

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební, Katedra mapování a kartografie

Studijní program: **Geodézie a kartografie**

Studijní obor: **Geodézie a kartografie**

Diplomová práce

**Analýza přesnosti zákresu geografické sítě na vybraných starých
mapách**



Zpracovala: Bc. **Adéla Kratochvílová**

Vedoucí diplomové práce: prof. ing. Bohuslav Veverka, DrSc.

červen 2009

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

Faculty of Civil Engineering, Department of Mapping and Cartography

Study programme: **Geodesy and Cartography**

Branch of Study: **Geodesy and Cartography**

Diploma Project

**Analysis of Accuracy of Geographical Grid Representation in Selected
Old Maps**



Author: Bc. **Adéla Kratochvílová**

Supervisor of thesis: prof. ing. Bohuslav Veverka, DrSc.

June 2009



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

studijní program: Geodézie a kartografie

studijní obor: Geodézie a kartografie

akademický rok: 2008_2009

Jméno a příjmení diplomanta: Bc. Adéla Kratochvílová

Zadávací katedra: Mapování a kartografie

Vedoucí diplomové práce: Prof. Ing. Bohuslav Veverka, DrSc.

Název diplomové práce: Analýza přesnosti zákresu geografické sítě na vybraných starých mapách

Název diplomové práce
v anglickém jazyce Analysis of Accuracy of Geographical Grid Representation in
Selected Old Maps

Rámcový obsah diplomové práce: 40 stran

Diplomantka provede proměření geografické polohy vybraných sídel v kresbě historických map z oblasti Čech, Moravy a Slezska a jejich porovnání se současnými mapami. Výsledkem bude analýza polohové přesnosti zákresu sítě poledníků a rovnoběžek na těchto mapách.

Datum zadání diplomové práce: 1.3.2009 Termín odevzdání: 22.5.2009

Diplomovou práci lze zapsat, kromě oboru A, v letním i zimním semestru.

Pokud student neodevzdal diplomovou práci v určeném termínu, tuto skutečnost předem písemně zdůvodnil a omluva byla děkanem uznána, stanoví děkan studentovi náhradní termín odevzdání diplomové práce. Pokud se však student řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, může si student zapsat diplomovou práci podruhé. Studentovi, který při opakovaném zápisu diplomovou práci neodevzdal v určeném termínu a tuto skutečnost řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, se ukončuje studium podle § 56 zákona o VŠ č.111/1998 (SZŘ ČVUT čl 21, odst. 4).

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

vedoucí diplomové práce

vedoucí katedry

Zadání diplomové práce převzal dne: 1.3.2009

diplomant

Formulář nutno vyhotovit ve 3 výtiscích – 1x katedra, 1x diplomant, 1x studijní odd. (zašle katedra)

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím uvedených zdrojů a literatury. Souhlasím se zapůjčováním práce nebo jejím zveřejňováním se souhlasem katedry.

V Praze dne:

.....
Adéla Kratochvílová

Poděkování:

Chtěla bych touto cestou poděkovat panu Prof.Ing.Bohuslavu Veverkovi, Dr.Sc. za čas, který mi věnoval, cenné rady a vedení celé práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Petru Jánskému, CSc. za zapůjčení mapových podkladů z Mapové sbírky Univerzity Karlovy.

Děkuji také svým rodičům za podporu, pomoc a poskytnuté zázemí pro vypracování mé práce.

Abstrakt

Diplomová práce je zaměřena na zhodnocení přesnosti zakreslené zeměpisné sítě vybraných starých map. Pro tento účel byly vybrány dvě naskenované mapy se zakreslenou zeměpisnou sítí. Obě mapy pocházejí z první třetiny 18. století a zobrazují rozsahem zhruba stejně velké území Moravy a části Čech a Slezska.

Teoretická část představuje historii určování zeměpisných souřadnic a základní informace o vybraných mapách. Praktická část se věnuje metodě zvolené pro určení přesnosti, technologickému postupu a výsledkům, které přinesly.

Klíčová slova: mapa, rastr, Helmertova transformace, základní poledník, Ferro, zeměpisné souřadnice, software Matkart

Abstract

Thesis is focused on evaluation of accuracy of geographical grid from chosen number of old maps. Two scanned maps with their geographical grid were chosen for this purpose. Both maps are dated in 30th of 18th century. In its extension maps display area of around the dimension of Moravia together with part of Bohemia and Silesia.

Theoretical part presents history of designation of geographical coordinate and basic information about chosen maps. Practical part focuses on methods used for accuracy, technological order and arising results.

Keywords: Map, Raster, Helmert Transformation, Prime Meridian, Ferro, Geographical Coordinate, software Matkart

Obsah

1. Úvod	9
2. Definice základních pojmů.....	10
3. Historický přehled určení zeměpisných souřadnic	11
3.1 Zeměpisná šířka	11
3.2 Zeměpisná délka	11
3.3 Otázka polohy základního poledníku	13
4. Popis vybraných map	18
4.1 Johann Baptista Homann	18
4.2 Tabula Generalis Marchionatus MORAVIA in sex circulos divisia.	19
4.3 Georg Matthäeus Seutter	19
4.4 Moravia Marchionatus in sex circulos divisus.....	20
5. Transformace souřadnic	21
5.1 Základní pojmy	21
5.2 Základní typy transformací	21
5.3 Helmertova transformace	22
6. Technologický postup.....	25
6.1 Volba bodů.....	26
6.2 Helmertova transformace	29
7. Zpracování naměřených dat	32
7.2 Hodnocení uzlových bodů	37
7.3 Hodnocení sídel	41
8. Závěr	44
9. Použitá literatura	47
9.1 Knižní zdroje	47
9.2 Internetové zdroje	47
10. Seznamy	49
10.1 Seznam obrázků	49
10.2 Seznam tabulek.....	49
10.3 Seznam grafů	50
10.4 Seznam příloh.....	50
10.5 Seznam elektronických příloh	50

1. Úvod

Tato práce má prvotně poznávací charakter, dosud nebyly známy žádné práce, které by se analýzou přesnosti zákresu zeměpisné sítě na starých mapách zabývaly. Je třeba si uvědomit, že v době vzniku vybraných map, tedy první třetina 18. století, v zásadě neexistoval přesný způsob pro určení zeměpisných souřadnic. Nebyl jednotný názor na polohu základního poledníku a je to doba ještě před vznikem prvních přesných hodin, což jsou aspekty, které hrají důležitou roli v určení zeměpisné délky. Nevíme jaké, a zda vůbec, je zobrazení na mapě. Nejsou téměř žádné studie, které by se zabývaly použitím nultého poledníku vzhledem k práci starých kartografů. To platí zejména pro regionální mapy, které zmínku o tomto poledníku obsahují jen výjimečně. Bez znalosti různých domněnek starých kartografů a astronomů o délkových poměrech mezi nultým poledníkem pro výpočet zeměpisné délky a východní částí Středozemního moře není možné určit zpětně polohu nultého poledníku pro regionální mapy střední Evropy. Tato situace byla např. Petrem Meurerem shrnuta takto: „Speciální literatura, která by se zabývala analýzou zeměpisné délky, prakticky neexistuje“ (Meurer 1983).

Diplomová práce je rozdělena do několika částí. První část se orientuje především na vymezení základních pojmů, historická fakta, vývoj měřických postupů a celou problematiku týkající se zeměpisné délky, zejména pak otázku polohy nultého poledníku. Druhá část je zaměřena na zvolený technologický postup, zpracování naměřených dat a celkovou analýzu dosažených výsledků.

2. Definice základních pojmů

Mapa: definice podle ICA (mezinárodní kartografická asociace)

Mapa je zmenšené zevšeobecněné zobrazení povrchu Země, ostatních nebeských těles nebo nebeské sféry, sestavené podle matematického zákona na rovině a vyjadřující pomocí smluvených znaků rozmístění a vlastnosti objektů vázaných na jmenované povrchy.

Rastr: je obraz, složený z malých jednobarevných pixelů. Pixely jsou řazeny do řádků. V rastru je definován počet pixelů v řádku (tj. počet sloupců) a počet řádků. Každému pixelu přísluší barva. Pokud má pixel pouze dvě možné barvy, jedná se o rastr binární, jinak jde o rastr barevný.

Zeměpisná šířka φ : Úhel mezi normálou v bodě a rovinou rovníku. Severní polokoule je určena v rozmezí $\langle 0^\circ, 90^\circ \rangle$, jižní polokoule $\langle 0^\circ, -90^\circ \rangle$.

Zeměpisná délka λ : Úhel mezi rovinou místního poledníku a rovinou základního poledníku. Východní polokoule je dána rozmezím $\langle 0^\circ, 180^\circ \rangle$, západní polokoule $\langle 0^\circ, -180^\circ \rangle$.

Ferro: orig. **El Hierro** (Ferro - lat. „železo“) je nejmenší a nejzápadnější z Kanárských ostrovů. Leží $17^\circ 39'46''$ západní délky na mysu Orchilla na ostrově Ferro (Hierro). V antice považován za jeden z poledníků západního konce světa (Ptolemaios).

Ptolemaios: Klaudios Ptolemaios (asi 85 - asi 165) byl řecký geograf, astronom a astrolog, který pravděpodobně žil a pracoval v egyptské Alexandrii. Ptolemaiovy práce bývají označovány za vrchol antické geografie. Ptolemaiova geografie bývá často chápána jako počátek obecné geografie. Jeho práce byla biblí pro geography období renesance a velkých geografických objevů.

geografií" popisuje určování zeměpisné délky (resp. místního času) podle pohybu Měsíce mezi hvězdami. Využívá se toho, že Měsíc se pohybuje mezi hvězdami zhruba rychlostí poloviny poloměru za jednu hodinu. Tím se dá zjistit přesný místní čas. Teoreticky je tato úvaha správná, ale tenkrát nevedla k použitelným výsledkům. Jednak nebylo čím měřit přesně polohu Měsíce vůči hvězdám (kamal ani Jakubova hůl k tomu nestačily) a také nebyla známa teorie pohybu Měsíce po obloze. Že určení přesného místního času je pro řešení problému klíčové, si uvědomovala řada astronomů. Přesné hodiny neexistovaly a tak se snažili čas určit na základě pohybu nebeských těles.

Galileo navrhoval španělské vládě, rok 1616, měření absolutního času podle pohybu měsíců Jupitera. Korespondence trvala plných 16 let. Zasáhla do toho svatá inkvizice a nakonec z toho nebylo nic (ovšem kromě domácího vězení pro Galilea). Do historie určení zeměpisné délky se zapsala jména španělského krále Filipa II. (1567), Filipa III. (1598), kteří vypsali bohatě dotované ceny za vyřešení problému. Dne 22.10.1707 došlo k velké námořní katastrofě u jihozápadního cípu Anglie v blízkosti ostrovů Scilly. Čtyři z pěti britských válečných lodí, které směřovaly domů, v noci po 12 denním mlhavém počasí najely na pobřeží. Při této katastrofě zahynulo mnoho mužů a vedla k vypsání ceny za vynález metody určování zeměpisné délky. Na jejím řešení se podílelo mnoho významných vědců a učenců – např. Galileo Galilei, Leonard Euler, Edmont Halley, Robert Hooke, ad.

V roce 1714 Britský parlament schválil **Edikt o zeměpisné délce**, čímž dal jasně najevo prioritu nalezení metody na určení zeměpisné délky.

Průlom byl učiněn až konstrukcí přesných hodin. O to se zasloužil v roce 1715 John Harrison, který zkonstruoval přesný námořní chronometr. Jeho první hodiny (H1) vážily 250 kg a pro navigaci na moři se příliš nehodily. Jeho čtvrtý model (H4, rok 1759) již představoval použitelné hodiny (jejich průměr byl 12 cm). Jsou označovány za nejslavnější hodiny na světě (alespoň pro námořní navigaci). Bylo to celoživotní dílo, které dokončil až jeho syn William. Hodiny byly testovány až do roku 1784, kdy bylo uznáno, že splňují podmínky pro

udělení ceny 20 000 liber britské admirality za vyřešení problému určení zeměpisné délky. Za 5 měsíců se zpozdily o pouhých 15 sekund. Bylo tak možno plně rozvinout námořní navigaci, kde se k určování polohy využívalo Slunce, Měsíce, planet a 57 navigačních hvězd.



