

Západočeská univerzita v Plzni
Fakulta aplikovaných věd
Katedra matematiky, oddělení geomatiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Výškopis na mapách třetího vojenského mapování

Plzeň, 2014

Tereza Jůzlová

Zadání

Prohlášení

Předkládám k posouzení a následné obhajobě bakalářskou práci vypracovanou na závěr bakalářského studia na Fakultě aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni. Prohlašuji, že jsem bakalářkou práci vypracovala samostatně pod odborným vedením vedoucí bakalářské práce a výhradně s využitím zdrojů uvedených v práci.

V Plzni dne 2. června 2014

.....

podpis

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala všem, kteří mi pomáhali a podpořili mě při vypracování bakalářské práce. Především bych chtěla poděkovat vedoucí bakalářské práce Ing. Martině Vichrové Ph.D. za odborné vedení práce, pomoc při zpracování, cenné připomínky a ochotu vždy si najít čas na konzultace. Dále bych chtěla poděkovat i Doc. Ing. Václavu Čadovi, CSc. za vstřícnost a pomoc při práci s archivními materiály.

Klíčová slova

Třetí vojenské mapování, topografická sekce, výškopis, výšková kóta, přesnost.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá určením přesnosti výškopisu třetího vojenského mapování. Rozbor přesnosti byl založen na podrobné rešerši zdrojů a získání informací o tomto topografickém mapování. Třetí vojenské mapování (též Františko-Josefské) probíhalo na území rakouské monarchie v letech 1869-1885. Výsledkem mapování byly topografické sekce 1:25 000 a řada map odvozených. Cílem práce bylo porovnat přesnost výšek na mapách třetího vojenského mapování se správnou výškou, která byla získána z databáze DATAZ. Značná část práce byla věnována i zjištění z jakých podkladů výšky na mapách třetího vojenského mapování vycházely.

Keywords

Third military survey, topographic section, altimetry, spot height, accuracy.

Abstract

Bachelor thesis deals with the determination of altimetry on the Third military survey maps. The accuracy analysis was based on the detailed literature research about these topographic maps. The Third Military Survey (Francis-Joseph's survey) in the territories of the former Austrian-Hungarian Monarchy was realised between 1869 and 1885. The result of mapping was the original topographic section 1:25 000 and other derivated maps. The aim of this study was to compare the accuracy of the heights of third military survey to the correct height, which was obtained from the database DATAZ. The attention was paid to determine from which documents the heights of the Third Military Survey came out.

Obsah

Seznam ilustrací.....	8
Seznam tabulek.....	10
Úvod.....	11
1. Třetí vojenské mapování.....	12
1.1 Geodetické základy.....	12
1.1.1 Katastrální triangulace	13
1.1.2 Vojenská triangulace	15
1.2 Kartografické základy.....	16
1.2.1 Kartografické zobrazení	16
1.2.2 Klad mapových listů	17
1.3 Postup mapovacích prací	18
1.3.1 Podklady mapování.....	18
1.3.2 Mapování podrobných bodů	19
1.3.3 Kancelářské práce	20
1.4 Kartografické vyjadřovací prostředky a obsah map	20
1.5 Odvozené mapy třetího vojenského mapování.....	23
1.5.1 Speciální mapa 1:75 000 (Spezialkarte).....	23
1.5.2 Generální mapa 1:200 000 (Generalkarte).....	24
1.5.3 Přehledná mapa střední Evropy 1:750 000 (Übersichtskarte von Mitteleuropa).....	25
2. Výškopis na mapách třetího vojenského mapování	27
2.1 Vyjádření topografického povrchu na mapách šrafováním a pomocí vrstevnic.....	27
2.2 Způsob určení podrobných bodů výškopisu	29
2.3 Původ výškových bodů na mapách třetího vojenského mapování	31
2.3.1 Budování triangulace a výsledky měření stabilního katastru.....	31
2.3.2 Revizní měření výšek.....	34
2.4 Připojení triangulace stabilního katastru na body přesné nivelace	34
2.4.1 Mezinárodní přesná nivelace.....	34
2.4.2 Postup připojení bodů stabilního katastru na přesnou nivelaci	35
2.5 Porovnání výšek z triangulace stabilního katastru a výšek uvedených na mapách třetího vojenského mapování	39

2.5.1 Zhodnocení zjištěných výsledků při určení výšek na mapách třetího vojenského mapování	43
3. Přesnost výškopisu na mapách třetího vojenského mapování.....	44
3.1 Analýza přesnosti výškových bodů na topografických sekcích 1:25 000	44
3.1.1 Naplnění databáze pro analýzu výškových bodů na topografických sekcích 1:25 000.....	44
3.1.2 Analýza přesnosti výškových bodů na topografických sekcích 1:25 000.....	45
3.1.3 Výsledky analýzy přesnosti výškových bodů	47
3.2 Digitální model terénu třetího vojenského mapování.....	48
3.2.1 Digitální model terénu rekonstruovaný z map třetího vojenského mapování.....	48
3.2.2 Základní báze geografických dat České republiky (ZABAGED).....	49
3.2.3 Porovnání digitálního modelu terénu z map třetího vojenského mapování vzhledem k DMR (ZABAGED)	51
Závěr	54
Prameny a literatura	55
Seznam příloh	58
Přílohy	59

Seznam ilustrací

- Obr. 1 Zeměměřič při práci s měřickým stolem (BEV v Rakousku).
- Obr. 2 Stabilizace bodů vojenské triangulace po roce 1896 (Čada 2006, 4).
- Obr. 3 Náhrada elipsoidu polyedrem (Krňoul 2010, 19).
- Obr. 4 Dělení listů speciální mapy na topografické sekce a vyměřovací listy (Boguszak a Císař 1961, 23).
- Obr. 5 Ukázky znázorňování prvků polohopisu pomocí bodových a liniových mapových znaků (Zeichnungsschlüssel zur Darstellung... 1875).
- Obr. 6 Ukázky druhů písma (Zeichnungsschlüssel zur Darstellung...1875).
- Obr. 7 Klad listů speciální mapy 1:75 000 v českých zemích (Boguszak a Císař 1961, 26).
- Obr. 8 Klad listů generální mapy 1:200 000 v českých zemích (Boguszak a Císař 1961, 27).
- Obr. 9 Klad listů přehledné mapy střední Evropy 1:750 000 v českých zemích (Boguszak a Císař 1961, 28).
- Obr.10 Ukázka šrafování (Zeichnungsschlüssel zur Darstellung... 1875).
- Obr.11 Ukázka maximální (nahore) a minimální (dole) stupnice šrafování (Zeichnungsschlüssel zur Darstellung ... 1875).
- Obr.12 Způsob zakreslení vrstevnic a jejich výšek na topografické sekci 1:25 000 (Ústřední archiv zeměměřictví a katastru).
- Obr.13 Princip určení výškového rozdílu h.
- Obr.14 Výškoměr topografa používaný po roce 1878 (Boguszak a Císař 1961, 25).
- Obr.15 Výpočet výšky trigonometrického bodu (Zusammenstellung..., 1825-1840).
- Obr.16 Levá strana tiskopisu (Hohen-Messungen. Böhmen, 1824-1840).
- Obr.17 Pravá strana tiskopisu (Hohen-Messungen. Böhmen, 1824-1840).
- Obr.18 Ukázka formuláře místopisu trigonometrického bodu (= Topographische Beschreibungen der trig. Punkte) (Triangulierung zur Festlung..., 1892).
- Obr.19 Titulní list protokolu s jednotným nápisem Anschluss and a s Präcissions Nivellment bei ... Ausgeführt durch Lieutenant Karl Scharf 1892. (Triangulierung zur Festlung..., 1892).
- Obr.20 Náčrt řešeného trojúhelníka (Triangulierung zur Festlung..., 1892).
- Obr.21 Tabulka pro stanovení výškové korekce (Triangulierung zur Festlung..., 1892).
- Obr.22 Ukázka ze soupisu trigonometrických bodů pro Čechy – levá strana (Abstände, Höhen...1873).
- Obr.23 Ukázka ze soupisu trigonometrických bodů pro Čechy – pravá strana (Abstände, Höhen... 1873).

- Obr.24 Histogram relativních četností.
- Obr.25 Výškoměrná stanice na SV straně Mola Sartorio (Pešťák J. 2005, 2).
- Obr.26 Tabulka s evidencí výšek identických bodů.
- Obr.27 Histogram relativních četností.
- Obr.28 Rozdíly výšek identických bodů pro tehdejší území Plzeňského, Berounského, Prácheňského a Klatovského kraje.
- Obr.29 Zvolené modelové území pro rekonstrukci DMT z map třetího vojenského mapování (část topografické sekce 4152-1).
- Obr.30 DMT z topografické sekce 1:25 000 třetího vojenského mapování.
- Obr.31 DMT rekonstruovaný z dat ZABAGED.
- Obr.32 Ukázka menších tvarových odlišností.
- Obr.33 Ukázka výraznějších tvarových odlišností.
- Obr.34 Rozdílový digitální model.
- Obr.35 Výrazné lokální extrémny na rozdílovém digitálním modelu.

Seznam tabulek

- Tab. 1 Tabulka pro stanovení výškové korekce.
- Tab. 2 Počet hodnocených bodů.
- Tab. 3 Testování odlehlých pozorování.
- Tab. 4 Číslování bodů v tabulce.
- Tab. 5 Počet hodnocených bodů.
- Tab. 6 Testování odlehlých pozorování.
- Tab. 7 Parametry rozdílového digitálního modelu.

Úvod

Třetí vojenské mapování, které probíhalo v letech 1869 až 1885, je jedno z nejznámějších mapových děl rakouské státní kartografie. Podobně jako při druhém vojenském mapování byly využity výsledky mapování stabilního katastru. Oproti druhému vojenskému mapování bylo při třetím vojenském mapování mimo jiné zdokonaleno znázornění výškopisu, nově se v mapách kromě šraf a výškových kót objevily také vrstevnice. Výsledkem třetího vojenského mapování jsou tzv. topografické sekce v měřítku 1:25 000 a řada map odvozených (mapa speciální 1:75 000, generální 1:200 000 a přehledná mapa střední Evropy 1:750 000). Zejména speciální mapa 1:75 000 se stala nejproslulejším produktem třetího vojenského mapování. Výsledky třetího vojenského mapování významně přispěly k rozvoji vědy, techniky a národního hospodářství.

Hlavním cílem bakalářské práce je získat informace o tehdy dostupných podkladech pro zpracování výškopisu a původu výšek zakreslených v mapách třetího vojenského mapování. Dalším cílem práce je určení přesnosti vybraných výškových bodů mapování. Pro splnění těchto cílů je nutno provést podrobnou rešerši zdrojů a získat informace o tomto topografickém mapování.

Úvod bakalářské práce je věnován historii třetího vojenského mapování. Podrobně jsou popsány geodetické a kartografické základy, včetně kladu mapových listů. V této době bylo zavedeno nové dělení podle zeměpisné sítě. Dále jsou v úvodní části popsány vyjadřovací prostředky, obsah map a výsledky mapování.

Druhá část bakalářské práce je věnována výškopisu třetího vojenského mapování. Zabývá se způsoby znázornění výškopisu na mapách třetího vojenského mapování a zjišťováním informací o postupu určování výškových bodů. Součástí této kapitoly je i porovnání původní dokumentace z 19. století týkající se určování výšek z triangulace stabilního katastru a části tehdy nově určených výškových bodů třetího vojenského mapování.

Poslední část je věnována zjišťování přesnosti výškových bodů třetího vojenského mapování na zvoleném území. V této části je podrobně popsána analýza přesnosti, kde je porovnávána část výšek z topografických sekcí 1:25 000 a výšky trigonometrických a zhušťovacích bodů z databáze DATAZ. Na závěr je zrekonstruován digitální model terénu z topografické sekce 1:25 000 a tento model je porovnán s referenčním digitálním modelem DMR ZABAGED.

1. Třetí vojenské mapování

Důvodem k úvahám o novém mapování byly především nedostatky z předešlého mapového díla - druhého vojenského mapování, které probíhalo na území tehdejší Rakouské monarchie v letech 1806-1869. Druhé vojenské mapování trvalo 63 let, proto bylo již před svým dokončením zastaralé anebo překonáno novějšími požadavky (Boguszak 1931, 110). Také se nepodařilo vyhotovit přehledné mapy pro celé území monarchie. Potřeba podrobnější dokonalé mapy vzrůstala zvláště po válečných zkušenostech z roku 1866 z prusko-rakouské války. Armáda proto žádala pořízení nových vojenských map, které nebudou mít pouze informativní charakter, ale budou spolehlivé i po technické stránce (Boguszak a Císař 1961, 22). Topografické mapy byly zároveň stále více žádány v hospodářství, tj. při stavbě komunikací, splavňování vodních toků, melioračních pracích, v hornictví apod. (Semotanová 2001, 110).

Původní myšlenka byla vyhotovení speciálních map v dosud nezmapovaných částech říše a provedení reambulace na hotových listech z druhého vojenského mapování. Od tohoto záměru bylo však brzy upuštěno pro nedostatky a nejednotnost původních map (Hofstätter 1989, 98). V roce 1868 bylo ministerstvem války rozhodnuto o novém vojenském mapování a vydání tzv. speciální mapy pro celou říši. Toto mapování, které proběhlo v letech 1869-1885, se nazývá třetí vojenské mapování nebo také Františko-Josefské mapování, protože probíhalo v době vlády císaře Františka-Josefa I. Roku 1869 byla již vydána prozatímní instrukce pro mapování a po zkušenostech získaných v prvních pěti letech, roku 1875 instrukce definitivní (Boguszak a Císař 1961, 23).

Protože měla být v Rakousku-Uhersku již brzy zavedena dekadická soustava, bylo zvoleno nové měřítko 1:25 000 pro vyhotovení topografických sekcí a ve významných oblastech, např. pro okolí velkých měst, pro vojenské tábory, dělostřelecké střelnice a manévrovací prostory, bylo zvoleno měřítko dvojnásobné 1:12 500 (Boguszak a Císař 1961, 23). Během mapování měly být tedy především vyhotoveny topografické sekce v měřítku 1:25 000 a potom řada map odvozených v několika menších měřítkách (mapy speciální 1:75 000, generální 1:200 000 a přehledná mapa střední Evropy 1:750 000).

1.1 Geodetické základy

Pro třetí vojenské mapování bylo použito bodů trigonometrické sítě, která již byla dokončená pro mapování stabilního katastru. Vybudováním trigonometrické sítě byla pověřena triangulační kancelář c.k. generálního štábu a byla postupně zpracována pro celou rakouskou monarchii a později i pro uherskou část (Čada 2003, 25). Dále také

souběžně s třetím vojenským mapováním probíhal i nový projekt vojenské triangulace. Vojenská triangulace byla provedena na celém území Rakouska-Uherska¹.

1.1.1 Katastrální triangulace

Práce spojené s budováním trigonometrické sítě probíhaly na našem území v letech 1821-1840. Katastrální triangulace obsahovala na území Čech 2623 bodů I. - III. řádu. Trvalá stabilizace těchto trigonometrických bodů však byla provedena až v letech 1845-1850, kdy bylo nalezeno a stabilizováno pouze 2234 bodů. Na území Moravy bylo číselně určeno 1069 bodů a v letech 1850-1852 stabilizováno 833 bodů. Trigonometrické body I. - III. řádu byly stabilizovány mezníky s označením na boku písmeny „K.V.” *Katastral – Vermessung* (Čada 2006, 26). Prakticky u všech bodů byly určovány jak polohové souřadnice, tak nadmořské výšky, které byly odvozeny od střední hladiny Jaderského moře (Kuchař 1958, 110-111).

Rozměr sítě byl odvozen ze čtyř přímo měřených základen, u nichž byla provedena astronomická měření. Základna u Vídeňského Nového Města v Dolním Rakousku, která byla poprvé zaměřena Josefem Liesganigem v roce 1762, měla délku 6410,903 vídeňských sáhů (Boguszak a Císař 1961, 49) a od ní byly určovány azimuty dalších stran. Další základny jsou u Welsu v Horním Rakousku (7903,812°), u Radouce v Bukovině (5199,60°) a u Hallu v Tyrolsku (2990,384°) (Čada 2003, 25).

Celé území tehdejší rakouské monarchie bylo v letech 1821-1840 pokryto souvislou sítí I. řádu, která byla dále zhuštěna trigonometrickou sítí II. a III. řádu. Délky stran se pohybovaly u I. řádu kolem 40 km (15-30 km v Boguszak a Císař 1961), u II. řádu od 9 do 15 km a u III. řádu od 4 do 9 km. Vyrovnání sítě I. řádu bylo provedeno pravděpodobně po menších celcích tvořených jednotlivými mnohoúhelníky, většinou se středovým trigonometrickým bodem. Vzdálenost bodů I. řádu byla poměrně velká, proto musel být uvažován sférický exces². Protože síť byla vyrovnána po menších částech a ne jako celek, vznikly především na okrajích jednotlivých oblastí nepravidelnosti, zejména jiné stočení. Síť II. řádu byla vložena jako síť samostatných trojúhelníků mezi body I. řádu a vzhledem ke kratší délce stran byla vyrovnána pouze jako rovinná síť. Stejným způsobem byla vytvořena i síť III. řádu, opět byla vložena síť trojúhelníků mezi body II. řádu (Čada 2006, 26).

Cílem číselné triangulace bylo vybudovat síť tak, že na jednom fundamentálním listu, tzn. na území jedné rakouské čtvereční míle, byly nejméně tři číselně určené body, alespoň jeden z nich bylo možné použít jako stanovisko měřického stolu a z tohoto bodu

¹ Rakousko-Uhersko byl státní útvar, který vznikl roku 1867 přeměnou Rakouského císařství na základě tzv. rakousko-uherského vyrovnání. Vyrovnání bylo schváleno po porážce Rakouska v prusko-rakouské válce, do té doby bylo Rakousko nazýváno Rakouské císařství nebo Rakouská monarchie (Wikipedie, 2014).

² Sférický exces je hodnota, o kterou je větší součet vnitřních úhlů uzavřeného obrazce na sféře oproti součtu vnitřních úhlů stejného obrazce v rovině.

byla zaručena viditelnost alespoň jedné orientace na zbývající dva body v prostoru jednoho fundamentálního listu (Čada 2006, 25).

Body I. – III. řádu tedy vždy vznikaly číselnou triangulací, hustota těchto bodů však nevyhovovala potřebám podrobného měření a proto musela být celá síť zhuštěna sítí IV. řádu, která však vznikala nikoliv číselnou, ale grafickou triangulací (měřický stůl je na obr. 1, stůl spolu s dalším vybavení pak v příloze 1). Grafická triangulace byla prováděna metodou měřického stolu po fundamentálních listech. Nejprve byly vyneseny body číselné triangulace na grafický triangulační list, poté musela být přezkoušena správnost určení výchozích bodů. Dále byla navržena konfigurace grafické sítě – pevné body a stanoviště měřického stolu. Jako pevné body byly využity stavby a objekty trvalého charakteru jako např. věže, kapličky, kříže, osamělé a významné stromy. Opět byl dán požadavek, aby na jeden mapový list připadly alespoň 3 body, z nichž minimálně jeden musel být přímo stanovištěm. Každý bod grafické triangulace musel být změřen alespoň ze tří směrů (Čada 2006, 28).



Obr. 1 Zeměměřič při práci s měřickým stolem (BEV v Rakousku).

Pro vyhotovení map stabilního katastru bylo zvoleno Cassini-Soldnerovo zobrazení, které bylo charakterizováno jako transverzální válcové zobrazení ekvidistantní v kartografických polednicích a dotykovém poledníku. Dotykový poledník byl volen středem zobrazovaného území a procházel některým významným bodem trigonometrické sítě. Pro Čechy připadl systém s počátkem na kopci Gusterberg v Horních Rakousích a pro Moravu a Slezsko to byla věž kostela Sv. Štěpána ve Vídni (Čada 2006, 19).

Při následné vojenské triangulaci bylo prokázáno, že celý gusterberský systém měl chybnou orientaci. Na trigonometrickém bodě Gusterberg byl později zjištěn chybný

azimut trigonometrické strany, a tím stočení osy X vůči směru poledníku západním směrem o přibližně 4° (Čada 2006, 21).

1.1.2 Vojenská triangulace

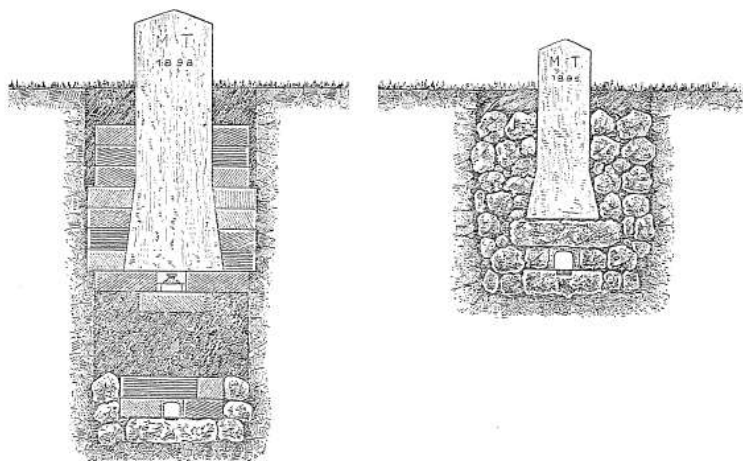
Vojenská triangulace probíhala na celém území Rakouska-Uherska v letech 1860-1898. Od roku 1860 se Rakousko-Uhersko zapojilo do aktivit mezinárodní komise měření Země a na jeho území probíhalo tzv. střeoevropské stupňové měření, jehož součástí bylo i budování nové trigonometrické sítě I. řádu. Tyto práce byly od roku 1862 svěřeny Vojenskému zeměpisnému ústavu ve Vídni (Čada 2006, 3).

