

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra mapování a kartografie



DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Sledování změn krajiny pomocí starých map
v prostředí GIS**

Monitoring of landscape changes using old maps in GIS

Vedoucí práce: Ing. Jiří Cajthaml

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně za odborného vedení vedoucího diplomové práce Ing. Jiřího Cajthamla a že jsem využíval jen uvedených pramenů a literatury.

V Praze dne 18.5.2007

Ladislav Kánský

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Jiřímu Cajthamlovi za odborné konzultace a cenné rady při psaní této práce. Také děkuji rodině za podporu během celého studia.

Abstrakt

Práce se zabývá sledováním změn krajiny pomocí starých map v prostředí GIS. Podklady k této práci byly historické mapy prvního, druhého a třetího vojenského mapování, vojenské topografické mapy 1:25 000 a Základní mapa 1:25 000 ze ZABAGED. Mapy v rastrovém formátu byly převedeny do jednotného souřadnicového systému S-JTSK. Vybrané krajinné prvky (lesy, vodstvo, komunikace) byly pro každou podkladovou mapu vektorizovány a následně vyhodnoceny v geografickém informačním systému. Výsledná data, včetně rastrových map jsou prezentována na mapovém serveru katedry mapování a kartografie.

Klíčová slova

I. vojenské mapování, II. vojenské mapování, III. vojenské mapování, vojenské topografické mapy, Základní mapa ČR, transformace, S-JTSK, ZABAGED, GIS, mapový server

Abstract

Monitoring of landscape changes using old maps in GIS

The presented diploma is dealing with monitoring of landscape changes in the area of the Slapy Dam. Map sources for this diploma were old maps from various periods of time: First military survey, Second military survey, Third military survey, Topographical military maps, and Basic map of Czech Republic from ZABAGED. Raster maps were transformed from different coordinate systems to S-JTSK (system the Uniform trigonometric cadastral net). Chosen landscape elements (woods, water areas, roads and brooks) were vectorized and analyzed using geographic information system. Final data, including raster maps are presented on map server of the Department of Mapping and Cartography.

Keywords

First military survey, Second military survey, Third military survey, Topographical military maps, Basic map of Czech Republic, transformation, S-JTSK, ZABAGED, GIS, map server

Obsah

1 ÚVOD	4
2 HISTORICKÁ MAPOVÁ DÍLA	5
2.1 Müllerova mapa Čech	5
2.2 První vojenské mapování	6
2.3 Druhé vojenské mapování	10
2.4 Třetí vojenské mapování	13
2.5 Topografické mapování 1953–1957	18
2.6 Vznik Základní mapy ČR 1:25 000 ze ZABAGED	23
2.6.1 Topografické mapování 1957–1972	23
2.6.2 Vznik Základní mapy 1:10 000	25
2.6.3 Základní báze geografických dat (ZABAGED)	27
2.6.4 Rastrová Základní mapa 1:25 000 ze ZABAGED	29
3 POUŽITÝ SOFTWARE	32
3.1 ArcGIS Desktop 9.0	32
3.1.1 ArcMap	32
3.1.2 ArcCatalog	33
3.1.3 ArcToolbox	33
3.2 Kokeš	33
3.3 Matkart	35
3.4 MapServer	36
4 VOLBA ÚZEMÍ A SOUŘADNICOVÉHO SYSTÉMU	37
5 VÝBĚR PODKLADOVÝCH MAP	38
6 TRANSFORMACE DO S-JTSK	39
6.1 Rovinné transformace	40
6.1.1 Podobnostní transformace	40
6.1.2 Projektivní transformace	41
6.1.3 Afinní transformace	42
6.2 Transformace mapy I. vojenského mapování	44
6.3 Transformace map II. vojenského mapování	45
6.4 Transformace map III. vojenského mapování	46
6.5 Transformace vojenských topografických map	50
6.6 Rastrová ZM 25 ze ZABAGED	51
7 PŘÍPRAVA RASTROVÝCH SOUBORŮ	52
8 OVĚŘENÍ PŘESNOSTI	54

9 ZPRACOVÁNÍ V GIS.....	56
9.1 Vektorizace	56
9.2 Vyhodnocení.....	57
9.2.1 Silnice.....	57
9.2.2 Potoky	57
9.2.3 Lesy.....	58
9.2.4 Vodní plochy	60
10 TVORBA MAPOVÉHO SERVERU	63
10.1 Princip fungování mapového serveru	63
10.2 Softwarové a hardwarové řešení.....	64
10.3 Vlastní aplikace.....	65
10.3.1 Mapfile	65
10.3.2 HTML šablona.....	67
11 ZÁVĚR	69
PRAMENY A LITERATURA	70
PODKLADOVÉ MAPY	72
SEZNAM OBRÁZKŮ	73
SEZNAM TABULEK.....	74
PŘÍLOHY	75

1 Úvod

Historická mapová díla v sobě obsahují neocenitelnou zásobu nejrozličnějších informací. Za posledních dvě stě let došlo v krajině k významným změnám, především v důsledku zemědělské a průmyslové revoluce. Tento vývoj můžeme vysledovat z historických map, proto jsou předmětem zájmu odborníků z nejrozličnějších oborů zabývajících se studiem krajiny, především krajinných ekologů, geobotaniků, geografů, kartografů, archeologů, historiků a dalších.

Historických map se dochovalo větší množství, jsou to především individuální kartografické prameny. Jedná se o nejrozličnější mapy a plány, které se liší způsobem zpracování, měřítkem, dobou vzniku, obsahem i účelem. Pro sledování vývoje krajiny jsou mnohem vhodnější mapová díla jednotné koncepce, souvisle pokrývající české země. Z těchto důvodů se jako nejvhodnější jeví mapy vojenských mapování, která byla vyhotovena jednotným způsobem a mají dostatečně podrobné měřítko pro sledování změn v krajině.

Aby bylo možné převést historická i současná mapová díla do jednotného souřadnicového systému a dále s nimi pracovat, je třeba o nich vědět hodně informací. Jakým způsobem byly vytvořeny, na jakých geodetických a kartografických základech jsou postaveny, v jakém měřítku a jakými prostředky bylo mapováno atd. Proto část své diplomové práce věnuji popisu vlastností a vzniku použitých map.

Po volbě území a získání mapových podkladů převedu podkladové rastrové mapy do jednotného souřadnicového systému. Transformaci je nutno pro každou mapu, vzhledem k různým kartografickým i geodetickým základům, řešit individuálně. Po transformaci do jednotného souřadnicového systému ověřím přesnost georeferencovaných rastrových map. Tím zároveň vyloučím hrubou chybu vzniklou při georeferencování.

Dále v GIS provedu vektorizaci vybraných krajinných prvků (lesy, vodní plochy, potoky a silnice) pro každé mapové dílo. Vývoj jednotlivých krajinných prvků potom porovnám současným zobrazením vytvořených vrstev, nebo pomocí některých funkcí GIS.

Nakonec vytvořím internetovou aplikaci na mapovém serveru katedry mapování a kartografie, která umožňuje prohlížet vektorové soubory krajinných prvků i podkladové rastrové mapy.

2 Historická mapová díla

Ve své práci vycházím z historických mapových děl, která využívám v prostředí GIS. Abych mohl tyto mapy transformovat a správně vyhodnotit, musel jsem se důkladně seznámit se vznikem těchto map, jejich obsahem a přesností.

2.1 Müllerova mapa Čech

Müllerovy mapy Čech ve své práci přímo nevyužívám, byla však použita jako podklad pro 1. vojenské mapování, proto považuji za vhodné popsat její vznik.

Mapa Čech Jana Kryštofa Millera [1] z roku 1720 patří k nejcennějším a graficky nejpovedenějším kartografickým dílům naší minulosti. Využívají ji ke studiu geografové, historikové, historičtí geografové, historikové umění, krajinní ekologové a další odborníci. Mapa poskytuje nejrozsáhlejší údaje o krajině Čech na počátku 18. století, které předcházející mapy dosud neobsahovaly.

Mapování bylo prováděno pomocí buzoly a viatoria. Jednalo se o povoz s registračním otáčecím kolem, které sloužilo k určování vzdáleností. Mapovací práce v habsburské monarchii řídil Luigi Ferdinand Marsigli, jeho významným spolupracovníkem byl Johann Cristoph Müller (Jan Kryštof Müller, 1673–1721). Ten potom z pověření císaře Leopolda I. v roce 1708 mapoval Horní Uhry a Moravu a z pověření císaře Karla VI. mapoval Moravu a Čechy.

Müller znal princip triangulace a pro vybrané body použil astronomicky zjištěné zeměpisné souřadnice, kterých v té době bylo známo něco přes 100 pro celou Evropu. Z těchto bodů se odvíjelo měření v terénu. Pro topografická měření používal viatoria, křížového úhloměru, busoly, kvadrantu, astrolábu a pretoriánského stolku se zapuštěnou libelou. Mapa obsahuje zeměpisnou síť po dvou minutách na sekčním rámu, a protože vyznačené dílce na rámu mapy jsou stejné, dá se usuzovat, že byla vytvořena ve válcovém obdélníkovém zobrazení, jehož ekvidistantní rovnoběžka je položena na jih, mimo zobrazené území.

Z pověření císaře Karla VI. Vydal J. K. Müller v roce 1720 (je datována rokem vyhotovení rukopisu, přestože vyšla tiskem až v roce 1722) 25 sekčních listů (55,7 x 47,3 cm) z vlastního mapování Čech z let 1712–1717 v měřítku cca 1:132 000 („Mappa geographica regni Bohemiae in duodecim circulos divisae cum comitatu Glacensi et

districu Egerano adiunctis ...“) k níž připojil i přehledný list. Mapování probíhalo po krajích. Rozměr mapy je 2822 x 2403 mm. Je realizována jako mědirytina (rytec Michael Kauffer). V rozích je zdobena umělecky cennými rytinami Johanna Daniela Herze, provedenými podle předlohy Václava Vavřince Reinera. Tato parerga zobrazují pohled na Hradčany a Karlův Most před rokem 1669 (je bez úplné řady sousoší), personifikaci českých řek a alegorie na hospodářské zdroje země. Obsahuje 12495 sídel a dělení Čech na 12 krajů zavedené v roce 1714. Císařský patent kladl na podrobnost mapování Čech značné nároky. Reliéf terénu je zobrazen kopečkovou metodou, která je správně odstupňovaná. Na rozdíl od mapy Moravy jsou popsána významná česká pohoří (Riesengebürg Montes – Krkonoše, Schneekappe – Sněžka, das Mittel-gebürg Montes – České středohoří). Popis mapy je německý. Vznikla na základě vojenských, správních a hospodářských požadavků rakouské monarchie. Proto jsou na ní podrobně zakresleny kromě topografického obsahu (sídla, vodstvo, schematicky reliéf a zeleň, komunikace) také zemědělské usedlosti, zaniklé osady, mlýny, vinice, doly na zlato, stříbro, měď a další nerostné suroviny, hutě, sklárny, poštovní stanice a mnoho jiných informací. Mapa je vykreslena ve válcovém Cassiniho zobrazení s nezkreslenou pražskou rovnoběžkou. Obsahuje zeměpisnou síť. V mapovém poli je zřetelně vidět, že mapa byla skládána v celek z jednotlivých dílčích elaborátů.

Müllerovo vynikající kartografické dílo se stalo na téměř sto let předlohou i pro mapy jiných domácích a zahraničních vydavatelů. Po uplynutí desetiletého ochranného privilegia, které chránilo Müllerovy mapy před kopírováním zahraničními firmami, se staly kopie těchto map součástí všech předních atlasů 18. století a samotné jméno jejich autora bylo zárukou kvality. Byly podkladem i pro I. vojenské mapování.