Obr.3.2 Chronometr H5 [12]

[10]

3.3 Otázka polohy základního poledníku

Zeměpisná délka se měří jako rozdíl místního času na daném místě a místního času na referenčním poledníku. Dnes je pro její určení všeobecně akceptován greenwichský poledník, v minulosti to však byly v různých zemích různé poledníky, např. procházející hlavními městy nebo poledník nejzápadnějšího bodu Evropy (ostrov Ferro). Předpokládejme, že autoři vybraných map pro tuto práci, stejně jako valná část jejich kolegů v Evropě počátku 18. století, používali jako základní poledník umístěný na ostrově Ferro. Nyní se zaměříme na historii a vývoj názorů na nultý poledník, důležité pro pochopení celé problematiky.

Následující přehled popisuje obecný vývoj umístění základního poledníku do 20. století [5]:

Základní, či nultý poledník (lat. primus meridianus), je libovolně zvolený poledník, který mohou kartografové považovat za počátek pro měření a výpočet délky na povrchu Země. Systém určení terestrické polohy pomocí měření zeměpisné délky a šířky sahá až do starého Řecka, do doby Eratosthena a Hipparcha, kdy byl poprvé formulován v Ptolemaiově „Geografii“. Ačkoli Ptolemaiova astronomická práce byla vedena v Alexandrii,

právě on vybral Kanárské ostrovy jako fyzické umístění nultého poledníku. Dal si za úkol vytvořit přesný souřadnicový systém, ve kterém by mohla být přesně určena poloha libovolných sídel od nejzápadnějšího místa známého světa až po nejvýchodnější.



Obr.3.3 Mys Orchilla na ostrově Ferro [13]

15. – 16. století:

Dílo Geografie, od Klaudia Ptolemaia (100 – 180 n.l.), v této době z velké části dominuje představám o geografii země. Kromě toho byl základní poledník, až na několik výjimek v geografických tabulkách efemerid, pevně stanoven na Kanárských ostrovech. Nultý poledník sám o sobě byl definován se vzdáleností $60,5^\circ$ od Alexandrie, tedy od skutečného východního poledníku. Chyba v délce mezi Lisabonem a Alexandrií, na východním konci Středozemního moře, byla především způsobena nadhodnocením podélné osy o 20° ve Středozemním moři, respektive o 50% podle Ptolemaia. Tyto systematické chyby byly, díky podcenění délky Atlantického oceánu v dané oblasti, zmenšeny nebo resp. vyrovnány. Ojediněle byla podélná osa (poledník) ve Středozemním moři některými kartografy již zkracována. Nutnost přesného určení zeměpisné délky byla zdůrazněna bulou papeže Alexandra VI., ve které byla stanovena hraniční čára (demarkační linie) mezi schválenými španělskými a portugalskými objevy 100 mil západně od Azorských ostrovů. Po protestech Portugalců byla tato čára posunuta, v souladu s ustanovením Tordesillaské smlouvy mezi Španělskem a Portugalskem, od pólu k pólu ve vzdálenosti 370 legui západně od Kapverdských ostrovů (tj. $46^\circ 37'$ západní délky). Všechny země na východ od ní měly náležet do sféry Portugalců. Spor o to, kam čára padne, zatěžoval vztah obou mocností více než jedno století.

Přelom 17. stol:

Gerhard Mercator (1512 – 1594) vylepšil Ptolemaiovy souřadnice a jejich chybu v poledníku ve Středozemním moři o cca 9°. Jako první kartograf použil v letech 1538 – 1569 celkem tři různé východní poledníky pro měření délek. Nakonec vybral poledník od Boa Vista, nejvýchodnějšího Kapverdského ostrova, který se vyznačuje tím, že má stejný astronomický a magnetický sever. Věřil, že našel přirozený nultý poledník pro měření zeměpisných délek. Tím začalo používání početně různě definovaných základních poledníků v kartografii na další dvě století.



Obr.3.4 Klaudios Ptolemaios [14]

17. století:

Došlo ke zlepšení geografické polohy. Současně s tím byly ale stále používány Ptolemaiovy souřadnice. V oblasti nultého poledníku vypukla anarchie. Jak se ukázalo, ani dekret francouzského krále Ludvíka XIII. z r.1634, který pro francouzské kartografy závazně stanovoval základní poledník na západním cípu ostrova Ferro, nejzápadnějšího z Kanárských ostrovů, neměl na tuto situaci významný vliv. Problém určení vzdálenosti těchto poledníků od evropského kontinentu zůstal ještě dlouho nedorozhodnut.

Přelom 18. stol.:

Jean-Mathieu de Chazelles (1657 – 1710) určil, na žádost pařížské Akademie věd, na několika místech v oblasti východního středomoří délkové rozdíly od Pařížského poledníku. Guillaume Delisle (1675 – 1726) postavil kartografii na novém základě. Stanovil roku 1724 definici Ferrského poledníku, jako poledník vzdálený přesně 20° západně od Pařížské observatoře. Kontinenty tak mohly být nyní zobrazovány v realističtější podobě.

18. století:

Zeměpisné souřadnice byly opět o něco zpřesněny. S chronometrem Johna Harrisona (1693 – 1776) a Lunárními tabulkami Johanna Tobiasse Mayerse (1723 – 1762) byl problém určení délky, a to i na moři, v principu vyřešen. Ptolemaiovská chyba v délce tak byla nakonec překonána. Ve druhé polovině 18. století začala Evropa s plošným měřením, které se uskutečňovalo z větší části přes státní instituce, nejvíce ve vojenských oblastech.

Přelom 19. století:

Všechny mapy zobrazovaly realistické zeměpisné souřadnice. Na pevnině (v Evropě) byl používán výhradně Ferrský nebo Pařížský poledník. Mapy anglického království, a nejvíce mapy moří, se vztahovaly k základnímu poledníku na observatoři v Greenwichi. V napoleonské době řada starých soukromých nakladatelství zkrachovala a část byla nahrazena novými.

19. století:

Zlepšení map díky většímu počtu mapování po celém světě. Ve druhé polovině hraje velkou roli mořeplavectví, upřednostňující význam Greenwichského poledníku. Ten byl určen jako základní na zvláštní konferenci (*International Meridian Conference*) pořádané v říjnu 1884 ve Washingtonu, na které se sešlo 41 delegátů z 25 zemí.

Na konferenci byly přijaty tyto základní principy[6]:

- Bylo by vhodné přijmout jeden světový poledník a nahradit tak všechny dosud existující.
- Poledník procházející hlavním pasážníkem na Greenwichské hvězdárně by měl být stanoven jako „počáteční poledník“.
- Všechny zeměpisné délky v rozmezí 180° na východ i na západ by měly být počítány od tohoto poledníku.
- Všechny země by měly přijmout univerzální den.
- Za univerzální den by měl být stanoven střední sluneční den, který začíná o půlnoci středního slunečního času v Greenwichi a má 24 hodiny.

- Nautický a astronomický den by všude měly začínat o střední půlnoci.
- Měly by být podporovány všechny technické studie regulující a rozšiřující používání desítkového systému na dělení času a prostoru.



Obr.3.5 Hvězdárna v Greenwichi[15]

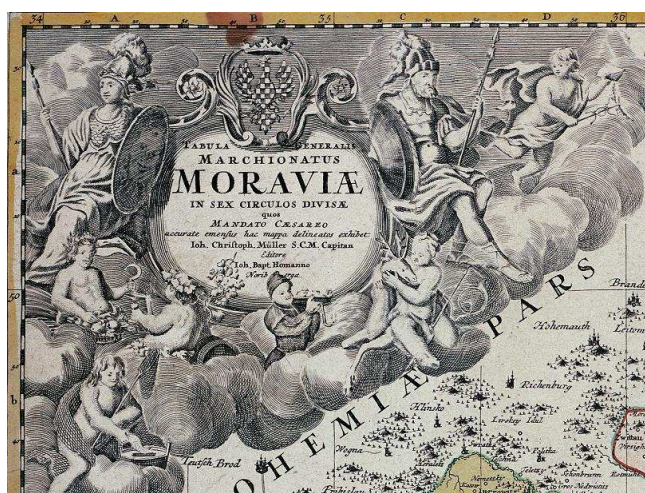
Rezoluce č. 2, zavádějící základní poledník v Greenwichi, prošla hlasováním v poměru 22:1. San Domingo (nyní Haiti) hlasovalo proti, Francie a Brazílie se zdržely. Francie nepřijala tento systém až do roku 1911.

4. Popis vybraných map

Pro účely této práce byly vybrány dvě mapy Moravy od autorů J.B.Homanna (mapa z roku 1726) a G.M.Seuttera (mapa z roku 1730).

4.1 Johann Baptista Homann

Johann Baptista Homann, narozen roku 1644 v Oberkammlachu, byl norimberský kartograf, geograf a nakladatel. Mezi kartografy patřil k předním představitelům svého oboru. Od r. 1692 působil jako mědirytec a v roce 1702 založil vlastní závod. Mezi jeho přední díla patří „*Atlas novus*“ (Neuer Atlas) z roku 1710, který obsahoval na 40 map nebo např. o 6 let mladší „*Grosser Atlas*“. Velmi důležitý byl rok 1716, kdy získal titul císařského kartografa. Za svůj život vydal zhruba 200 titulů, z toho 20 představovaly převzaté mapy z nizozemských a francouzských předloh. Na svých dílech často používal metodu kolorování, která vycházela z principů norimberského učence a kartografa Johannese Hübnera (1668-1731), který je považován za původce myšlenky, že území ovládaná jedním vládcem, nebo patřící do území jedné země, by měla značit stejná barva. Zemřel roku 1724 v Norimberku. [1]



Obr.4.1 Výřez mapy J.B.Homanna

4.2 *Tabula Generalis Marchionatus MORAVIA in sex circulos divisia*

Mapa (1726) zobrazuje území Moravy (s mírným přesahem do Čech) a Slezska. Je zaměřena především na šest barevně od sebe odlišených diviz (oblastí), které představují jednotlivé samosprávné celky v rozsahu podobném jako dnešní kraje. Konkrétně se jedná o kraj Znojemský, Brněnský, Jihlavský, Hradištský (vztaženo k Uherskému Hradišti), Olomoucký a Přerovský, mezi kterými jsou vyznačeny hranice. Mapa je kolorovaná. Veškerá sídla jsou značena grafickými ikonami, které je svou podobou velikostně rozlišují na „Urbes praecipuae“, „Urbes minores“, „Oppida“, „Pagi“ a „Arces“ (seřazeno sestupně). Legenda, umístěna v pravém horním rohu, zahrnuje i grafické značení pro poštu, uváděnou v mapě vedle sídla. Kromě sídel mapa zobrazuje vodstvo, některé hlavní cesty, pohoří a lesy. Názvy jsou uváděny v německém jazyce. Na mapovém rámu je vyznačena zeměpisná šířka a délka v rozmezí po dvou minutách (graficky) a po 10 minutách (numericky), zeměpisná síť je ale zakreslena po půl stupních. Každé „zeměpisné pole“, ohraničené vždy dvěma rovnoběžkami a dvěma poledníky, je na rámu označeno ve vodorovném směru pomocí velkých a ve svislém směru pomocí malých písmen. Písmeno „J“ je vynecháno. Základní poledník není uveden. V levém dolním rohu je nakresleno měřítko. Mapy zdobí v levé horní i dolní části alegorické výjevy.