Rozměr sítě byl odvozen z nově měřených délkových základen, ze kterých byla pomocí základnových sítí určena délka přilehlé trigonometrické strany (Čada 2006, 4). Na území tehdejšího Rakouska-Uherska bylo voleno 15 základen a nově byla přeměřena délková základna u Vídeňského Nového města. Na našem území byly zaměřeny dvě základny u Josefova a u Chebu. Dle způsobu rozvinutí základnových sítí byla přímo měřená základna přenášena buď jen na jedinou trigonometrickou stranu, nebo na celý geometrický obrazec: čtyřúhelník (Chebská síť) nebo pětiúhelník (Josefovská síť). Vliv na rozměr sítě pro celé Rakousko-Uhersko měla však pouze základna u Josefova, jejíž délka byla trigonometrickou cestou přenesena do všech stran sítě. Základna u Chebu i další geodetické základny nebyly při určení rozměru sítě použity a sloužily jenom jako zkušební délky (Semerád 1915, 49).

Geografické souřadnice bodů vojenské trigonometrické sítě I. řádu byly vztaženy k základnímu referenčnímu trigonometrickému bodu Hermannskögel u Vídne a výpočty celé sítě byly zpracovány na Besselově elipsoidu (Čada 2006, 4).

Vojenská síť I. řádu byla určena na tehdejší dobu velice přesně. Téměř polovina (48%) uzávěrů trojúhelníků opravených o sféroidický exces byla menší než 1", v intervalu do 2" bylo 29 % uzávěrů a do 3" 18 % uzávěrů. Jen v 5% z celkového počtu trojúhelníků byl uzávěr větší než 3" (Čada 2006, 4).

Původní stabilizace bodů kamennými nebo zděnými pilíři pro centrické postavení stroje byla postupně nahrazována jednotnou stabilizací. Nejčastěji byly používány způsoby uvedené na obr. 2. Nadzemní znak byl opatřen písmeny „M.T.“ (*Militär-Triangulierung*) a letopočtem zřízení stabilizace bodu (Čada 2006, 4).



Obr. 2 Stabilizace bodů vojenské triangulace po roce 1896 (Čada 2006, 4).

1.2 Kartografické základy

1.2.1 Kartografické zobrazení

Vzorem pro způsob zobrazení map byla tzv. polyedrická projekce (obr. 3). Jedná se o zobrazení po vymezených částech. Toto zobrazení bylo používáno v případech, kdy byla zobrazována rozsáhlá území, ale přitom bylo požadováno, aby hodnoty zkreslení nepřekročily zvolený interval hodnot. To znamená, že území bylo rozděleno na menší části, které byly zobrazovány zvlášť. Existuje více polyedrických zobrazení, ale v případě třetího vojenského mapování bylo použito tzv. sféroidických lichoběžníků.

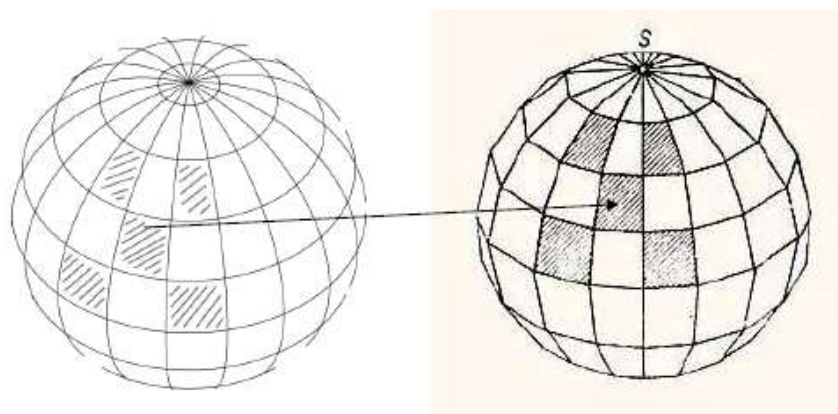
Výhodou polyedrického zobrazovacího postupu bylo snížení velkých hodnot deformací (nutně způsobených zobrazením zakřiveného povrchu elipsoidu do roviny), které by vznikly při zobrazení území Rakouska-Uherska jako celku (Veverka a Čechurová 2003, 108).

Ramena lichoběžníků byla nepatrně vypuklá, což se ovšem graficky na listě neprojevovalo a bylo tedy prakticky zanedbatelné. Lichoběžníky byly členěny v souladu s čarami zeměpisných souřadnic. Celé území bylo rozděleno na pole o rozsahu 30' zeměpisné délky krát 15' zeměpisné šířky, každé pole zobrazovalo jeden list speciální mapy. Střední poledník byl znázorněn jako úsečka o skutečné délce 15' zeměpisné šířky a v koncových bodech byly sestrojeny kolmice, na které byly vpravo a vlevo naneseny skutečné délky rovné 15' příslušné rovnoběžky. Střední poledník i rovnoběžky byly tedy nezkreslené. Přímocharým spojením takto sestrojených rohů vznikl lichoběžníkový rámec jednoho listu speciální mapy (Boguszak a Císař 1961, 23).

Jednotlivé topografické sekce 1:25 000, listy speciální mapy 1:75 000 a generální mapy 1:200 000 v polyedrickém zobrazení neutvářely souvislou plochu rozvinutelnou do roviny, ale byly rozvinutelnými lichoběžníkovými plochami, tzn., bylo možné k sobě přikládat pouze buď listy jedné vrstvy, nebo jednoho sloupce (Boguszak a Císař 1961, 28).

Čtyři topografické sekce 1:25 000 tvořily jeden list speciální mapy 1:75 000, který byl samostatným průmětem příslušné části zemského povrchu v Sansonově-Flamsteedově zobrazení. Složením osmi speciálních map vznikla mapa generální v měřítku 1:200 000.

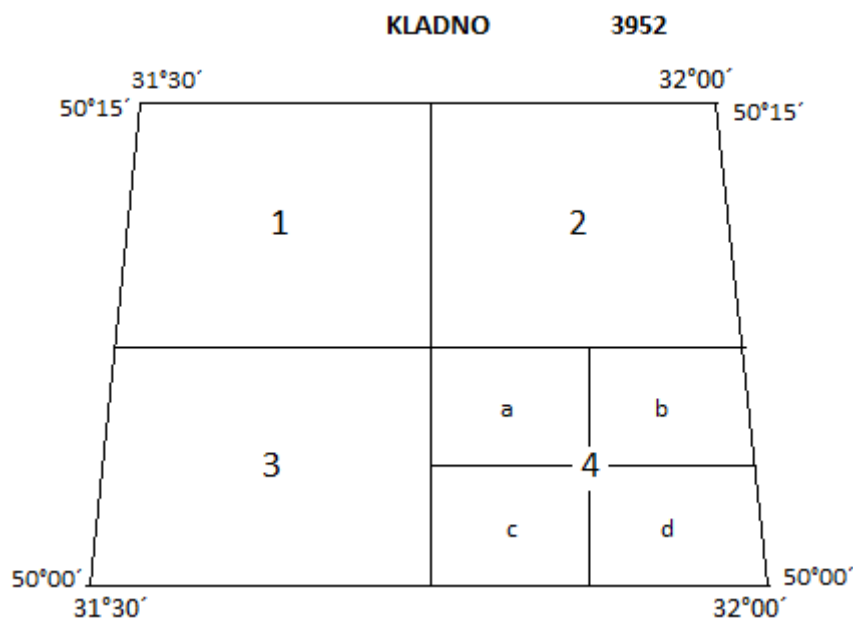
Sansonovo-Flamsteedovo zobrazení je nepravé válcové sinusoidální zobrazení, které je ekvivalentní a ekvidistantní v rovnoběžkách. Toto zobrazení je mezním případem Bonneova nepravého kuželového zobrazení, pokud je volen za tečnou rovnoběžku rovník a kužel tak limitně přejde ve válec (Krňoul 2010, 21). Základní poledník je nezkreslen a obrazem ostatních poledníků jsou poloviny sinusoid.



Obr. 3 Náhrada elipsoidu polyedrem (Krňoul 2010, 19).

1.2.2 Klad mapových listů

Označení listů speciální mapy bylo původně provedeno arabskými číslicemi po vrstvách od rovnoběžky $51^{\circ} 15'$ k jihu a římskými číslicemi po sloupcích od poledníku 27° východně od Ferra k východu. Listy byly tedy označovány těmito čísly a jménem nejvýznačnějšího místa, např. 5-IX Praha. Později, roku 1917, ale bylo zavedeno jiné označení: sloupce a vrstvy byly očíslovány arabskými číslicemi, a to tak, že 1. sloupec západní stranou přiléhal k poledníku 27° a 1. vrstva severní stranou k rovnoběžce 60° . Nové značení listů se tedy stávalo z názvu význačného místa a čtyřmístného čísla, v němž první dvě číslice označovaly vrstvu a druhé dvě sloupec, ve kterých se list mapy nalézal, např. Praha 3953. Topografické sekce byly označovány číslem listu speciální mapy a indexem podle polohy v listu: původní indexy sz., sv., jz., jv. (v originálu NW., NO., SW., SO.) byly později nahrazeny číslicemi 1, 2, 3, 4. Dále byla každá sekce rozdělena na čtyři vyměřovací listy označované písmeny a, b, c, d. Vyměřovací list byl potom používán při měření v terénu (Boguszak a Císař 1961, 23 – 24). Ukázka kladu mapových listů je na obr. 4.



Obr. 4 Dělení listů speciální mapy na topografické sekce a vyměřovací listy (Boguszak a Císař 1961, 23).

1.3 Postup mapovacích prací

Mapování bylo zahájeno v Sedmíhradsku na nedokončené ploše druhého mapování ještě v měřítku 1:28 800 bez polohopisného podkladu z větších měřítek. Zároveň bylo v roce 1869 započato v Tyrolsku mapování již v měřítku 1:25 000 s grafickým podkladem získaným přenesením kresby z map stabilního katastru. V obou případech bylo ještě použito původního pravoúhlého dělení mapových listů. Od roku 1872 bylo mapováno již v novém způsobu zobrazení a s novým dělením sekcí v Salzburgu, Korutanech, Štýrsku a také v okolí Vídně. V dalších letech 1874-1877 bylo postupně mapováno území Bukoviny, Haliče, Horního Rakouska a Maďarska. Toto mapování skončilo v roce 1885, tedy ve velmi krátkém čase, za pouhých 16 let (Boguszak a Císař 1961, 23), (Hofstätter 1989). Roku 1876 bylo mapováno Slezsko a východní část Moravy, v roce 1877 zbývající část Moravy a východní Čechy, v letech 1878-1879 pak zbývající část Čech, Slovensko a Podkarpatská Rus v letech 1875-1884 (Boguszak 1931, 111). Okolí Karlových Varů a Mariánských Lázní bylo zmapováno v dvojnásobném měřítku 1:12 500. Celé mapování v českých zemích bylo provedeno s využitím katastrálního podkladu (Boguszak a Císař 1961, 23). A nakonec v letech 1880-1885 byl zmapován jih Rakouska-Uherska – Chorvatsko, Bosna, Dalmácie, Hercegovina a Maďarsko (Hofstätter 1989).

1.3.1 Podklady mapování

Jak již bylo zmíněno v kapitole 1.2 Kartografické základy, číselným polohopisným základem třetího vojenského mapování byly trigonometrické body dané katastrálními

pravoúhlými souřadnicemi, v Čechách v soustavě gusterberské, na Moravě a ve Slezsku v soustavě svatoštěpánské. U těchto bodů byly určeny zeměpisné souřadnice. Grafickým polohopisným podkladem byla kresba katastrálních map stabilního katastru zmenšená z měřítka 1:2 880 do 1:25 000 (Boguszak a Císař 1961, 24). V části Slovenska a Podkarpatské Rusi, kde nebyl katastr ještě k dispozici, bylo jako podkladu použito situace map druhého vojenského mapování 1:28 800, která byla zvětšena a zakreslena do vyměřovacích listů³ (Boguszak 1931, 114).

Problémem těchto podkladů byl rozdílný klad mapových listů. U mapy stabilního katastru byl uspořádán podle čtverečných mil řazených od počátku příslušné soustavy pravoúhlých souřadnic, jedna čtvereční míle (4000 x 4000 sáhů) obsahovala 4 sloupce x 5 vrstev = 20 listů mapy stabilního katastru, které se nazývaly katastrální sekce. Bylo třeba rohy těchto milí a všechny trigonometrické body v každém listu mapy speciální převést do jednoho pravoúhlého systému. Nejprve byly z trojúhelníků, vzniklých spojením rohů mílových čtverců s nejbližše položenými trigonometrickými body o známých zeměpisných souřadnicích, vypočteny zeměpisné souřadnice těchto rohů a potom jejich pravoúhlé rovinné souřadnice v osovém systému příslušného listu speciální mapy. Potom byly do jednotlivých topografických sekcí a do vyměřovacích listů vyneseny trigonometrické body a sestrojena síť sekčních čar katastrálních listů (Boguszak a Císař 1961, 24).

1.3.2 Mapování podrobných bodů

Postup topografa při polní práci závisel na podkladu, který měl k dispozici. Pokud byl počet trigonometrických bodů a bodů zhušťující triangulace dostatečně velký, mohlo být přistoupeno k podrobnému měření situace a terénu (Boguszak 1931, 115). Kvůli velmi řídké síti daných bodů bylo ovšem téměř vždy nutné před měřením provést grafickou triangulaci (Boguszak a Císař 1961, 24) i (Hofstätter 1989, 118), tzn. určit řadu bodů a stanovisek měřického stolu zpravidla protínáním vpřed nejméně ze tří směrů anebo protínáním zpět alespoň ze čtyř daných nebo dříve určených bodů (Boguszak a Císař 1961, 24).

Na územích, kde byla situace již dána redukováným obsahem map stabilního katastru, bylo polohopisné měření omezeno pouze na zaměření změn (protínáním, buzolními pořady a rajóny) a na zakresl předmětů, které v mapě stabilního katastru nebyly obsaženy (Boguszak a Císař 1961, 25). Vše bylo zakreslováno podle stanoveného klíče smluvených značek (*Zeichnungsschlüssel zur Darstellung...* 1875).

Měření podrobných bodů bylo prováděno metodou měřického stolu. Topograf zakresloval všechny situační podrobnosti měřením rajónů a tachymetrickým měřením vzdáleností. Odkrokování nebo dokonce odhadování vzdáleností nebylo při novém měření používáno. Přesnost nové mapy byla zvětšována tím, že se graficky protínaly všechny

³ Čtyři vyměřovací listy tvořily jeden list topografické mapy 1:25 000.

důležité a v terénu nápadné situační předměty, jako věže, kostely, kříže, sochy, kaple, osamělé stromy, apod. (Boguszak 1931, 115).

Za šest měsíců práce v terénu zpracoval jeden topograf v českých zemích průměrně 370 km², přičemž polohopis ve vyměřovacích listech byl částečně vykreslen a šrafování bylo ponecháno tužkou (Boguszak a Císař 1961, 25).

1.3.3 Kancelářské práce

Před měřením byl nejprve sestrojen rám sekce, která byla rozříznuta na čtyři vyměřovací listy, které byly pro práci v terénu napínány na rýsovky měřičského stolu. V zimních měsících byla nejprve v kanceláři dokončena kresba polohopisu, potom byly přeneseny do vyměřovacích listů vrstevnice. Čtyři dokončené vyměřovací listy byly pak opatrně sejmuty z rýsovek a nalepením na plátno byly spojeny v originální topografickou sekci 1:25 000. Teprve potom byla sekce doplněna vepsáním kót a místních i pomístních názvů (Boguszak a Císař 1961, 25 a 28).

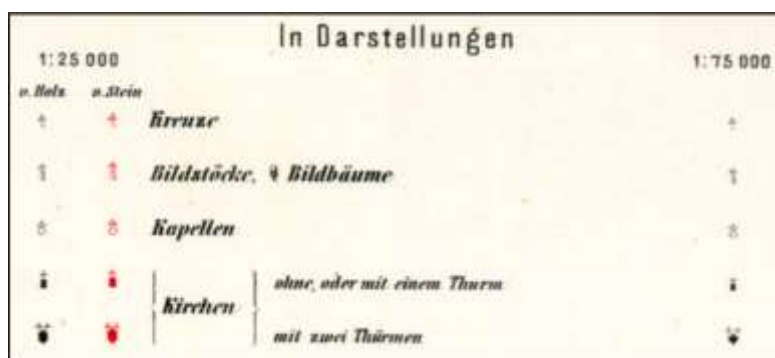
Problém u takto vytvořených map byla velká srážka papíru. Při práci v poli si papír nemohl udržet původní rozměr a docházelo k nepravidelným deformacím. Proto byly před návratem do původní sekce vyměřovací listy navlhčovány a roztahovány do správných rozměrů. I přesto se papír znovu srážel a rozměry nebyly správné (Boguszak a Císař 1961, 28).

1.4 Kartografické vyjadřovací prostředky a obsah map

Cílem třetího vojenského mapování bylo vyhotovení nových, zdokonalených map i pro civilní účely s podrobným znázorněním komunikační sítě, přesným určením nadmořských výšek a zákresem vrstevnic (Vichrová 2012, 152). Originály topografických sekcí 1:25 000 byly vyhotovovány barevně: polohopis, popis a šrafování černě, značky trigonometrických bodů, kamenných objektů a silnic červeně, vodstva a okrajů vodních ploch modře, vodních ploch světle modře, plochy luk zeleně, pastvin žlutozeleně, zahrad a sadů zelenomodře, vinic žlutě, lesů šedozeleň, okraje lesů tmavozeleně a vrstevnice a skály žlutohnědě (Zeichnungsschlüssel zur Darstellung... 1875). Generální mapy byly hned od počátku čtyřbarevnými mapami s černým polohopisem a názvoslovím, modrým vodstvem, zelenými lesy a s hnědým šrafováním. Speciální mapy byly barevně přepracovány teprve později (Kuchař 1958, 110 – 111). Výsledek mapovacích prací byl jednobarevně černě fotolitograficky reprodukován jako tzv. topografické sekce 1:25 000. (Kuchař 1958, 110 – 111) a (Semotanová 2001, 110). Tyto topografické sekce byly podkladem pro speciální

mapy třetího vojenského mapování v měřítku 1:75 000, tištěné opět jednobarevně heliogravurou⁴ (Semotanová 2001, 110).

Na mapách třetího vojenského mapování byly zobrazovány budovy, komunikace, druhy pozemků, vodstvo a hranice. Důraz byl kladen především na znázornění komunikací, protože rozlišení různých typů komunikací a železnic bylo pro vojsko velmi důležité kvůli sjízdnosti či prostupnosti území. Například komunikace byly rozděleny na císařskou silnici, zemskou silnici, rozestavěnou silnici, udržovanou vozovou cestu, atd... Ke komunikacím byly také řazeny významné stavby jako viadukty, tunely, náspy, křižovatky nebo železniční stanice. Dále bylo na mapách zobrazováno vodstvo a vodohospodářské stavby. Zde byly rozlišeny vodní toky, vodní plochy, zdroje pitné vody, atd..., které byly vždy rozdělovány na několik různých typů. V mapách bylo také rozlišováno, zda se jednalo o stavbu dřevěnou nebo kamennou, černou barvou byla znázorněná stavba dřevěná a červeně kamenná (Vichrová 2012, 155 - 159), ukázka je na obr. 5.



