penetrating radar and microgravimetric methods to map shallow caves

Milan Beres*, Marc Luetscher, Raymond Olivier

Institut de Géophysique, Collège Propédeutique, Université de Lausanne, CP, CH-1015 Lausanne, Switzerland

Received 14 March 2000; accepted 12 February 2001

radarogram – migrovaný rez
(s uvážením statických korekcií – odstr. vplyvu reliéfu)



prieskum krasových útvarov

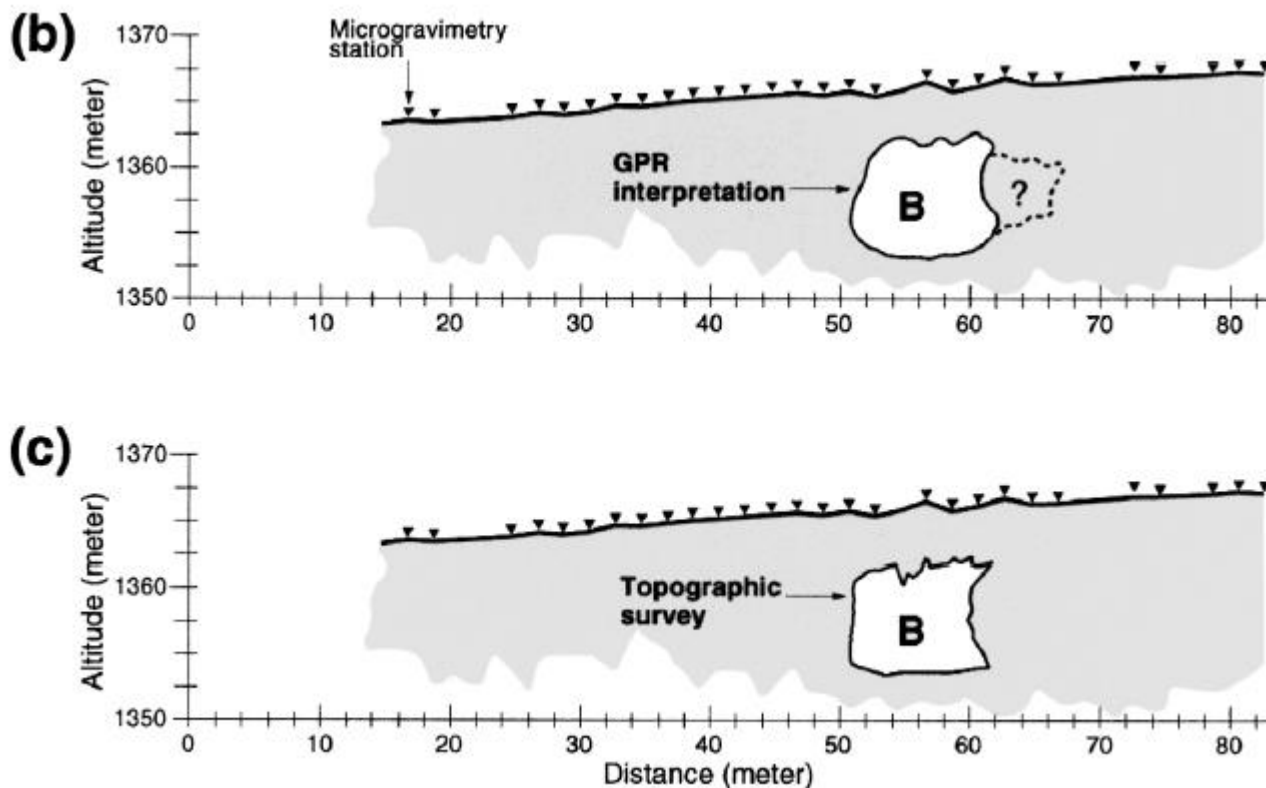
Integration of ground-penetrating radar and microgravimetric methods to map shallow caves