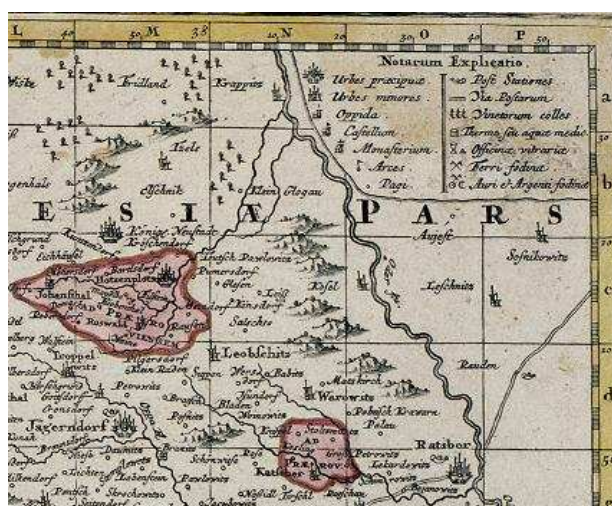
4.3 *Georg Matthäeus Seutter*

Georg Matthäeus Seutter, narozen roku 1678 v Augšpurku, působil ve svém rodišti jako mědirytec a nakladatel. Vlastní nakladatelství založil r. 1707 a zaměřil se na vydávání map a atlasů. Kromě Homannovy norimberské firmy patřilo Seutterovo nakladatelství k nejvýznamnějším kartografickým oficínám 18. stol.

[3]

4.4 *Moravia Marchionatus in sex circulos divisus*

Seutterova mapa (1730) je na první pohled velmi podobná té Homannově. Územní rozsah je prakticky stejný, rozdělení do šesti divizí taktéž, rozdíl je jen v barevném rozvržení. Mapa obsahuje v zásadě ty samé prvky. Legenda, umístěná v pravém horním rohu, představuje více mapových značek. Sídla jsou rozdělena na „Urbes praecipuae“, „Urbes minores“, „Oppida“, „Castellum“, „Monasterium“, „Arces“ a „Pagi“ (řazeno sestupně). Dále jsou uvedeny značky pro poštu, cesty, vinice, termální lázně a další. Měřítko je umístěno v levém dolním rohu a je evidentně od Homannovy mapy odlišné. Horní levý roh zdobí alegorický výjev s názvem mapy a uvedeným autorem, levý dolní roh zobrazuje hradby Špilberku v Brně. Mapový rám je s vyznačením zeměpisných souřadnic. Stejně jako u Homanna, graficky se rám dělí po dvou minutách. Numericky je zde označena ve svislém směru každá 10. a ve vodorovném směru každá 20. minuta. Rovnoběžky jsou zakresleny v rozmezí 10 minut, poledníky však po 20 minutách. Geografická síť je zde tedy hustší. Popis jednotlivých polí ohraničených rovnoběžkami a poledníky je stejný, opět je vynecháno písmeno „J“. Oproti Homannovu vydání jsou zde změny v některých názvech nebo značení měst.



Obr.4.2 Výřez mapy G.M. Seuttera

5. Transformace souřadnic

V geodézii, kartografii a mapování se běžně setkáváme s celou řadou souřadnicových systémů a kartografických projekcí. Transformace souřadnic je obecně proces, při kterém dochází k přechodu z jedné soustavy do druhé. Tento přechod je možné vyjádřit pomocí transformačních rovnic, jejichž soubor říkáme transformační klíč. Při transformaci tedy uvažujeme dvě soustavy souřadnic a hledáme jejich vzájemný vztah.

Geometrické (numerické) transformace nevyžadují znalost zobrazovacích rovnic kartografických transformací do původního a nového souřadnicového systému, ale jsou založeny na poznání přesné polohy vybraných bodů – identických bodů, jejichž polohu známe v obou souřadnicových systémech. Dříve se používaly při ručním překreslování map a zpracování leteckých snímků.

5.1 Základní pojmy

Mezi transformační parametry patří:

- Transformační klíč
 - posun ve směru osy x
 - posun ve směru osy y
 - rotace soustavy
 - měřítkový koeficient
- Identické body: což jsou body, jejichž souřadnice jsou známy v obou soustavách a mohou tedy být použity pro výpočet transformačního klíče.

5.2 Základní typy transformací [8]

- *Shodnostní*: pro určení transformačního klíče musíme znát pouze dva parametry (posun ve směru x a posun ve směru y), což znamená jen jeden identický bod, tedy jeho dvě souřadnice ve výchozí a cílové soustavě souřadnic. Shodnostní netočivou transformací dosáhneme pouze posunu transformovaných prvků. Pro výpočet *shodnostní otáčivé* transformace potřebujeme znát tři parametry (posun ve směru x, posun ve směru y, úhel otočení), postačí tedy zadání dvou identických bodů,

respektive by mělo stačit zadání jednoho identického bodu a u druhého jen jedné souřadnice. Prvky transformované shodnostní otáčivou transformací nemění velikost ani tvar, jsou posunuty a pootočeny.

- *Podobnostní*: je definována čtyřmi parametry (posun ve směru x , posun ve směru y , úhel otočení, koeficient zvětšení). Pro podobnostní transformaci opět postačí zadání dvou identických bodů. Tuto transformaci použijeme, pokud chceme měnit velikost transformovaných prvků, nebo-li vzdálenosti mezi transformovanými body. Při přetransformování čtverce podobnostní transformací vznikne opět čtverec. Koeficient zvětšení je pro všechny směry stejný.
- *Afinní a konformní* transformace se liší jen ve způsobu změny měřítka. Konformní transformace předpokládá, že změna měřítka je ve všech směrech stejná, afinní transformace zavádí odlišnou změnu měřítka (měřítkový faktor) ve směru osy x a y .
- *Projektivní* transformace je zadána osmi parametry, to znamená, že musí být zadané čtyři identické body. Matematický vztah pro projektivní transformaci je velmi složitý. Ze čtverce projektivní transformací získáme obecný čtyřúhelník s omezením, že žádný vnitřní úhel tohoto čtyřúhelníka nesmí přesáhnout hodnotu 180 stupňů. Projektivní transformaci si můžeme představit jako projekci v kině, kde rovina promítacího plátna není kolmo k paprskům, ale zcela libovolně.

5.3 Helmertova transformace

Helmertova transformace je podobnostní transformace při více než dvou identických bodech. Je definována čtyřmi parametry (posun ve směru x , posun ve směru y , úhel otočení, měřítkový koeficient). V našem případě zájmové území tvoří vždy jedna ze starých map. [2]

Dle [7]:

Transformační vztah má tvar:

$$X = T + dRx \quad (5.1)$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix} + q \begin{bmatrix} \cos \omega & -\sin \omega \\ \sin \omega & \cos \omega \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \quad (5.2)$$

kde

T	...	matice posunu
$\Delta x, \Delta y$	...	posuny počátku souř. sys. ve směrech příslušných os
q	...	měřítkový koeficient ve směrech obou souřadných os
R	...	matice rotace
ω	...	úhel otočení mezi původním a novým systémem
x, y	...	souřadnice bodu ve výchozím systému
X, Y	...	souřadnice bodu v cílovém systému

Je-li měřítkový koeficient $q = 1$, jedná se o shodnostní transformaci (upravenou Helmertovu). Máme-li k dispozici více než dva identické body lze vypočítat 4 neznámé koeficienty transformace ($\Delta x, \Delta y, q$ a ω) vyrovnaním metodou nejmenších čtverců (dále jen MNČ). Tím je vypočten transformační klíč z identických bodů zdrojové (x_{in}, y_{in}) a cílové (X_{out}, Y_{out}) soustavy. Převedením bodů (x_{in}, y_{in}) ze zdrojové do cílové soustavy pomocí transformačního klíče, se nezískají obecně souřadnice (X_{out}, Y_{out}), ale souřadnice (X_{out}', Y_{out}').

Označíme-li:

$$V_X = X_{out} - X_{out}' \quad (5.3)$$

$$V_Y = Y_{out} - Y_{out}' \quad (5.4)$$

$$d^2 = V_X^2 + V_Y^2 \quad (5.5)$$

Podmínka MNČ:

$$\sum V_X^2 + \sum V_Y^2 = \sum d^2 = \min. \quad (5.6)$$

Střední rozdíly souřadnic:

$$m_{V_X} = \sqrt{\frac{[V_X V_X]}{n}} \quad (5.7)$$

$$m_{V_Y} = \sqrt{\frac{[V_Y V_Y]}{n}} \quad (5.8)$$

Střední polohová chyba:

$$m_d = \sqrt{\frac{[dd]}{n}} \quad (5.9)$$

kde n je počet identických bodů.

Často se pro Helmertovu transformaci používá vztah ve tvaru:

$$X_{out} = ax + by + d_x \quad (5.10)$$

$$Y_{out} = ay - bx + d_y \quad (5.11)$$

kde

$$a = q \cos \omega \quad (5.12)$$

$$b = -q \sin \omega \quad (5.13)$$

$$d_x = \Delta x \quad (5.14)$$

$$d_y = \Delta y \quad (5.15)$$

Podrobný návod pro řešení Helmertovy transformace souřadnic vyrovnáním zprostředkujících měření je popsán např. v [4]

6. Technologický postup

Byly vybrány dva skeny map Moravy (s přesahem do Slezska a Čech). Mapy autorů Seuttera a Homanna se od sebe liší měřítkem, rokem vydání a „krokem“, s jakým je zakreslena zeměpisná síť. Územní rozsah je zhruba stejný, metoda sběru dat a postup zpracování také. Základní poledník není vyznačen ani na jedné z map. Je důležité si uvědomit, jaká fakta známe a co je pouze odhad.

Fakta:

- není uveden základní poledník, ale nejpoužívanějším byly v té době poledník Ferro (Kanárské ostrovy) nebo Pařížský poledník
- není známo kartografické zobrazení
- sběr dat probíhal pouze pozorováním, mapování na geodetických základech se neprovádělo
- měřítko map bylo většinou uvedeno v takových jednotkách, v jakém regionu byla mapa zhotovena
- mapy vznikaly jako rytiny, zeměpisná síť se zobrazovala jako poslední
- vztah zeměpisné sítě a polohy zakreslených sídel je v zásadě nezávislý, přesnost minimální
- srážku mapy neznáme, nejsme schopni ji určit

Skeny map byly vybírány z Mapové sbírky Univerzity Karlovy na základě požadavku na zákres zeměpisné sítě (nikoli pouze rám), s krokem nejméně půl minuty (značeno ve stupních). Pro zajímavost byly vybrány mapy se zhruba stejným zobrazeným územím a s přihlédnutím k tomu, že se zdály velmi podobné. Zda šlo o podobnost náhodnou, nebo byla Seutterova mapa skutečně z velké části přejata od Homanna, se stalo okrajovou, leč zajímavou, otázkou této práce.

6.1 Volba bodů

Volba uzlových bodů

Rozměr zeměpisných sítí se na obou mapách liší. Homannova mapa (1726) obsahuje síť s krokem po 30 minutách jak v zeměpisné šířce, tak v zeměpisné délce. Průsečíky všech rovnoběžek a poledníků tvoří uzlové body, jejichž grafické souřadnice byly zjištěny v programu Mysis. Na Seutterově mapě je zvolena hustší síť. Rovnoběžky jsou zakresleny po 10 minutách, poledníky po 20 minutách. Abychom získali dostatečně hustou síť uzlových bodů a zároveň sjednotili krok v zeměpisných souřadnicích, byly zde registrovány pouze uzlové body (průsečíky) s krokem 20 minut v obou směrech.

