



GODETICKÝ a KARTOGRAFICKÝ

obzor

obzor

Český úřad zeměměřický a katastrální
Úrad geodézie, kartografie a katastra
Slovenskej republiky

10/2022

Praha, říjen 2022
Roč. 68 (110) ● Číslo 10 ● str. 189–208

Obsah

Ing. Barbora Korekáčová, prof. Ing. Juraj Janák, Ph.D.
Variácie ľadovcovej pokrývky vybraných ostrovov súostrovia Špicbergy z dát družicových misií GRACE a GRACE - Follow On 189

Doc. Ing. Pavel Hánek, CSc., Ing. Pavel Hánek, Ph.D.
Georg Friedrich von Reichenbach a jeho doba ... 196

Z MEZINÁRODNÍCH STYKŮ 201

SPOLEČENSKO-ODBORNÁ ČINNOST 202

ZPRÁVY ZE ŠKOL 206

LITERÁRNÍ RUBRIKA 208

Katedra globálnej geodézie a geoinformatiky
KGGI
Stavebnej fakulty STU v Bratislave



Slovenská spoločnosť geodetov a kartografov
SSGK
Člen Zväzu slovenských vedeckotechnických spoločností

Geodetický a kartografický ústav v Bratislave
GKÚ
Rozpočtová organizácia ÚGKK SR



**Vás pozývajú
na medzinárodnú konferenciu**

TATRY 2022 GLOBÁLNA GEODÉZIA A GEOINFORMATIKA 70 ROKOV KATEDRY KGGI

24. a 25. 11. 2022

MIESTO KONANIA

Hotel SOREA TRIGAN *** Štrbské Pleso



TÉMY KONFERENCIE

- Globálna geodézia, geodetické základy, fyzikálna geodézia a geodynamika
- Geoinformatika, geografické informačné systémy a priestorové dáta
- Projekty, výsledky a skúsenosti z oblasti globálnej geodézie a geoinformatiky

Kontakt: E-mail: ssgk@ssgk.sk, VV SSGK, Kocel'ova 15, 821 08 Bratislava

Variácie ľadovcovej pokrývky vybraných ostrovov súostrovia Špicbergy z dát družicových misií GRACE a GRACE-Follow On

Ing. Barbora Korekáčová,
prof. Ing. Juraj Janák, PhD.,
Katedra globálnej geodézie
a geoinformatiky, Stavebná fakulta,
Slovenská technická univerzita v Bratislave

Abstrakt

Družicové misie GRACE a GRACE-FO poskytujú dáta vhodné na modelovanie zmien tiažového poľa Zeme. Článok popisuje proces výpočtu časových variácií ľadovcovej hmoty na vybraných ostrovoch súostrovia Špicbergy, ktorá sa prejavuje variáciou tiažového poľa Zeme. Z globálnych geopotenciálnych modelov misií GRACE a GRACE-FO boli určené zmeny tiažového poľa v záujmovej oblasti vzhľadom k dlhodobému priemeru, vyjadrené v metrickej miere veličinou nazývanou ekvivalentná výška vodného stĺpca. Spomínaná misia GRACE a GRACE-FO nedokáže dostatočne presne odhadnúť geopotenciálne koeficienty stupňa 1, 2 a 3, a preto je jedným z cieľov článku posúdenie štatistickej významnosti rozdielov v modelovaní hmoty v prípade nahradenia týchto koeficientov. Použitie štatistického Studentovho testu ukázalo, či sa hodnoty vypočítané z pôvodných a modifikovaných globálnych geopotenciálnych modelov významne odlišujú. Výsledky sú percentuálne vyjadrené v článku. Hlavným cieľom bolo určiť z globálnych geopotenciálnych modelov GRACE alebo GRACE-FO v kombinácii s hydrologickým modelom GLDAS NOAH a modelom postglaciálneho izostatického vyrovnania založeného na ľadovcovej histórii ICE-5G časový rad znázorňujúci zmeny celkovej ľadovcovej hmoty pokrývajúcej štyri najväčšie ostrovy súostrovia Špicbergy a odhadnúť jej lineárny trend v zmysle ekvivalentnej výšky vodného stĺpca.

Ice Mass Variations of Selected Svalbard Archipelago Islands Based on GRACE and GRACE-Follow On Data

Abstract

GRACE and GRACE-FO satellite missions provide us with important data necessary for temporal gravity field variations modelling. This paper describes the computational process of ice mass variations of land ice on selected Svalbard archipelago islands derived from gravity field variations. Monthly GRACE and GRACE-FO global geopotential models were used to evaluate the gravity field variations relative to the long-term average, expressed in a metric measure by the quantity named equivalent water thickness. As the GRACE and GRACE-FO missions are not able to estimate accurately low-degree spherical harmonic coefficients of 1st, 2nd and 3rd order, one aim of the paper is to test, whether their replacement would cause statistically significant improvement in the evaluation. By applying statistical Student test, we determined whether there is a significant change in solutions based on original and modified models. Percentage results of the test are presented. The main aim of the paper was compilation of the ice mass variation time series in the area of selected Svalbard archipelago islands based on the combination of GRACE and GRACE-FO global geopotential models, global hydrological model GLDAS NOAH and GIA model ICE-5G and estimate the value of linear trend in terms of equivalent water thickness.

Keywords: gravity field variation, spherical harmonic coefficients, glacial isostatic adjustment, global hydrological model, ice mass balance

1. Úvod

Družicová misia GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) [1] bola na obežnú dráhu Zeme vynesená 17. 3. 2002 a svoju činnosť ukončila v roku 2017. Pokračujúca misia GRACE-Follow On (GRACE-FO) mapuje tiažové pole Zeme od 22. 5. 2018 až doteraz. Kombináciou dát družicových misií teda dokážeme s približne ročnou prestávkou modelovať a analyzovať geodynamické javy po dobu takmer dvadsiatich rokov.

Obe misie sú tvorené dvojicou družíc ktoré, obiehajú okolo zemského povrchu, veľmi presne merajú svoju vzájomnú vzdialenosť. Družicový pár reaguje na aktuálne tiažové pole Zeme spomalením alebo zrýchlením najprv jednej a následne druhej družice, čím dochádza k zmenám ich vzájomnej vzdialenosti.

Družice svoju konfiguráciu nad zemským povrchom zopakujú približne každých 30 dní. Z meraní ich vzájomných vzdialeností je preto možné zostaviť mesačné glo-

bálne geopotenciálne modely (GGM) tiažového poľa Zeme do vybraného stupňa a rádu sférických harmonických koeficientov (SHK). Spracovaním mesačných GGM získavame informáciu o mesačných zmenách v tiažovom poli Zeme, ktoré sú prevažne spôsobené presunmi hmôt v hydrosfére. Pri analýze prírodných javov sú najčastejšie používanými GGM modely do stupňa a rádu sférických harmonických koeficientov $n_{\max} = 60$, na základe ktorých dokážeme podľa [2] modelovať časové zmeny s priestorovým rozlíšením približne 300 km.

Cieľom práce je určenie variácií množstva ľadovcovej hmoty vyjadrenej v zmysle ekvivalentnej výšky vodného stĺpca v oblasti vybraných ostrovov súostrovia Špicbergy. Praktický experiment je realizovaný na základe globálnych geopotenciálnych modelov družicových misií GRACE a GRACE-FO s modifikovanými hodnotami vybraných sférických harmonických koeficientov (SHK). Pri výpočte boli použité údaje z globálnych hydrologických modelov a uvážený efekt postglaciálneho izostatického vyrovnania.

2. Dáta a metódy

Celkový gravitačný signál zachytený družicami misie GRACE je generovaný hmotami zemského telesa, hydrosféry a atmosféry. Pri spracovaní signálu do mesačných modelov tiažového poľa je vplyv atmosféry a oceánu odstránený ešte pred ich tvorbou, použitím 6-hodinových meteorologických modelov centra ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecast) [3].

Aby sme z gravitačného signálu obsiahnutého v tiažových modeloch Zeme získali len náš požadovaný parameter, ktorým je v tomto prípade variácia ľadovcovej hmoty (ΔIMB – Ice Mass Balance) vyjadrená v zmysle výšky vodného stĺpca pomocou jednotiek cm w.e. (w.e. – water equivalent), je potrebné vysporiadať sa aj so všetkými ostatnými prispievajúcimi parametrami, teda s gravitačným signálom litosféry a zostávajúcich zložiek hydrosféry.

2.1 Určenie variácií celkovej výšky vodného stĺpca z modelov tiažového poľa Zeme

Pri výpočte variácií ľadovcových hmôt bolo použitých 198 dekorelovaných mesačných modelov tiažového poľa Zeme spracovateľského centra CSR (Center for Space Research, The University of Texas in Austin) do stupňa a rádu SHK 60. Modely sú dostupné na webovej stránke služby ICGEM [4]. Pri analýzach geodynamických javov však tieto modely nie sú postačujúce v takej forme, v akej sú poskytované, a je potrebné ich modifikovať.

Súčasťou definície družicových misií GRACE a GRACE-FO je použitie geocentrického súradnicového systému. Jeho začiatok je totožný s dlhodobým priemerom polohy geocentra a sférické harmonické koeficienty prvého stupňa, vyjadrujúce umiestnenie telesa aproximujúceho Zem v rámci súradnicového systému, sú preto konštantné. Geocentrum ako hmotný stred Zeme však reaguje na presuny zemských hmôt zmenou svojej polohy v čase, čím zároveň dochádza k zmenám koeficientov prvého stupňa. Presuny geocentra (voči jeho fixnej polohe v geocentrickom súradnicovom systéme) je nutné uvážiť pri skúmaní javov súvisiacich s pohybom zemských hmôt. Jednou z metód, ktoré sa v súčasnosti využívajú pri monitorovaní polohy geocentra, je laserová lokácia družíc (SLR) [5]. Sférické harmonické koeficienty prvého stupňa ($C_{1,0}$, $C_{1,1}$, $S_{1,1}$) boli nahradené hodnotami z dátového súboru GRACE / GRACE-FO Geocenter Coefficients CSR RL06 [6], ktorý však nie je súčasťou oficiálnej dokumentácie družicových misií, a v súčasnosti nie je priebežne dopĺňaný so stále pribúdajúcimi mesačnými modelmi misie GRACE-FO.

Sférický harmonický koeficient $C_{2,0}$ súvisiaci so sploštním Zeme, je družicovými misiami GRACE a GRACE-FO určený s nedostatočnou presnosťou. Pri spracovaní dát misie GRACE je preto žiaduce jeho nahradenie presnejšie určenými hodnotami. Metóda, ktorá sa pri určovaní koeficientu $C_{2,0}$ ukázala ako spoľahlivejšia, je laserová lokácia družíc [7].

Rovnako aj v prípade koeficientu $C_{3,0}$ je vhodné nahradiť ho hodnotami určenými pomocou SLR. Dôvodom jeho nedostatočne presného určenia misiami GRACE alebo GRACE-FO sú výpadky vo fungovaní akcelerometrov na družiciach. Pomocou laserovej lokácie družíc však mohol byť sférický harmonický koeficient $C_{3,0}$ určený s lepšou presnosťou ako pomocou GRACE až po štarte družicovej misie LARES v roku 2012. Zavedenie korekcií koeficientu $C_{3,0}$ je dôležité najmä pri výpočtoch v oblasti Antarktídy [7].

Pri zmene koeficientov $C_{2,0}$ a $C_{3,0}$ bol použitý súbor koeficientov NASA GSFC SLR C20 and C30 solutions [7], ktoré sú určené na základe laserovej lokácie družíc LAGEOS-1, LAGEOS-2, Stella, Starlette, AJISAI, LARES a Larets [7]. Koeficienty $C_{2,0}$ sú dostupné pre celé obdobie trvania misií GRACE a GRACE-FO, koeficienty $C_{3,0}$ sú dostupné až od roku 2012, sú však taktiež aktualizované s pribúdajúcimi mesačnými geopotenciálnymi modelmi GRACE-FO.

Pomocou takto modifikovaných globálnych geopotenciálnych modelov je možný prepočet gravitačného signálu na jemu ekvivalentnú celkovú výšku vodného stĺpca, ktorú označujeme EWT – Equivalent Water Thickness. Aby sme získali časové variácie tejto veličiny (ΔEWT) vzhľadom k dlhodobému priemeru, od mesačných GGM odpočítavame referenčný model, ktorým bol v tejto práci statický model tiažového poľa Zeme GGM05C [8]. Výpočet ΔEWT bol vykonaný podľa vzťahu (14) uvedenom v [9] v prostredí softvéru GrafLab [10].

Aby sme zistili, či je dôsledok zmeny spomínaných sférických harmonických koeficientov štatisticky významný, bol za predpokladu normálneho rozdelenia pravdepodobnosti vykonaný Studentov test na overenie rovnosti stredných hodnôt. Testovali sme modely variácií EWT v oblasti Špicberských ostrovov, ktoré boli vypočítané na základe štyroch typov vstupných dát. Prvým typom boli globálne geopotenciálne modely v takej forme, v akej boli získané zo služby ICGEM [4], čiže iba z dát družicových misií GRACE alebo GRACE-FO. Pre zjednodušenie si tento typ vstupných dát označíme ako GGM0. Následne boli v týchto pôvodných mesačných modeloch nahradené koeficienty prvého stupňa $C_{1,0}$, $C_{1,1}$, $S_{1,1}$, čím sme získali druhý typ vstupných dát, ktorý označíme GGM1. V treťom type vstupných dát GGM2 boli v pôvodných globálnych geopotenciálnych modeloch nahradené sférické harmonické koeficienty $C_{1,0}$, $C_{1,1}$, $S_{1,1}$ a $C_{2,0}$ a v poslednom – GGM3, koeficienty $C_{1,0}$, $C_{1,1}$, $S_{1,1}$, $C_{2,0}$, $C_{3,0}$. Získali sme tak 4 množiny modelov variácií EWT, ktorých stredné hodnoty sme testovali.

2.2 Odstránenie vplyvu litosféry a hydrosféry

Najvýraznejší vplyv litosféry na gravitačný signál zachytený družicami misií GRACE môžeme pozorovať pôsobením javu, ktorý nazývame postglaciálne izostatické vyrovnanie (Glacial Isostatic Adjustment – GIA). Ide o reakciu elastickej Zeme na postupný úbytok ľadovcov od konca posledného glaciálneho maxima, teda o postupný zdvih zemskej kôry trvajúci približne 21 000 rokov. Táto zmena má lineárny charakter a prejavuje sa najmä v oblasti severnej Kanady, Grónska, v Škandinávii a Antarktíde [11]. Korekcia z postglaciálneho izostatického vyrovnania bola zavedená na základe frekventovane používaného modelu od Geruo A [12]. Jedným z produktov [12] sú aj hodnoty korekcie z postglaciálneho izostatického vyrovnania prepočítané na hodnoty výšky vodného stĺpca.

