

# VOJENSKÝ TOPOGRAFICKÝ



**BZOR**

**sborník  
topografické  
služby  
AČR**

**2/97**



## OBSAH

<b>Referenční systémy ETRF 89 a ITRF 89 a možnosti jejich zpřesnění</b> pplk. Ing. Vladimír Šilhan, CSc., MSc., Vojenský zeměpisný ústav Praha . . . . .	3
<b>Normální tíhové zrychlení nad hladinovým elipsoidem a jeho integrální střední hodnota na oblouku normální tížnice</b> pplk. Ing. Viliam Vatrť, CSc., Vojenský topografický ústav Dobruška . . . . .	11
<b>Kvazigeoid a geoid na území České republiky</b> Ing. Drahomír Dušátko, CSc., Vojenský zeměpisný ústav Praha pplk. Ing. Viliam Vatrť, CSc., Vojenský topografický ústav Dobruška pplk. Ing. Libor Laža, Vojenský topografický ústav Dobruška . . . . .	16
<b>Digitální ekvivalenty topografických map v měřítkách 1 : 25 000 až 1 : 1 000 000</b> mjr. Ing. Vladimír Kovařík, MSc., Vojenský topografický ústav Dobruška . . . . .	26
<b>Problematika technologie zpracování a tisku TM při variantě CMYK a přímými barvami</b> kpt. Ing. Michal Kopecký, Vojenský zeměpisný ústav Praha . . . . .	32
<b>Barvy pro stabilizovaný čtyřbarvotisk</b> Ing. Vladimír Čihák, Vojenský zeměpisný ústav Praha . . . . .	34
<b>Velká osobnost evropské geodetické integrace 19. století generál Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero</b> Ing. Drahomír Dušátko, CSc., Vojenský zeměpisný ústav Praha . . . . .	37
<b>Brigádní generál Karel Rausch – první velitel Vojenského zeměpisného ústavu</b> Ing. Vlastimil Rybenský, Vojenský zeměpisný ústav Praha . . . . .	42
<b>Autor portrétů prvních tří velitelů Vojenského zeměpisného ústavu</b> Miloš Diviš . . . . .	44
<b>Komentář k vyhlášce Ministerstva obrany č. 114/1997 Sb.</b> Mgr. Ing. Mária Gedayová, VZÚ, analyticko-informační středisko TS Praha . . . . .	46
<b>Anotace . . . . .</b>	47

## CONTENTS

<b>The reference systems ETRF 89 and ITRF 89 and the possibilities of their more precise definition</b>	
V. Šilhan, Military Geographic Institute Prague . . . . .	3
<b>The normal acceleration of gravity over the level ellipsoid and its integral mean value on the arc of the normal vertical</b>	
V. Vátrt, Military Topographic Institute Dobruška . . . . .	11
<b>The quasigeoid and the geoid on the territory of the Czech Republic</b>	
D. Dušátko, Military Geographic Institute Prague	
V. Vátrt, Military Topographic Institute Dobruška	
L. Laža, Military Topographic Institute Dobruška . . . . .	16
<b>The digital equivalents of topographic maps in scales of 1 : 25 000 through 1 : 1 000 000</b>	
V. Kovařík, Military Topographic Institute Dobruška . . . . .	26
<b>The problems of the processing and printing of topographic maps when using the CMYK variant and the primary colours</b>	
M. Kopecký, Military Geographic Institute Prague . . . . .	32
<b>The colours for stabilized four-colour printing</b>	
V. Čihák, Military Geographic Institute Prague . . . . .	34
<b>General Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero, a great personality of the European geodetic integration of the 19th century</b>	
D. Dušátko, Military Geographic Institute Prague . . . . .	37
<b>Brigadier-General Karel Rausch – the first commander of the Military Geographic Institute</b>	
V. Rybenský, Military Geographic Institute Prague . . . . .	42
<b>The author of portraits of the first three commanders of the Military Geographic Institute</b>	
M. Diviš . . . . .	44
<b>The commentary to the public notice of the Ministry of Defence Nr. 114/1997 Coll.</b>	
M. Gedayová, MGI, Analytical Information Centre of TS Prague . . . . .	46
<b>Annotations . . . . .</b>	47

## INHALT

<b>Die Referenzsysteme ETRF 89 und ITRF 89 und die Möglichkeiten ihrer Präzisierung</b>	
V. Šilhan, Militärgeographisches Institut Prag . . . . .	3
<b>Die normale Schwerebeschleunigung über dem Niveauellipsoid und ihr integraler Mittelwert am Bogen der Normalvertikale</b>	
V. Vátrt, Militärtopographisches Institut Dobruška . . . . .	11
<b>Das Quasigeoid und Geoid auf dem Gebiet der Tschechischen Republik</b>	
D. Dušátko, Militärgeographisches Institut Prag	
V. Vátrt, Militärtopographisches Institut Dobruška	
L. Laža, Militärtopographisches Institut Dobruška . . . . .	16
<b>Die digitalen Äquivalente der topographischen Karten in Maßstäben von 1 : 25 000 bis 1 : 1 000 000</b>	
V. Kovařík, Militärtopographisches Institut Dobruška . . . . .	26
<b>Die Problematik der Bearbeitung und des Druckes der topographischen Karten bei der Benutzung der Variante CMYK und der direkten Farben</b>	
M. Kopecký, Militärgeographisches Institut Prag . . . . .	32
<b>Die Farben für den stabilisierten Vierfarbendruck</b>	
V. Čihák, Militärgeographisches Institut Prag . . . . .	34
<b>General Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero, eine große Persönlichkeit der europäischen geodätischen Integration des 19. Jahrhunderts</b>	
D. Dušátko, Militärgeographisches Institut Prag . . . . .	37
<b>Brigadegeneral Karel Rausch – der erste Kommandant des Militärgeographischen Instituts</b>	
V. Rybenský, Militärgeographisches Institut Prag . . . . .	42
<b>Der Autor der Porträte der ersten drei Kommandanten des Militärgeographischen Instituts</b>	
M. Diviš . . . . .	44
<b>Ein Kommentar zur Kundmachung des Ministeriums der Verteidigung Nr. 114/1997 GBl.</b>	
M. Gedayová, MGI, Analytisches Informationszentrum des TD Prag . . . . .	46
<b>Annotationen . . . . .</b>	47



# Referenční systémy ETRF 89 a ITRF 89 a možnosti jejich zpřesnění

Vladimír Šilhan, Vojenský zeměpisný ústav Praha

## 1. Úvod

I přes velké snahy o integraci geodetických referenčních systémů, umocněné v současné době masovým sběrem globálních družicových dat, existuje vzhledem k historickému vývoji a technickým možnostem geodezie nadále velké množství národních geodetických referenčních systémů. V rámci organizace CERCO bylo například v projektu MERGIN, řízeném IfAG (Institut für Angewandte Geodesie) Frankfurt a. M., shledáno, že jen v Evropě se používá nejméně 23 různých místních (národních) geodetických systémů. Kromě toho se používá rovněž několik regionálních systémů, jako jsou ED 50 nebo u nás používaný S-42.

Využívání umělých družic Země a některých dalších metod jako LLR (Lunar Laser Radar) a VLBI (Very Long Baseline Interferometry) umožnilo vývoj globálních geodetických referenčních systémů. Tyto referenční systémy byly původně založeny pouze na spojení mezi tzv. základními body nultého řádu, trvale obsazenými většinou stabilními přístroji pro provoz těchto metod. Ke změně a zintenzivnění takto zahájeného procesu došlo nejprve se zavedením systému Transit NNSS a později ještě výrazněji s příchodem GPS Navstar. Během minulých tří desetiletí bylo realizováno velké množství různých řešení globálních referenčních systémů. Jedním z prvních byl WGS 60. Avšak z praktického hlediska byly nejdůležitější WGS 72 s několika zdokonalenými modifikacemi pro použití dopplerovského systému NNSS Transit a WGS 84, používaný v současné době pro systém GPS Navstar.

Většina klasických národních geodetických systémů neposkytuje dostatečnou celkovou přesnost pro přesné geodetické práce prováděné pro území celých států. To platí ovšem i pro západoevropský regionální standard ED 50 (European Datum 1950), který je založený na terestrických datech a poskytuje přesnost od několika až asi do deseti metrů. Pro doplnění informace o ED 50 uvedme, že poloha Hayfordova elipsoidu použitá pro definici ED 50 má podle výsledků dopplerovské kampaně EDOC-2 posun vůči pravému geocentru  $dx = 96$  m,  $dy = 93$  m a  $dz = 134$  m. Pro zdokonalení systému ED 50 a jeho následné modifikace ED 79 byl komisí RETrig v rámci IAG (International Association of Geodesy) definován nový zpřesněný systém ED 87, používající některá družicová data, ale nadále s převahou terestrických dat. Celková přesnost se sice zvýšila přinejmenším na 2 m, ale toto řešení bylo zavedeno příliš pozdě, než aby mohlo být prakticky plně využito. Bylo totiž překonáno zavedením systému WGS 84.

Referenční systém WGS 84 byl realizován na základě globálně rozmístěné sítě dopplerovských sledovacích stanic využívajících sběru dat z NNSS Transit. Tato družicová technika poskytuje přesnost globálně oceněnou na úroveň 1 až 2 m.

Světovou vědeckou komunitou bylo však shledáno, že tato přesnost některým velmi přesným aplikacím, vyžadujícím centimetrovou nebo milimetrovou přesnost, nevyhovuje. Proto se rozvíjí dlouhodobé úsilí především vědeckých institucí za zdokonalení globálních geocentrických referenčních systémů. Nejvýznamnějšími aktivitami v tomto směru jsou ETRF, EUREF, ITRF a IGS.

Hlavním cílem tohoto článku je popsat systémy ETRF 89 a ITRF 89 a ukázat jejich vzájemné vztahy. Jelikož v rámci EUREF probíhá velké množství aktivit, směřujících k rozšíření původně definovaného systému ETRF 89 postupně na celý kontinent, bude podán pouze přehled současného stavu těchto aktivit bez podrobného popisu, který lze nalézt v citované literatuře.

V článku je rovněž zmíněn systém WGS 84 a Mezinárodní služba GPS pro geodynamiku (IGS), neboť vnitřně náleží k popisovanému problému. Pro další pochopení souvislostí by mělo být předesláno a pochopeno, že ETRF 89 jakožto terestrický referenční systém založený na observacích SLR a VLBI je základním referenčním systémem pro EUREF a že je založen na řešení ITRF 89.

Popsán je nejprve systém ETRF a jeho praktická realizace v rámci kampaní EUREF a následně až systém ITRF. Důvodem je, že další rozvoj ETRF probíhá především v kvantitativním směru, tj. připojováním dalších států a oblastí k původně zaměřenému regionu tzv. západní Evropy, zatímco systém ITRF se trvale intenzivně rozvíjí i kvalitativně a navazují na něj i další rozvojové iniciativy, jako například popisovaná služba IGS.

## 2. Podrobný popis ETRF a EUREF

### 2.1. Historie

S uvážením nezbytnosti vytvoření velmi přesného evropského geodetického referenčního systému bylo v srpnu 1987 během generálního shromáždění IAG ve Vancouveru rozhodnuto zřídit novou subkomisi EUREF k řešení tohoto úkolu. Pouze o měsíc později výbor CERCO (Comité Européen des Responsables de la Cartographie Officielle) rozhodl zřídit novou pracovní skupinu s podobnou odpovědností. Oba orgány v říjnu 1988 souhlasily, že by definice a realizace nového evropského referenčního systému měla být organizována jako jejich společná aktivita.

### 2.2. Vztahy ITRF a ETRF

V současné době jsou nejpřesnějšími geodetickými měřickými technikami používanými pro dlouhé (transoceánské nebo



transkontinentální) vzdálenosti metody SLR a VLBI. Obě metody zaručují přesnost 1 až 3 cm pro vzdálenosti až do 5 000 km. Globální sítě mnoha stanic SLR a VLBI jsou zaměřovány průběžně po dlouhá období.

Od roku 1987 je v činnosti nová Mezinárodní služba rotace Země (IERS), používající převážně výsledky SLR a VLBI a vydávající každoročně nové soubory souřadnic *X*, *Y* a *Z*.

Jelikož takováto kombinovaná geodetická síť poskytuje nejvyšší dosažitelnou přesnost s výbornou geocentricitou, je v současné době nejlepším globálním řešením. Proto oba evropské orgány, zmíněné výše, souhlasily s tím, aby ETRF byl vytvořen na podkladě výsledků ITRS (International Terrestrial Reference System). Pro vlastní definici systému ETRF 89 vztaheného k epoše 1989.0 bylo vybráno 35 stanic SLR a VLBI patřících k řešení ITRF pro epochu 1989.0. Proto je vlastně ETRF podmnožinou globálního řešení ITRF 89.

Vzhledem k tektonickým pohybům by se měly souřadnice evropských stanic vůči geocentru měnit ročně asi o 1 až 3 cm. Jelikož by přesné souřadnice ETRF měly být využívány hlavně pro praktické účely a systém ETRF by měl rotovat se stabilní částí Evropy, bylo rozhodnuto, že vztahy mezi stanicemi budou zafixovány. Protože transformační parametry mezi ETRF a WGS 84 se budou mírně měnit, bylo rozhodnuto, že budou pravidelně v obdobích zhruba 10 let modifikovány, prakticky poté, kdy by se poloha Evropy posunula celkově asi o 25 cm.

Hlavní důvody pro použití statických namísto dynamických souřadnic jsou:

- Z globálního porovnání je známo, že v oblasti Evropy souhlasí ETRF s WGS 84 asi na 1 m.
- Pro většinu úloh běžné navigace jsou takovéto rozdíly nevýznamné.
- S využitím dat z několika permanentních stanic GPS v rámci Evropy nebo pomocí služby IGS je v současné době snadné určit přesné transformační parametry.

Spojení mezi ETRF 89 a WGS 84 bylo implicitně získáno spojením mezi ITRF 89 a WGS 84. Tato transformace, definovaná 7 transformačními parametry podle rovnice (1), je dána v tabulce 1.

o 11 stanic SLR v oblasti Středozemního moře, které se podílely každý druhý rok na programu WEGENER-MEDLAS. Dále v období od června do září 1989 bylo pronajmuto mobilní zařízení VLBI (MV-III) k zaměření 6 dalších stanic v severním Německu, 1 blízko Helsinek, 1 v Tromsø (N), 1 v Carnoustie (severně od Edinburhu), 1 v Brestu a 1 v Grasse (obě F).

Během 5denní kampaně 24hodinových observací s použitím stanic Wetzel (SRN), Onsala (S) a Noto (I) jako základních bylo dosaženo přesnosti lepší než 1 cm v poloze a asi 2,5 cm ve výšce.

### 2.3.2. Zhuštění ETRF 89

Transformace souřadnic vyžaduje nejméně tři, avšak lépe 6 až 8 identických bodů se souřadnicemi jak v národních systémech, tak i v ETRF. Počty národních stanic SLR a VLBI však zpravidla zdaleka nespĺňovaly takovýto požadavek. Proto bylo v říjnu 1988 rozhodnuto provést evropskou kampaň zhuštění bodů s cílem zřídít stanice EUREF ve vzdálenostech zhruba od 300 do 500 km.

Výsledná síť obsahovala 71 bodů GPS a 21 stanic SLR nebo VLBI rozmístěných v jednotlivých státech takto:

- 7 v Norsku,
- 6 ve Švédsku (s 1 stanicí VLBI),
- 6 ve Velké Británii (s 1 stanicí SLR a 1 VLBI),
- 12 v SRN (s 1 stanicí SLR/VLBI a 1 VLBI),
- 8 ve Francii (s 1 stanicí SLR/VLBI a 1 VLBI),
- 4 v Rakousku (s 1 stanicí SLR),
- 10 v Itálii (se 3 stanicemi SLR/VLBI a 1 VLBI),
- 14 ve Španělsku (s 1 stanicí SLR a 1 VLBI),
- 4 ve Finsku (s 1 stanicí SLR),
- 3 v Dánsku,
- 4 v Nizozemsku (s 1 stanicí SLR),
- 3 v Belgii,
- 4 ve Švýcarsku (s 1 stanicí SLR),
- 2 v Portugalsku,
- 4 v Řecku (všechny jsou stanice SLR),
- 3 v Irsku.

Na všech těchto 94 stanicích bylo potom observováno dvoufrekvenčními přijímači GPS, a to vzhledem k dostupnosti

Tabulka 1

Transformační parametry pro implicitní převod mezi ETRF 89 a WGS 84

Z	Do	T1 [m]	T2 [m]	T3 [m]	D [ppm]	R1 ["]	R2 ["]	R3 ["]
ITRF 90	WGS 84	0.06	-0.517	-0.223	-0.011	0.0183	-0.0003	0.007

## 2.3. Realizace ETRF

### 2.3.1. Evropská síť SLR/VLBI

Protože kombinovaná síť SLR/VLBI poskytla nejpřesnější možné řešení, bylo rozhodnuto, že ETRF bude vycházet ze souřadnic IERS 89 třiceti pěti stanic SLR a VLBI a bude definovat ETRF jako podmnožinu ITRF. Pro měřickou kampaň ETRF 89 bylo 8 pevných stanic SLR a 5 pevných stanic VLBI doplněno

pouze 69 dvoufrekvenčních přijímačů ve dvou kampaních. První kampaň proběhla od 16. do 21. května 1989 na 62 bodech a druhá od 23. do 28. května 1989 na 55 bodech.

### 2.3.3. Řešení EUREF 89

Z výsledků předběžného zpracování bylo zřejmé, že zatímco přesnost souřadnic bodů SLR/VLBI byla v jednotlivých složkách 13 až 23 mm, přesnost dodatečných bodů GPS dosáhla asi 30 až 40 mm v poloze a 50 až 60 mm ve výškách. Výpočetní zpracování bylo rozděleno do šesti částí:

- EUREF-TR – sledovací stanice SLR a VLBI společně se třemi dodatečnými body,
- EUREF-CW – Velká Británie, Irsko, Francie, Belgie,
- EUREF-SW – Španělsko, Portugalsko,
- EUREF-CE – Nizozemsko, Německo, Rakousko, Švýcarsko,
- EUREF-SE – Itálie Řecko,
- EUREF-NO – Dánsko, Norsko, Švédsko, Finsko.

Začátkem léta 1991 byly provedeny některé dodatečné kontroly a byl vydán seznam výsledných souřadnic přijatých jako realizace ETRF 89 pod názvem **EUREF 89**.

Vzhledem k tomu, že mezi elipsoidy WGS 84 a GRS 80 existují pouze milimetrové rozdíly, na sympoziu v Bernu bylo pro EUREF přijato použití elipsoidu GRS 80.

### 2.3.4. Dodatečné kampaně EUREF

V rámci snah o evropskou integraci v oblasti spojení geodetických sítí dalších států střední a východní Evropy byla organizována celá řada následných měřických kampaní EUREF:

- V červnu 1990 byla síť dokončena začleněním dodatečných 16 stanic v severozápadní Evropě.
- V srpnu 1990 bylo připojeno šestnáct vybraných bodů turecké sítě prvního řádu s využitím čtyř národních stanic SLR.
- V říjnu 1990 byla připojena bývalá NDR.
- Na konci října 1991 proběhla kampaň EUREF-EAST 91 s připojením ČSFR a Maďarska.
- V červenci 1992 bylo v rámci kampaně POLREF 92 připojeno Polsko.
- Bulharsko, ačkoliv nebylo členem CERCO, bylo připojeno v září 1992 stejně jako nové nezávislé pobaltské státy.
- V roce 1993 následovalo připojení Kypru.
- V květnu 1993 proběhla další dodatečná kampaň v Německu.
- V březnu 1994 se uskutečnila dodatečná kampaň v Belgii a Lucembursku.
- Chorvatsko a Slovinsko následovaly v květnu 1994.
- Rumunsko v září 1994.
- Ukrajina v červnu 1995.
- Nejnověji následují Albánie, Bělorusko, Makedonie, Malta, Srbsko a Černá Hora.

## 3. Podrobný popis ITRF

### 3.1. Obecné poznámky

ITRF jako zkratka IERS Terrestrial Reference Frame je realizací ITRS (IERS Terrestrial Reference System) jakožto

systému přijatého Mezinárodní asociací geodezie a geofyziky (IUGG) pro geodetické a geodynamické účely. Systém ITRF byl určen kombinací několika souborů souřadnic stanic (SSC - Sets of Station Coordinates) získaných z kosmických observačních technik SLR, LLR a VLBI. Převod souřadnic stanic vyjádřených v daném SSC do ITRS může být proveden 7prvkovou transformací.

Velké úsilí bylo vyvinuto při kolokaci nových observačních stanic získaných s použitím dalších technik, jako je GPS, DORIS, PRARE, se souřadnicemi původních stanic IERS. Výhodou takového řešení je, že polohy těchto stanic mohou být vyjádřeny v ITRS a na druhé straně může být provedeno též srovnání mezi řešeními získanými z těchto technik a ITRF. Řešení pomocí těchto technik může být také zahrnuto do globálních kombinací IERS. V důsledku toho přispívají nové stanice ke zhuštění původní sítě IERS.

### 3.2. Historický vývoj

#### 3.2.1. Řešení BIH

BIH (Bureau International de l'Heure) začalo svou výroční zprávou na rok 1984 s publikováním terestrických referenčních systémů, založených na kombinaci kosmických geodetických dat získaných z různých analytických center pro určování parametrů rotace Země.

Souhrn řešení BIH je patrný z tabulky 2, v níž jednotlivé symboly značí: SSC - soubory souřadnic stanic, R - VLBI (rádiová interferometrie o dlouhých základnách využívající příjem signálů z mimogalaktických zdrojů, kvazarů), M - LLR (laserová lokace využívající odražečů umístěných na Měsíci), L - laserová lokace umělých družic Země, D - dopplerovské metody, C - kombinace metod.

Z tabulky 2 je patrný rostoucí počet stanic a lepší jednotková střední chyba  $m_0$  u pozdějších řešení.

#### 3.2.2. První řešení IERS

Na konci kampaně MERIT v roce 1987 byla organizacemi IAG a IUGG zřízena nová služba, nahrazující BIH a IMPS (Mezinárodní služba určování pohybu pólu), a to Mezinárodní služba zemské rotace (IERS).

IERS by měla poskytovat informace nezbytné pro definici konvenčního terestrického referenčního systému a konvenčního nebeského referenčního systému a vztáhnout je navzájem vůči sobě i k dalším referenčním systémům používaným pro určování orientačních parametrů Země.

Tabulka 2

Souhrn řešení BIH

Číslo	Řešení	Počet stanic	Počet SSC					Epocha	Váhy	$m_0$
			R	M	L	D	C			
1	BTS 84	34	2	1	1	1		Hodnoty analytických center	4,3	
2	BTS 85	94	3	1	1	1			5,9	
3	BTS 86	123	3	1	2	1	1984.0		2,7	
4	BTS 87	140	4	3	5	1	x	R > 1 cm, L > 3 cm	1,7	

IERS je odpovědná za:

- definování a údržbu konvenčního terestrického referenčního systému založeného na observačních stanicích, které používají vysoce přesné technické prostředky kosmické geodzie;
- definování a údržbu konvenčního nebeského referenčního systému založeného na mimogalaktických referenčních zdrojích a jeho připojení k dalším nebeským referenčním systémům;
- určování orientačních parametrů Země, terestrických a nebeských souřadnic pólu a univerzálního času;
- organizování operačních aktivit ve směru observací a analýz dat, sběru a archivace relevantních dat a výsledků a rozšiřování výsledků pro splnění potřeb uživatelů.

Podrobnosti o řešeních jak BIH, tak prvních řešeních IERS mohou být nalezeny v [8]. Jejich obecné rysy mohou být shrnuty takto:

- kartézské souřadnice byly prvně publikovány pouze pro referenční body (BTS 84, 85, 86), potom jak pro referenční, tak pro sledovací body (BTS 87 a ITRF-0) a poté pouze pro sledovací body (ITRF 88A a B);
- permanentní slapová korekce byla použita poté, co jí standard IERS doporučil;
- polohy jsou vztaženy k průměrným individuálním epochám pro každou stanicí, pro BTS 86 a 87 jsou všechny stanice vztaženy

k epoše 1984.0 a počínaje ITRF-0 k epoše 1988.0;

- ve všech případech byl vybrán model AM0-2 pro pole rychlosti kontinentálních desek.

### 3.2.3. ITRF 89

Jelikož ITRF 89 tvoří základ ETRF 89 i EUREF 89, je podáno větší množství informací. Souhrnná definice ITRF 89 zahrnuje:

- soubory souřadnic stanic zahrnutých do vyrovnání v souladu s přehledem uvedeným v tabulce 4;
- lokální excentricity byly použity jako observované s vlastními středními chybami;
- počátek, měřítko a orientace byly získány fixováním měřítkového faktoru k hodnotě získané v ITRF 88A;
- časové změny - vstupy SSC - byly počítány pro 1988.0. Pro řešení vztažená k jiným epochám byly spočteny hodnoty pro epochu 1988.0 s použitím odpovídajících modelů pohybu.

Výsledky jsou:

- souřadnice 191 sledovacích bodů na 110 stanicích (pro epochu 1988.0), které mohou být nalezeny v tabulce T-4 Výroční zprávy IERS pro epochu 1989,
- transformační parametry mezi ITRF 88 a jednotlivými použitými vztažnými systémy.