2.2 První vojenské mapování

Při použití Müllerovy mapy Čech 1 : 132 000 ve vojenském tažení v sedmileté válce (1758–1763) se ukázalo, že Müllerova mapa již nepostačuje vojenským účelům. Chyběly informace o terénu a jeho průchodnosti, o poloze obcí a měst i o ubytovacích a stravovacích možnostech vojska. Proto nařídila císařovna Marie Terezie na návrh polního maršála Dauna první vojenské mapování [2] všech zemí monarchie. Touto prací byl pověřen generální štáb ve Vídni v roce 1763, pod jeho vedením bylo rozsáhlé území habsburské říše zmapováno ve velice krátkém čase 23 let (v letech 1763–1785). Do historie rakouské státní kartografie a tím i mapového zobrazení českých zemí přešlo pod názvem mapování josefské, ačkoliv při nastoupení Josefa II. v roce 1780 byla převážná část habsburské monarchie již zmapována.

Nové podrobné mapy měly být získány co nejrychleji, neboť stále hrozilo nebezpečí od pruského krále Bedřicha II. a co nejlevněji, protože finanční prostředky monarchie byly značně vyčerpány častými válkami. To byly hlavní příčiny, které znemožnily řádnou základní přípravu tak rozsáhlého mapového díla. Na rozdíl od soudobých děl, např. Cassiniho mapy Francie 1:86 400, která byla vyhotovena na základě astronomicko-geodetických měření, bylo první rakouské mapování provedeno bez jednotné trigonometrické sítě, po jednotlivých korunních zemích a nejednotným postupem.



Obr. 1 Ukázka výřezu mapy I. vojenského mapování [A]

Co se týče volby měřítka, topografického obsahu a úpravy mapových listů předčilo první vojenské mapování soudobá mapová díla. Převážná část monarchie byla zmapována v tzv. jednoduchém měřítku odvozeném z požadavku, aby délka vídeňského palce ($1'' = 2,63 \text{ cm}$) na mapě zobrazovala délku 400 vídeňských sáhů ($400'' = 758,6 \text{ m} = 1000 \text{ kroků}$) ve skutečnosti. Bylo tedy již v 18. století voleno poměrně velké měřítko 1:28 800, které se jen málo liší od měřítka 1:25 000 užívaného od III. vojenského mapování až do současnosti. Pro porovnání: Cassiniho mapa Francie (1750–1793) byla vyhotovena v měřítku 1:88 400 a Schmettauova kabinetní mapa Bedřicha II. (1767–1787) v měřítku 1:50 000.

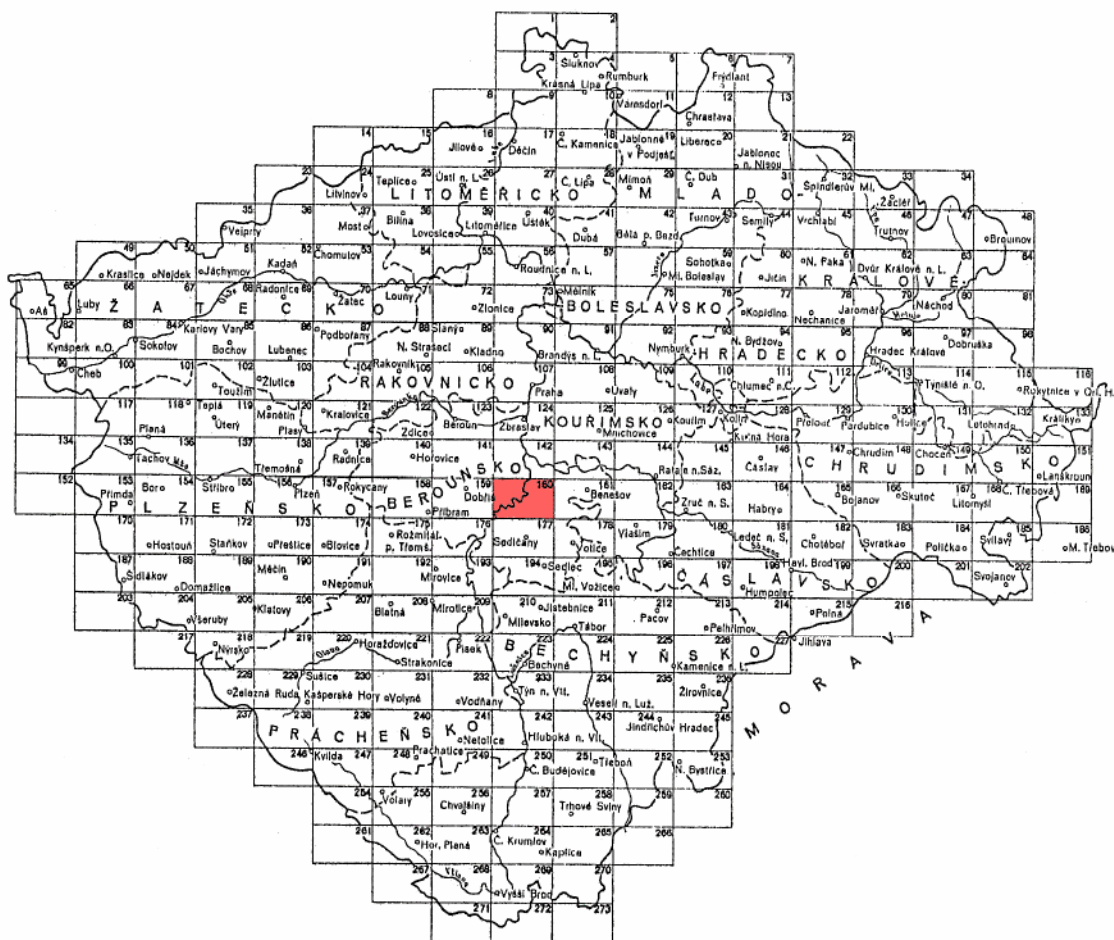
Čechy byly zmapovány v letech 1764–1767 pod velením majora štábu Motzela a vrchním vedením plukovníka štábu de Fabrise. Podkladem byla Müllerova mapa 1:132 000 zvětšená do měřítka 1:28 800, ve které poloha sídel byla považována za správnou a do které byly nové prvky dokreslovány. Je zřejmé, že takovýto podklad nemohl svou přesností vyhovovat poměrně velkému měřítku 1:28 800 a postupem z malého do velkého byla

popřena hlavní geodetická zásada. Krajina byla mapována vojenskými důstojníky především metodou „a la vue“ (odhadem), krokováním a částečně i pomocí měřického stolu (grafickou triangulací na krátkých základnách) se záměrným pravítkem a buzolou do sítě bodů, převzatých z Müllerových map.

Předmětem polohopisu byly všechny vojensky důležité krajinné prvky. Komunikační síť: chaussée, poštovní a obchodní silnice, spojovací, polní a lesní cesty, stezky a pěšiny. Vodní síť se všemi mosty, přívozy a brody, rybníky, tůňe, močály, studně a prameny. Vodní, lodní a koňské větrné mlýny. Jednotlivé domy, kostely, zámky, dvory a v obcích všechny význačné budovy půdorysně správně. Vesnice podle skutečné polohy domů. U měst a městysů hradební zdi. Lesy rozlišené podle hustoty porostů, stromy podél silnic i cest a podél vodních toků, louky a pastviny.

Znázornění terénu se odvíjelo také podle vojenských požadavků. V mapovém obraze byly zachyceny vyvýšeniny a jejich horizontální členění na svahové hřbety a údolí. Výrazně byl zobrazen průběh vyvýšenin ve směru největšího spádu se všemi mírněji a příkřeji skloněnými úbočími. Kresbou pak byly označeny vyvýšeniny dominující a s dobrým rozhledem, aby vynikla klíčová a ovládající místa, která mohla rozhodnout o osudu bitvy. Způsob znázornění terénu byl zcela odlišný od dosavadní pahorkové manýry, velmi se blížil šrafování zavedenému u II. a III. vojenského mapování. Byl kombinací dvou druhů tónování. Tato technika spočívala v lavírování svažité části terénu zředěnou tuší štětcem nebo perem, a to tím tmavěji, čím byl sklon nebo vyvýšenina větší. Potom se kreslily většinou zkřížené šrafy ve směru největšího spádu, a to delší a bledší na svazích mírnějších a kratší a tmavší na svazích příkřejších. Rozdílem oproti technice Lehmanovy šrafy užití při dalších vojenských mapováních bylo, že se nepostupovalo pouze podle zásady čím příkřejší tím tmavší, ale také podle pravidla čím vyšší tím tmavší.

Kartografické zpracování výsledků bylo provedeno v zimním období, kdy 8–12 dílů polního elaborátu bylo sestaveno do obdélníkových mapových listů (sekcí, brouillonů) a nalepeno na plátno. Území Čech pokrývalo 273 takovýchto sekcí (obr. 2) s názvem „*Válečná mapa království Českého 1:28 800*“. Každý mapový list o rozměrech 408 x 618 mm zobrazoval území o ploše 209 km² (2 2/3 čtvereční české míle). Pro každou sekci byla vyhotovena plátnem podlepená čistokresba. Polohopis byl znázorněn barevně: mapové značky tmavě šedou tuší, zděné budovy, chaussée a kamenné mosty červeně, vodstvo a okraje vodních ploch tmavě modře, vodní plochy světle modře, louky a pastviny zeleně a plochy lesů šedo-zeleně, šrafy a značky skal šedě. Značky komunikací byly zvýrazněny žlutým pruhem. Popis byl černý.



Obr. 2 Přehled sekcí I. vojenského mapování v Čechách [2]

Zároveň s mapováním byl pro každou sekci uveden popis, ve kterém byly uvedeny údaje v mapě nezaznamenané, např. šířka a hloubka vodních toků, průchodnost lesů a močálů, stav silnic a cest, vhodnost objektů pro obranu, ubytovací a zásobovací možnosti v obcích a další vojensky důležité informace. Slovní popis mapových sekcí Čech je často užívaným zdrojem informací pro studium tehdejších poměrů.

Mapy prvního vojenského mapování byly po stránce topografického obsahu, kartografického zpracování i graficky velice povedené. Zcela přelomově bylo použito poměrně velké měřítko 1:28 800, které se blíží měřítku 1:25 000 používanému dodnes. Tyto nesporné klady prvního vojenského mapování degraduje fakt, že mapování bylo provedeno většinou na pochybených polohopisných základech, s velmi hrubou zeměpisnou orientací a s velkými polohovými deformacemi. Pokus sestavit z jednotlivých provinčních map souvislou mapu monarchie roku 1792 z těchto příčin zcela ztroskotat. Nedostatky map prvního vojenského mapování se plně projeví především v napoleonských válkách. Po neúspěšných pokusech odstranit tyto nedostatky revizemi, se dospělo k nutnosti nového mapování.

2.3 Druhé vojenské mapování

Potřeba dobré válečné mapy monarchie postavené na řádných geodetických základech, která by zobrazovala i přiléhající území sousedních států, ke konci 18. století neustále sílila. V době, kdy přední evropské státy už měly vyhovující mapu (Cassiniova mapa Francie 1:86 400, vyhotovená na podkladě astronomicko-geodetické triangulace, pruská Schmettauova kabinetní mapa 1:50 000 a d'Albova mapa italských zemí 1:259 200). Rakousko si dělalo nárok, i přes vojenské neúspěchy v 18. století, na postavení hlavní evropské mocnosti. Proto pro ni pořízení souvislé mapy bylo velice prestižní záležitostí.