Zostávajúce zmeny tiažového poľa Zeme sú spôsobené variáciami vodného obalu Zeme, teda presunmi kontinentálnej vody, snehu a ľadu. Do výpočtu variácií ľadovcovej hmoty je preto potrebné zahrnúť aj parametre ako vlhkosť pôdy a množstvo vody obsiahnutej vo vegetácii [11]. Hydrologické parametre vlhkosť pôdy (SM – Soil Moisture), množstvo vody obsiahnuté v snehovej pokrývke (SWE – Snow Water Equivalent), a množstvo vody obsiahnuté vo vegetácii (CAN – Canopy Water Storage) sú súčasťou mesačných hydrologických modelov GLDAS NOAA Land

Surface Model [13] s priestorovým rozlíšením $0,25^\circ \times 0,25^\circ$. Keďže pri spracovaní dát družicových misií GRACE a GRACE-FO pracujeme s hodnotami vztiahnutými k ich dlhodobému priemeru, aj hodnoty hydrologických parametrov sú určované vzhľadom k ich dlhodobému priemeru a označené ΔSM , ΔSWE a ΔCAN .

2.3 Určenie variácií ľadovcovej pokrývky

Variácie ľadovcovej hmoty ΔIMB boli určené odčítaním všetkých spomenutých parametrov od modelu variácií celkovej ekvivalentnej výšky vodného stĺpca ΔEWT podľa vzťahu (1):

$$\Delta IMB = \Delta EWT - GIA - \Delta SM - \Delta SWE - \Delta CAN. \quad (1)$$

Vypočítaná veličina ΔIMB je uvádzaná v zmysle výšky vodného stĺpca, čo znamená, že zmena objemu ľadovca je vyjadrená prostredníctvom zmeny výšky vodného stĺpca vody, ktorá by vznikla roztopením ľadovca, na jednotku plochy. Z variácií ľadovcovej hmoty bol odhadnutý lineárny trend charakterizujúci priemernú zmenu tejto hmoty v čase.

3. Definícia záujmovej oblasti

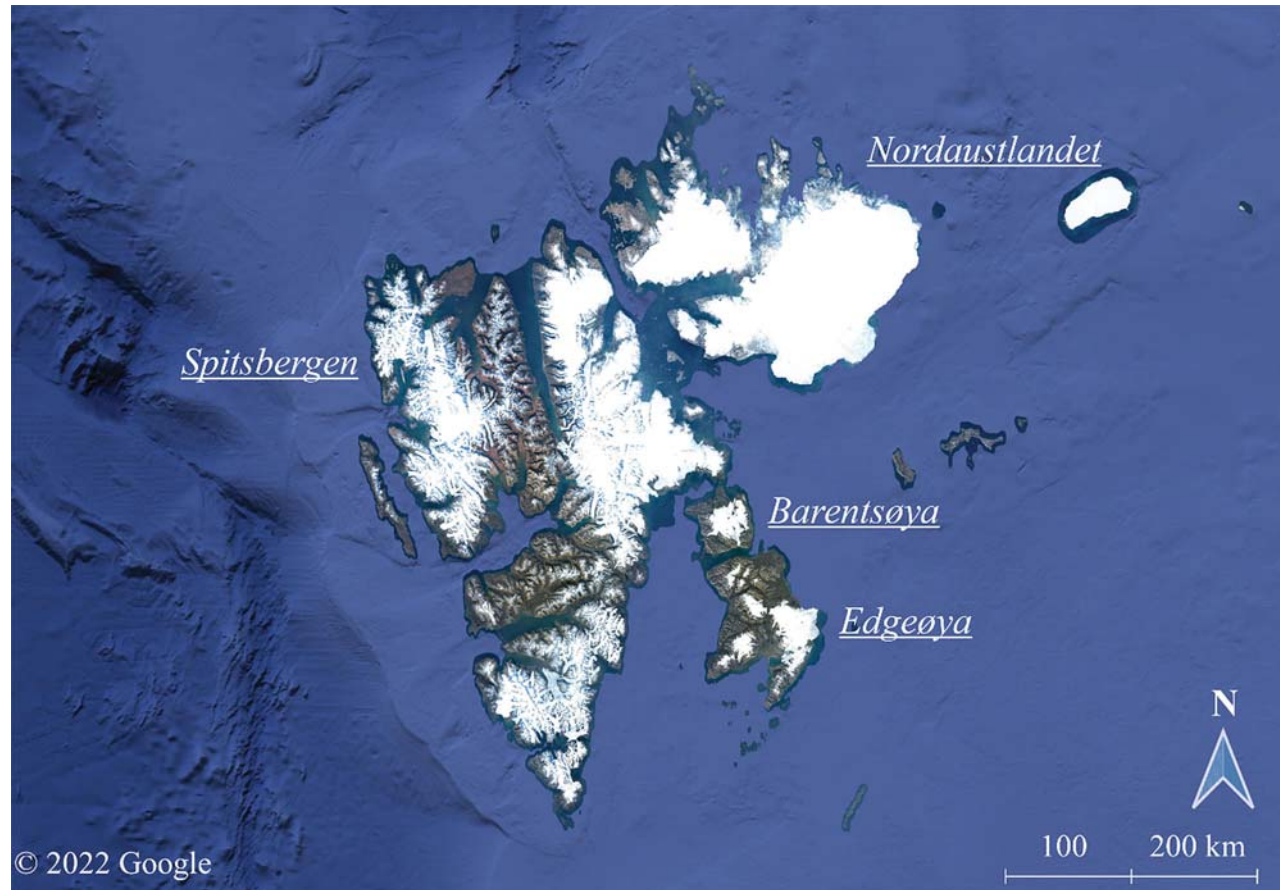
Predmetom praktického experimentu bolo určenie variácií ľadovcovej hmoty vyjadrených v zmysle ekvivalentnej výšky

vodného stĺpca. Výpočet bol vykonaný pre štyri najväčšie ostrovy súostrovia Špicbergy – Spitsbergen (~ 37 800 km²), Nordaustlandet (~ 14 500 km²), Barentsøya (~ 5 000 km²) a Edgeøya (~ 1 300 km²), ktoré sú znázornené na obr. 1. Súostrovie Špicbergy je z každej strany obkolesené morom a oceánom. Zo severu ho obmýva Arktický oceán, z východnej strany Barentsovo, z juhu Nórske a zo západu Grónske more. Keďže oceánsky gravitačný účinok je z mesačných modelov tiažového poľa Zeme odstránený už pri ich spracovaní, príspevok spomínaných morí a oceánu pri spracovaní dát GRACE a GRACE-FO je v oblasti Špicbergských ostrovov nulový. Pri použití modelov do stupňa 60 a z toho vyplývajúceho priestorového rozlíšenia 300 km sa teda v okolí súostrovia nenachádza žiadne teleso generujúce gravitačný signál, ktorého účinok by bolo potrebné pri spracovaní odstrániť.

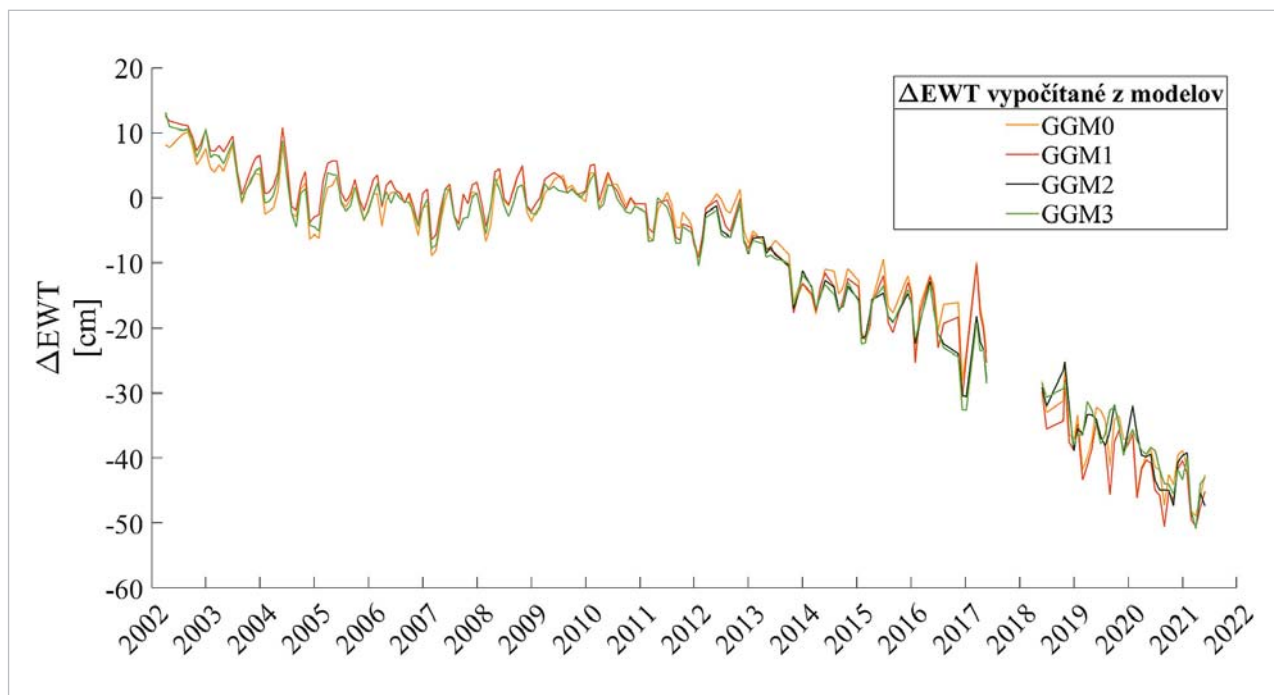
4. Výsledky experimentu

Na základe modelov GGM0, GGM1, GGM2 a GGM3 (viď časť 2.1) boli vypočítané štyri množiny mesačných variácií celkovej výšky vodného stĺpca ΔEWT v záujmovej oblasti. Spriemerovaním hodnôt v danej oblasti sme získali časový rad priebehu variácií celkovej ekvivalentnej výšky vodného stĺpca za celé obdobie trvania misií GRACE a GRACE-FO, ktoré sú znázornené na obr. 2.

Postupné nahrádzanie vybraných sférických harmonických koeficientov spôsobilo zmeny vo výsledných časo-



Obr. 1 Súostrovie Špicbergy



Obr. 2 Priebeh variácií celkovej ekvivalentnej výšky vodného stĺpca vypočítaných zo štyroch rôznych typov vstupných globálnych geopotenciálnych modelov

Tab. 1 Zmeny variácií ekvivalentnej celkovej výšky vodného stĺpca spôsobené nahradením vybraných sférických harmonických koeficientov

$\Delta EWT_{GGM1} - \Delta EWT_{GGM0}$	< - 4,4 cm; 4,4 cm >
$\Delta EWT_{GGM2} - \Delta EWT_{GGM0}$	< - 8,4 cm; 9,2 cm >
$\Delta EWT_{GGM3} - \Delta EWT_{GGM0}$	< -9,4 cm; 8,8 cm >

vých radoch ΔEWT . Podľa toho, na základe akého vstupného dátového modelu boli vypočítané, ich označujeme ΔEWT_{GGMi} , pre $i = 0,1,2,3$. Vyčíslenie týchto rozdielov sa nachádza v **tab. 1**.

Aby sme zistili, či sú zmeny vo variáciách celkovej výšky vodného stĺpca štatisticky významné, na všetky zodpovedajúce si mesačné modely ΔEWT sme za predpokladu normálneho rozdelenia pravdepodobnosti aplikovali Studentov test na overenie rovnosti ich stredných hodnôt. Pri stanovení akceptačnej a kritickej oblasti sme vychádzali zo štatistických tabuliek pre objem náhodného výberu 60 a pre hladinu významnosti 5 %, podľa ktorých bola kritická hodnota $t_{0,05}(60)$ rovná 2,003.

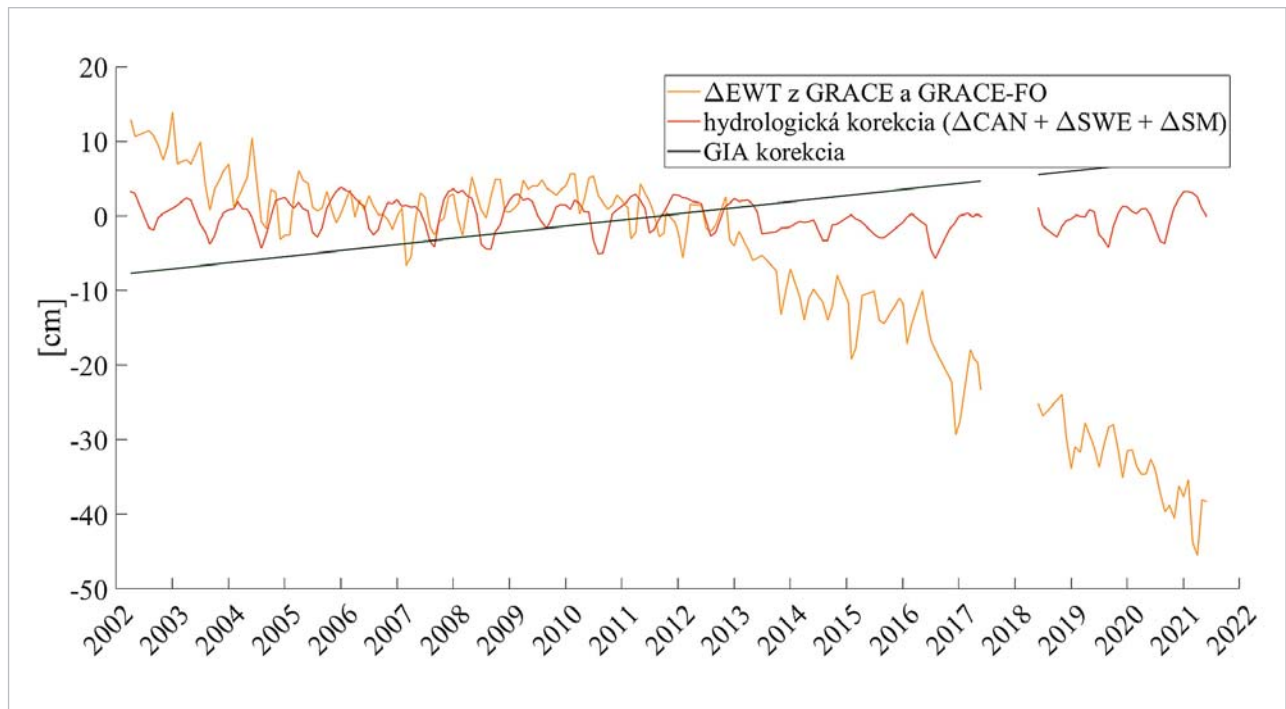
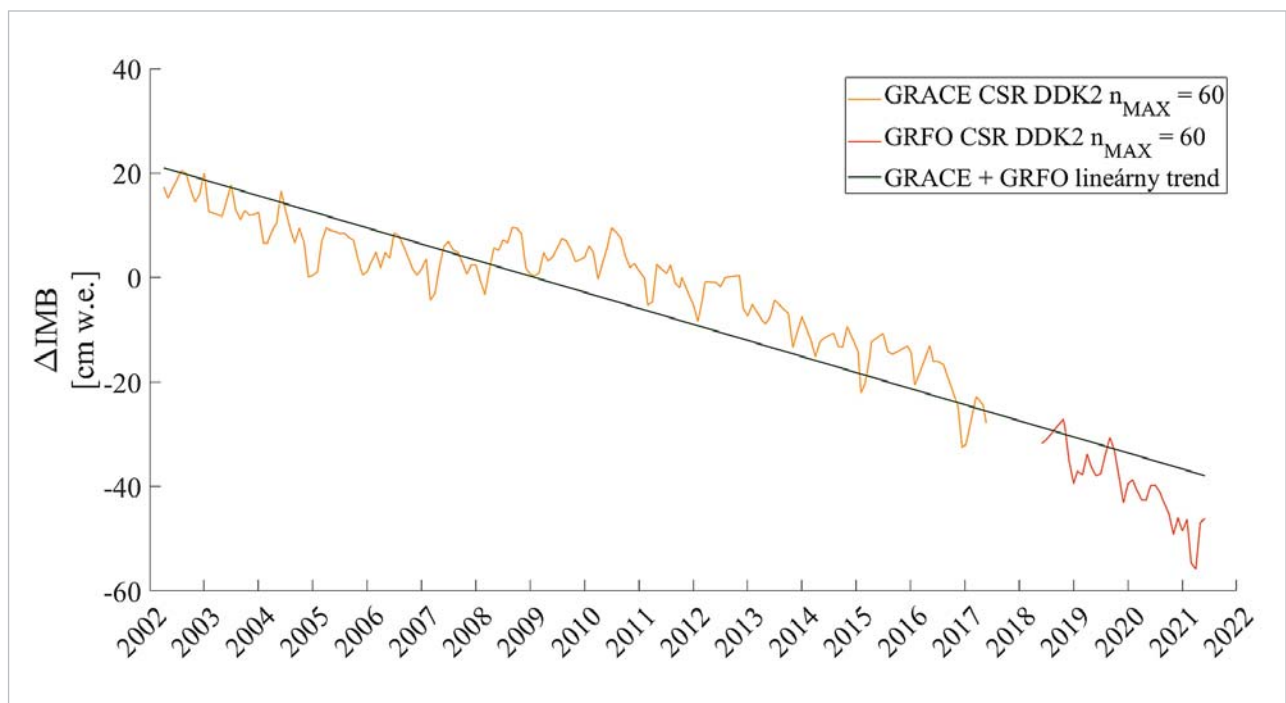
Porovnali sme empirické stredné hodnoty zodpovedajúcich si mesačných modelov variácií EWT v oblasti súostrovia Špicbergy. Pri porovnaní empirických stredných hodnôt zodpovedajúcich si modelov vypočítaných z pôvodných, nemodifikovaných dát (GGM0) a modelov s nahradenými sférickými harmonickými koeficientmi (GGM3), sa do akceptačnej oblasti realizovalo 16 % všetkých testovaných mesačných modelov variácií EWT. Na základe takéhoto testu môžeme povedať, že v prípade zvyšných 84 % zo všetkých mesačných modelov zamietame na hladine

