PRÍKLADY POUŽITIA MIKROGRAVIMETRIE V ARCHEOLÓGII – DETEKCIA DUTÍN

- stručne z histórie z mikrogravimetrii v archeológii
- prieskumu kostola Sv. Václava v Tovačove
- kostol a kláštor Katarínka, JZ Slovensko
- kostol sv. Kataríny, Banská Štiavnica
- Dóm sv. Martina, Bratislava
- veľká terasa, Oravský hrad
- prieskum Cheopsovej pramídy

Prvý pokus aplikovania veľmi presných gravimetrických meraní pri detekcii dutín: Linington (1966)

Prospezioni archeologiche
1/1966

R. E. LININGTON

Test use of a gravimeter on etruscan chamber tombs at Cerveteri

1 Introduction

It has been assumed that gravity methods are of little use for archaeological prospecting. The high cost and delicate nature of present instruments coupled with a slow speed of operation seem to bear out this conclusion, whilst the extremely small size of the anomalies produced by archaeological features suggest that the method may well be impractical. However, even so, it was thought that for a few special problems, such as that of chamber tombs, the method

negatívny výsledok…

Ďalšie príspevky a pokusy:

- Fajklewicz, 1964–2000
  (hlavne prieskum prepadov od starých banských diel)

- Neumann, 1972–1979 (všeobecne – detekcia dutín)

- Omnes, 1976–1977 (antropogénne dutiny, jaskyne)

- Styles, Cuss, 1980-2020 (rôzne typy aplikácií)

- československá škola (Blížkovský, Mrlina a ďalší)

- pokračovanie v súčasnosti u nás (ale aj v DE, IT, ESP)

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

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 tiažového 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)

korekcie gravitačného účinku 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)

klášter a kostol KATARÍNKA

VÝSLEDKY GEOFYZIKÁLNEHO PRIESKUMU

(1998 - 2000)

poloha lokality Katarínka

pohľady na reliéf terénu

lokalita Katarínka - podklady pre digitálny model terénu

mikrograv. merania v lodi kostola

zmeraných 428 bodov

prístroj: Sodin 214GT

Katarínka - model a účinok múrov

Katarínka - model a účinok sute

lokalita Katarínka - pokus o èiastoèné odkrytie (- úèinok sute)

reziduálne anomálie
pre 2.4 g.cm $^{-3}$

reziduálne anomálie
pre 2.4 g.cm $^{-3}$
bez úèinku sute , hustota (-0.6 g.cm $^{-3}$)

mikrogravimetria - presné meranie zemskej gravitácie

princíp merania

praktické meranie v teréne

výsledky z oblasti lode kostola

ANOMÁLNE PREJAVY KRÝPT PODĽA MIKROGRAVIMETRIE

overenie anomálie - leto 2000

overenie anomálie - leto 2000

a)

b)

úplné otvorenie krypty - leto 2001

rez kryptou - leto 2001

Dechtice – Sv. Katarína
Zisťovací archeologický výskum
Dátum: 01.07. – 31.08. 2000/2001
Zameral: Urminský
Západoslovenské múzeum Trnava

Kostol sv. Kataríny: Sonda III/2000-2001
Krypta - rez

LEGENDA
1 – Sutina zmiešaná s omietkou a tmavou humóznou vrstvou
2 – Zlomky tehál a ľudských kostí premiešané s tmavou humóznou vrstvou
3 – Zlomky tehál, strešnej krytiny a sutiny, zvyšky driev z rakiev
4 - Tmavý humózny zásyp
5 – Sutina, kamene, celé tehly, ojedinelo ľudské kosti
6 – Zhluky vzpriečených tehál vytvárajúcich menšie dutiny, sutina, tesne nad úrovňou dna koncentrácia ľudských kostí v sekundárnych polohách, drobné kovové nálezy (ozdoby), klince drevo z rakiev zdobené nitmi
7 – Kamenný architektonický článok
8 – Obvodové murivo krypty

nálezy z krypty - leto 2001

uzavretie krypty - leto 2001

rok 2012:

mikrogravimetria:

(použitý už modernejší prístroj Scintrex CG-5)

namodelovaný a následne odkrytý účinok známej (odkopanej) krypty

prejav ďalšej krypty

rok 2012:

mikrogravimetria + GPR:

rok 2013 - 2014:

otvorenie krypty

rok 2012: **pri všetkých zapojených metódach boli použité postupy „state-of-the art“, čiže najmodernejšie – čo sa týka prístrojového vybavenia a aj počítačového spracovania**

starší prístup

novší prístup

na výpočet účinkov múrov tu bol použitý nový (fotogrametrický) prístup, vedúci k tvorbe 3D modelu z polyhédrov

georadarový a mikrogravimetrický prieskum „kostol sv. Kataríny, BŠ“

gravimetria – Scintrex CG-5
GPR – GSSI 400 MHz

neúplná Bouguerova anomália (2.0 g.cm^{-3})

GPR horiz. amplitúdový rez

GPR vert. rez (originál)

GPR vert. rez (interpret.)

georadarový a mikrogravimetrický prieskum „kostol sv. Kataríny, BŠ“

prvý krát v SR:
použitie metódy ERT vo vnútri historickej budovy

zatiaľ archeologicky neoverené

georadarový a mikrogravimetrický prieskum „Dóm sv. Martina, BA“

prieskum apsidy:
gravimetria – Scintrex CG-5
GPR – GSSI 400 MHz

georadarový a mikrogravimetrický prieskum „Dóm sv. Martina, BA“

zatiaľ neznámy dutý priestor

pôdorys modrou farbou – známe krypty

príkladové štúdie (mikrogravimetria) SR

mikrogravimetrický prieskum veľkej terasy Oravského zámku (2005)