Tabulka 3

#### Přehled prvních řešení IERS

První souhrnné výsledky práce IERS pro rok 1998 byly následující:

Číslo	Řešení	Počet stanic	Počet SSC					Epocha	Váhy	$m_0$	
			R	M	L	D	C				
5	ITRF-0	63	2		2			x	1988	Hodnoty analytických center	2,8
6	ITRF 88	96	6	4	5			x	1988		5,5
7	ITRF 88A	96	3	3	2			x	1988	R > 3 cm; L > 4 cm; M > 5 cm	1,3
8	ITRF 88B	96	2	1	2				1988	R > 3 cm; L > 4 cm; M > 5 cm	1,3

Tabulka 4

#### Souhrnné údaje o řešení ETRF 89

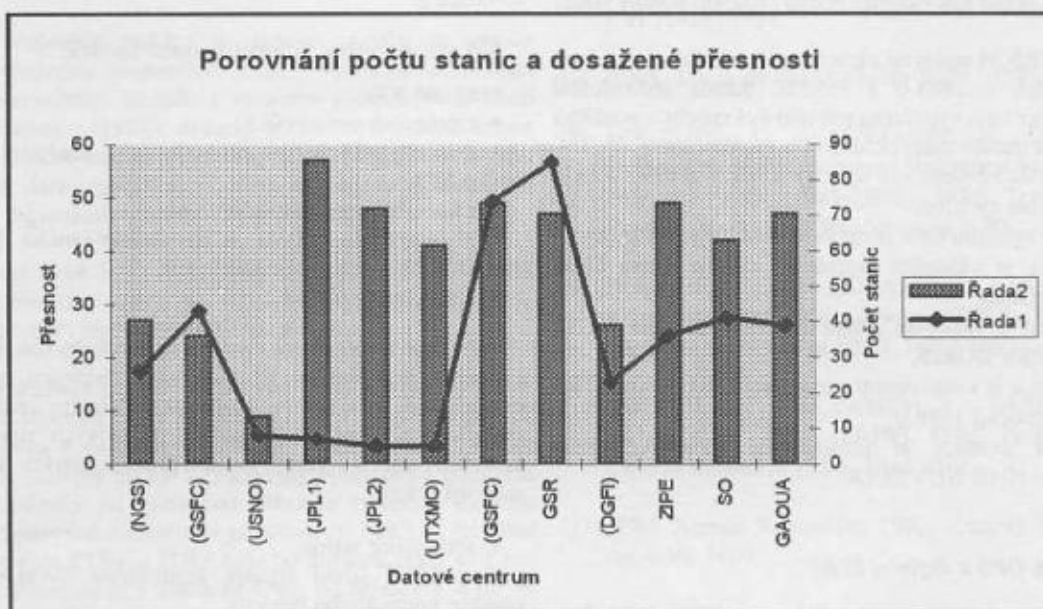
Metoda		SSC			Označení	Model pohybu desek	Referenční systém
VLBI	(NGS)	90	R	O1	RN89	AM0-2	1988
	(GSFC)	90	R	O5	RG89	vyrovnán	1988
	(JPL)	90	R	O2	RJ89	AM0-2	1988
	(USNO)	90	R	O1		AM0-2	17. 10. 1980
LLR	(JPL)	90	M	O1	MJ89	AM0-2	1988
	(UTXMO)	90	M	O1		AM0-2	1988
SLR	(CSR)	89	L	O2	LC89	AM1-2	1988
	(GSFC)	89	L	O1	LG89	AM0-2	1983
	ZIPE	90	L	O1		AM0-2	1988
	(SO)	90	L	O1		AM1-2	1989
	(DGFI)	89	L	O3		vyrovnán	83-86
	(GAOUA)	90	L	O1		AM0-2	1988



Tabulka 5

Transformační parametry použité pro definici ITRF 89

SSC				T1 [cm]	T2 [cm]	T3 [cm]	D [10 <sup>-8</sup> ]	R1 [.001"]	R2 [.001"]	R3 [.001"]	WRMS [mm]	Počet stanic
(NGS)	90	R	O1	-0,1	-3,5	5,8	-0,8	-4,5	10,4	-0,3	27	26
				1,4	1,4	1,3	0,2	0,6	0,5	0,5		
(GSFC)	90	R	O5	162,0	-87,1	51,8	-1,2	0,4	1,1	0,2	24	43
				1,3	1,3	1,2	0,2	0,5	0,5	0,4		
(USNO)	90	R	O1	-8,0	-17,1	6,1	-2,3	-1,1	1,8	0,4	9	8
				2,3	2,6	2,3	0,3	1,1	0,9	0,7		
(JPL1)	90	M	O2	-0,8	-1,8	8,7	-4,1	1,8	1,5	-0,4	57	7
				1,9	1,9	1,9	0,3	0,8	0,8	0,8		
(JPL2)	90	M	O1	-12,5	6,5	7,8	-2,3	5,2	4,6	1,2	48	5
				4,5	5,0	4,8	0,6	2,4	1,7	1,3		
(UTXMO)	89	L	O1	-2,6	-0,3	34,8	-4,6	-1,6	0,1	-2,7	41	5
				6,0	7,7	5,5	1,0	2,4	1,8	3,3		
(GSFC)	89	L	O1	-0,7	1,3	3,9	-0,3	-1,4	5,1	-7,5	49	74
				0,9	0,9	0,9	0,1	0,4	0,4	0,3		
CSR	89	L	O2	0,3	2,2	1,3	-0,3	-3,9	4,1	-15,7	47	85
(DGFI)	89	L	O3	-1,9	0,4	7,1	-0,5	-286,1	-46,1	4,8	26	23
				1,4	1,4	1,3	0,2	0,6	0,6	0,6	4	
ZIPE	90	L	O1	-2,8	2,5	-7,4	-0,1	-0,3	0,7	1,0	49	36
				1,2	1,2	1,1	0,2	0,5	0,5	0,4		
SO	90	L	O1	-0,4	1,6	2,9	-1,0	-4,0	4,9	-14,0	42	41
				1,2	1,1	1,1	0,2	0,5	0,5	0,4		
GAOUA	90	L	O1	-2,9	0,5	-0,5	-1,4	0,3	2,9	-0,6	47	39
				1,2	1,2	1,1	0,2	0,5	0,5	0,5		



Graf 1. Přesnost přiřazení ITRF 89 k ideálnímu řešení a její závislosti na počtu stanic



Další důležité informace, včetně transformačních parametrů pro jednotlivé SSC, jsou uvedeny v tabulce 5.

Grafické porovnání počtu stanic zahrnutých do vyrovnání s dosaženými středními hodnotami je znázorněno pomocí grafu 1. Z grafického vyjádření hodnot uvedených v tabulce 5 je zřejmé, že celková přesnost výsledků jednotlivých zainteresovaných SSC se pohybuje ve většině případů od 25 do 80 mm a že je zřejmě více závislá na metodě a kvalitě měření a výpočetního zpracování než na počtu použitých stanic.

Transformační parametry uvedené v tabulce 5, stejně jako všechny ostatní použité transformace jednotlivých dílčích řešení do globální a komplexní definice, vyjadřují transformaci z jednotlivých datových center SSC do ITRF pomocí 7prvkové transformace;

$$\begin{pmatrix} X2 \\ Y2 \\ Z2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X1 \\ Y1 \\ Z1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} T1 \\ T2 \\ T3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} D & -R3 & R2 & X1 \\ R3 & D & -R1 & X2 \\ -R2 & R1 & D & X3 \end{pmatrix} \quad (1)$$

kde  $T1, T2, T3$  jsou 3 translační parametry,  $D$  je měřítkový faktor a  $R1, R2, R3$  jsou 3 rotační parametry.

### 3.2.4. ITRF 94

V dalších novějších řešeních ITRF jakožto kontinuálního procesu zpřesňování systému ITRF byla uplatněna řada zdokonalení. Přehled těch hlavních nyní uvedeme v souvislosti s definicí ITRF 94, kdy došlo k celé řadě vylepšení, a to především:

- Pro jednotlivá řešení byla použita úplná kovarianční informace ve formátu ISEF1 (podmnožina formátu SINEX).
- Řešení ITRF je založeno na kombinaci vybraných souborů individuálních řešení, která zahrnují řešení VLBI, GPS, SLR a DORIS. Řešení s využitím družicového systému DORIS bylo zahrnuto ve výpočtech ITRF poprvé.
- Všechna vybraná individuální řešení obsahují polohy stanic a rychlosti.
- Výpočty ITRF 94 sestávají z kombinací poloh stanic ve dvou různých epochách - 1988.0 a 1993.0. Každá individuální kovarianční matice byla vypočtena pro tyto dvě epochy s použitím plné kovarianční matice mezi polohami a rychlostmi.
  - Ze dvou kombinací pro epochy 1988.0 a 1993.0 bylo odvozeno pole rychlostí.
  - Definice systému byla podpořena následujícími kroky:
    - počátek je váženým průměrem výběru řešení SLR, GPS a DORIS,
    - měřítko je váženým průměrem výběru řešení VLBI, SLR, GPS a DORIS,
    - orientace je konzistentní s orientací ITRF 92 (ne ITRF 93) pro epochu 1988.0,
    - časová evoluce je konzistentní s geofyzikálním modelem NNR-NUVEL1A.

### 3.2.5. Příspěvek GPS k definici ITRF

Jelikož měření GPS hraje v současné době rostoucí roli i v definici ITRF tím, že je schopno se svou rostoucí přesností

již téměř vyrovnat tradičně nejpřesnějším metodám VLBI, SLR a LLR, bude jeho současný vztah a přínos k definici ITRF rovněž popsán.

Měření GPS byla zahrnuta do výpočtů počínaje řešením ITRF 90. Jelikož IGS (Mezinárodní služba GPS pro geodynamiku) představuje v současné době vskutku novou kvalitu pro přesná měření GPS a začala přispívat stále více k rozšíření rozsahu dat ITRF, je služba IGS v souvislosti tohoto článku popsána jako nejnovější významná vývojová aktivita.

IGS zahájila činnost formálně 1. ledna 1994 a koordinuje činnosti spojené s používáním GPS pro IERS z hlediska monitorování změn orientace Země a rovněž přispívá ke zhušťování, rozvíjení a zvyšování počtu nadbytečných měření pro konzistentní systém ITRF. V roce 1994 začala Iniciativa regionálního zhuštění. Cílem je poskytnout stanice se známými a monitorovanými souřadnicemi a rychlostmi v těsné blízkosti k uživatelům na celém světě. Zhuštěná síť GPS se stala integrální částí ITRF a měla by být snadno dostupná kterémukoliv uživateli.

IGS bude pokračovat ve své spolupráci s IERS zejména ve směru zhušťování sítě a je vyvíjen plán na pravidelné měsíční uvolňování souřadnic a rychlostí stanic ITRF.

Hlavní důvody rostoucího významu měření GPS pro zhušťování ITRF vyplývají zejména z následujících skutečností:

- Technika GPS výrazně zvýšila svůj podíl na monitorování EOP (orientace zemské osy) i údržbě ITRF a zvýšila svou přesnost.
- Globální síť budovaná v rámci IGS výrazně rozšířila globální rozmístění sledovacích stanic GPS, zvláště pak pro pokrytí jižní polokoule. Více informací o těchto aktivitách lze nalézt například ve [14].
- Denní opakovatelnost efemerid GPS v rámci služby IGS se nyní přibližuje střední chybě 10 cm v 3D.
- Rychlosti pohybu kontinentálních desek odvozené z dat IGS nyní souhlasí s výsledky získanými pomocí VLBI/SLR s přesností 2 až 3 mm ročních změn.
- Určení geocentra pomocí GPS souhlasí s jeho určováním pomocí SLR na několik milimetrů ve složkách  $x$  a  $y$  a do 2 cm ve složce  $z$ .

IGS jakožto velmi důležitá inovace sestává:

- ze sítě IGS;
- z datových center (DC);
- z analytických a přidružených analytických center (AC/AAC);
- z koordinátora analytických prací;
- z centrálního úřadu (CB) dislokovaného v JPL (Jet Propulsion Laboratory) v Kalifornii;
- z řídicí rady (GB).

Tok dat je z operačních center k regionálním datovým centrům a poté k jednomu ze tří globálních datových center, která redistribuují data dalším globálním datovým centřům. Sedm analytických center sbírá polohy zájmových stanic z těchto datových center a s jejich využitím provádí analýzy, které typicky zahrnují řešení:

- souřadnice stanic,
- zpoždění šíření signálů atmosférou obvykle ve formě korekce nominálního modelu,
- efemerid družic nebo polohových vektorů, obvykle ve formě 6 Keplerových elementů a 3 negravitačních členů,

- korekce hodin,
- zemských parametrů  $x$ ,  $y$  a UT1,
- dalších parametrů, jako například trend apod.

Současná přesnost všech produktů IGS může být definována takto:

⇒ dráhy družic	0,1 - 0,3 m,
⇒ korekce družicových hodin	0,5 - 5 ns,
⇒ souřadnice zemského pólu	0,000 2 - 0,007",
⇒ délka dne	0,1 - 0,5 ms/d,
⇒ souřadnice stanic	0,003 - 0,03 m.

Informace o přesnosti určování drah je zvláště významná. Je asi o jeden řád lepší než přesnost vysílaných efemerid (BE), a to i při činnosti funkce AS (Anti-spoofing).

## Závěry

Cílem tohoto článku bylo ukázat ETRF 89 a ITRF 89 v širších souvislostech a ve vazbě na EUREF. Hlavním důvodem bylo ukázat na jedné straně vývoj iniciativ EUREF založených na systému ETRF, a tím i na ITRF a na druhé straně demonstrovat dynamiku vývoje systému ITRF. V tomto směru může být konstatováno, že velmi přesné určování poloh například pro geodynamické účely s využitím GPS je v současné době 4rozměrný, časově závislý proces. To je zvláště pravda díky pohybu zemských kontinentálních desek a změn orientace zemského pólu, tedy vzhledem ke změnám definice ITRF, které mají v důsledku toho také dynamický charakter.

Může být konstatováno, že výrazně roste důležitost měření GPS jak pro zhušťování sledovacích stanic ETRF a ITRF, tak i pro zpřesnění definice ITRF. V tomto procesu má v současnosti nezastupitelné místo služba IGS, která je schopna poskytnout uživatelům přesné efemeridy družic i při zapnutém režimu jejich záměrného zhoršování z řídicích center systému GPS. Je však třeba v této souvislosti poznamenat, že tato možnost je pravděpodobně pouze dočasná, neboť další generace družic systému GPS by měla možnost využívání nejvyšší dosažitelné přesnosti tzv. neautorizovanými uživateli a navíc bezplatně vyloučit.

Přesnost určování polohy je vysoce závislá na mnoha faktorech. Nalezení nejlepšího řešení vyžaduje kombinaci různých observačních technik s využitím jejich výhod. Další zvýšení přesnosti vyžaduje zvýšení počtu observačních stanic v oblastech s nižší hustotou dostupných dat. Stejný, ne-li vyšší význam pro další zpřesnění systému má co nejlepší znalost globálního, regionálního a místního průběhu geoidu.

V současné době lze s využitím služeb ITRF/ETRF a IGS používat systém GPS téměř pro všechny, i ty nejpřesnější, a to nejen lokální, ale i regionální a globální úlohy.

Cílem článku nebylo porovnávat a konfrontovat systémy ETRF a ITRF se systémem WGS 84, který by měl být již dostatečně znám a popsán v řadě jiných článků. Přesto však je účelné zdůraznit, že systémy ETRF a ITRF byly vytvářeny s podstatně vyššími požadavky na výslednou přesnost systému. Zatímco WGS 84 byl původně definován s přesností asi 1 až 2 m, relativní přesnost definice ETRF a ITRF byla po dlouhou dobu více než o řád vyšší. Přestože se v současné době, po zpřesnění WGS 84 na tzv. verzi G730 používanou od 2. 1. 1994, rozdíl v přesnosti obou systémů snížil, zůstává rozdíl v přesnosti pro nejpřesnější

geodetické a geofyzikální práce stále významný. Z porovnání WGS 84 a ITRF 88 s uvážením modelu změn v geotektonických pohybech podle standardu IERS 92 činí průměrné rozdíly WGS 84 (G730) a ITRF 138 mm v zeměpisné šířce, 171 mm v zeměpisné délce a 181 mm ve výšce. Podrobný přehled o rozdílech na jednotlivých stanicích, použitých pro testování lze nalézt v [6].

Z hlediska TS AČR je důležité závěrem konstatovat, že systémy WGS 84 i ETRF 89 patří spolu s S-42 a S-JTSK mezi závazné geodetické systémy, v nichž lze na území ČR provádět a dokumentovat výsledky zeměměřických prací. Přitom systém ETRF 89 a jeho následné realizační subsystémy EUREF jsou zpřesněnou realizací systému WGS 84 pro území Evropy. Použití přesnějšího systému ETRF místo WGS 84 je přitom významné pouze v nejpřesnějších geodetických pracích. U většiny běžných geodetických prací zabezpečovaných TS AČR je možné rozdíl obou systémů zanedbat nebo pomocí známých transformačních vztahů převádět souřadnice bodů z jednoho systému do druhého.

## Literatura:

- [1] SEEGER, H.: EUREF. A Modern Geodetic Approach to Establish an All-European Reference System. Belgo-European Seminar „New Surveyors“. Wegimont, 24.-25. 3. 1993.
- [2] Symposium EUREF. Varšava, červen 1994. MilSvy Summary Report, Geo/PG(CLA)/418/7/2.
- [3] Symposium EUREF. Helsinky 3.-6. 5. 1995. MilSvy Summary Report, Geo/PG/(CLA)/418/7/2.
- [4] SEEGER, H.: A Modern geodetic approach to an all-European Terrestrial Reference System.
- [5] WILSON, J. I., - CRISTIE, R. R.: GPS - the implications on nation mapping or a new geodetic datum for Great Britain the Ordnance Survey Scientific GPS Network SCINET92.
- [6] MALYS, S. - SLATER, J. A.: Maintenance and Enhancement of the World Geodetic System 1984. Salt Lake City (Utah) 1994.
- [7] IERS. Missions and Goals for 2000. IERS, květen 1995.
- [8] BOUCHER, C. - ALTAMINI, Z.: Evolution of the realizations of the Terrestrial Reference System done by the BIH and IERS (1984-1988). EIRS Technical Notes 4. Central Bureau of EIRS, prosinec 1990.
- [9] BOUCHER, C. - ALTAMINI, Z.: The IERS GPS Terrestrial Reference Frame. IERS Technical Notes 10. Central Bureau of EIRS, leden 1992.
- [10] BOUCHER, C. - ALTAMINI, Z. - DUHEM, L.: Results and Analysis of the ITRF93. IERS Technical Notes 18. Central Bureau of IERS, říjen 1994.
- [11] IERS Annual Report for 1990. Central Bureau of IERS, červenec 1990.
- [12] 1994 IERS Annual Report. Central Bureau of IERS, July 1995.



[13] Networking Into The 21st Century, The 5th South-East Asian and 36th Australian Surveyors Congress 16-20 July 1995. Singapore, Technical Proceedings, vol. 1.

[14] SPRIVULIS, J.: Starfix II in SE Asia and Australasia, In: Surveying World, July 1995, vol. 3, no. 5.

[15] NOVÁK, P.: Mezinárodní služba GPS pro geodynamiku. Geod. a kartogr. Obz., 41, 1995, č. 10.

Recenzent plk. Ing. Karel Raděj, CSc.

# Normální tíhové zrychlení nad hladinovým elipsoidem a jeho integrální střední hodnota na oblouku normální tížnice

Viliam Vatrť, Vojenský topografický ústav Dobruška

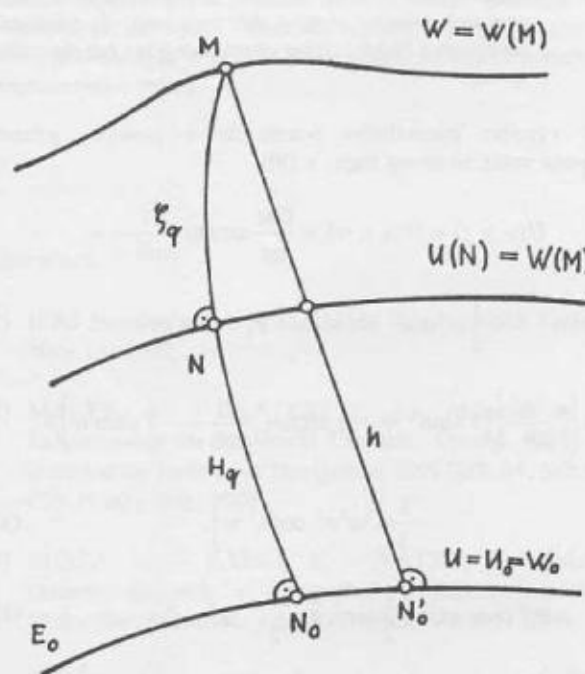
## 1. Úvod

Se zavedením technologie GPS do běžné geodetické praxe v topografickém zabezpečení AČR, jakož i se zapojením TS AČR do mezinárodní spolupráce s DMA (NIMA) USA v testování geopotenciálních modelů vzrostl význam normálních, tj. Moloděnského výšek. Tyto výšky, jak známo, jsou zavedeny na území většiny států střední a východní Evropy, jakož i na území některých států západní Evropy. Při jejich výpočtu hraje významnou roli znalost normálního tíhového zrychlení nad hladinovým elipsoidem s potřebnou přesností. Při úvahách o přesnosti výpočtu normálních výšek je možné vyjít ze současných světových standardů [1], popř. z úkolů geodetické obranné strategie, deklarované DMA USA (NIMA) v [2]. Pro orientaci se dnes jedná o úroveň relativní přesnosti řádu  $10^{-12}$ . Při snahách ČR o začlenění do vojenských struktur NATO je vhodné, aby se i TS AČR již dnes odborně připravovala podílet se na společných úkolech obrany. K tomu přispěje i prověření a zpřesnění současných výpočetních technologií na úroveň požadovanou v geodetické obranné strategii NATO.

K výpočtu normálních výšek je dnes používána střední hodnota normálního tíhového zrychlení na úseku tížnice mezi bodem  $N_0$  (obr. 1) na hladinovém elipsoidu a bodem  $N$  na normální tížnici, pro který platí  $U(N) = W(M)$ ;  $U(N)$  značí normální tíhový potenciál buzený hladinovým elipsoidem,  $W(M)$  je skutečný potenciál v bodě  $M$  na fyzickém povrchu Země (obr. 1). Cílem článku je uvést exaktní řešení výpočtu střední hodnoty normálního tíhového zrychlení v obecném bodě pomocí uzavřených vzorců, tedy vyhnout se v současné době používanému výpočtu pomocí rozvoje v řadu. Exaktní řešení je nezbytné např. při testování geopotenciálních modelů, v družicové altimetrii a dalších aplikačních úlohách obranné geodetické strategie [2].

## 2. Základní parametry a postupy pro výpočet normálních výšek

Systém, ve kterém provádíme testování geopotenciálních modelů, je definován čtyřmi fundamentálními konstantami [6], [7]:  $GM = (398\,600\,441,8 \pm 0,8) \times 10^6 \text{ m}^3/\text{s}^2$  je geocentrická gravitační konstanta,  $\omega = 7\,292\,115 \times 10^{-11} \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$  je střední úhlová rychlost rotace Země.  $W_0 = (62\,636\,855,8 \pm 0,10) \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-2}$  je hodnota tíhového potenciálu na geoidu, odvozená v roce 1996 ve Vojenském topografickém ústavu v Dobrušce s využitím dat družicové altimetrie [3], [4], [5].  $J_2^{(0)} = (1\,082\,635,9 \pm 0,1) \times 10^9$  je druhý zonální geopotenciální koeficient.



Obr. 1. Definice normální výšky a výšky kvazigeoidu

V tomto systému je normální výška definována vztahem

$$H_q = (U_0 - U_N) / \gamma_m = (W_0 - U_N) / \gamma_m = \quad (1)$$

$$= (W_0 - W_M) / \gamma_m, \quad (2)$$

kde

- $U_0$  – hodnota normálního potenciálu na ploše hladinového elipsoidu (obr. 1),
- $U_N$  – hodnota normálního potenciálu v bodě  $N$ , který definuje normální výšku  $H_q$ ,
- $W_M$  – hodnota skutečného potenciálu v terénním bodě  $M$ ,
- $\gamma_m$  – integrální střední hodnota normálního tíhového zrychlení na oblouku tížnice  $N_0N$ .

Parametry hladinového elipsoidu (velká poloosa  $a$  a zploštění  $\alpha$ ) byly odvozeny ve VTOPÚ Dobruška ve třech slapových variantách, v závislosti na stálém zonálním členu slapového potenciálu s využitím dat družicové altimetrie, vypočtené hodnoty potenciálu  $W_0$  na geoidu a konstant  $GM$ ,  $\omega$ ,  $J_2^{(0)}$ . Konkrétní hodnoty jsou uvedeny v tabulce 1.



Tabulka 1 Rovnice

Parametry hladinového elipsoidu ve třech slapových systémech

Slapový systém	Velká poloosa $a$ [m]	Reciproká hodnota zploštění $\alpha$
střední	6 378 136,696	298,252 336 21
tzv. nulový	6 378 136,597	298,256 452 82
bez slapového vlivu	6 378 136,568	298,257 684 19

**Poznámka:** V praxi se rozlišují tři slapové systémy podle toho, zda respektují oba stálé slapové efekty, tj. přímý a nepřímý (mean - střední), nebo jen nepřímý efekt (zero - nulový), popřípadě nerespektují žádný z těchto efektů (tide free - bez slapového efektu).

Pro výpočet normálního potenciálu v prostoru přitom použijeme vztah uvedený např. v [9]:

$$U(x, y, z) = U(u, v, w) = \frac{GM}{ae} \arctan \frac{1}{\sinh w} + \frac{1}{3} \omega^2 a^2 e^2 \cosh^2 w + P_2^{(0)}(\cos u) \times \left[ \frac{\omega^2 a^2}{3P} \left[ (3 \sinh^2 w + 1) \arctan \frac{1}{\sinh w} - 3 \sinh w \right] - \frac{1}{3} \omega^2 a^2 e^2 \cosh^2 w \right], \quad (3)$$

$$P_2^{(0)}(\cos u) = \frac{3}{2} \cos^2 u - \frac{1}{2}, \quad e^2 = 2\alpha - \alpha^2, \quad (4)$$

$$P = \frac{3 - 2e^2}{e^2} \arctan \frac{e}{1 - \alpha} - 3 \frac{1 - \alpha}{e}, \quad (5)$$

kde  $U$  - normální potenciál nad hladinovým elipsoidem v bodě o souřadnicích  $x, y, z$ , resp.  $u, v, w$ ,  
 $x, y, z$  - geocentrické kartézské souřadnice zadaného bodu,  
 $u, v, w$  - geocentrické křivočaré elipsoidické souřadnice zadaného bodu definované vztahy (6).

Pro převod křivočarých prostorových elipsoidických souřadnic  $u, v, w$  bodů na pravoúhlé prostorové souřadnice  $x, y, z$  platí následující exaktní uzavřené vztahy:

$$\begin{aligned} x &= ae \sin u \cos v \cosh w, \\ y &= ae \sin u \sin v \cosh w, \\ z &= ae \cos u \sinh w. \end{aligned} \quad (6)$$

Geometrický význam křivočarých souřadnic bodů je následující:

$$u = \pi/2 - \psi, \quad v = L, \quad (7)$$

kde  $\psi$  - redukovaná šířka daného bodu,  
 $L$  - geocentrická délka bodu,  
 $w$  - definuje prostorovou polohu bodu nad elipsoidem ( $w$  má význam normální výšky).

$$w = \text{konst.} \quad (8)$$

definuje plochu rotačního elipsoidu, procházejícího daným bodem, o poloosách

$$\begin{aligned} a' &= ae \cosh w', \\ b' &= a'(1 - \alpha') = ae \sinh w'. \end{aligned} \quad (9)$$

Tento elipsoid je konfokální se základním hladinovým elipsoidem, platí tedy  $ae = a'e'$ .