Bodové prvky



Liniové prvky

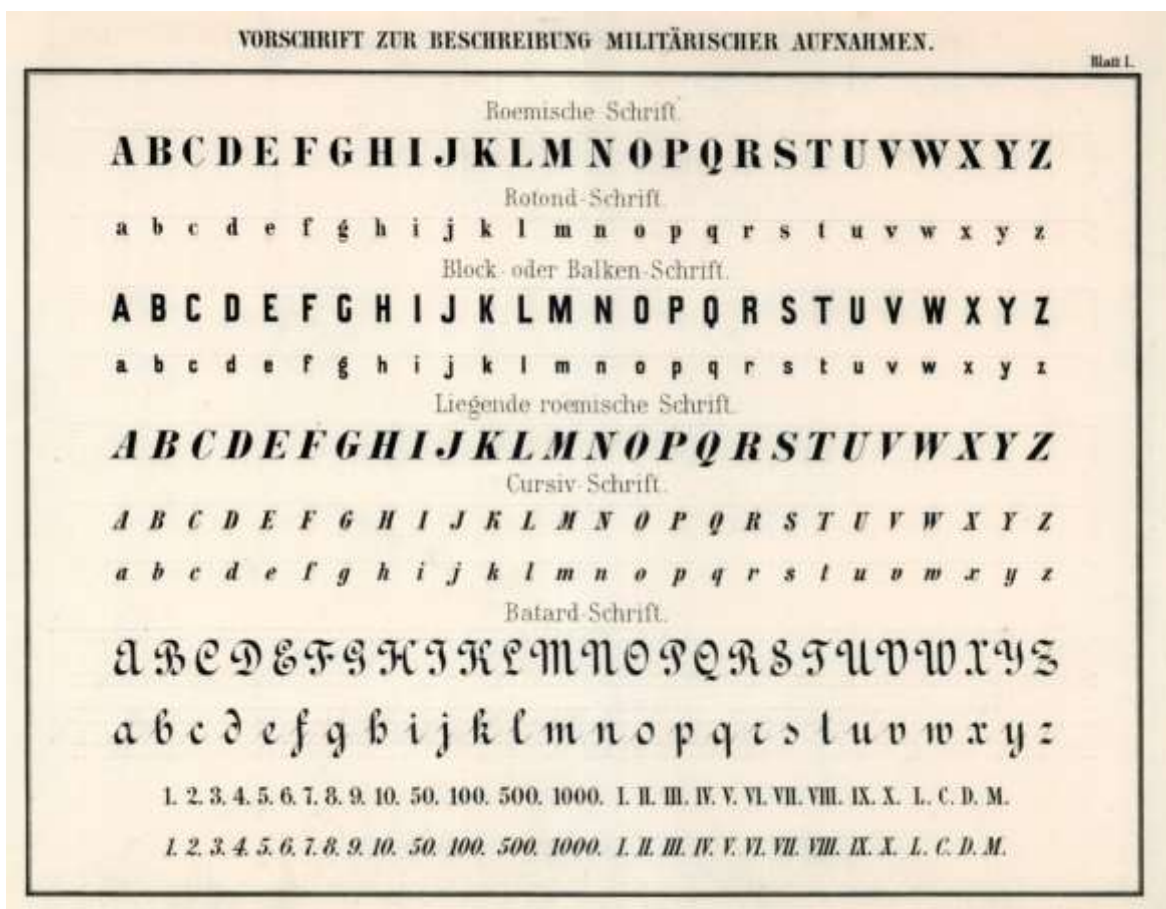
Obr. 5 Ukázky znázorňování prvků polohopisu pomocí bodových a liniových mapových znaků (Zeichnungsschlüssel zur Darstellung... 1875).

Znázornění terénu bylo provedeno kombinovaným způsobem, tj. výškovými číselnými údaji (kótami), vrstevnicemi, šrafováním podle upravené Lehmannovy stupnice a lavírováním (tónováním barvou) skal. Nejnázorněji byl terén zobrazován na topografických sekcích 1:25 000 šrafováním, které umožňovalo vyjádřit relativně každý

⁴ Heliogravura byla technika tisku z hloubky, která nahrazovala ruční rytí fotochemickým procesem. Byla založena na okopírování fotografického negativu na měděnou desku, a na naleptání desky za osvětlení. V desce byly vytvořeny různé hluboké jamky, do nichž byla nanášena barva (Wikipedie, 2013).

rozdíl ve sklonu, takže bylo možné rozlišit svahy příkré od pozvolných. Jako doplněk šrafování byl používán další vyjadřovací prostředek – vrstevnice po 100 metrech nebo v mírně zvlněných terénech ještě hustšími (20 m a 10 m), (Boguszak a Císař 1961). Podrobněji je znázorňování výškopisu popsáno v kapitole 2. Výškopis třetího vojenského mapování.

Názvy sídlišť byly na prvním místě německé, názvy pomístní byly v neněmecky mluvících krajích často zkomolené nebo poněmčené. Při reprodukci některým barevných otisků byly polohopisné údaje nečitelné. Popis v mapové kresbě i v mimorámových údajích byl psán černě latinkou. Velikost písma, která byla pro popis jednotlivých objektů udána v milimetrech, byla úměrná významu daného objektu. Bylo rozlišováno pět druhů písma – pro popis druhů pozemků a způsobu využívání písmo hůlkové, pro popis tvarů zemského povrchu, především hor a pohoří písmo batardové (Batard Schrift). Pro popis sídel, pevností a komunikací bylo používáno písmo ležaté rotondové (Rotond Schrift) a kurzíva, pro popis vodstva bylo použito písmo stojaté římské (Roemische Schrift). Využitím popisu a zkratk jako součástí mapových znaků bylo dosaženo velké rozmanitosti objektů (Vichrová 2012, 160). Ukázky druhů a velikosti písma jsou na obr. 6 a v příloze 2.



Obr. 6 Ukázky druhů písma (Zeichnungsschlüssel zur Darstellung... 1875).

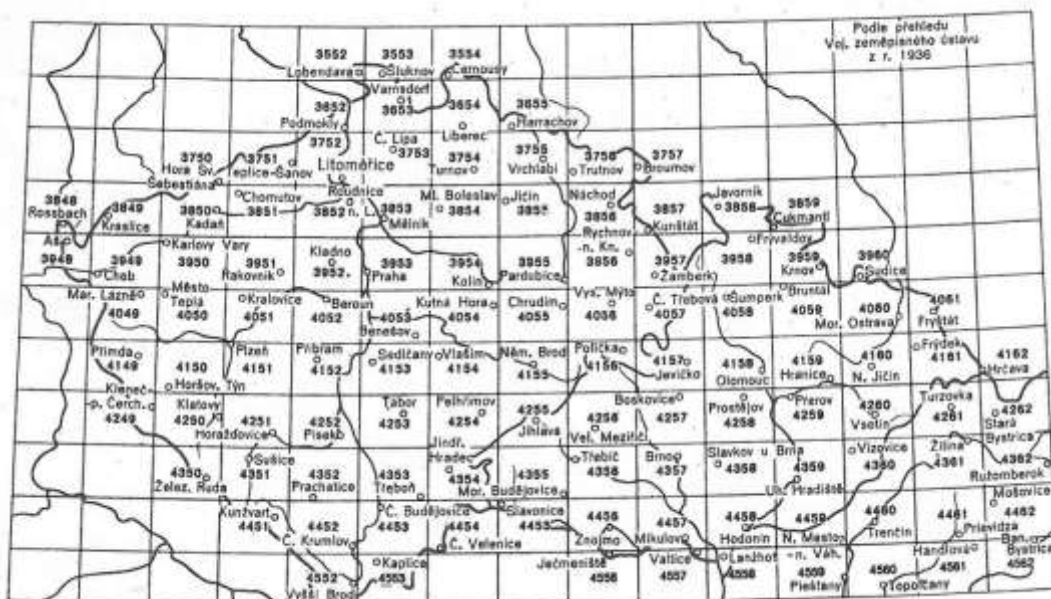
1.5 Odvozené mapy třetího vojenského mapování

Při třetím vojenském mapování byly vyhotoveny topografické sekce v měřítku 1:25 000. Tyto topografické sekce 1:25 000 byly vytvářeny jako podklad pro další odvozené mapy. Staly se tedy hlavním podkladem pro zakreslení polohopisného obsahu speciální mapy 1:75 000. Mezi další významná díla, která vznikla během třetího vojenského mapování, patří kromě mapy speciální, generální mapa 1:200 000 a přehledná mapa střední Evropy 1:750 000. Tato díla významně přispěla k rozvoji vědy, techniky a národního hospodářství (Boguszak a Císař 1961, 28). Ukázky topografických sekcí 1:25 000 a map odvozených jsou v přílohách 3 a 4.

Po vzniku Československé republiky v roce 1918 byly mapy třetího vojenského mapování z území Čech, Moravy, Slezska, Slovenska a Podkarpatské Rusi převzaty z vídeňského Vojenského zeměpisného ústavu zástupci čs. Vojenské zeměpisné služby, pracovníky nově založeného Vojenského zeměpisného ústavu v Praze. Avšak již v roce 1920 bylo přikročeno k jejich reambulaci a úpravám polohopisu, bylo vloženo české a slovenské názvosloví a šrafy nahrazeny vrstevnicemi (Dušátko 2008, 22). Výsledky tohoto mapování byly našim státním mapovým dílem až do roku 1957 (Veverka a Čechurová 2003, 103).

1.5.1 Speciální mapa 1:75 000 (Spezialkarte)

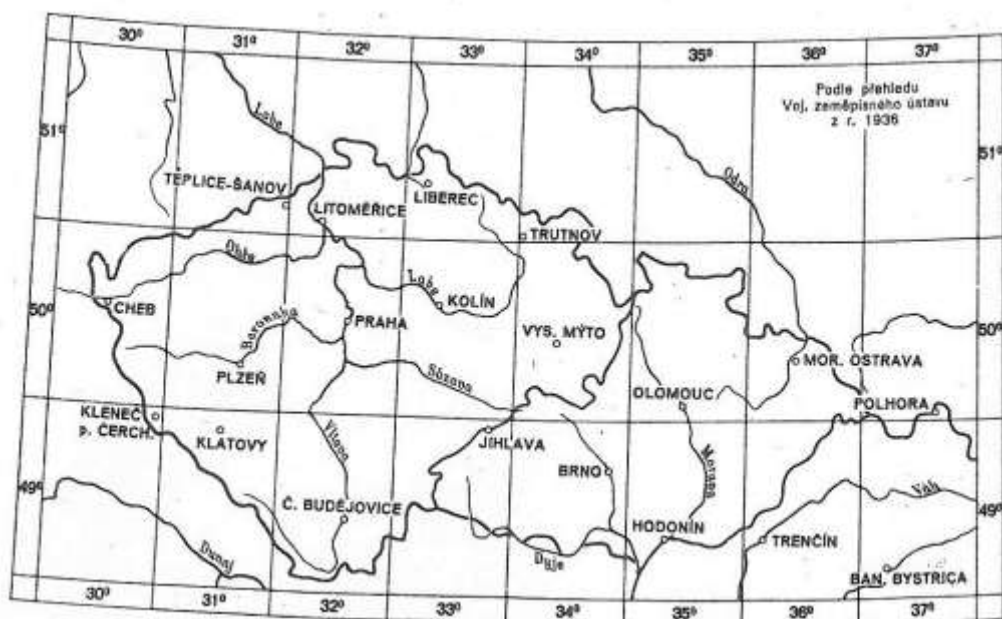
Nejproslulejší mapa rakouské státní kartografie je speciální mapa 1:75 000, která byla vyhotovena v letech 1869-1872. Klad listů byl proveden shodně se sítí zeměpisných souřadnic. Pro území Čech bylo vyhotoveno 71 listů, pro Moravu a Slezsko 39 listů. Průměrné rozměry listů speciální mapy v našich zemích byly 48 cm šířka x 37 cm výška. Jeden list zobrazoval plochu přibližně 1 000 km². Rohy mapových listů byly označeny zeměpisnými souřadnicemi a rám byl rozdělen na minuty zeměpisné šířky a délky, které umožňovaly zjistit zeměpisné souřadnice jakéhokoliv místa uvnitř listu. Ukázka kladu listů speciální mapy je na obr. 7. Měřítko bylo stanoveno v trojnásobném zmenšení topografických sekcí 1:25 000 tedy na 1:75 000. I obsah této mapy se shodoval s obsahem topografických sekcí. Nedochovalo téměř k žádné generalizaci a mapa byla zejména v oblastech s hustým osídlením přeplněna. Byl vypracován klíč smluvených značek, podle něhož se měly v mapě zobrazit především vojensky důležité předměty krajiny. Znázornění terénu bylo navrženo kombinovaným způsobem. Nadmořskými výškami byla označena všechna význačná místa polohopisu a terénního reliéfu. Pro vrstevnicový obraz byl zvolen základní interval 100 m a ve svazích se klonem 10° pomocné vrstevnice padesátimetrové. Třetím elementem bylo šrafování podle upravené Lehmannovy stupnice. Reprodukce nové mapy byla prováděna pomocí heliografické metody, protože mědirytina byla příliš zdoluhavá. Aby výrobní proces a provádění oprav byly co nejrychlejší a nejehospodárnější, bylo rozhodnuto tisknout mapy jednobarevně - černě (Boguszak a Císař 1961).



Obr. 7 Klad listů speciální mapy 1:75 00 v českých zemích (Boguszak a Císař 1961, 26).

1.5.2 Generální mapa 1:200 000 (Generalkarte)

V roce 1886 byla vydána instrukce pro zpracování nové generální mapy 1:200 000 jako jednotné mapy monarchie. Před samotným začátkem zpracování mapy byly vyhotovovány několik let zkušební listy v různých měřítkách. Se samotným vyhotovením bylo započato v roce 1887. Hlavní zásady při tvorbě mapy byly stanoveny tak, že dělení listů bylo provedeno v síti zeměpisných souřadnic, přičemž jeden list zobrazoval plochu 8 listů speciální mapy 1:75 000. Značení listů bylo dáno podle středu každého listu spolu s názvem nejvýznamnějšího místa, např. 32° 50' Praha. Čechy byly zobrazeny na 13 listech, Morava a Slezsko na 7 listech, průměrný rozměr listů generální mapy u Čech, Moravy a Slezska byl 36 cm na šířku a 55,6 cm na výšku. Jeden list zobrazoval plochu přibližně 8 000 km². Ukázka kladu listů je na obr. 8. Polohopis byl generalizován tak, aby obsahoval všechny silnice a udržované spojovací cesty, výjimečně i význačné polní cesty, stezky a pěšiny, všechna sídliště a pokud možno i všechny objekty, označované symbolem nebo zkratkou, např. zámky, továrny, dvory, mlýny, myslivny, hostince. Podél komunikací byly zakresleny i menší usedlosti a jednotlivé domy, stranou komunikací jen vojensky významné osamělé objekty, jako jsou kláštery, kostely, zříceniny, aj. Vodstvo bylo tištěno modře, lesy zeleně bez zvláštního vyznačení lesních okrajů. Znázornění terénu bylo zgeneralizováno, šrafovaný terén byl tištěn hnědou barvou (Boguszak a Císař 1961, 26 - 27).

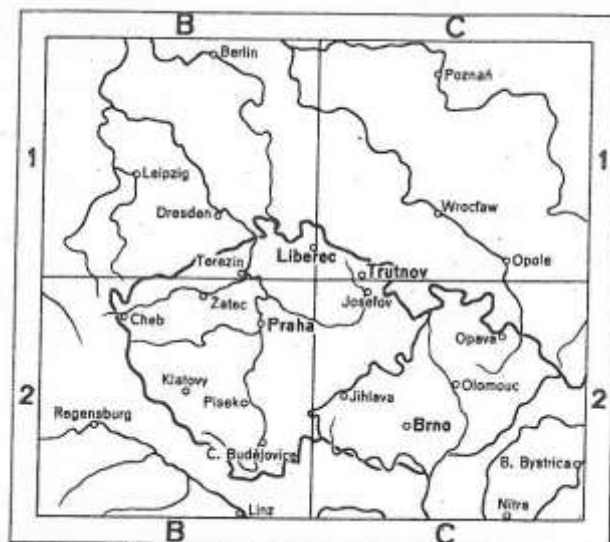


Obr. 8 Klad listů generální mapy 1:200 000 v českých zemích (Boguszak a Císař 1961, 27).

1.5.3 Přehledná mapa střední Evropy 1:750 000 (Übersichtskarte von Mitteleuropa)

Stejně jako v předchozím případě nejprve byly vyhotovovány zkušební listy a až teprve v roce 1881 bylo započato s originální kresbou. Mapa byla sestavena v stejnoplochem Bonneovo nepravém kuželovém zobrazení v měřítku 1:750 000. Mapové listy měly pravoúhlé rámy o rozměrech 39 x 33 cm a byly děleny v souřadnicové síti Bonneova zobrazení s počátkem v průsečíku 35° zeměpisné délky východně od Ferru a 48° severní zeměpisné šířky. Klad listů byl značen velkými písmeny pro sloupce a arabskými čísly pro vrstvy, takže měly označení například C 2. Území Čech bylo znázorněno na listech B 1, B 2, C 1, C 2, území Moravy a Slezska na listě C 2. Ukázka kladu listů je na obr. 9. Mapa byla zhotovena heliograficky a litograficky⁵ v pětibarevném provedení: písmo, železnice, a význačné spojovací cesty černě, silnice červeně, vodstvo modře, lemovka podél státních hranic zeleným rastrem a šrafovaný terén hnědě (Boguszak a Císař 1961, 27).

⁵ Litografie (nebo kamenotisk) byl reprodukční způsob, při kterém se získávala kresbou litografickou tuší nebo křídou na litografickém kameni tisková deska pro tisk z plochy. Její podstatou byl vyhlazený kámen, na jehož povrch byla ručně tuší přenesena kresba. Namaštěná místa přijímala mastnou tiskovou barvu a místa, která barvu nepřijímala, byla navlhčena vodou. Při výrobě tiskové formy bylo tedy využíváno vzájemné odpudivosti mastnoty a vody (Wikipedie, 2014).



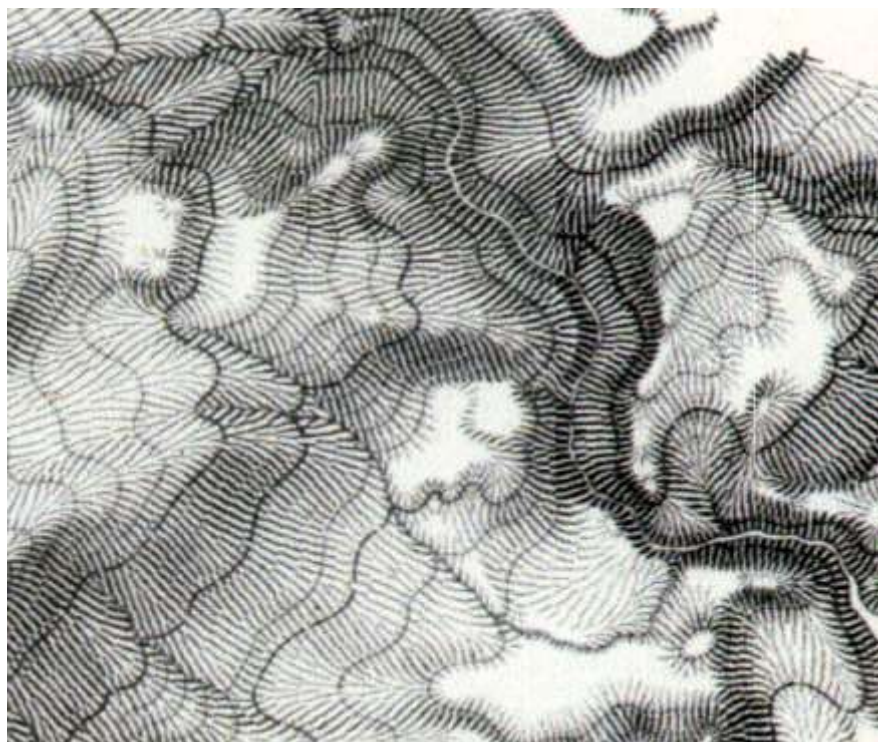
Obr. 9 Klad listů přehledné mapy střední Evropy 1:750 000 v českých zemích (Boguszak a Císař 1961, 28).

2. Výškopis na mapách třetího vojenského mapování

2.1 Vyjádření topografického povrchu na mapách šrafováním a pomocí vrstevnic

Zobrazení terénu na mapách třetího vojenského mapování bylo prováděno pomocí měření absolutních výšek jednotlivých bodů a poté šrafováním terénních tvarů, které zobrazovaly zemědělskou půdu, konstruováním vrstevnic a lavírováním skal a ledovců (Hofstätter 1989, 120).

Zobrazení terénu pomocí šrafování bylo základem metody navržené a popsané saským topografem J. G. Lehmannem. Metoda využívala dopad světla na vodorovnou rovinu. Při zakreslování terénu do roviny mapy bylo možné pro každou zakřivenou plochu vyjádřit množství odraženého světla dopadajícího do oka topografa. Pokud dopadly rovnoběžné paprsky kolmo na vodorovnou plochu, byla tato plocha osvětlená a na mapě byla vyjádřena bílou barvou. S rostoucí velikostí spádu byla plocha tmavší a při vyjádření v mapě bylo použito více černé barvy. Svislá plocha byla vyjádřena pouze černě (Vichrová M., Čada V. 2011, 2). Ukázka šrafování je na obr. 10.



Obr. 10 Ukázka šrafování (Zeichnungsschlüssel zur Darstellung... 1875).