študovaná lokalita – veľká terasa Oravského zámku

cieľom prieskumu bolo nájsť možné prejavy existencie tzv. kazemát (spojovacích chodieb medzi tunelom a opevnením)

pohľad od prístupovej cesty na zámok

pohľad od altánku (glorietu) smerom k prístupovej ceste na zámok

pohľad od altánku (glorietu) smerom k tretiemu nádvoriu

- vymedzenie a vytýčenie meraného územia

sieť bodov 1 x 1 m v lokálnych súradniciach

priebeh meraného “g“

merané g

digitálny topografický model

výrazný prejav ostrej hrany za múrmi (vzduch = chýbajúce hmoty = pokles g)

mapa úplných Bouguerovvých anomálií

gravitačný efekt múrov

model múrov

až po aplikovaní všetkých korekcií (aj opravy o gravit. účinok múrov) sa v mape úplných Bouguerových anomálií prejaví prítomnosť tunelu a ostatných hustotných nehomogenít

výsledky – Oravský zámok, veľká terasa

3D model tunelu

gravitačný efekt tunelu

finálny výsledok:
tzv. "odkryté" Boguerove anomálie
(odstránený prejav tunelu)

dôležitá anomálna oblasť – prejav časti kazemát?

Cheopsova pyramída, Egypt – francúzsky mikrogravimetrický projekt

Cheopsova pyramída, Egypt – francúzsky mikrograv. projekt

štruktúra pyramídy

merané priestory

samotné meranie

veľká galéria

kráľovská komnata

odhad. chyba: 2-10 μGal

Cheopsova pyramída, Egypt – francúzsky mikrograv. projekt

tvorba Bouguerovej anomálie
- odstránenie gravitačných účinkov známych štruktúr

model hustotného „rozvrstvenia“ pyramídy

známe dutiny

Cheopsova pyramída, Egypt – francúzsky mikrograv. projekt

výsledky

hlavný výsledok:

zistenie dominantnej negatívnej anomálie v západnej časti prístupovej chodby do „královninej“ pohrebnej miestnosti

overenie anomálie:

3 vrty dosiahli po 2.1 m dutinu vyplnenú pieskom, (modelovaný objem dosahuje až 40 m^3)

Cheopsova pyramída, Egypt – francúzsky mikrograv. projekt

výsledky – možná interpretácia

Densities of the large block structure of the Cheops Pyramid.

zvyšok pieskovej rampy (?)

Zaujímavosť – objavenie novej dutiny (tzv. Big Void)
v Cheopsovej pyramíde pomocou registrácie kozmického žiarenia (muóny).

Zaujímavosť – objavenie novej dutiny (tzv. Big Void)
v Cheopsovej pyramíde pomocou registrácie kozmického žiarenia (muóny).

Zaujímavosť – objavenie novej dutiny (tzv. Big Void)
v Cheopsovej pyramíde pomocou registrácie kozmického žiarenia (muóny).

modelované
4 scenáre
(výška 5 a 7 m)

Zaujímavosť – objavenie novej dutiny (tzv. Big Void)
v Cheopsovej pyramíde pomocou registrácie kozmického žiarenia (muóny).

Hrubá izočiara približne vymedzuje plochu, na ktorej by mohla byť daná dutina „merateľná“ pomocou súčasných moderných gravimetrov.

Journal of Archaeological Science: Reports 43 (2022) 103464

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Archaeological Science: Reports

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jasrep

The discovery of the "muons-chamber" in the Great pyramid; could high-precision microgravimetry also map the chamber?

R. Pašteka [a,*], P. Zahorec [b], J. Papčo [c], J. Mrlina [d], H.-J. Götze [e], S. Schmidt [e]

[a] Department of Engineering Geology, Hydrogeology and Applied Geophysics, Faculty of Natural Sciences, Comenius University, Ilkovičova 6, 842 48 Bratislava, Slovak Republic

[b] Division of Geophysics, Earth Science Institute of the Slovak Academy of Sciences, Dúbravská cesta 9, 840 05 Bratislava, Slovak Republic

[c] Department of Theoretical Geodesy and Geoinformatics, Faculty of Civil Engineering, Slovak University of Technology, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, Slovak Republic

[d] Institute of Geophysics of the Czech Academy of Sciences, Boční II/1401, 141 31 Prague 4, Czech Republic

[e] Department of Geophysics, Institute for Geosciences, Christian-Albrechts University, Otto-Hahn-Platz 1, 24118 Kiel, Germany

ARTICLE INFO

Keywords:
Pyramid chamber
3D gravity model
Microgravity measurement
Muon scanning
Big Void
Archaeogeophysics

ABSTRACT

In this study we have investigated the question as to whether highly accurate microgravimetric measurements on the side of a pyramid could also map the recently discovered "muon chamber" in the Great Pyramid of Giza in Egypt. Exploiting the technical capabilities of modern gravimeters, we performed three-dimensional model calculations with realistic model parameters obtained from published literature. Under ideal experimental conditions researchers are able to measure relatively small gravity effects around -1×10^{-7} ms^{-2}. However, to transfer the model scenario to investigating the real-world pyramid chamber we need to know what the chamber may contain – such knowledge can help in estimating a more realistic result.