Pro převod souřadnic  $x, y, z$  na souřadnice  $u, v, w$  použijeme následující vztahy:

$$v = \arctan \frac{y}{x},$$

$$w = \text{arcsinh} \sqrt{\frac{\rho^2 - c^2 + D}{2c^2}}, \quad (10)$$

$$u = \arccos \left( \frac{z}{c \sinh w} \right),$$

přičemž

$$D = \sqrt{4c^2 z^2 + (\rho^2 - c^2)^2},$$

$$c = a\sqrt{2\alpha - \alpha^2} = ae, \quad (11)$$

$$\rho = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}.$$

Normální tíhové zrychlení v prostoru pak počítáme podle následujícího vztahu [8]:

$$\begin{aligned} \gamma^2 &= \frac{1}{a^2 e^2 (\cosh^2 w - \sin^2 u)} \left\{ \left( \frac{GM}{ae \cosh w} \right)^2 + \frac{1}{4} \omega^4 a^4 e^4 (\sin^4 u \sinh^2 2w + \cosh^4 w \sin^2 2u) + \frac{\omega^2 a^4}{9P^2} \times \right. \\ &\times \left[ 3 \sinh 2w \arctan \frac{1}{\sinh w} - \frac{2 \sinh^2 w}{\cosh w} - 4 \cosh w \right]^2 \\ &\left. + \left[ P_2^{(0)}(\cos u) \right]^2 + \frac{\omega^4 a^4}{4m^2} \left[ (3 \sinh^2 w + 1) \arctan \frac{1}{\sinh w} - 3 \sinh w \right]^2 \sin^2 2u \right\}. \end{aligned} \quad (12)$$

### 3. Integrální střední hodnota normálního tíhového zrychlení nad hladinovým elipsoidem při výpočtu normálních výšek

Normální výšky v systému čtyř fundamentálních konstant  $GM, \omega, W_0, J_2^{(0)}$  se počítají podle rovnice (1), v níž  $\gamma_m$  je integrální

střední hodnota normálního tíhového zrychlení na oblouku tížnice  $N_0N$ . Právě přesností výpočtu této hodnoty a jejího vlivu na přesnost výsledné normální výšky se budeme nyní zabývat.

Pomocí diferenciálního vztahu

$$\delta\gamma_m = -\frac{\gamma_m \delta H_q}{H_q} \quad (13)$$

můžeme zjistit, s jakou přesností  $\delta\gamma_m$  musíme znát hodnotu  $\gamma_m$ , abychom dosáhli požadovanou přesnost výpočtu výšky  $H_q$ . Výšky nivelačních bodů jsou uváděny s přesností na 0,000 1 m, proto při jejich výpočtu budeme požadovat přesnost alespoň 0,000 05 m, což budeme považovat za hodnotu  $\delta H_q$  ve vzorci (13). Pak již můžeme stanovit přesnost, se kterou musíme při dané výšce  $H_q$  a požadované přesnosti výšky znát integrální střední hodnotu tíhového zrychlení  $\gamma_m$ . Závislost jsme vyjádřili graficky na obr. 2 a obr. 3. Ze závislosti vyplývá, že s rostoucí nadmořskou výškou bodu roste při uvedené požadované přesnosti výšky požadavek na přesnost určení normálního tíhového zrychlení.

Dále jsme zkoumali, jaké chyby ve výšce se dopustíme, pokud pro výpočet  $\gamma_m$  použijeme v praxi používaný zjednodušený vztah

$$\gamma_m = (\gamma_0 + \gamma_N) / 2, \quad (14)$$

tj. pouhý průměr normálního tíhového zrychlení v bodě  $N_0$  a bodě  $N$ . Pro zjištění uvedeného jsme provedli experiment, kdy pro danou zvolenou výšku jsme počítali  $\gamma_m$  jednak podle vztahu (14), jednak podle vztahu

$$\gamma_m = \frac{\sum_{i=1}^n \gamma_i}{n}, \quad (15)$$

kde

$\gamma_m$  – integrální střední hodnota tíhového zrychlení na oblouku  $N_0N$  – viz obr. 1,

$\gamma_i$  – hodnota tíhového zrychlení v bodě na konci ekvidistantního úseku dělení normály  $N_0N$ , počítaného podle exaktního vztahu (12),

$n$  – počet úseků (intervalů).

Zjistili jsme závislost uvedenou na obr. 4, ze které vyplývá, že chyba určení výšky při použití vztahů (1) a (14) vzrůstá s rostoucí výškou. Proto je tento vztah nevhodný pro exaktní výpočet normálních výšek bodů.

Při uvedených úvahách jsme museli stanovit vhodný počet úseků dělení oblouku  $N_0N$  tak, aby při zvětšení počtu úseků dělení  $n$  o jedničku již nevedlo ke změně výšky počítané podle vztahu (1) nebo (2) o více než 0,000 01 m. Zjistili jsme závislost uvedenou na obr. 5, ze které vyplývá, že pro exaktní výpočet výšky je potřeba počítat integrální střední hodnotu  $\gamma_m$  podle vztahu (15). Dále je z obrázku zřejmé, že počet úseků děleného oblouku tížnice roste s rostoucí výškou bodu.

Pro dokreslení našeho tvrzení, že je potřeba počítat normální výšku bodů podle exaktních vztahů (1), resp.  $\gamma_m$  podle vzorce

(15), jsme provedli poslední experiment, kdy jsme určovali rozdíl hodnot  $\gamma_m$  počítaných podle vztahů (15) a (14) pro stejné hodnoty výšek. Potvrdilo se, že chyba v určení  $\gamma_m$  podle vztahu (14) roste s výškou bodu, tedy její chyba se projeví chybou normální výšky podle již uvedených závislostí.

## 4. Závěr

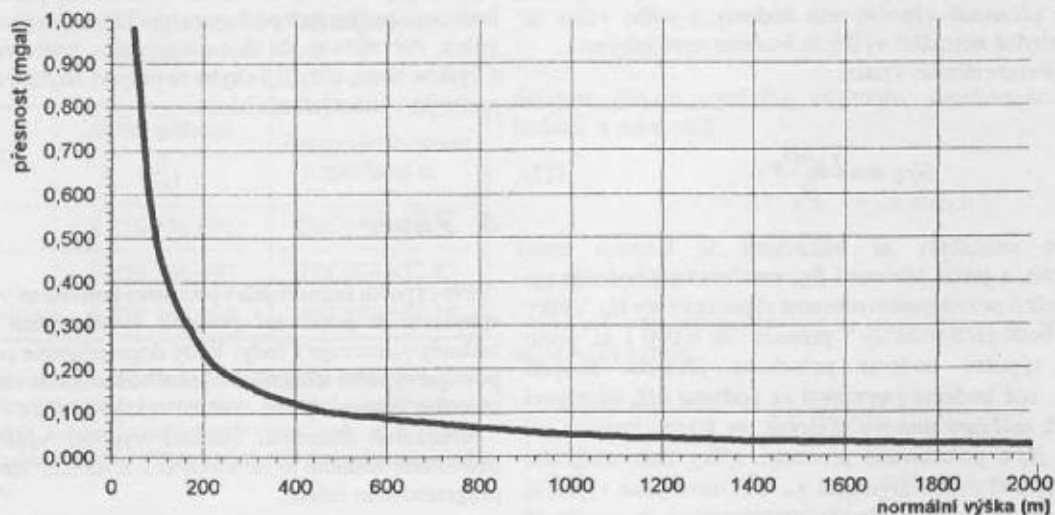
Při výpočtu normálních výšek není potřeba se v současné době uchylovat k používání postupů využívajících při stanovení hodnoty  $\gamma_m$  rozvoje v řady. Vždy doporučujeme použít exaktního postupu výpočtu integrální střední hodnoty tíhového zrychlení na oblouku tížnice podle vztahů (15) a (12), zejména však v družicové altimetrii. Exaktní výpočet výšky  $H_q$  pro její libovольnou hodnotu je ve VTOPÚ k dispozici včetně potřebného programového řešení.

## Literatura:

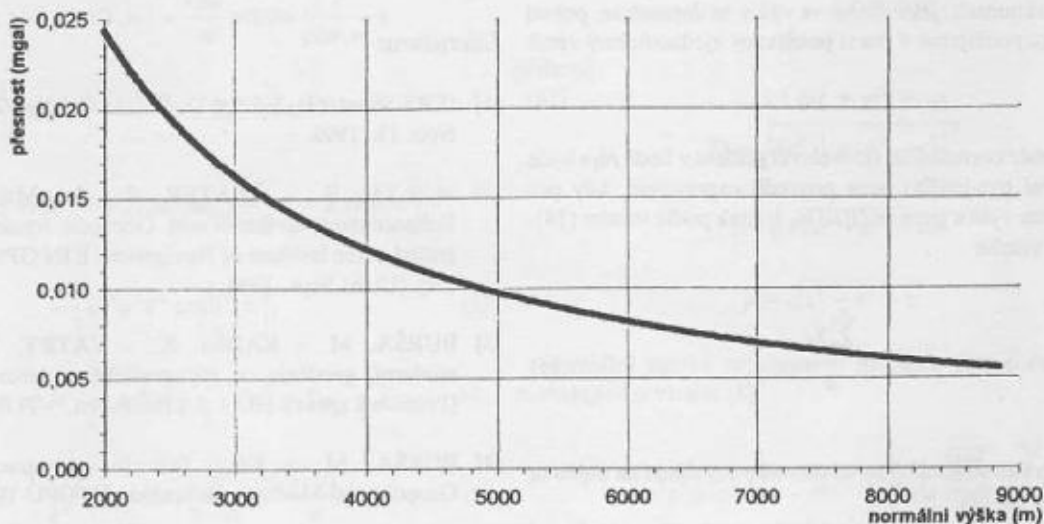
- [1] IERS Standards. Ed. by D. D. Mc Carthy. IERS Technical Note 13. 1992.
- [2] MALYS, S. – SLATER, J. A.: Maintenance and Enhancement of the World Geodetic System 1984; Presented at the Institute of Navigation, ION GPS-94. Salt Lake City (Utah) Sept. 1994.
- [3] BURŠA, M. – RADĚJ, K. – VATRT, V.: Uplatnění moderní geodézie v topografickém zabezpečení AČR. [Průběžná zpráva HÚ 1.5.] Dobruška, VTOPÚ 1996.
- [4] BURŠA, M. a kol.: Test for Accuracy of Recent Geopotential Models. Dobruška, VTOPÚ 1996. – V tisku.
- [5] BURŠA, M. a kol.: Determination of Geopotential Scale Factor from TOPEX/POSEIDON Satellite Altimetry. Stud. geophys. geod. **40**, 1996.
- [6] RIES, J. C. a kol.: Progress in the Determination of the Gravitational Coefficient of Earth. GRL, **19**, 1992, s. 529-531.
- [7] Report of IAG SC3. Fundamental Constants. 1991–1995. Pres. 21st IAG Gen. Ass. Boulder 1995.
- [8] BURŠA, M. a kol.: Estimation of the accuracy of geopotential models. Stud. geophys. geod., **39**, 1995, s. 365-374.
- [9] BURŠA, M. a kol.: Satellite altimetry applied to geopotential model testing, contribution to the Geographic Partnership Coordination Conference, Brussels, June 1994.

Recenzent prof. Ing. Milan Burša, DrSc.

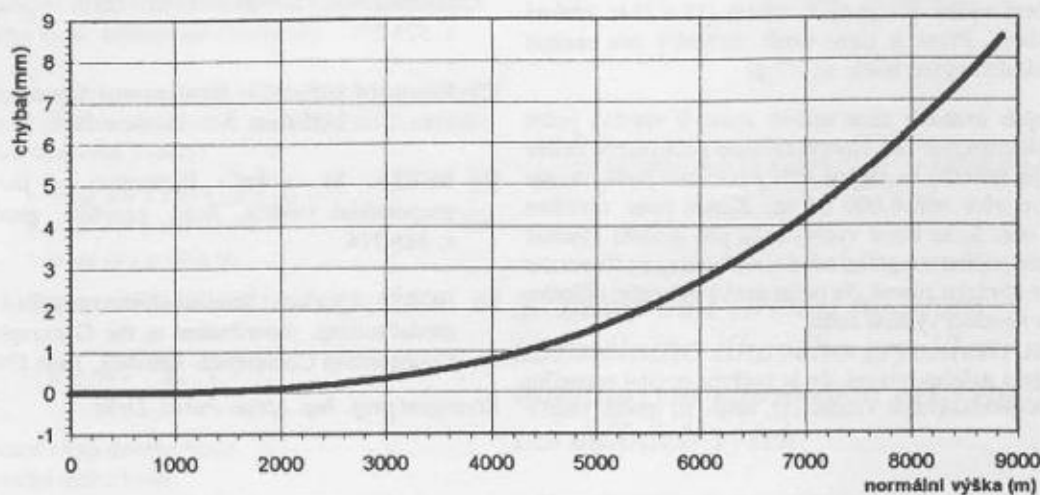




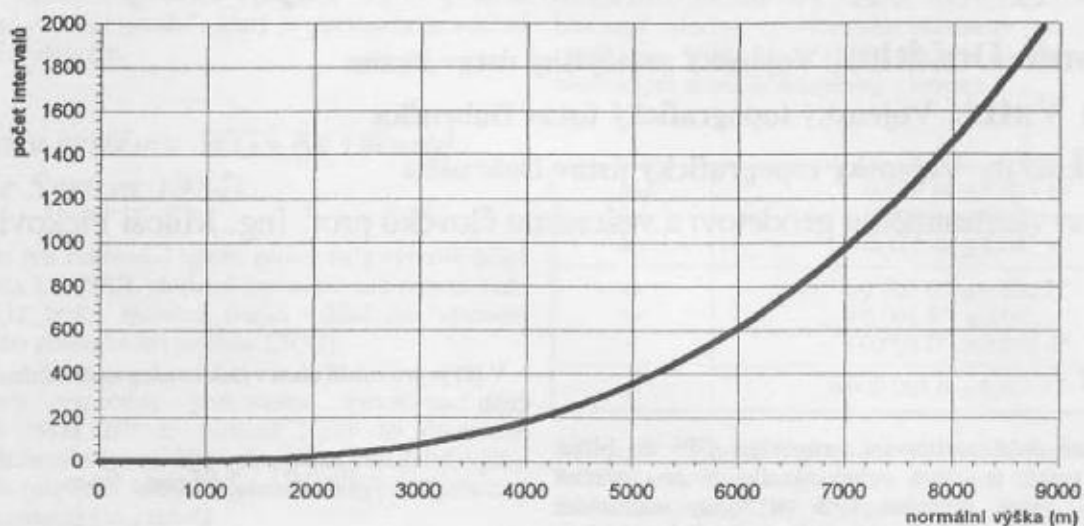
Obr. 2. Požadovaná přesnost určení integrální střední hodnoty normálního tíhového zrychlení nad hladinovým elipsoidem při uvažované přesnosti určení normální výšky (rozmezí výšek 0 až 2000 m)



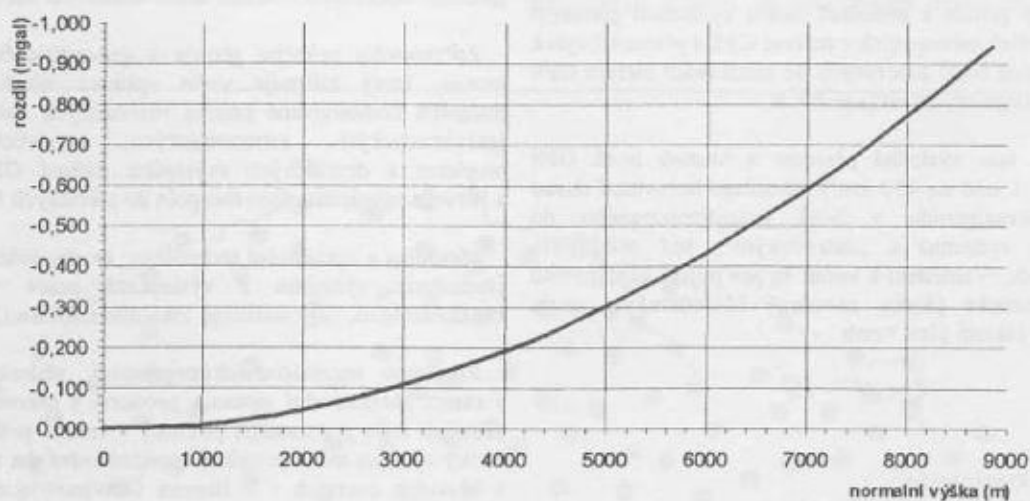
Obr. 3. Požadovaná přesnost určení integrální střední hodnoty normálního tíhového zrychlení nad hladinovým elipsoidem při uvažované přesnosti určení normální výšky (rozmezí výšek 2000 m až 8848 m)



Obr. 4. Chyba normální výšky v závislosti na její velikosti při použití vztahu (14) při výpočtu  $\gamma_m$



Obr. 5. Potřebný počet intervalů dělení tížnice v závislosti na normální výšce



Obr. 6. Rozdíl  $\gamma_m$  počítaného podle vztahů (15) a (14)



# Kvazieoid a geoid na území České republiky

Drahomír Dušátko, Vojenský zeměpisný ústav Praha

Viliam Vatrt, Vojenský topografický ústav Dobruška

Libor Laža, Vojenský topografický ústav Dobruška

Věnováno všestrannému geodetovi a vzácnému člověku prof. Ing. Miloši Pickovi, DrSc.

## 1. Úvod

V současné době rozšiřování technologie GPS do běžné geodetické praxe se stává velmi aktuální úlohou převod geodetických výšek určených GPS na výšky nadmořské (vzhledem k soudobým možnostem přesnosti jejich určení se nerozlišuje jejich druh).

Data dosud získaná v rámci výstavby geocentrických geodetických systémů na území ČR umožňují rekonstrukci průběhu plochy geoidu s přesností danou výslednou přesností geodetických výšek odvozených z měření GPS a přesností výšek trigonometrických bodů zahrnutých do zhušťování měření GPS DOPNUL v geodetických základech ČR.

Přesto však tato výsledná přesnost a hustota bodů GPS DOPNUL (asi 1 bod na 450 km<sup>2</sup>) umožňuje porovnání dosud používaného kvazigeoidu v S-42 (transformovaného do geocentrického systému) s „autentickým“, byť přibližným průběhem geoidu. Vzhledem k tomu, že pro pojem kvazigeoidu jakožto matematické plochy zavedený Moloděnským spolu s normálními výškami platí vztah

$$\zeta = H^{\text{el}} - h_n, \quad (1)$$

kde

- $\zeta$  – výška kvazigeoidu,
- $H^{\text{el}}$  – elipsoidická (geodetická) výška bodu,
- $h_n$  – normální výška Moloděnského, pro kterou platí

$$h_n = \frac{1}{\bar{\gamma}} \int_A^B g dh, \quad (2)$$

kde

- $\bar{\gamma}$  – střední hodnota normálního tíhového zrychlení,
- $g$  – tíhové zrychlení na dráze  $A, B$ ,
- $dh$  – diferenciální přírůstek výšek na  $A, B$ .

Rozdíl v průběhu plochy kvazigeoidu a průběhu fyzikální ekvipotenciální plochy  $W_0$  geoidu je pak [1]

$$dN - d\zeta = \frac{\Delta g}{\bar{\gamma}} dh, \quad (3)$$

kde

- $N$  – výška geoidu,
- $\Delta g$  – tíhová anomálie.

Vysvětlení rozdílů v definicích a průběhu obou ploch, jejich konstrukci, je velmi srozumitelně uvedeno v [1], [2].

V [2] je pro rozdíl obou výšek uveden zjednodušený orientační vztah

$$(\zeta - N)_{[m]} \approx \Delta g_{B[0m]} \cdot H_{[km]}, \quad (4)$$

kde

$\Delta g_B$  – Bouguerova anomálie v galech ( $m \cdot s^{-2} \cdot 10^{-2}$ ).

Tamtéž se uvádí tento rozdíl pro Mont Blanc (1,8 m), přičemž globální, maximální hodnota může dosahovat asi 4 až 6 m.

Zpřesňování průběhu geoidu v geocentrickém systému je proces, který zahrnuje vedle aplikace nových vědeckých poznatků kombinované použití různorodých dat povrchových (gravimetrických, astronomických, geodetických včetně nivelace) a družicových (výsledků měření GPS, altimetrie a rozvoje potenciálu tíhového pole do sférických funkcí).

Metodika a zpracování technologie tvorby průběhu geoidu je předmětem výzkumů a výsledkem práce v globálním, kontinentálním, regionálním a lokálním měřítku [3].

Programy mezinárodních organizací, vědeckých uskupení v rámci Mezinárodní asociace geodezie a mezinárodní setkání přinášejí stále podstatnější pokroky v řešené problematice [4]. Velký význam má nepřetržité soustředování dat a jejich třídění v hlavních centrech - v Bureau Gravimétrique International (Toulouse), na univerzitách v Miláně a Hannoveru a na ně navazující mezinárodní spolupráce [3], [4].

Lze konstatovat, že současná možnost plošného porovnání ploch lokálního průběhu geoidu a kvazigeoidu (byť v určité hladině přesnosti a úrovní spolehlivosti) znamená konfrontaci dvou naprosto nezávislých teorií, metodik tvorby a vstupních dat použitých pro konstrukci těchto ploch.

V rámci výzkumných a rozvojových prací topografické služby a přípravy na nové vyrovnání astronomicko-geodetické sítě (AGS) byla v 70. letech vytvořena astronomicko-gravimetrická verze kvazigeoidu v systému 1942. Tato verze byla ve VTOPÚ následně zpřesněna a po zavedení opravy na nový systém 1942/83 je dosud využívána při mezisystémových transformacích souřadnic v rámci výstavby geocentrického systému WGS 84. V průběhu tvorby speciálních map byl vypočten průběh gravimetrického geoidu podle Stokese v rovinné aproximaci [13].

V současné době probíhající výzkumy a práce u nás navazují na tradici tvorby geoidu/kvazigeoidu reprezentované jmény jako E. Buchar, M. Burša a M. Pick. Mezi civilní a vojenskou geodetickou službou existuje v této oblasti dlouhodobá spolupráce a probíhá koordinace prací. Topografická služba AČR má ve

svém plánu výzkumu v rámci úkolu 1.11 „Úkoly moderní geodezie v ozbrojených silách“ podúkol 1.11.4 „Tvorba a zpřesňování průběhu geoidu“, který je považován za součást meziresortní spolupráce.

## 2. Geoid v systému WGS 84 (World Geodetic System 1984)

Podkladem pro konstrukci tohoto geoidu byly výškové údaje na 177 bodech DOPNUL zhuštění nadřazené sítě nultého řádu NULRAD (12 bodů) společně tvořící základ pro výstavbu geocentrického geodetického systému ČR [5].

Údaje byly vypočteny podobnostní transformací [6] geodetických výšek  $H_i^{etl}$  ze systému ETRF 89 (European Terrestrial Reference Frame 1989) do systému WGS 84, výšky nadmořské  $h_i$  (převážně určené trigonometricky) pak převzaty z elaborátu geodetických základů.

Přibližné kóty  $N_i$  geoidu byly na bodech DOPNUL vypočteny jednoduchým rozdílem

$$N_i = H_i^{etl} - h_i. \quad (1)$$

geocentricitu systému WGS 84, a tím i efemeridy družic navigačního systému GPS (Global Positioning System). V [7] jsou např. uvedeny transformační parametry pro oba systémy. Např. pro WGS 84 a ITRF 92 při neuvažování pohybů tektonických desek jsou uvedeny v tabulce 1.

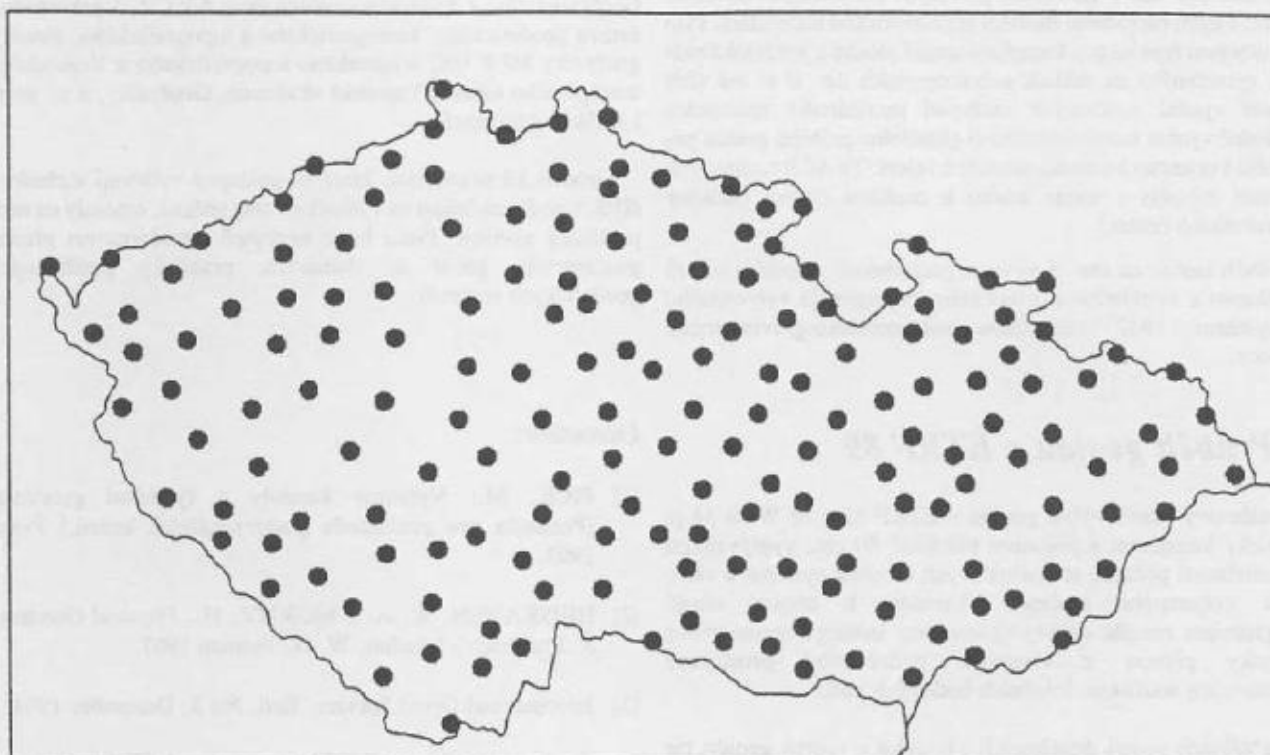
Tabulka 1

$\delta x_0$	0,104 m $\pm$ 0,063 m
$\delta y_0$	- 0,099 m $\pm$ 0,063 m
$\delta z_0$	- 0,121 m $\pm$ 0,063 m
$\omega$	- 0,005 0" $\pm$ 0,002 8"
$\psi$	+ 0,001 6" $\pm$ 0,002 3"
$\epsilon$	+ 0,003 0" $\pm$ 0,002 6"
$m$	0,000 004 6 $\pm$ 9,8.10 <sup>-6</sup>

Excentricita počátku prostorového souřadnicového systému WGS 84 vzhledem ke geocentru se udává řádově 1 až 2 m, zatímco u systému ITRF 94 je menší.

Nutno poznamenat, že zpřesněný systém WGS 84 byl označen jako WGS 84 (G730); bližší viz v [7].