významnosti $\alpha = 0.05$ hypotézu, že modely pochádzajú z normálne rozdelených súborov s rovnakou strednou hodnotou. Variácie celkovej ekvivalentnej výšky vodného stĺpca (znázornené na **obr. 3**) sme preto počítali z modelov verzie GGM03, v ktorých sme nahradili všetky spomenuté sférické harmonické koeficienty.

Z modelu Geruo, A. [12], ktorý GIA korekciu prepočítava na výšku vodného stĺpca, bola pre vybrané ostrovy súostrovia Špicbergy určená korekcia efektu postglaciálneho izostatického vyrovnania na úrovni 0,82 cm/rok (**obr. 3**).

Z modelu GLDAS NOAH [13] boli určené hodnoty mesačných zmien hydrologických parametrov CAN, SWE a SM vzhľadom k ich dlhodobému priemeru (určeného z rokov 2002 - 2021), pohybujúce sa na úrovni od -6 do 4 cm/mesiac (**obr. 3**).

Variácie ľadovcovej hmoty v záujmovej oblasti po odčítaní GIA korekcie a hydrologických parametrov dosahujú hodnoty od -55,9 do 20,5 cm výšky vodného stĺpca (**obr. 4**). Použitím regresnej analýzy bola z dát družicových misií GRACE a GRACE-FO určená ročná zmena ľadovcovej hmoty vypočítanej v zmysle ekvivalentnej výšky vodného stĺpca s hodnotou približne -3.1 cm/rok.

Obr. 3 Priebek ΔEWT po uvážení zmien SHK, hydrologickej a GIA korekcie

Obr. 4 Priebek variácií ľadovcovej hmoty v oblasti súostrovia Špicbergy

Na obr. 4 môžeme v priebehu rokov 2002 až 2005 pozorovať zrýchlený úbytok ľadovca nasledovaný relatívne stabilnou situáciou až do roku 2012, po ktorom začal ľadovec v záujmovej oblasti znova rapídne ubúdať. Takéto zmeny ľadovcovej hmoty sú do roku 2015 potvrdené 1611 lokálnymi meraniami na 101 staniciach nachádzajúcich sa v ablačných a akumulačných oblastiach ľadovcov a ľadov

cových čiapočiek pokrývajúcich Špicberské ostrovy [14]. Merania boli vykonané v rozmedzí rokov 1967 až 2015 a potvrdzujú, že po relatívne stabilnom období medzi rokmi 2005 až 2012 sa počas teplého leta 2013 ablačná oblasť (teda oblasť, v ktorej úbytok ľadovcovej hmoty prevláda nad jej dopĺňaním) rozšírila, čo malo za následok ďalšie topenie špicberských ľadovcov a ľadovcových čiapočiek.

5. Záver

Práca sa zaoberá určením variácií množstva ľadovcovej hmoty pokrývajúcej územie štyroch najväčších ostrovov súostrovia Špicbergy – Spitsbergen, Nordaustlandet, Barentsøya a Edgeøya. Vybrané sférické harmonické koeficienty určené z meraní družicových misií GRACE a GRACE-FO boli nahradené odhadnutými hodnotami získanými pomocou laserovej lokácie družíc. Studentovým testom na overenie stredných hodnôt sme zistili, že modifikácia sférických harmonických koeficientov má význam v prevažnej väčšine mesačných modelov. V riešenom území zmenila priebeh variácií celkovej výšky vodného stĺpca o hodnoty od -9,9 po 8,4 cm. Odpočítaním hydrologických parametrov vyjadrujúcich množstvo vody obsiahnuté v snehovej pokrývke, vegetácii a pôde a efektu z postglaciálneho izostatického vyrovnania boli určené mesačné zmeny ľadovcovej hmoty na úrovni -55,8 až 20,5 cm v zmysle ekvivalentnej výšky vodného stĺpca. Z variácií ľadovcovej hmoty bol pomocou regresnej analýzy odhadnutý lineárny trend, podľa ktorého ľadovcová hmota pokrývajúca ostrovy súostrovia Špicbergy ubúda s rýchlosťou približne 3,1 cm/rok v zmysle ekvivalentnej výšky vodného stĺpca.

Podakovanie

Článok vznikol s podporou grantovej agentúry VEGA v rámci riešenia projektu VEGA 1/0809/21: Spoločné vyhodnotenie variácie vodných hmôt a ľadovej pokrývky na základe dát družicových misií GRACE, SWARM a GRACE-FO.

LITERATÚRA:

- [1] TAPLEY, B. D.-BETTADPUR, S.-WATKINS, M.-REIGBER, C.: The gravity recovery and climate experiment: Mission overview and early results. *Geophysical Research Letters*, 31, L09607, 2004. doi: 10.1029/2004GL019920.
- [2] BARTHELMES, F.: Definition of functionals of the geopotential and their calculation from spherical harmonic models: theory and formulas used by the calculation service of the International Centre for Global Earth Models (ICGEM); revised Edition (Scientific Technical Report; 09/02) [online]. Potsdam, GeoForschungsZentrum GFZ, 2013, 32 p. ISSN 1610-0956. doi:10.2312/GFZ.b103-0902-26.
- [3] GRACE Level-1B Atmosphere and Ocean De-aliasing Product (GRACE AOD1B). GFZ German Research Centre for Geosciences. [cit. 2021-9-27]. Dostupné z: <https://www.gfz-potsdam.de/en/aod1b/>.
- [4] INCE, E. S.-BARTHELMES, F.-SVEN REISSLAND, S.-ELGER, K.-FÖRSTE, Ch.-FLECHTNER, F.-SCHUH, H.: ICGEM – 15 years of successful collection and distribution of global gravitational models, associated services, and future plans. *Earth System Science Data* [online]. 2019, 11(2), 647-674 [cit. 2021-9-27]. ISSN 1866-3516. Dostupné z: doi:10.5194/essd-11-647-2019.
- [5] SUTTERLEY, T. C.-VELICOGNA, I.: Improved Estimates of Geocenter Variability from Time-Varying Gravity and Ocean Model Outputs. *Remote Sensing* [online]. 2019, 11(18) [cit. 2021-9-27]. ISSN 2072-4292. Dostupné z: doi:10.3390/rs11182108.
- [6] Geocenter Estimates from Time-Varying Gravity and Ocean Model Outputs. [cit. 2021-9-27]. Dostupné z: https://figshare.com/articles/dataset/Geocenter_Estimates_from_Time-Varying_Gravity_and_Ocean_Model_Outputs/7388540?file=30419823.
- [7] LOOMIS, B. D.-RACHLIN, K. E.-WIESE, D. N.-LANDERER, F. W.-LUTHCKE, S. B.: Replacing GRACE/GRACE-FO With Satellite Laser Ranging: Impacts on Antarctic Ice Sheet Mass Change. *Geophysical Research Letters* [online]. 2020, 47(3) [cit. 2021-9-27]. ISSN 0094-8276. Dostupné z: doi:10.1029/2019GL085488.
- [8] RIES, J.-BETTADPUR, S.-EANES, R.-KANG, Z.-KO, U.-MCCULLOUGH, C.-NAGEL, P.-PIE, N.-POOLE, S.-RICHTER, T.-SAVE, H.-TAPLEY, B.: The Combined Gravity Model GGM05C. GFZ Data Services. [cit. 2021-9-27]. 2016. Dostupné z: <https://doi.org/10.5880/icgem.2016.002>.
- [9] WAHR, J.-MOLENAAR, M.-BRYAN, F.: Time variability of the Earth's gravity field: Hydrological and oceanic effects and their possible detection using GRACE. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* [online]. 1998, 103(B12), 30205-30229. [cit. 2021-9-27]. ISSN 01480227. Dostupné z: doi:10.1029/98JB02844.
- [10] BUCHA, B.-JANÁK, J.: A MATLAB-based graphical user interface program for computing functionals of the geopotential up to ultra-high degrees and orders. *Computers & Geosciences* [online]. 2013, 56, 186-196 [cit. 2021-9-27]. ISSN 00983004. Dostupné z: doi:10.1016/j.cageo.2013.03.012.
- [11] SWENSON, S.-WAHR, J.-MILLY, P. C. D.: Estimated accuracies of regional water storage variations inferred from the Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE). *Water Resources Research* [online]. 2003, 39(8) [cit. 2021-9-27]. ISSN 00431397. Dostupné z: doi:10.1029/2002WR001808.
- [12] GERUO, A.-WAHR, J.-ZHONG, S.: Computations of the viscoelastic response of a 3-D compressible Earth to surface loading: an application to Glacial Isostatic Adjustment in Antarctica and Canada. *Geophysical Journal International* [online]. 2012, 192(2), 557-572 [cit. 2021-9-27]. ISSN 0956-540X. Dostupné z: doi:10.1093/gji/ggs030.
- [13] RODELL, M.-HOUSER, P. R.-JAMBOR, U. et al.: The Global Land Data Assimilation System. *Bulletin of the American Meteorological Society* [online]. 2004, 85(3), 381-394 [cit. 2021-9-27]. ISSN 0003-0007. Dostupné z: doi:10.1175/BAMS-85-3-381.
- [14] NOËL, B.-JAKOBS, C. L.-VAN PELT, W. J. J. et al.: Low elevation of Svalbard glaciers drives high mass loss variability. *Nature Communications* [online]. 2020, 11(1). ISSN 2041-1723. doi:10.1038/s41467-020-18356-1.

Do redakcie došlo: 21. 3. 2022

Lektoroval:
prof. Ing. Pavel Novák, Ph.D.,
Západočeská univerzita v Plzni

XLII. SYMPOZIUM Z DĚJIN GEODÉZIE A KARTOGRAFIE

Pořádá Národní technické muzeum
ve středu 30. listopadu 2022 od 9 hodin



Účastnický poplatek
je 100 Kč, studenti
a senioři 60 Kč.

Národní technické muzeum,
Kostelní 42, 170 78, Praha 7.



www.ntm.cz



PRAŽSKÁ PŘEDMĚSTÍ PRAGUE SUBURBS

DYNAMIKA SOCIÁLNÍHO PROSTŘEDÍ ROSTOUCÍ METROPOLE
THE DYNAMICS OF SOCIAL ENVIRONMENT WITHIN THE GROWING METROPOLIS



5.9.–5.12.2022

PřF UK, Albertov 6
2. patro, předsálí Mapové sbírky

Autoři/Authors:

Mgr. Marie Hornáková
Mgr. Nina Dvořáková, Ph.D.
Doc. RNDr. Martin Ouředníček, Ph.D.
RNDr. Adam Klisák
Mgr. Jan Sýkora
RNDr. Jana Jichová, Ph.D.

RNDr. Jiří Nemeškal
Mgr. Zuzana Kopecká
Mgr. Bohumil Ptáček
Mgr. Jana Hámková
RNDr. Petra Špačková, Ph.D.
RNDr. Ivana Křížková, Ph.D.

Grafička/Graphic designer: Anna Hábová

Pořadatel/Organiser:

Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta
Katedra sociální geografie a regionálního
rozvoje, Urbánní a regionální laboratoř

Charles University, Faculty of Science
Department of Social Geography and
Regional Development
Urban and Regional Laboratory

Poděkování/Acknowledgements:

Projekt č. DG20P020V013 podpořilo v rámci
programu aplikovaného výzkumu a vývoje
národní a kulturní identity (NAKI II)
Ministerstvo kultury České republiky

Project No. DG20P020V013 was supported by
the Ministry of Culture of the Czech Republic
within the program of applied research and
development of national and cultural identity
(NAKI II)

Georg Friedrich von Reichenbach a jeho doba

Doc. Ing. Pavel Hánek, CSc.,
Fakulta stavební ČVUT v Praze,
Ing. Pavel Hánek, Ph.D.,
VÚGTK, v. v. i.
a Zemědělská a technologická fakulta
Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích

Abstrakt

Článek krátce připomíná život a dílo konstruktéra vynikajících geodetických přístrojů Georga Friedricha von Reichenbacha, autora rozšířeného uspořádání os repetičního teodolitu, nebo nitkového (ryskového) dálkoměru, který se stal základem klasické tachymetrie. Zmíněn je též fyzik a astronom Johann von Fraunhofer, autor postupu výroby kvalitních optických skel, a další osobnosti. Naznačen je také následující vývoj přístrojů a souvisejících firem.