Šrafování mělo především usnadnit znázornění podrobných tvarů mezi vrstevnicemi (Boguszak a Císař 1961, 29). Šrafy probíhaly podél spádových přímek a protínaly vrstevnice vždy kolmo. Šrafy byly tedy krátké části spádových přímek, které odpovídaly úhlu sklonu a byly zakresleny různou tloušťkou čáry v odpovídajících intervalech (Hofstätter 1989, 124). Pro šrafy byly stanoveny dvě stupnice – maximální pro zakreslování terénních tvarů bez vyjádření detailů a minimální pro zakreslování podrobných (detailních) terénních tvarů. Při prvním bylo použito 13 šraf na 1 cm vrstevnic a při druhém 20 šraf na 1 cm. Rozsah obou stupnic byl stejný, od spádu 0° do 40° s posledním stupněm 45° a více. Pro zakreslování terénních tvarů do map byly používány obě stupnice současně (obr. 11). Délka šraf byla stanovena na 2-3 mm, ve velmi mírných svazích mohla být maximálně 4 mm. V příkrých svazích byly délky šraf naopak ještě kratší. Tvar šraf mohl být rovný nebo mírně zakřivený na jednu stranu, vnější obrys mohl být obdélníkový, trapézový nebo klínový, ale také trojúhelníkový (Zeichnungsschlüssel... 1875).

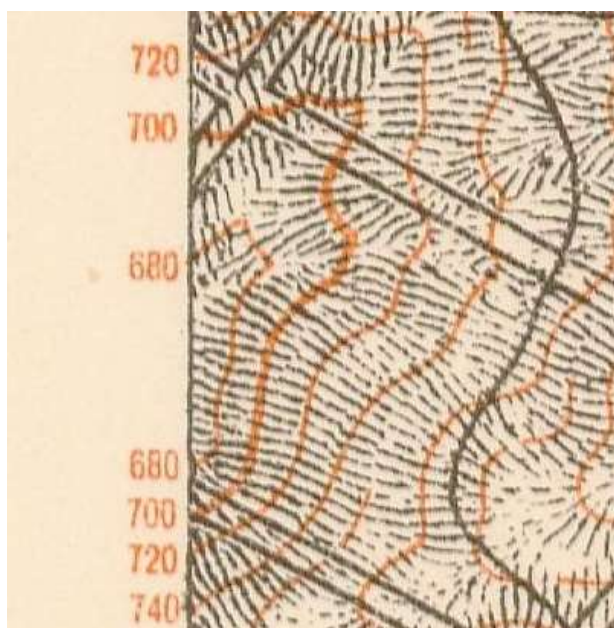


Obr. 11 Ukázka maximální (nahore) a minimální (dole) stupnice šrafování (Zeichnungsschlüssel... 1875).

V době třetího vojenského mapování bylo šrafování nejpoužívanějším způsobem zobrazení terénu. Znázorňování terénu bylo usnadněno v prostorech s bohatou katastrální kresbou ze stabilního katastru. Četné orientační body a čáry na mapě stabilního katastru umožňovaly správné polohové umístění bodů a čar terénní kostry (vrcholů, kup, sedel, hřbetnic, údolnic, hran), a tím i terénních tvarů, a také téměř zcela spolehlivý zákres spádnic, který byl rozhodující pro směr šraf (Boguszak a Císař 1961, 25).

Vrstevnicový obraz byl tvořen z průběžně kreslených stometrových vrstevnic, z dvacetimetrových vrstevnic kreslených ve sklonech menších než 25° a z desetimetrových pomocných vrstevnic kreslených ve sklonech menších než 10° (Boguszak a Císař 1961, 29). Na topografických sekcích v měřítku 1:25 000 byly vrstevnice po 100 m zvýrazněny, vrstevnice po 10 m byly vykreslovány pouze slabě nebo čárkovaně. Výšky vrstevnic buď nebyly zakresleny vůbec, nebo byly psány na okraj topografických sekcí. Zakreslení

vrstevnic a jejich výšek na sekcích je vidět na obr. 12. Naproti tomu ve speciálních mapách 1:75 000 byly zobrazeny vrstevnice jen po 100 m (normálně) a 50 m (čárkovaně) (Hofstätter 1989, 123). Vrstevnice byly nejčastěji výsledkem interpolace mezi výškově určenými body, nebyly geometrickým obrazem, ale pouze velmi hrubým nástinem terénu, protože se sestrojovaly až při zimní práci podle nepatrného počtu výškových bodů (Boguszak a Císař 1961, 29).



Obr. 12 Způsob zakreslení vrstevnic a jejich výšek na topografické sekci 1:25 000
(Archiválie Ústředního archivu zeměměřictví a katastru)

2.2 Způsob určení podrobných bodů výškopisu

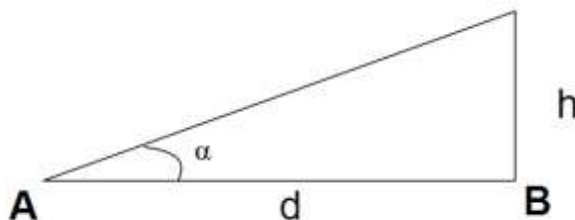
Výšková měření navazovala na revidované výšky trigonometrických bodů. Na jednu topografickou sekci 1:25 000 (250 km²) připadaly často jen tři trigonometrické body, takže další zhuštění trigonometrické sítě nedokonalými přístroji na velké vzdálenosti (mnohdy i 8 km) bylo nepřesné. Tyto nepřesnosti byly pak přenášeny a často se při podrobném měření zvětšovaly. Zejména kvůli rychlému tempu mapovacích prací byly výšky podrobných bodů často určovány jen z jednoho pozorování (Boguszak a Císař 1961, 29).

Bylo nutné určit dostatečný počet výškových bodů, které by byly podkladem ke správné konstrukci vrstevnic a k určení číselných údajů, jak u charakteristických míst terénního reliéfu, tak u význačných míst polohopisu. Na každý vyměřovací list, tj. ¼ topografické sekce 1:25 000 (cca 62 km²) ve velmi členité a nepřehledné vrchovině a hornatině připadlo 300 – 500, ve středohoří a ve velehorách 15 – 300 a v rovinatých územích 25 – 150 výškových bodů (Boguszak a Císař 1961, 24). To znamená, že na jednu topografickou sekci 1:25 000 mělo připadnout v průměru 1600 výškových kót, přičemž

každá výška musela být porovnána a zkontrolována se třemi jinými. V rovinných územích byl počet výškových bodů snižen na 400. Jako výchozí body pro výšková měření měl topograf k dispozici v průměru 8 – 9 pevných bodů vojenské a katastrální triangulace (Hostätter 1989, 120).

Výšková měření byla prováděna zpravidla trigonometricky, podle vzdáleností zjištěných na měřicím stole a vertikálních úhlů měřených výškoměrem a jen výjimečně, v zalesněném nebo jinak nepřehledném území, barometricky. Při podrobném měření výšek byla určována jednak důležitá místa v terénu (kupy, sedla, hřbetnice, údolnice, spočinky, vrcholy vyvýšenin...) a dále důležitější části polohopisu (kostely, kaple, kříže, křížovatky, soutoky...). Určené výšky měly být kontrolovány, avšak kontrola byla provedena pouze u menšího počtu bodů (Boguszak 1931, 122).

Princip měření výšky spočíval v tom, že z úhlu α , který svírala přímka vedená ze stanoviště A do cílového bodu B s horizontální vzdáleností $AB = d$, byl spočítán výškový rozdíl h podle vztahu $h = d * \tan \alpha$ (obr. 13). Při nepřesném určení vodorovné vzdálenosti mohla vzniknout chyba určení výškového rozdílu h , která se se zvětšujícím úhlem α zvyšovala (Hofstätter 1989, 121).



Obr. 13 Princip určení výškového rozdílu h .

Nejdůležitější pomůckou pro měření úhlů byl výškoměr, který umožňoval čtení svislých úhlů (obr. 14). První výškoměry k trigonometrickému měření výšek byly zavedeny již v roce 1860. Výškoměry měly půlkruhový segment rozdělený po 30' a jeden vernier umožňující čtení svislých úhlů s přesností pěti minut. Později byl segment nahrazen celým kruhem a k výškoměru byly připojeny dva verniery. K dalšímu zdokonalení došlo v letech 1876 a 1878, kdy byl výškoměr doplněn zařízením pro přesnou horizontaci. Kruh posledního typu výškoměru byl rozdělen po dvaceti minutách a verniery umožňovaly čtení svislých úhlů na jednu minutu. Při měření výšek tímto způsobem se musel topograf pohybovat od měřického stolu k výškoměru a nazpátek, protože rýsovka měřického stolu a výškoměr byly upevněny na čepových stojanech (Boguszak a Císař 1961, 24).



Obr. 14 Výškoměr topografa používaný po roce 1878 (Boguszak a Císař 1961, 25).

2.3 Původ výškových bodů na mapách třetího vojenského mapování

Poprvé byly výškové body na území České republiky změřeny ve třicátých letech 19. století při budování triangulace stabilního katastru. Pro měření výšek při třetím vojenském mapování chyběl na počátku jednotný a spolehlivý základ. Požadavek mít rychle k dispozici vojenskou mapu byl zásadní, a proto musely být použity tehdy dostupné podklady, které vznikly právě při budování triangulace stabilního katastru (Hofstätter 1989,121). V letech 1875-1879 bylo rozhodnuto o revizi výšek, jejímž výsledkem bylo podrobné rozvinutí české výškové sítě. Byly určeny nové body, které byly nezávislé na bodech stabilního katastru. Tyto výšky se staly základem pro výškové zpracování terénu třetího vojenského mapování.

2.3.1 Budování triangulace a výsledky měření stabilního katastru

Číselným výškopisným základem pro třetí vojenské mapování měly být výšky trigonometrických bodů stabilního katastru určené trigonometricky v českých zemích v různých etapách v letech 1824-1840 a odvozené od střední hladiny Jadranského moře (Boguszak a Císař 1961, 24).

Budování triangulace stabilního katastru bylo na tehdejší území Čech a Moravy prvním soustavným trigonometrickým měřením svého druhu, proto bylo následně zjištěno poměrně velké množství nedostatků. Některé chyby vznikly již při měření použitím nepřesných přístrojů, dále nevhodnými početními metodami, a někdy i nesprávnou redukcí rozměrů signálů. K nepřesnosti také přispěla z části i okolnost, že stabilizace bodů stabilního katastru byla provedena až desítky let po provedení zaměření, takže dodatečně stabilizované body neodpovídaly často ani polohově, a tím také výškově. Přes tyto všechny

nedostatky sloužily výšky stabilního katastru k orientaci výškových poměrů v terénu a byly nutné pro přípravu měření ve třetím vojenském mapování. (Lukášek, 204).

Soupisy s výpočty a výsledky měření, vzniklé při budování triangulace stabilního katastru, jsou uloženy v Ústředním archivu Zeměměřického úřadu v Praze. Byly prostudovány dva soupisy výšek trigonometrických bodů - (Zusammenstellung..., 1825-1840) a (Hohen-Messungen. Böhmen, 1824-1840) z období mezi lety 1824-1840.

Soupis (Zusammenstellung..., 1825-1840) je součástí fondu Cassini-Soldnerova zobrazovací soustava (1821-1915), uložený pod signaturou A2/a/G25. Soupis obsahuje výpočty absolutních a vyrovnaných výšek všech trigonometrických bodů na území Čech. Absolutní výšky trigonometrických bodů jsou vypočteny aritmetickým průměrem ze součtů nadmořských výšek připojovacích bodů a odpovídajících výškových rozdílů. Výpočty jsou provedeny na ručně vyhotovených formulářích, které obsahují ve sloupcích řadu připojovacích bodů jednoho stanoviska, jejich nadmořské výšky, hodnoty dřívě určených výškových rozdílů mezi stanoviskem a určitým připojovacím bodem, součty nadmořských výšek a výškových rozdílů a definitivní hodnotu absolutní výšky stanoviska (obr. 15).

1	2	3	4	5	6
na Skalich	Zitka	290,38	-102,07	288,31	
na Suchowitz	Zitka	275,16	+12,95	288,11	
Strasch	SE	279,50	+8,59	288,09	
Spalcowo	SE	224,46	-26,40	288,06	
S. Barbara	SE	221,27	-22,97	288,30	Mittel = 288,30
Herbina	SE	297,51	-106,20	288,31	
Trzemshin	SE	400,49	-145,15	288,34	
Bozmital	SE	274,60	+13,75	288,35	
					288,31

Obr. 15 Výpočet výšky trigonometrického bodu (Zusammenstellung..., 1825-1840).

- 1** – název připojovacího bodu, **2** – název trigonometrického bodu,
3 – výška připojovacího bodu, **4** – výškový rozdíl mezi trigonometrickým a připojovacím bodem, **5** – vypočtená výška trigonometrického bodu, **6** – definitivní hodnota výšky trigonometrického bodu.

Dále byl prostudován soupis (Hohen-Messungen. Böhmen, 1824-1840), který je součástí fondu Cassini-Soldnerova zobrazovací soustava (1821-1915), uložený pod signaturou A2/a/G16. Soupis obsahuje trigonometricky určené nadmořské výšky bodů. Na levé straně rozevřeného tiskopisu jsou vždy zaznamenány dvojice stanoviska a okolních

bodů, jejich redukované zenitové vzdálenosti, délky stran trojúhelníka a vypočtené výškové rozdíly mezi stanoviskem a příslušným bodem z okolí. Na pravé straně jsou hodnoty výšek vypočtených na levé straně a konečná hodnota trigonometrické výšky získané průměrem předchozích hodnot (obr. 16 a obr. 17).

Beobachtete und auf den natürlichen Boden reducirte Zenith-Distanzen.			Geodetische Entfernungen in Wund. Maßst.	Berechnete Höhenunterschiede
Profberg	Tetsch	89. 47. 29,8	5823,74	+ 29,31
Tetsch	Profberg	90. 16. 24,1		
Prozoulow	Tetsch	89. 11. 47,6	5354,18	+ 79,07
Tetsch	Prozoulow	90. 53. 19,4		
Kozzemenitz	Tetsch	89. 44. 23,9	7208,96	+ 29,32
Tetsch	Kozzemenitz	90. 21. 54,1		

Obr.16 Levá strana tiskopisu (Hohen-Messungen. Böhmen, 1824-1840).

Höhen über dem Meere	Mittel	Erhöhung der natürlichen Boden über dem Niveau des Adriatischen Meeres und Lage des Punktes.
321,61	321,51	Tetsch.
321,59	321,51	Lung, 1/2 Meil. nördlich von Chrastitzsch, Grunuff's Werlich, Quadr. Chrastitzsch. Stein.
321,28		W.C. I. 2d.

Obr.17 Pravá strana tiskopisu (Hohen-Messungen. Böhmen, 1824-1840).

1 – názvy stanoviska a okolního bodu, **2** – redukovaná zenitová vzdálenost stanoviska a okolního bodu, **3** – délka stran trojúhelníka, **4** – výškový rozdíl mezi stanoviskem a příslušným okolním bodem, **5** – vypočtená výška trigonometrického bodu, **6** – konečná hodnota výšky trigonometrického bodu.

2.3.2 Revizní měření výšek

Z důvodu nedostatků uvedených v kapitole 2.3.1 Budování triangulace a výsledky měření stabilního katastru, byly trigonometrické body stabilního katastru nepřesné, nejen co do svých absolutních, ale i relativních hodnot. Tím pádem nevyhovovaly požadavkům, které byly kladeny na nové mapování (Lukášek, 196), (Boguszak 1931, 122), (Boguszak a Císař 1961, 24) a (Mikšovský a Zimová 2006, 6). Proto bylo v roce 1875 na celém území tehdejšího Rakouska-Uherska rozhodnuto o urychleném revizním měření výšek s připojením na síť přesné nivelace. Mezinárodní přesná nivelace byla však započata přibližně v době, kdy bylo zahájeno třetí vojenské mapování a v době revize byla velice řídká (Boguszak a Císař 1961, 24).

Nové výškové měření v Čechách připravil Sterneck již v letech 1864-1867, kdy zaměřil zenitové vzdálenosti mezi 40 hlavními body. Položil tedy základy pro vytvoření české výškové sítě. Toto měření zhodnotil však až v letech 1875-1879, kdy bylo překročeno k velké revizi výšek na území tehdejších Čech a Moravy. Přesná nivelace, na kterou bylo nutno se připojit, nebyla v Čechách ještě započata. Proto revize výšek navázala na trigonometrický bod stabilního katastru Kozí hon (Fliegengas) u Mikulova na jižní Moravě, jehož nadmořská výška byla již určena připojením na přesnou nivelaci. Tento bod byl pak řetězcem trojúhelníků spojen s českou hlavní výškovou sítí, která byla rozvinuta podrobněji, a to tak, že po dostatečném určení přechodných bodů byly na každou čtvereční míli stanoveny nové nadmořské výšky nejméně tři bodů, které byly zcela nezávislé na výškách určených ve stabilním katastru (Lukášek, 198), (Boguszak a Císař 1961, 24) a (Boguszak 1931, 122).

Měření pokračovalo velmi rychle, aby nové výškové údaje byly jednotlivým mapovacím oddělením ještě včas k dispozici. Revize výšek byla provedena před samým mapováním, topograf před odchodem na polní práce byl vybaven ještě výškami stabilního katastru, které poznamenal na oleáty bodů, kdežto v originální kresbě figurují již výšky nové. Jsou ale i případy, i když velmi řídké, že výšky stabilního katastru byly ponechány a zakresleny do originální kresby. Výsledky revizního měření jsou označovány jako původní vyměřování (Lukášek, 198).

2.4 Připojení triangulace stabilního katastru na body přesné nivelace

Souběžně s revizí probíhalo i výškové měření bodů sítě přesné nivelace. Výškové body stabilního katastru byly později připojeny na body přesné nivelace.

2.4.1 Mezinárodní přesná nivelace

Přesná nivelace byla započata velmi pozdě, a proto se nebyla včas rozvinouta po celém zájmovém území a nemohlo jí být plně využito (Lukášek, 205). Jako příklad lze uvést

přesnou nivelaci provedenou až v roce 1884 v Praze. V tomto roce bylo schváleno říšským ministerstvem války pokračování nivelace v severní části Čech. K tomuto účelu bylo nutné provést nivelaci v Praze, která měla zajistit pokračování prací do daného směru. Jako výchozí výšková značka pro tuto nivelaci byla použita výšková značka na Smíchovském nádraží. Nadmořská výška této značky byla odvozena od výškové značky v Terstu na linii Graz – Vídeň – Břeclav - Znojmo – České Budějovice – Plzeň – Praha a byla stanovena na 199,090 m nad střední hodnotou hladiny moře v Terstu (*Mittheilungen...*, 1887).

Celá nivelační síť byla dokončena po roce 1896. V tomto roce bylo zahájeno měření vedlejších nivelačních pořadů. Celková délka nivelačních pořadů v Rakousku-Uhersku dosahovala do roku 1914 22 935 km s 16 652 výškovými body (Hofstätter 1989, 110).

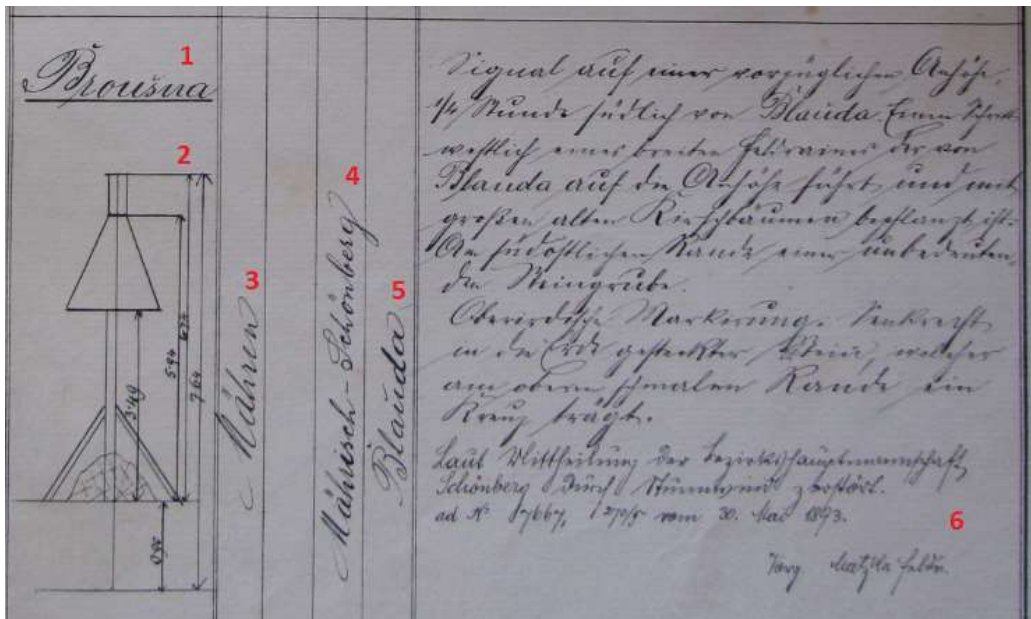
Pokud byly body přesné nivelace umístěny na objektech, byly opatřeny kovovou destičkou s výškovou značkou. Kóta byla vztažena na tuto značku. U značek umístěných na kostelích a jiných významných budovách, kde byly osazeny výškové kóty, byla výška vztažena na přirozený terén. Výškové kóty na mostech byly vztahovány na mostovku, na železnici k hlavě kolejnice a u vodních ploch na vodní hladinu za normálního stavu nebo nulu vodočtu. Veškeré výškové údaje byly udávány v metrech (*Zeichnungsschlüssel...* 1875).