Transformace výšek geoidu z ETRF 89 do WGS 84 byla uskutečněna prostorovou podobnostní transformací na základě



Obr. 1. Rozmístění 177 bodů DOPNUL, doplňujících výchozí body nadřazené sítě nultého řádu, podle [5]

Souřadnice bodů DOPNUL byly vypočteny ve VÚGTK v systému ETRF 89, jehož definiční parametry jsou shodné s nadřazeným systémem ITRF 89 (International Terrestrial Reference Frame 1989) s periodicky zpřesňovanými souřadnicemi globálně rozmístěných základních bodů. Jsou známé geometrické verze ITRF 90, 92, 94, k nimž je určován transformační vztah nejenom pro ETRF, ale také od roku 1994 pro WGS 84. Zpětně tak souřadnice ITRF ovlivňují přesnost a

souřadnic v obou systémech na 12 identických bodech obou systémů [8]. Střední chyba v určení geodetické výšky z GPS je udána hodnotou

$$m_H = \pm 0,05 \text{ m.}$$

Konstrukce průběhu geoidu z měření GPS určeného s popsaným zjednodušením je na obr. 2.

### 3. Srovnání s kvazigeoidem transformovaným ze systému 1942/83 do systému WGS 84

Transformace dosud používaného kvazigeoidu S-42/83 do WGS 84 proběhla prostorovou podobnostní transformací, přičemž koeficienty transformace byly určeny na základě kót geoidu a kvazigeoidu obou systémů na 18 identických bodech [10]. Střední chyba transformace je charakterizována

$$m_z = \pm 0,22 \text{ m.}$$

Spolehlivost a přesnost klasického astrogravimetrického kvazigeoidu byla dosud odhadována řádově v decimetrech, což plně vyhovovalo řešení redukčních úloh vyšší geodezie a výpočtu geodetických výšek vstupujících do úloh prostorových podobnostních transformací.

Plocha „autentického“ geoidu z měření GPS a nadmořských výšek byla porovnána s průběhem plochy kvazigeoidu transformovaného z S-42/83 do téhož systému.

Z porovnání obou ploch byly získány difference, na jejichž základě byly v decimetrech vyinterpolovány izočáry rozdílů jejich výšek (viz obr. 4). Průměrný rozdíl ve výškách těchto ploch je na většině území ČR několik decimetrů. Výjimkou jsou příhraniční oblasti, zvláště pak západní část republiky. Tato maxima plynou z nižší váhy a spolehlivosti dat v zahraničí, použitých při astrogravimetrické nivelaci a jejím následném zhuštění gravimetrickou interpolací. Tyto důsledky jsou typické pro kompilaci spojitě plochy z jejich lokálních částí, vytvořených na základě nehomogenních dat. O to má větší význam využití současných možností mezinárodní spolupráce a následně využití kontinentálního či globálního průběhu geoidu pro umístění a orientaci lokálních detailních řešení. TS AČR podle svých možností přispěla v tomto směru k rozšíření datové základny mezinárodních center.

Průběh izočas na obr. 4 vyvrací pochybnosti několika autorů o reálnosti a využitelnosti klasického kvazigeoidu vytvořeného v systému 1942 metodikou astronomicko-gravimetrické nivelace.

### 4. Průběh geoidu v ETRF 89

Systémový rozdíl výšek geoidu v ETRF 89 a ve WGS 84 je prakticky konstantní s posunem přibližně 60 cm, vyplývajícím z netotožnosti počátků souřadnicových os obou systémů a vlivu jejich vzájemného stočení. Vzhledem k tomuto téměř konstantnímu rozdílu nebyly vyhotoveny izočáry; centimetrové odchylky plynou z vlastností podobnostní prostorové transformace souřadnic lokálních bodových polí.

Na základě dosud dosažených výsledků v tvorbě geoidu lze konstatovat, že současné řešení umožní převod geodetických výšek určených technologií GPS na výšky nadmořské s přesností do jednoho – dvou decimetrů [9].

Průběh kvazigeoidu transformovaného ze systému 1942/83 do systému ETRF 89 je na obr. 6.

Počáteční vývojovou fází systému ETRF 89 byl na území ČSFR systém EUREF 89, definovaný souřadnicemi pěti bodů zaměřených technologií GPS v rámci evropské kampaně EUREF-EAST v roce 1991. Rozdíl v průběhu geoidu mezi EUREF 89 a ETRF 89 je konstantní a činí asi 10 cm [14].

### 5. Zpřesnění průběhu geoidu

V etapě, kdy je prakticky před dokončením výstavba geocentrického geodetického systému na území ČR, čímž vyvrcholí práce na modernizaci geodetických základů, stojí před českou geodezií úkol zpřesnění průběhu systémového geoidu na centimetrovou úroveň.

V našich podmínkách to prakticky znamená:

- určení geodetických výšek na vybraných bodech nivelační sítě, příp. nivelační připojení významných bodů s přesně určenými výškami geodetickými, a tím vytvoření vztažného bodového pole s kótami geoidu;
- využití výsledků gravimetrického mapování 1 : 25 000 pro vytvoření digitálního modelu anomálního tíhového pole;
- získání koeficientů spolehlivého rozvoje potenciálu tíhového pole Země do vysokého, ale reálného stupně a řádu;
- získání aktuálních výsledků prací (dat) na konstrukci evropského geocentrického geoidu;
- vytvoření databází a technologické linky výpočetního a grafického zpracování.

Celé řešení je třeba postavit na výsledcích moderní teorie a její aplikace v našich podmínkách. Zájmu celé věci prospěje pokračování a rozvinutí plodné spolupráce pracovišť Geofyzikálního a Astronomického ústavu AV ČR, Výzkumného ústavu geodetického, kartografického a topografického, katedry geofyziky MFF UK, Vojenského topografického a Vojenského zeměpisného ústavu, Vojenské akademie, Geofyziky, a.s., příp. i dalších organizací.

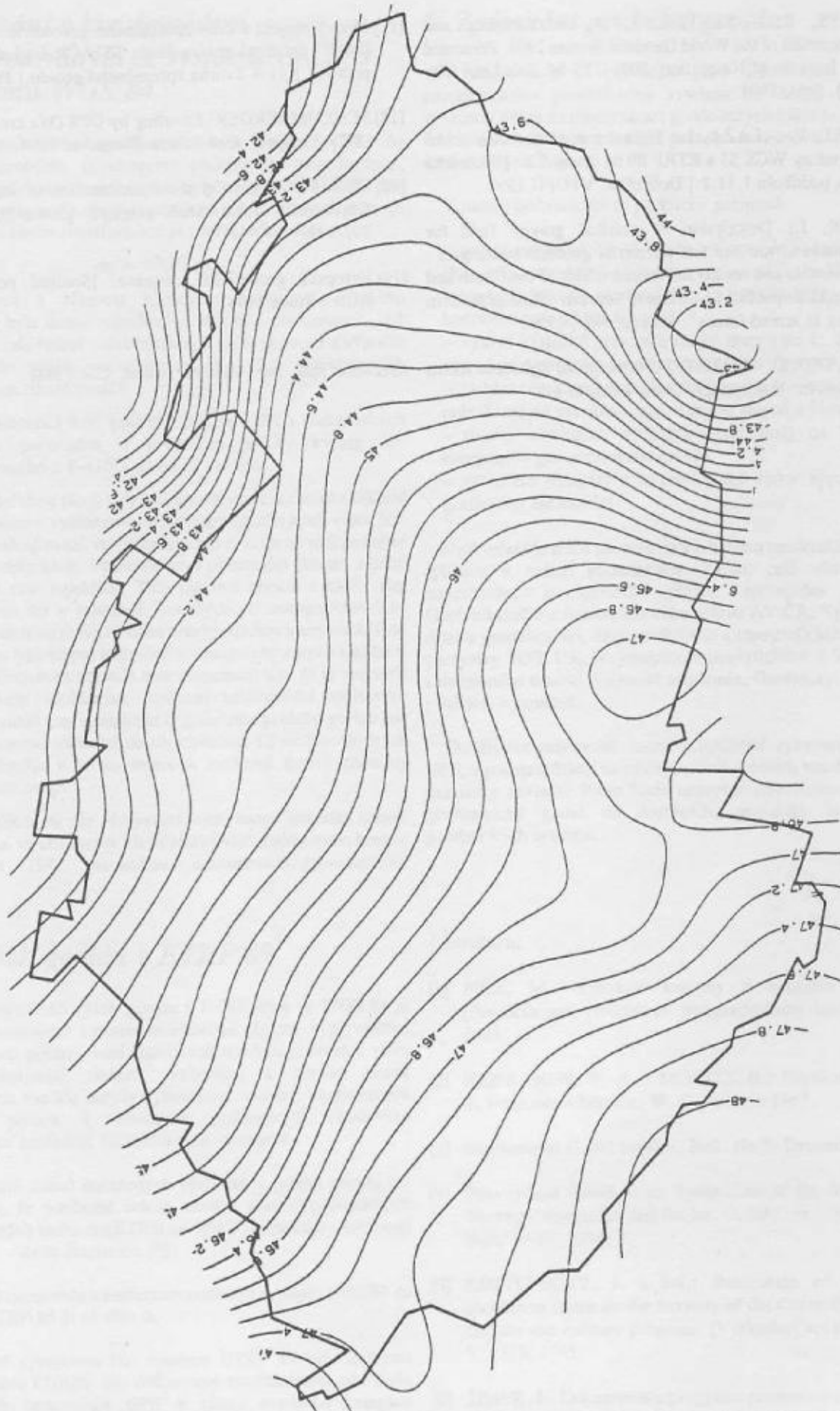
Geodetická pracoviště, která se postupně vybavují technikou GPS, v podstatě čekají na výsledky v této oblasti, mnohdy na nich prakticky závisejí. Proto bude nezbytné transformovat přesný geocentrický geoid do domácích, prakticky používaných geodetických systémů.

#### Literatura:

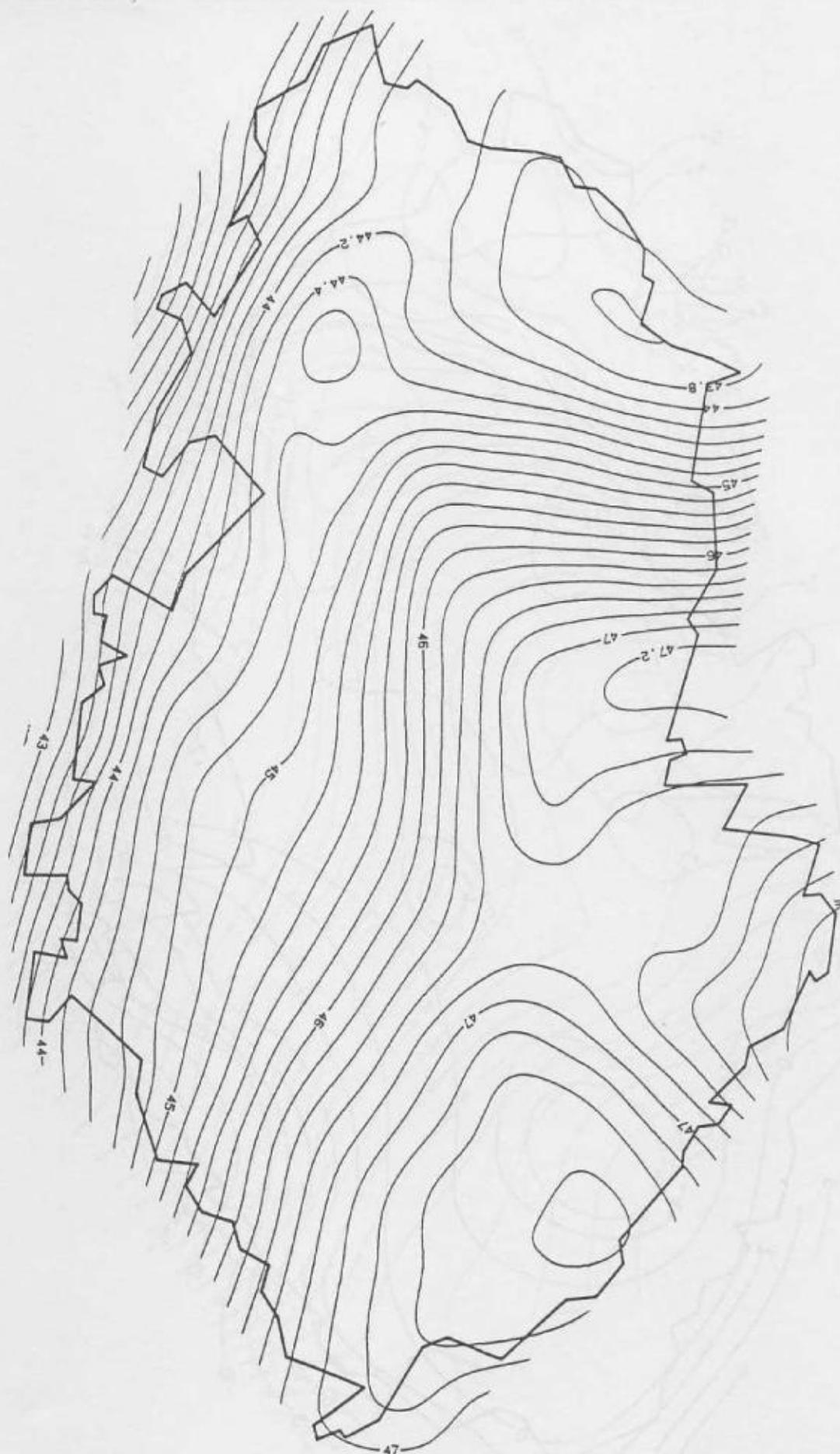
- [1] PICK, M.: Vybrané kapitoly z fyzikální geodézie. [Pomůcka pro posluchače postgraduálních kurzů.] Praha 1993.
- [2] HEISKANEN, W. A. - MORITZ, H.: Physical Geodesy. S. Francisco - London, W. G. Freeman 1967.
- [3] International Geoid Service. Bull. No 3, December 1994.
- [4] Gravity and Geoid. Joint Symposium of the International Gravity Commission and the Int. Geoid Commission, Graz, Sept. 19-17, 1994.
- [5] KOSTELECKÝ, J. a kol.: Realization of the ETRF coordinate frame on the territory of the Czech Republic for civilian and military purposes. [Výzkumná zpráva.] Zdíby, VÚGTK 1995.
- [6] ŠIMEK, J.: Dokumentace programu prostorové podobnostní transformace PROTRA, model Burša-Wolf. Zdíby, VÚGTK 1987.



- [7] MALYS, S. – SLATER, J. A.: Maintenance and Enhancement of the World Geodetic System 1984. Presented at the Institute of Navigation, ION GPS-94. Salt Lake City (Utah), Sept. 1994.
- [8] VATRT, V. – LAŽA, L.: Určení transformačních prvků pro systémy WGS 84 a ETRF 89 na území ČR. [Technická zpráva podúkolů 1.11.2.] Dobruška, VTOPÚ 1995.
- [9] ŠIMEK, J.: Description of detailed gravity field for integration of satellite and terrestrial geodetic techniques - some models and results for the territories of the Czech and the Slovak Republic. 1st Common Seminar „Role of modern geodesy in armed forces“. Prague, Nov. 1993.
- [10] DUŠÁTKO, D. – VATRT, V.: Kvazigeoid v geocentrickém systému. In: Voj. topogr. Obz., 1995, č. 1.
- [11] Ideový projekt tvorby zpřesněného geocentrického geoidu. [Dílčí výzkumná zpráva úkolů TS AČR 1.11 za rok 1994, podúkol 1.11.4 Tvorba zpřesněného geoidu.] Praha 1994.
- [12] SCHLUMBERGER: Leveling by GPS (We are looking for „N“). Prospekt. Geo-Prakla. Hannover 1994.
- [13] DUŠÁTKO, D.: On the determination of the European Gravimetric Geoid. Stud. geophys. geod., 36, 1992, p. 392-393.
- [14] Evropská geodetická integrace. [Studijní pomůcka TS AČR.] Praha 1994.
- Recenzent pplk. Ing. Vladimír Šilhan, CSc., MSc.*

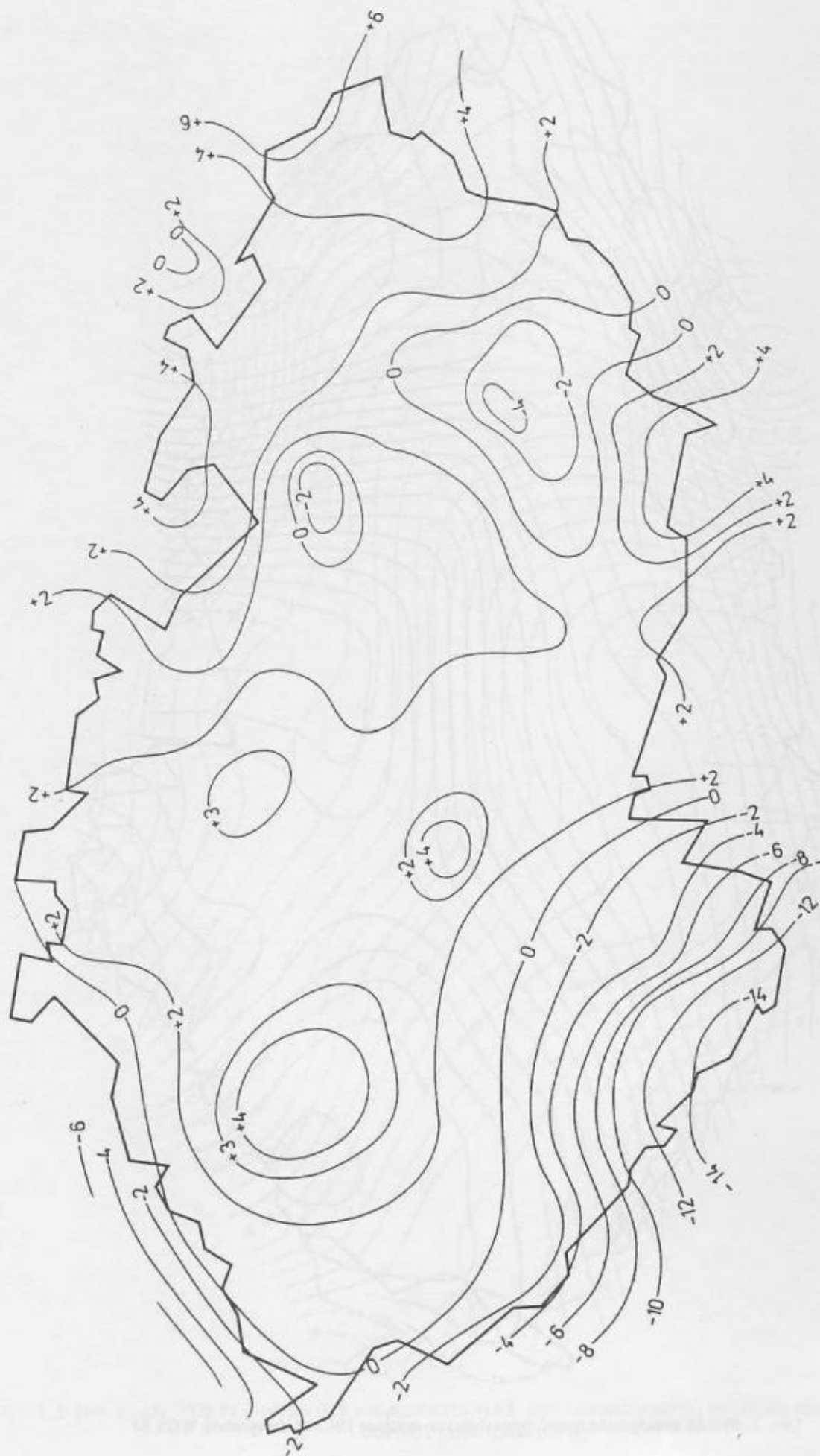


Obr. 2. Průběh geoidu WGS 84 z měření GPS a nadmořských výšek, konstruovaný podle (1) na základě údajů na 177 bodech DOPNUL (krok izočar 0,2 m)



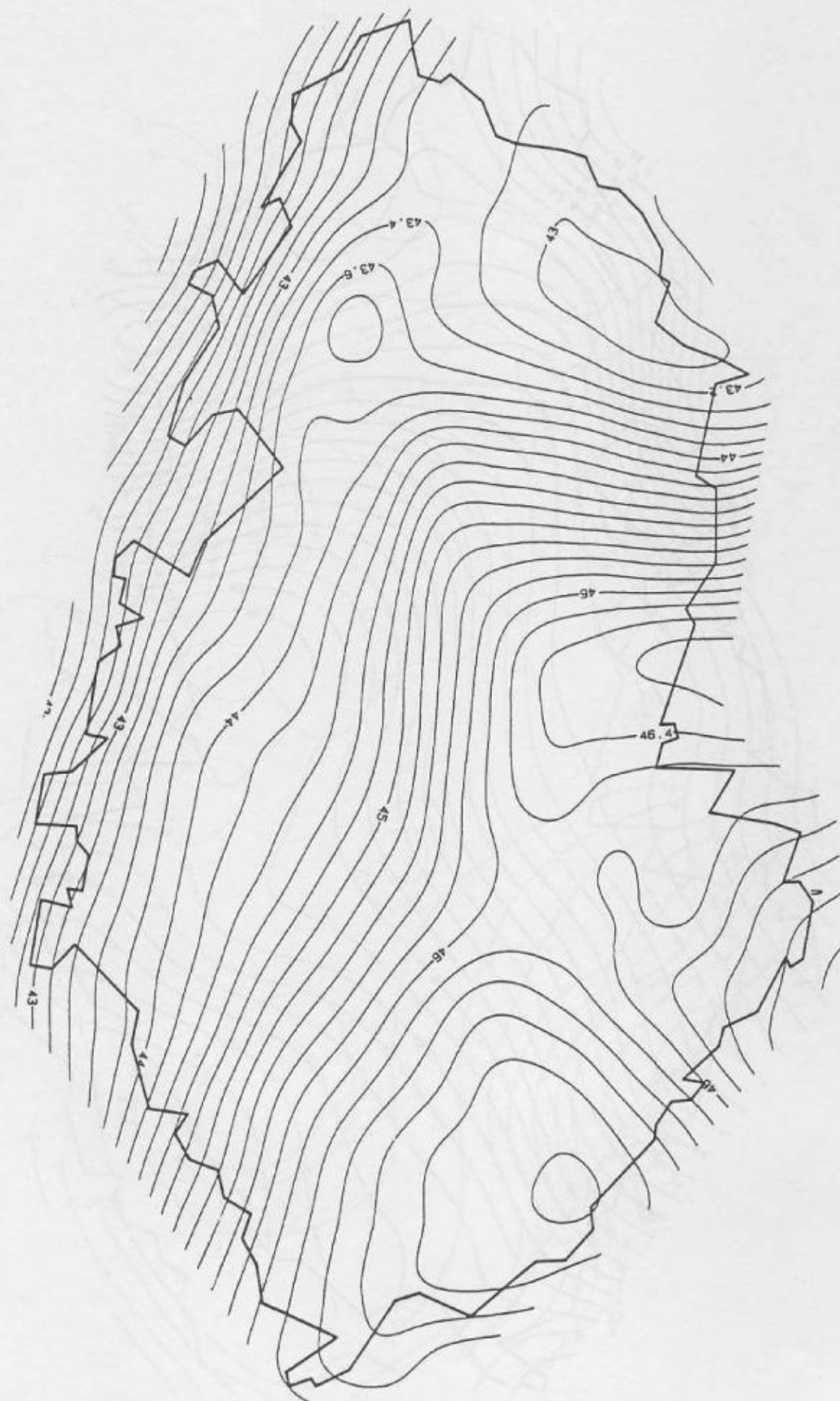
Obr. 3. Průběh kvazigeoidu transformovaného ze systému 1942/83 do systému WGS 84





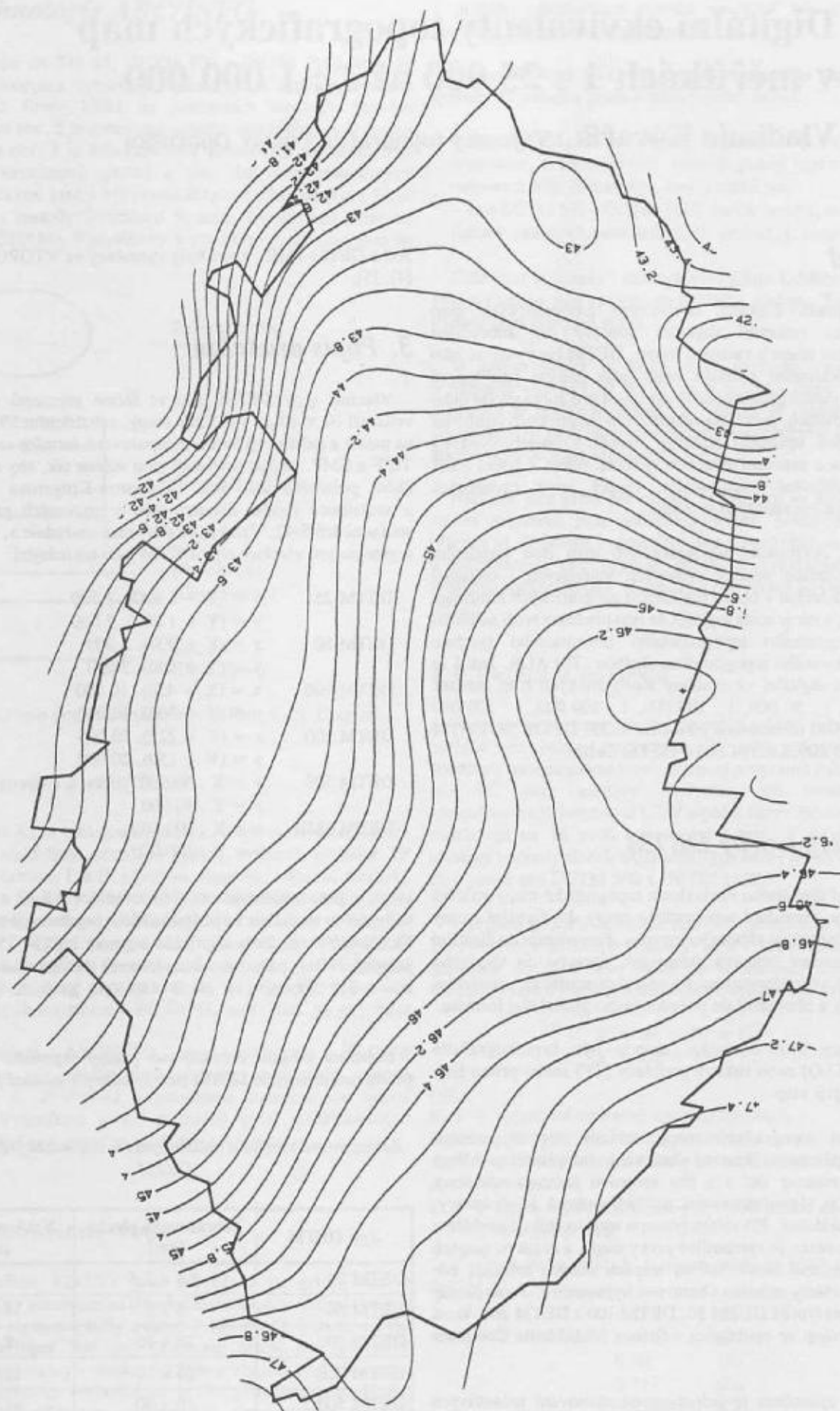
Obr. 4. Izočáry rozdílů mezi průběhem ploch „autentického“ geoidu ve WGS 84 a kvazigeoidu S-42/83 transformovaného do WGS 84 (krok izočar v decimetrech)





Obr. 6. Kvazigeoid S-42/83 transformovaný do systému ETRF 89





Obr. 7. Průběh geoidu v systému EUREF 89



# Digitální ekvivalenty topografických map v měřítkách 1 : 25 000 až 1 : 1 000 000

Vladimír Kovařík, Vojenský topografický ústav Dobruška

## 1. Úvod

Pod pojmem digitální ekvivalenty topografických map (DETM) se rozumějí digitální soubory dat zobrazující topografickou mapu v rastrové formě. DETM lze využívat jako digitální lokalizační podklad nebo jako pasivní podkladové zobrazení modelu geografického prostředí pro zobrazování nebo pořizování dalších, zpravidla vektorových tematických informací o území. Své uplatnění získávají rovněž v oblasti výstavby a modernizace automatizovaných systémů velení a řízení AČR i pro zajišťování lokalizačních funkcí nově zaváděných zbraňových a výcvikových systémů.