Georg Friedrich von Reichenbach and His Time

Abstract

The article briefly recalls the life and work of the designer of excellent geodetic instruments Georg Friedrich von Reichenbach. He was the author of the extended arrangement of the axes of the theodolite or the reticule distance meter. This reticule became the basis of classical tachymetry. Johann von Fraunhofer, the author of the process of producing quality optical glass, is also mentioned. Following development of devices and related companies is indicated as well.

Keywords: Georg Friedrich von Reichenbach, Johann von Fraunhofer, optical glass, reticule, axes of the theodolite

1. Úvod

Přelom 18. a 19. století a doba po napoleonských válkách byly ve znamení prudkého rozvoje občanské společnosti, vzdělanosti a průmyslu. Značných změn v technických, ekonomických a správních souvislostech nutně doznalo též zeměměřičství ve všech svých jednotlivých specializacích, např. vyšší geodézii, geodetických základech, vojenském a katastrálním mapování, vytyčování liniových staveb a ve stavbě potřebných přístrojů a pomůcek. Povšimněme si v následujícím textu přínosu bavorského dělostřeleckého důstojníka, významného konstruktéra geodetických, astronomických a fyzikálních přístrojů a podnikatele v oboru jemné mechaniky, Georga Friedricha von Reichenbacha (24. 8. 1771 – 21. 5. 1826). 250. výročí jeho narození jsme si mohli připomenout v minulém roce. Text též zmiňuje další významné osobnosti a některé navazující skutečnosti, které se v původní podobě už staly součástí historie. Bližší (i když ne vždy vzájemně souhlasící) informace čtenář snadno najde na internetu, především s využitím google.com a Wikipedia.org a v citované literatuře. Některé doplňující údaje, uvedené zejména v poznámkách, jsou převzaty z prací obou autorů tohoto příspěvku [1], [2].



Obr. 1 Georg Friedrich von Reichenbach,
autor Joseph Karl Stieler, zdroj: www.google.com

2. Georg Friedrich von Reichenbach a jeho vrstevníci

Georg Friedrich Reichenbach (obr. 1) se narodil v bádenském Durlachu (dnes část Karlsruhe) v rodině dvorního rytce. Už ve čtrnácti letech vstoupil v Mannheimu do vojenské školy. Zajímal se o konstrukce přístrojů, podle anglického vzoru sestavil sextant. To zřejmě přispělo k tomu,

že v roce 1791 byl vyslán na dvouletou studijní stipendijní cestu do Anglie. Prošel praxí v různých anglických strojírenských dílnách, navštěvoval hvězdárny, u firmy Boulton & Watt se podrobně seznámil s tehdy moderní výrobou parních strojů. V roce 1800 byl povolán do armády a podílel se na reorganizaci bavorského zbrojního průmyslu.

V té době v Bavorsku neexistovala dílna specializovaná na astronomické a měřické přístroje. V roce 1802 založil Reichenbach v Mnichově s podporou bavorské Akademie věd a na popud saského rady Beigela, který řídil bavorské

geodetické práce, dílnu pro výrobu matematických přístrojů (Optisch-mechanische Werkstatt). G. Reichenbach byl v té době už známým konstruktérem astronomických a geodetických přístrojů. Dílna se v roce 1804 za významné spoluúčasti mechanika, vynálezce a výrobce sextantů Josepha Liebherra (1767–1840) a podnikatele a finančníka Josepha von Utzschneidera (1763–1840) změnila na světově známý Matematicko-mechanický ústav (Mathematisch-Feinmechanisches Institut), vyrábějící špičkové přístroje jemné mechaniky a optiky. Přístroje byly obvykle signovány jmény všech tří společníků, často jsou však uváděny jen pod jménem Reichenbach (obr. 2). (Poznámka: Bordův kruh byl přístroj s jedním děleným kruhem pro přesné měření úhlů repeticí v obecné rovině, proložené přístrojem a oběma cíli. Krajnými polohami kruhu byla poloha vodorovná nebo svislá, kdy přístroj přebíral funkce univerzálního teodolitu. Spodní dalekohled sloužil ke kontrole neměnnosti zacílení na pevný bod, tedy ke kontrole stability postavení přístroje.) Mnoho zakázek na měřické pomůcky pocházelo od bavorského státu pro budování trigonometrické sítě a katastrální a vojenská mapování (obr. 3). Po Reichenbachově smrti se dílovedoucím stal optik Georg Merz (1793–1867). Ten se v roce 1839 spojil s Josephem Mahlerem, který již byl vlastníkem společnosti Utzschneider & Fraunhofer. Koupí Matematicko-mechanického ústavu a spojením obou podniků vznikla renomovaná firma G. & S. Merz GmbH, vyrábějící astronomické a jiné optické přístroje.

Je třeba zmínit i související okolnosti. Technik a vysoce postavený bavorský státní úředník Joseph Utzschneider

v roce 1806 (někdy uváděno 1803, 1805) založil optickou dílnu v sekularizovaném klášteře v Benediktbeuren u Mnichova. Sklármu vedl švýcarský optik Pierre-Louis Guinand (1748–1824) a od roku 1809 (1811?) fyzik a astronom Johann von Fraunhofer (1787–1826), který objevil a definoval řadu zákonů optiky (např. Fraunhoferova difrakce, Fraunhoferovy čáry ve slunečním spektru). Především jeho zásluhou byla vyvinuta metoda výroby čirých homogenních (bez bublinek) speciálních optických skel, draselno-vápenatého korunového s nízkým indexem lomu a draselnoolovnatého flintového s vysokým indexem lomu 1,5 až 2, lišícím se podle vlnové délky světla. Nový postup se stal celosvětovým základem výrazného zvýšení kvality optických prvků a tím též přístrojů. Dva optické prvky (čochky, klíny) vyrobené z těchto skel, podstatně korigují zejména barevnou vadu; taková optická soustava se nazývá achromatickou. Bližší informace přináší např. ([3], s. 53). Sklářská firma, která přesídlila do Mnichova, nesla název Utzschneider & Fraunhofer (obr. 4). Fraunhofer též konstruoval spektroskop a stroj na broušení achromatic-



Obr. 2 Úprava Bordova kruhu, Reichenbach Utzschneider Liebherr in München, zdroj: www.surveyinginstruments.org



Obr. 3 Univerzální teodolit Reichenbach, zdroj: www.google.com



Obr. 4 Astronomický dalekohled Utzschneider & Fraunhofer, zdroj: www.google.com



Obr. 5 Pasážník T. Ertel & Sohn,
zdroj: www.surveyinginstruments.org



Obr. 6 Bordův kruh, výroba A. Jaworski,
zdroj: www.google.com

kých čoček, v roce 1824 dodal svůj největší astronomický dalekohled (s tehdy bezkonkurenční ohniskovou délkou 4,33 m) Georgu Wilhelmu Struwemu do ruské observatoře v městě Dorpat (dnešní Tartu v Estonsku). Podnik samozřejmě dodával optické prvky i pro Matematicko-mechanický ústav. Jeho pokračovatelem byla po roce 1839 firma G. & S. Merz GmbH, která zanikla v roce 1932. (Poznámka: refraktor Merz z roku 1912 je od roku 1960 umístěn v hvězdárně v Úpici.) V roce 1814 se Georg Reichenbach rozešel se svými společníky Josephem Liebherrem a Josephem Utschneiderem. V následujícím roce založil v Mnichově nový podnik Reichenbach-Ertel, v němž společníkem a mistrem byl Traugott Leberecht von Ertel (1778 až 1858). Zaměřil se na výrobu přesných, vysoce kvalitních přístrojů geodetických (zejména teodolitů) a astronomických přístrojů (pasážníků). Reichenbach při svých cestách do významných středisek jemného a optického průmyslu ve Vídni, Francii a Anglii získával a následně uplatnil cenné zkušenosti. Podnik v roce 1821 převzal T. G. Ertel, od roku 1834 byl používán název T. Ertel & Sohn (obr. 5). Firma v dalších letech měnila majitele, v roce 1912 zřídila speciální oddělení pro vojenské zakázky. Pod obměňovaným názvem Ertel-Werke für Feinmechanik po roce 1921 vyráběla geodetické, astronomické a speciální přístroje, včetně přístrojů pro kinoprůmysl. V době 2. světové války produkovala šifrovací stroje Enigma. Známa firma zanikla jako Ertel Werke A. G. v roce 1984.

Johann Josef von Prechtel (1778–1854), ředitel c. k. Polytechnického ústavu ve Vídni (k. k. Polytechnisches Institut in Wien, založen 1815, dnešní TU Wien) pověřil radu Georga von Reichenbacha a Traugotta Leberechata von Ertela založením mechanické dílny, nesoucí název Mechanische Werkstätte des k. k. Polytechnischen Institutes in Wien. Ta v roce 1818 zakoupila dva Reichenbachovy dělicí stroje, o rok později do ní vstoupil Christoph Starke (1794 až 1865). Ch. Starke byl dřívějším Reichenbachovým zaměstnancem, v roce 1829 se po smrti Reichenbachova nástupce Andrease Jaworskiho (?–1829) stal dílovedoucím (obr. 6). Od roku 1854 se na vedení dílny podílel Gustav Starke (1832–1917), který v roce 1866 úspěšně pod-



Obr. 7 Tachymetr Starke & Kammerer Wien k.k.
Polytechnikum, zdroj: www.surveyinginstruments.org

nik převzal a spolu s partnerem Carl Kammererem založil světově známou firmu Starke & Kammerer. Do roku 1873, kdy firma přesídlila do vlastních prostor, byly v označení výrobků používány oba názvy (obr. 7). Firma dodávala veškeré vybavení pro vídeňský Vojenský zeměpisný ústav (VZÚ), úspěšně exportovala. Po roce 1829 spolupracovala s prof. Simonem Stampferem (1790–1864) zejména při konstrukci nivelačních přístrojů; přístroje byly označovány Stampfer & Starke. (Poznámka: v roce 1879 firma vyrobila redukční tachymetr a v roce 1881 logaritmický tachymetr podle návrhu našeho krajana Antonína Tichého.) Podnik

zanikl v roce 1940. Přístroje této firmy byly ve velkém používány na našem území a jsou početně zastoupeny v českých sbírkách.

Georg Friedrich von Reichenbach po roce 1820 působil ve státních službách, zemřel v roce 1826 a je pochován v Mnichově.

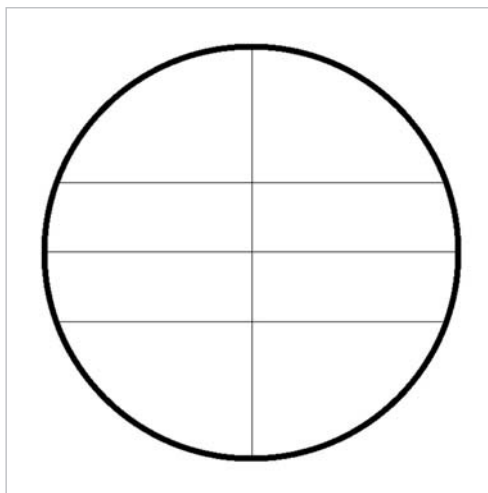
3. Georg Friedrich von Reichenbach a jeho dílo

3.1 Nitkový dálkoměr

Georg Friedrich von Reichenbach se stal autorem několika vynikajících konstrukcí, které přinesly snížení hmotnosti a rozměrů měřických přístrojů při současném zachování nebo zvýšení jejich přesnosti a současně do dnešní doby ovlivnily konstrukce přístrojů a možnosti jejich použití.

V roce 1803 G. von Reichenbach postavil dělicí stroj kruhových stupnic na principu kopírování, používaný do 20. století. (Poznámka: první použitelný dělicí stroj vyrobil v roce 1763 Jesse Ramsden.) V roce 1813 konstruoval pro bavorskou královskou katastrální komisi nitkový dálkoměr, který v německé literatuře stále nese název Reichenbach'sche Distanzmesser. Prvních 12 kusů zhotovili bratři Lieberherrové v Mnichově (obr. 8). Použitím a zejména výrobou velmi jednoduché zařízení se stalo základem pro nejrozšířenější variantu klasické tachymetrie (rychloměřičtví), používané při mapování i projektování ještě po polovině 20. století. (Poznámka: Geminiano Montanari navrhl nitkový dálkoměr se soustavou 12–15 vláken v roce 1674, dalšími konstruktéry byli James Watt v roce 1771 a v roce 1778 Green.) Dálkoměr je tvořen dvojicí vodorovných vláken, symetricky umístěných k vodorovnému vláknem záměrného kříže. Paprsky, které prochází průsečíky těchto vláken se svislým vláknem, svírají konstantní dálkoměrný úhel δ a na svislé postavené lati s centimetrovým dělením se čtením milimetrů odhadem vytínají laťový úsek l . Čtení svislého kruhu a latě prostředním vodorovným vláknem kříže je použito pro trigonometrický výpočet převýšení. Vzdálenost vláken dálkoměru je volena tak, že pro délku s , měřenou ve vodorovné poloze dalekohledu, platí $s = 100 / +k$, (m ; m). Součtová konstanta přístroje k je v řádu centimetrů, počátkem 20. století byla v dalekohledu vyloučena opticky. Z uvedeného vztahu lze snadno získat představu o přesnosti měřené délky. V ostatních konfiguracích je měřená vzdálenost šikmá. V tom případě postavení latě kolmo k záměře bylo poměrně obtížné a zdlouhavé. V běžné praxi se volilo svislé postavení latě, pro které je nutno ve výpočtu uvážit opravu laťového úseku ze sklonu dalekohledu.

Pro číselnou variantu prostorového polárního zaměření diskrétního bodu byly konstruovány tachymetry, představované minutovým teodolitem, někdy jen se segmentem svislého kruhu. Kruhy byly čteny na šedesátinné minuty, často jen jedním vernierem. Tachymetry byly doplňovány buzolou nebo usměřovačem (tzv. buzolní teodolity, buzolní tachymetry), nebo byly shodné s teodolitovou buzolou. Tachymetr se segmentem svislého kruhu je v dobové české literatuře značen jako univerzální nivelační přístroj ([4], s. 161–171). Pro grafické metody byl nitkovým dálkoměrem opatřen dalekohled záměrného pravítka měřického stolu. Původně používané pokovené pavoučí vlákno bylo později nahrazeno rytinou záměrného kříže na plan-paralelní skleněné destičce, kde ryskový dálkoměr je tvo-



Obr. 8 Záměrný kříž dalekohledu s nitkovým dálkoměrem, zdroj: www.surveyinginstruments.org

řen dvěma krátkými vodorovnými úsečkami. (Poznámka: První rytinu záměrného kříže na skle vyhotovil už roku 1748 Friedrich Brander v Augsburgu.) Ryskový dálkoměr se stal po dobu více než jednoho století součástí většiny opto-mechanických geodetických přístrojů. (Poznámka: Konstrukční zajímavostí je přesný přístroj Kern DK-RV, vyráběný ještě v 70. letech 20. století. Vzdálenost dálkoměrných rysek se mechanicky mění v závislosti na sklonu záměry, převýšení se dopočítává pomocí funkce tangens, jejíž hodnoty se alternativně čtou na stupnici svislého kruhu. Přesnost měřených délek dosahuje hodnoty 0,04 m / 100 m.)