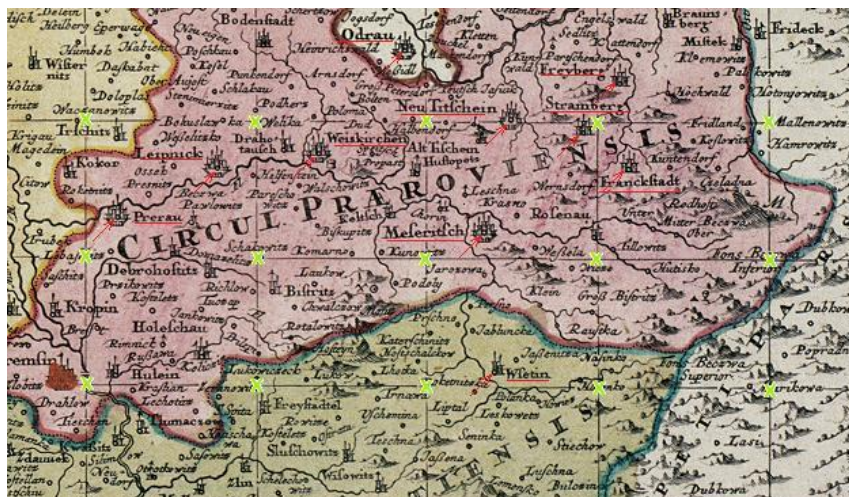
Výsledkem jsou dva textové soubory se zeměpisnými a grafickými souřadnicemi uzlových bodů pro obě mapy. Pro mapu J.B.Homanna bylo vybráno celkem 46 uzlových bodů, pro mapu G.M.Seuttera celkem 95 uzlových bodů. Zeměpisné souřadnice jsou zaokrouhleny na minuty, grafické na celé pixely. Grafické souřadnice, jsou souřadnice rastru v osách x, y. Systém má počátek v pravém horním rohu mapy (celého obrazu). Oba soubory jsou uvedeny v přílohách v elektronické podobě.

Volba sídel

Názvy sídel jsou na mapách uvedeny v německém jazyce. Nutno říci, že ačkoli obě díla vznikla s odstupem pouhých čtyř let, nejsou použity vždy stejné názvy, resp. jejich pravopis. Tento fakt je možné přisoudit i různému původu obou kartografů (Seutter pocházel z Augšpurku, Homann z Norimberku). Sídla (města) nejsou zakreslena jako zastavěná území, ale pouze grafickou značkou s kruhovou signaturou. Značení rozlišuje města do tří (Homann) až pěti (Seutter) velikostí, uvedených v legendách map.

Bylo vybráno 64 sídel, která jsou zakreslena na obou mapách. K těmto sídlům byly zjištěny grafické souřadnice, vztahující se ke zmiňovaným kruhovým signaturám, a souřadnice v S-JTSK. Souřadnice S-JTSK byly odečítány v programu Infomapa 14 z míst, která by se dala považovat za tehdejší centrum daného sídla.

Výstupem této části jsou dva textové soubory vždy se záznamem všech 64 vybraných sídel v originálním názvu, současném názvu a s oběma typy souřadnic. Oba soubory jsou uvedeny v přílohách v elektronické podobě.



Obr.6.1 Výřez mapy s nastíněním výběru bodů

Volba bodů pro posun

V obraze staré mapy bylo zvoleno pět vhodně rozložených obrazů sídel. U těchto bodů byly odečteny grafické souřadnice na staré mapě a posléze zeměpisné souřadnice z programu Infomapa 14. Porovnáním těchto souřadnic byl odhadnut posun obou map navzájem od sebe. Z těchto bodů byl vypočten průměrný posun, o který byly posléze opraveny všechny souřadnice uzlových bodů. Z opravených hodnot pak byly vypočítány geografické (rovinné) souřadnice v systému, který je blízký S-JTSK (Systém Jednotné Trigonometrické Síť Katastrální), značený dále jako S-JTSK'.

Konkrétně byly zvoleny tyto body:

bod	název (old)	název (new)
S - jižní bod	Landshut	Lanžhot
N - severní bod	Altsstadt	Staré Město
W - západní bod	Pilgram	Pelhřimov
E - východní bod	Fridek	Frýdek-Místek
M - střed	Konitz	Konice

Tab.6.1 Volba bodů pro určení posunu

Jejich souřadnice pro mapu J.B.Homanna:

bod	Homann(ϕ)		Homann(λ)		Infomapa(ϕ)		Infomapa(λ)		$\Delta\phi_H$		$\Delta\lambda_H$	
S	48 °	17 '	36 °	41 '	48 °	43 '	16 °	58 '	0 °	26 '	-20 °	17 '
N	50 °	21 '	36 °	48 '	50 °	9 '	16 °	56 '	0 °	-12 '	-20 °	8 '
W	49 °	20 '	34 °	11 '	49 °	26 '	15 °	13 '	0 °	6 '	-19 °	2 '
E	49 °	26 '	38 °	40 '	49 °	41 '	18 °	21 '	0 °	15 '	-20 °	-19 '
M	49 °	24 '	36 °	37 '	49 °	36 '	16 °	53 '	0 °	12 '	-20 °	16 '
průměr:									0 °	9 '	-20 °	5 '

Tab.6.2 Homann - Výpočet posunu

a pro mapu G.M.Seuttera:

bod	Seutter(ϕ)		Seutter(λ)		Infomapa(ϕ)		Infomapa(λ)		$\Delta\phi_s$		$\Delta\lambda_s$	
S	48 °	17 '	36 °	40 '	48 °	43 '	16 °	58 '	0 °	26 '	-20 °	18 '
N	50 °	12 '	36 °	48 '	50 °	9 '	16 °	56 '	0 °	-3 '	-20 °	8 '
W	49 °	20 '	34 °	10 '	49 °	26 '	15 °	13 '	0 °	6 '	-19 °	3 '
E	49 °	26 '	38 °	38 '	49 °	41 '	18 °	21 '	0 °	15 '	-20 °	-17 '
M	49 °	25 '	36 °	36 '	49 °	36 '	16 °	53 '	0 °	11 '	-20 °	17 '
průměr:									0 °	11 '	-20 °	6 '

Tab.6.3 Seutter - Výpočet posunu

Výsledný posun:

$\Delta\phi$		$\Delta\lambda$	
0 °	10 '	-20 °	5 '

Tab.6.4 Výsledný posun

Použitý software

Mysis View

Program Mysis View je softwarový produkt společnosti Gepro s.r.o.. Je to jednoduchý nástroj na prohlížení grafických dat, ať již geometrických plánů, vektorových map, rastrových podkladů (např. ortofotomapy) v běžných formátech. Jedná se o volně šiřitelnou prohlížečku, kterou je možno spustit rovnou z CD, nevyžaduje tedy instalaci přímo na počítač. Mezi funkce programu Mysis View patří například měření vzdáleností, identifikace prvků, výstup na tiskárnu apod. V této práci byl využit především pro odečet grafických souřadnic obrazů sídel, uzlových bodů a bodů pro posun na obou mapách.

Infomapa 14

Infomapa 14 je desktopová aplikace pro Windows s vektorovými mapami 600 měst a obcí s podrobností ulic a uličních sítí dalších 985 obcí propojených do jednoho street atlasu ČR a SR. Autorem softwaru je společnost PJsoft s.r.o.. Pro účely této práce byla použita verze Katedry mapování a kartografie na ČVUT v Praze, která je určena pro studijní účely. V programu Infomapa 14 byly zjišťovány souřadnice 64 vybraných sídel v systému S-JTSK.

6.2 Helmertova transformace

Byl proveden výpočet transformačního klíče Helmertovy transformace mezi systémy rovinných souřadnic uzlových bodů v rastru (výchozí soustava) a S-JTSK' (cílová soustava). Celý výpočet proběhl v programu MATKART VB800.

Bohuslav Veverka - Monika Čechurová
MATKART program VB800 - verze 2009-06
geografické sítě na starých mapách - test přesnosti zákresu

soubor UZLY .. souřadnice uzlových bodů geografické sítě
soubor BODY .. souřadnice bodových prvků - sídla, větvení vodních toků

název souboru UZLY **START UZLY**

Morava 1726 Homann uzlové body geografické sítě
0 15 -20 -15

odchyly Mx My M

Transformační koeficienty A B Cx Cy

klíč úspěšně vypočten, počet bodů = 46 11/04/2009 17:50:58 X0 Y0

název souboru BODY **START BODY**

SEUTTER 1730 MORAVA - SIDLA
číslo X,Y rastr skenu X,Y S-JTSK německý a český název

odchyly Mx My M

Transformační koeficienty A B Cx Cy

klíč úspěšně vypočten, počet bodů = 58 11/04/2009 17:51:29 X0 Y0

STOP
PRINT

Obr.6.2 Ukázka dialogového okna programu Matkart

Transformační klíč byl vypočten na základě všech identických bodů pomocí vyrovnání MNČ (Metoda nejmenších čtverců). Transformační koeficienty jsou

řešeny tak, aby vzdálenosti mezi novou a původní polohou bodů splňovaly podmínku MNČ, tj. že součet jejich kvadrátů je minimální.

Identickými body jsou v tomto případě vybrané uzlové body a obrazy sídel.

Výpočty v programu Matkart VB800

Program Matkart verze VB800, jehož autory jsou Prof.Ing.Bohuslav Veverka, Dr.Sc. a Mgr.Monika Čechurová, Ph.D., je zaměřen na výpočty na starých mapách. Dialogové okno je rozděleno na dvě části, které je možné použít pro výpočty nezávisle na sobě. Horní část je určena pro výpočet transformačního klíče na základě souřadnic uzlových bodů sítě (průsečíků rovnoběžek a poledníků). Dolní část počítá transformační klíč pro vybraná sídla nebo větvení vodních toků. Souřadnice bodů k výpočtu jsou načítány z textového souboru. Program načítá hodnoty z textového souboru, jak je vidět z obr.6.3, následujícím způsobem:

```
seutter 1730 uzlove body geograficke site
0 15 -20 -15
7 580 2936 50 20 36 0
8 578 2617 50 20 36 20
9 577 2299 50 20 36 40
10 578 1986 50 20 37 0
```

Obr.6.3 Ukázka textového vstupního souboru

Nejprve je načten text z prvního řádku pro větší přehlednost o jaká data se jedná. Z druhého řádku se načítají hodnoty $\Delta\varphi$, $\Delta\lambda$ (v tomto pořadí) pro posun celého systému na rozměr mapy. Tyto hodnoty byly vypočteny jako průměr rozdílů zeměpisných souřadnic bodů mezi současným systémem a tím zobrazeným na mapě (viz. 6.1.3). Třetí řádek uvádí data v pořadí: „číslo bodu_x(graf)_y(graf)_ φ (stupně)_ φ (minuty)_ λ (stupně)_ λ (minuty)“, kde souřadnice s označením „(graf)“ představují rovinné souřadnice rastru, souřadnice φ , λ jsou zeměpisné souřadnice odečtené ze sítě na rastru.

V případě vstupního souboru pro sídla (resp. větvení vodních toků) je podoba obdobná, rozdíl je ve druhém typu souřadnic, kde nejsou samozřejmě uváděny zeměpisné souřadnice sídel odečtených z rastru, ale protože tyto hodnoty

neznáme, zavádíme souřadnice v S-JTSK odečtené např. z programu Infomapa. Data v řádku mohou být dále doplněna o starý a nový název sídel, pro lepší orientaci. Program VB800 po dokončení výpočtu tuto skutečnost oznámí a výsledné hodnoty uloží do textového souboru stejného názvu jako vstupní soubor, pouze doplní příponu „out“.

7. Zpracování naměřených dat

7.1 Test citlivosti transformačního klíče

Protože body, které byly vybrány pro výpočet posunu, v sobě zahrnují určité metodické chyby (nepřesné odečtení souřadnic z rastru, nepřesné odečtení souřadnic z Infomapy, resp. vztažené k nesprávnému bodu, považovanému za tehdejší centrum, atd.), bylo provedeno testování citlivosti transformačního klíče na změnu tohoto posunu. Posun byl měněn po půl minutě v obou souřadnicích na obě strany a výsledky změněných hodnot byly zaznamenány do tabulky. Jelikož jde zároveň o porovnání obou map vůči sobě, byly posuny měněny stejně.