2.4.2 Postup připojení bodů stabilního katastru na přesnou nivelaci

Přesná nivelace přispěla v mnohých částech území tehdejšího Rakouska-Uherska ke zlepšení výškového materiálu, a to tím, že pojala mnohé identické body stabilního katastru do nivelačních tratí buď přímo, nebo vedlejším připojením (Lukášek, 196), (Boguszak 1931, 122) a (Boguszak a Císař 1961, 24).

Součástí triangulačního operátu uloženého v Ústředním archivu Zeměměřického úřadu v Praze jsou výsledky úkolu provést výšková měření pro připojení na přesnou nivelaci (*Triangulierung zur Festlung...*, 1892). Soupis je součástí fondu Cassini-Soldnerova zobrazovací soustava (1821 – 1915), uložený pod signaturou A2/a/G31 (Triangulace k připojení na přesnou nivelaci). Údaje a výpočty, které jsou v soupisu shromážděné, slouží k připojení triangulace stabilního katastru na určité body přesné nivelace a k reambulačním účelům. Z uvedených protokolů je patrný vztah mezi výškami stabilního katastru, výškami původního vyměřování a přesnou nivelací.

Celý soupis se skládá z několika částí – zápisníky místopisů (obr. 18), zápisníky směrových tabulek, zápisníky výpočtů trojúhelníků, zápisníky výpočtů výškových rozdílů a absolutních výšek, zápisníky výpočtů souřadnic od poledníkové a rovnoběžkové osy a na konci mapa Moravy, Slezska a východní části Čech s korekcemi.



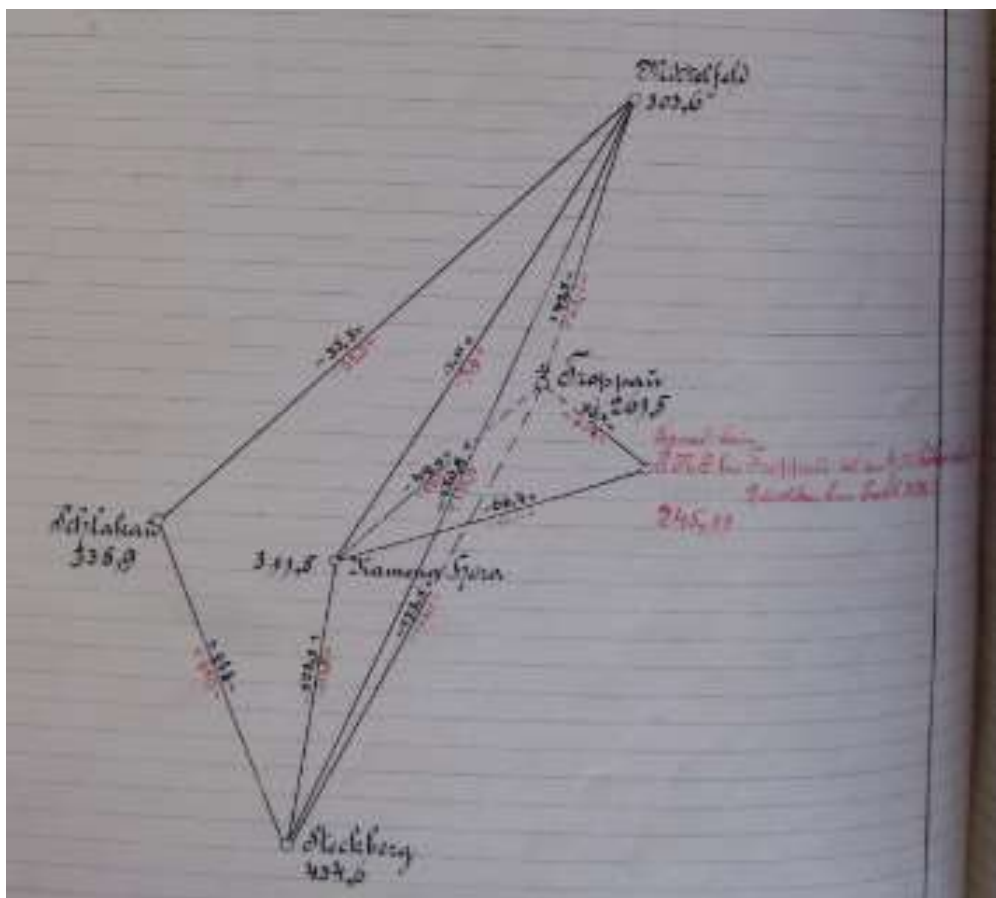
Obr.18 Ukázka formuláře místopisu trigonometrického bodu (= Topographische Beschreibungen der trig. Punkte) (Triangulierung zur Festlung..., 1892).

- 1** – název bodu, **2** – zakres tvaru a výškových rozměrů pyramidy, **3** – země,
4 – okres, **5** – panství, **6** – místopis, popis stabilizace

Určování výškové korekce vycházející ze vztahu mezi výškami bodů stabilního katastru a výškou příslušného bodu přesné nivelace bylo prováděno výpočtem z trojúhelníků. Od výšky bodu přesné nivelace byla odečtena výška bodu stabilního katastru. Výšková korekce byla určena jako průměr těchto rozdílů. Celý postup stanovení výškové korekce je v třetí části soupisu - zápisník výpočtů trojúhelníků (=Berechnung der Dreiecke). Zápisník se skládá z 35 protokolů. Každý protokol obsahuje titulní list (obr. 19), zobrazení řešeného trojúhelníka (obr. 20) a souřadnice jeho vrcholů, výpočet trojúhelníka ze souřadnic, tabulku měřených vodorovných úhlů a tabulku stanovení výškové korekce (obr. 21).



Obr.19 Titulní list protokolu s jednotným nápisem Anschluss an das Präzisions Nivellement bei Ausgeführt durch Lieutenant Karl Scharf 1892. (Triangulierung zur Festlung..., 1892).



Obr.20 Náčrt řešeného trojúhelníka (Triangulierung zur Festlung..., 1892).

Name der trig. Punkte	Die absoluten Höhen resultieren			Differenz mit	
	Anschluss	Kataster	Spezialkarte	Kataster	Spezialkarte
Kirch tm. Troppau n. Boden	261,5	249,7	260		-1,5
Mittelfeld	303,6	299,4	304	-4,2	+0,4
Schlakau	338,9	334,4	339	-4,5	+0,1
Steckberg	434,6	429,8	433	-4,8	-1,6
Kamena hora	311,5	307,4	311	-4,1	-0,5
P.N.P. bei Troppau	245,1				

Mittel = -4,4

Obr.21 Tabulka pro stanovení výškové korekce (Triangulierung zur Festlung..., 1892).

Hodnoty pro stanovení výškové korekce z výše uvedeného obr. 21 jsou přepsané do tabulky 1. Tabulka obsahuje vždy název bodu, odkud výška vychází, a vypočtené rozdíly výšky bodu přesné nivelace a výšky bodu stabilního katastru. Hodnoty v uvedené tabulce jsou v metrech.

Tab. 1 Tabulka pro stanovení výškové korekce.

název trigonometrického bodu	absolutní výška (h [m]) vycházející z			rozdíly (dh [m]) s	
	připojení ¹	katastru ²	speciální mapy ³	katastem ²	speciální mapou ³
Kirch tm. Troppau	261,5	249,7	260		-1,5
Mittelfeld	303,6	299,4	304	-4,2	+0,4
Schlakau	338,9	334,4	339	-4,5	+0,1
Steckberg	434,6	429,8	433	-4,8	-1,6
Kamena hora	311,5	307,4	311	-4,1	-0,5
P.N.P. bei Troppau	245,1				

Průměr = -4,4

¹ přesná nivelace, ² stabilní katastr, ³ původní vyměrování

Postup výpočtu výškové korekce vychází z následujících vzorců:

$$h_{\text{katastr}} - h_{\text{připojení}} = dh_{\text{katastr}} \quad \text{př. } (299,4 - 303,6 = -4,2\text{m})$$

$$h_{\text{spec.mapa}} - h_{\text{připojení}} = dh_{\text{spec.mapa}} \quad \text{př. } (304 - 303,6 = 0,4\text{m})$$

$$\text{Průměr} = \sum dh_{\text{katastr}} \quad \left(\frac{-4,2 - 4,5 - 4,8 - 4,1}{4} = -4,4\text{m} \right)$$

Na konci soupisu je vlepena mapa Moravy, Slezska a východní části Čech s výrazným vyznačením a očíslováním bodů přesné nivelace, na které bylo provedeno připojení triangulace, a přesný náčrt země Moravskoslezské, rozdělené na fundamentální listy, v nichž jsou uvedeny příslušné hodnoty korekcí, o které bylo nutno opravit výšky bodů stabilního katastru v daném fundamentálním listu (příloha 5).

2.5 Porovnání výšek z triangulace stabilního katastru a výšek uvedených na mapách třetího vojenského mapování

Z Ústředního archivu Zeměměřického úřadu v Praze byl získán soupis trigonometrických bodů pro Čechy, Moravu a Slezsko s určenými výškami a topografickým popisem bodů - Abstände, Höhen und Topogr. Beschreibungen der Katasterpunkte Böhmen, Mähren u. Schlesien, (Abstände, Höhen..., 1873). Soupis je součástí fondu Cassini-Soldnerova zobrazovací soustava (1821-1915), uložený pod signaturou A2/a/G28 (Výsledky triangulačních prací 1873). V seznamu jsou uvedeny trigonometrické body určené při budování triangulace stabilního katastru a červeně jsou označeny body, které nebyly dohledány v terénu při revizi v červenci 1873 (obr. 22 a obr. 23). Celý soupis trigonometrických bodů (Abstände, Höhen... 1873) je rozdělen na dvě části – body pro tehdejší území Čech a body pro tehdejší území Moravy a Slezska. Pro účely bakalářské práce byly použity vybrané trigonometrické body z první části soupisu.

U jednotlivých bodů v seznamu (Abstände, Höhen... 1873) je vždy uveden název trigonometrického bodu, správní zařazení (kraj, okres nebo panství), sekce mapového listu, souřadnice v gusterbergském souřadnicovém systému, absolutní výška vztažená na signál, absolutní výška vztažená na terén a topografický popis okolí trigonometrického bodu. Souřadnice i výšky jsou uváděny ve vídeňských sázích.

Name des Punktes	Ar. Jahr	Beobachter	An. im Reichsd. No.	Lu. im Reichsd. No.	befinden sich			Abstand in Wiener-Klaftern		
					Land	in dem		in der Mappingungs-Section	von dem	
						Neu. Insult. oder Urins. Regiment	Bezirks- oder Besatzung		Meridian	Perpendikel
1					2	3	4		5	
Gälsberg					Altegen	Wallach	V - 7	-32872,2	125722,1	
Gäls Klamm					Tilsen	Kaplan	VIII - 9	-58874,1	114397,9	
Gäls					Brunau	Kingwald	II - 9	+9320,4	113396,3	
Gamsberg					Neuggraß	Waldemar	II - 5	+11287,0	113922,3	
Gankowa					Crastau	Herrnau	VIII - 10	+55923,1	107919,9	
Ganda					Tabor	Skopow	IV - 13	+24049,7	79053,3	
Gand					Radwan	Tromben	II - 17	+3231,2	49715,9	
Gähängberg					Altegen	Elck	X - 7	-75489,9	130152,2	
Gittsch					Sutowitz	Scherbils	I - 1	+2378,1	119879,2	
Girsberg					Tilsen	Tschau	VIII - 11	-63077,6	93567,9	
Guttschlag					Endras	Schmiedl	II - 19	+3163,1	133346,4	
Guchtsberg					Tilsen	Tschau	VIII - 10	-37623,0	104071,1	
Gustenberg					Sutowitz	Kuanspach	I - 1	+6727,6	114072,6	
Gebirze					Thudern	Späberitz	VIII - 9	+23747,3	114688,2	
Gjung					Altegen	Herrnau	VI - 8	-40132,3	121702,6	

Obr. 22 Ukázka ze soupisu trigonometrických bodů pro Čechy – levá strana (Abstände, Höhen... 1873).

1 – název trigonometrického bodu, 2 – kraj, 3 – okres, 4 – mapový list (stabilního katastru), 5 – souřadnice trigonometrického bodu

Geographische		Seite des Be- trags- Datschka die pro- Position	Höhe in Wiener-Klaftern über dem Meere		Topographische Beschreibung und Anmerkungen.
Breite	Länge		der Signale Spitze	natürlich Bodens	
			334,26	7	Geographische Höhe des Punktes 12 Meilen östlich von Prag auf dem Berg...
			335,79	6	Geographische Höhe des Punktes 12 Meilen östlich von Prag auf dem Berg...
			153,74	192,19	Geographische Höhe des Punktes 12 Meilen östlich von Prag auf dem Berg...
			320,36		Geographische Höhe des Punktes 12 Meilen östlich von Prag auf dem Berg...
			209,25		Geographische Höhe des Punktes 12 Meilen östlich von Prag auf dem Berg...
			237,74		Geographische Höhe des Punktes 12 Meilen östlich von Prag auf dem Berg...
			311,86		Geographische Höhe des Punktes 12 Meilen östlich von Prag auf dem Berg...
			330,25		Geographische Höhe des Punktes 12 Meilen östlich von Prag auf dem Berg...
			379,36		Geographische Höhe des Punktes 12 Meilen östlich von Prag auf dem Berg...
			335,13		Geographische Höhe des Punktes 12 Meilen östlich von Prag auf dem Berg...
			298,23		Geographische Höhe des Punktes 12 Meilen östlich von Prag auf dem Berg...
			299,13		Geographische Höhe des Punktes 12 Meilen östlich von Prag auf dem Berg...
			217,46		Geographische Höhe des Punktes 12 Meilen östlich von Prag auf dem Berg...
			144,26		Geographische Höhe des Punktes 12 Meilen östlich von Prag auf dem Berg...
			374,26		Geographische Höhe des Punktes 12 Meilen östlich von Prag auf dem Berg...

Obr. 23 Ukázka ze soupisu trigonometrických bodů pro Čechy – pravá strana (Abstände, Höhen... 1873).

7 – výška signálu trigonometrického bodu, 8 – výška trigonometrického bodu, 9 – místopis.

Výšky uvedené v (Abstände, Höhen..., 1873) byly porovnány s výškovými body uvedenými na výsledných topografických sekcích třetího vojenského mapování v měřítku 1:25 000⁶. Pro porovnání bylo zvoleno území čtyř tehdejších krajů – Plzeňského, Klatovského, Prácheňského a Berounského. Na odpovídajících topografických sekcích 1: 25 000 bylo pro porovnání nalezeno celkem 634 identických bodů. Postupně bylo vyloučeno 75 bodů, u kterých nebyla na mapách nebo v (Abstände, Höhen... 1873) uvedena výška a 24 bodů, které byly v topografických sekcích 1:25 000 nečitelné. Celkový počet bodů, které byly použity pro porovnání, se tak snížil na konečných 535 (Tab. 2).

Body z (Abstände, Höhen... 1873)		Body z topografických sekcí 1:25 000		Celkový počet identických bodů
503	údaje uvedeny bez poznámek	soubor bodů pro statické hodnocení		535
32	body, které nebyly dohledány v terénu			
27	nemá uvedenou výšku	27	je nutno vyloučit	562
48	je nutno vyloučit	48	nemá uvedenou výšku	610
24	je nutno vyloučit	24	je nečitelných	634

Tab. 2 Počet hodnocených bodů.

Pro testování shodnosti zápisu výšek na topografických sekcích 1:25 000 a v (Abstände, Höhen... 1873) byl stanoven průměrný rozdíl výšek identických bodů dz :

$$dz = \frac{\sum_{i=1}^n dz_i}{n}$$

a testovací parametr Δ_{dz} :

$$\Delta_{dz} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n dz_i^2}{n}}$$

kde dz_i jsou rozdíly výšek identických bodů uvedených v (Abstände, Höhen... 1873) a na topografických sekcích 1:25 000 ($dz_i = z_{SK} - z_{III.VM}$) a n je počet identických bodů.

Ze souboru hodnocených veličin byla vyloučena odlehlá pozorování, tj. byly vyloučeny všechny body, pro které byla hodnota rozdílu dz_i větší než trojnásobek

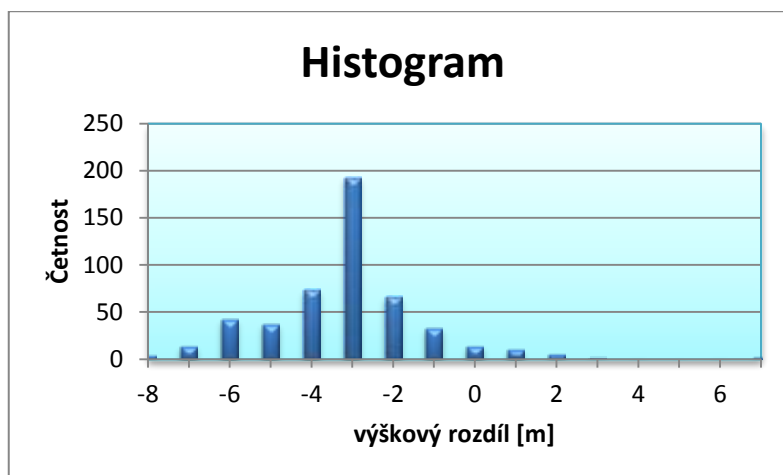
⁶ Výslednými topografickými sekcemi třetího vojenského mapování v měřítku 1:25 000 jsou myšleny sekce, na kterých jsou uvedeny výšky ze stabilního katastru po připojení na přesnou nivelaci. Dále v práci už jsou označovány pouze jako topografické sekce 1:25 000.

testovacího parametru Δ_{dz} . Počet bodů se tak snížil na 524. Celý postup byl několikrát opakován a změny hodnot v jednotlivých krocích jsou uvedené v tabulce 3.

počet testovaných veličin	testovací parametr		počet vyloučených bodů
	Δ_{dz}	$3 * \Delta_{dz}$	
535	7,29	21,88	11
524	5,30	11,91	7
517	2,74	8,23	19
498	1,95	5,84	63
435	1,50	4,49	67

Tab. 3 Testování odlehlých pozorování.

Po třetím kroku by následovalo vyloučení 63 bodů. Vzhledem k faktu, že po jejich vyloučení by testovací parametr nevykazoval řádových změn, nelze tyto body již považovat za hrubé chyby a není nutné je ze souboru hodnocených veličin vylučovat. Celkem bylo tedy vyloučeno 37 bodů. Ze stávajícího souboru 535 identických bodů se počet snížil na konečných 498 hodnocených bodů. Výsledky vyloučení odlehlých pozorování byly ověřeny ve statistickém programu Dt2, jehož autorem je Doc. RNDr. Jiří Reif, CSc. Na obr. 24 je zobrazen histogram relativních četností výškových rozdílů pro konečný počet 498 výškových bodů.



Obr. 24 Histogram relativních četností

Z rozdílů výšek identických bodů byl stanoven testovací parametr 7,29 m a průměrný rozdíl výšek identických bodů nabył hodnoty -3,42 m. Po vyloučení odlehlých pozorování nabył testovací parametr hodnoty 1,95 m a průměrný rozdíl výšek -3,60 m.

Z výsledků vyplývá, že soubor hodnocených veličin je zatížen systematickou chybou, která je patrná i z histogramu četností.

2.5.1 Zhodnocení zjištěných výsledků při určení výšek na mapách třetího vojenského mapování

Porovnáním výšek uvedených v (Abstände, Höhen... 1873) a výškových bodů na výsledných topografických sekcích třetího vojenského mapování v měřítku 1:25 000 bylo pro zvolené území potvrzeno srovnání výšek uvedené v (Lukášek, 198). V jižních a západních Čechách jsou výsledné výšky třetího vojenského mapování o 2 – 4 výš než výšky stabilního katastru. Výsledky srovnání podle (Lukášek, 198) jsou v příloze 6.

Systematická chyba v souboru hodnocených veličin byla pravděpodobně způsobena volbou jiného základního výškového bodu. Nadmořské výšky v rakousko-uherské monarchii byly udávány v jadranském výškovém systému, jehož základ tvořila hladina Jaderského moře. Jako výchozí výška byla v roce 1875, tedy až v průběhu třetího vojenského mapování, určena dočasná výšková značka měrky výšky vody na budově finanční stráže na molu Sartorio v Terstu (obr. 25). Na základě měření profesora námořní akademie v Terstu dr. Farolfiho byla stanovena výška mořské hladiny +3,352 m nad dlouholetým průměrem vody (Hofstätter 1989, 110) a (*Instrukce...*, 1921). Výška hladiny Jaderského moře byla zkoumána ještě později, na počátku 20. století a bylo zjištěno, že výšky souhlasily s dříve vypočtenými hodnotami. Podrobnosti a měření z roku 1906 jsou uvedeny v příloze 7.