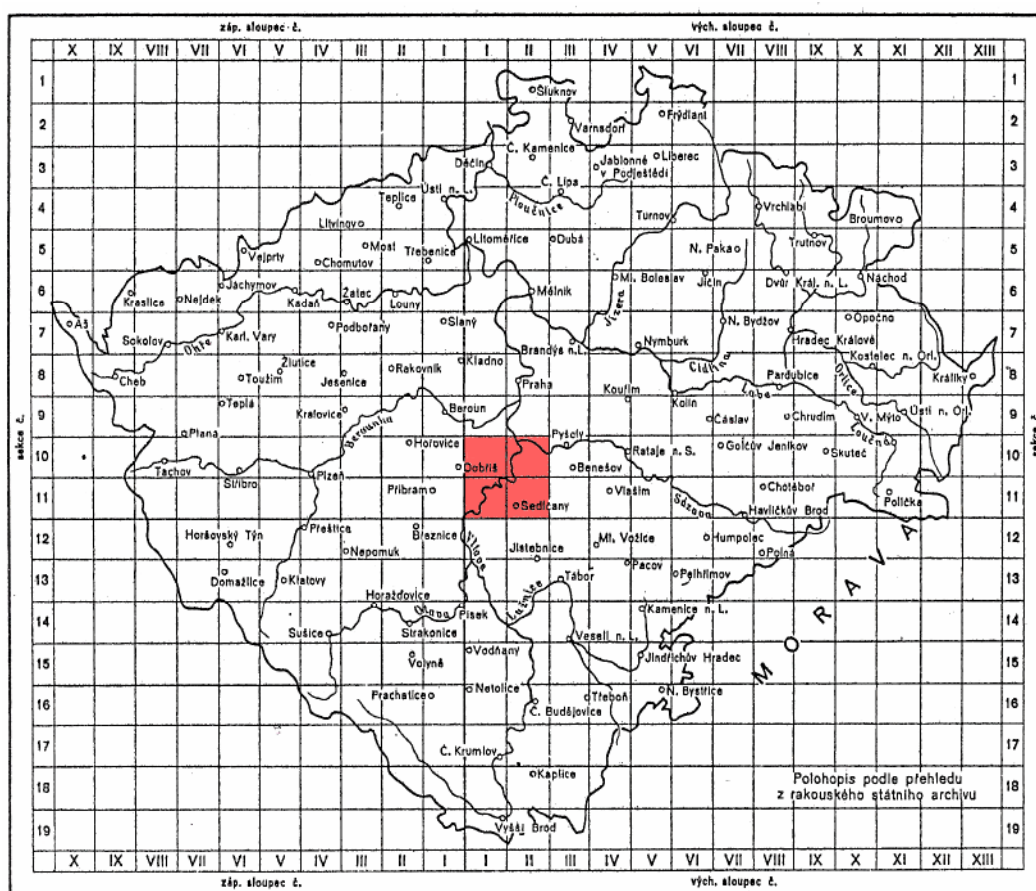
Během neustálých válek v 18. století byla státní pokladna trvale vyčerpávána, proto až po válce s Francií vzešel návrh na vytvoření souvislé astronomicko-trigonometrické sítě, která by byla spolehlivým základem budoucího mapování. Návrh byl přijat a nařízením císaře Františka II. ze dne 7. 8. 1805 zahájeno druhé vojenské mapování [2], tzv. Františkovo. V roce 1806 vznikl u štábu generálního ubytovatele topografický ústav, z něhož v roce 1814 vznikl moderní Císařskokrálovský vojenský zeměpisný ústav (K. k. Militär-Geographischen Institut).

Druhé vojenské mapování bylo provedeno v měřítku 1:28 800, stejném jako při prvním josefském mapování, kde jeden palec na mapě odpovídá 400 vídeňským sáhům ve skutečnosti. Pro mapování vojensky významných prostorů, jako je okolí velkých měst, vojenské tábory, manévrové prostory bylo voleno dvojnásobné měřítko 1:14 400. Mapování začalo roku 1807 v Rakousku a Solnohradsku. Na podkladě právě budované, grafickou triangulací zhuštěné trigonometrické sítě byl pomocí měřického stolu grafickým protínáním, odhadem a krokováním zaměřován a zakreslován polohopis a terénní reliéf byl znázorněn šrafováním. Takto na podkladě zhuštěné trigonometrické sítě bylo mapování prováděno v Dolním a Horním Rakousku, Sedmihradsku, Tyrolsku, Vorarlberku a Uhry. Podstatně jednodušším a ekonomickým postupem proběhlo mapování v ostatních zemích. Jako ideální polohopisný podklad zde posloužily katastrální mapy 1:2 880 a značně tím ulehčily mapovací práce. Takto byly zmapovány Čechy, Morava a Slezsko, Korutany, Štýrsko a Dalmácie.

V roce 1810 bylo druhé vojenské mapování v Rakousku zastaveno a nahrazeno revizním mapováním, při kterém mělo být první mapování opraveno a zdokonaleno. Důvodem k tomuto zpátečnickému kroku byl především neutěšený stav státní pokladny vyčerpaný státními výdaji. K obdobnému reviznímu mapování došlo v Čechách v letech 1812–1819, kde na podkladě nové trigonometrické sítě bylo nově vyhotoveno 21 sekcí v okolí Prahy a 14 sekcí v Jižních Čechách. Opět se ale dospělo k závěru, tentokrát už

definitivně, že první vojenské mapování není možné sebelepší revizí uspokojivě opravit a zpřesnit a jedině nové mapování je cestou jak vytvořit souvislou mapu monarchie.

K druhému vojenskému mapování v českých zemích došlo až ke konci první poloviny 19. století na podkladě katastrálních trigonometrických sítí a po katastrálním vyměřování v měřítku 1:2 880. Geodetickým polohopisným základem v Čechách byly trigonometrické body dané pravoúhlými rovinnými souřadnicemi katastrální soustavy s počátečním bodem Gusterberg v Dolním Rakousku. Triangulace byla provedena v letech 1824–1828 a 1830–1840 a určila číselně 2623 bodů I.-III. řádu na rozloze 51 953 km², což odpovídá třem bodům na plochu jednoho vyměřovacího listu druhého vojenského mapování (asi 57 km²).



Obr. 3 Přehled sekcí II. vojenského mapování 1:28 800 v Čechách [2]

Stejně jako pro katastrální mapování bylo použito Cassiniho zobrazení, tj. transversální válcové zobrazení ekvidistantní v kartografických polednicích s nezkreslenou střední kartografickou rovnoběžkou. Dnes se toto zobrazení nazývá Cassini-Soldnerovo. Při výpočtech byl použit Zachův elipsoid ($a = 6\,376\,045$ m, $1/f = 310$). Klad mapových listů byl uspořádán v pravoúhlých sekcích katastrálních soustav, v Čechách gusterbergské a na Moravě a ve Slezsku svatoštěpánské. Vedením

rovnoběžek s pravouhlými osami ve vzdálenostech po 2 rakouských mílích (jedna rakouská míle = 4 000 vídeňských sáhů = 7 585,9m) vznikly čtvercové sekce o stranách 15,17 km, které zobrazovaly plochu čtyř čtverečných mílí (230,16 km²). V měřítku 1:28 800 měly mapové sekce rozměry 20 x 20 vídeňských palců (52,68 x 52,68 cm). Mapové sekce byly označeny pomocí vrstev arabskými číslicemi 1–19 od severu k jihu a sloupců římskými číslicemi I–X západně a I–XIII východně od gusterbergského poledníku. Spojením čísla vrstvy a sloupce dostaneme označení konkrétní mapové sekce např. sekce 10 východní sloupec II. Čechy byly zobrazeny na 267 sekcích (obr. 3).

Jako grafický polohopisný podklad druhého vojenského mapování byly použity pantograficky zmenšené a obsahově zjednodušené katastrální mapy. Vlastní mapování se provádělo po vyměřovacích listech, které odpovídaly čtvrtině mapové sekce, zobrazující plochu 1 čtvereční míle (57,54 km²). Mapování katastrální (1826–1830, 1837–1843) a mapování vojenské (1842–1852) v Čechách na sebe bezprostředně navazovalo, takže zmenšená katastrální mapa byla aktuálním, téměř úplným grafickým podkladem. Polohopisné měření bylo pouze aktualizací podkladu s rozšířením o prvky, které nebyly v katastrálních mapách zobrazeny.



Obr. 4 Ukázka výřezu mapy II. vojenského mapování [B]

Ke znázornění terénního reliéfu byla použita Lehmanova šrafura. Spočívala v principu zobrazení terénního reliéfu v půdorysném průmětu tak, aby jeho obraz informoval o směru největšího spádu a o jeho velikosti. Sklon byl vyjádřen pomocí délky šrafy a počtu šraf na palec. Čím byl terén strmější, tím byly čáry kratší a blíže u sebe.

Způsob znázornění terénu vyžadoval vyškolené topografy, kteří ovládali rychlý a správný rozbor terénních útvarů a kteří dovedli vystihnout charakteristické rysy terénu. Mapování prováděli důstojníci štábu a vojenští inženýři. Jeden topograf s měřickým pomocníkem zmapoval za šest měsíců letních prací až 690 km². Ve zbylých měsících se věnovali kresbě mapových listů barevnými tušemi: popis a polohopis černě, zděné budovy a kamenné mosty červeně, louky světlezeleně, pastviny světle zeleno-tmavomodře zahrady tmavozeleně, okraje lesů šedohnědě, plochy lesů šedozeleně, vodstvo a okraje vodních ploch tmavomodře, vodní plochy světle modře, šrafy šedočerně a skály hnědě. Komunikace byly zvýrazněny hnědým pruhem. Potom se vyměřovací listy spojily v původní mapové sekce.

Při hodnocení druhého vojenského mapování nemohu opomenout některé nedostatky. Geodetické a mapovací práce byly prováděny nedostatečným počtem důstojníků a byly přerušovány, nejen pro válečná období, ale především z nedostatku financí. Ačkoli v celé monarchii trvaly od roku 1807–1869, nebyly v některých zemích dokončeny. Geodetickým polohopisným základem měla být trigonometrická síť vybudovaná v letech 1806–1811 propočítaná v jednom souřadnicovém systému s počátečním bodem ve věži dómu sv. Štěpána ve Vídni. To by umožnilo souvislý klad mapových listů pro celou monarchii a jednotné značení. Pro katastrální mapování, které se stalo podkladem vojenského mapování, byla ale trigonometrická síť katastrální rozdělena do několika souřadnicových systémů, které spolu matematicko-kartograficky nesouvisely. Tím se upustilo od jednoho z hlavních požadavků, kterým bylo vytvořit souvislé mapové dílo pro celou monarchii. Největší slabinou tohoto mapového díla je však výškopis. Zatímco v jiných evropských zemích bylo již běžné kombinovat šrafuru s výškovými kótami a vrstevnicemi, druhé vojenské mapování v českých zemích obsahuje údaj o nadmořské výšce pouze u trigonometrických bodů. Je však nutné uznat, že přehledná Lehmanova šrafura byla pro vojenské účely v té době vyhovující. Byla však téměř nepoužitelná pro technické a projekční účely. Největší předností těchto map je velice podrobný, přesný a spolehlivý polohopis.

2.4 Třetí vojenské mapování

Podnětem k zahájení dalšího, třetího vojenského mapování [2] byly nepříznivé zkušenosti s mapovými podklady z prusko-rakouského konfliktu v roce 1866. Bylo to zejména dělostřelectvo, které si žádalo pořízení přesnější a dokonalejší vojenské mapy. Pro přípravu a řízení palby se mapa stává nezbytným konstrukčním podkladem, od mapy je již vyžadována technická spolehlivost. Také začíná chybět dobrá topografická mapa v civilní

oblasti, především při budování komunikací. Mapa druhého vojenského mapování je pro tyto účely nedostatečná z hlediska zpracování výškopisu. V tomto období industrializace dochází k rozšiřování železniční sítě, zakládání nových uhelných a rudných dolů a budování vodních děl zlepšujících splavnost řek, což si žádá kvalitní topografickou mapu.