Milan Beres*, Marc Luetscher, Raymond Olivier

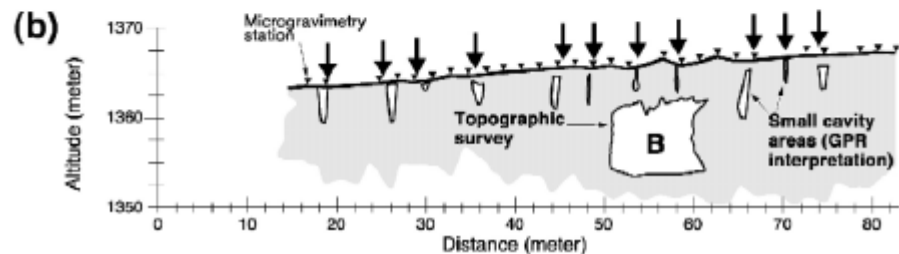
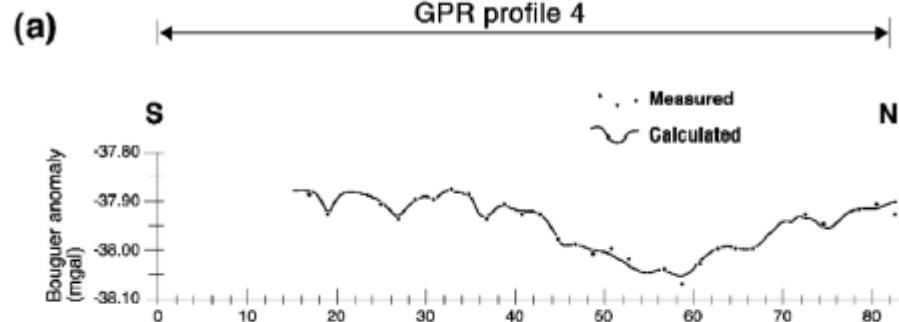
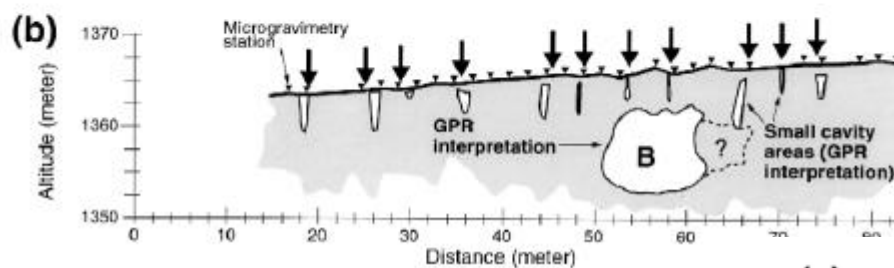
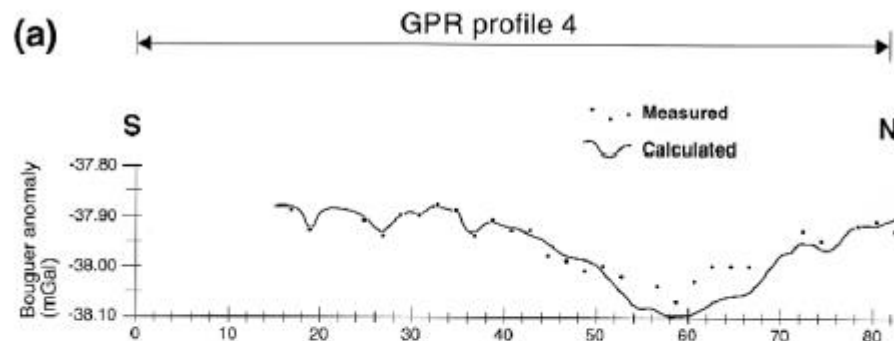
Institut de Géophysique, Collège Propédeutique, Université de Lausanne, CP, CH-1015 Lausanne, Switzerland