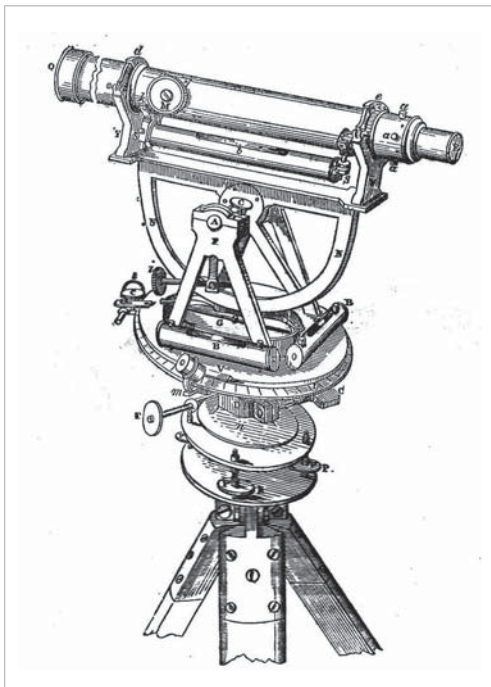
Pro redukci šikmé délky na vodorovnou a pro výpočet převýšení středního čtení latě nad horizontem přístroje platí tzv. tachymetrické rovnice, které jsou včetně dalších přístrojových a pracovních detailů běžně dostupné v dobové literatuře, např. v ([4], s. 311–504) nebo stručněji v ([5], s. 24–25; [6], s. 223–224). Pro jejich řešení byly používány nomogramy nebo speciální logaritmická lineární i kruhová pravítka. Teprve od 2. poloviny 20. století bylo možno pro opakovaný výpočet velkého počtu bodů použít kapesní programovatelný kalkulátor s alespoň 50 pamětovými kroky.

Na principu tachymetru s ryskovým dálkoměrem byl v roce 1900 vyroben firmou Fennel diagramový autoredukční tachymetr podle návrhu prof. E. H. H. von Hammera, který řešil tachymetrické rovnice přímo v (přehledném) terénu opto-mechanickou cestou. Rysky jsou nahrazeny křivkami s proměnlivou vzdáleností podle strmosti záměry; pro přímé čtení převýšení je určeno několik křivek s různými násobnými konstantami. Dosažená přesnost se nezměnila: 0,15 m až 0,40 m v délce, 0,02 m až 0,10 cm ve výšce podle sklonu a délky záměry a viditelnosti. Později tento typ v různých úpravách nabízel většina výrobců.

Dodejme, že na našem území jsou méně známé redukcí pravítkové tachymetry. Šikmou délku, čtenou nitkovým dálkoměrem, je nutno ručně nastavit na šikmé základní pravítko přístroje. Na vodorovném a svislém pravítku se pak odečtou hodnoty vodorovné vzdálenosti a převýšení. Určitou obdobou principu jsou kontaktní tachymetry, u nichž dálkoměrný úhel vzniká mechanicky překývnutím (poskočením) dalekohledu ve svislé rovině pomocí páky ([3], s. 24–25). Tyto přístroje vznikaly stejně jako logaritmické tachymetry koncem 19. století, v praxi se však u nás víc neprosadily.

3.2 Uspořádání os repetičního teodolitu

Teodolity patří k základním zeměměřickým přístrojům. Název prvně použil Angličan Thomas Digges v roce 1571. Jednalo se však jen o upravený měřický kvadrant, který vznikl odvozením ze starověkého astrolábu. První moderní teodolit konstruoval v roce 1730 londýnský mechanik John Sisson. Teodolity však byly jen jedním z možných přístrojů pro měření úhlů, ve vyspělých zemích západní Evropy se jejich konstrukce a rozsah použití lišily. Představu o typickém anglickém teodolitu poloviny 19. století poskytuje ([7], s. 122–127) (obr. 9). Ke čtení na obou kružích s přesností 1' sloužily verniery. (Poznámka: Obdobně konstruovaný buzolní teodolit vyráběla ve stejné době pražská dílna Richarda Mathiase Brandeise.) U čtených kontinentálních výrobců byl svislý kruh nebo jeho segment osazen na konci klopné osy dalekohledu (viz např. obr. 7).



Obr. 9 Anglický teodolit poloviny 19. stol., zdroj: [7], s. 123

Vzhledem k možnostem výroby se vyšší přesnosti čtení dalo dosáhnout jen zvětšováním průměru kruhů a tím i hmotnosti. V roce 1753 navrhl prof. J. T. Mayer z Göttingenu pro zvýšení přesnosti repetiční metodu měření úhlů, která se postupně prosadila. Pro její aplikaci byly zapotřebí tzv. repetiční (dvouosé) teodolity, které současně umožnily nastavení nuly vodorovného kruhu do libovolného směru.

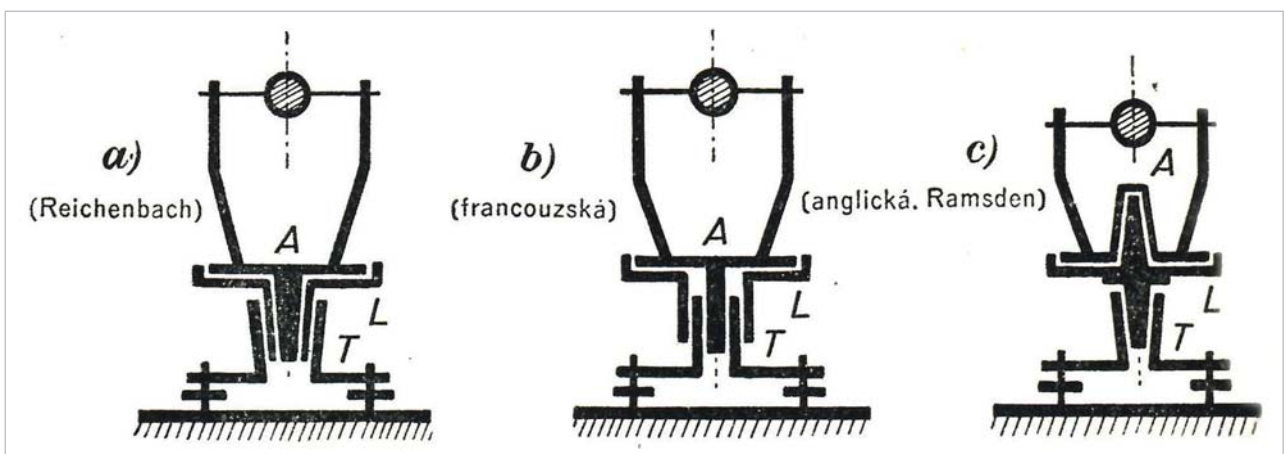
Repetiční teodolit má mezi svými konstrukčními prvky alhidádou (A), limbem (L) a podložkou (P) možnost dvou svislých os otáčení (obr. 10).

Autorem nejstaršího, tzv. francouzského uspořádání $A > P > L$ se stal Jean Charles Borda (1733–1799) roku 1784 (obr. 10b), který navrhl repetiční tzv. reflexní kruh (cercle de réflexion, cercle répétiteur, Bordův kruh – viz poznámka k obr. 2. Přístroj vyrobil Étienne Lenoir a byl v letech 1784–1787 použit při trigonometrickém spojení hvězdáren v Paříži a v Greenwichi. Anglická strana používala teodolit o hmotnosti zhruba 100 kg.)

Jesse Ramsden (1735–1800) v roce 1780 zavedl tzv. anglické uspořádání os teodolitu, vyjádřené schématem $A < L > P$ (obr. 10c). Výhodou je to, že čepy alhidádový i limbový jsou pevně spojeny s limbem a jsou vzájemně – s přesností strojírenské výroby – souosé. Tuto úpravu často používali konstruktéři triangulačních teodolitů v 19. století a počátkem 20. století. Alhidáda „plavala“ nad limbem, k seřízení vzdálenosti (volnosti otáčení) sloužil svislý mikrometrický šroub (obr. 11). Konstrukce nedovolila použít prokladný dalekohled, protože dalekohledová vidlice by byla příliš vysoká. Dalekohledy byly tedy překladné nebo excentrické.

Počátkem 19. století Georg von Reichenbach sestavil nejpoužívanější tzv. německou soustavu os teodolitu, vyjádřenou schématem $A > L > P$ (obr. 10a). Výhodou je snadná záměna přístrojů a pomůcek na stanovisku v horizontované a centrované podložce při použití v trojpodstavcové soupravě. Podle dobové literatury byl nevýhodou příliš tenký a štíhlý kuželový limbový čep. Snadnost otáčení poměrně velmi těžkých přístrojů byla s ohledem na dosažitelnou přesnost výroby upravována např. vložením distanční kruhové podložky mezi hlavu čepu a podložku (trojnožku), vložením kuličky nebo pružiny pod vrchol komolého kužele. Podrobný popis uspořádání os jednoosých i dvouosých (repetičních) teodolitů je uveden např. v ([8], s. 361–374).

Rozměry čepu byly výrobci postupně upravovány, válcový limbový čep zavedl Dr. Heinrich Wild v roce 1909



Obr. 10 Možná uspořádání os teodolitu, zdroj: [6], s. 100



Obr. 11 Triangulační teodolit F. W. Breithaupt & Sohne Cassel, zdroj: www.surveyinginstruments.org

u firmy Carl Zeiss v Jeně spolu s kuličkovým ložiskem [9]. H. Wild je zřejmě též autorem úpravy, spočívající v symetrickém umístění tří svislých čepů se zářezy na spodku limbu. Čepy zapadají do otvorů u obvodu podložky a jsou zajištěny plochým zámkem. Toto řešení kromě firmy Wild používal např. též podnik MOM. Pražská Meopta zvolila tři výstupky na svislém plášti čepu a otočný prstenec (zámek); opakovaná poloha byla jistěna svislým trnem uvnitř podložky. U přesných teodolitů Kern zavedl H. Wild vačky místo svislých stavěcích šroubů.

U dvouosých teodolitů mají každé dva ve schématu sousedící prvky vlastní ustanovky. Protože může docházet ke strhávání kruhů, mají přesné teodolity limbus s přesazováním (reiterací, na postrk). Jinou úpravou je repetiční svora, známá z přístrojů Zeiss. Zejména po nástupu skleněných dělených kruhů a digitalizaci se objevila řada dalších úprav vzájemného uložení základních prvků A, L, P. (např. [3], s. 108–111; [10], s. 91). Cílem všech úprav byla minimalizace tření a vlivu tepelné roztažnosti materiálů.

4. Závěr

Na tuto první vlnu modernizace zeměměřických přístrojů navázala koncem 19. a především na počátku 20. století druhá etapa, která je zastoupena např. firmami Zeiss, Wild, Kern. Tomuto období je věnován článek [9]. Další rozmach přinesla digitalizace včetně počítačové podpory a vznik aparatur GNSS ve 2. polovině 20. století. Funkci tachymetrů převzaly s vyšší přesností totální stanice.

LITERATURA:

- [1] HÁNEK, P. ml.-HÁNEK, P.: Rejstřík výrobců astronomicko-geodetických přístrojů. Zdiaby, Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, 2021.
- [2] HÁNEK, P.-HÁNEK, P. ml.: Zeměměřictví v zrcadle času (Data z dějin oboru). Praha, České vysoké učení technické, Fakulta stavební, 2022.
- [3] DEUMLICH, F.-STAIGER, R.: Instrumentenkunde der Vermessungstechnik. 9. přepracované vydání. Heidelberg, Herbert Wichmann Verlag 2002.
- [4] NOVOTNÝ, F.: Geodésie nižší. III. díl, 3. vydání. Praha, Česká matice technická 1912.
- [5] HAUF, M. a kol.: Geodézie. Praha, SNTL 1982.
- [6] RYŠAVÝ, J.: Praktická geometrie. (Geodesie). Praha, ČMT 1941.
- [7] HEATHER, J. F.: Treatise on mathematical Instruments. 2. vydání. London, John Weale 1853.
- [8] VOGLER, A.: Lehrbuch der praktischen Geometrie, I. díl. Braunschweig, Verlag Friedrich Vieweg und Sohn 1885, s. 361-374.
- [9] HÁNEK, P.-HÁNEK, P. ml.: Století opto-mechanických geodetických přístrojů (O přínosu Heinricha Wilda). GaKO 68 (110), č. 7, s. 133-138.
- [10] RYŠAVÝ, J.-CACH, F. a kol.: Geodetická příručka, Praha, SNTL 1960.

Do redakce došlo: 22. 5. 2022

Lektoroval:
Ing. Július Bartaloš, PhD.,
Bratislava



Z MEZINÁRODNÍCH STYKŮ

X. Hotine-Marussi symposium o matematické geodézii

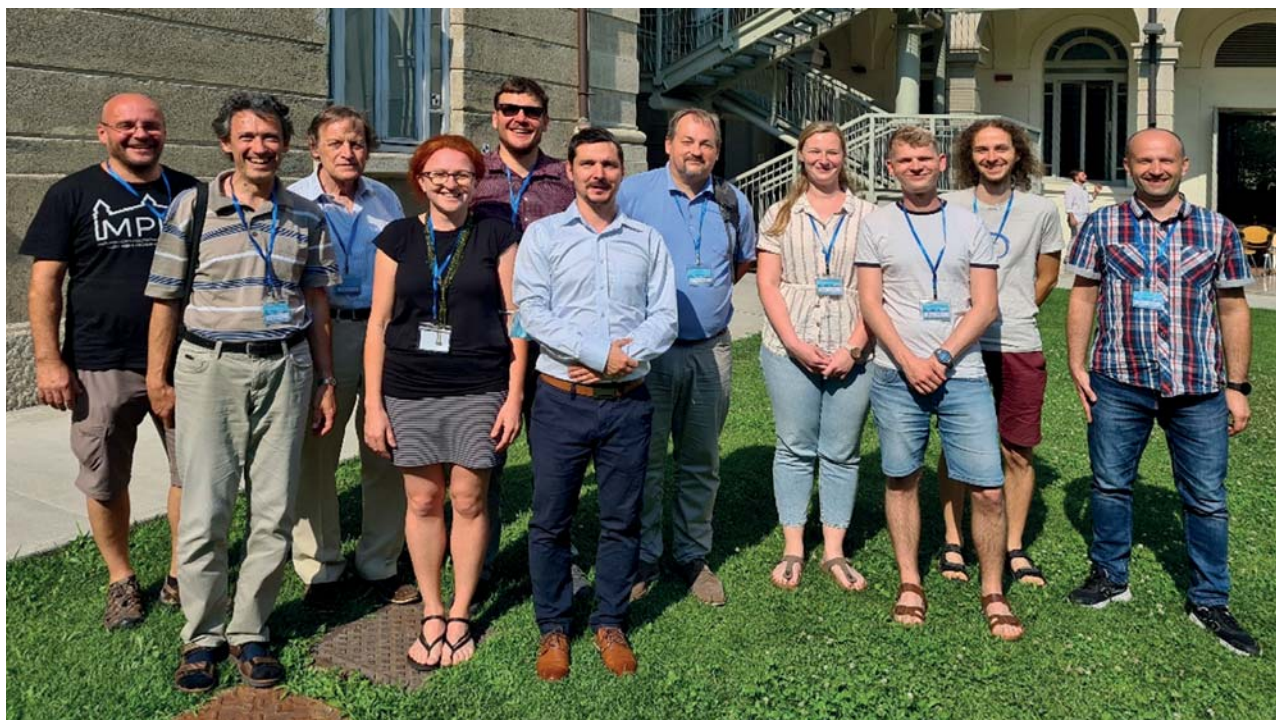
Hotine-Marussi symposia o matematické geodézii představují možnost pro setkání teoreticky zaměřených geodetů. Jejich tradice začala v roce 1959, kdy italský geodet Antonio Marussi zorganizoval první symposium o matematické geodézii v Benátkách. Symposia v počátku významně ovlivnil britský geodet Martin Hotine, a proto po jeho smrti v roce 1968 nesla jeho jméno. Po Marussiho smrti v roce 1984 byla tato setkání přejmenována na Hotine-Marussi symposia. Od roku 2006 je za jejich organizaci zodpovědný Mezikomisní výbor pro teorii (ICCT, <http://icct.kma.zcu.cz>) Mezinárodní geodetické asociace (IAG, <http://www.iag-aig.org/>).