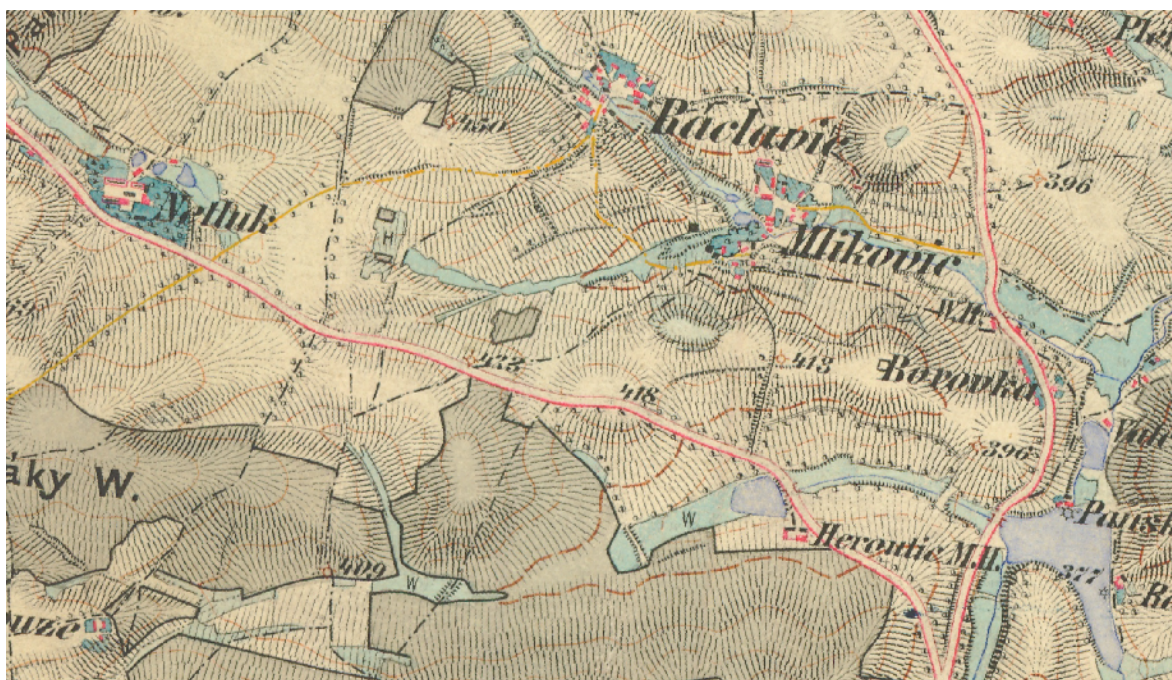
Produktem třetího vojenského mapování měla být především originální topografická mapa velkého měřítka a potom řada map odvozených v několika menších měřítkách. Mapy měly být zdokonaleny oproti mapám druhého vojenského mapování nejen pro účely vojenské, počítalo se také s výrazným uplatněním v civilním sektoru. Zvýšené požadavky byly především na podrobný a spolehlivý zákres komunikační sítě, přesné určení výšek většího počtu bodů, zákres vrstevnic a vyhotovení podrobného topografického a vojenského popisu sekcí. V roce 1868 nařídilo ministerstvo války třetí vojenské mapování, které řídil ústav ve Vídni. V Čechách probíhalo v letech 1877-1879 a na Moravě a ve Slezsku v letech 1876-1877. Pro nové mapování bylo zvoleno měřítko 1:25 000 již v dekadické soustavě, počítalo se s brzkým zavedením metrické míry. Pro významné vojenské oblasti jako jsou okolí velkých měst, vojenské tábory, dělostřelecké střelnice a manévrovací prostory bylo stanoveno dvojnásobné měřítko 1:12 500.

Geodetickým polohopisným základem třetího vojenského mapování v Čechách byly souřadnice trigonometrických bodů v katastrální soustavě s počátkem v Gusterbergu. U mnoha bodů byly určeny zeměpisné souřadnice. Grafickým polohopisným podkladem byla zmenšená kresba katastrální mapy z měřítka 1:2 880 do 1:25 000.

Základem pro výškovou síť měly být výšky katastrálních trigonometrických bodů, určených trigonometricky, odvozené od jadranského nulového horizontu v Terstu. Připojením některých trigonometrických bodů na body přesné nivelace byly zjištěny příliš velké rozdíly, body nemohly být takto použity jako základ pro určování výšek při novém mapování. Proto se urychleně přistoupilo k reviznímu měření výšek s připojením na síť přesné nivelace, která byla v té době velmi řídká. V letech 1875-1879 došlo v českých zemích k revizi výšek katastrálních trigonometrických bodů připojením na bod přesné nivelace Kozí Hon u Mikulova na jižní Moravě. Zaměřením sítě dlouhých, trigonometricky měřených výškových pořadů a jejich vyrovnáním byly určeny na každou čtvereční míli nové výšky tří bodů, které se staly výškopisným základem pro třetí vojenské mapování. Navazující výšková měření měla za úkol určit síť výškových bodů, dostatečně hustou ke správné konstrukci vrstevnic a ke kótování charakteristických bodů terénu. Podle instrukce to bylo ve velmi členité a nepřehledné vrchovině a hornatině 300-500 bodů, ve středohoří a velehorách 150-300 a v rovinnatých územích 25-150 výškových bodů na každý vyměřovací list (62 km²). Výšky se určovaly trigonometricky měřením výškového úhlu a

vodorovné délky odměřené z mapy, v rozsáhlých lesních komplexech barometrickým měřením.

Terén byl znázorněn kombinovaným použitím kót, vrstevnic, šrafováním podle modifikované Lehmanovy stupnice a lavírováním (tónování barvou). Nadmořskými výškami se označily trigonometrické body, charakteristické body terénního reliéfu (vrcholy, sedla, styky údolí, spočinky) a význačná místa polohopisu (kostely, křižovatky, soutoky vod ...). Poprvé zde byly použity vrstevnice, které usnadnily určení absolutní i relativní výšky v terénu. Stometrové vrstevnice byly vykresleny po celém území, při sklonu menším než 25° byly vykresleny dvacetimetrové vrstevnice a při sklonu menším než 10° byly doplněny pomocnými desetimetrovými vrstevnicemi. Skály byly znázorněny lavírováním sépiovou barvou, tvar a sklon skalních útvarů byl vyjádřen pomocí různých odstínů.

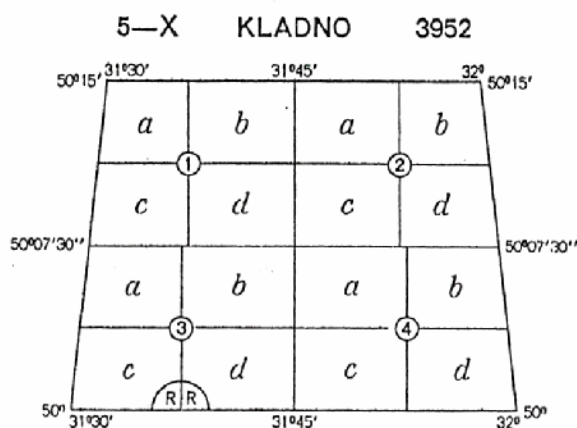


Obr. 5 Ukázka výřezu mapy III. vojenského mapování [C]

Kartografické provedení map bylo v jedenácti barvách: polohopis a šrafování černě, značky trigonometrických bodů, kamenných objektů a silnic červeně, vodstva a okraje vodních ploch modře, vodní plochy světle modře, louky zeleně, pastviny a okraje lesů tmavozeleně a vrstevnice a skály žlutohnědě. Pro menší počet otisků byly mapy rozmnoženy fotograficky, kdy půltónové negativy byly kopírovány na bromostříbrnatý papír. Tyto kopie byly velmi dobře čitelné a různobarevné plochy se zobrazily v dobře rozlišitelných odstínech. Při větším počtu otisků se použila fotolitografie pouze v černé barvě.

vynesly vpravo i vlevo skutečné délky odpovídající 15' délky příslušné rovnoběžky. Vyneslím kolmice půlící středový poledník rozdělíme mapový list na čtyři mapové sekce o rozměrech 15' zeměpisné délky a 7,5' zeměpisné šířky.

Listy speciální mapy byly původně označeny arabskými číslicemi po vrstvách od rovnoběžky 51° 15' k jihu a římskými číslicemi po sloupcích od poledníku 27° východně od Ferra k východu s připojením jména význačného sídla, např. 5-IX Praha. Od roku 1917 bylo zavedeno nové značení. Vrstvy i sloupce byly očíslovány dvoucifernými arabskými číslicemi tak, že první sloupec přiléhal západní stranou k poledníku 27° a první vrstva svou severní stranou k rovnoběžce 60°. Mapový list se označoval čtyřmístným arabským číslem, přičemž první dvě cifry označovaly vrstvu a druhé dvě sloupec, např. Praha 3953. Listy topografické mapy byly označeny číslem listu speciální mapy a označením umístění v mapovém listu: sz., sv., jz., jv. (NW., NO., SW., SO.), později byly nahrazeny označením 1, 2, 3, 4. Každá sekce se potom dělila na čtyři vyměřovací listy označené písmeny a, b, c, d (obr. 7).



Obr. 7 Dělení listu speciální mapy 1:75 000 [2]

Mapy třetího vojenského mapování, především speciální mapa 1:75 000, topografická mapa 1:25 000 a odvozené mapy menších měřítek, byly na svou dobu velmi dobrými kartografickými díly. Tyto mapy významně přispěly k rozvoji vědy, techniky a národního hospodářství a zůstaly vlastně jedinými souvislými mapovými díly až do poloviny dvacátého století.

Poměrně nevhodně byl zvolen způsob zobrazení výřezů geografické sítě o rozměrech 30' zeměpisné délky a 15' zeměpisné šířky, založené na stejnoplochem pseudocylindrickém zobrazení Sansonově. Mapové listy nebylo možné k sobě skládat v jeden celek a bylo možné skládat mapy buď do sloupců, nebo do vrstev. Na okrajích mapových listů dosahovalo úhlové zkreslení až 11' a délkové až 2 m na kilometr.

Zlepšením ve výškopisné složce mapy jsou vrstevnice po 20 metrech, s doplňkovými 10 metrovými. Byly však spíše hrubým nástinem terénu, protože se sestrojovaly až při zimních pracích z malého počtu výškových bodů, především na základě šrafování terénu. Z těchto důvodů byla přesnost vrstevnic nevyhovující a často se vyskytly i 50 m odchylky od skutečného průběhu vrstevnic. Místní i pomístní názvosloví bylo německé, případně různě zkomolené a poněmčené.

2.5 Topografické mapování 1953–1957

Po vzniku Československé republiky přešly originální kresby a negativy map třetího vojenského mapování od bývalého Vojenského zeměpisného ústavu ve Vídni do vlastnictví Vojenského zeměpisného ústavu v Praze. Největšími nedostatky těchto mapových děl bylo použité zobrazení, polohové chyby, zastaralost a použité německé názvosloví. V té době však nebyly splněny základní předpoklady k novému mapování: na našem území nebyla vybudována jednotná trigonometrická síť, která by odstranila nedostatky původních katastrálních trigonometrických sítí, nebyl zvolen způsob zobrazení, ani nebyl dostatek finančních prostředků v rozpočtu ministerstva obrany. Proto se přistoupilo v roce 1920 k reambulaci převzaté topografické mapy 1:25 000, při které se opravily polohopisné a výškopisné nepřesnosti a poněmčené místní a pomístní názvosloví.