Digitální ekvivalenty topografických map jsou standardní součástí produkce většiny světových vojenských i civilních institucí působících v oboru digitálních geografických informací [1], [2], [3], a tak je zcela logické, že tyto produkty tvoří nedílnou součást Vojenského topografického informačního systému (VTIS) budovaného topografickou službou (TS) AČR. Jedná se konkrétně o digitální ekvivalenty topografických map měřítek 1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000, 1 : 200 000, 1 : 500 000 a 1 : 1 000 000 označované jako DETM 25, DETM 50, DETM 100, DETM 200, DETM 500 a DETM 1MIL.

## 2. Princip tvorby DETM

Vytvoření digitálního ekvivalentu topografické mapy spočívá v podstatě v převedení topografické mapy do digitální formy a následné úpravě do vhodného formátu. Převedením do digitální formy se rozumí zejména skenování, úpravou do vhodného formátu pak ztransformování do reálných souřadnic, rozřezání na segmenty a převedení do požadovaného grafického formátu.

Podkladem pro skenování mohou být kartolitografické originály (KLO) nebo tiskové podklady (TP) anebo přímo listy topografických map.

Skenování topografické mapy se zdá být nejsnadnější a nejrychlejší cestou. Barevné skenování však přináší problémy s velkými objemy dat a s tím spojenou časovou náročností zpracování, tj. vlastní skenování, načítání souborů, jejich úpravy, přenosy a ukládání. Při tomto postupu navíc vznikají problémy s oddělením barev pro jednotlivé prvky mapy, a to jak na mapách s nízkým počtem barev, tak na mapách malých měřítek, kde vznikají problémy zejména s barevnou hypsometrií. Tento postup byl použit při tvorbě DETM 50, DETM 100 a DETM 200, které byly připraveny ve spolupráci s firmou MultiMedia Computer Praha.

Druhým způsobem je jednobarevné skenování jednotlivých KLO nebo TP (dále jen KLO/TP) a jejich následné obarvení a spojení. Tento postup byl použit pro tvorbu DETM 25, DETM

500 a DETM 1MIL, které byly vytvořeny ve VTOPÚ Dobruška [4], [5].

## 3. Popis produktů

Všechny typy DETM jsou ve formě segmentů o jednotné velikosti 10 × 10 cm v měřítku mapy, s rozlišením 300 dpi (bodů na palec) a paletou 16 barev. Podporované formáty souborů jsou TIFF a BMP. Jména segmentů jsou volena tak, aby obsahovala číslo poledníkového pásu Gaussova-Krügerova zobrazení a souřadnice levého dolního rohu v rovinných pravoúhlých souřadnicích S-42. Vztahy pro odvození souřadnic  $x$ ,  $y$  ze jména segmentu pro všechny typy DETM jsou následující:

DETM 25	$x = (X + 1\ 800) \cdot 2\ 500$ $y = (Y + 1\ 200) \cdot 2\ 500$
DETM 50	$x = (X + 900) \cdot 5\ 000$ $y = (Y + 600) \cdot 5\ 000$
DETM 100	$x = (X + 450) \cdot 10\ 000$ $y = (Y + 300) \cdot 10\ 000$
DETM 200	$x = (X + 225) \cdot 20\ 000$ $y = (Y + 150) \cdot 20\ 000$
DETM 500	$x = X \cdot 50\ 000$ $y = Y \cdot 50\ 000$
DETM 1MIL	$x = X \cdot 100\ 000$ $y = Y \cdot 100\ 000$

kde  $x$ ,  $y$  jsou rovinné pravoúhlé souřadnice v S-42 a  $X$ ,  $Y$  jsou kódy těchto souřadnic ve jménu každého segmentu, které má tvar 3XXX\_YYY.tif. Tedy například segment DETM 25 ze třetího poledníkového pásu se souřadnicemi levého dolního rohu  $x = 5\ 617\ 500$  m a  $y = 3\ 465\ 000$  m bude mít jméno 3447\_186.tif.

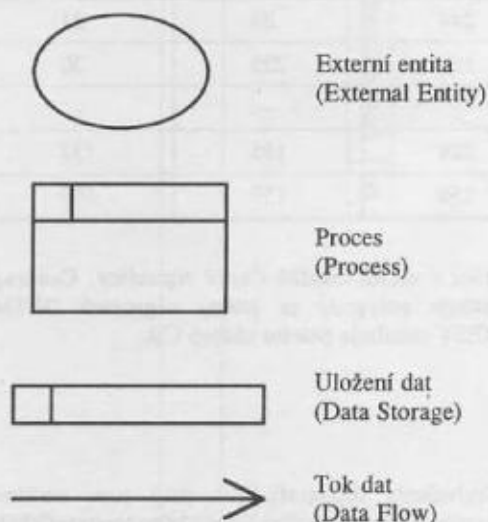
Skutečná velikost zobrazované plochy segmentů a velikost pixelů pro jednotlivé DETM jsou uvedeny v tabulce 1.

**Tabulka 1**  
Zobrazovaná plocha a velikost pixelů segmentů jednotlivých DETM

Typ DETM	Zobrazovaná plocha [km]	Velikost pixelu [m]
DETM 25	2,5 × 2,5	2,111
DETM 50	5 × 5	4,23
DETM 100	10 × 10	8,47
DETM 200	20 × 20	16,93
DETM 500	50 × 50	42,23
DETM 1MIL	100 × 100	84,46

## 4. Technologie ARC/INFO

Pro tvorbu DETM 25, DETM 500 a DETM 1MIL byla ve VTOPÚ Dobruška vytvořena technologie s využitím systému ARC/INFO firmy ESRI na pracovních stanicích Hewlett Packard. Na obr. 2 je zobrazeno schéma celé technologie tvorby DETM, na obr. 3 je zobrazen blok generování segmentů. Pro vyjádření návaznosti operací a toku dat mezi jednotlivými technologickými kroky byl použit diagram toku dat (Data Flow Diagram) z metody Structured Systems Design and Analysis Method (SSDAM). Vysvětlivky k použitým symbolům jsou na obr. 1.



Obr. 1. Popis používaných symbolů Data Flow Diagram

### 4.1. Skenování a rektifikace

Jednotlivé KLO (polohopis, popisy, vody, vrstevnice, výplně vod, lesy, nízké lesy, oranžové výplně, hranice), případně TP (pro barvy černou, I. a II. okrovou, fialovou, zelenou, modrou, oranžovou a u mapy 1 : 1 000 000 také fialovošedou) jsou černobíle naskenovány v rozlišení 600 dpi a uloženy ve formátu CIT (CCITT Group 4) nebo RLC (Run-length Compressed) v závislosti na použitém skeneru. Je-li použit formát CIT, je před dalším krokem nutné převést soubory do některého z formátů podporovaných systémem ARC/INFO, např. RLC.

V prostředí ARC/INFO jsou skenované KLO/TP rektifikovány, tj. rohům listů přiřazeny pravoúhlé rovinné souřadnice  $X, Y$  v S-42 a provedena transformace celého KLO/TP. Výsledkem je to, že každý pixel rektifikovaného KLO/TP získá jednoznačné souřadnice v S-42.

### 4.2. Generování segmentů

Rektifikované KLO/TP jsou převedeny na gridy, kde je velikost buňky stanovena na takovou hodnotu, aby řádky i sloupce výsledných segmentů měly shodně 1 184 buněk (pixelů) a bylo docíleno rozlišení 300 dpi. (Velikosti pixelů pro jednotlivé DETM jsou uvedeny v tabulce 1.) Tyto gridy jsou poté obarveny, tj. prostřednictvím reklasifikace je jim přiřazena odpovídající barva. K reklasifikaci se používají tzv. *remap tables*, což jsou textové soubory obsahující informace o změnách, které se mají

v průběhu reklasifikace provést ve VAT tabulkách (Value Attribute Table) jednotlivých gridů.

Reklasifikované KLO/TP každého mapového listu jsou pak spojeny do jednoho gridu v následujícím pořadí:

- pro DETM 25 polohopis, popisy, vody, výplně vod, vrstevnice, oranžová výplň, hranice (pokud jsou v příslušném mapovém listu zobrazeny), lesy a nízké lesy;
- pro DETM 500 a DETM 1MIL černá, modrá, světle modrá, fialová, oranžová, šedofialová, II. okrová, I. okrová a zelená.

Dále jsou „ofiznuty“ mimorámové údaje každého mapového listu a všechny jsou spojeny do jediného soulepu. Tento grid již vypadá jako skutečná mapa.

V dalším kroku je tento grid „rozřezán“ na segmenty o jednotné velikosti  $10 \times 10$  cm v měřítku mapy a každému segmentu je přiděleno jméno, ve kterém je zakódováno číslo poledníkového pásu Gaussova-Krügerova zobrazení a souřadnice levého dolního rohu segmentu v S-42.

Nakonec jsou gridy převedeny na soubory ve formátu TIFF. Jména segmentů jsou ponechána stejná, pouze je doplněna přípona tif. Současně s převodem jsou generovány soubory TFW s informacemi pro správné polohové vykreslení segmentů v dalších aplikacích GIS. (Soubory TFW budou popsány v dalším textu.)

### 4.3. Unifikace segmentů

Pro práci se segmenty v programech ArcView nebo MaGIS je potřeba tyto soubory upravit tak, aby měly jednotný formát a používaly stejnou paletu barev. Pomocí programu Paint Shop Pro pro PC jsou soubory převedeny do formátu TIFF komprimovaného metodou LZW a počet barev těchto souborů je redukován na 16 podle standardní palety. V tabulce 2 jsou uvedeny hodnoty složek RGB použitých barev palety pro DETM 25 a palety pro DETM 500 a DETM 1MIL.

V případě práce v prostředí ArcView je potřeba k souborům TIFF vytvořit příslušné soubory TFW, které umožní umístit segmenty do správného místa na obrazovce. Tyto soubory obsahují výsledky afinní transformace definované rovnicemi:

$$\begin{aligned} x' &= Ax + By + C, \\ y' &= Dx + Ey + F, \end{aligned}$$

kde

- $x', y'$  – vypočtené souřadnice pixelu na mapě,
- $x, y$  – počet pixelů v řádku a ve sloupci,
- $A, E$  – měřítko v ose  $x$  a v ose  $y$  (tj. velikost pixelu),
- $B, D$  – rotace,
- $C, F$  – posun v ose  $x$  a v ose  $y$  (tj. souřadnice středu levého horního pixelu).

V následujícím příkladu je obsah souboru 3447\_186.tfw pro DETM 25:

2.111	(A),
0.00	(D),
0.00	(B),
-2.111	(E),
3465000	(C),
5620000	(F).



Poměr složek RGB pro standardní paletu barev DETM 25, DETM 500 a DETM 1MIL

Barva	DETM 25			DETM 500, DETM 1 MIL		
	R	G	B	R	G	B
černá	0	0	0	0	0	0
modrá	6	128	238	4	104	255
světle modrá	164	201	232	164	201	232
fialová	163	41	120	163	41	120
oranžová	252	118	67	244	86	21
zelená	200	250	130	108	255	30
světle zelená	240	255	200	-	-	-
okrová (I a II)	-	-	-	224	185	133
fialovošedá	-	-	-	159	159	159

Ačkoli ARC/INFO soubory TFW automaticky vytváří, po převedení segmentů na PC je vhodné soubory TFW upravit do uvedeného formátu. K tomu je možné použít program DETM.EXE vytvořený ve Visual Basicu, který umožňuje generovat soubory TFW pro různá měřítka DETM.

## 5. Souprava DETM

Ve VTOPÚ Dobruška byla vytvořena souprava obsahující DETM od měřítka 1 : 50 000 až po 1 : 1 000 000. Souprava obsahuje:

- 3 ks CD s daty,
- 4 ks disket 3,5" s programem ArcView 1/CZ,
- návod k používání ArcView 1/CZ,
- informace o produktu,
- licenční podmínky.

Data obsažená v první verzi této soupravy (tj. edice září 1996) pokrývají území zobrazené na obr. 4. Segmenty DETM 50, DETM 100 a DETM 200 pokrývají oblast přibližně 48° 20' až 51° 15' sev. zem. šířky a 12° 10' až 19° 00' vých. zem. délky. Tato data jsou vzhledem ke svému objemu rozdělena do tří bloků a každý z těchto bloků je na jednom CD. Překrytí mezi jednotlivými bloky jsou 4 sloupce segmentů DETM 50, tj. 2 sloupce segmentů DETM 100 nebo jeden sloupec DETM 200.

Segmenty DETM 500 pokrývají území 48° až 52° sev. zem. šířky a 12° až 21° vých. zem. délky (tj. kompletní listy topografické mapy 1 : 500 000 s označením M-33-A, M-33-B, M-33-C, M-33-D, M-34-A a M-34-C). Segmenty DETM 1MIL pokrývají oblast 48° až 52° sev. zem. šířky a 12° až 24° vých. zem. délky (tj. kompletní listy topografické mapy 1 : 1 000 000 s označením M-33 a M-34). Každé ze tří CD obsahuje kompletní sadu segmentů DETM 500 a DETM 1MIL.

Kromě segmentů DETM jsou na každém CD distribuovány rovněž coverage INDEXY a OKRESY pro práci v ArcView. Tyto coverage slouží pro zjišťování, které segmenty DETM jsou

potřeba pro práci v určité lokalitě České republiky. Coverage INDEXY obsahuje polygony se jmény segmentů DETM, coverage OKRESY obsahuje polohu okresů ČR.

## 6. Závěr

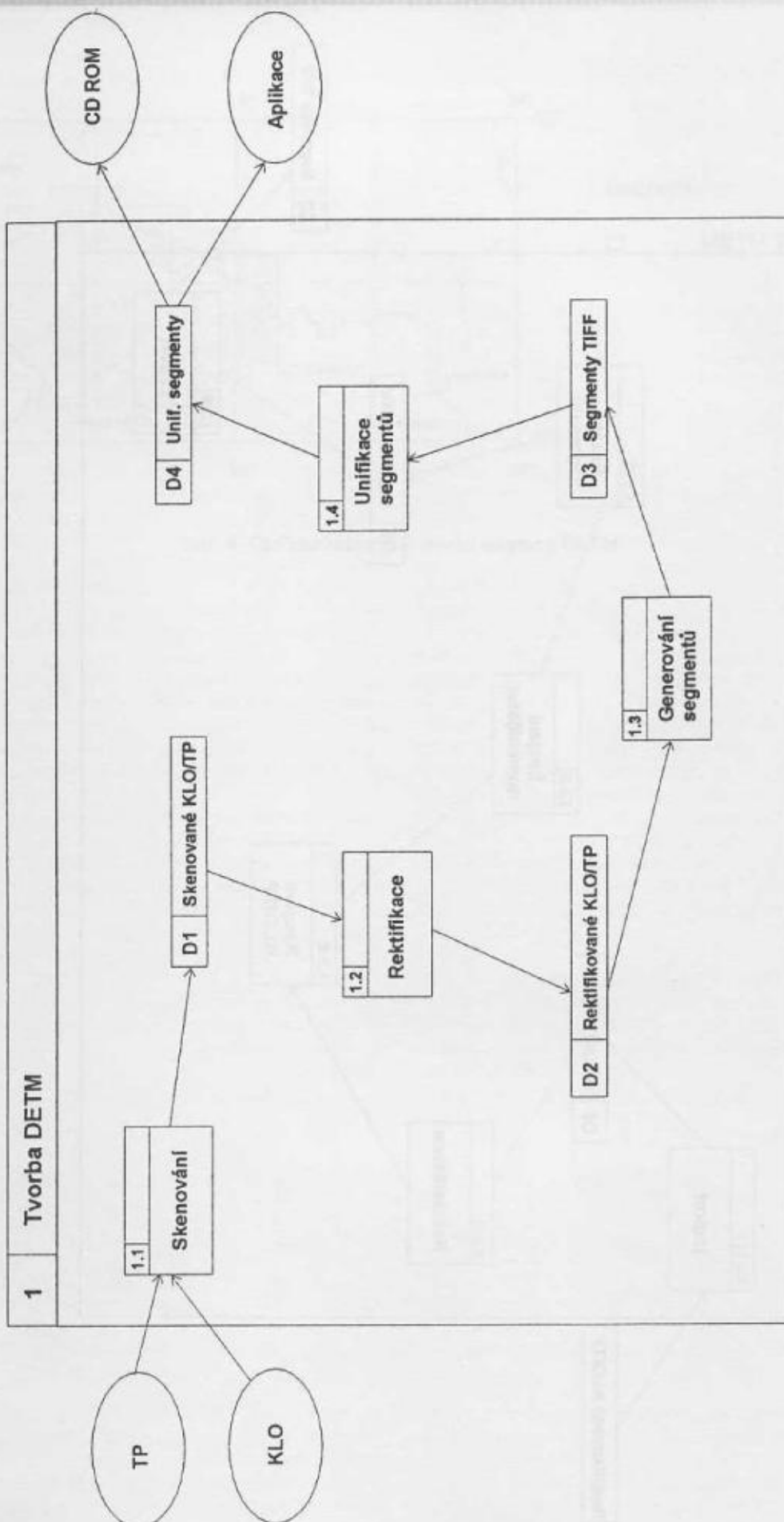
Digitální ekvivalenty topografických map jsou nedílnou součástí budovaného a naplňovaného Vojenského topografického informačního systému. Oblast jejich využití se neustále rozšiřuje a sahá od účelových informačních a navigačních systémů až po výstavbu automatizovaných systémů velení a řízení.

V budoucnosti se předpokládá konverze DETM do formátů použitelných v počítačových systémech NATO.

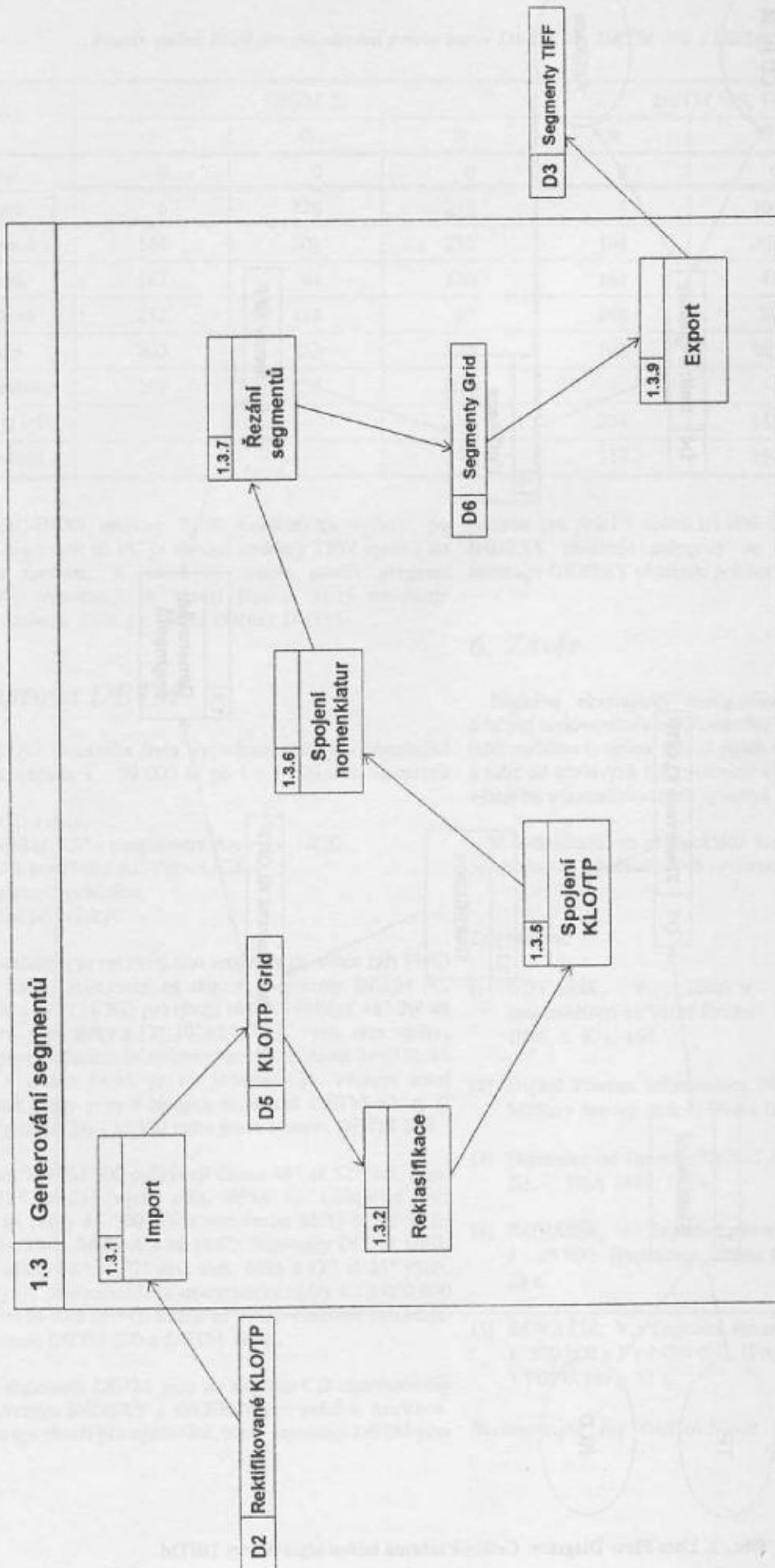
### Literatura:

- [1] KOVAŘÍK, V.: Historie a současnost civilního zeměměřičství ve Velké Británii. Geod. a kartogr. Obzor, 42 1996, č. 8, s. 166.
- [2] Digital Product Information. Přehled digitálních produktů Military Survey. Ed. 8. Velká Británie 1995. 50 s.
- [3] Digitizing the Future. [Přehled digitálních produktů DMA.] Ed. 4. USA 1995. 131 s.
- [4] KOVAŘÍK, V.: Digitální ekvivalenty topografických map 1 : 25 000. [Prováděcí projekt.] Dobruška, VTOPÚ 1996. 23 s.
- [5] KOVAŘÍK, V.: Digitální ekvivalenty topografických map 1 : 500 000 a 1 : 1 000 000. [Prováděcí projekt.] Dobruška, VTOPÚ 1996. 13 s.

Recenzent por. Ing. Oldřich Novák

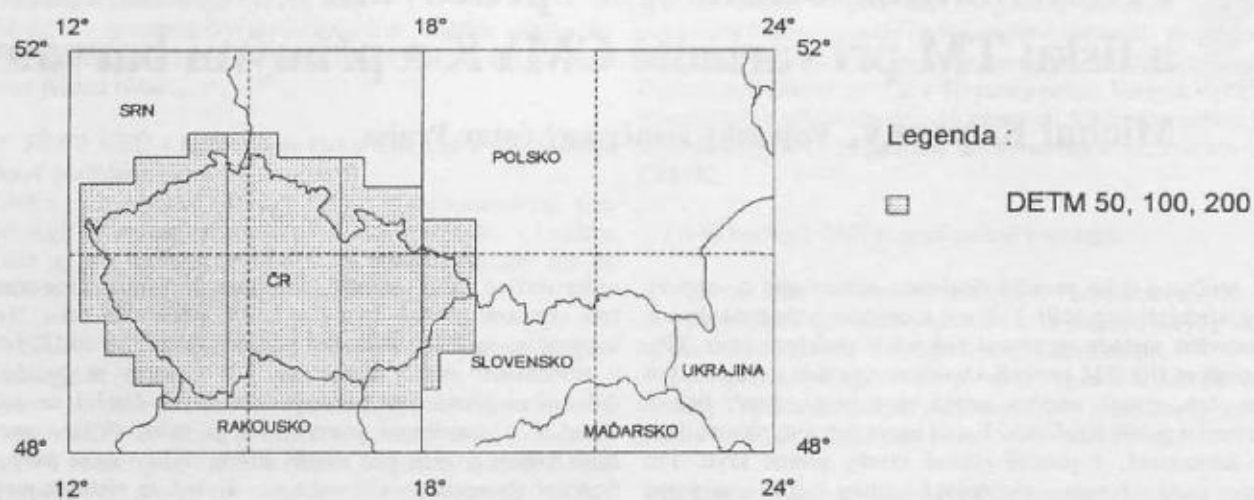


Obr. 2. Data Flow Diagram. Celkové schéma technologie tvorby DETM



Obr. 3. Data Flow Diagram. Blok generování segmentů





Obr. 4. Grafické znázornění obsahu soupravy DETM



# Problematika technologie zpracování a tisku TM při variantě CMYK a přímými barvami

Michal Kopecký, Vojenský zeměpisný ústav Praha

V současné době probíhá finalizace technologie 5. obnovy topografických map (dále TM) a v souvislosti s tímto úkolem je diskutována metoda zhotovení tiskových podkladů (dále TP). Doposud se tisk TM provádí klasickou metodou tisku přímých barev, tzn. zelená, modrá, oranžová a černá, popř. fialová a červená u menších měřítek. Každá barva tedy vstupuje do tisku jako samostatná, v podobě pérové kresby plného krytí. Pro navrhovanou novou technologii tisku TM metodou stabilizovaného čtyřbarvotisku (dále CMYK - cyan, magenta, yellow a black) se předpokládá k dosažení požadovaného odstínu barvy použitím soutisku dvou až tří barev (CMY).