Pro zvolený posun byly určeny tyto hodnoty transformačního klíče:

Homann

id	ϕ		λ		mx [mm]	my [mm]	m [mm]
0	0 °	10 ′	-20 °	5 ′	1101	1668	1999

Tab.7.1 Homann - Hodnoty transformačního klíče

Seutter

id	ϕ		λ		mx [mm]	my [mm]	m [mm]
0	0 °	10 ′	-20 °	5 ′	1477	1631	2201

Tab.7.2 Seutter - Hodnoty transformačního klíče

Změny v transformačním klíči pak byly následující:

Homann

id	ϕ		λ		mx	my	m	v _{mx} [mm]	v _{my} [mm]	v _m [mm]
1	-2 °	10 ′	-22 °	5 ′	3021	3202	4402	-1920	-1534	-2403
2	-1 °	40 ′	-21 °	35 ′	2589	2825	3831	-1488	-1157	-1832
3	-1 °	10 ′	-21 °	5 ′	2160	2463	3276	-1059	-795	-1277
4	0 °	-40 ′	-20 °	35 ′	1739	2127	2748	-638	-459	-749
5	0 °	40 ′	-19 °	35 ′	832	1498	1713	269	170	286
6	1 °	10 ′	-19 °	5 ′	782	1446	1644	319	222	355
7	1 °	40 ′	-18 °	35 ′	992	1528	1822	109	140	177
8	2 °	10 ′	-18 °	5 ′	1351	1726	2192	-250	-58	-193

Tab.7.3 Homann – Testování transformačního klíče

Seutter

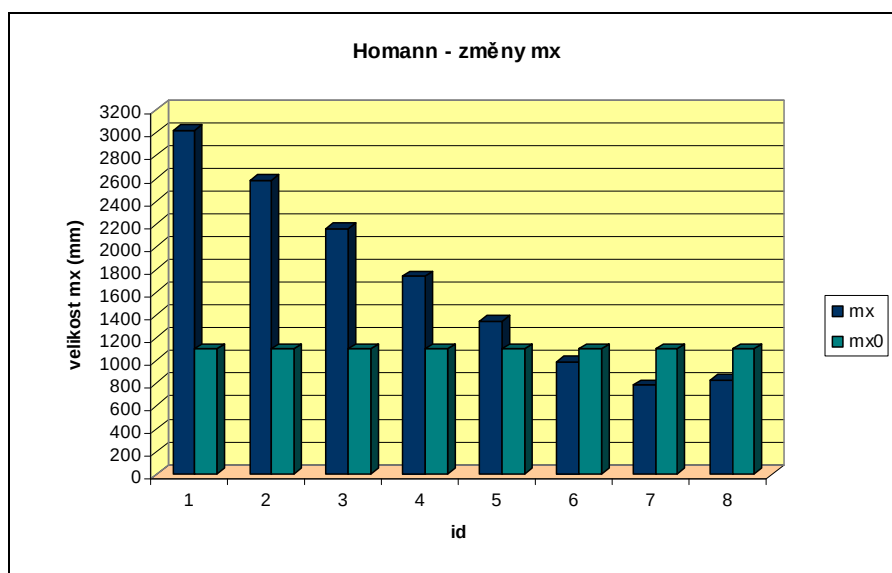
id	j		λ		mx	my	m	v _{mx} [mm]	v _{my} [mm]	v _m [mm]
1	-2 °	10 ´	-22 °	5 ´	3378	3303	4725	-1901	-1672	-2524
2	-1 °	40 ´	-21 °	35 ´	2962	2921	4160	-1485	-1290	-1959
3	-1 °	10 ´	-21 °	5 ´	2546	2546	3601	-1069	-915	-1400
4	0 °	-40 ´	-20 °	35 ´	2135	2183	3054	-658	-552	-853
5	0 °	40 ´	-19 °	35 ´	1127	1362	1768	350	269	433
6	1 °	10 ´	-19 °	5 ´	871	1183	1469	606	448	732
7	1 °	40 ´	-18 °	35 ´	809	1142	1400	668	489	801
8	2 °	10 ´	-18 °	5 ´	986	1255	1596	491	376	605

Tab.7.4 Seutter – testování transformačního klíče

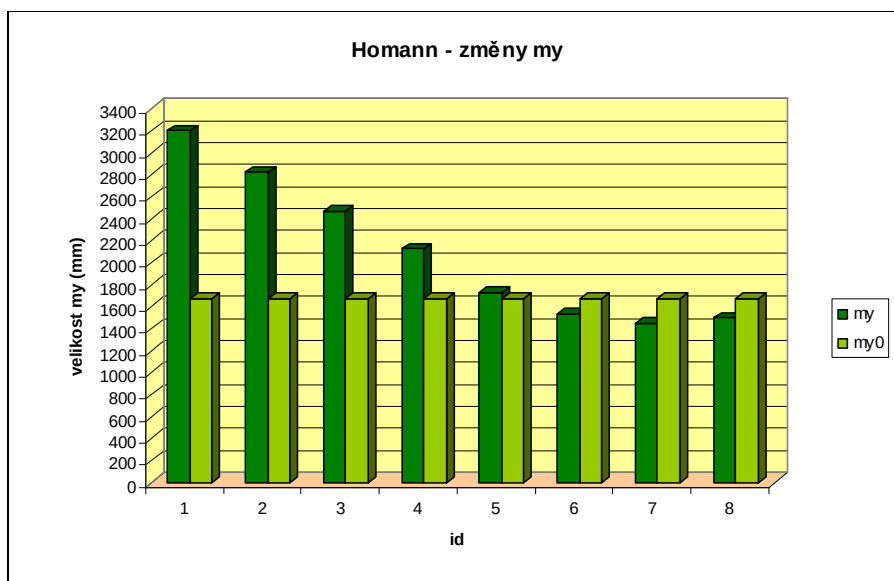
Posun byl měněn v rozmezí 2 stupňů od původní hodnoty (id = 0) na obě strany v kroku 30 ´. Z tabulek je patrné, že nejlepších výsledků bylo dosaženo při zvětšování posunu, a to o 1° až 1,5°. Pak je hodnota středních chyb průměrně o půl kilometru nižší.

Hodnota, která dosáhla nejmenších středních chyb je barevně a typově zvýrazněna. Testování proběhlo celkem na 20 hodnotách posunu, celé testování je uvedeno ve formě elektronické přílohy této práce.

Grafické znázornění průběhu chyb v závislosti na změně souřadnic posunu:

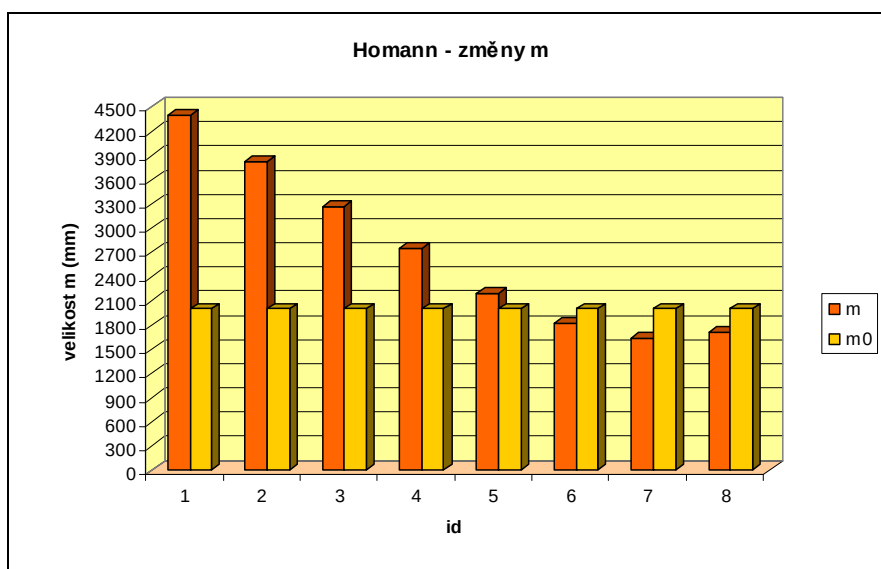


Graf 7.1 Homann - Porovnání změn mx s původní mx0

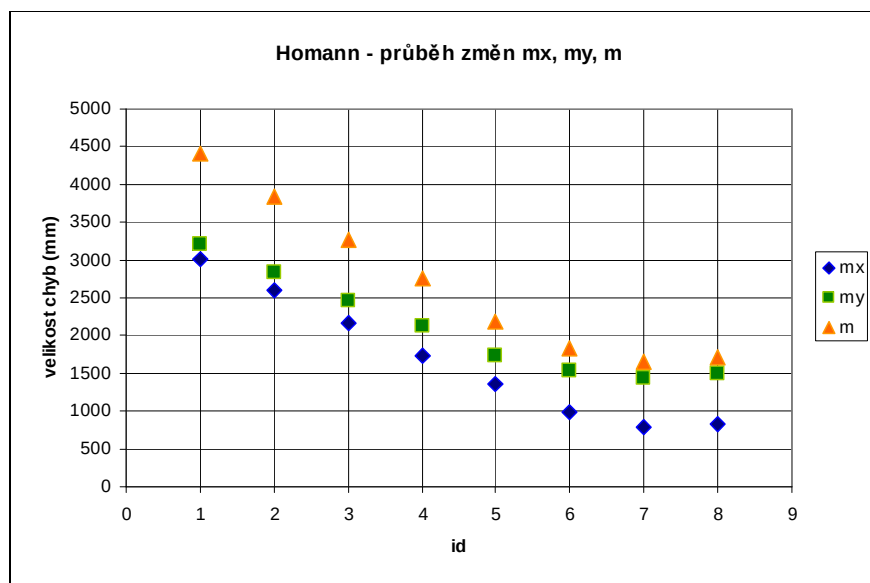


Graf 7.2 Homann - Porovnání změn my

Grafy znázorňují vždy původní střední chybu (označenou v grafu jako $mx0$), což je hodnota vypočtená z původního výběru posunu, a hodnoty, kterých bylo dosaženo při změně posunu podle postupu uvedeného výše. Id sloupců (uvedených na ose x) odpovídají id v tabulkách 7.3 a 7.4..

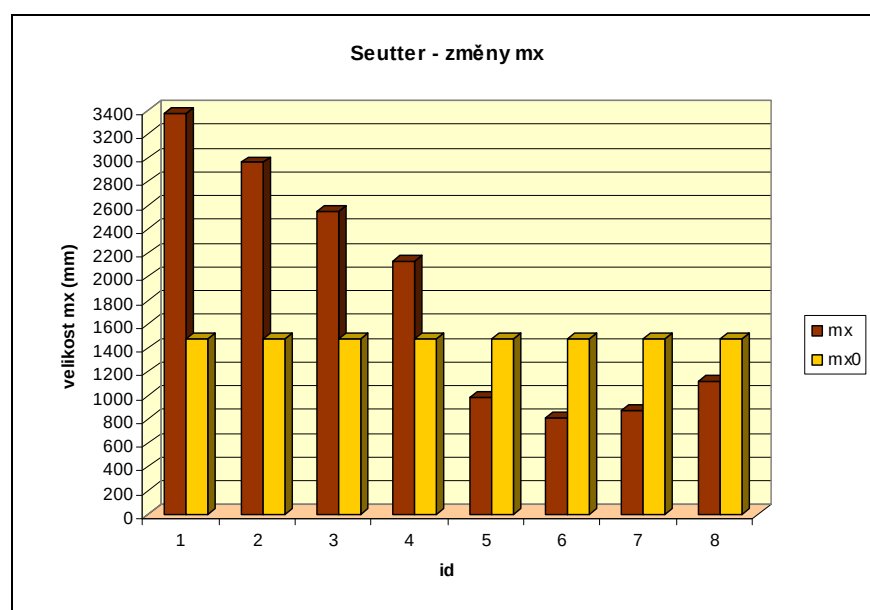


Graf 7.3 Homann - Porovnání změn m

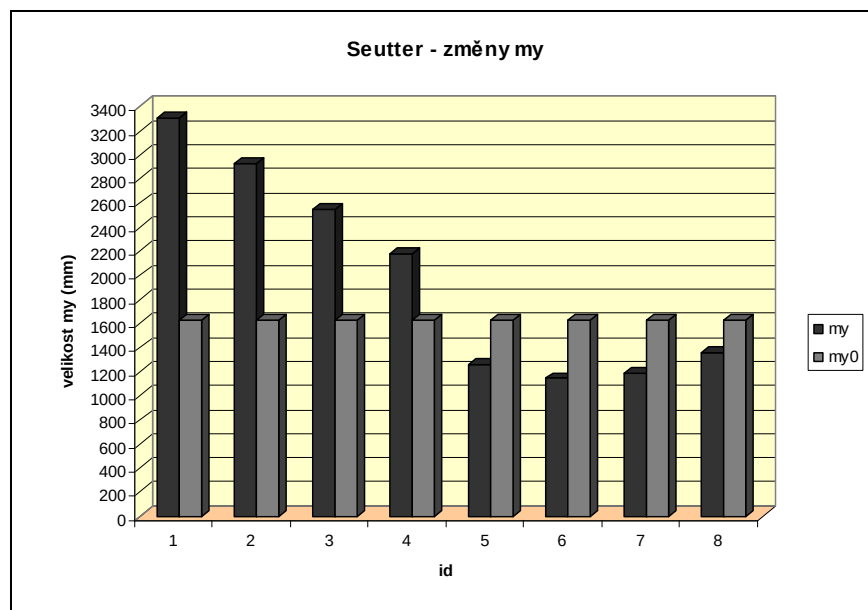


Graf 7.4 Homann – Porovnání změn středních chyb

Graf 7.4 ukazuje hodnoty všech změřených středních chyb, resp. jejich průběh v závislosti na změně posunu ve vstupním souboru, najednou. Lze tak lépe hodnotit, zda má změna posunu stejný vliv na chybu jak v ose x, tak v ose y.