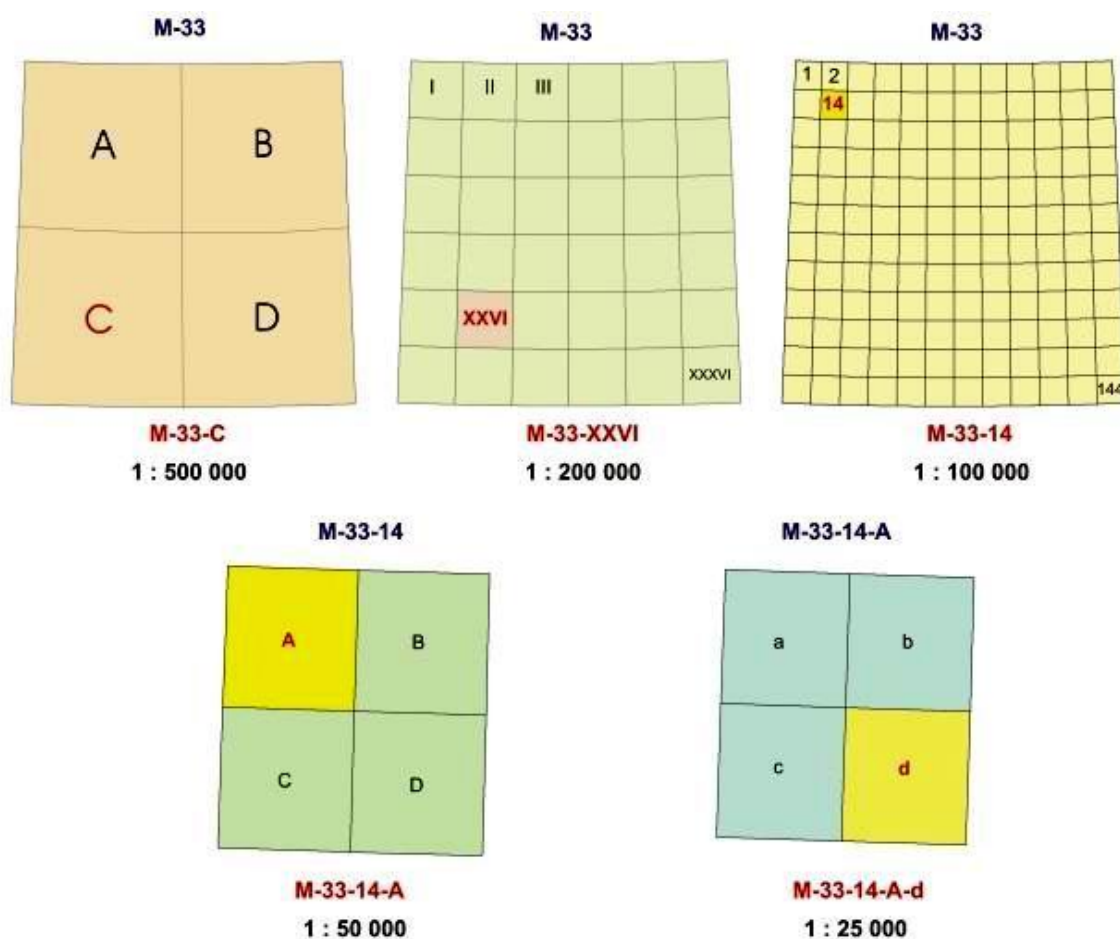
Tento stav byl ale dlouhodobě neudržitelný a jediným řešením bylo nové topografické mapování [3], ke kterému se přistoupilo na základě usnesení vlády ČSR ze dne 28. 7. 1953. Za jeho přípravu, organizaci a realizaci odpovídal Vojenský topografický ústav. Následující analýza měla za úkol vytvořit pro vojenské mapy soubor požadavků, vyplývajících z bohatých zkušeností z druhé světové války a vyhodnotit topografické mapy včetně technologií jejich tvorby v různých evropských státech. Díky tehdejšímu začlenění Československa do vojenského paktu zvaného Varšavská smlouva, bylo budováno významné vojenské mapové dílo mezinárodního charakteru. Sovětské mapy měly vhodnou koncepci, měřítko, bohatost obsahu, přesnost, značkový klíč a mezinárodní charakter. Pro nové mapování byl stanoven geodetický systém S-1942, definovaný na území ČSR systémem S-1952, měřítko 1:25 000. Byly použity vyhovující výsledky předchozích mapování po roce 1930, revidované v terénu podle aktuálních leteckých snímků. Ostatní území bylo mapováno universálními topografickými metodami, stolovou metodou pouze tam, kde letecké snímkování nebylo možné. Mapování mělo proběhnout v relativně krátkém čase a s co nejmenšími finančními náklady, což bylo splněno.

Kartografickým základem pro nové topografické mapování bylo příčné válcové konformní Gauss-Krügerovo zobrazení šestistupňových poledníkových pásů. Jedná se o jednoduché zobrazení, elipsoid je zobrazen přímo do roviny, bez zprostředkující koule tak, že každý meridiánový pás se zobrazuje samostatně. Základní podmínkou zobrazení je konformita a nezkreslený střední poledník pásu. To odpovídá představě válce v transversální poloze, který se dotýká elipsoidu podél zvoleného základního poledníku. Každý pás má svůj rovinný souřadnicový systém, osa Y je položena do přímkového obrazu rovníku s kladnou orientací na východ a osa X do přímkového obrazu osového poledníku s kladnou orientací k severu. Pásky se počítají od 180. rovnoběžky, naše území leží téměř celé v 33. pásu s osovým poledníkem 15° v. d., malá část v 34. pásu s osovým poledníkem 21° . Body ležící západně od středového poledníku by měly zápornou souřadnici Y, proto se k ní přičítá 500 km. Pro bod ležící na západním okraji pásu v našich zeměpisných šířkách $Y = 334$ km. Protože je systém definován pro celý svět, aby nedocházelo k nejednoznačnému určení místa, předřazuje se před souřadnici Y číslo pásu, zmenšené o hodnotu 30. Délkové zkreslení dosahuje maximální hodnoty 0,62 m na kilometr na okraji pásu, v měřítku topografických map zaniká. Při konstrukci mapového rámu se západní a východní rám mapové sekce zobrazují jako přímky, severní a jižní jsou částmi rovnoběžek tvořících kruhový oblouk velmi malého vzepětí. Jedná se o konformní zobrazení, úhly se tedy nezkreslují. Referenční plochou se stal elipsoid Krasovského ($a = 6\,378\,245$ m, $i = 1:298,3$), souřadnicový systém byl S-52, později byla jeho zpřesněná verze označena S-42 a S-42/83.



Obr. 8 Klad Mezinárodní mapy světa [4]

Klad a značení mapových listů [4] Gauss-Krügerova zobrazení vycházelo z Mezinárodní mapy světa 1:1 000 000 (IMW – International Map of the World). Listy této mapy mají rozměr 6° zeměpisné délky a 4° zeměpisné šířky. Vrstvy se označují písmeny abecedy A až V od rovníku až k pólům a poledníkové pásy jsou číslovány od 180° poledníku. Jako počáteční byl 180° poledník zvolen proto, že leží mimo pevninu a prochází jím datová hranice. Území České republiky leží téměř celé na mapovém listu M-33 a část na M-34 (obr. 9). Klady mapových listů středních a menších měřítek získáme dělením mapových listů 1:1 000 000. Rozdělením milionové mapy na čtvrtiny dostáváme listy zeměpisné mapy 1:500 000, označené písmeny A až D. Mapa 1:200 000 vznikne členěním milionové mapy na 6 x 6 polí, označených římskými číslicemi I až XXXVI. Abychom dostali klad mapových listů topografické mapy 1:100 000 (TM100) musíme rozdělit list milionové mapy na 12 vrstev a 12 sloupců, číslovaných 1 až 144. Rozčtvrcením listu TM 100 dostáváme klad topografické mapy 1:50 000 (TM 50), označení je písmeny A, B, C, D, dalším čtvrcením dostáváme již klad TM 25 (značení a, b, c, d). Tento postup dělení se opakuje a získáme 4 díly mapy 1:10 000 označené čísly 1, 2, 3, 4. Toto členění přehledně vyjadřuje tab. 1 a obr. 10.



Obr. 9 Klad mapových listů vojenských topografických map [4]

Tab. 1 Klad mapových listů vojenských topografických map

Měřítko	Výchozí mapa	Dělení	Zobrazené území		Příklad značení mapy
			$\Delta\lambda$	$\Delta\phi$	
1 : 1 000 000	IMW		6°	4°	M-33
1 : 500 000	IMW	2 x 2	3°	2°	M-33-C
1 : 200 000	IMW	6 x 6	1°	40'	M-33-XXVI
1 : 100 000	IMW	12 x 12	30'	20'	M-33-14
1 : 50 000	TM100	2 x 2	15'	10'	M-33-14-A
1 : 25 000	TM50	2 x 2	7'30"	5'	M-33-14-A-d

Obsah mapy tvoří body geodetických polohových základů, terénní kóty, zeměpisná a kilometrová síť, popisné a mimorámové údaje, polohopis (černě), vodstvo (modře), vrstevnice s krokem 5m, skály, terénní útvary (hnědě), lesy (zeleně), dálnice a silnice I. a II. třídy (červeně) a silnice III. třídy (žlutě).



Obr. 10 Ukázka výřezu vojenské topografické mapy 1: 25 000 [D]

Základní metodou mapování bylo letecké měřické snímkování, prováděné zvláštní skupinou vojenského letectva letouny typu CA-3 Siebel, vhodných pro fotogrammetrické nálety. Podle charakteru terénu bylo přizpůsobeno měřítko snímkování od 1:18 000 až 1:26 000. Snímkovací lety probíhaly vždy ve směru od východu na západ. Do jednoho mapového listu padly tři až čtyři řady snímků s podélným překrytím 60% a příčným překrytím mezi řadami pak 30%. Použity byly fotokomory Zeiss RMK-P-21 a později novější Wild RC-5 s ohniskovou vzdáleností $f = 210$ mm a formátem 18 x 18 mm. Průměrná odchylka osy záběru od svislice dosahovala velice dobrých hodnot okolo 1°.

Pro snímkování byly použity letecké panchromatické filmy 17/10° a 21/10° DIN. Letecké měřické snímkování splnilo požadavky na jeho rozsah i kvalitu a staly se velice kvalitním podkladem topografického mapování.

Geodetické práce spočívaly především v určení souřadnic vlíčovacích bodů letecké fotogrammetrie. Podkladem byly body čs. trigonometrické sítě, jejichž souřadnice byly převedeny do S-1952 se zachováním jejich původní přesnosti. Vlícovací body (VB) byly voleny na viditelných situačních bodech leteckých měřických snímků pro 60% překryt dvou snímků. Počet VB byl později snížen z 6 na 4 a pro eliminaci prohnutí stereoskopického modelu byla na pátém středním VB určována pouze jeho nadmořská výška.

Vzhledem k novému použití letecké fotogrammetrie bylo nutné přeškolit topografy a vyškolit nové. Mapování bylo prováděno v terénu klasifikací leteckých měřických snímků. Při klasifikaci topograf procházel prostor snímku, identifikoval na něm prvky polohopisu, generalizoval a příslušnou značkou je tužkou zakresloval do fotokopie leteckých měřických snímků. Zároveň zjišťoval pomístní názvy, popisné údaje, rozměry (komunikací, vodstva, lesního porostu, terénních překážek...), místa pro umístění a popis kót. Tyto informace večer, po návratu z terénu, vykresloval na snímku barevnými tušemi.

Po vyhotovení kartografického originálu byla v terénu provedena, zpravidla za rok, revize zkušeným topografem. Kontrolovala se úplnost a správnost polohopisu, správnost generalizace, názvu a popisů.

Na většině území byla použita universální fotogrammetrická metoda. Tam, kde nebylo možné, nebo velice obtížné vyhodnocení výškopisu, užívala se kombinovaná metoda. Na šedé kopii fotoplánu s vyneseními geodetickými body byl zejména v plochých územích doměřován výškopis. Používala se klasická měřická výbava: stativ, deska s buzolou, eklimetr Fričův a později Kernův RK 79, dvoumetrová lať s nástavcem, slunečník, příčné měřítko a odpichovátko.

Klasická stolová metoda byla použita pro území, kde nebylo možno provést letecké snímkování. Jednalo se především o území v okolí státních hranic.