Jubilejní X. Hotine-Marussi symposium o matematické geodézii se konalo ve dnech 13. až 17. 6. 2022. Celkem se jednalo již o 18. symposium o matematické geodézii pořádané od roku 1959. Jednání symposia na Politecnico di Milano se zúčastnilo 60 delegátů, kteří prezentovali celkem 80 příspěvků (62 ústních a 18 plakátových prezentací) zaměřených na nové poznatky z oblasti geodetické teorie.

Mezi delegáty konference byli též účastníci z Česka a Slovenska, kteří zastupovali teoreticky orientované geodety obou zemí: Petr Holota (Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v. v. i.), Pavel Novák, Martin Pitoňák a Michal Šprlák (Západočeská univerzita v Plzni), Blažej Bucha, Robert Čunderlík, Juraj Janák, Barbora Korekáčová, Marek Macák, Zuzana Minarechová a Adam Novák (Slovenská technická univerzita v Bratislavě), viz obr. 1.

Vědecký program symposia byl členěn do 10 odborných sekcí dle témat studijních skupin ICCT, jejichž předsedové jednání některých sekcí řídili:

1. Pokročilé numerické metody v geodézii (R. Čunderlík, Z. Minarechová),
2. Teorie geodetických referenčních rámců a rotace Země (Z. Altamimi),
3. Teorie určování multi-GNSS parametrů (A. Khodabandeh),
4. Analýza multi-senzorových dat a časových řad (A. Klos, K. Sošnica),
5. Teorie modelování globálního gravitačního pole (M. Reguzzoni, M. Šprlák),
6. Studium vnitřní struktury Země pomocí geodetických metod (D. Sampietro, R. Tenzer),



Obr. 1 Delegáti z Česka a Slovenska (foto: Marcelo Santos, UNB Fredericton, Kanada)

7. Teoretické aspekty geodetických výšek a výškových soustav (R. Barzaghi),
8. Teorie odhadu a stochastické modelování (P. Teunissen),
9. Geodetické metody pro výzkum systému Země (M. Crespi, N. Sneeuw),
10. Teorie modelování lokálního tíhového pole (H. Abd-Elmotaal, J. Huang).

Mimořádná sekce, zaměřená na dva základní koncepty fyzikální geodézie – geoid a kvazigeoid, se konala dne 15. 6. 2022. V jejím rámci bylo prezentováno 5 pozvaných přednášek:

- F. Sansò, R. Barzaghi, M. Reguzzoni: Moloděnského a Helmertova teorie – dva ekvivalentní geodetické přístupy pro určení potenciálu tíhového pole Země,
- M. G. Sideris, F. Sansò: Ekvivalence linearizovaných geodetických okrajových úloh a jejich „helmertizovaných“ verzí,
- L. E. Sjöberg: Geoid nebo kvazigeoid – stručné porovnání,
- R. Kingdon, P. Vaníček, M. Santos, M. Sheng, I. Foroughi: Kvazigeoid – proč Moloděnského výšky selhávají,
- J. Huang, Y. Wang: Numerické aspekty určování lokálních a regionálních modelů geoidu a kvazigeoidu.

Výsledkem debaty o geoidu a kvazigeoidu v rámci této sekce byl návrh předložený shromáždění X. Hotine-Marussi symposia, který doporučil, aby kvazigeoid nebyl používán jako referenční plocha pro geodetické výšky ve vědeckých a technických aplikacích. Shromáždění doporučilo projednat tento návrh s předními odborníky v oboru a případně navrhnout usnesení pro valné shromáždění IAG v roce 2023.

Symposium bylo organizováno jako klasická konference s účastí delegátů na místě; z důvodu pandemických opatření byl omezený počet příspěvků prezentován pomocí vzdáleného přístupu. Přestože byl počet účastníků nižší než u předchozích Hotine-Marussi symposií, setkání se zúčastnila řada geodetů, kteří velkou měrou přispěli k jeho úspěchu. Symposium bylo úspěšné také díky úsilí a schopnostem organizačního výboru konference, kterému předsedal prof. Riccardo Barzaghi (Politecnico di Milano).

Více informací o X. Hotine-Marussi symposiu je na <https://www.hotinemarussi2022.polimi.it/>.

Prof. Ing. Pavel Novák, Ph.D.,
prezident, Mezikomisioní výbor pro teorii IAG



SPOLEČENSKO-ODBOBNÁ ČINNOST

Přednáška Mapy okresů na území dnešní České republiky 1850-2002

Na základě podnětu nedávno zesnulého předsedy Sdružení přátel vojenské zeměpisné a povětrnostní služby a. s. (Sdružení), plukovníka Ing. Bohuslava Haltmara (viz GaKO 2022/06), se uskutečnila dne 26. 5. 2022 v prezentační místnosti Vojenského geografického a hydrometeorologického úřadu v Dobrušce (VGHMÚř) přednáška Mapy okresů na území České republiky 1850 – 2002. Původně se přednáška měla uskutečnit již v roce 2020, ale z důvodu pandemie covid-19 byla vícekrát odkládána.

Prezentaci k přednášce připravil Ing. Günter Fiedler (obr. 1, s. 203), člen Sdružení v součinnosti s Ing. Egonem Schubertem, pracovníkem VGHMÚř.

Ing. G. Fiedler ve své přednášce prezentoval mapy okresů na území českých zemí převážně ze své soukromé sbírky, pro vlastní prezentaci jich vybral téměř 100. Vydané mapy okresů byly ve své době určeny pro využití v civilním sektoru a pokrývají výběrově celé území dnešní České republiky (ČR). Zpracovány byly s využitím oficiálních mapových podkladů rakouského a československého Vojenského zeměpisného ústavu. Mapy vycházely v tištěné formě v tehdejší habsburské monarchii od 1. 1. 1850 kdy byly na základě císařského nařízení z roku 1849 zřízeny okresních hejtmanství. Po roce 1918 v Československu a od roku 1993 v ČR mapy okresů vydávaly okresní úřady až do roku 2002, kdy byly okresní úřady zrušeny. Jejich kompetence pak převzaly obce s rozšířenou působností a krajské úřady, ty ovšem mapy okresů již nevydávají.

Do konce roku 1849 vrchnostenská správa na území rakouské monarchie zajišťovala na svých panstvích i veřejnou správu. Zahrnovala jak správu majetku, tak správní a soudní oprávnění vůči poddaným. Vrchnostenská správa byla na základě císařského nařízení od roku 1850 nahrazena okresními hejtmanstvími a okresními soudy.

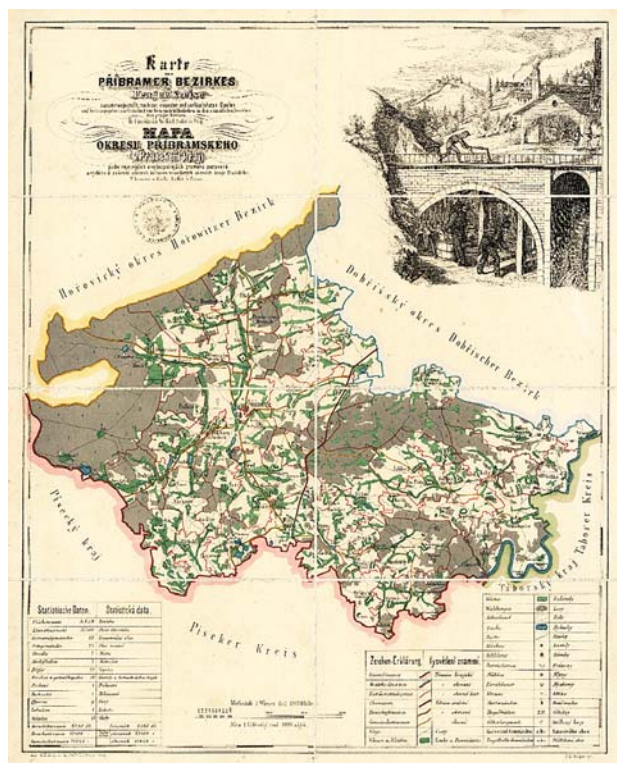
V průběhu 2. poloviny 19. století a především v 1. polovině 20. století narůstal počet map okresů, které vydávaly školské úřady/správy, hospodářská grémia, správci komunikací, hejtmanství a okresní politické správy a jejich práv-

ní nástupci, ale i jednotlivci, např. knihkupci, pro výuku a základní orientaci v okolí bydliště, pracoviště apod. Vydavatelé sami samozřejmě jednotlivá území okresu nemapovali, k tomu neměli ani dostatečné znalosti, ani dostatečné technické vybavení a finanční možnosti, ale přebírali údaje z oficiální mapové tvorby, přičemž do takto přizpůsobených map doplňovali informace, které oficiální neutažované vojenské mapy neobsahovaly.

Na základě vývoje vojenského mapování můžeme rozlišit v podstatě čtyři základní typy map okresů. První typ vychází ještě z vojenských map I. vojenského mapování a byl při přednášce reprezentovaný mapou libereckého okres-



Obr. 1 Přednášející Ing. Günter Fiedler



Obr. 2 Na parergonu mapy Příbramského okresu z roku 1861 je vidět těžba a úprava železné rudy

ního hejtmanství z roku 1850. Hory jsou zakresleny pomocí šraf, avšak způsob kresby neumožňuje rozlišit mezi vyššími a nižšími horami a vrchy, navíc zcela chybí nadmořské výšky.

Z map II. vojenského mapování vychází prezentovaná černobílá mapa okresního hejtmanství Hora svaté Kateřiny z roku 1861. Krajský hejtman Bedřich (Friedrich) Selner inicioval v tomto roce vydání map všech okresních hejtmanství Žateckého kraje na jednom, dvou nebo čtyřech listech podle velikosti hejtmanství. I tady autor kresby Victor Josef Hollmann příliš nezvládl zákres terénu podle principu Lehmannova šrafování. Mapu doplňuje tabulka se soupisem katastrálních obcí, jejich plošnou velikostí, počtem domů a obyvatel.

Další kolekci na podkladě stejných vojenských map jsou mapy všech okresů Pražského kraje, rovněž z roku 1861, vesměs s dvoujazyčnou legendou (obr. 2). Jejich vydání inicioval Karel André v Praze. Nezachycují výškopis, ale jsou barevné a zaujmou nádhernými parergony, typickými pro ten který okres. Například pro Zbraslavský okres se jedná o výrobu proutěných košíků, pro Zbirožský okres o pálení dřevěného uhlí a pro Brandýský okres o sklizeň sena.

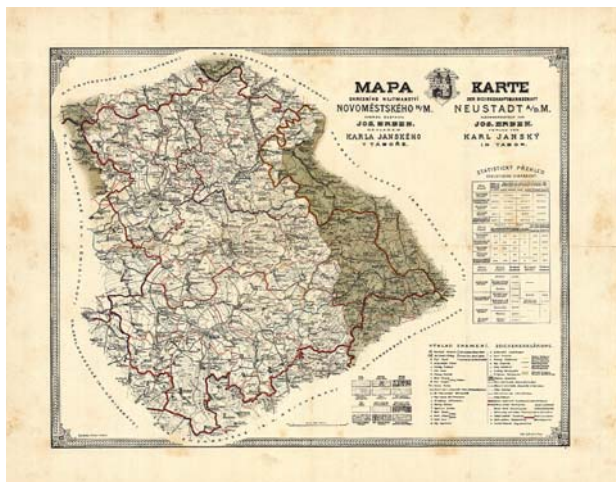
Od počátku osmdesátých let 19. století vycházejí všechny mapy okresů z vojenských map III. vojenského mapování (1 : 25 000, 1 : 75 000, 1 : 200 000). Pělivě zpracované, ovšem bez vrstevnic, jsou dvoujazyčné mapy z vydavatelství Karla Janského v Táboře, které kreslil Josef Erben. Celkem od roku 1883 vyšlo 16 map těchto hejtmanství, hlavně ze severních a severovýchodních Čech, avšak původní záměr byl nepochybně rozsáhlejší (obr. 3).

Jediným vydavatelem, který zveřejnil mapy všech okresních hejtmanství Čech, Moravy a Rakouského Slezska, byl František Kytka a jeho právní nástupci (obr. 4). Mapy vydané poprvé pro české okresy v roce 1887 a pro moravské okresy v roce 1895 byly průběžně aktualizovány a v některých případech dosáhly do počátku třicátých let minulého století i více než 10 vydání. Konkurencí pro moravské okresy byly Plesingerovy mapy, které vycházely v prvních třech desetiletích 20. století.

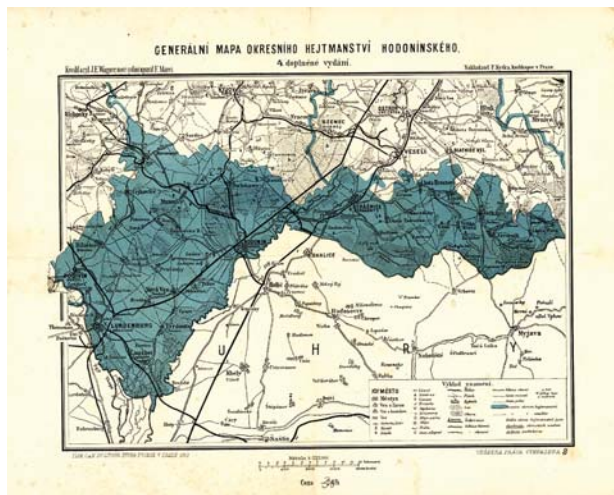
Okresní školní výbory vydávaly zpravidla mapy svých okresů v nástěnné verzi pro školní výuku (obvykle v měřítku 1 : 25 000) nebo pro domácí potřebu (1 : 75 000 až 1 : 200 000).