Received 14 March 2000; accepted 12 February 2001

interpretácia – GPR vs. speleolog. prieskum



prieskum krasových útvarov

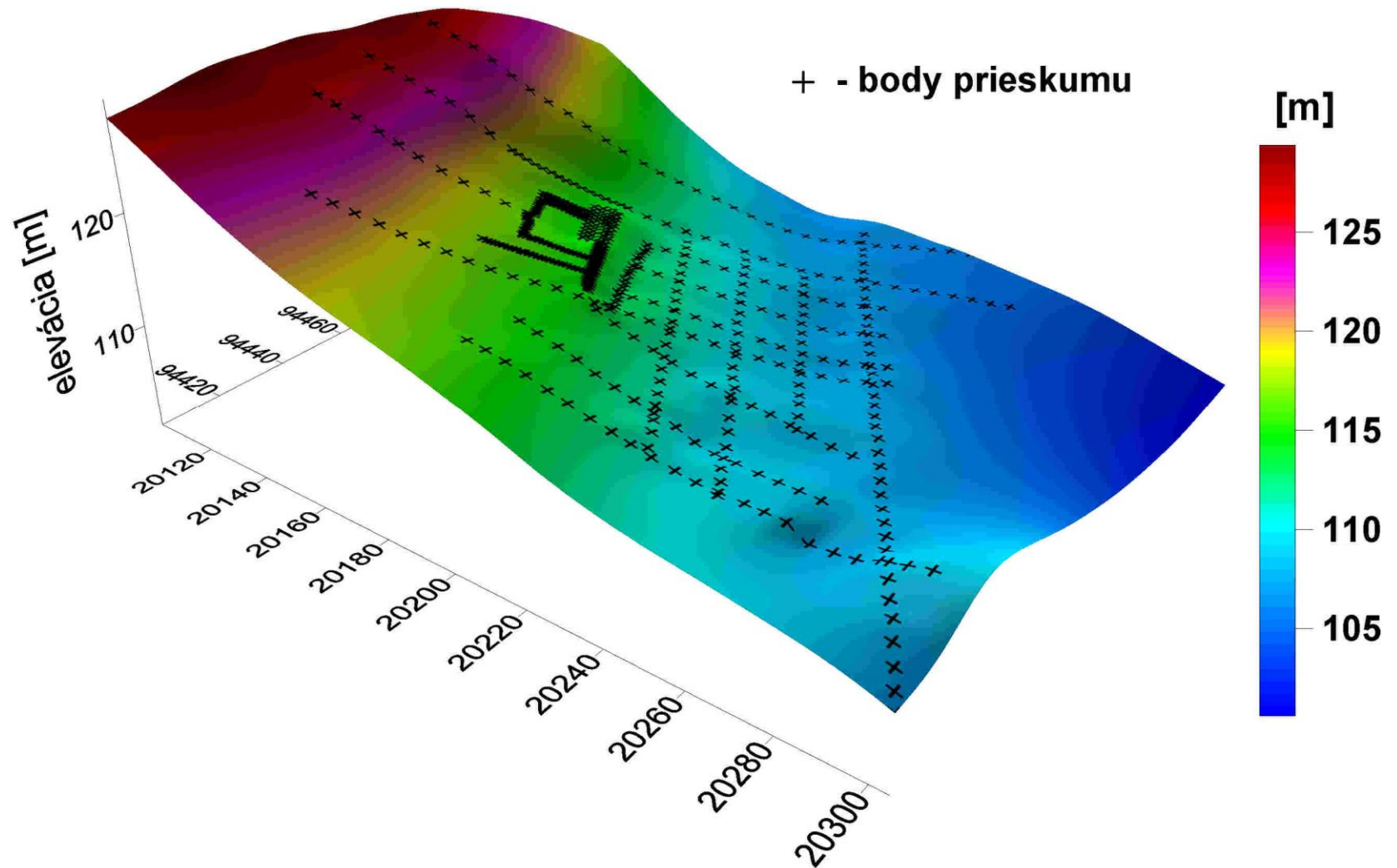


prítomnosť susednej kaverny
nebola potvrdená

interpretácia – modelovanie mikrograv. anomálie

Westfal, Porýnie, Nemecko 2000

priestorová mapa nadmorských výšok
(lokalita Westfal, Porýnie, Nemecko)



Westfal, Porýnie, Nemecko 2000

priestorová mapa tiažových anomálií
(lokalita Westfal, Porýnie, Nemecko)