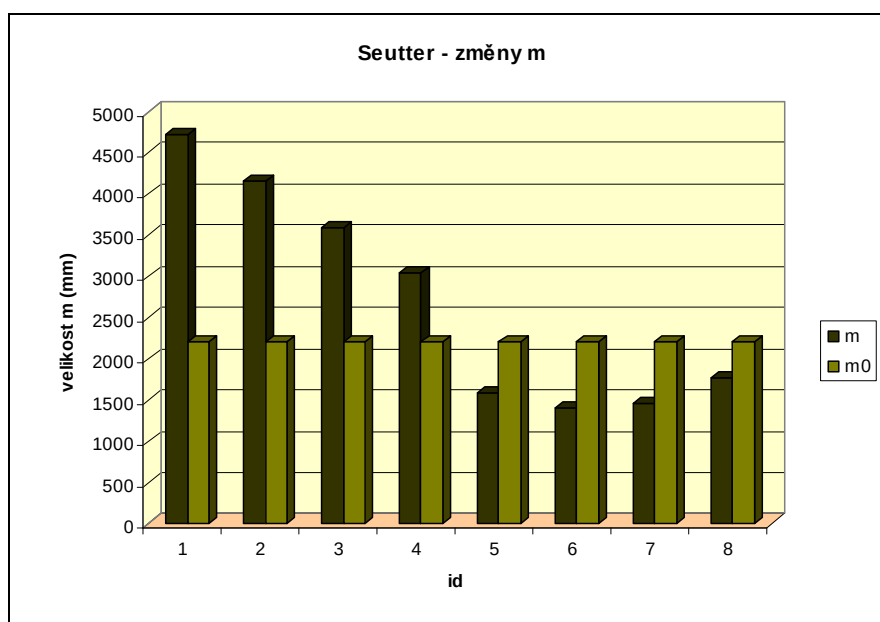


Graf 7.5 Seutter – Porovnání změn mx

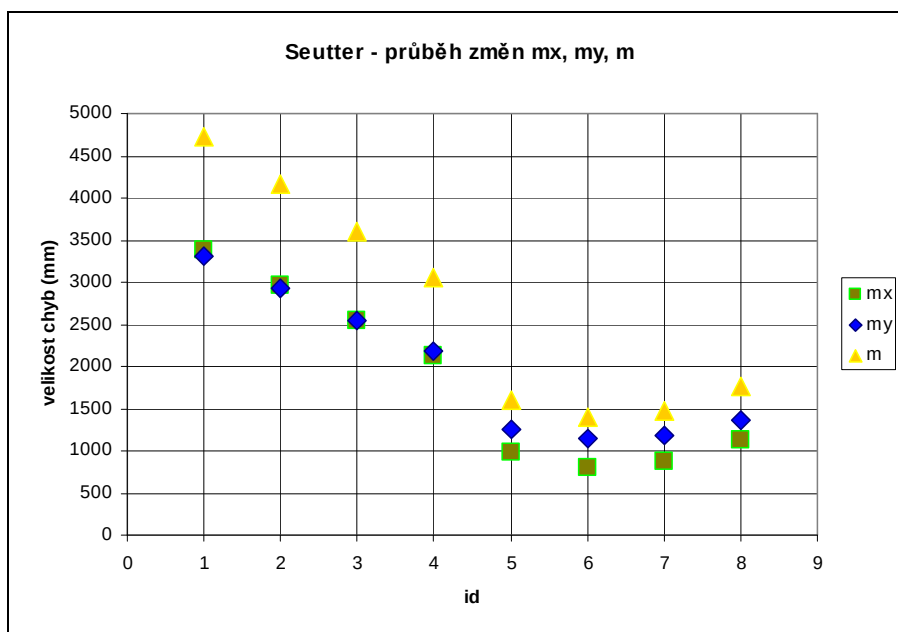


Graf 7.6 Seutter – Porovnání změn my

Pro hodnoty transformačního klíče souřadnic z mapy G.M. Seuttera platí obdobný průběh. Nejnižší hodnoty středních chyb zde bylo dosaženo na jiné hodnotě než pro mapu J.B.Homanna, rozdíl činí půl úhlové (zeměpisné) minuty.



Graf 7.7 Seutter – Porovnání změn m



Graf 7.8 Seutter – Porovnání změn středních chyb

7.2 Hodnocení uzlových bodů

V programu Matkart VB800 byl vypočten transformační klíč pro soubor uzlových bodů mezi systémy rovinných souřadnic rastru a rovinných souřadnic v S-JTSK' (S-JTSK s falešným počátkem). Chyby identických bodů se pohybují od nuly do (bod 22 na mapě G.M.Seuttera) do necelých 6 km (bod 37 na mapě J.B. Homanna).

Růst a pokles chyb tohoto souboru nejeví žádnou zákonitost. Větší odchylky mohou být způsobeny např. poškozením mapy v místě odečtu grafických souřadnic, nedotažené rovnoběžky resp. poledníky v místě průsečíku. Jako mírně přesnější se jeví mapa G.M. Seuttera, tedy novější ze dvou map.

Homann

č.b.	Mx	My	M	j_graf	λ_graf
1	2419	-420	2455	50 ° 30 '	36 ° 30 '
2	2005	1366	2426	50 ° 30 '	37 ° 0 '
3	1675	1594	2312	50 ° 30 '	37 ° 30 '
4	778	2133	2271	50 ° 30 '	38 ° 0 '
5	1642	-621	1756	50 ° 0 '	36 ° 0 '
6	1716	-419	1766	50 ° 0 '	36 ° 30 '
7	1653	214	1667	50 ° 0 '	37 ° 0 '

8	1053	863	1362	50 ° 0 ´	37 ° 30 ´
9	471	1217	1305	50 ° 0 ´	38 ° 0 ´
10	-361	1696	1734	50 ° 0 ´	38 ° 30 ´
11	-935	-908	1304	49 ° 30 ´	34 ° 30 ´
12	-71	-607	611	49 ° 30 ´	35 ° 0 ´
13	530	-116	543	49 ° 30 ´	35 ° 30 ´
14	860	-31	861	49 ° 30 ´	36 ° 0 ´
15	1001	-417	1084	49 ° 30 ´	36 ° 30 ´
16	1127	-133	1135	49 ° 30 ´	37 ° 0 ´
17	646	85	652	49 ° 30 ´	37 ° 30 ´
18	158	230	279	49 ° 30 ´	38 ° 0 ´
19	-714	336	789	49 ° 30 ´	38 ° 30 ´
20	-1745	805	1922	49 ° 0 ´	34 ° 0 ´
21	-1182	707	1377	49 ° 0 ´	34 ° 30 ´
22	-557	535	772	49 ° 0 ´	35 ° 0 ´
23	99	586	594	49 ° 0 ´	35 ° 30 ´
24	449	526	692	49 ° 0 ´	36 ° 0 ´
25	713	-292	771	49 ° 0 ´	36 ° 30 ´
26	657	-398	768	49 ° 0 ´	37 ° 0 ´
27	354	-455	576	49 ° 0 ´	37 ° 30 ´
28	-149	-905	917	49 ° 0 ´	38 ° 0 ´
29	-767	-1139	1373	49 ° 0 ´	38 ° 30 ´
30	-3106	2967	4295	48 ° 30 ´	34 ° 0 ´
31	-1895	2493	3131	48 ° 30 ´	34 ° 30 ´
32	-1214	1880	2238	48 ° 30 ´	35 ° 0 ´
33	-571	1409	1521	48 ° 30 ´	35 ° 30 ´
34	-252	975	1007	48 ° 30 ´	36 ° 0 ´
35	119	-126	173	48 ° 30 ´	36 ° 30 ´
36	-30	-761	762	48 ° 30 ´	37 ° 0 ´
37	202	-5756	5760	48 ° 30 ´	37 ° 30 ´
38	-479	-1891	1951	48 ° 30 ´	38 ° 0 ´
39	-844	-2465	2606	48 ° 30 ´	38 ° 30 ´
40	-1370	2067	2480	48 ° 0 ´	35 ° 30 ´
41	-943	1349	1646	48 ° 0 ´	36 ° 0 ´
42	-766	2021	2162	48 ° 0 ´	36 ° 30 ´
43	-497	-1102	1208	48 ° 0 ´	37 ° 0 ´
44	-515	-1791	1863	48 ° 0 ´	37 ° 30 ´
45	-647	-3011	3079	48 ° 0 ´	38 ° 0 ´
46	-720	-4293	4353	48 ° 0 ´	38 ° 30 ´

Tab.7.5 Homann – Transformační klíč uzlových bodů

Seutter

č.b.	Mx	My	M	fi	lambda
1	2845	-903	2985	50 ° 20 ´	36 ° 0 ´
2	3119	-325	3136	50 ° 20 ´	36 ° 20 ´
3	3221	157	3225	50 ° 20 ´	36 ° 40 ´
4	3109	234	3118	50 ° 20 ´	37 ° 0 ´