Velice kvalitní co do mapového obsahu, ale hlavně kresby, vhodně zvoleného písma, barevné škály výškopisu a technického provedení jsou mapy okresů, tištěné ve Vojenském zeměpisném ústavu Praha (obr. 5). Mapy vycházely od konce dvacátých let do začátku 2. světové války, ale i po osvobození v aktualizovaných vydáních do konce čtyřicátých let 20. století.

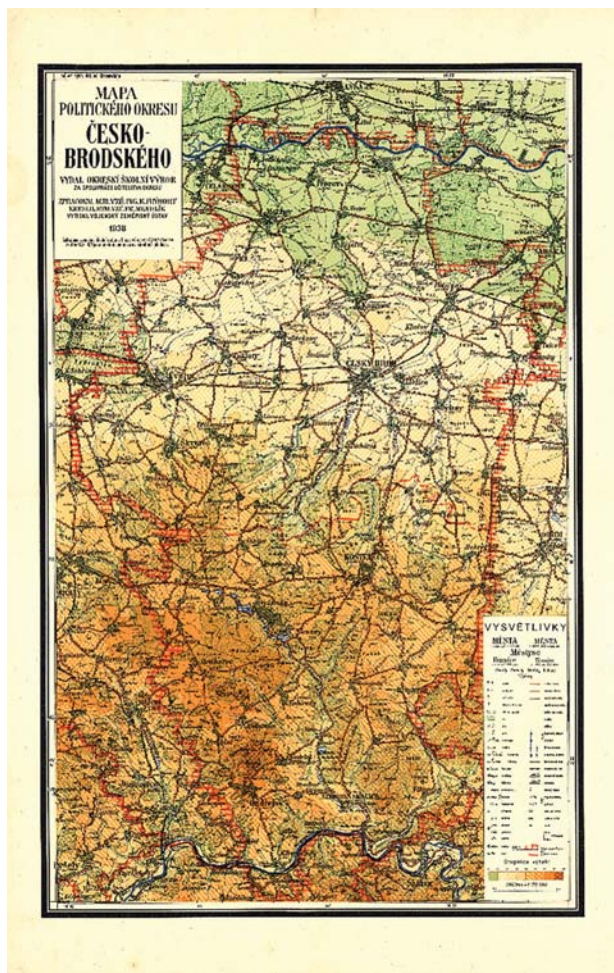
Svou dokumentární cenu mají Vilímkovy mapy a samozřejmě i mapy okresních komunikací s údaji o vzdálenosti a sjízdnosti silnic, které vydávaly cest-



Obr. 3 Mapa okresu Nové Město nad Metují, snad z roku 1883, zde ve verzi s dotiskem hranic katastrálních obcí (nejtenčí červené linky), farností (slabé modré linky) a oblastí s převažujícím německým obyvatelstvem (zeleně); naopak v Kladsku v Českém koutku (severovýchodně od Náchoda) tehdy převažovalo české obyvatelstvo



Obr. 4 Generální mapa Okresního hejtmanství Hodonínského z nakladatelství F. Kytka, 4. vydání z roku 1913; území nad soutokem Moravy a Dyje a Valticko tehdy ještě patřilo k Dolnímu Rakousku



Obr. 5 Mapu politického okresu Českobrodského, kterou zpracoval, kreslil a vytiskl Vojenský zeměpisný ústav v Praze v roce 1938, vydal Okresní školní výbor v Českém Brodě pro potřeby vyučování na obecných a měšťanských školách, také ostatní mapy okresů z produkce VZÚ v Praze se vyznačují precizním provedením



Obr. 6 Záběr do prezentační místnosti s účastníky přednášky

mistři, za 2. světové války pro vojenské účely okupační orgány a poté například správci silnic. Prezentováno bylo i několik tematických map, např. mapy lomů pro okresy Benešov a Semily nebo mapa mlýnů pro okres Vyškov z konce roku 1945.

Po roce 1948 vychází pro civilní potřebu málo map okresů. Výjimku tvoří několik vlastivědných map (např. Kolín, Mělník). Po roce 1989 vydávají mapy okresů pro turistické účely některé okresní úřady (i opakovaná vydání), ale jejich produkce končí rokem 2002, kdy tyto úřady zanikají.

Přednášku si vyslechlo asi 25 přítomných členů Sdružení a zaměstnanců VGHMÚř (obr. 6). Na závěr svého vystoupení přednášející zodpověděl dotazy přítomných.

Ing. Karel Vítek,
Ing. Günter Fiedler,
VGHMÚř

VÚGTK na veletrhu vědy

Veletrh vědy se v červnu letošního roku, po dvou zrušených ročnících vrátil do pražských Letňan. Na tamní výstavišti od čtvrtka 2. do soboty 4. 6. přivítal 35 000 návštěvníků a 85 vystavovatelů. Vstup na veletrh byl zdarma.

Veletrh vědy lákal na expozice ze všech vědních oborů, které jsou interaktivní, zábavné a přitom poučné. Návštěvníci si vyzkoušeli práci staročeského badatele, prošli se tropickým pralesem (obr. 1) nebo se přenesli do vesmírného závodu 60. let minulého století.

Mezi hlavní lákadla největší vědecké události v Česku patřila možnost postavit si vlastní ulici nebo městečko. Bylo možné si například vyzkoušet, jak geometrie budov ovlivňuje sílu větru v ulicích. Vystavený model ukázal, jak vypadá proudění v místě největšího znečištění např. z dopravy. Velkou pozornost laické i odborné veřejnosti si v vysloužil PCR test. Jedna z expozic vysvětlila do nejmenšího detailu princip této diagnostické metody a ukázala, jaká další využití nalézá v moderní vědě. Na veletrhu pořádaném Akademií vědy ČR se představila i Společnost Aero Vodochody s trenážerem stíhačky a virtuální realitou (obr. 2). Botanická zahrada hlavního města Prahy přichystala již zmíněnou průchozí expozici tropickým pralesem. Velkým lákadlem byla také uniková hra, která účastníky zavedla do roku 1961, do éry vesmírného závodu mezi Západem a Východem. V nově vzniklé laboratoři v Řeži u Prahy se vědci tehdy zabývali utajovaným výzkumem nových sloučenin pro dobývání vesmíru.

Veletrh vědy nezapomněl ani na humanitní a společenské vědy. Prostřednictvím výukových simulací bylo možné nahlédnout do období nacistické okupace i poválečného odsunu Němců, vyzpovídat pamětníky a pochopit, že historické události ve skutečnosti nikdy nejsou černobílé. Zájemci si také vyzkoušeli práci staročeského badatele. Pokusili se vyloučit text zapsaný dávným písařem či odhalit význam některých záhadných starých slov.



Obr. 1 Expozice Botanické zahrady hlavního města Prahy
(foto: Veletrh vědy)



Obr. 3 Expozice záchranářů s ukázkami první pomoci



Obr. 2 Trenažér stíhačky s virtuální realitou
(foto: Veletrh vědy)



Obr. 4 Návštěvníci veletrhu na stánku VÚGTK

Mezi vystavovateli nechybělo ani LEGO se svými modely. Opomenout nelze ani expozici Life RESCUE záchranářů z Prahy, kteří návštěvníky učili, jak poskytnout první pomoc a jak se zachovat v krizových situacích (obr. 3).

V rámci expozice Výzkumného ústavu geodetického, topografického a kartografického, v. v. i. (VÚGTK), který byl jedním z 85 vystavovatelů, se návštěvníci seznámili s prací a pracovními výsledky ústavu (obr. 4). Z široké plejády prezentovaných oblastí projevil návštěvníci velký zájem o tematiku GNSS (Global Navigation Satellite System), kde na posterech byla vysvětlena problematika určení polohy bodu. Je známo, že určit zeměpisnou šířku bylo sice možné s dostatečnou přesností, problémem ale zůstávalo určení zeměpisné délky, které je úzce svázáno s měřením času. Problém určení zeměpisné délky se ve své době stal největším vědeckým problémem, jehož vyřešení bylo předmětem vysoké finanční odměny (v dnešní měně řádově desítky milionů korun). Tento problém byl uspokojivě vyřešen až v 18. století, kdy se podařilo sestrojít dostatečně přesné mechanické hodiny tzv. chronometry. Vedle tohoto problému se návštěvníci zajímali i o základní princip fungování GNSS. Princip byl vysvětlován jako jednoduchý. Poloha přijímače je určována pomocí měřených vzdáleností mezi družicemi a přijímačem. Jsou-li známé souřadnice družic a vzdálenosti mezi přijímačem a družicemi, lze vypočítat polohu přijímače.

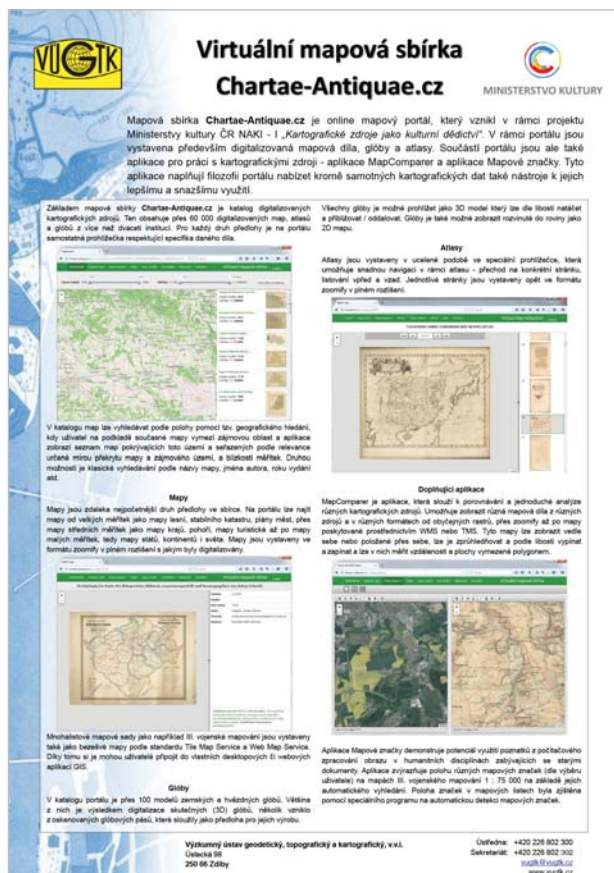
Velký zájem vzhledem k dominantnímu postavení soupravy v rámci expozice návštěvníci projevil i o mobilní soupravu hydrostatické nivelace (HYNI). Soupravu vyvinul ústav na základě vyhlášené veřejné zakázky TA ČR pro Cen-

trum dopravního výzkumu, Brno. Mobilní souprava umožňuje provádět etapová kontrolní měření vzhledem k základní etapě a referenčnímu bodu pro účely přesného sledování vertikálních posunů u dálničních objektů. Souprava se skládá ze dvou měřících čidel HYNI. Měřící čidla jsou uzpůsobena pro ustavení na vztažném, popř. kontrolovaném bodě a pro jejich jednoznačné urovnání na tomto bodě. Čidla jsou chráněna před vlivem vnějšího prostředí tak, aby vliv teplotního rozdílu byl zanedbatelný.

S ohledem na porovnání zájmu návštěvníků, tak jako největší lze označit zájem o „Virtuální mapovou sbírku - Chartae-Antiquae.cz“ (Kartografické zdroje jako kulturní dědictví a výzkum nových metodik a technologií digitalizace, zpřístupnění a využití starých map, plánů, atlasů a glóbů, obr. 5). Ide o online mapový portál, v jehož rámci jsou vystavena především digitalizovaná mapová díla, glóby a atlasy. Základem mapové sbírky Chartae-Antiquae.cz je katalog digitalizovaných kartografických zdrojů. Ten obsahuje přes 60 000 digitalizovaných map, atlasů a glóbů z více než dvaceti institucí. Pro každý druh předlohy je na portálu samostatná prohlížečka respektující specifika daného díla.

Zdaleka nepočtenější druh předlohy ve sbírce jsou mapy. Na portálu bylo možné najít mapy od velkých měřítek, jako mapy lesní, stabilního katastru, plány měst, přes mapy středních měřítek, jako mapy krajů, pohoří, mapy turistické až po mapy malých měřítek, tedy mapy států, kontinentů i světa.

V katalogu portálu je přes 110 modelů zemských a hvězdných glóbů. Většina z nich je výsledkem digitalizace skutečných (3D) glóbů, několik vzniklo z oske-



Obr. 5 Ukázka posteru Virtuální mapová sbírka, Chartae-Antiquae.cz

novaných globálních pásů, které sloužily jako předloha pro jejich výrobu. Všechny globy je možné prohlížet jako 3D model který lze dle libosti natáčet a přibližovat či oddalovat. Globy je také možné zobrazit rozvinuté do roviny jako 2D mapu.

Atlasy jsou vystaveny v ucelené podobě ve speciální prohlížeče, která umožňuje snadnou navigaci v rámci atlasu, přechod na konkrétní stránku či listování vpřed a vzad.

V rámci diskuse s návštěvníky nad obsahem starých map a globů byla opět zmíněna chyba v měření času, která se projevovala i při tvorbě map a globů, a to hlavně v chybném určení zeměpisné délky, jak bylo objasnováno i u tématiky GNSS.

Prezentován byl také webový portál geodetických přístrojů (Zeměměřická a astronomická přístroje používané na území ČR od konce 16. století do konce 20. století). V rámci této prezentace byla pro návštěvníky připravena i možnost měření s laserovým dálkoměrem spojená s odhadem měřené vzdálenosti. Tato možnost byla oceněna zejména studenty a žáky základních škol.

Na závěr lze konstatovat, že o expozici VÚGTK byl na Veletrhu vědy 2022 zájem. Velice dojemné bylo setkání se staršími návštěvníky, kteří měli v předcházejících 70. až 90. letech minulého století pracovní kontakt s VÚGTK a byli velice potěšeni, že ústav pracuje a ukazuje své výsledky na Veletrhu vědy. Zajímavé bylo i setkání se studenty, kteří se zajímali o práci ústavu a sondovali možnosti svého uplatnění v oblasti výzkumné práce. S velkým potěšením si odnášeli připravené letáky o práci ústavu.

V rámci Veletrhu byla navázána řada velice užitečných kontaktů a nasbírány zkušenosti k účasti na Veletrhu vědy 2023, který se uskuteční od 1. do 3. 6.