Vojenské topografické mapy jsou velice kvalitním mapovým dílem, podrobně zobrazují polohopis i výškopis. Mapování proběhlo za užití nejmodernějších metod letecké fotogrammetrie a kartografie, tyto technologie znamenaly několikanásobné zvýšení tempa mapování. Topografické mapy byly postupně odvozovány generalizací od mapy základního měřítka 1:25 000, jsou tak velice kompaktním celkem s uceleným systémem kladu mapových listů. Rám mapy je tvořen velice vhodně okrouhlými zeměpisnými

souřadnicemi. Jednalo se o mezinárodně sjednocené dílo pokrývající rozsáhlé území členských států Varšavské smlouvy, které bylo a stále je srovnatelné s nejlepšími topografickými díly. Aktualizované vojenské topografické mapy jsou dosud využívány digitální kartografií a při tvorbě geografických informačních systémů o území.

Z důvodu členství České republiky v NATO byla nutná standardizace vojenských map. Od roku 2001 probíhala 5. obnova vojenských topografických map společně s úplným kartografickým přepracováním a převodem do světového referenčního systému ve smyslu standardů NATO (elipsoid WGS84, zobrazení UTM s šestistupňovými pásy). Přechod na nové topografické mapy se uskutečnil na přelomu roku 2005–2006.

2.6 Vznik Základní mapy ČR 1:25 000 ze ZABAGED

Původ tohoto mapového díla je poměrně komplikovaný. Přestože se technologií tvorby jedná o jedno z nejmodernějších mapových děl, její vznik se odvíjí již od topografického mapování z let 1957–1972 v měřítku 1:10 000. Kartografickým přepracováním vzniká Základní mapa 1:10 000, z ní potom digitalizací ZABAGED [6].

2.6.1 Topografické mapování 1957–1972

Topografická mapa 1:10 000 vznikla v rámci mezinárodního mapového díla vojenských topografických map, z důvodů začlenění mezi země Varšavské smlouvy. Podnět k novému topografickému mapování v měřítku 1:10 000 a 1:5 000 vznikl na konferenci geodetických služeb SSSR a lidově-demokratických států v roce 1954. Zahájení topografického mapování bylo schváleno usnesením vlády ČSR č. 1391 z 1. 6. 1955. Nové mapování navazovalo na mapování v měřítku 1:25 000, probíhajícího v letech 1952–1957.

Souřadnicovým systémem, zobrazením, kladem a členěním vojenských topografických map se již podrobně zabývá předchozí kapitola. Zde budu především pojednávat o topografickém mapování v měřítku 1:10 000.

Grafickým podkladem pro mapování 1:10 000 byla polohopisná nebo výškopisná kresba odvozená z mapových a měřických děl většího či stejného měřítka. Pomocným polohopisným základem se stala katastrální mapa, díky ní se zmenšil počet bodů potřebných k zaměření polohopisu.

Obsah polohopisu byl tvořen topografickými objekty, které byly zobrazeny kartografickými značkami a pro které platilo, že u liniových objektů měla správnou polohu jejich osa, u objektů znázorněných bodovými značkami jejich střed.

Výškopis topografické mapy 1:10 000 byl znázorněn graficky vrstevnicemi, číselně nadmořskými výškami a výškami relativními. Základní interval vrstevnic byl 2m, u rovinatých území se sklonem menším než 1% byly doplněny pomocnými vrstevnicemi s intervalem 1m. Absolutní výšky byly uvedeny u charakteristických bodů terénu, komunikací a vodstva (vrchol sedla, údolní styky, střed křižovatky, hladina vody ...). Nadmořské výšky charakteristických bodů se uváděly s přesností 0,1m.

Geodetickým polohopisným základem byly zvoleny trigonometrické body, zhušťovací body a polygonové body trvale stabilizované. Geodetický výškopisný základ tvořily body ČSNS, na které byly připojeny výše uvedené body, tvořící geodetický polohopisný základ. Nivelační síť tak byla zhuštěna, aby každý mapový list obsahoval alespoň jeden bod sítě.

Pro topografické mapování 1:10 000 bylo užito následujících fotogrammetrických a tachymetrických metod:

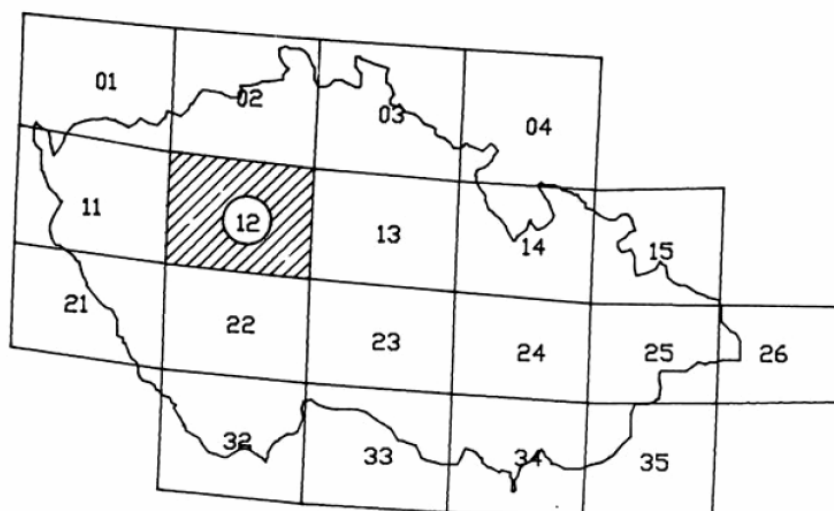
- a) **Universální fotogrammetrická metoda** – hlavní mapovací metoda použitá pro většinu našeho území (přes 80%). Kresba mapy vzniká vyhodnocením leteckých snímků s podélným překrytem 60% a příčným překrytem 20%-30% pomocí vyhodnocovacích přístrojů (autograf, stereometrograf). Tato mapovací metoda je vhodná pro libovolně členité a svažité území bez větších lesních komplexů. Velice výhodné bylo užití v hornatých oblastech s velkými výškovými rozdíly. Bez užití fotogrammetrických metod by mapování těchto oblastí bylo velice náročné.
- b) **Kombinovaná metoda** – jednalo se o doměření výškopisné složky na podkladě fotoplánu, který vzniká překreslením a montáží leteckých měřických snímků. Tato metoda se mohla použít jen na rovinný terén (cca 10% území), aby v důsledku převýšení nebyl radiální posun větší než 0,4 mm na mapě, což odpovídá 4 m ve skutečnosti.
- c) **Metody tachymetrické**
 - Metoda stolové tachymetrie (stolová metoda) – poloha bodů se měří a zobrazuje přímo v terénu na originálu mapy s použitím měřického stolu. Vzdálenosti se měří eklimetrem.
 - Metoda číselné tachymetrie (číselná metoda) – vzdálenosti a převýšení se měří tachymetricky, do zápisníku se zaznamenávají číselné údaje, které se následně zpracují v kanceláři.

Tachymetrické metody se užívaly v místech, kde nebylo možné užití fotogrammetrických metod. Při využití stolové metody byla mapa vykreslována přímo v terénu, díky tomu byl velice věrně zobrazen polohopis i výškopis. Oproti číselné metodě byla však pomalejší a více závislá na dobrém počasí.

2.6.2 Vznik Základní mapy 1:10 000

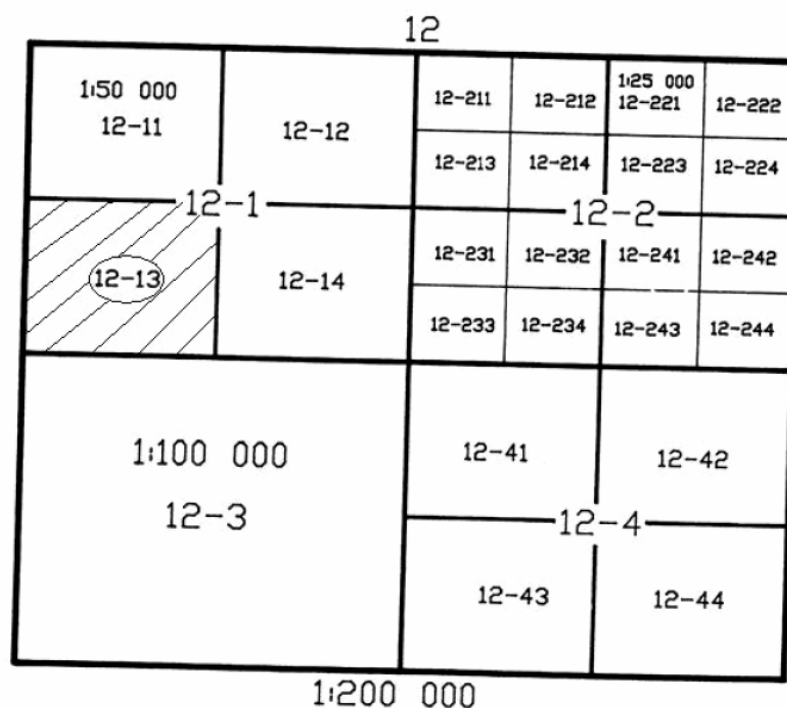
Na konferenci geodetických služeb socialistických států v roce 1965 byl formulován požadavek na omezení používání map vyhotovených v systémech S-52 a S-42 mimo armádu. Následně bylo rozhodnuto usnesením vlády č. 327 ze dne 18. 9. 1968 „O používání souřadnicových systémů a geodetických a kartografických materiálů na území ČSSR“, podle kterého se musela vytvořit nová soustava map středních měřítek pro civilní potřeby v jiném kladu listů, kartografickém zobrazení, bez evidentního vztahu ke geodetickému referenčnímu systému a s redukováným polohopisným obsahem. Novým kartografickým dílem se staly Základní mapy středního měřítka, jejich tvorbou byl pověřen Český úřad geodetický a kartografický (dnes Český úřad zeměměřický a katastrální – ČÚZK). Pokrývají území státu v měřítkové řadě 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000 a 1:200 000 (dále jen ZM 10, ZM 25, ZM 50, ZM 100, ZM 200). Tyto mapy se pak používaly pro účely národního hospodářství, státní správy, vzdělávání a pro plánovací a projekční činnosti.

Dílo je vyhotoveno v souřadnicovém systému S-JTSK [7], Křovákově zobrazení (dvojitě konformní kuželové zobrazení v obecné poloze) Besselova elipsoidu ($a = 6\,377\,397,155$ m; $i = 297,000$) a výškovém systému Balt po vyrovnání. Byly tak částečně sjednoceny kartografické a geodetické základy s mapami velkých měřítek (ZMVM, SMO-5). Délkové zkreslení se pohybuje v rozmezí -10 až $+14$ cm/km. S-JTSK má osu X vloženou do obrazu základního poledníku ($\lambda = 42^{\circ}30'$ východně od Ferra) s kladným směrem k jihu, kladný směr osy Y směřuje na západ. Vzhledem k tomu, že celá bývalá ČSR leží v prvním oktantu, je souřadnice X na celém našem území větší než Y.



Obr. 11 Klad a označení mapových listů ZM 200 [7]

Klad listů byl volen tak, aby z něj nebylo možno zjistit souřadnice rohů mapových listů. Vychází ze základního měřítka 1:200 000. Mapový rám je tvořen umělou konstrukcí pravidelně se sbíhajících čar, které zhruba kopírují obraz poledníků. Mapový rám má lichoběžníkový tvar, přičemž délka základny se pohybuje od 47 cm až k 50 cm na jihu ČR. Výška mapového listu je 38 cm a je pro všechna měřítka konstantní. ZM 200 se označuje podle nejvýznamnějšího sídla na mapovém listu a číslem vrstvy (0–3) a sloupce (1–6) na území České republiky. Klad listů byl uzpůsoben tak, aby území bylo pokryto co nejmenším počtem mapových listů.