5	2719	509	2766	50 ° 20 ´	37 ° 20 ´
6	2308	705	2414	50 ° 20 ´	37 ° 40 ´
7	1802	816	1978	50 ° 20 ´	38 ° 0 ´
8	966	892	1315	50 ° 20 ´	38 ° 20 ´
9	213	1360	1376	50 ° 20 ´	38 ° 40 ´
10	2220	-755	2345	50 ° 0 ´	35 ° 40 ´
11	2634	-479	2677	50 ° 0 ´	36 ° 0 ´
12	2550	-104	2552	50 ° 0 ´	36 ° 20 ´
13	2656	366	2681	50 ° 0 ´	36 ° 40 ´
14	2427	113	2430	50 ° 0 ´	37 ° 0 ´
15	2197	317	2220	50 ° 0 ´	37 ° 20 ´
16	1728	343	1762	50 ° 0 ´	37 ° 40 ´
17	1246	216	1265	50 ° 0 ´	38 ° 0 ´
18	636	305	705	50 ° 0 ´	38 ° 20 ´
19	40	702	703	50 ° 0 ´	38 ° 40 ´
20	774	-443	892	49 ° 40 ´	35 ° 20 ´
21	1139	-106	1144	49 ° 40 ´	35 ° 40 ´
22	1497	0	1497	49 ° 40 ´	36 ° 0 ´
23	1584	227	1600	49 ° 40 ´	36 ° 20 ´
24	1732	308	1759	49 ° 40 ´	36 ° 40 ´
25	1656	60	1658	49 ° 40 ´	37 ° 0 ´
26	1443	101	1447	49 ° 40 ´	37 ° 20 ´
27	983	41	984	49 ° 40 ´	37 ° 40 ´
28	676	-308	743	49 ° 40 ´	38 ° 0 ´
29	81	-381	389	49 ° 40 ´	38 ° 20 ´
30	619	-463	773	49 ° 40 ´	38 ° 40 ´
31	1893	478	1952	49 ° 20 ´	34 ° 20 ´
32	1082	399	1153	49 ° 20 ´	34 ° 40 ´
33	528	290	602	49 ° 20 ´	35 ° 0 ´
34	13	251	252	49 ° 20 ´	35 ° 20 ´
35	297	417	512	49 ° 20 ´	35 ° 40 ´
36	508	494	709	49 ° 20 ´	36 ° 0 ´
37	697	492	853	49 ° 20 ´	36 ° 20 ´
38	713	394	814	49 ° 20 ´	36 ° 40 ´
39	738	-84	743	49 ° 20 ´	37 ° 0 ´
40	526	-54	529	49 ° 20 ´	37 ° 20 ´
41	241	-337	414	49 ° 20 ´	37 ° 40 ´
42	202	-863	887	49 ° 20 ´	38 ° 0 ´
43	774	-1174	1406	49 ° 20 ´	38 ° 20 ´
44	1309	-1402	1918	49 ° 20 ´	38 ° 40 ´
45	1999	1817	2702	49 ° 0 ´	34 ° 20 ´
46	1317	1559	2041	49 ° 0 ´	34 ° 40 ´
47	591	1303	1431	49 ° 0 ´	35 ° 0 ´
48	146	1244	1252	49 ° 0 ´	35 ° 20 ´
49	283	1029	1067	49 ° 0 ´	35 ° 40 ´
50	505	1019	1137	49 ° 0 ´	36 ° 0 ´
51	713	853	1112	49 ° 0 ´	36 ° 20 ´
52	830	526	982	49 ° 0 ´	36 ° 40 ´
53	940	-32	941	49 ° 0 ´	37 ° 0 ´

54	685	-323	758	49 ° 0 '	37 ° 20 '
55	416	-767	873	49 ° 0 '	37 ° 40 '
56	95	-1389	1392	49 ° 0 '	38 ° 0 '
57	518	-1694	1772	49 ° 0 '	38 ° 20 '
58	1173	-2251	2539	49 ° 0 '	38 ° 40 '
59	2716	3166	4171	48 ° 40 '	34 ° 20 '
60	1913	2527	3169	48 ° 40 '	34 ° 40 '
61	1467	2075	2542	48 ° 40 '	35 ° 0 '
62	1011	1929	2177	48 ° 40 '	35 ° 20 '
63	638	1542	1669	48 ° 40 '	35 ° 40 '
64	253	1461	1483	48 ° 40 '	36 ° 0 '
65	170	1042	1056	48 ° 40 '	36 ° 20 '
66	111	544	555	48 ° 40 '	36 ° 40 '
67	9	-101	101	48 ° 40 '	37 ° 0 '
68	79	-538	544	48 ° 40 '	37 ° 20 '
69	408	-1152	1223	48 ° 40 '	37 ° 40 '
70	586	-2055	2136	48 ° 40 '	38 ° 0 '
71	1137	-2614	2850	48 ° 40 '	38 ° 20 '
72	1712	-3249	3672	48 ° 40 '	38 ° 40 '
73	2917	3754	4754	48 ° 20 '	34 ° 40 '
74	2359	2997	3814	48 ° 20 '	35 ° 0 '
75	1958	2679	3319	48 ° 20 '	35 ° 20 '
76	1549	1980	2514	48 ° 20 '	35 ° 40 '
77	1364	1637	2131	48 ° 20 '	36 ° 0 '
78	1120	1146	1603	48 ° 20 '	36 ° 20 '
79	1119	478	1217	48 ° 20 '	36 ° 40 '
80	924	-170	939	48 ° 20 '	37 ° 0 '
81	912	-837	1237	48 ° 20 '	37 ° 20 '
82	916	-1656	1893	48 ° 20 '	37 ° 40 '
83	1213	-2888	3132	48 ° 20 '	38 ° 0 '
84	1599	-3592	3932	48 ° 20 '	38 ° 20 '
85	2093	-4306	4788	48 ° 20 '	38 ° 40 '
86	1765	2338	2930	48 ° 0 '	35 ° 40 '
87	1494	1916	2430	48 ° 0 '	36 ° 0 '
88	1165	1347	1781	48 ° 0 '	36 ° 20 '
89	1214	432	1289	48 ° 0 '	36 ° 40 '
90	1145	-469	1237	48 ° 0 '	37 ° 0 '
91	1117	-1298	1712	48 ° 0 '	37 ° 20 '
92	1197	-2137	2449	48 ° 0 '	37 ° 40 '
93	1329	-3514	3757	48 ° 0 '	38 ° 0 '
94	1610	-4523	4801	48 ° 0 '	38 ° 20 '
95	1765	-5592	5864	48 ° 0 '	38 ° 40 '

Tab.7.6 Seutter – Transformační klíč uzlových bodů

Celková chyba transformačního klíče je uvedená v tabulkách 7.1, 7.2 a dosahuje hodnot kolem dvou kilometrů, což předčilo původní očekávání.

7.3 Hodnocení sídel

Výhoda Helmertovy transformace, jak bylo již zmíněno, je v tom, že transformační klíč je možné počítat z libovolného počtu bodů. Výsledný výpočet chyb na identických bodech nám může případně ukázat, která hodnota je výrazně odlišná, můžeme ji tak označit za podezřelou.

Původní odhady na přesnost starých map byl kolem 10 – 15 km. Při výpočtu transformačních koeficientů ze všech 64 vybraných sídel se přesnost pohybuje okolo 3 km, a to na obou mapách. Při kontrole odchylek jednotlivých bodů bylo zjištěno, že některé body svou velikostí chyb výrazně vybočují z průměru. Týká se to především sídel, která jsou mimo kolorované území. Protože předpokládáme, že obě mapy byly vyrobeny za účelem zobrazení především šesti kolorovaných divizí a okolní body jsou zakresleny spíše pro představu, tedy ne s takovou „přesností“, došlo k vyloučení vybraných bodů ze vstupního souboru. Při pohledu na výpočty transformačních klíčů obou map z programu Matkart je evidentní, že odchylky „podezřelých“ sídel jsou přibližně stejné.

Transformační klíč byl tedy vypočten znovu s vynecháním následujících sídel:

Homann Mx	Homann My	Homann M	Seutter Mx	Seutter My	Seutter M	název (nový)	název (starý)
-7495	5852	9509	-6785	5790	8920	Žamberk	Senfenberg
5140	-3611	6281	6472	-3687	7448	Jeseník	Freywald
3399	-3989	5241	3641	-3928	5356	Havlíčkův Brod	Teutssch Brod
917	9476	9521	1491	9571	9686	Litomyšl	Leitomisschel
-1873	-5216	5542	-1871	-4965	5306	Pelhřimov	Pilgram

Tab.7.7 Podezřelé body

Původní soubor nyní obsahuje 59 identických bodů a chyby identických bodů vypadají následovně:

Homann Mx	Homann My	Homann M	Seutter Mx	Seutter My	Seutter M	název (originál)	název (nový)
63	-959	961	1052	-956	1422	Krulich	Králíky
-2340	-177	2346	-988	-518	1115	Zukmantl	Zlaté Hory
-1395	-2397	2773	-720	-2554	2654	lägerndorf	Krnov
-549	-1776	1859	-246	-1680	1698	Neusstadt	Nové Město na M.
-981	285	1022	-1080	189	1096	Weiskirchen	Hranice na M.
55	-2984	2984	448	-2701	2738	Pribislau	Přibyslav
-3808	77	3809	-3045	100	3046	Landscron	Landškroun
-3304	2798	4330	-3020	3009	4264	Tribau	Moravská Třebová
-393	940	1019	33	924	925	Zwittau	Svitavy
-2252	-904	2426	-1727	-725	1873	Hohensstatt	Zábřeh na M.
-2202	1529	2681	-1750	1673	2421	Müglitz	Mohelnice
-1508	-4175	4439	-1152	-4266	4419	Freudenthal	Bruntál
-216	916	941	85	872	876	Römersstatt	Rýmařov
-605	961	1135	-648	780	1013	Sternberg	Šternberk
-1636	-333	1670	-1392	-417	1453	Hof	Dvorce u Bruntálu
-873	-1621	1841	-457	-1799	1856	Troppau	Opava
-3175	1705	3604	-2963	1214	3202	Osstrau	Ostrava
458	-3345	3376	480	-3107	3144	Potsschaken	Počátky
471	-3638	3669	495	-3245	3282	Iglau	Jihlava
-200	-3823	3828	51	-3622	3622	Polna	Polná
2776	-2133	3501	2818	-1874	3385	G. Messeritssch	Velké Meziříčí
1884	2175	2878	1813	2156	2817	Trebitz	Třebíč
1099	-746	1328	1486	-955	1766	Bisstritz	Bystřice n. Pern.
1433	-2892	3227	1570	-2751	3168	Els	Olešnice
826	-2358	2499	825	-2054	2214	Gros Bitesssch	Velká Bíteš
-504	4818	4844	-113	4788	4789	Oppatowitz	Velké Opatovice
-21	159	160	-209	342	401	Prosstnitz	Prostějov
2348	-1600	2842	2005	-1309	2394	Wisschau	Vyškov
2149	1200	2462	1732	1186	2099	Kremssir	Kroměříž
-1032	-2462	2670	-869	-2158	2326	Olmutz	Olomouc
1570	1436	2127	1348	1224	1820	Prerau	Přerov
-162	-173	237	-53	-308	313	Bodensstatt	Potštát
-2996	896	3127	-3098	680	3172	Odrau	Odry
-1602	773	1778	-1815	444	1868	Freyberg	Příbor
-1746	1364	2216	-1801	910	2018	Fulnek	Fulnek
1478	1028	1800	1047	592	1203	Messeritssch	Valašské Meziříčí
1598	-111	1602	-853	-679	1090	Neu Titschein	Nový Jičín
-2155	3	2155	-1296	13	1296	Schömborg	Šumperk
-2098	1439	2544	-2539	1563	2982	Zlabings	Slavonice
-457	-349	576	-427	-37	428	Datsschitz	Dačice
1694	-211	1707	1478	-52	1479	Iamnitz	Jemnice

-1557	-1979	2518	-1488	-1609	2192	Teltssch	Telč
-1015	-1069	1474	-1451	-931	1724	Budwitz	Mor. Budějovice
1988	1942	2779	1662	1981	2586	Laysspitz	(Jevišovice)
4650	-1446	4870	4600	-1321	4786	Bybensschitz	(Ivančice)
1761	-397	1805	1442	-213	1458	Krumau	Mor. Krumlov
182	2055	2063	-189	2250	2258	Ausspitz	Hustopeče
1768	-101	1771	1663	-175	1672	Brunn	Brno
-921	-1140	1466	-1071	-742	1303	Aussterlitz	Slavkov
143	2509	2513	-234	2617	2628	Gaya	Kyjov
3523	3937	5283	3212	3863	5024	Hradissch	Uherské Hradiště
2041	2463	3199	1563	2250	2740	Ungarissch Brod	Uherský Brod
-247	1529	1549	29	1777	1777	Littau	Litovel
537	1170	1288	118	1483	1488	Znaym	Znojmo
-527	1622	1706	-617	1385	1516	Leipnick	Lipník n. Bečvou
2130	1633	2684	1833	1666	2477	NicolSSpurg	Mikulov
1984	1758	2651	1536	1390	2071	Hollesschau	Holešov
1035	2369	2585	525	2356	2414	Strasnitz	Strážnice
834	-2189	2342	363	-2918	2940	Francksstatt	Frenštát p. Rad.