Pro tuto novou metodu hovoří fakt, že při jakémkoliv požadovaném počtu barev se bude jednat vždy pouze o čtyři barvy (CMYK), kterými je možno dosáhnout libovolných odstínů. Jako příklad vhodného použití lze uvést tvorbu plánů měst, komerční atlasovou tvorbu nebo mapovou komerci vůbec. Je nutno podotknout, že příznivých výsledků lze dosáhnout pouze při dodržení maximálně možných vstupních podmínek. Počínaje použitím kvalitního papíru, např. křídového papíru, vysoce jakostních tiskových desek, přes velice vysokou hodnotu lpi (počet linek na palec při výstupu) až po použití strojního vybavení s vysokým stupněm automatizace a standardizace. Pouze přísným dodržením těchto podmínek se významně potlačí řada rušivých faktorů, které se jinak u této metody vyskytují za standardních podmínek. Pro příklad: písmu a liniovým prvkům se zmenšuje pilovitý tvar, typický pro rastrový způsob, rastrováním vzniká neostrost ap.

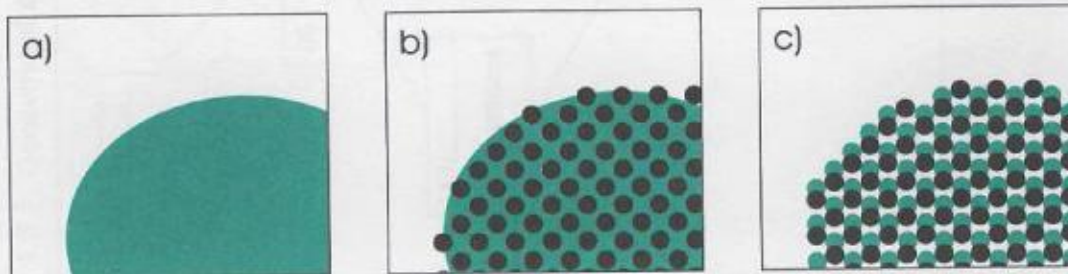
Naproti tomu klasická metoda použití přímých barev umožňuje na minimum regulovat všechny proměnné, vstupující do procesu tisku, které mají zásadní vliv na výsledný obraz, zejména změnu barevnosti (změna v odstínu), čitelnost prvků a polohovou přesnost.

velice obtížné, ne-li nemožné. S otázkou barevnosti úzce souvisí také vlastnosti použité tiskové techniky, ofsetového tisku. Barva ve stroji se nanáší z barevníků na válce, které „se snaží“ barvu v rovnoměrné vrstvě nanášet na TD, z které se po dalším (ofsetovém) přenosu na gumový válec barva dostává na papír. Dosažení rovnoměrnosti vrstvy barvy je velmi složité, protože barva během procesu pod vlivem změny teploty stroje mění své fyzikální vlastnosti, zvláště viskozitu. To má za následek rozdíly odstínu na počátku, uprostřed a na konci tisku. Při klasické technologii je tato změna jen u jednoho odstínu a lze ji v průběhu tisku upravit, zatímco u metody CMYK je tento posun u každé soutiskové barvy, a to různou velikostí. Tento faktor je tedy několikanásobně větší... (pozn.: při tvorbě vzorníku PANTONE, jenž tvoří světový standard barev, je náklad asi 300 000 výtisků, přičemž po proměření odpovídá normě asi 30 procent tisků).

Z podobného důvodu má stávající technologie výhodu i v polohové a měřické přesnosti oproti CMYK, protože jednotlivé topografické prvky vstupují do tisku jako polohově samostatné objekty, což v případě metody CMYK nelze, a je nutno použít soutisku dvou barev (např. vrstevnice), čímž výsledek neodpovídá zadanému požadavku.

Další vlastností TM by měla být čitelnost a ostrost prvků TM. I zde jsou výsledky jednoznačně lepší u stávající metody, kde jde v podstatě o tisk pérovky. U metody CMYK je nutno použít rastr právě pro dosažení požadovaného odstínu barvy. Tím, že je liniový prvek složen ze dvou rastrových barev (vrstevnice), projeví se mírné rozposavání (technické omezení tiskového stroje, vlastnosti papíru - změna velikosti při změně vlhkosti) jako neostré a rozmyté.

Výše uvedené teoretické poznatky plně podporuje několik závěrů a testů, které se pro posouzení použitelnosti těchto technologií prováděly.



Obr. 1. 1a) představuje výplň při použití klasické metody, varianta b) představuje variantu CMYK s použitím jedné barvy jako 100%, varianta c) představuje soutisku dvou barev při metodě CMYK. Vše silně zvětšeno

Změnu barevnosti způsobuje zejména kvalita barev, pH a množství vody, kvalita TP, kvalita TD, papír a z fyzikálních veličin teplota a vlhkost. Při technologii CMYK tvoří tento problém druhou až třetí mocninu chybové odchylky, protože odstínu barvy je dosahováno soutiskem dvou až tří barev oproti metodě klasického tisku přímými barvami. Při požadavku dodržení barevnosti značkového klíče a zvláště při požadavku na soulepy TM je použitím metody CMYK

## 1) SRVT VZÚ - DÚ 4.5. Standardizace tisku map

Závěr: ... na základě uvedených poznatků a závěrů zkušebních tisků vzorníků rastrového míšení barev se z důvodů technických předností, dlouhodobých a mezinárodně ověřených výrobních zkušeností, jiným způsobem nedosažitelné jakosti a standardizace výroby preferuje tisk map přímými barvami před stabilizovaným čtyřbarvotiskem ...



## 2) SRVT VZÚ - Technicko-ekonomický rozbor a návrh stabilizované technologie výroby map

Závěr: ... zavedení čtyřbarvotiskového principu výroby by znamenalo změnu výše uvedených předpisů směrem k celkovému snížení jakosti tisku ...

## 3) SRPV VZÚ - technologie tisku TM 100 z území SRN (tiskové podklady skenované z tisků)

Závěr: ... barevnost a rozlišení je na hranici únosnosti, tuto technologii je možno použít jen v krajním případě, v každém případě po plné kalibraci systémů, což bude mít kladný vliv na výslednou barevnost, ne však na rozlišení ...

## 4) SRPV VZÚ - tisk TM 25 a TM 100 - zkouška pro technologii 5. obnovy

Závěr: ... při nepatrném rozpasování „svítí“ odmaskované rozrašťované vrstevnice v plochách lesů, neodpovídá barevnost, popisy ve vodách jsou rozrašťováním nečitelné, celkový dojem není uspokojivý, přestože se nejedná o klasickou metodu CMYK, ale hybrid, který černý TP tvoří jako samostatnou barvu (pérovka), proto se zde neprojevil výše zmiňovaný pilovitý efekt u písma - VZÚ tento princip použil v roce 1995 při tvorbě mapy JOG (důsledné oddělení liniových a popisných prvků - pérovky od areálů - CMYK) s větším úspěchem.

**Závěrem** lze konstatovat, že neexistuje technologický argument, který by mohl odůvodnit použití klasické stabilizované technologie CMYK. Veškeré praktické výsledky jednoznačně potvrzují teoretické závěry o nevhodnosti této metody pro řešení

úkolů 5. obnovy TM, a to i v případě použití předloženého hybridu (černá - pérovka). Argument hovořící o úspoře strojového času při použití čtyřbarvového tiskového stroje (jeden průchod) nevyváží všechny výše uvedené důvody. Navíc tento čtyřbarvový tiskový stroj je v TS pouze jeden. Naopak v případě mimořádných událostí a dotisků topografických map nejsou jiné tiskové stroje v TS připraveny ani vybaveny k tisku technologií CMYK.

Při technologii CMYK není možné provádět:

- soutisk sólových barev (polohopis + vody) a tisk sólo barev,
- při přitisku speciálního obsahu nelze použít rastry, protože by tím vzniklo moiré ve vztahu k podkladové mapě,
- při provádění oprav TP je nutno opravit a osvitit vždy všechny TP, oproti stávající technologii, kde je možno opravovat jednotlivé prvky a není vždy nutné tvořit nové osvity.

Hybridní způsob se uplatní při tisku map speciálních (12 až 15 barev), kde je technologie CMY úspěšně využívána pro výplně (i zde přetrvává problém barevnosti). U speciálních map je problém v neúměrně početných průchodech strojem, na který není dimenzovaný ani speciální mapový papír, a tak působením tiskového tlaku, tahu a vody mění velikost ve směru průchodu strojem. V tomto případě má požadavek přesnosti vyšší prioritu.

*Recenzent plk. Ing. Jaroslav Fingr*



# Barvy pro stabilizovaný čtyřbarvotisk

Vladimír Čihák, Vojenský zeměpisný ústav Praha

Tento článek volně navazuje na dříve publikované články o barvách a ofsetovém tisku a věnuje se aktuální problematice tisku map čtyřbarvotiskem, která je uvažována zejména v souvislosti s rozvojem počítačové (automatizované) tvorby map.

## Složení stabilizovaných čtyřbarvotiskových barev

Tiskové barvy pro čtyřbarvotisk se principiálně neliší od ostatních ofsetových barev uvažovaného typu. Skládají se z pojiva, pigmentů a plniv a aditiv. Obvykle se používají pojiva, která zasychají oxipolymerací vzdušným kyslíkem a vytvářejí lesklý povrchový film na křídovém papíru. Čtyřbarvotiskové barvy na savý papír se vyrábějí obvykle pouze v kvalitě pro novinový papír a nejsou ve výrobě tak přísně kontrolovány jako kvalita pro křídový papír.

**Pojivo** se skládá z tvrdé pryskyřice obvykle fenolformaldehydového typu modifikované kalafunou malého množství vysychavého oleje a vysokovroucího alifatického rozpouštědla (frakce nafty b. v. 240 až 280 °C). Nejdůležitější složkou pojiva je polyesterová pryskyřice modifikovaná vysychavým olejem. Pojivo se sváří do homogenního koloidního roztoku, eventuálně se upravuje pomocí speciálních tixotropních aditiv (tj. přísadků upravujících tekutost při roztírání, resp. rychlé ztuhnutí barvy při výtisku). Při schnutí vytéká malé množství rozpouštědla a zbytek pojiva nebo barvy zasychá provázáním lineárních makromolekul polyesteru a molekul vysychavého oleje v místech dvojných vazeb mastných kyselin kyslíkovým můstkem do třírozměrného bloku. Během tohoto poměrně dlouhodobého děje za pomoci aditiv přenašečů kyslíku (sušidlo - sikativ) dojde zároveň k vytvrnutí fenolformaldehydové pryskyřice na povrchu a tímto způsobem ke zvýšení lesku tiskoviny.

Pojivo barvy má obvykle nažloutlou až žlutou barvu, sušidlo bývá obvykle sytě fialové, a plniva poskytují barvě další šedavý odstín. Odstín čtyřbarvotiskových barev (CMYK) je tímto způsobem výslednicí odstínů brilantního pigmentu a znehodnocujících složek pojiva plniv a aditivů.

Z hlediska koloristiky nejvíce záleží na výběru pigmentu. Pigmenty pro čtyřbarvotiskové barvy se vybírají dlouhodobě od nejpřednějších výrobců organických barev a pigmentů. Jsou to především azopigmenty (verzálové žlutě Hansagelb), arylidy 2-hydroxinaftoové kyseliny (verzálové červeně Permanentcarmine), ftalocyaninové pigmenty (verzálové modře Heliogenblau) a speciální saze pro tiskové barvy. Dnes se zásadně používají monopigmenty k vytvoření odstínů čtyřbarvotiskových barev, případně korekce se provádějí podle analýzy odstínů malými přísadkami barevných past nebo flushovaných pigmentů (pigment srážený do oleje) před posledním průchodem barvy dispergačním zařízením výrobce. Černé barvy pro čtyřbarvotisk se nekraší v oleji rozpustnými

barvivy, ale pokud je to nutné, modrými a fialovými pigmenty. V čtyřbarvotiskových barvách je podíl pigmentu obvykle o málo vyšší než v ostatních barvách na úkor plniv, event. aditiv.

**Základním plnivem** je velice jemný oxid křemičitý samostatně nebo ve směsi s oxidem hořečnatým. Oxid křemičitý (aerosil) vytváří v barvě další tixotropní strukturu, která je žádoucí z hlediska reologie barvy. Z aditiv byla již zmíněna sušidla. Dále jsou to **aditiva** upravující stálost při skladování, nezasychavost na válčích stroje, aditiva pro zlepšení reologie (pasty, vosky) atp. Všechna aditiva se zaznamenávají do odstínu barvy jako „špíny“. Jejich přísadka je proto omezená (v souhrnu do 5 % hmoty). Jestliže je pojivo v barvě obsaženo z 60 až 70 %, pigment okolo 20 %, plniva pak okolo 10 %. Pro každou barvu CMYK existuje speciální receptura, která vyplývá z barevné analýzy a reologie barvy (viz násl. kap.).

Z pohledu fyziky známe 2 způsoby zobrazení barvy: **aditivní** (obrazovka - RGB, Red-červená, Green-zelená, Blue-modrá) a **subtraktivní** (tisk CMYK, Cyan-azurová, Magenta-purpurová, Yellow-žlutá, Black-černá). Subtraktivní systém vychází z remise, resp. absorpance určité části dopadajícího bílého předem definovaného světla. Podle tohoto systému kodifikovaného normou světové komise CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) se vychází ze způsobu vnímání barvy okem a barva se popisuje v třírozměrném prostoru nyní pomocí souřadnic  $L, a, b$  (CIELAB). Paralelně se u barvy rozeznává odstín (hue - 360 v kruhu), sytost (chroma - 0-100 od středu k okrajům) a jas (luminance - 0-100 od černé k bílé). **Barevná analýza** se provádí **spektrofotometrií**. Tyto přístroje proměřují absorpaci barvy přes celé spektrum a poskytují buď spektrální křivku absorpance (remise) barvy, nebo přímo souřadnice  $L, a, b$  (event. i souřadnice odstínu, sytosti a jasu), nebo obojí. Diference dvou barev  $\Delta E$  je potom stanovena jako tělesová úhlopříčka ze souřadnic obou barev. Odstíny čtyřbarvotiskových barev by neměly překročit diferenci prakticky  $\Delta E = 5$  od zvolené škály (evropské, japonské, DIN, SWOP), teoreticky jsou hranice pro žlutou a azurovou nižší. Není často v silách výrobce dodržet takto přísné hranice. Běžně lze předpokládat stabilizovanou výrobu pro azurovou a žlutou v rozmezí diferencí  $\Delta E = 3$  až 5, pro purpurovou mezi 5 až 10. Z toho, co bylo řečeno, nevyplývá, že stabilizované odstíny čtyřbarvotiskových barev vlastně stabilizované nejsou, ale naopak, ostatní barvy jsou na tom z hlediska analýzy barevnosti podstatně hůře.

## Reologické vlastnosti barev

Ofsetové tiskové barvy netečou ani jako voda, ani jako med, ani jako máslo nebo sádlo, mají sobě vlastní reologické chování. Charakteristická křivka tokové deformace barvy pod tečným napětím se nazývá reologická křivka. Podle této křivky patří tiskové barvy ke kapalinám strukturně viskózním s relativně vyšší mezí toku. Podle novějších poznatků je vhodnější uvažovat o pojmu viskoelastickosti namísto viskozity. Vyjadřuje totiž v sobě skutečnost, že barva se do určitého napětí chová elasticky, a také

tixotropní charakter barvy. Ten je při tisku obzvláště žádoucí. Tuhá barva v barevnici ofsetového stroje musí tečným napětím roztěracích válců barevníku rychle změnit charakter (snížit viskozitu) a stát se volně tekutou a po naválení na tiskovou formu musí naopak rychle zatuhnout, aby co nejméně rozšiřovala autotypické body, a to zejména po přenosu na ofsetový tiskový potah a papír. K tomu jí dopomáhá vlhčení a emulgence vody do barvy v kladném, jindy v záporném smyslu (viz dále).

Viskozitní složka barvy se měří speciálními viskozimetry a barvy se upravují obvykle naředěním. Elastická složka se obvykle měří jako lepivost barvy v přístrojích nazývaných tackmetry, které vycházejí z konstrukce barevníku. Příliš lepkavé barvy se upravují obvykle speciálními pastami. Veškeré úpravy se provádějí před posledním průchodem dispergačním strojem u výrobce a dále při naplnění barevnice tiskového stroje. **Během uskladnění barev dochází k samovolné polymeraci** (houstnutí, želatinace), takže dlouho uskladněné barvy nemají ani viskozitu, ani lepivost na požadovaných hodnotách. Tiskaři si barvy upravují sami bez výše uvedených přístrojů podle vlastních zkušeností a chování barvy v barevníku a přenosu na ofsetový potah a papír. Tím se opět deformuje výsledný odstín barvy.

**Emulgence barvy** má na tisk podstatný vliv. Do jisté hodnoty (pro každou barvu jině) má kladný vliv, při vyšším obsahu vody v barvě pak negativní vliv. Záleží na zkušenostech tiskaře, nelze poskytnout jednoznačný návod. Voda přichází do barvy zpětným tokem od tiskové formy již v barevníku. V oblasti kladného vlivu emulgence a v místech, kde je jemnější rastr, přichází více vody, barva je dobře zaemulgovaná, správně tixotropní a nerozšiřuje jemný rastr. Může však nastat případ, že současně v místech hrubého rastru pokrývajícího určitou oblast tiskové formy není barva zaemulgovaná v důsledku absence zpětného toku vody, a tudíž rozpíjí nebo zanáší hrubý rastr. Zanášení rastru je ovšem také výsledkem negativního vlivu emulgence při předávkování vlhčení, který může vyústit až k přesmyku emulze, kdy přechází barva do vody a zašpiní celý stroj.

Effekt diferenciacie zaemulgované a nezaemulgované barvy můžeme pozorovat zejména u rastrově složených barev tisku. Jestliže bude např. v levé části tiskové formy velká plocha složené barvy s hrubým rastrem některé barvy CMYK a na pravé straně jiná složená barva s jemným rastrem téže základní barvy, budou se obě složené barvy od středu k okrajům postupně měnit. Effekt je pozorovatelný také u nesložených barev, protože diference v nánosu barvy a rozšiřování rastru způsobí změnu sytosti a jasů barvy. U autotypických obrázků však tento efekt nemusí působit rušivě. Effekt nelze úplně odstranit. V nejmodernějších tiskových strojích se změny předem zvolené barevnosti na předem zvolených místech tisku vyhodnocují on-line a okamžitě se podle povelů centrálního počítače stroje upravuje vlhčení a dávkování barvy. Tyto stroje však nebudeme mít v dohledné době k dispozici z cenových důvodů.

## Potiskovatelnost

Reologie a schnutí barev, vlhčení, tiskový tlak, rychlost tisku, někdy i teplota válců (zejména pro bezvodý ofset), kvalita ofsetového potahu a zejména kvalita papíru ovlivňují veličinu nazývanou potiskovatelnost; nebo naopak, potiskovatelnost se vyjadřuje, jaké barvy lze použít na které papíry a za jakých parametrů tisku.

Čtyřbarvotiskové barvy v kvalitě stabilizované spektrofotometrickou kontrolou se vyrábějí převážně pro potisk

křídových, natíraných a umělých papírů, event. fólií. Lze je obvykle používat také pro bezvodý ofset s velmi nízkými tiskovými tlaky. Zasychají oxidační polymerací zhruba do 20 minut, typ mokrá do mokré již za 10 minut. Tento typ barev využívá doby průběhu archu věžemi vícebarvového tiskového stroje k odpaření zbytků rozpouštědla, přichycení barvy na papír, zahouštění a vytvoření povrchového filmu k přijetí další barvy. Novinové barvy naopak vysychají rychleji (do 5 min) odsáním rozpouštědla papírem a vysrážením pryskyřičného pojidla. Mluvíme o schnutí zapíjením (cold set). Barvy řady 14 schnou oběma způsoby (dvoufázové schnutí). Čtyřbarvotiskové barvy určené na kvalitní povrchy lze použít i k čtyřbarvotisku na mapový papír, ale s nezaručeným výsledkem: nutnost snížit rychlost tisku, zanášení papírovým prachem a především deformace autotypických bodů způsobené strukturou papíru a vysokým tlakem při tisku jsou neočekávanější efekty.

**Kvalitu tisku (de facto potiskovatelnost) vyhodnocujeme zejména denzitometrickou kontrolou testovacích proužků.** Měříme hodnoty plných ploch a polotónů, rastrově smíšených odstínů s vyvážením do šedé, přetisk dvou barev a z kontrastu plných ploch a polotónů usuzujeme na deformaci tiskových bodů rastru.

**Barevný denzitr** je přístroj podobný spektrofotometru, s tím rozdílem, že namísto monochromátoru (mřížka, hranol) používá širokopásmové filtry a v rámci pásma filtru integruje absorbanci jednotlivých vlnových délek barvy do jedné hodnoty optické hustoty. Denzimetrem tedy nezměříme spektrální křivku absorbance barvy (remise barvy) ani hodnoty  $L$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $\Delta E$ , nejsme schopni rozeznat od sebe dvě blízké barvy, ale jsme schopni kontrolovat tiskovou výrobu stabilizovaným čtyřbarvotiskem, protože filtry denzimetru jsou v doplňkových barvách vůči CMY, tedy RGB.

Již při objasňování reologických vlastností a emulgence jsme se zmínili o **deformaci tiskového bodu** rastrově složené barvy. Při přípravě výroby dochází k deformaci tiskového bodu dvakrát: expozicí filmu v osvitových jednotkách a vyvoláním filmového tiskového podkladu a dále expozicí tiskové desky a vyvoláním tiskové desky. Zatímco první uvažovaná deformace je s jistým přiblížením úměrná velikosti tiskového bodu, deformace vzniklá podkoprováním tiskového podkladu v kopírovacím rámu a převoláním ve vyvolávacím automatu je bližší nepřímé úměře velikosti tiskového bodu. Proti směru těchto deformací obvykle působí deformace tiskového bodu v ofsetovém stroji. Přitom ve shodě, co již bylo konstatováno dříve, nejvíce se zanáší rastr ve stínech a vyostřuje ve světlech. Následující modelový příklad je sice hypotetický, avšak je postaven na reálných odhadech.

Z tabulky vyplývá obtížná stabilizace rastrově složených odstínů z čtyřbarvotiskových barev (zejména zelené - nejlepší vjem).

## Závěrem

Stabilizovaný čtyřbarvotisk používá do jisté míry zastabilizované odstíny barev. Ostatní **parametry tisku jsou proměnné** a denzitometrická kontrola tisku je prováděna zejména proto, aby umožňovala tiskaři provádět během tisku opravy dávkování barev, vlhčení, eventuálně opravy viskozity a lepivosti barev, schnutí barev, rychlosti stroje atp. Tiskař svou činností působí proti deformacím tiskového bodu zjištěným na tiskové formě a do jisté míry se mu to i daří. Nelze však popřít, že první výtisk se od posledního liší v detailech i v barvě a že je velmi

Deformace tiskového bodu	Vyvolávací automat osvitové jednotky	Kontaktní rám a vyv. aut. na TD	Tisk	Výsledek
Zadání barvy	absolutní diference -1 až 0 %	nepřímá úměrná abs. hodnotě +1 až -3 %	střed nejvíce +5 až +20 %, ostatní přímo a nepř. úm.	průměr a odchylka
Zelená: - 10% azur (C) - 30% žlutá (Y)	9 - 10 29 - 30	6,3 - 10,1 28,0 - 30,3	7,3 - 14,1 31,0 - 42,3	10,7 ± 3,4 36,7 ± 5,7
Modrá: - 50% azur (C) - 20% purpur (M)	49 - 50 19 - 20	47,5 - 50,5 18,4 - 20,2	52,5 - 70,5 20,4 - 28,2	61,5 ± 9,0 24,3 ± 3,9
Fialová: - 70% azur (C) - 50% purpur (M)	69 - 70 49 - 50	67,0 - 70,7 47,5 - 50,5	70,0 - 82,5 52,5 - 70,5	76,4 ± 6,4 61,5 ± 9,0

obtížná stabilizace rastrově složených odstínů barev ve smyslu každodenní konstantní stabilizované kvality barevného vjemu. V nejmodernějších ofsetových strojích se odstraňuje část náročné práce tiskaře zejména systémy computer to plate (přenos tiskového souboru přímo na tiskovou desku), ev. computer to print (přenos tiskového souboru přímo do tiskového stroje k vytištění) a centrálním řízením tisku počítačem.

U mapové produkce lze stabilizovaný čtyřbarvotisk použít pouze k tisku map, které nepřicházejí do soulepu. Doporučuje se tisk na křídový papír jemným rastrem (60 až 80 linek na centimetr /l/cm/), eventuálně i s úpravou barevného vyjádření směrem k soutisku max. dvou barev v prvku. Při tisku map, které budou používány v soulepu a které budou tištěny na mapový papír, se doporučuje tisk tzv. nepravým čtyřbarvotiskem:

1) jednotlivé prvky mapy tisknout v rastru základními přímými barvami,

2) nebo rastrově složené odstíny ze dvou základních barev vytvářet přetiskem plných nebo jednou plnou (žlutá Y) a další rastrovou barvou s hrubým rastrem (25 až 35 l/cm), nejvýše dvě barvy, ostatní tisknout ad 1),

3) eventuálně použít systémy HiFicolor (např. Hexachrome fy Pantone), které obsahují další barvy (oranžovou, zelenou) a tisknout způsobem uvedeným ad 1), mimořádně v jednobarevném rastru.

Recenzent Ing. Marta Šimonová





# Velká osobnost evropské geodetické integrace 19. století generál Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero

Drahomír Dušátko, Vojenský zeměpisný ústav Praha

Věnováno vynikajícímu pedagogovi vyšší geodezie plk. Ing. Josefu Vykutilovi, DrSc.



Obr. 1. Generál Don Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero, maršál a markýz de Mulhacén

Díky širokému rozvoji mezinárodní technické spolupráce a technologiím družicové geodezie je v současné době završována evropská geodetická integrace mající své kořeny v Evropě již od konce 18. století. Je skutečností, že pokračující diferenciaci ekonomických, politických a v důsledku toho i vojenských zájmů způsobovala nejrůznější peripetie včetně zpoždování či přerušení kontinuity tohoto procesu. Přesto práce vyšší geodezie, neznající hranic, nesmírně přispívaly již od osvětlení ke sblížení evropských národů a jejich kultur.

Tato doba zrodila také velké osobnosti klasické geodezie - teoretiky, výzkumníky, experimentátory, organizátory a technology. Nelze než nevzpomenout naše pamětníky či obdivovatele tohoto období - v tomto případě alespoň pana plukovníka profesora Ing. Josefa Vykutila, DrSc., který ve svých skvělých přednáškách z vyšší geodezie na katedře geodezie a kartografie Vojenské akademie v Brně s velkým zanícením vzpomínal na toto slavné a plodné období evropské geodezie

a zvláště pak na výjimečné osobnosti, mj. na španělského generála, později polního maršála Carlose Ibáñeze e Ibáñez de Ibero, markýze z Mulhacénu, zakladatele a dlouhodobého ředitele Geografického a statistického ústavu v Madridu, doživotního předsedu Mezinárodní geodetické asociace atd.