Obr. 12 Dělení mapového listu ZM 200 [7]

Listy větších měřítek vznikají postupným čtvrcením listu nejbližšího menšího měřítka a přidáním čísla kvadrantu. Pouze mapový list ZM 10 vzniká odlišně, a to z ZM 50 rozdělením na pět sloupců a pět vrstev s mapovými listy průběžně číslovanými 1–25. Označení se potom skládá z označení ZM50 a čísla mapového listu.

Základní mapa 1:10 000 je mapou odvozenou, vznikala kartografickým přepracováním tiskových podkladů vojenské topografické mapy 1:10 000. Doplnkovými grafickými podklady byly letecké měřické snímky, Státní mapa 1:5 000 odvozená, mapy velkých měřítek, ZM 50 atd. Pro účely transformace a montáže se jako číselný polohopisný podklad použily pravoúhlé rovinné souřadnice bodů geodetických základů a rohů vnitřních rámců mapových listů ZM 10 a topografické mapy 1:10 000. Číselným výškopisným podkladem byly nadmořské výšky bodů Československé nivelační sítě, Československé trigonometrické sítě a nadmořské výšky pevných bodů podrobného polohového bodového pole 1. třídy přesnosti.

Základní mapa 1:10 000 je nejpodrobnější mapou středních měřítek. V letech 1981–2000 byla postupně provedena obnova mapových listů. Mapové listy vydané po roce 1992 obsahují již body polohového a výškového bodového pole, síť zeměpisných a rovinných souřadnic S-JTSK. Podle vládního nařízení č. 430/2006 Sb. (o stanovení geodetických referenčních systémů a státních mapových děl závazných na území státu a zásadách jejich používání) je soustava Základních map ČR závazným státním mapovým dílem. Interval obnovy ZM 10 značně závisel na množství změn. Pohyboval se od tří let v silně urbanizovaných oblastech a dosahoval až 23 let v zachovalých přírodních lokalitách.

2.6.3 Základní báze geografických dat (ZABAGED)

Počátkem 90. let v ČR vyvolal vývoj geografických informačních systémů (GIS) velký zájem o digitální podobu geografických dat. V té době neexistovala přesná a aktuální geografická data ve vektorové podobě ale pouze rastrová data různé kvality, přesnosti a aktuálnosti. Usnesením Komise vlády České republiky pro státní informační systém č. 4/92 ze dne 28. května 1992 bylo uloženo tehdejšímu ČÚGK (nyní ČÚZK) zpracovat projekt Základní báze geografických dat (dále ZABAGED), která by se stala součástí státního informačního systému ČR. ČÚZK zpracoval v roce 1994 „Koncepci Základní báze geografických dat (ZABAGED)“, podle které se řídila realizace a naplňování ZABAGED v 1. etapě (1994–2000). Druhá etapa vývoje (2001–2005) se řídila podle „Koncepce 2. etapy vývoje Základní báze geografických dat (ZABAGED)“.

ZABAGED je digitální topografický topologicko-vektorový model, který pokrývá celé území v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému Balt po vyrovnání.

ZABAGED byla koncipována pro využití ve dvou základních oblastech:

- 1) jako základní vrstva pro GIS na regionální úrovni (obce s rozšířenou působností, kraje, stát),
- 2) pro automatizovanou tvorbu Základních map ČR střeňích měřítek, kdy z mapy v měřítku 1:10 000 se generalizací odvozují mapy menších měřítek (1:25 000, 1:50 000).

První etapa

V letech 1994–1995 proběhla nejprve realizace ZABAGED/2 (nyní se označuje jako Rastrová reprezentace ZM ČR 1:10 000), což je rastrový kartografický model disponibilní verze ZM10 georeferencovaný do souřadnicového systému S-JTSK. Z takto získaných dat se poté vytvořila barevná bežešvá rastrová mapa celého území státu. ZABAGED/2 je uspořádána do čtverců 2x2 km, které současně obsahují metadata o poloze a aktuálnosti obsahu. Tento model sloužil jako prozatímní náhrada postupně vznikajícího topologicko-vektorového topografického modelu ZABAGED/1 (nyní ZABAGED).

ZABAGED byla v první etapě (1994–2000) naplňována výškopisnými a polohopisnými daty. Zdrojem pro naplňování ZABAGED byly aktualizované tiskové podklady ZM10, které byly skenovány na velmi přesném skeneru s rozlišením 1016 dpi a střední polohovou chybou $\leq 0,10$ mm. Naskenované rastrové záznamy byly transformovány pomocí afinní transformace do souřadnicového systému S-JTSK a poté byl vytvořen vektorový model území ČR automatickou nebo poloautomatickou vektorizací.

Druhá etapa

V letech 2001–2003 proběhlo doplnění atributů objektů ZABAGED, které byly získány od správců databází jednotlivých kategorií územních jevů (silniční databáze od správy silničního fondu apod.). Byla také aktualizována a opravena polohopisná složka ZABAGED porovnáním s obsahem ortofotomap, v případě rozdílu většího než 5m ve skutečnosti se provedla oprava geometrie. S využitím ortofotomap byla každý rok aktualizována jedna třetina území ČR.

Většina změn v terénu je způsobena činností člověka, každá taková změna musí být dokumentována a evidována v oborové databázi. Správci těchto databází patří k předním

uživatelům ZABAGED a výměnou za jeho bezplatné užívání tyto data poskytují k jeho aktualizaci. Tímto způsobem je databáze stále průběžně aktualizována.

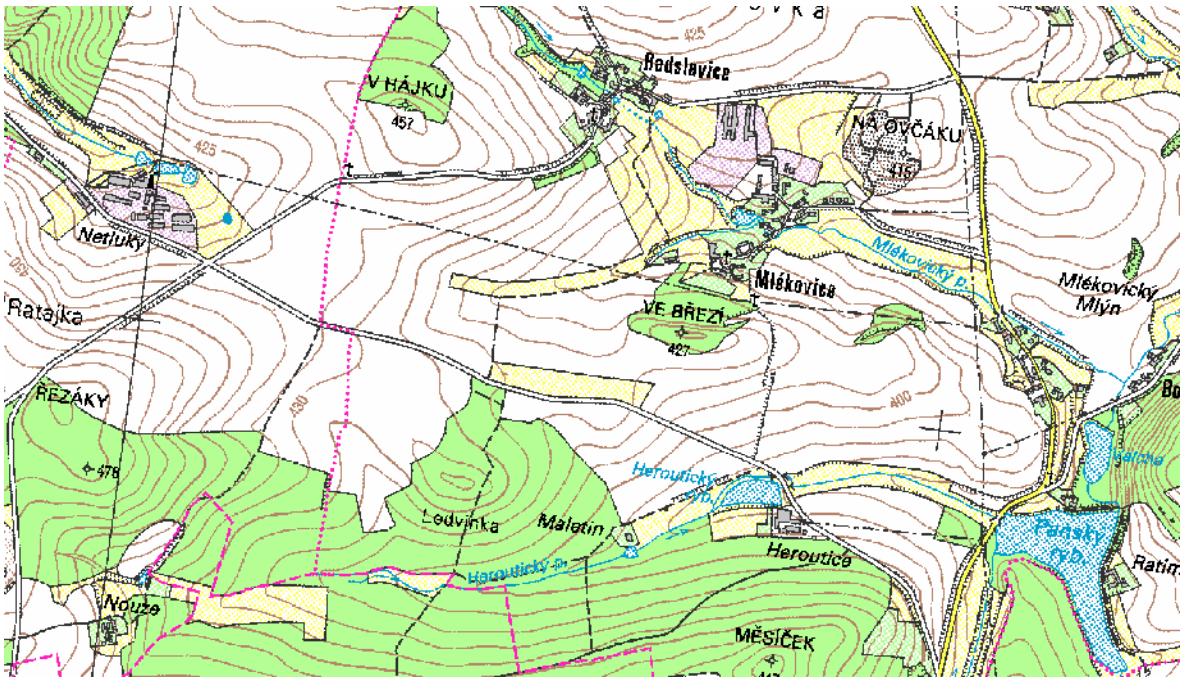
Databáze ZABAGED se skládá z grafických vektorových souborů a relační databáze ORACLE. Jednotlivé objekty grafických souborů jsou programově propojeny s příslušnými atributovými záznamy v databázi ORACLE. Databáze ZABAGED je budována v programovém prostředí MGE/Microstation.

Obsah ZABAGED je strukturován do třech úrovní:

- 8 kategorií typů objektů:
 - o Sídla, hospodářské a kulturní objekty
 - o Komunikace
 - o Rozvodné sítě a produktovody
 - o Vodstvo
 - o Územní jednotky
 - o Vegetace a povrchy
 - o Terénní reliéf
 - o Geodetické body
- 106 typů objektů v 60 tématických vrstvách (systém Microstation dokáže pracovat s 63 vrstvami, tři vrstvy tedy zůstanou volné)
- atributy objektů, které podrobněji charakterizují daný objekt. Mohou vyjadřovat funkci, stav, jméno, označení, druh, číselnou hodnotu atd.

2.6.4 Rastrová Základní mapa 1:25 000 ze ZABAGED

ZABAGED se výrazně uplatňuje při obnově základních a tématických státních mapových děl středních měřítek. Zeměměřický úřad zpracovává Základní mapu ČR 1:10 000 (2001–2006), 1:50 000 (2002–2007) a 1:25 000 (od roku 2004) nové generace. Jedná se o digitální rastrový kartografický model území vyhotovený z vektorového topografického modelu ZABAGED. Menší měřítko (1:25 000, 1:50 000) se odvozují z nové Základní mapy 1:10 000. Nová rastrová data naprosto věrně kopírují vektorová data ZABAGED. Oproti rastrům získaných skenováním tiskových mapových podkladů Základních map mají nové rastry výhodu čistšího obrazu, bohatší značkový klíč a jsou aktuálnější.



Obr. 13 Ukázka výřezu RZM 25 ze ZABAGED [E]

Tato rastrová data jsou poskytována Zeměměřickým úřadem [16]:

- a) Barevný "bezešvý" obraz státního území ve formátu TIFF v rozlišení 400 dpi se souborem pro umístění do souřadnicového systému (S-JTSK, WGS84 – zobrazení UTM, S-42). Data se poskytují po čtvercových segmentech, jejichž strany jsou rovnoběžné s osami souřadnicového systému S-JTSK. Segmenty mají pro různá měřítka tyto rozměry:

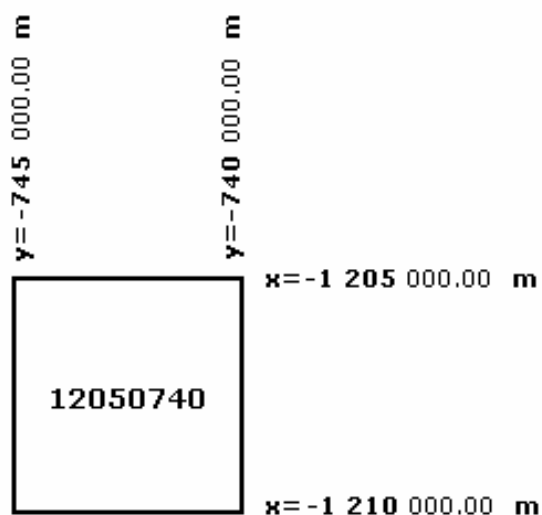
RZM 1:10 000 – 2 x 2km

RZM 1:25 000 – 5 x 5km

RZM 1:50 000 – 10 x 10km

RZM 1:200 000 – 50 x 50km

Tyto segmenty jsou označovány osmimístným číslem, vytvořeným ze souřadnic severovýchodního rohu segmentu. První čtyři cifry je souřadnice X v kilometrech, zbylé čtyři cifry jsou tvořeny souřadnicí Y v kilometrech (s vloženou nulou).