Z výše uvedených informací vyplývá, že ve zvoleném území jsou výšky uvedené na výsledných topografických sekcích třetího vojenského mapování v měřítku 1:25 000 připojeny na přesnou nivelaci a tedy na výškovou značku v Terstu určenou v roce 1875, zatímco výšky bodů stabilního katastru byly vztaženy na jiný základní výškový bod.



Obr. 25 Výškoměrná stanice na SV straně Mola Sartorio (Pešťák J. 2005, 2).

3. Přesnost výškopisu na mapách třetího vojenského mapování

3.1 Analýza přesnosti výškových bodů na topografických sekcích 1:25 000

3.1.1 Naplnění databáze pro analýzu přesnosti výškových bodů na topografických sekcích 1:25 000

Analýza přesnosti výškových bodů byla provedena na výsledných topografických sekcích třetího vojenského mapování v měřítku 1:25 000. Ústřední archiv Zeměměřictví a katastru umožňuje bezplatné prohlížení svých archiválií. Pro zpracování bakalářské práce byly tedy k dispozici topografické sekce 1:25 000 pro celou Rakousko-uherskou monarchii. Topografické sekce 1:25 000 jsou volně přístupné na internetových stránkách Ústředního archivu Zeměměřictví a katastru. Pro provedení analýzy byla zvolena zájmová lokalita na území tehdejších čtyř krajů v jihozápadních Čechách, kraje - Plzeňský, Berounský, Prácheňský a Klatovský.

Pro provedení analýzy přesnosti byly použity výškové body uvedené na topografických sekcích 1:25 000, které byly vyhledány při porovnávání výšek uvedených v (Abstände, Höhen... 1873), viz. kapitola 2.5 (Soupis výšek trigonometrických bodů triangulace stabilního katastru). Celkem tedy bylo k dispozici 527 výškových bodů.

Pro účely analýzy byla vytvořena tabulka v programu Microsoft Excel, ve které je uvedeno číslo, název a výška bodu třetího vojenského mapování. Číslo bylo vždy jedenáctimístné, jeho struktura je uvedena v tabulce 4. Sloupec a vrstva odpovídají kladu mapových listů stabilního katastru. Dále je u každého výškového bodu uveden kraj odpovídající tehdejšímu správnímu členění. Jako další dva sloupce v tabulce jsou uvedeny souřadnice získané z (Abstände, Höhen... 1873) pro určení polohy bodu.

Číslo bodu je tvořeno	Ukázka
západní (W) nebo východní (O) sloupec	W
sloupec	07
vrstva	11
kraj	01
vlastní číslo bodu	0002
Příklad	W0711010002

Tab.4 Číslování bodů v tabulce.

K výškovým bodům třetího vojenského mapování uvedených v tabulce byly v databázi trigonometrických a zhušťovacích bodů (DATAZ) vyhledány identické body. Nejprve byly z databáze DATAZ exportovány všechny body vztahující se k danému území, tj. tehdejší Plzeňský, Berounský, Prácheňský a Klatovský kraj. Potom byly v programu Kokeš dle polohových souřadnic určeny identické body, tzn. body vyhledané na topografických sekcích 1:25 000 uvedené v tabulce a body získané z databáze DATAZ. U výškových značek třetího vojenského mapování umístěných na kostelích, byla výška vztažena na přirozený terén (Zeichnungsschlüssel... 1875). Proto bylo nutné v databázi DATAZ, kde jsou výšky bodů (kostelů) vztaženy zpravidla na střed makovice věže kostela, dohledat geodetické údaje trigonometrického bodu a doplnit do tabulky výšku vztaženou na terén.

Výškové body na mapách třetího vojenského mapování byly uváděny v metrech a v jadranském výškovém systému. Aby bylo možné hodnotit přesnost výškových bodů třetího vojenského mapování vzhledem k údajům z databáze DATAZ, kde jsou výšku uváděny v systému Bpv (Balt po vyrovnání), bylo nutné nejdříve výšky převést do systému Bpv. Vztah pro převod výšek mezi systémy je:

$$z_{Bpv} = z_{jadran} - 0,4$$

Způsob evidence výše uvedených informací je uveden na obr. 26.

	A	C	D	K	L	M	N	O
1	ČÍSLO BODU	NÁZEV	KRAJ	VÝŠKA III.VM (Jadran)	VÝŠKA III.VM (Bpv)	VÝŠKA - dataz	poznámka	VÝŠKA - dataz (kostel)
2								
3	W0810010001	Ahornberg	Pilsen	689	688,60	691,89		
4	W0711010002	Altsattet	Pilsen	428	427,60	436,78		
5	W0509010003	Am Strasch	Pilsen	514	513,60	515,64		
6	W0710010009	Blatten	Pilsen	531	530,60	536,62		
7	W0709010010	Boderberg	Pilsen	848	847,60	847,20		
8	W0611010011	Böhmerwald	Pilsen	537	536,60	539,10		
9	W0709010012	Borauerhöhe	Pilsen	736	735,60	738,75		
10	W0408010013	Bukowetz	Pilsen	588	587,60	589,51		
11	W0312010015	Carlov	Pilsen	536	535,60	539,90		
12	W0409010019	Czerweni vrch	Pilsen	512	511,60	514,62		
13	W0508010018	Czetin	Pilsen	523	522,60	525,60		
14	W0509010021	Czychana	Pilsen	579	578,60	584,83	kostel - svorník	616,61
15	W0409010022	Daubek	Pilsen	546	545,60	549,17		

Obr. 26 Tabulka s evidencí výšek identických bodů.

3.1.2 Analýza přesnosti výškových bodů na topografických sekcích 1:25 000

Pro analýzu přesnosti výškových bodů třetího vojenského mapování na území vybraných krajů bylo použito celkem 527 bodů. Na odpovídajícím území bylo v databázi DATAZ vyhledáno 371 identických bodů. Do souboru hodnocených bodů nemohly být zařazeny

kostely, u kterých nebylo možné v databázi DATAZ dohledat výšky vztažené k terénu. Proto z výše uvedeného počtu bodů bylo nutno vyloučit 17 identických bodů. Celkový počet dvojic identických bodů, které bylo možné statisticky hodnotit, byl 354 bodů. Celkový počet hodnocených bodů je uveden v tabulce 5.

Body z topografických sekcí III. VM		Body z databáze DATAZ		Celkový počet identických bodů	
soubor bodů pro statické hodnocení				354	↑
17	je nutno vyloučit	17	není vztaženo k terénu	371	
156	je nutno vyloučit	156	nenalezen identických bod	527	

Tab. 5 Počet hodnocených bodů.

Pro určení přesnosti výškových bodů na topografických sekcích 1:25 000 byly použity následující parametry. Byl stanoven průměrný rozdíl výšek identických bodů dz :

$$dz = \frac{\sum_{i=1}^n dz_i}{n}$$

a testovací parametr Δ_{dz} :

$$\Delta_{dz} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n dz_i^2}{n}}$$

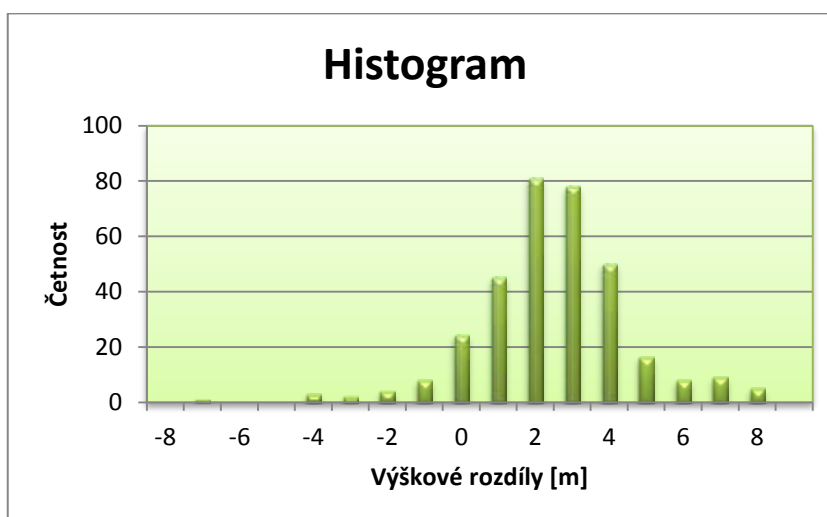
kde dz_i jsou rozdíly výšek identických bodů získaných z databáze DATAZ a výšek uvedených na topografických sekcích 1:25 000 třetího vojenského mapování ($dz_i = z_{DATAZ} - z_{III.VM}$) a n je počet identických bodů.

Ze souboru hodnocených veličin bylo nutno vyloučit všechna odlehlá pozorování při normálním rozdělení, tj. byly vyloučeny všechny body, pro které byla hodnota rozdílu dz_i větší než trojnásobek testovacího parametru Δ_{dz} . Počet bodů se tak snížil na 343. Celý postup byl několikrát opakován a změny hodnot v jednotlivých krocích jsou uvedené v tabulce 6.

počet testovaných veličin	testovací parametr		počet vyloučených bodů
	Δ_{dz}	$3 * \Delta_{dz}$	
354	3,84	11,51	11
343	2,59	7,78	9
334	2,00	6,00	15

Tab. 6 Testování odlehlých pozorování.

Po druhém kroku by následovalo vyloučení 15 bodů, u kterých je rozdíl výšek v absolutní hodnotě větší než trojnásobek parametru. Vzhledem k faktu, že po jejich vyloučení by testovací parametr nevykazoval řádových změn, nelze tyto body již považovat za hrubé chyby a není nutné je ze souboru hodnocených veličin vylučovat. Celkem bylo tedy vyloučeno 20 bodů. Ze stávajícího souboru 354 identických bodů se počet snížil na konečných 334 hodnocených bodů. Výsledky vyloučení odlehlých pozorování byly ověřeny ve statistickém programu Dt2, jehož autorem je Doc. RNDr. Jiří Reif, CSc. Programem Dt2 byla zkoumána předpokládaná normalita souboru rozdílů identických bodů. Tímto programem byl vyloučen stejný počet bodů, tedy 20 odlehlých pozorování. I po odstranění odlehlých pozorování nebyla zcela prokázána předpokládaná normalita zkoumaného souboru bodů, což je patrné z histogramu četností na obr. 27.



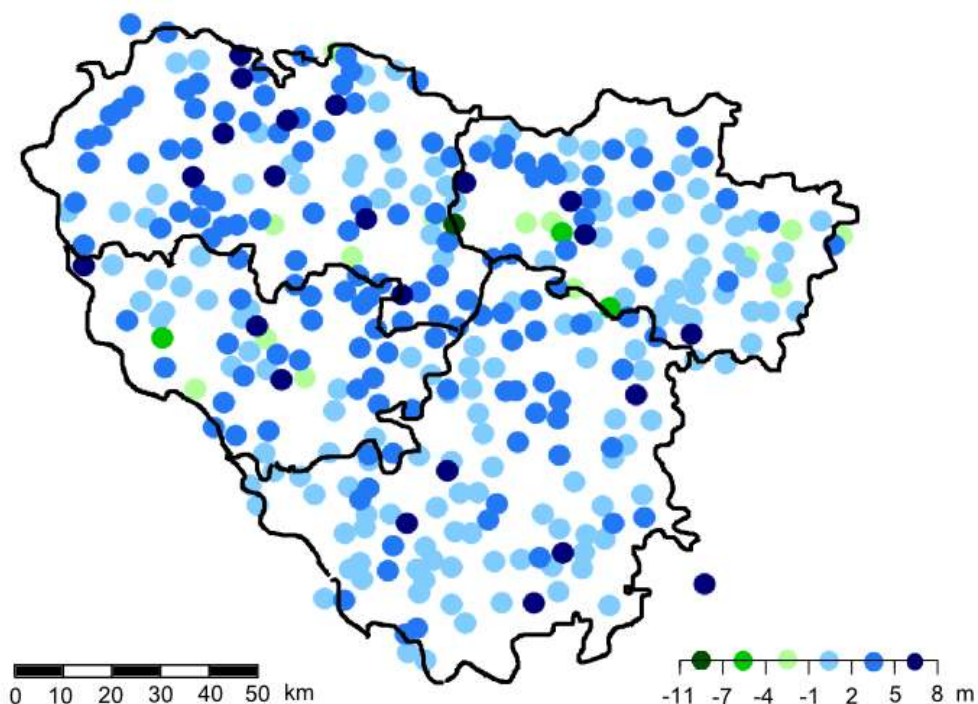
Obr. 27 Histogram relativních četností.

Z rozdílů výšek identických bodů byl stanoven testovací parametr 3,84 m a průměrný rozdíl výšek identických bodů nabył hodnoty 2,37 m. Po vyloučení odlehlých pozorování nabył testovací parametr hodnoty 2,59 m a průměrný rozdíl výšek 1,97 m. Z výsledků vyplývá, že soubor hodnocených veličin je zatížen systematickou chybou.

3.1.3 Výsledky analýzy přesnosti výškových bodů

Na výsledných topografických sekcích třetího vojenského mapování v měřítku 1:25 000, kterým odpovídá území tehdejšího Plzeňského, Berounského, Prácheňského a Klatovského kraje, byla provedena analýza přesnosti výškových bodů. Výšky bodů třetího vojenského mapování byly porovnány s trigonometrickými a zhušťovacími body uvedenými v databázi DATAZ. Celkový počet porovnávaných bodů, po vyloučení odlehlých pozorování, byl 334 identických bodů. Po vyloučení odlehlých pozorování nabył průměrný rozdíl výšek hodnoty 1,97 m. Rozdíly výšek jednotlivých identických bodů ve výše uvedených krajích

jsou vidět na obr. 28. Z uvedených výsledků je patrné, že soubor hodnocených veličin je zatížen systematickou chybou, která mohla být způsobena např. chybami v měření - použitím nepřesných přístrojů, měřením na velké vzdálenosti nebo měřením příliš velkých úhlů.

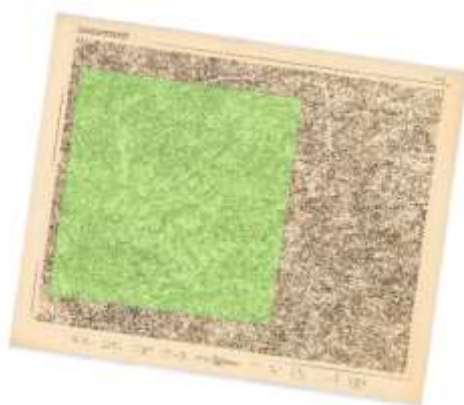


Obr. 28 Rozdíly výšek identických bodů pro tehdejší území Plzeňského, Berounského, Prácheňského a Klatovského kraje.

3.2 Digitální model terénu třetího vojenského mapování

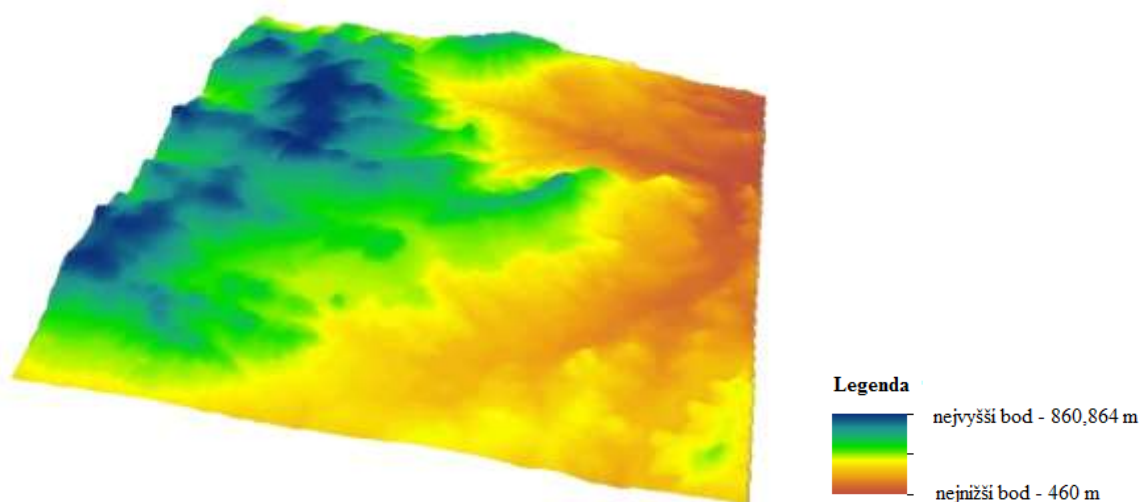
3.2.1 Digitální model terénu rekonstruovaný z map třetího vojenského mapování

Pro rekonstrukci digitálního modelu terénu z map třetího vojenského mapování byly použity výsledné topografické sekce 1:25 000, které jsou dnes považovány za výsledek třetího vojenského mapování. Pro vytvoření DMT (digitální model terénu) bylo zvoleno modelové území na topografické sekci 1:25 000 4152-1. Zvolené území se nachází v jihovýchodní části vojenského prostoru Brdy v blízkosti Příbrami. Topografická sekce byla vybrána, neboť v daném prostoru je velmi rozmanitý reliéf. V Brdech je terén hornatý s množstvím vyvýšenin, naopak směrem k Příbrami je rovinatý. Zvolené území je vidět na obr. 29.



Obr. 29 Zvolené modelové území pro rekonstrukci DMT z map třetího vojenského mapování - část topografické sekce 4152-1, (mapový podklad).

Pro účely vytvoření DMT z map třetího vojenského mapování byla Zeměměřickým úřadem poskytnuta topografická sekce 1:25 000 4152-1. Topografická sekce byla ve formátu *.jpg, proto bylo nejdříve nutné vytvořit vrstevnicový obraz. Na dané topografické sekci byla v programu ArcGIS provedena vektorizace výškových kót a vrstevnic. Z výškových bodů a vrstevnic byla vygenerována nepravidelná trojúhelníková síť (TIN) a následně byl z trojúhelníkové sítě vytvořen digitální model terénu. Ukázka DMT je na obr. 30.



Obr. 30 DMT z topografické sekce 1:25 000 třetího vojenského mapování.

3.2.2 Základní báze geografických dat České republiky (ZABAGED)

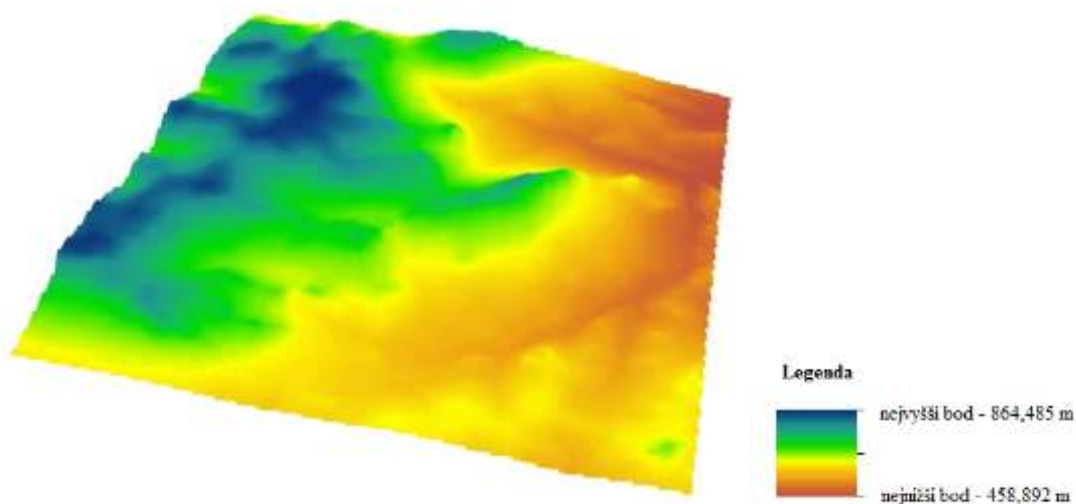
Základní báze geografických dat České republiky (ZABAGED) je digitální geografický model území České republiky odvozený ze Základní mapy ČR v měřítku 1:10 000 (ZM 10) v souřadnicovém systému S-JTSK a ve výškovém systému Bpv (Balt po vyrovnání). Zdrojem pro tvorbu ZABAGED a její výškopisné části (DMR – digitální model reliéfu) je tedy Základní mapa ČR 1:10 000, které odpovídá přesností a podrobností. ZABAGED je

vedena v podobě bezševé databáze pro celé území ČR a spravována Zeměměřickým úřadem.

ZABAGED je v současné době tvořena 123 typy geografických objektů zařazených do polohopisné nebo výškopisné části. Polohopisná část ZABAGED je tvořena objekty sídel, komunikací, rozvodných sítí a produktovodů, vodstva, územích jednotek a chráněných území, vegetace a povrchu, terénního reliéfu a vybrané údaje o geodetických bodech. Polohopisná složka obsahuje dvourozměrně vedené (2D) prostorové informace a popisné informace, které obsahují kvalitativní a kvantitativní informace o objektech. Výškopisná část ZABAGED obsahuje trojrozměrně vedené (3D) prvky terénního reliéfu a je reprezentována 3D souborem vrstevnic. Vrstevnice mají základní interval 5, 2 nebo 1 metr v závislosti na charakteru terénu (Geoportál CUZK).