Středověké a novověké tradice španělské kartografie není nutno připomínat; o škole katalánsko-mallorské XIV. a XV. století a andaluské škole století šestnáctého jsme slyšeli během školních přednášek. Díla vycházející z dílen těchto škol však nebyla orientována dovnitř, do Španělska, ale na Středozezemní moře a přilehlé pobřeží a od roku 1492 na Nový svět.

V průběhu dalších století byly panovnické dvory vzhledem ke svým tehdejšími prioritám velmi macešské ke geografii a topografii poloostrova. Důsledkem toho bylo zaostávání v mapování vlastní země, přestože samo Španělsko mělo dostatek schopných a připravených lidí, jak tomu nasvědčují historické literární prameny, plány na mapování země, které ač překládány (často i schvalovány), nedošly naplnění [1]. Oživení přinesly paradoxně napoleonské války s přerušením izolace Španělska, reorganizace veřejné správy i španělské armády; po francouzském vzoru tam vznikly topografické skupiny a mobilní zásobování mapami. Přesto neklid a sváry na domácí scéně ještě dlouho bránily v realizaci dlouhodobého, tolik potřebného díla.

Ibáñez se narodil v roce 1816. Jeho rodina se vyznačovala dlouholetou tradicí vědeckou a vojenskou. Třináctiletý chlapec má tedy za cíl sloužit Španělsku a matematice a v roce 1838 se stává kadetem vojenské inženýrské akademie pozemního vojska. Vzhledem ke svému exaktnímu, matematickému a technickému myšlení pokračuje velmi rychle jeho vzdělání a postup na vojenské dráze. Jako poručík se zúčastňuje portugalské kampaně, kde je pověřen zpracováním pochodové mapy - itineráře osy Oporto - Tuy a plánu města Valença de Minho. Úkolu se zhostil výtečně; prakticky se přesvědčil o nutnosti geodetické osnova pro topografické mapování. Tento důležitý poznatek se stal jeho osobním krédem, uplatňovaným při organizaci všech pozdějších prací. Geodezie pak hlavním polem jeho působení, na němž dosahoval met a poct nejvyšších. Nástup revoluční republikánské vlády pod předsednictvím geografa dona Fermína Caballera (byl zároveň předsedou madridské Zeměpisné společnosti) přináší dekret z 26. 9. 1843 o vytvoření komise o třech sekcích pro geodetické a kartografické operace nezbytné pro tvorbu „dobré geografické mapy Španělska“. Vzhledem k nestabilitě republikánskému režimu tento počín ztroskotál. Přesto byl Ibáñez od roku 1853 členem další vládní komise a vedoucím geodetických prací jakožto základu pro topografické mapování. V souvislosti se základními praktikami moderní metrologie klasické geodezie se Ibáñez věnuje konstrukci základního přístroje - platinového metru pro měření délek geodetických základů, který byl podle jeho projektu vyroben v Paříži. Výsledkem byl vedle kvality samotného přístroje velký

Přístroj na měření základěn a letopočet	Pravděpodobná chyba	Rychlost měření (produktivita) v metrech na hodinu
Bordeův, 1798	1 : 200 000	60 m/h
Tennerův, 1820	1 : 300 000	80 m/h
Colbyův, 1827	1 : 400 000	34 m/h
Struveův, 1827	1 : 1 200 000	70 m/h
Besselův, 1834	1 : 600 000	60 m/h
Porroův, Secchiův, 1850	1 : 1 200 000	60 m/h
Ibáñezův, 1. verze, 1858	1 : 5 800 000	30 m/h
Ibáñezův, 2. verze, 1868	1 : 2 200 000	200 m/h

mezinárodní ohlas na dosahovanou přesnost i respekt k vědecké disciplíně, kterou takto Ibáñez reprezentoval.

Základnový přístroj byl nasazen na měření hlavní španělské geodetické základny MADRIDEJOS u Toleda (délka 14 662,885 m), kde bylo dosaženo relativní přesnosti 1 : 5 800 000 ( $1,7 \cdot 10^{-7}$ ). Výsledky byly publikovány v roce 1865 v práci „Base central de la triangulación geodésica de España“, která byla ihned přeložena do francouzštiny a posléze i do němčiny. S tímto přístrojem byly zaměřeny tři základny na Baleárách, bylo s ním měřeno v Anglii, Švýcarsku a byl vzorem pro výrobu obdobného pravítka pro Egypt. Pro představu jsou v tabulce 1 uvedeny příklady dalších tehdejších základních měření; Ibáñez pak dokonce pro zvýšení produktivity navrhl další, monometalickou druhou verzi svého pravítka [2].

Pro zajímavost - úhlová měření pro rozvinování základny MADRIDEJOS byla uskutečněna teodolity PISTOR MARTINS, konstruovanými v Berlíně; cíle tvořily elektrické projektory na parní pohon, konstruované pod Ibáñezovým vedením.

Dne 11. května 1861 byl podplukovník ženijního vojska don Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero plémem španělské Královské akademie věd zvolen jejím řádným členem a součástí sekce exaktních věd, které v období 1863 až 1890 předsedal. Jeho vstupní projev byl věnován historii astronomických a geodetických observačních přístrojů a jeho osobnímu vlivu na jejich konstrukci; v letech 1882 až 1884 zastával Ibáñez funkci viceprezidenta této Akademie.

V průběhu dalších pěti let se Ibáñez věnuje vědecké práci; publikoval zkušenosti z praxe a dosáhl tak mezinárodní publicity a uznání. Byl povolán vládou ke studiu metod tvorby topografických map a zároveň ustanoven náčelníkem 1. geodetického katastrálního distriktu.

Na zasedání představitelů evropské geodezie v Berlíně roku 1861 byla díky iniciativě pruského generála Bayera založena Mezinárodní geodetická asociace. Na zasedání asociace v Neuchâtelu v roce 1866 byl Ibáñez pověřen vedením delegace Španělska, byl zvolen do geodetického výboru a podílel se na přípravě velkých evropských geodetických projektů. Projednávaný návrh stupňového měření poledníku Kristianie (Oslo) - Palermo navrhl rozšířit o měření dalšího poledníkového oblouku ze Shetland přes Evropu, Středomoří na Saharu. Název asociace byl rozšířen na Mezinárodní geodetickou asociaci pro měření poledníkových oblouků a rovnoběžek v Evropě. Na témže

zasedání byl Ibáñez posléze jednomyslně zvolen tajným hlasováním na tříleté období jejím předsedou; obdobně byl opakovaně jednomyslně volen na další tři období, takže tento úřad zastával opakovaně až do své smrti. Přes změny vnitřních mocenských, politických podmínek ve Španělsku byla osobnost Ibáneze respektována všemi vládami. Jeho pověst vědce a organizátora se po tehdejším světě rychle rozšířila.

Z pověření španělské vlády byl v roce 1866 také ustanoven zástupcem v Mezinárodní komisi pro míry a váhy, přičemž se v roce 1872 stal jejím předsedou. Metrologický problém totiž zmezinárodněl; ke stanovení etalonu metru a kilogramu byla ustavena uvedená komise.

Přes veškerou snahu generála Ibáneze nebylo v rámci komise dosaženo solidní, legislativně trvalé shody. V tomto vypjatém období projevuje však diplomatickou obratnost, jejímž výsledkem bylo angažování francouzské vlády, která k definici metru a kilogramu svolala v roce 1873 mezinárodní diplomatickou konferenci na mezivládní úrovni. Bylo dosaženo kýžené dohody, schválené vládami 21 evropských a amerických států a založení Mezinárodního ústavu měr a vah v Pavillonu de Breteuil v Sèvres.

Do období druhé španělské republiky spadá založení Geografického a statistického ústavu v Madridu, kde byl Ibáñez pro své kvality a zásluhy o rozvoj geodezie ustanoven prvním ředitelem (12. 9. 1870, dekret vlády Španělska).

Úkolem ústavu bylo (je patrný Ibáñezův rukopis):

- určování tvaru a rozměru tělesa Země;
- realizace geodetické triangulace všech řádů na území Španělska, její zhušťování triangulací „topografickou“ pro mapování;
- zahájení prací přesné nivelace;
- rozvinutí topografických a katastrálních mapových prací;
- určování, ochrana a rozšiřování mezinárodních etalonů měr a vah.

Byly vytvořeny polní skupiny geografů, topografů a statistiků; zahájeno vydávání mapy Španělska pořizované na základě triangulace v měřítku 1 : 50 000, na svou dobu dílo neuvěřitelně odvážné. Byly publikovány „Census obyvatelstva Španělska v roce 1877“, „Obecná nomenklatura měst, obcí, míst a vesnic 49 provincií Španělska“ a „Geografický a statistický popis Španělska“.

Vyvrcholením životního díla generála Ibáñeze bylo nesporné geodetické spojení evropského a afrického kontinentu v roce 1879, které je hodnoceno jako nejdůležitější operace 19. století nejenom Španělska, ale celé Evropy.

V diskusi s Perrierem, pracovníkem francouzského generálního štábu a šéfem geodetických prací v Alžírsku, byly stanoveny zásady tohoto připojení, z nichž se uvádějí tyto hlavní:

- použití stejných měřických přístrojů ve Španělsku a Alžírsku;
- ve dne budou jako cíle použity heliotropy, v noci pak elektrické reflektory Gramme na parní pohon;
- na bodech Španělska Mulhacén (3 482 m) a Tetica de Bacares (2 080 m) (Sierra Nevada) a na asi 250 km vzdálených bodech Alžírsku Filhaoussen (1 140 m) a Mont Sabiha (589 m) (Monts de Tlemcen) budou zaměřeny horizontální úhly, rozdílů astronomických délek, astronomické šířky a azimuty;
- stanovení organizace, postupu prací, jejich materiálně-technické a personální zabezpečení.

Měřické práce již řídil Ibáñez z Paříže, kde zastával funkci předsedy Asociace. Za jejich realizace byl jmenován markýzem z Mulhacénu. Celá operace připojení včetně výsledků je velmi podrobně popsána v análech španělské Akademie věd.

V roce 1889 vznikly rozpory mezi Ibáñezem a ministrem veřejných prací hrabětem de Xiquena ohledně některých byrokratických aspektů v řízení chodu Geografického a statistického ústavu. Důsledkem těchto rozporů byla demise generála Ibáñeze, který po několika měsících odešel s rodinou do francouzské Nice, kde krátce nato 28. 1. 1891 zemřel a byl pochován.

Po lidské a morální stránce sami Španělé hodnotí generála Ibáñeze velmi vysoko [3]. Podle dobových fotografií, které se dochovaly, měl přímý, čestný pohled, noblesní profil s vysokým čelem; výraz jeho tváře byl zasmušilý až posmutnělý. Vynikal inteligencí, znalostí matematiky, jazyků (francouzsky, anglicky, německy); byl výkonným organizátorem pevného, čestného a přítom společenského charakteru, což měrou vrcholnou dokázal v závěru svého sporu s ministrem veřejných prací. Je pravda, že jeho intimní život byl velmi rozpolcený; avšak tento stav ho trvale inspiroval k neobvyklým pracovním výkonům, kterými se nesmazatelně zapsal do procesu evropské geodetické integrace.

Ibáñez byl obdařen diplomatickým talentem a znám ve všech zemích; proto byl pověřován i složitými úkoly (např. delimitace hranic mezi Venezuelou a Kolumbií) mezinárodní povahy.

Během svého života, kromě funkcí a poct v mateřském Španělsku, byl:

- předsedou Mezinárodní geodetické asociace, opakovaně jím byl volen až do své smrti;
- předsedou Stálého výboru Mezinárodní metrické komise;
- předsedou Mezinárodní Komise pro míry a váhy;
- dopisujícím členem Akademie věd v Paříži, Berlíně, Bruselu, Římě, Washingtonu, Buenos Aires, Královské statistické společnosti v Londýně a Ústřední statistické komise Belgie;
- nositelem Ponceletovy ceny pařížské Akademie věd;
- důstojníkem Čestné legie;
- rytířem Řádu italské koruny, Řádu rumunské koruny, egyptského řádu Medžidije, Řádu Concepción de Villaviciosa Portugalska, Řádu Svaté Anny Ruska.

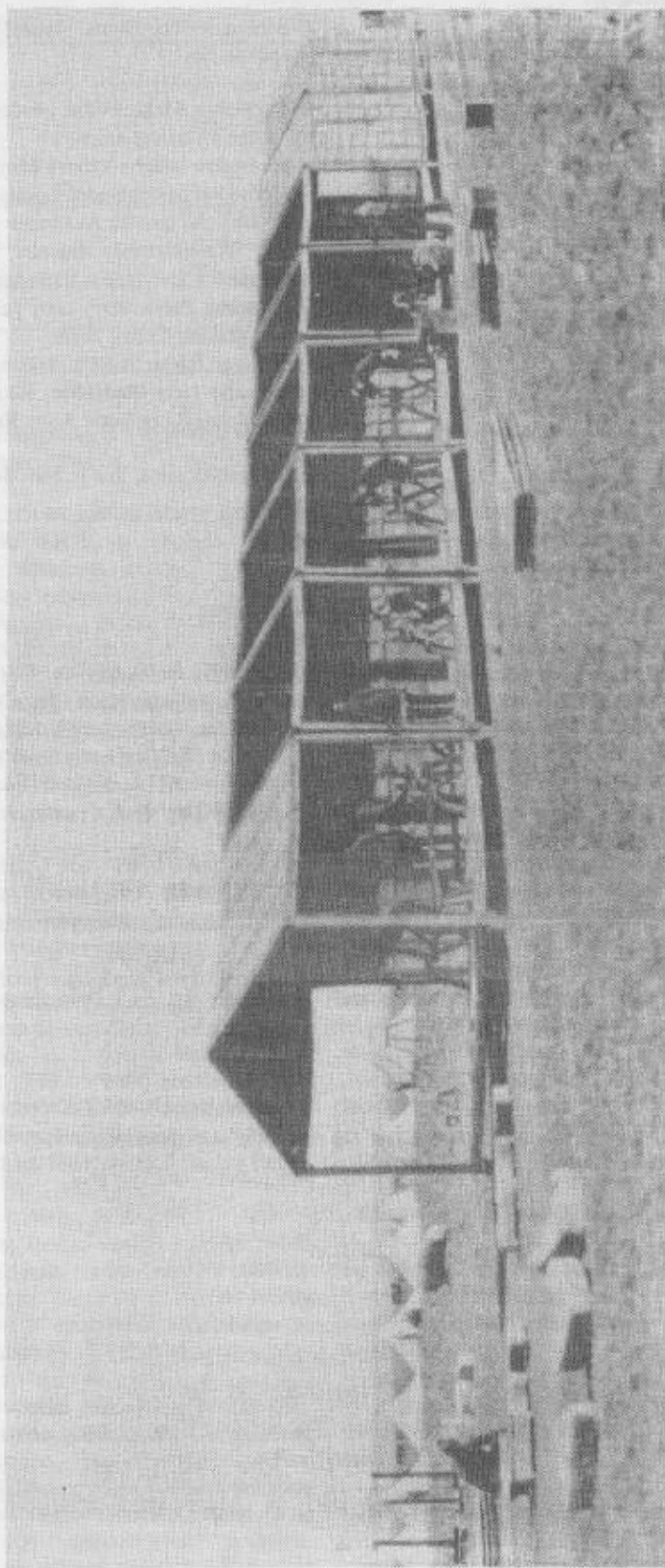
Madridská ulice, kde je Národní geografický ústav, nese jeho jméno.

#### Literatura:

- [1] NÚÑEZ de las Cuevas, R.: El mapa topográfico nacional. In: Conmemoración del Centenario del general Ibáñez e Ibáñez de Ibero. Madrid, Real Academia de Ciencias exactas, fisicas y naturales 1991.
- [2] TORROJA, J.: La personali científica del general Ibáñez. Tamtéž.
- [3] PALADINI Cuadrado, A.: El General Ibáñez, su personalidad militar y humana. Tamtéž.
- [4] Poznámky a přednášky prof. Ing. Vykutíla, DrSc. Brno, Voj. akademie 1960.

Recenzent Ing. František Kučera

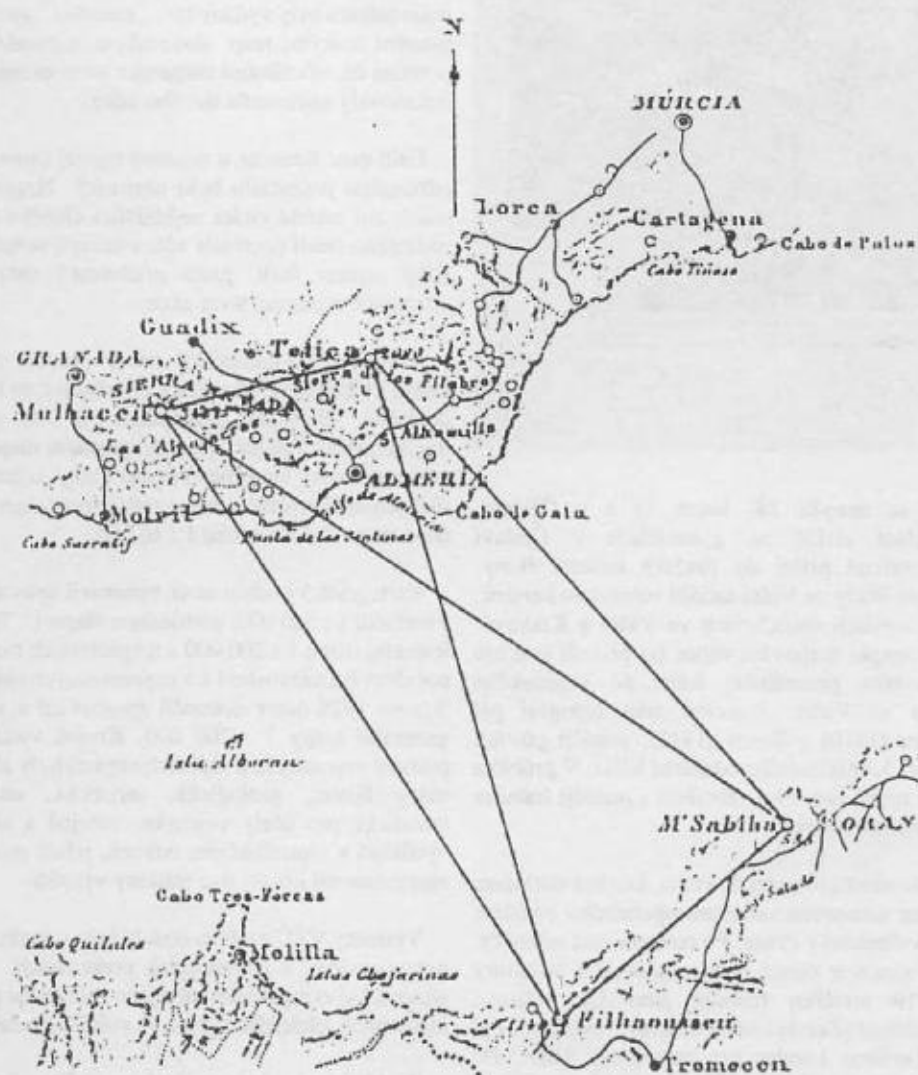




Obr. 2. Měření základny Madridejos Ibáñezovým přístrojem (podle [3])

# ENLACE GEODÉSICO Y ASTRONÓMICO DE EUROPA Y ÁFRICA

1879.



Escala 1:4.000.000

Obr. 3. Dobové schéma geodetického a astronomického připojení Evropy a Afriky

## Brigádní generál Karel Rausch - první velitel Vojenského zeměpisného ústavu

Vlastimil Rybenský, Vojenský zeměpisný ústav Praha



Generál Rausch se narodil 28. ledna 1876 v Čáslavi. Středoškolské vzdělání získal na gymnáziích v Čáslavi a Vysokém Mýtě, odkud přišel do pražské kadetní školy. Absolováním válečné školy ve Vídni zahájil vojenskou kariéru. Působil na několika vyšších velitelstvích ve Vídni a Krakově. Jeho osobní vztah k mapě, mapování vůbec ho přivedl koncem roku 1909 jako setníka generálního štábu do Vojenského zeměpisného ústavu ve Vídni. Pracoval jako topograf při mapování v Tyrolsku (1910) a Bosně (1912), později působil několik let jako velitel 5. mapovacího oddělení VZÚ. V průběhu 1. světové války byl zprvu řadovým velitelem a později štábním pracovníkem na velitelství sboru.

Po vzniku Československa se vrací do vlasti, kde byl vzhledem ke svým zkušenostem ustanoven velitelem operačního oddělení vrchního zemského velitelství v Praze. Po reorganizaci velení čs. armády byl pplk. Rausch v rámci nové organizační struktury MNO v roce 1919 pověřen řízením jeho IX. odboru, „kartografického oddělení (Zeměpisného ústavu)“. Současně byl jmenován členem Smíšené komise pro zeměpisný ústav. Při následné další reorganizaci MNO se již Vojenský zeměpisný ústav stává samostatným zařízením MNO, plk. Rausch je jmenován jeho prvním velitelem a později, v roce 1926, je povýšen do hodnosti brigádního generála.

Počáteční podmínky pro činnost VZÚ byly velmi obtížné. Nebyly vhodné místnosti, prostředky a technické vybavení, přičemž personál, který byl k dispozici, neměl potřebnou

kvalifikaci a nebyl ani odborně vycvičen - existoval pouze výnos MNO, podle kterého byl VZÚ zřízen. A to vše za situace, kdy armáda a zainteresované civilní organizace volaly po nových, již čs. mapách, které byly tolik zapotřebí.

Pracovní a organizační činnost, kterou velitel ústavu spolu se skupinou nadšenců rozvinul, byla vskutku obdivuhodná. Pracovalo se ve dne i v noci na improvizovaných stolech a zařízeních, za nedostatečného osvětlení v podmínkách současného zácviku personálu. Avšak již v průběhu několika málo měsíců byly vydány tzv. „nouzové“ generální mapy s ručně psaným českým, resp. slovenským názvoslovím, které se staly prvními čs. oficiálními mapami a svou existencí tak přesvědčivě dokazovaly suverenitu nového státu.

Úsilí gen. Rausche o úspěšný rozvoj ústavu, o zvyšování jeho odborného potenciálu bylo obrovské. Neznal překážek na této cestě, ani osobní ztráta nejbližšího člověka a sotva nalezeného rodinného štěstí neotrásla vůli a energii tohoto vzorného vojáka. Díky tomuto úsilí, práci příslušníků ústavu byly rozvinuty významné a perspektivní akce.

Astronomicko-geodetický odbor provedl přesnou nivelaci na území Velké Prahy, Slovenska a Podkarpatské Rusi, na Moravě byla doplněna chybějící triangulace a ve Slezsku rozvinuta trigonometrická síť jako podklad pro nové mapování. Topografický odbor vyhotovil vrstevnicový plán Prahy, uskutečňoval reambulace různých dalších plánů a revize většího počtu speciálních map a zahájil nové mapování v měřítku 1 : 10 000.

Kartografický odbor nově vyhotovil úplnou pochodovou mapu v měřítku 1 : 300 000, přehlednou mapu 1 : 750 000, rozpracoval leteckou mapu 1 : 200 000 a u speciálních map 1 : 75 000 zahájil počestování názvosloví a v exponovaných oblastech jejich revizi. V roce 1926 ústav dokončil zpracování a vydání „definitivní“ generální mapy 1 : 200 000. Kromě vydání těchto map pro potřeby vojenských a vládních orgánů byly zhotoveny různorodé mapy školní, geologické, turistické, automobilní i mapy tematické pro účely vojenské, veřejné a soukromé. Vše bylo vytištěno v reprodukčním odboru, jehož průměrný roční výkon reprezentoval necelé dva miliony výtisků.

Výsledky VZÚ z tohoto období byly vskutku obdivuhodné, neboť byly dosaženy v provizorních podmínkách. Přesto dosáhl ústav srovnatelné evropské úrovně a jeho výkony lze porovnávat s pracemi kteréhokoli tehdejšího ústavu ve světě a mnohé z nich i převýšil.

Rozhled a pružné myšlení gen. Rausche však nepřipouštějí uspokojení nad interními výsledky ústavu. Daří se mu zapojit ústav do kontextu širokého kulturního a odborného života domácího i mezinárodního a zajistit mu tak v něm velmi čestné místo.

Od vzniku ústavu však bylo zřejmé, že VZÚ může dostat perspektivním požadavkům v nové, účelně vybudované a moderně vybavené budově. Díky morální podpoře vynikajících



osobností tehdejší geografie, profesorů Dr. Švambery, Dr. Pantoflíčka a Dr. Nušla, poslanců parlamentu a všech tehdejších ministrů národní obrany byla vybudována a do používání dána v roce 1926 nová moderně vybavená budova VZÚ. Otevřením nové provozní budovy ústavu získala nejenom armáda, ale celá společnost. Již tehdy platilo, že bez moderních map nemůže fungovat žádný moderní stát.

Generál Rausch se všestranně zasloužil o vybudování Vojenského zeměpisného ústavu a rozvinutí jeho činnosti, o jeho uznávané postavení v československé armádě, čs. veřejnosti i v rámci mezinárodní spolupráce. Sám osobně byl předním členem Čs. zeměpisné společnosti, členem redakční rady jejího Sborníku, členem Čs. národní rady badatelské při Čs. akademii věd a umění. V rámci své odborné činnosti také soustavně sledoval pokroky zahraniční oficiální kartografie a zaujímal k jejich výsledkům kritická osobitá stanoviska. Staly se tak jednou ze součástí jeho studií, publikační činnosti, referátů a přednášek, geodetické astronomie, topografie, geodezie a kartografie. Zároveň byl častým účastníkem významných shromáždění, kongresů a různých výstav domácích i zahraničních.

Při oslavě svých padesátých narozenin v památném roce 1926 gen. Rausch prohlásil, že „půda jest svědomitě připravena, jest třeba jen dobře zasít“. Půda byla připravena, bylo již i zaseto, osobně pak mohl spolu se zeměpisnou službou a jejími příznivci sklízet úspěchy ústavu, dosahované díky jeho vynikajícím schopnostem a poctivé a usilovné práci.

Generál Rausch odchází do výslužby v roce 1934, na jeho velitelském místě ho střídá plk. gšt. PhDr. Antonín Basl.

Co dodat - nové generace pracovníků Vojenského zeměpisného ústavu v Praze spolu s Vojenským topografickým ústavem v Dobrušce navazují již 79 let na pokrokovou tradici ústavu, na jeho úspěchy dosažené pod vedením gen. Rausche a jeho spolupracovníků při zabezpečování naší armády vojenskými topografickými a speciálními mapami a geografickými podklady.

*Recenzent Ing. Zdeněk Karas, CSc.*

# Autor portrétů prvních tří velitelů Vojenského zeměpisného ústavu

Miloš Diviš



Škpt. Ferdinand Rubeš, malíř a grafik

Zobrazování významných osobností veřejného a kulturního života mám v našich zemích staletou tradici, do které lze zahrnout např. votivní obraz arcibiskupa pražského Jana Očka z Vlašimi z doby Karla IV., který je dnes uschován v Národní galerii. Řada portrétů dalších jeho nástupců je v arcibiskupském paláci v Praze, historicky významné jsou portréty purkmistrů a primátorů. V roce 1996 se uskutečnila výstava portrétů rektorů Univerzity Karlovy v Městském muzeu na Poříčí.