Tab. 7.8 Odchyly na identických bodech

V tomto souboru má nejvyšší odchylku Bruntál, Velké Opatovice nebo Uherské Hradiště. Chyby mohou být, kromě špatného zákresu na mapě, způsobeny nepřesností v odečtu souřadnic nebo špatným určením historického centra v Infomapě 14.

Odstraněním výše uvedených sídel ze vstupního souboru došlo ke snížení chyb transformačního klíče, výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 7.9.

Homan Mx[mm]	Homann My [mm]	Homann M [mm]	Seutter Mx [mm]	Seutter My [mm]	Seutter M [mm]
1771	1963	2644	1594	1907	2486

Tab.7.9 Chyby transformačního klíče

Přesnost transformačního klíče se pohybuje do 3 km, což je pro mapy z počátku 18. století více než dobré.

8. Závěr

Byly vybrány dvě historické mapy z první třetiny 18. století, autorů J.B.Homanna a G.M.Seuttera, zobrazující šest Moravských divizí.

V kartografii počátku 18. století se zeměpisná přesnost nepovažovala za klíčovou. Města byla většinou lokalizována pouze přibližně, spíše na základě pozorování než měření. Evropské mapování prošlo velkou změnou spolu s objevem triangulace. V letech 1679 – 1683 Jean-Dominique Cassini, vedoucí pařížské observatoře, vynalezl nový způsob určení zeměpisné délky na základě pozorování Jupiteru. Zdokonalená schopnost vypočítat zeměpisnou délku, kombinovaná s využitím triangulace donutila kartografy vytvářet nové, přesnější mapy.

Cílem celé práce bylo vyhodnotit přesnost zeměpisné sítě, kterou mapy obsahují. V rámci zvoleného postupu byly odečteny grafické rovinné souřadnice (z rastrů map) jednotlivých uzlových bodů zeměpisné sítě a obrazů vybraných 64 sídel. Pro obrazy sídel byly dále odečteny souřadnice v S-JTSK. Protože není znám typ zobrazení, bylo nutné stanovit určitý způsob, jak soubor těchto dat zhodnotit. Byla vybrána čtyři sídla, tvořící jakési extrémy pro světové strany v mapách, a jedno sídlo jako střed mapy, ze kterých byly vypočteny hodnoty posunu. O tento posun byly dále upravovány všechny souřadnice uzlových bodů starých map a z opravených hodnot byly vypočteny geografické souřadnice v systému S-JTSK', který má oproti původnímu Křovákovskému zobrazení takzvaný „false origin“ (nepravý počátek). Tím byl dokončen přechod ze sféry (neznámé) do roviny. Dále byl vypočten klíč Helmertovy transformace mezi systémem rovinných souřadnic rastru a rovinných souřadnic v S-JTSK'. Chyba transformace nám udává přesnost uzlových bodů. Pro obě mapy se výsledné chyby transformace pohybují okolo 2 km, což je u map z tohoto období naprosto nepředpokládaná hodnota. V mapě by to znamenalo odchylku od skutečného stavu asi kolem jednoho centimetru, a to se dá považovat za skvělou přesnost.

Při výpočtech Helmertovy transformace byla testována i citlivost jejího klíče. Vybraný etalon pro posun celé soustavy byl zvolen náhodně, proto bylo nutné zjistit, jaký vliv má na celý výpočet. Při testování bylo zjištěno, že měníme-li pouze hodnoty přírůstku v zeměpisné délce, chyby transformačního klíče se příliš nezmění. Budeme-li měnit hodnotu pouze u přírůstku zeměpisné délky, vliv je o poznání větší, řádově stovky metrů. Pokud byly měněny přírůstky obou zeměpisných souřadnic zároveň v kladném směru, došlo k poklesu chyb. Průběh tohoto šetření byl v práci graficky znázorněn.

Byly vypočteny hodnoty transformačního klíče pro vybrané obrazy sídel. Kvůli příliš velkým odchylkám (oproti ostatním v souboru) u některých bodů, byly tyto vyloučeny a soubor přepočítán znova. Výsledkem jsou hodnoty chyb transformačního klíče do 3 km, což představuje velmi dobrý výsledek.

Díky velmi podobným výsledkům transformace u obou map lze předpokládat, že mapa G.M.Seuttera skutečně vychází z o čtyři roky starší mapy J.B.Homanna. Chyby transformace i chyby jednotlivých identických bodů jsou téměř stejné, při změnách v transformačním klíči docházíme k řádově stejným výsledkům. Kresba mapy je také v zásadě stejná (vodstvo, umístění sídel, kolorování divizí), liší se měřítkem a rozsahem zeměpisné sítě. Seutterova mapa je mladší a zeměpisná síť je zakreslena po deseti minutách v rovnoběžkách a dvaceti minutách v polednících (oproti Homannovu rozdělení $30^{\circ} \times 30^{\circ}$), v některých chybách tak dosahuje o něco lepších výsledků, ale řádově se mapy absolutně neliší. Autoři Homann a Seutter byly významnými kartografy a tiskaři své doby a přebírání mapových podkladů bylo tehdy poměrně běžné, výše uvedená fakta to tedy jenom potvrzují.

Transformační klíč byl volen globální, protože bereme mapy jako jeden celek s plošným zakreslením poledníků a rovnoběžek a v případě použití lokálního klíče, např. pro jednotlivá pole zeměpisné sítě, by jejich styky nebyly jednoznačné.

Je zapotřebí brát v úvahu to, že zadání celé práce má od počátku poznávací charakter. Dosud nebyly známy podobné studie a tudíž nebylo možné stavět na již prověřeném základě. Metoda, která byla zvolena je tedy svým způsobem průkopnická a nepopírá možnost jiné volby pro hledání řešení.

9. Použitá literatura

9.1 Knižní zdroje

- [1] BLACK, Jeremy: *Obrazy světa*. Universum 2005, 176 s.
- [2] DONOVALOVÁ, Lucie: *Vliv srážky na polohovou přesnost map III. vojenského mapování*. 2009, diplomová práce, 46 s
- [3] SEMOTANOVÁ, Eva: *Atlas zemí Koruny české*. Aleš Skřivan 2002, 192 s.
- [4] SKOŘEPA, Zdeněk: *Geodézie 40*. ČVUT v Praze 2002, skriptum. 129 s.

9.2 Internetové zdroje

- [5] FORSTNER, Gustav: *Längenfehler und Ausgangsmeridiane in alten Landkarten und Positionstabellen*. 2004, disertační práce, 517 s.
Dostupné z WWW:
<<http://137.193.200.177/ediss/forstner-gustav/inhalt.pdf>>
- [6] Internetová encyklopedie wikipedia: *Základní poledník*. Článek.
Dostupné z WWW:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Z%C3%A1kladn%C3%AD_poledn%C3%A1D>
- [7] KASLOVÁ, Kateřina: *Posouzení vlastností různých metod transformace vlastnických hranic parcel ve zjednodušené evidenci do digitální katastrální mapy na příkladě k. ú. Velká Veleň*. 2004, bakalářská práce.
Dostupné z WWW:
<http://www.kma.zcu.cz/DATA/zaverecne_prace/2004/Kaslova__Posouzeni_vlastnosti_ruznych_metod_transformace_vlastnickych_hranic_parcel_ve_zjednodusene_evidenci_do_digitalni_katastralni_mapy_na_priklade_k.u._Velka_Velen__BP.pdf>
- [8] DOUBRAVOVÁ, Lada: *Rastry v programu Kokeš*. 2001, článek.
Dostupné z WWW:
<<http://www.gepro.cz/geodezie-a-projektovani/tipy-a-triky/rastry/rastry-v-programu-kokes/>>

- [9] Webová stránka Millersvillské univerzity, článek. Dostupné z WWW:
<<http://www.millersville.edu/~columbus/data/geo/WASHBR04.GEO>>
- [10] Veřejná webová stránka: Historie určování zeměpisné šířky a délky.
Článek.
Dostupné z WWW: <<http://www.muweb.cz/www/libich/historie.htm>>
- [11] BAYER, Tomáš: *Matematické metody v kartografii*. Přednáška.
Dostupné z WWW:
<<http://www.natur.cuni.cz/~bayertom/Mmk/mk0.pdf>>
- [12] Internetová encyklopedie wikipedia: *Harrison's_Chronometer_H5.JPG*.
Obrázek. Dostupné z WWW:
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Harrison's_Chronometer_H5.JPG>
- [13] Internetová encyklopedie wikipedia: *Faro_de_Orchilla_El_Hierro.jpg*.
Obrázek. Dostupné z WWW:
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Faro_de_Orchilla_El_Hierro.jpg>
- [14] Internetová encyklopedie wikipedia: *Ptolemy_16century.jpg*. Obrázek.
Dostupné z WWW:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Ptolemy_16century.jpg>
- [15] Internetová encyklopedie wikipedia: *Greenwich3.jpg* . Obrázek.
Dostupné z WWW:
<<http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Greenwich3.jpg>>

10. Seznamy

10.1 Seznam obrázků

3.1	Zeměpisné souřadnice	str 11
3.2	Chronometr H5	str 13
3.3	Mys Orchilla na ostrově Ferro	str 14
3.4	Klaudios Ptolemaios	str 15
3.5	Hvězdárna v Greenwichi	str 17
4.1	Výřez mapy J.B. Homanna	str 18
4.2	Výřet mapy G.M. Seuttera	str 20
6.1	Výřez mapy s nastíněním výběru bodů	str 27
6.2	Ukázka dialogového okna programu Matkart	str 29
6.3	Ukázka textového vstupního souboru	str 30

10.2 Seznam tabulek

6.1	Volba bodů pro určení posunu	str 27
6.2	Homann – Výpočet posunu	str 28
6.3	Seutter – Výpočet posunu	str 28
6.4	Výsledný posun	str 28
7.1	Homann – Hodnoty transformačního klíče	str 32
7.2	Seutter – Hodnoty transformačního klíče	str 32
7.3	Homann – Testování transformačního klíče	str 32
7.4	Seutter – Testování transformačního klíče	str 33
7.5	Homann – Transformační klíč uzlových bodů	str 37
7.6	Seutter – Transformační klíč uzlových bodů	str 38
7.7	Podezřelé body	str 41
7.8	Odchyly na identických bodech	str 42
7.9	Chyby transformačního klíče	str 42

10.3 Seznam grafů

7.1	Homann – Porovnání změn m_x s původní m_{x0}	str 33
7.2	Homann – Porovnání změn m_y	str 34
7.3	Homann – Porovnání změn m	str 34
7.4	Homann – Porovnání změn středních chyb	str 35
7.5	Seutter – Porovnání změn m_x	str 35
7.6	Seutter – Porovnání změn m_y	str 36
7.7	Seutter – Porovnání změn m	str 36
7.8	Seutter – Porovnání změn středních chyb	str 37

10.4 Seznam příloh

Příloha 1:	Tabula Generalis Marchionatus MORAVIA in sex circulos divisia
Příloha 2:	Moravia Marchionatus in sex circulos divisus
Příloha 3:	Vstupní soubor pro výpočet uzlových bodů – Homann
Příloha 4:	Vstupní soubor pro výpočet uzlových bodů – Seutter
Příloha 5:	Vstupní soubor pro výpočet sídel – Homann
Příloha 6:	Vstupní soubor pro výpočet sídel – Seutter
Příloha 7:	Zdrojový kód programu Matkart VB800
Příloha 8:	Výstupní soubor výpočtu uzlových bodů – Homann
Příloha 9:	Výstupní soubor výpočtu uzlových bodů - Seutter
Příloha 10:	Výstupní soubor výpočtu sídel – Homann
Příloha 11:	Výstupní soubor výpočtu sídel – Seutter

10.5 Seznam elektronických příloh

- I. Vstupní soubory
- II. Program Matkart VB800
- III. Výstupní soubory
- IV. Vyhodnocení naměřených dat
- V. Mapové podklady