Pro účely bakalářské práce byla Zeměměřickým úřadem v Praze poskytnuta referenční data DMR (Digitální model reliéfu) z datové sady ZABAGED – *výškopis 3D vrstevnice*. Obsah datové sady ZABAGED – *výškopis 3D vrstevnice* je reprezentován trojrozměrným vektorovým souborem vrstevnic. Byly získány mapové listy odpovídající části území topografické sekce 1:25 000 4152-1 třetího vojenského mapování. Zvolené mapové listy jsou označeny: 12-34-23, 12-34-24, 12-34-25, 22-12-05, 22-12-04, 22-12-03, 22-12-08, 22-12-09 a 22-12-10. Celá datová sada je průběžně aktualizována. Šest zvolených mapových listů bylo aktualizováno v roce 2011, další tři mapové listy (12-34-23, 12-34-24, 12-34-25) byly aktualizovány v roce 2008. Mapové listy byly poskytnuty v souřadnicovém systému S-JTSK a ve formátu *.shp.

Z poskytnutých dat byl vygenerován DMT (ZABAGED). Postup vytvoření DMT (ZABAGED) je shodný s postupem vytvoření DMT z map třetího vojenského mapování. Tzv. V programu ArcGIS byla nejprve vygenerována nepravidelná trojúhelníková síť (TIN) a následně byl z trojúhelníkové sítě vytvořen digitální model terénu. Ukázka DMT (ZABAGED) je na obr. 31.

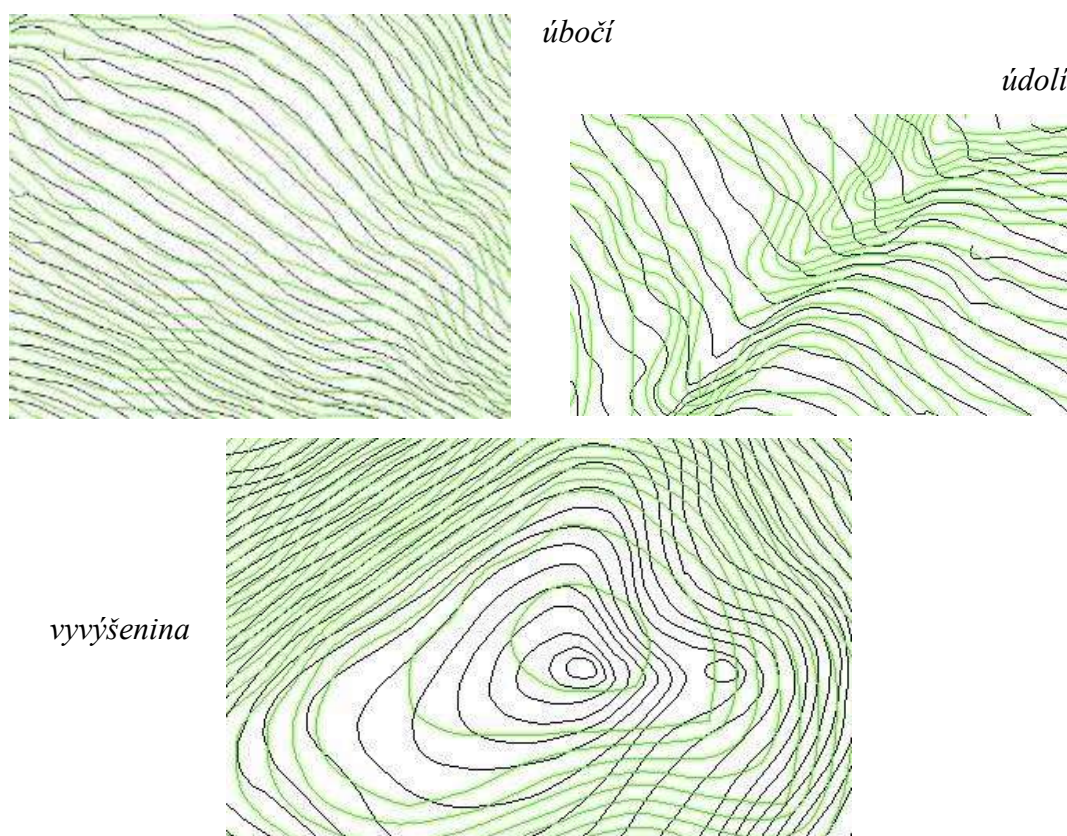


Obr. 31 DMT ze zvolených mapových listů ZABAGED.

3.2.3 Porovnání digitálního modelu terénu z map třetího vojenského mapování vzhledem k DMR (ZABAGED)

Porovnáním DMT z map třetího vojenského a DMR (ZABAGED) mapování bylo zjištěno, že v základních tvarech se oba modely shodují. Při detailnějším zkoumání byly však zjištěny některé tvarové odlišnosti. Odlišnosti byly pravděpodobně způsobeny tím, že vrstevnice na mapách třetího vojenského mapování byly sestrojovány až při zimní práci z malého počtu výškových bodů. Vrstevnice měly pouze usnadnit čtení výšek z mapy, byly tedy pouze hrubým nástinem terénu.

Ukázky vybraných menších odlišností jsou vidět na obr. 32. Vrstevnice třetího vojenského mapování jsou vyjádřeny zelenou barvou, vrstevnice ze ZABAGED černou barvou. V základních tvarech se vrstevnice třetího vojenského mapování i ZABAGED shodují. Vlevo nahoře je ukázka částí úbočí, vpravo nahoře údolí a dole je ukázka vyvýšeniny.



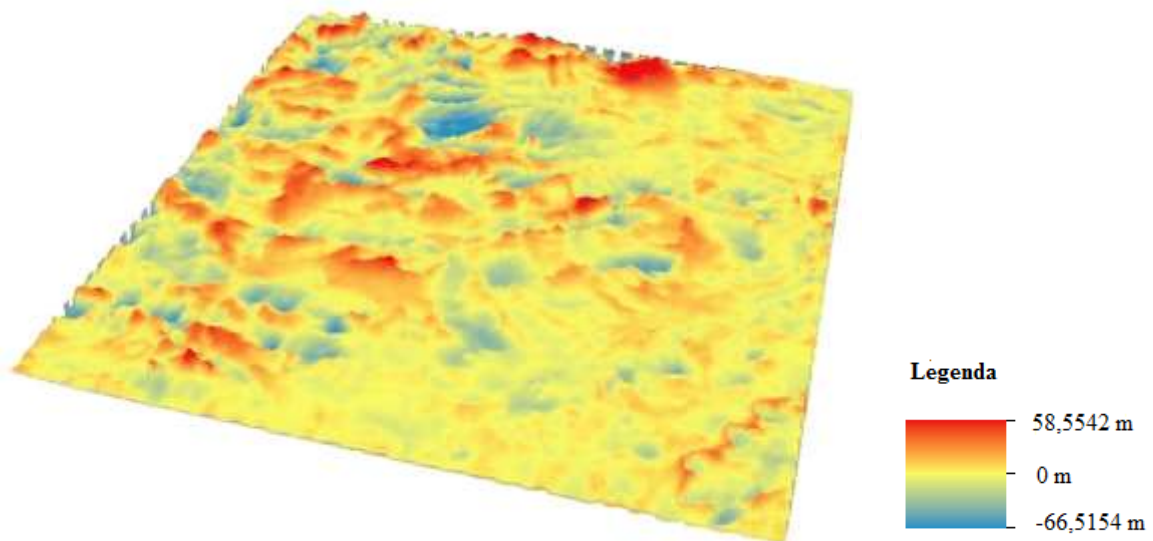
Obr. 32 Ukázka menších tvarových odlišností

Výraznější tvarové odlišnosti jsou vidět na obr. 33. Na obrázku jsou žlutě znázorněny vrstevnice ZABAGED a podkladová mapa je topografická sekce 1:25 000. Z obrázku je patrné, že vrstevnice na topografické sekci 1:25 000 byly konstruovány podle šraf a proto je jejich tvar více zvlněný než vrstevnice ze ZABAGED.



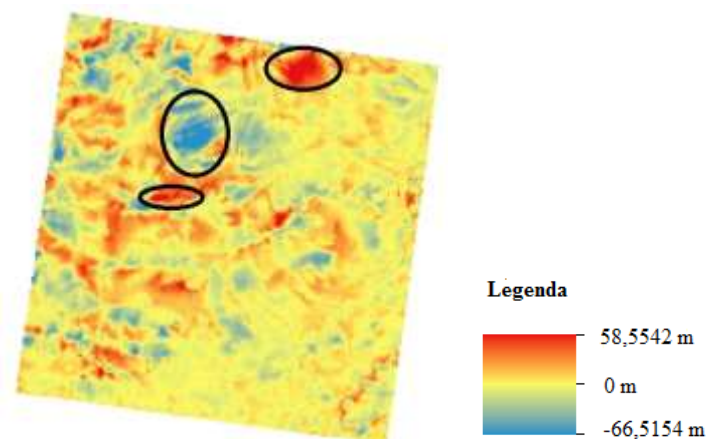
Obr. 33 Ukázka výraznějších tvarových odlišností.

Odečtením DMT z map třetího vojenského mapování od MDR (ZABAGED) byl vygenerován rozdílový digitální model. Model byl vygenerován v prostředí programu ArcGIS. Rozdílový digitální model je na obr. 34. Nejsvětlejší barvou jsou znázorněny nejmenší rozdíly výšek mezi DMT třetího vojenského mapování a DMT (ZABAGED), naopak největší výškové rozdíly jsou vyznačeny červenou a modrou barvou. Zatímco v rovinnatějších částech zvoleného území se výškové rozdíly blíží k nule, v hornatých částech s vyvýšeninami jsou výškové rozdíly výrazné.



Obr. 34 Rozdílový digitální model

Na obr. 35 jsou vyznačeny výrazné lokální extrémny. Lokální extrémny jsou způsobeny nesprávnými hodnotami výšek vrstevnic, neboť v oblastech s lokálními extrémny průběh vrstevnic na topografické sekci 1:25 000 kopíruje průběh vrstevnic ze ZABAGED. Rozdíl mezi vrstevnicemi je pouze v jejich tvaru. Vrstevnice na topografické sekci 1:25 000 jsou více zvlněné (obr. 33).



Obr. 35 Výrazné lokální extrémny na rozdílovém digitálním modelu.

Z rozdílového digitálního modelu byla zjištěna plocha modelového území a objemy záporných a kladných převýšení. Objemy záporných a kladných převýšení byly sečteny a z podílu vypočteného součtu a plochy modelového území byla určena odlehlost (průměrná chyba). Odlehlost nabyła hodnoty -8,36 m. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 7. Z uvedeného výsledku vyplývá, že průměrně je výška terénu na topografické sekci 1:25 000 o 8,36 m níž než výška terénu ZABAGED.

Plocha modelového území [m²]	123042086
Objem záporných převýšení [m³]	669489212
Objem kladných převýšení [m³]	359104930
Součet objemů [m³]	1028594141
Odlehlost [m]	-8,36

Tab. 7 Parametry rozdílového digitálního modelu.

Závěr

Třetí vojenské mapování probíhalo na území Rakouska-Uherska v letech 1869-1885. Při mapování bylo opuštěno do té doby nejčastěji používané měřítko 1:28 800 a bylo nahrazeno novým měřítkem 1:25 000 pro vyhotovení topografických sekcí. Zároveň bylo zavedeno nové dělení kladu mapových listů podle zeměpisné sítě.

Práce vychází z podrobné rešerše dostupných pramenů týkajících se třetího vojenského mapování. Zaměřuje se na vyjádření topografického povrchu, metodiky určování výšek a původu výšek na mapách třetího vojenského mapování. Terén je na mapách třetího vojenského mapování vyjádřen stejně jako při druhém vojenském mapování šrafováním, výškovými kótami a nově i pomocí vrstevnic, které měly usnadnit zjišťování výšek. Výšková měření probíhala v průběhu třetího vojenského mapování v několika etapách. Jako podklad pro výškové zpracování terénu byly použity výšky bodů určené při budování triangulace stabilního katastru. Roku 1875 bylo přikročeno k revizi výšek, při které měly být výšky připojeny na přesnou nivelaci. Síť přesné nivelace v Čechách byla však v této době velmi řídká. Revize tedy navázala na bod Kozí hon na Moravě, jehož výška byla určena připojením na přesnou nivelaci. Od tohoto bodu byla rozvinuta česká výšková síť. Později, po podrobnějším rozvinutí sítě přesné nivelace, bylo rozhodnuto o reambulaci a navázání bodů stabilního katastru na body sítě přesné nivelace. Toto připojení bodů je doloženo na získaných materiálech z Ústředního archivu zeměměřičství a katastru. V rámci práce bylo pro zvolenou lokalitu provedeno porovnání bodů stabilního katastru s body třetího vojenského mapování po připojení na přesnou nivelaci. Bylo zjištěno, že výšky určené v rámci triangulace stabilním katastru jsou v dané lokalitě průměrně o 3-4 metry niž než výšky třetího vojenského mapování. Rozdíl mohl být způsoben volbou jiného základního výškového bodu.

Dalším cílem práce bylo provést hodnocení přesnosti výškových bodů uvedených na topografických sekcích 1:25 000 pro území tehdejších čtyř krajů (Plzeňský, Berounský, Prácheňský a Klatovský). Výškové body byly porovnány s trigonometrickými a zhušťovacími body z databáze DATAZ. Celkem bylo hodnoceno 334 výškových bodů. Průměrný rozdíl výšek nabył hodnoty 1,97 m. Z výsledku je patrné, že soubor hodnocených veličin je zatížen systematickou chybou, která mohla být způsobena např. použitím nepřesným přístrojů nebo dalšími chybami v měření. Na závěr bylo na vybrané lokalitě provedeno testování shody terénních tvarů třetího vojenského mapování s referenčními daty DMR ZABAGED. Byl vygenerován digitální model terénu rekonstruovaný z topografické sekce 1:25 000 a porovnán s referenčními daty DMR ZABAGED. Porovnáním bylo zjištěno, že v základních tvarech se oba modely shodují. Výraznější tvarové odlišnosti byly zjištěny ve vyjádření detailů. Zatímco v rovinnatějších částech zvoleného území se výškové rozdíly blíží k nule, v hornatých částech s vyvýšeninami jsou výškové rozdíly výraznější.

Prameny a literatura

Abstände Höhen und Topogr. Beschreibungen der Katasterpunkte Böhmen, Mähren u. Schlesien (1873). Ústřední archiv zeměměřictví a katastru, Praha, Fond: Cassini-Soldnerova zobrazovací soustava (1821 – 1915), sign A2/aG28, A2/b/S19.

BOGUSZAK, F. (1931). *Příspěvek k topografickým vyměřováním na území našeho státu*. Praha: Výroční zpráva VZÚ 12. str. 109 – 126.

BOGUSZAK, F., CÍSAŘ J. (1961). *Mapování a měření českých zemí od poloviny 18. století do počátku 20. století*. Praha: Ústřední správa geodézie a kartografie. str. 22 - 30.

ČADA, V. (2003). *Robustní metody tvorby a vedení digitálních katastrálních map v lokalitách sáhových map*. Habilitační práce. ČVUT v Praze. str. 25 – 28.

ČADA V. (2006). *Analýza lokalizace rastrových ekvivalentů III. vojenského mapování do S-JTSK*. Sborník konference Geoinformatika ve veřejné správě. Brno. str. 3 – 5.

DUŠÁTKO, D. (2008). *Vojenská mapování českých zemí*. str. 20 – 22.

Geoportál CUZK. Datové sady, ZABAGED-výškopis 3D vrstevnice.

[http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(e535bz55b21fxz55lpmnnl35\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&text=dSady_zabaged&side=zabaged&menu=24](http://geoportal.cuzk.cz/(S(e535bz55b21fxz55lpmnnl35))/Default.aspx?mode=TextMeta&text=dSady_zabaged&side=zabaged&menu=24)

HOFSTÄTTER, E. (1989). *Beiträge zur Geschichte der Österreichischen Landesaufnahmen*. Wien: Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen. str. 98 – 184.

Instrukce pro přesné nivelace. Díl I. Polní práce. Ministerstvo veřejných prací. 1921 Praha. str. 3.

Hohen-Messungen. Böhmen (1821-1840). Ústřední archiv zeměměřictví a katastru, Praha, Fond: Cassini-Soldnerova zobrazovací soustava (1821 – 1915), sign A2/aG16.

KRŇOUL, R. (2010). *Přesnost zobrazení trigonometrických bodů na mapách III. vojenského mapování. Bakalářská práce*. ZČU v Plzni. Vedoucí práce: V. Čada. str. 18 – 25.

KUCHARĚ, K. (1958). *Mapy odedávna do dneška*. 1. vyd. Praha: Československá akademie věd. str. 110 – 111.

KUCHARĚ, K. (1967). *Mapové prameny ke geografii Československa*. In: *Acta Universitatis Carolinae. Geographica*. Praha: Univerzita Karlova. str. 57 – 97.

KRČMAŘ, S. (2011). *Názvy a zkratky používané na speciálních a generálních mapách III. a nových vojenských mapování.* Dobruška: Ministerstvo obrany ČR, Geografická služba AČR, Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad. str. 3 – 4.

MIKŠOVSKÝ M., ZIMOVÁ R. (2006). *Historická mapování českých zemí.* www.vugtk.cz. Praha. str. 6 - 7.

Mittheilungen des Kaiserl. Königl. Militär-Geographischen Institutes. Ministerstvo financí v Praze, 1887.

Mapový podklad. Archiválie Ústředního archivu zeměměřictví a katastru, Praha, topografické sekce 1:25 000 třetího vojenského mapování

Kpt. VZÚ. ing. LUKÁŠEK V. (?). *Příspěvek k výškovým měřením na území našeho státu.* Výroční zpráva Voj. zeměp. ústavu, sv. X. str.196 – 208.

PEŠŤÁK J. (2005). *Historie a současnost základního výškového bodu Molo Sartorio.* Historické mapy. Zborník referátov z vedeckej konferencie, Bratislava 2005 (Kartografická spoločnosť Slovenskej republiky)

SEMERÁD A. (1915). *Přepřepování triangulace rak. stupňového měření pro účely zeměměřičské.* Zeměměřický věstník. Brno. str. 49 – 64.

SEMOTANOVÁ, E. (2001). *Mapy Čech, Moravy a Slezska v zrcadle staletí.* Praha: Nakladatelství Libri, s. r. o. ISBN 80-7277-078-0. str. 109 -110.

Triangulierung zur Festlung der Catasterhöhen in Böhmen, Mähren, Schlesien und Nieder-Österreich (1892). Ústřední archiv zeměměřictví a katastru, Praha, Fond: Cassini-Soldnerova zobrazovací soustava (1821 – 1915), sign A2/aG31.

Ústřední archiv zeměměřictví a katastru. <http://archivnimapy.cuzk.cz/>

VEVERKA B., ČECHUROVÁ M. (2003). Georeferencování map II. a III. vojenského mapování. In: *Kartografické listy 11.* Bratislava 2003. Kartografická spoločnosť SR a Geografický ústav SAV. str. 103 – 113.

VICHROVÁ, M. (2012). Kartografické vyjadřovací prostředky obsahu map třetího vojenského mapování. In: *Zborník referátov zo seminára.* Bratislava 2012. Kartografická spoločnosť SR a Geografický ústav SAV. str. 152 -163.

VICHROVÁ, M., ČADA, V. Teorie zobrazování topografického povrchu do map podle J. G. Lehmana a její aplikace při tvorbě topografických map. In *Kartografia a geoinformatika vo svetle dneška.* Bratislava: Kartografická spoločnosť Slovenskej republiky, 2011. s. 170-177. ISBN: 978-80-89060-19-1

Wikipedie (2014).

Poslední úpravy 9.5.2014 (cit. 27.5.2014), <http://cs.wikipedia.org/wiki/Rakousko-Uhersko>

Poslední úpravy 19.11.2013 (cit. 27.5.2014), <http://cs.wikipedia.org/wiki/Heliogravura>
Poslední úpravy 10.2.2014 (citováno 28.5.2014), <http://cs.wikipedia.org/wiki/Litografie>

Zeichnungsschlüssel zur Darstellung und Beschreibung der Terrain-Theile und Terrain-Gegenstände in militärischen Aufnahmen und zur Bezeichnung von Kriegsbauten und Truppen nebst Erläuterung Herausgegeben vom k. k. Militargeographischen Institut im Jahre 1875. Österreichisches Staatsarchiv

Zusammenstellung der Hoehen von Boehmen (1825-1840). Ústřední archiv zeměměřictví a katastru, Praha, Fond: Cassini-Soldnerova zobrazovací soustava (1821 – 1915), sign A2/aG25.