Ing. Karel Raděj, CSc.,
VÚGTK,
foto: Petr Mach,
Zeměměřický úřad



ZPRÁVY ZE ŠKOL

Seznam bakalářských a diplomových prací obhájených na Fakultě stavební ČVUT v Praze v roce 2022

Na katedře speciální geodézie a katedře geomatiky Fakulty stavební Českého vysokého učení technického v Praze se dne 22. 6. 2022 konaly obhajoby diplomových prací a dne 23. 6. 2022 obhajoby bakalářských prací.



Katedra speciální geodézie – bakalářské práce

AMBROŽ, David – Geodetická dokumentace kontejnerového překladiště,
GREŠLA, Ondřej – Porovnání přesnosti mobilního mapovacího systému s terestrickými měřeními pořízenými tohoto zařízení,
CHLADIL, Dominik – Geodetické práce při výstavbě dobíjecí stanice pro elektromobily,
CHMELOVÁ, Tereza – Určení tvaru ocelových prvků během zátěžových zkoušek,
CHRBOLKOVÁ, Anna – Testování absolutní přesnosti GNSS RTK měření,
KOZDERKOVÁ, Adéla – Určení kubatury sedimentu na dně rybníka Břežničák,
SOUKUPOVÁ, Nikola – Porovnání přesnosti mobilního skenovacího systému Riegl VMX-2HA se statickým skenovacím systémem FARO Focus 3D X330 a totální stanicí Leica TS16.

Katedra geomatiky – bakalářské práce

ANDRŠOVÁ, Sára – Kamera Raspberry PI HQ pro fotogrametrii,
CHMELÍČEK, Tomáš – Vyhodnocení geometrického plánu pro rozdělení pozemku a vymezení rozsahu věcného břemene k části pozemku,
KOTYKL, Adam – Mapa fotbalových klubů v Anglii,
PODZIMKOVÁ, Alena – Vyhodnocení dokumentace podrobného měření pro obnovu katastrálního operátu novým mapováním,
REMEŠ, Vojtěch – Vývoj digitálního odometru a tachometru na platformě Arduino,
ŠNOPL, Jakub – Využití Matlab Mapping Toolbox ve vybraných úlohách kartografie.

Katedra speciální geodézie – diplomové práce

BRŇOVJÁK, Vojtěch – Testování přesnosti měření úhlů totálními stanicemi Trimble M3,
HOŠEK, Lukáš – Geodetické práce při výstavbě mostní konstrukce,
HRDINA, Adam – Zaměření několika historických sklepů ve Slaném,
ZBĚRAL, Jan – Geodetické zaměření střešní ocelové konstrukce,
ZIMMERHAKLOVÁ, Kateřina – Geodetický monitoring opěrné zdi.

Katedra geomatiky – diplomové práce

BELECKÁ, Sabina – Státní zámek Valč (Karlovy Vary) – měřická dokumentace skleníku,
BĚLOCH, Lukáš – Návrh autonomního sensoru polohy a druhotného určení parametrů atmosféry s využitím low-cost GNSS přijímače,
FOGL, Lukáš – Zpracování a vizualizace laserových dat z expedice Maroko 2020,
HOFFMANN, Marek – Webový GIS přírodních katastrof,
HRUBÝ, Jan – Dokumentace opuštěné americké letecké základny z 2. světové války Bluei East II v Grónsku,
KLÍČKOVÁ, Sabina – Geometrický plán z pohledu zpracování v různém geodetickém software,

KŘÍŽOVÁ, Monika – Zhodnocení a inovativní vyrovnání map prvního vojenského mapování,
 KUČERA, Jan – Využití strojového učení v oblasti Geodézie a Kartografie,
 KUČERA, Petr – Dům č.p. 506 Krále Jiřího z Poděbrad (Cheb) – dílčí měřická dokumentace krovu,
 MRKVIČKA, Jiří – Měřická dokumentace krovu metodou 3D skenování – specifiky sběru a zpracování dat,
 MUŽÍK, František – Využití rozšířené reality pro vizualizaci zaniklé obce Zhůří,
 ŠIMEK, Jakub – Zpracování a analýza dat z absolutních gravimetrů pomocí aplikace v Python,
 USIK, Svetlana – Využití cloudových a softwarových nástrojů pro zpracování dat DPZ,
 VAJNER, Martin – Využití konceptu BIG data v oblasti Geodézie a Kartografie,
 VURBSOVÁ, Barbora – Tvorba digitálního modelu zaniklé obce Přisečnice.

*Ing. Jan Řezníček, Ph.D.,
 Zeměměřický úřad,
 za poskytnutí podkladů děkuje
 prof. Ing. Jiřímu Cajthamlovi, Ph.D.,
 FSv ČVUT v Praze*

Seznam bakalářských a diplomových prací obhájených na Fakultě vojenských technologií Univerzity obrany v Brně v roce 2022

Na katedře vojenské geografie a meteorologie Fakulty vojenských technologií Univerzity obrany v Brně byly v akademickém roce 2021/2022 úspěšně obhájeny tyto bakalářské a diplomové práce.



Bakalářské práce

NGOC DOAN, Hai – Mapping drone surroundings by SLAM methods,
 PAROUBKOVÁ, Jana – Analýza vybraných prvků ze zpráv METAR,
 QUANG NGUYEN, Tan – Určování relativních výšek terénních stupňů z digitálních modelů reliéfu.

Diplomové práce

ČERMÁKOVÁ, Daniela – Virtuální 3D vizualizace vybraných objektů Univerzity obrany a jejich publikace jako webové služby,
 DOHNAL, Martin – Analýza extrémních hydrometeorologických jevů ve VÚ Březina,
 ŘEHOŘOVÁ, Kamila – Extrémní projevy počasí ve středomořských cyklonách.

*Ing. Jan Řezníček, Ph.D.,
 Zeměměřický úřad,
 za poskytnutí podkladů děkuje
 plk. gšt. doc. Ing. Martinu Hubáčkovi, Ph.D.,
 Fakulta vojenských technologií Univerzity obrany v Brně*

Seznam bakalářských a diplomových prací obhájených na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy v roce 2022

Na katedře aplikované geoinformatiky a kartografie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy byly v akademickém roce 2021/2022 úspěšně obhájeny tyto bakalářské a diplomové práce.



Bakalářské práce

BRABEC, Michal – Hodnocení procesu suburbanizace v zázemí Prahy v období 1990–2020 s využitím dat dálkového průzkumu Země,
 HRUBEŠ, Miroslav – Historický atlas bitvy u Kolína,
 HÝRKOVÁ, Zuzana – Hodnocení vlhkosti půdy pomocí družicových dat,
 KRYNDLEROVÁ, Anna – Atlas přeměny krajiny v oblasti Jezera Most,
 KULICH, Adam – Monitoring vegetace rašelinišť v Krkonoších s využitím DPZ,
 POVOLNÁ, Lucie – Analýza vodstva na Aretinově mapě Čech,
 RŮŽIČKOVÁ, Markéta – Vyhodnocení změn land cover/land use v pražské metropoli v období 1989–2018.

Diplomové práce

DANILCHYK, Tatsiana – Assessment of vegetation phenology using Sentinel-2 time series data,
 PINLOVÁ, Gabriela – Určování obsahu chlorofylu ve vybraných travních společenstvech krkonošské tundry na základě terénní spektroskopie a leteckých hyperspektrálních dat,
 ŠROLLEROVÁ, Alex – Mapování vegetace krkonošské tundry z multitemporálních LiDARových dat.

*Ing. Jan Řezníček, Ph.D.,
 Zeměměřický úřad,
 za poskytnutí podkladů děkuje
 PhDr. et Mgr. Evě Novotné, Ph.D.,
 PFF UK v Praze*

Seznam bakalářských, diplomových a disertačních prací obhájených na Fakultě aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni v roce 2022

Na katedře geomatiky Fakulty aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni byly v akademickém roce 2021/2022 úspěšně obhájeny tyto bakalářské, diplomové a disertační práce.



Bakalářské práce

BELINGER, Jiří – Příprava datových sad pro plnění časoprostorové databáze území,
 BLAHNÍK, Jakub – Využitelnost dostupných dat pro prognózu intenzity dopravy generované územím,
 KUBÍČEK, Petr – Mapa atraktivity regionů České republiky,
 MĀRZOVÁ, Tereza – Analýza dostupných geodat využitelných při efektivním řešení komplexních pozemkových úprav,
 SLÁDEK, Ondřej – Analýza a vizualizace tréninkových záznamů.

Diplomové práce

HEFLEROVÁ, Aneta – Koncepte hospodaření se srážkovými vodami na území sídliště Lochotín,
 PODZIMKOVÁ, Eva – Koncept BIM pro historickou budovu.

Disertační práce

KOLOVSKÝ, František – Algoritmy v dopravě.

*Ing. Jan Řezníček, Ph.D.,
 Zeměměřický úřad,
 za poskytnutí podkladů děkuje
 doc. Ing. Karlu Janečkovi, Ph.D.,
 Fakulta aplikovaných věd ZČU v Plzni*



LITERÁRNÍ RUBRIKA

HERGETŮV PLÁN PRAHY 1790/1791

Marek Laštovka, Jitka Močičková, 2021, 1. vydání, vydalo Scriptorium a Historický ústav Akademie věd ČR, v. v. i., náklad 800 ks, 208 s., doporučená cena 935 Kč, ISBN 978-80-7649-029-1 (Scriptorium) a 978-80-7286-383-9 (Historický ústav AV ČR, v. v.



Obr. 1 Obálka publikace

Vltavy. Vyznačuje názvy ulic a čísla domů, rozlišuje typy budov, zachycuje barokní opevnění a poskytuje pestrou škálu dalších informací. Publikace seznamuje odbornou i laickou veřejnost s jedním z nejstarších podrobných kartografických znázornění Prahy, která zachycuje měnicí se tvář české metropole na konci 18. století.

Podrobná textová část představuje plán a jeho význam v širším kontextu. V jednotlivých kapitolách jsou nejprve popsány životní osudy F. A. Hergeta od studií přes pedagogickou a úřednickou činnost až po podnikatelské, stavební a zeměměřické aktivity. V kapitole Hergetův plán a obraz Prahy na konci 18. století je plán popsán i s ukázkami značkového klíče. V další kapitole je po-

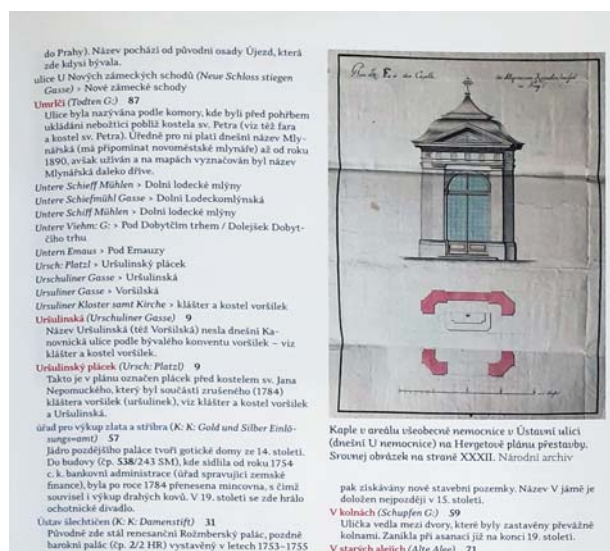
Elegantní publikace v pevné vazbě o rozměru 225 x 305 mm autorů Marka Laštovky a Jitky Močičkové (spolupráce Barbora Laštovková a Johana Langerová, recenze Tomáš Grim, Jana Konvičná a Jiří Martínek) vytištěná na křídovém papíře, byla vydána ke 280. výročí narození Františka Antonína Linharta Hergeta (1741–1800) a také ke 230. výročí dokončení podrobného plánu Prahy (obr. 1).

Kniha je věnována unikátnímu rukopisnému kartografickému dílu, které je uloženo v Archivu hl. m. Prahy a zachycuje čtyři pražská města krátce po jejich spojení v roce 1784 a dále Židovské město, Vyšehrad a území kolem toku

pis i s ukázkami restaurování plánu. Za ní následuje kapitola Rejstřík k Hergetovu plánu, kde jsou barevně rozlišeny názvy ulic a náměstí, budovy, které jsou vyznačeny v originálním popisu plánu a budovy a ostatní na plánu označené objekty (obr. 2). Další částí je pak Rejstřík čísel popisných domů vyznačených na Hergetově plánu Jmenný rejstřík a seznam pramenů a literatury.

Rozsáhlou závěrečnou částí publikace je faksimile plánu v měřítku 1 : 1. Původním rozměr plánu je 229 x 278 cm, a tak byl rozdělen na 99 stran podle kladu, který je uveden na přední předsádce. Měřitko plánu je 200 dolnorakouských sáhů, což odpovídá dnešnímu měřítku 1 : 1 728 a je orientován na západ (obr. 3). V této části publikace již nezbyvá než se kochat a podrobně zkoumat unikátní kartografické dílo cenné nejen svým obsahem, ale i zpracováním, za což patří dík nejen autorům, vydavatelům publikace ale i restaurátorům a v neposlední řadě i finanční podpoře od Hlavního města Prahy.

Petr Mach,
Zeměměřický úřad



Obr. 2 Ukázka části Rejstříku



Obr. 3 Ukázka mapové části

GEODETIKÝ A KARTOGRAFICKÝ OBZOR
recenzovaný odborný a vědecký časopis
Českého úřadu zeměměřického a katastrálního
a Úřadu geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky

Redakce:

Ing. Jan Řezníček, Ph.D. – vedoucí redaktor
Zeměměřický úřad, Pod sídlištěm 1800/9, 182 11 Praha 8
tel.: 00420 284 041 530

Ing. Darina Keblůšková – zástupce vedoucího redaktora
Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky,
Chlumeckého 2, P.O. Box 57, 820 12 Bratislava 212
tel.: 00421 940 991 240

Petr Mach – technický redaktor
Zeměměřický úřad, Pod sídlištěm 1800/9, 182 11 Praha 8
tel.: 00420 284 041 656

e-mail redakce: gako@egako.eu

Redakční rada:

Ing. Katarína Leitmannová (předsedkyně)
Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky

Ing. Karel Raděj, CSc. (místopředseda)
Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v. v. i.

Ing. Svatava Dokoupilová
Český úřad zeměměřický a katastrální

Ing. Robert Geisse, PhD.
Stavebná fakulta Slovenskej technickej univerzity v Bratislave

doc. Ing. Pavel Hánek, CSc.
Fakulta stavební Českého vysokého učení technického v Praze

Ing. Michal Leitman
Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky

Vydavatelé:

Český úřad zeměměřický a katastrální, Pod sídlištěm 1800/9, 182 11 Praha 8
Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky, Chlumeckého 2, P. O. Box 57, 820 12 Bratislava 212

Inzerce:

e-mail: gako@egako.eu, tel.: 00420 284 041 656 (P. Mach)

Sazba:

Petr Mach

Vychází dvanáctkrát ročně, zdarma.
Toto číslo vyšlo v říjnu 2022, do sazby v září 2022.



ISSN 1805-7446

<https://www.egako.eu>
<https://www.geobibline.cz/cs>





Český úřad zeměměřický a katastrální



Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky

Geodetický a kartografický obzor (GaKO)

10/2022