Vojenský zeměpisný ústav v Praze měl to štěstí, že mezi jeho zakladateli byl umělec, který vytvořil portréty jeho prvních tří velitelů.

Tímto umělcem byl škpt. Ferdinand Rubeš, jehož 120. výročí narození vzpomínáme. Narodil se 5. 8. 1877 v Praze, v letech 1905 až 1908 vystudoval u profesora Maška a Preislera umělecko-průmyslovou školu. Ve své tvorbě se orientoval na plakátovou tvorbu, grafiku, ornamentální a figurální výzdobu interiéru. Ke grafice měl zvláště blízko, neboť jeho otec byl faktorem v proslulé tiskárně Haasse na Anenském náměstí v Praze (nyní dílny Národního divadla). Byl to právě on, který zdokonalil tisk z litografických kamenů zavedením rychlolisů.

Po krátké praxi pak Ferdinand Rubeš odešel do Vídně, kde pracoval v Zeměpisném ústavu. Po roce 1918 přechází s dalšími českými zaměstnanci do Prahy, kde nastupuje do VZÚ a podílí se na výstavbě reprodukčního odboru.

Počátkem třicátých let vzniká portrét prvního velitele VZÚ brig. generála Karla Rausche, pak jeho následníka brig. generála PhDr. Antonína Basla a konečně pak plukovníka zem. sl. PhDr. Jiřího Čermáka. Portréty byly vytvořeny jeho oblíbenou technikou - temperou na dřevěnou desku.

V průběhu třicátých let se F. Rubeš aktivně zapojuje do spolkové činnosti „Sdružení výtvarníků Praha“. Spolek, aby zdůraznil svoji realistickou tvůrčí orientaci, později připojuje ke svému názvu jméno „Purkyně“ podle významného českého malíře 19. století a syna věhlasného lékaře a vědce profesora J. E. Purkyně.

V pohnutém roce 1938 organizuje Svaz výtvarných umělců spolu se Svazem čs. důstojníků ve spolupráci s ministerstvem národní obrany, Vojenským vědeckým ústavem a Památníkem osvobození výstavu „Náš voják ve výtvarném umění XIX. a XX. století“. Záštitu výstavy převzal prezident Dr. Edvard Beneš, členem poroty a současně předsedou užšího pracovního výboru byl F. Rubeš, který byl spolu s Dr. Lírem hlavním organizátorem této výstavy. Kromě toho byl s malířem R. Landrem autorem plakátu a samostatně pak autorem grafické úpravy katalogu.

Vystaveno bylo celkem 389 děl 78 autorů - malířů, grafiků a sochařů. Sám F. Rubeš vystavoval obraz „Květen 1938“ jako výraz nadšení národa pro obranu vlasti. Výstavy se také zúčastnil dvěma obrazy malíř Karel Gabriel, občanský zaměstnanec VZÚ, litograf.

Ještě v době svého působení do března 1939 nakreslil F. Rubeš pastelem portrét plukovníka Ing. Kudličky, posledního předválečného přednosty reprodukčního odboru VZÚ. Po odchodu z VZÚ se F. Rubeš věnoval zcela umělecké činnosti. V prosinci 1941 měl soubornou výstavu svých obrazů z období 1930 až 1941, v dubnu 1943 vystavoval soubor 23 obrazů z roku 1942 a počátku roku 1943. Vedle své umělecké činnosti vyučoval spolu s grafikem K. Tondlem kresbu na státní grafické škole.

Ferdinand Rubeš onemocněl tuberkulózou, byl léčen v sanatoriu na Pleši u Dobříše a umírá 28. 6. 1944 - tak jak si přál - v rozkvětu svých tvůrčích sil.

Ve sborníku „Umění dneška“, č. 1/2, 1945, vydaném Sdružením výtvarníků Purkyně zveřejnil K. Tondl nekrolog o malíři, vojákovi, vlastenci a dobrém člověku Ferdinandu Rubešovi.

# Komanda a vyhledávání v bojové obraně

A. HAVRAN ŠP.

1977

Národní vojenská akademie, Praha

1. kapitola

1.1. Úvod

1.1.1. Úvodní slovo

1.1.2. Úvodní slovo

1.1.3. Úvodní slovo

1.1.4. Úvodní slovo

1.1.5. Úvodní slovo

1.1.6. Úvodní slovo

1.1.7. Úvodní slovo

1.1.8. Úvodní slovo

1.1.9. Úvodní slovo

1.1.10. Úvodní slovo

1.1.11. Úvodní slovo

1.1.12. Úvodní slovo

1.1.13. Úvodní slovo

1.1.14. Úvodní slovo

1.1.15. Úvodní slovo



F. RUBEŠ: KVĚTEN





## Komentář k vyhlášce Ministerstva obrany č. 114/1997 Sb.

Mária Gedayová, VZÚ, analyticko-informační středisko TS Praha

Dne 1. července 1997 vstoupila v platnost vyhláška Ministerstva obrany č. 114/1997 Sb., o náležitostech žádosti o udělení úředního oprávnění a o formě ověřování výsledků zeměměřických činností pro potřeby obrany státu.

Touto vyhláškou došlo k naplnění § 20 odst. 2 zákona č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením, a také k vytvoření podmínek pro to, aby výsledky zeměměřických činností využívané pro státní mapová díla pro potřeby obrany státu byly ověřeny fyzickou osobou, které bylo uděleno úřední oprávnění Ministerstvem obrany České republiky.

Toto úřední oprávnění se uděluje v rozsahu podle § 13 odst. 1 písm. d) výše zmíněného zákona č. 200/1997 Sb., a to pro ověřování dokumentace o zřízení, obnovení nebo přemístění podrobného polohového bodového pole a o zaměření a šetření předmětů měření, které jsou obsahem státních mapových děl, pro potřeby obrany státu. Může si o ně písemně zažádat u Ministerstva obrany fyzická osoba, která je občanem České republiky, je plně způsobilá k právním úkolům, bezúhonná, má ukončené vysokoškolské vzdělání zeměměřického směru

s titulem inženýr a vykonala nejméně pět let odborné praxe v činnostech, pro které žádá o udělení úředního oprávnění. V praxi to znamená, že pro udělení úředního oprávnění Ministerstvem obrany nepostačuje dlouhodobý výkon práce v zeměměřictví anebo předložení kopie úředního oprávnění uděleného Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním pro některou z činností podle § 13 odst. 1 písm. a) až c) zákona č. 200/1994 Sb.

Výkon správních činností byl svěřen Vojenskému zeměpisnému ústavu - analyticko-informačnímu středisku TS - se sídlem v Rooseveltově 23, 160 76 Praha 6, který pro usnadnění podání žádosti poskytuje formuláře a informace žadatelům.

Pokud fyzická osoba splní podmínky, které stanovil zákon č. 200/1994 Sb. a dále upřesnila vyhláška MO č. 114/1997 Sb., úřední oprávnění je jí uděleno zpravidla do 3 měsíců ode dne podání žádosti.

Do dnešní doby zažádalo o udělení úředního oprávnění Ministerstvem obrany 6 fyzických osob, ale jen 3 žadatelé splnili podmínky pro jeho vydání.

## ANOTACE

Vladimír Šilhan

**Referenční systémy ETRF 89 a ITRF 89 a možnosti jejich zpřesnění.**

Vojenský topografický obzor, 1997, č. 2, s. 3 – 10.

Článek popisuje systémy ETRF 89 a ITRF 89 a ukazuje jejich vzájemné vztahy. Je rovněž zmíněn systém WGS 84 a Mezinárodní služba GPS pro geodynamiku (IGS). Popsán je nejprve systém ETRF a jeho praktická realizace v rámci kampaní EUREF a následně až systém ITRF. Je ukázáno, že další rozvoj ETRF probíhá především v kvantitativním směru, tj. připojováním dalších států a oblastí k původně zaměřenému regionu tzv. západní Evropy, zatímco systém ITRF se trvale intenzivně rozvíjí i kvalitativně a navazují na něj i další rozvojové iniciativy, jako například popisovaná služba IGS.

Viliam Vatrť

**Normální tíhové zrychlení nad hladinovým elipsoidem a jeho integrální střední hodnota na oblouku normální tížnice.**

Vojenský topografický obzor, 1997, č. 2, s. 11 – 15.

Pro výpočet normální (Moloděnského) výšky bodu nad kvazigeoidem je nezbytná integrální, jednoznačná hodnota normálního tíhového zrychlení. Pro její určení byla dosud používána výpočetní řada, čímž mohlo docházet při výpočtech k jisté nejednoznačnosti. V článku se pro výpočet střední hodnoty normálního tíhového zrychlení v obecném bodě navrhuje použití odvozeného uzavřeného vzorce.

Drahomír Dušátko – Viliam Vatrť – Libor Laža

**Kvazigeoid a geoid na území České republiky.**

Vojenský topografický obzor, 1997, č. 2, s. 16 – 25.

Rozšiřování technologie určování polohy a navigace GPS vyžaduje včasné datové zabezpečení převodu elipsoidických výšek z GPS na výšky nadmořské (v ČR výšky normální). Tvorba prozatímního geoidu/kvazigeoidu pro potřeby AČR v systémech WGS 84 a ITRF 89, jeho přesnost a porovnání s průběhem kvazigeoidu v S-42, perspektiva jeho zpřesňování.

Vladimír Kovařík

**Digitální ekvivalenty topografických map v měřítkách 1 : 25 000 až 1 : 1 000 000.**

Vojenský topografický obzor, 1997, č. 2, s. 26 – 31.

Vysvětlení principu a možných metod tvorby digitálních ekvivalentů topografických map (DETM). Popis podporovaných měřítek DETM a systému vytváření názvů souborů. Stručný popis technologie tvorby DETM ve VTOPÚ – skenování a rektifikace podkladů, generování a unifikace segmentů. Popis soupravy DETM.

Michal Kopecký

**Problematika technologie zpracování a tisku TM při variantě CMYK a přímými barvami.**

Vojenský topografický obzor, 1997, č. 2, s. 32 – 33.

Článek pojednává o problematice způsobu tisku vojenských topografických map (i vzhledem k 5. obnově). Rozebírá výhody a nevýhody varianty CMYK a posuzuje je vzhledem k dosavadnímu způsobu tisku přímými barvami. Snaží se zodpovědět základní otázky problematiky standardizace tisku. Reaguje na aktuální problém v polygrafii, úzce související s nejbližším vývojem vojenské polygrafie.

Vladimír Čihák

**Barvy pro stabilizovaný čtyřbarvotisk.**

Vojenský topografický obzor, 1997, č. 2, s. 34 – 36.

Článek popisuje vliv složení tiskových barev na jejich koloristické vlastnosti. Současně poukazuje na další faktory, které před tiskem i po něm ovlivňují barevné vyjádření autotypického obrazu. Představuje základní způsoby a hodnocení barvářské koloristiky se zaměřením na čtyřbarvotisk. Navrhuje metody nepravého čtyřbarvotisku pro tisk topografických map, protože klasický čtyřbarvotisk snižuje vyjádření barevnosti a jemných prvků pod dosavadní úroveň.

Drahomír Dušátko

**Velká osobnost evropské geodetické integrace 19. století generál Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero.**

Vojenský topografický obzor, 1997, č. 2, s. 37 – 41.

Do historie evropské geodetické integrace a tradic mezinárodní spolupráce patří španělský generál, ředitel Geografického a statistického ústavu v Madridu a dlouholetý předseda Mezinárodní geodetické asociace Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero (1816–1891). Článek přibližuje tehdejší poměry, osobnost a dílo gen. Ibáñeze.

Vlastimil Rybenský

**Brigádní generál Karel Rausch – první velitel Vojenského zeměpisného ústavu.**

Vojenský topografický obzor, 1997, č. 2, s. 42 – 43.

Zhodnocení významu a zásluh prvního velitele Vojenského zeměpisného ústavu brigádního generála Karla Rausche (1876–1954). Rozvoj ústavu od jeho založení a počáteční činnosti v provizorních podmínkách do r. 1934, kdy K. Rausch odešel do výslužby a VZÚ již definitivně zaujímal uznávané postavení v čs. armádě, v povědomí čs. civilní veřejnosti i v kontextu mezinárodní spolupráce.

Miloš Diviš

**Autor portrétů prvních tří velitelů Vojenského zeměpisného ústavu.**

Vojenský topografický obzor, 1997, č. 2, s. 44 – 45.

Škpt. Ferdinand Rubeš (1877–1944), jeden ze zakladatelů reprodukčního odboru Vojenského zeměpisného ústavu, malíř a grafik, který mj. vytvořil portréty brig. gen. Karla Rausche, brig. gen. Antonína Basla a plk. zem. Jiřího Čermáka.

Mária Gedayová

**Komentář k vyhlášce Ministerstva obrany č. 114/1997 Sb.**

Vojenský topografický obzor, 1997, č. 2, s. 46.

Výklad vyhlášky Ministerstva obrany č. 114/1997 Sb., o náležitostech žádosti o udělení úředního oprávnění a o formě ověřování výsledků zeměměřických činností pro potřeby obrany státu. Počáteční zkušenosti s její aplikací.



## ANNOTATIONS

Vladimír Šilhan

**The reference systems ETRF 89 and ITRF 89 and the possibilities of their more precise definition.**

Vojenský topografický obzor, 1997, č. 2, s. 3 – 10.

The article describes the ETRF 89 and ITRF 89 systems and shows their mutual relations. Also the WGS 84 and the International GPS Service for Geodynamics (IGS) are mentioned. At first the ETRF system and its practical realization within EUREF campaigns are described and subsequently the ITRF system. The article shows that the further ETRF development is proceeding in the first place in a quantitative direction, namely by adjoining of other countries and areas to the originally surveyed region of the so-called West Europe, while the ITRF system is developing intensively also in a qualitative manner and also further development initiatives, e. g. the mentioned IGS Service, are linking to it.

Viliam Vatr

**The normal acceleration of gravity over the level ellipsoid and its integral mean value on the arc of the normal vertical.**

Vojenský topografický obzor, 1997, č. 2, s. 11 – 15.

For the computation of the normal (Molodensky's) height of a point above the quasigeoid an integral unique value of the normal acceleration of gravity is necessary. For its determination a computation series has been used hitherto and thus a certain ambiguity might occur. In the article the use of a derived closed formula for the computation of the mean value of the normal acceleration of gravity on a common point is suggested.

Drahomír Dušátko – Viliam Vatr – Libor Laža

**The quasigeoid and the geoid on the territory of the Czech Republic.**

Vojenský topografický obzor, 1997, č. 2, s. 16 – 25.

The extension of the GPS positioning and navigation technology requires a timely data support of the conversion of the GPS ellipsoidal heights to the above sea heights (in the CR normal heights). The determination of the temporary geoid/quasigeoid for the needs of the ACR in WGS 84 and ITRF 89 systems, its accuracy and the comparison with the quasigeoid in S-42; the perspective of its more precise definition.

Vladimír Kovařík

**The digital equivalents of topographic maps in scales of 1 : 25 000 through 1 : 1 000 000.**

Vojenský topografický obzor, 1997, č. 2, s. 26 – 31.

The explanation of the principle and potential creation methods of the digital equivalents of topographic maps (DETM). A description of the supported DETM scales and the system of file names generation. A short description of the creation technology of DETM at the Military Geographic Institute – scanning and rectification of basic materials, generation and unification of segments. A description of a DETM set.

Michal Kopecký

**The problems of the processing and printing of topographic maps when using the CMYK variant and the primary colours.**

Vojenský topografický obzor, 1997, č. 2, s. 32 – 33.

The article discusses the problems of methods for printing of military topographic maps (also with regard to the 5th revision). It analyses the advantages and disadvantages of the CMYK variant and evaluates them with regard to the until now applied printing methods using the primary colours. It tries to answer the fundamental question of the standardization of printing. It responds to an actual polygraphic problem, closely connected with the next development of military polygraphy.

Vladimír Čihák

**The colours for stabilized four-colour printing.**

Vojenský topografický obzor, 1997, č. 2, s. 34 – 36.

The article describes the influence of the composition of printing inks on their colouristic properties. At the same time it refers to other factors that affect the colour appearance of an autotypic picture. It introduces the fundamental methods and the evaluation of colouristic with regard to the four-colour printing. It suggests the methods of a false four-colour printing for the printing of topographic maps, because the classical four-colour printing reduces the expression of colours and of fine elements below the usual level.

Drahomír Dušátko

**General Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero, a great personality of the European geodetic integration of the 19th century.**

Vojenský topografický obzor, 1997, č. 2, s. 37 – 41.

The Spanish General, Director of the Geographic and Statistical Institute in Madrid and the long standing chairman of the International Geodetic Association, Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero (1816–1891). The article illustrates the conditions of that time, the personality and work of General Ibáñez.

Vlastimil Rybenský

**Brigadier-General Karel Rausch – the first commander of the Military Geographic Institute.**

Vojenský topografický obzor, 1997, č. 2, s. 42 – 43.

The evaluation of the importance and merits of the first commander of the Military Geographic Institute Brigadier-General Karel Rausch (1876–1954). The development of the Institute since its foundation and its activity in the provisional conditions until 1934, when K. Rausch retired and the Military Geographic Institute had occupied an acknowledged position in the Czechoslovak Army, in the consciousness of the civilian public and in the context of the international cooperation.

Miloš Diviš

**The author of portraits of the first three commanders of the Military Geographic Institute.**

Vojenský topografický obzor, 1997, č. 2, s. 44 – 45.

The Staff-Captain Ferdinand Rubeš (1877–1944), one of the founders of the Reproduction Department of the Military Geographic Institute, the painter and graphic artist, who has painted the portraits of Brigadier-General Karel Rausch, Brigadier-General Antonín Basl and Colonel Jiří Čermák.

Mária Gedayová

**The commentary to the public notice of the Ministry of Defence Nr. 114/1997 Coll.**

Vojenský topografický obzor, 1997, č. 2, s. 46.

The interpretation of the Public notice of the Ministry of Defence Nr. 114/1997 Coll. regarding the requirements of the application for the authorization as well as the form of verification of the results of surveying activities for the needs of the state defence. The initial experience from its application.

## ANNOTATIONEN

Vladimír Šilhan

**Die Referenzsysteme ETRF 89 und ITRF 89 und die Möglichkeiten ihrer Präzisierung.**  
Vojenský topografický obzor, 1997, č. 2, s. 3 – 10.

Der Artikel beschreibt die Systeme ETRF 89 und ITRF 89 und zeigt ihre gegenseitige Beziehungen. Erwähnt wird auch das System WGS 84 und der Internationale GPS Dienst für Geodynamik (IGS). Zuerst wird das System ETRF und seine praktische Realisierung im Rahmen der EUREF Kampagnen beschrieben und nachfolgend das System ITRF. Es wird gezeigt, daß die weitere Entwicklung des ETRF vor allem in der quantitativen Richtung verläuft, d. h. durch die Anknüpfung weiterer Staaten und Gebiete an die ursprünglich vermessene Region des sogenannten Westeuropas, während das System ITRF sich dauerhaft auch qualitativ entwickelt und auch weitere Entwicklungsinitiativen knüpfen sich an es, wie z. B. der beschriebene IGS Dienst.

Viliam Vatr

**Die normale Schwerebeschleunigung über dem Niveauellipsoid und ihr integraler Mittelwert am Bogen der Normalvertikale.**  
Vojenský topografický obzor, 1997, č. 2, s. 11 – 15.

Für die Berechnung der Normalhöhe (Molodensky's Höhe) eines Punktes über dem Quasigeoid ist ein integraler eindeutiger Wert der normalen Schwerebeschleunigung notwendig. Für dessen Bestimmung wurde bisher eine Berechnungsreihe benutzt, wodurch es bei den Berechnungen zu einer gewissen Uneindeutigkeit kommen konnte. In dem Artikel wird deshalb für die Berechnung des Mittelwertes der normalen Schwerebeschleunigung in einem allgemeinen Punkte die Benutzung einer abgeleiteten geschlossenen Formel vorgeschlagen.

Drahomír Dušátko – Viliam Vatr – Libor Laža

**Das Quasigeoid und Geoid auf dem Gebiet der Tschechischen Republik.**  
Vojenský topografický obzor, 1997, č. 2, s. 16 – 25.

Die Erweiterung der Technologie für die Lagebestimmung und Navigation GPS fordert eine rechtzeitige Datensicherung der Transformation der Ellipsoidhöhen vom GPS in die Überseehöhen (in der ČR Normalhöhen). Die Bestimmung des vorläufigen Geoids/Quasigeoids für die Bedürfnisse der AČR in den Systemen WGS 84 und ITRF 89, die Genauigkeit und der Vergleich mit dem Verlauf des Quasigeoid im S-42, die Perspektive seiner Präzisierung.

Vladimír Kovařík

**Die digitalen Äquivalente der topographischen Karten in Maßstäben von 1 : 25 000 bis 1 : 1 000 000.**  
Vojenský topografický obzor, 1997, č. 2, s. 26 – 31.

Die Erläuterung des Prinzipes und der möglichen Methoden für die Herstellung der digitalen Äquivalente der topographischen Karten (DETM). Die Beschreibung der gesicherten DETM-Maßstäbe und des Erzeugungssystems der Dateinamen. Kurze Beschreibung der Erzeugungstechnologie DETM im Militärtopographischen Institut – Abtastung und Rektifikation der Unterlagen, Generierung und Unifikation der Segmente. Die Beschreibung des DETM-Satzes.

Michal Kopecký

**Die Problematik der Bearbeitung und des Druckes der topographischen Karten bei der Benutzung der Variante CMYK und der direkten Farben.**  
Vojenský topografický obzor, 1997, č. 2, s. 32 – 33.

Der Artikel behandelt die Problematik des Druckes von militärtopographischen Karten (auch mit Rücksicht auf die 5. Erneuerung). Er analysiert die Vorteile und Nachteile der CMYK Variante und beurteilt sie mit Rücksicht auf die bisherige Druckmethode mit Verwendung der direkten Farben. Er bestrebt sich die Grundfragen der Problematik der Druckstandardisierung zu beantworten. Er reagiert auf das aktuelle Problem der Polygraphie, welches eng mit der nächsten Entwicklung der militärischen Polygraphie zusammenhängt.



Vladimír Čihák

**Die Farben für den stabilisierten Vierfarbendruck.**

Vojenský topografický obzor, 1997, č. 2, s. 34 – 36.

Der Artikel beschreibt den Einfluß der Zusammensetzung von Druckfarben auf ihre koloristischen Eigenschaften. Gleichzeitig weist er auf weitere Faktoren hin, welche vor dem Druck als auch nach ihm den Farbausdruck des autotypischen Bildes beeinflussen. Er stellt die Grundmethoden und die Bewertung der Koloristik mit der Einstellung auf den Vierfarbendruck vor. Er schlägt die Methoden des unechten Vierfarbendrucks für den Druck von topographischen Karten vor, weil der klassische Vierfarbendruck die Äußerung der Farbigekeit und der feinen Elemente unter das bisherige Niveau herabsetzt.

Drahomír Dušátko

**General Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero, eine große Persönlichkeit der europäischen geodätischen Integration des 19. Jahrhunderts.**

Vojenský topografický obzor, 1997, č. 2, s. 37 – 41.

Der spanische General, der Direktor des Geographischen und statistischen Instituts in Madrid und der langjährige Vorstand der Internationalen geodätischen Assoziation Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero (1816–1891) gehört in die Historie der europäischen geodätischen Integrierung und der Traditionen der internationalen Zusammenarbeit. Der Artikel bringt die damaligen Verhältnisse, die Persönlichkeit und das Werk von Gen. Ibáñez näher.

Vlastimil Rybenský

**Brigadegeneral Karel Rausch – der erste Kommandant des Militärgeographischen Instituts.**

Vojenský topografický obzor, 1997, č. 2, s. 42 – 43.

Die Bewertung der Bedeutung und der Verdienste des ersten Kommandanten des Militärgeographischen Instituts, Brigadegenerals Karel Rausch (1876–1954). Die Entwicklung des Instituts seit seiner Gründung und anfänglicher Tätigkeit in provisorischen Bedingungen bis zum Jahr 1934, wann K. Rausch in den Ruhestand übergegangen ist und das Militärgeographische Institut schon endgültig eine anerkannte Stelle in der Tschechoslowakischen Armee hatte, sowohl im Bewußtsein der zivilen Öffentlichkeit als auch im Kontext der internationalen Zusammenarbeit.

Miloš Diviš

**Der Autor der Porträte der ersten drei Kommandanten des Militärgeographischen Instituts.**

Vojenský topografický obzor, 1997, č. 2, s. 44 – 45.

Staabskapitän Ferdinand Rubeš (1877–1944), einer der Gründer der Reproduktionsabteilung des Militärgeographischen Instituts, ein Maler und Graphiker, welcher u. a. die Porträte des Brigadegenerals Karel Rausch, Brigadegenerals Antonín Basl und Obersten Jiří Čermák geschaffen hat.

Mária Gedayová

**Ein Kommentar zur Kundmachung des Ministeriums der Verteidigung Nr. 114/1997 GBl.**

Vojenský topografický obzor, 1997, č. 2, s. 46.

Die Interpretation der Kundmachung des Ministeriums der Verteidigung Nr. 114/1997 GBl. über die Gebühren des Gesuchs um die Erteilung der offiziellen Berechtigung und über die Form der Beglaubigung der Ergebnisse der Vermessungstätigkeiten für die Bedürfnisse der Staatsverteidigung. Die ersten Erfahrungen von ihrer Applikation.



## **Vojenský topografický obzor – Sborník topografické služby AČR**

Vydává Ministerstvo obrany – topografický odbor Generálního štábu AČR.

Adresa redakce: Vojenský zeměpisný ústav

Analyticko-informační středisko topografické služby AČR

Rooseveltova 23

160 76 Praha 6

tel. (02) 20 215 748, (02) 20 215 752

fax (02) 312 19 79

Vychází maximálně 3 × ročně. Nevyžádané rukopisy se nevracejí.

Tiskne Vojenský zeměpisný ústav Praha. Neprodejné.

Registrační číslo MK ČR 7146. ISSN 1211-0701.

---

Šéfredaktor:	<b>pplk. Ing. Jaroslav Zemek, CSc.</b>
Předseda redakční rady:	<b>pplk. Ing. Eduard Vařejka</b>
Členové redakční rady:	<b>plk. Ing. Oldřich Baláš, Ing. Drahomír Dušátko, CSc., pplk. Ing. Miroslav Gajdůšek, mjr. Ing. Ladislav Hlavoněk, Ing. Alois Hofmann, CSc., kpt. Ing. Michal Kopecký, mjr. Ing. Pavel Skála, mjr. Ing. Jiří Zouhar</b>
Grafická úprava:	<b>kpt. Ing. Michal Kopecký</b>

---

Redakční uzávěrka tohoto čísla 24. dubna 1998. Následující číslo bude mít vnočení 1998.