Seznam příloh

- Příloha 1 Měřický stůl (Moravské kartografické centrum ve Velkých Opatovicích).
- Příloha 2 Druh a velikost písma na mapách třetího vojenského mapování (Krčmař 2011).
- Příloha 3 Původní topografická sekce třetího vojenského mapování v měřítku 1:25 000, část mapového listu 4151_1.
- Příloha 4 Ukázky odvozených map třetího vojenského mapování (Boguszak a Císař 1961).
- a) Speciální mapa v měřítku 1:75 000, část list 4253, tisk z r. 1914.
 - b) Generální mapa v měřítku 1:200 000, část listu 32° 49° Č. Budějovice, tisk z r. 1915.
 - c) Přehledná mapa střední Evropy 1:750 000, část listu B2, tisk z r. 1902.
- Příloha 5 Mapa Moravy, Slezska a východní části Čech rozdělená na fundamentální listy, v nichž jsou uvedena příslušná čísla korekcí, o které je nutno opravit výšky bodů stabilního katastru (Triangulierung zur Festlung..., 1892).
- Příloha 6 Porovnání výšek určených při budování triangulace stabilního katastru, při původním vyměřování třetího vojenského mapování a výšek po připojení bodů stabilního katastru na přesnou nivelaci. (Lukášek).
- Příloha 7 Zkoumání výšky hladiny Jaderského moře (Mittheilungen..., 1887).
- Příloha 8 Obsah přiloženého CD.

Přílohy

Příloha 1

Měřický stůl (Moravské kartografické centrum ve Velkých Opatovicích).



Příloha 2

Druh a velikost písma na mapách třetího vojenského mapování (Krčmař 2011).

DRUH A VELIKOST PÍSMĀ										řádek	slovo												
viz ukázku ve skutečné velikosti na 1. straně →																							
Na speciální mapě jsou popsány písmem	rotundovým	stojatým	podle počtu obyvatel	měste	nad 100.000						1.	1.											
					50.000 - 100.000							2.											
					10.000 - 50.000							3.											
					2.000 - 10.000							4.											
					pod 2.000							5.											
	kursivním	rotundovým	ležatým	podle počtu obyvatel	městysy	10.000 - 50.000	řeky	nad 700 km	jezera, rybníky, bažiny, průplavy, vodní příkopy	nad 30 km	2.		1.										
						2.000 - 10.000		300 - 700 km		10 - 30 km			2. ^a										
						pod 2.000							3.										
		kursivním	rotundovým	ležatým	vesnice	10.000 - 50.000	podle délky	řeky	pod 300 km	4 - 10 km				1.									
						2.000 - 10.000								pod 30 km	2.								
						pod 2.000									3.								
			kursivním	rotundovým	ležatým	podle počtu obyvatel	vesničky, samoty, nádraží, železnice, cesty	podle délky	potoky	nad 30 km	2 - 4 km				3.								
							jednotlivé objekty, žul. stanice a zastávky, křiže a pod., zkratky			pod 30 km					pod 2 km	5.							
							potůčky, odvodňovací příkopy, prameny, studny										6.						
hůlkovým	rotundovým	ležatým	podle délkové rozlehlosti	území	nad 30 km	kultury	nad 7 km					1.											
					15 - 30 km							2.											
					2 - 15 km		2 - 7 km					3. ^a											
					pod 2 km		pod 2 km					4.											
															5.								
batarčovým (okrouhlým)	rotundovým	ležatým	podle délkové rozlehlosti	údolí a pohoří	přes 70 km	ledovce, roviny	podle významu	vrcholy, kupy, pahorky	podle toho, zda jimi vedou	silnice	průsmyky, sedla	5.	1.										
					30 - 70 km								nad 7 km	2.									
					15 - 30 km								2 - 7 km	3.									
					7 - 15 km								1 - 2 km	4.									
					2 - 7 km								pod 1 km	5.									
	rotundovým	ležatým	podle délkové rozlehlosti	údolí a pohoří	2 - 7 km	ledovce, roviny	podle významu	vrcholy, kupy, pahorky	podle toho, zda jimi vedou	silnice	průsmyky, sedla	5.	1.										
					pod 2 km								pod 1 km	2.									
															3.								
															4.								
															5.								

Příloha 3

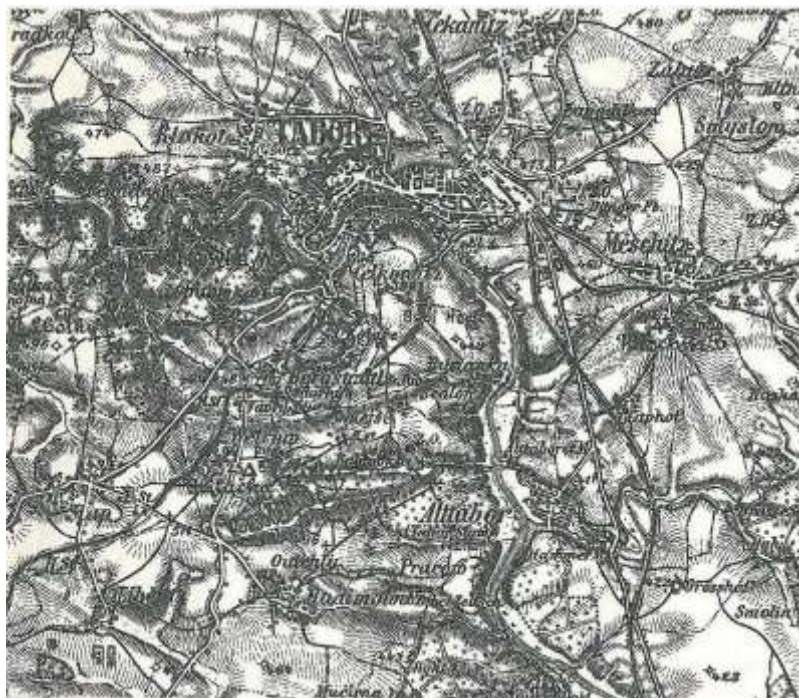
Původní topografická sekce třetího vojenského mapování v měřítku 1:25 000, část mapového listu 4151_1 (Boguszak a Císař 1961).



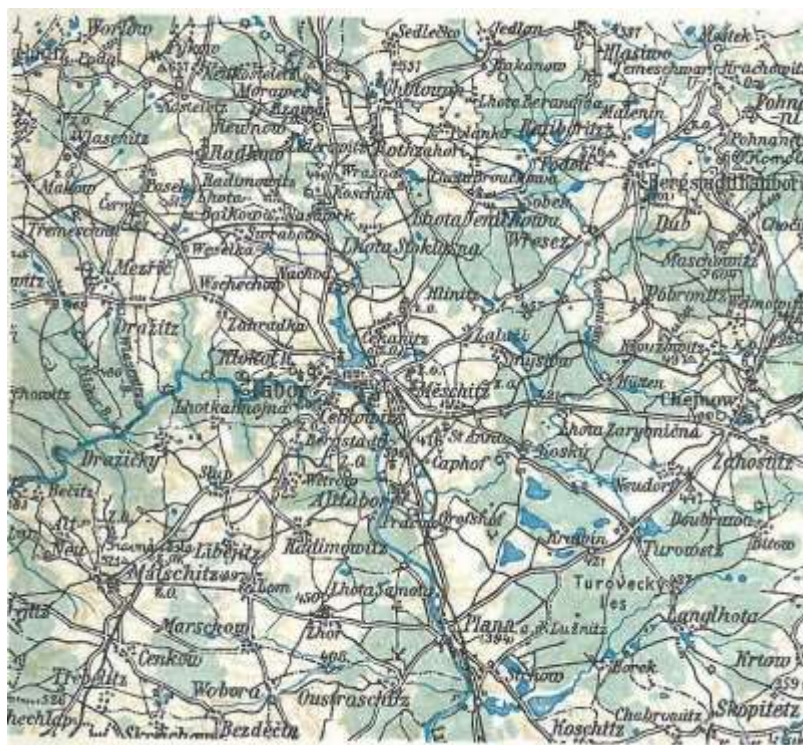
Příloha 4

Ukázky odvozených map třetího vojenského mapování (Boguszak a Císař 1961).

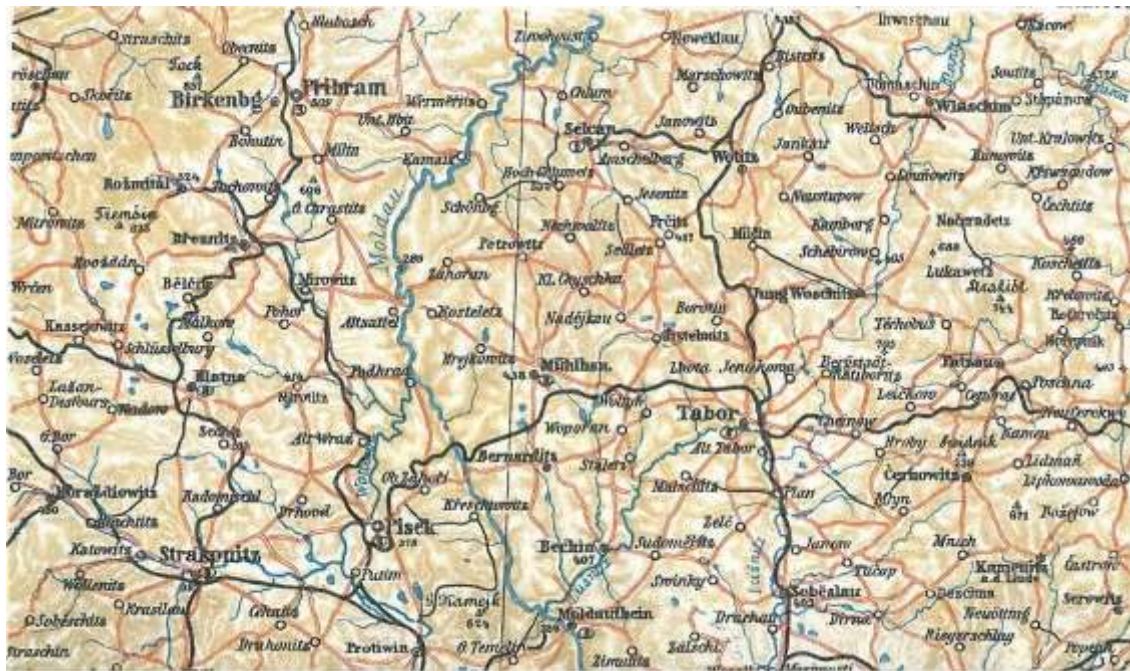
- a) Speciální mapa v měřítku 1:75 000, část list 4253, tisk z r. 1914.



- b) Generální mapa v měřítku 1:200 000, část listu 32° 49' Č. Budějovice, tisk z r. 1915.

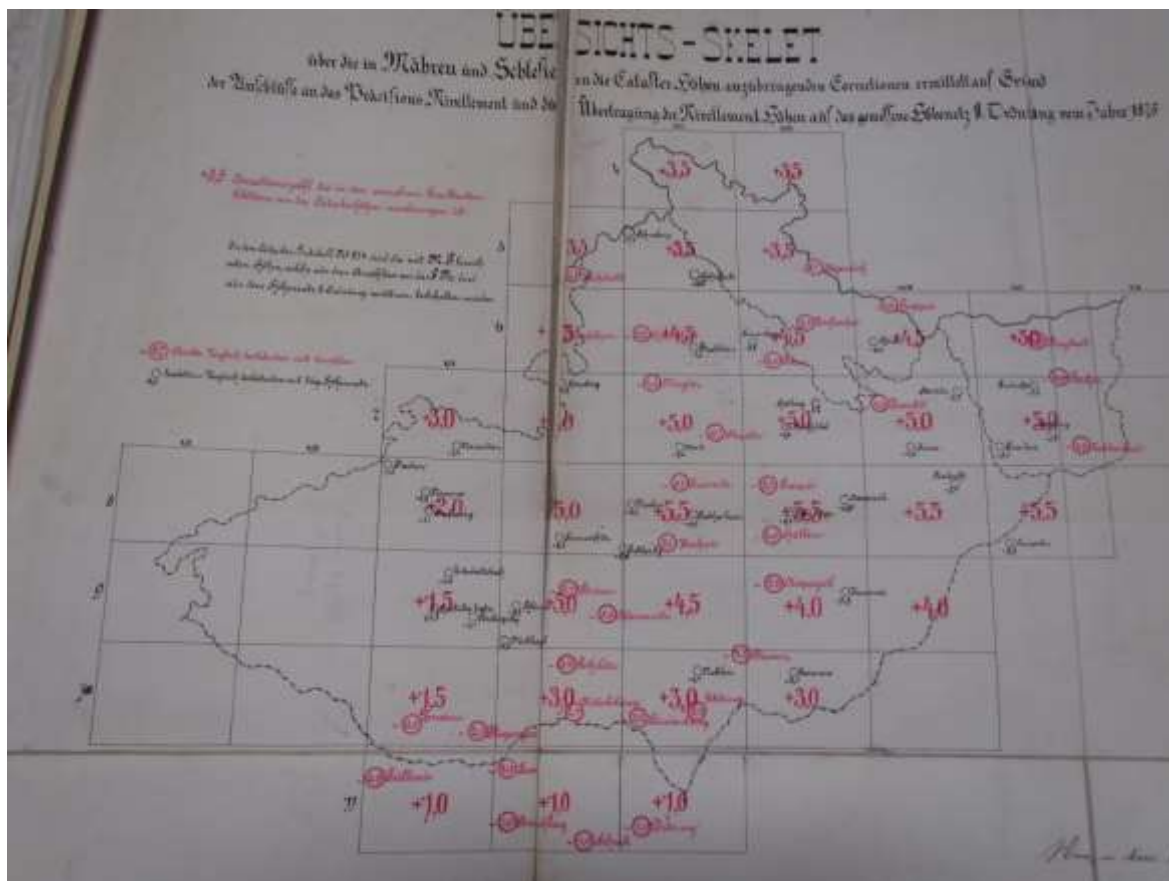


c) Přehledná mapa střední Evropy 1:750 000, část listu B2, tisk z r. 1902.



Příloha 5

Mapa Moravy, Slezska a východní části Čech rozdělená na fundamentální listy, v nichž jsou uvedena příslušná čísla korekcí, o které je nutno opravit výšky bodů stabilního katastru (Triangulierung zur Festlung..., 1892).



Příloha 6

Porovnání výšek určených při budování triangulace stabilního katastru, při původním vyměřování třetího vojenského mapování a výšek po připojení bodů stabilního katastru na přesnou nivelaci. (Lukášek).

Pořadové číslo	Jméno trigonometru	Topograf. sekce	Rok původ. výměř.	Nadmořské výšky terénu v metrech podle			Rozdíly výšek v metrech		
				katastru	původního vyměřování	navázání na P. N. v r. 1892	pův. výměř. z katastru	P. N. z pův. výměř.	P. N. z katastru
1	Petrovice (kostel)	3855/4	1877	260.2	267		+ 6.8		
2	Petrovice (při vých. okraji obce)	"	"	279.9	257		+ 7.1		
3	Sv. Gothard (kostel)	"	"	348.8	352		+ 3.2		
4	Bukvice	"	"	293.6	309		+15.5		
5	Dohaličky (kostel)	"	"	260.6	271		+10.4		
6	Bobáňka (jižně od osady)	"	"	417.1	418		+ 0.9		
7	Cerekvice (kostel)	"	"	283.4	285		+ 1.6		
8	Chlum (kostel)	"	"	325.3	336		+10.7		
9	Hoříněveské lípy	"	"	306.7	317		+10.3		
10	Chotěborky (západ. od obce)	"	"	340.6	341		+ 0.4		
11	Nedělišťe (kostel)	"	"	258.9	269		+10.1		
12	Sendražice (kostel)	"	"	263.9	272		+ 8.1		
13	Prašivka	3856/3	"	287.4	297	300.3	+ 9.6	+3.3	+12.9
14	Skalička (na Labi sev. od obce)	"	"	246.8	257		+10.2		
15	Libina	"	"	295.3	306	309.4	+10.7	+3.4	+14.1
16	Vestec (kostel)	"	"	298.7	306		+ 7.3		
17	J. z. bod Josefovské základ.	"	"		258.8	260.8		+2.0	
18	Josefov (kostel)	"	"	255.5	266	270.6	+10.5	+4.6	+15.1
19	Libčice (sev. od obce)	"	"	270.5	282		+11.5		
20	s. v. bod Josefovské základ.	"	"		273.5	275.5		+2.0	
21	Jásan (severozáp. od obce)	"	"	282.8	291	295.5	+ 8.2	+4.5	+12.7
22	Král. Lhota (při východ. konci obce)	"	"	282.3	294		+11.7		
23	U sv. Františka	"	"	293.0	303		+10.0		
24	Meziříčí (kostel)	"	"	254.8	255		+ 0.2		
25	Lhota (západ. od obce)	"	"	281.6	298		+16.4		
26	Dobrošov	3856/2	"	621.5	622	623.2	+ 0.5	+1.2	+ 1.7
27	Králičkův kopec	3856/4	"	325.7	327		+ 1.3		
28	Dobruška (kostel)	"	"	288.2	291		+ 2.8		
29	Sv. Duch (kostel)	"	"	323.4	326		+ 2.6		
30	Bystré (kostel)	"	"	541.8	546		+ 4.2		
31	Šibeňák	"	"	671.5	672		+ 0.5		
32	Dobré (kostel)	"	"	445.5	451		+ 5.5		
33	Krahulec	"	"	639.6	640		+ 0.4		
34	Pavův kopec	"	"	653.7	654		+ 0.3		
35	Dobřany (kostel)	"	"	626.5	634		+ 7.5		
36	Skutina	"	"	735.9	736		+ 0.1		
37	Špitzberg	"	"	838.9	839		+ 0.1		

Srovnáním nových výšek se starými výškami stabilního katastru bylo zjištěno, že výšky stabilního katastru jsou příliš nízké a že rozdíl mezi oběma měřeními je v různých oblastech odlišný. V okolí Prahy nebyl rozdíl, ale nedaleko, v území brdské střelnice byly výšky stabilního katastru o 2 – 6 m níž, v západních a jižních Čechách o 2 – 4 m, v okolí Josefova dokonce o 11 m. Naproti tomu v některých krajinách severních Čech jsou výškové body podle stabilního katastru asi o 3 m výše než kóty původního vyměřování. Také na Moravě a ve Slezsku jsou značné rozdíly (2 – 6 m) mezi výškami původního vyměřování a novými výškami (Lukášek, 198 - 199).

Příloha 7

Zkoumání výšky hladiny Jaderského moře (*Mittheilungen...*, 1887).

Výška hladiny Jaderského moře byla zkoumána ještě později, na počátku 20. století. Bylo zjištěno, že výšky souhlasily s dříve vypočtenými hodnotami. Byla prováděna kontrola změny stavu vody v různých místech. V roce 1906 byly na popud generálmajora Dr. von Sternecka instalovány mobilní měřiče výšky hladiny v Rogožnici ($\varphi = 43^{\circ} 31,7'$, $\lambda = 33^{\circ} 38,2'$), v Zaře a na malém ostrově Sestrice ($\varphi = 43^{\circ} 51,3'$, $\lambda = 32^{\circ} 52,4'$) a postupně bylo zjištěno, že se změny ve stavu vody vyskytují na všech místech Jaderského moře současně a ve stejné velikosti, takže kolísání hladiny Jaderského moře je vlastně paralelní pohyb celé plochy moře. Na základě tohoto, do této chvíle neobjasněného jevu, mohly být k výsledkům v uvedených třech stanicích přibrány pro stanovení střední výšky hladiny vody i výsledky pozorování v Raguse, které bylo prováděno po dobu 50ti měsíců. Obě měření byla shodná, střední chyba jednotlivých měření činila $\pm 1,53$ cm, $\pm 2,46$ cm a $\pm 2,07$ cm a střední výška hladiny vychází pro jednotlivá místa následovně:

Rogožnica	$126,6 \pm 0,31$ cm
Zara	$101,9 \pm 0,53$ cm
Sestrice	$104,7 \pm 0,48$ cm.

Změny střední hodnoty výšky hladiny Jaderského moře jsou pouze v řádu centimetrů a byly tedy vhodné ke kontrole nivelačních bodů (*Mittheilungen...*, 1887).

Příloha 8

Obsah přiloženého CD.

- BP_juzlova.pdf

- Kapitola 2
 - převod souřadnic – obsahuje soubory pro převod z gusterbergského systému do SJTSK
 - porovnání SK a III.VM – soubor pro porovnání výšek stabilního katastru a třetího vojenského mapování

- Kapitola 3
 - analýza přesnosti
 - exportované body z DATAZ – obsahuje soubory s body exportované z DATAZ
 - porovnání III.VM a DATAZ – soubor pro porovnání výšek třetího vojenského mapování a DATAZ
 - digitální model terénu
 - data ZU – obsahuje poskytnutá data ze Zeměměřického úřadu
 - DMT z výsledných mapovacích listů – obsahuje soubory pro zpracování DMT třetího vojenského mapování
 - DMT ZABAGED – obsahuje soubory pro zpracování DMT ZABAGED
 - obrys – soubor pro ohraničení zvoleného území
 - porovnání vrstevnic – obsahuje soubory pro porovnání vrstevnic
 - rozdílový model – obsahuje soubory pro vygenerování rozdílového DMT