Obr. 14 Označení čtvercového segmentu RZM 25 ze ZABAGED [8]

- b) Obraz mapových listů Základní mapy České republiky 1 : 25 000 po vrstvách. Obraz je rozložen do deseti vrstev. Poskytuje se buď komplet deseti vrstev (úplný obsah) nebo jednotlivé vrstvy. Distribuce se provádí po mapových listech ve formátu CIT, popř. RCW, TIFF v rozlišení 400 dpi.

3 Použitý software

V této kapitole pouze přiblížím jednotlivé softwarové produkty, které jsem využíval při tvorbě své diplomové práce. Jejich konkrétní použití bude specifikováno v dalších kapitolách.

3.1 ArcGIS Desktop 9.0

ArcGIS [12] je přední geografický informační systém s výkonnými nástroji pro editaci, analýzu a modelování spolu s bohatými možnostmi datových modelů z něj činí jedno z nejkompexnějších GIS software na současném světovém trhu.

ArcGIS Desktop je složen z integrovaných a navzájem spolupracujících softwarových aplikací ArcMap, ArcCatalog a ArcToolbox. Tyto aplikace jsou vhodným nástrojem pro různé geodetické úlohy včetně tvorby map, správy dat, geografické analýzy a prostorových operací.

3.1.1 ArcMap

ArcMap je stěžejní aplikace ArcGIS Desktop, která slouží pro všechny mapově orientované úlohy včetně kartografie, prostorových analýz a editace dat. Aplikace ArcMap poskytuje kompletní nástroje pro tvorbu map.

V aplikaci ArcMap jsou možné dva různé pohledy na mapu: zobrazení geografických dat a zobrazení výkresu mapy. V zobrazení geografických dat se pracuje s geografickými vrstvami a lze měnit symboliku, analyzovat a kompilovat datové sady GIS. Rozhraní tabulky obsahu napomáhá organizovat a ovládat vlastnosti vykreslení datových vrstev GIS v datovém rámci. Zobrazení dat je jakýmsi oknem do datových sad GIS, které je k dispozici pro danou oblast. V zobrazení výkresu mapy se pracuje s mapovými stránkami, které obsahují nejen rámce geografických dat, ale i další mapové prvky, jako jsou legendy, měřítko a referenční mapy. ArcMap také slouží pro tvorbu mapových kompozic připravených pro tisk a publikaci.

3.1.2 ArcCatalog

ArcCatalog slouží k organizaci a správě dat. Obsahuje nástroje pro prohlížení a vyhledávání geografických informací, zaznamenávání a prohlížení metadat, rychlé prohlížení libovolných datových sad, vytváření schématu struktury geografických vrstev a vyhledávání prostorových dat na síti nebo Internetu. Aplikace ArcCatalog pomáhá organizovat a spravovat data GIS, jako jsou mapy, datové sady, modely a metadata. Obsahuje nástroje pro prohlížení a vyhledávání geografických informací, zaznamenávání, prohlížení a správu metadat, definování, export a import schémat a návrhů geodatabáze, vyhledávání a nalézání GIS dat na místních sítích nebo na internetu a administraci produktu ArcGIS Server.

3.1.3 ArcToolbox

ArcToolbox obsahuje sadu funkcí pro zpracování prostorových dat včetně nástrojů pro správu dat, konverzi dat, zpracování formátu coverage, vektorové analýzy, geokódování a statistické analýzy.

ArcToolbox je začleněn do aplikací ArcCatalog a ArcMap a je k dispozici v produktech ArcView, ArcEditor a ArcInfo. Každá úroveň produktu obsahuje různý počet nástrojů pro zpracování prostorových dat. ArcView poskytuje základní sadu nástrojů pro jednoduché načítání a převod dat a elementární analytické nástroje. ArcEditor přidává menší počet nástrojů pro tvorbu a načítání geodatabáze. ArcInfo poskytuje úplnou sadu nástrojů pro vektorové analýzy, konverzi dat, načítání dat a zpracování prostorových dat ve formátu coverage. Další sady nástrojů pro zpracování prostorových dat poskytují nejrozumnější nadstavby ArcGIS, jako je např. ArcGIS Spatial Analyst pro modelování rastrů, a 3D Analyst pro TIN a analýzu terénu. ArcGIS Geostatistical Analyst přidává interpolační funkce a funkce pro kriging.

3.2 Kokeš

Systém Kokeš [10] od české firmy GEPRO obsahuje paletu nástrojů pro geodetické využití. Je výkonným editorem geografických dat uložených ve výkresech (.vyk) a různých rastrových formátech a geodetických údajů o bodech uložených v seznamech souřadnic (.stx, .ss). Dále obsahuje moduly pro zpracování měření z terénu, geodetické a

konstrukční výpočty, nástroje na kontroly a topologické úpravy dat. Je použitelný pro všechny běžné geodetické úlohy i pro tvorbu a údržbu mapových děl. Umí pracovat se všemi běžnými formáty rastrů. Pro některé speciální úlohy jsou pak určeny jeho další nadstavby. Je vybaven vlastním programovacím jazykem, což umožňuje doplnění jeho široké nabídky funkcí podle vlastních potřeb.

Obsahuje bohatou paletu geodetických úloh měřických i konstrukčních. Vyrovnává síť MNC včetně výšek s grafickým znázorněním výsledků a chyb a intuitivní podporou práce s vícenásobným měřením na stejném stanovisku. Systém umožňuje automatické zjištění třídy přesnosti mapování porovnáním skupiny identických bodů. K systému lze připojit nejen digitizéry a planimetry, ale i totální stanici pro import dat z měření.

Formát vektorových dat umožňuje ukládat ke každému bodu, spojnici, linii, textu či symbolu další data. Veškerý obsah seznamů souřadnic může být uložen přímo ve výkresu. Prvky výkresu jsou slučovány do objektů, které jsou řazeny do vrstev. Speciální prvky, jako jsou kóty, šrafy, proměnné symboly (chránička, strom, atd.), jsou automatizovaně vytvářeny ze základních prvků a jsou proto snadno stále doplňovány. Bohatý rejstřík způsobů prezentace prvků výkresu (obarvení, síla, typy čar, bodové a liniové symboly, výplně ploch barvou, šrafou, vzorkem atp.) umožňuje tvořit výkresy podle norem nebo okamžité potřeby. Použitá prezentace je zpravidla dána obsahem tabulek, které nemusí být součástí výkresu a jejich úpravou či výměnou lze snadno a rychle změnit vzhled podle účelu výkresu. Kromě základních funkcí pro vytváření a opravy prvků výkresu obsahuje modul pro podporu práce podle předem definovaných technologií. Vazba na technologii může být uložena do výkresu. Moduly pro kontrolu dat umožňují zkontrolovat grafickou, technologickou a topologickou čistotu dat, případně i vazbu na katastr nemovitostí a nalezené chyby lze postupně procházet a opravovat.

Systém Kokeš je schopen zobrazovat veškeré typy obecně známých binárních rastrů. Rastry je možno několika způsoby souřadnicově připojovat, transformovat, měnit jim barvy, zprůhledňovat a maskovat. V plné verzi systému lze rastry navíc slučovat, ořezávat a přerastrovat (změna hustoty a barevné hloubky při zachování formátu) nebo změnit jejich formát (uložit jako). Vyjmenované operace nezasahují do originálních souborů a ty tedy zůstávají v původním stavu.

Systém je datově otevřený, datový formát je podrobně popsán a běžně je používán i textový formát dat. Systém pracuje s daty českého a slovenského katastru (VKM, VGI, VFK) a technické mapy (VTM). Navíc lze používat moduly pro export a import formátu DGN (MicroStation), DXF (AutoCAD) a shapefile (ArcView). Data ve formátech DGN, DWG a SHP lze také bez konverze zobrazit, ale není možné je editovat.

3.3 Matkart

Systém Matkart [11] je komplexním softwarovým řešením obrazových a textových informací z oblasti matematické, topografické a geografické kartografie, zaměřený na potřeby digitální kartografie a geografických informačních systémů (GIS).

Na ovládání je systém Matkart velice intuitivní a jednoduchý. Obsahuje čtyři základní ovládací tlačítka:

- Start – spuštění výpočtu po vložení dat
- Guma – vymazání všech vložených i vypočtených dat před novým zadáváním
- Tisk – vytištění formuláře
- Stop – ukončení programu

Matkart má otevřenou modulární stavbu a je z uživatelského hlediska tvořen několika základními moduly:

- **Modul Geografický kalkulátor** - umožňuje vzájemné převody mezi souřadnicovými systémy v rovině zobrazení a na ploše elipsoidu.
- **Modul VM** - výpočty v kladech listů historických i soudobých map velkých měřítek (mapy katastrální, pozemkové, technicko-hospodářské, odvozené aj., do měřítka 1:5000).
- **Modul ZM** - výpočty v kladech listů Základních map středního měřítka (mapy civilní mapovací služby od roku 1969 - dosud), pro měřítkovou řadu 1:10 000 až 1:200 000.
- **Modul HTM** - výpočty v kladech listů historických vojenských topografických map (II. a III. vojenské mapování), měřítka 1:28 800, 1:75 000 a 1:200 000.
- **Modul TM** - výpočty v kladech listů soudobých vojenských topografických map (mapy vojenské topografické služby od roku 1956 - dosud), měřítková řada 1:25 000 až 1:100 000.
- **Modul SPECIAL** – různé užitečné výpočty z oblasti matematické kartografie, rovinné a vyšší geodézie

3.4 MapServer

MapServer [12] je Open source software pro vývoj prostředí pro tvorbu internetových aplikací zobrazujících geografická data. Open source software je počítačový software s otevřeným zdrojovým kódem. Otevřenost znamená jak technickou dostupnost kódu, tak legální dostupnost software, která umožňuje, při dodržení jistých podmínek, uživatelům zdrojový kód využívat.

MapServer není klasickým geografickým informačním systémem, ani se o to nepokouší. Vyniká v zobrazování prostorových dat (mapy, obrázky a vektorová data) pro web.

MapServer byl vyvinut minnesotskou univerzitou (UMN) pro internetový projekt ve spolupráci s NASA. Software je udržován rostoucím počtem vývojářů z celého světa a je podporován skupinou organizací, které financují jeho vylepšování a aktualizaci.

Umí pracovat s různými vektorovými a datovými formáty, jsou to především: TIFF/GeoTIFF, EPPL7, ESRI shapefiles, PostGIS, ESRI ArcSDE, Oracle Spatial, MySQL a další.

4 Volba území a souřadnicového systému

Abych mapové podklady mohl porovnávat, je nutné zvolit souřadnicový systém, do kterého potom všechny mapové listy transformuji. Logickou volbou je moderní souřadnicový systém, v civilním sektoru bezesporu nejužívanější a to S-JTSK. Tento systém je specifikován výše v kapitole 2.6.2.



Obr. 15 Zpracovávané území

Pro zpracování jsem si zvolil Neveklovsko, z tohoto kraje pocházím a velice dobře ho znám. Je to méně osídlený kopcovitý kraj v okolí Slapské přehrady s jehličnatými a smíšenými lesy. Ing. Jiří Cajthaml prozíravě navrhl, aby zpracovávané území bylo definováno jedním sekčním listem I. vojenského mapování. Důvodem byly jeho špatné zkušenosti s návazností a transformací mapových listů I. vojenského mapování. Rozsah území byl definován mapovou sekcí číslo 160, která se po transformaci do S-JTSK natočí. Rozsah území je potom určen obdélníkem opsaným mapovému listu, se stranami rovnoběžnými se souřadnicovými osami (obr. 15). Výřez zvoleného území byl potom zvětšen zaokrouhlením souřadnic rohů na stovky metrů. Velikost zpracovávaného území je tedy 19,5 x 14,1 km, to odpovídá cca 275 km².

Tab. 2 Souřadnice rohů výřezu zpracovávaného území v S-JTSK

Roh	Y [m]	X [m]
SZ	758 100	1 072 300
SV	738 600	1 072 300
JZ	758 100	1 086 400
JV	738 600	1 086 400

5 Výběr podkladových map

Stěžejním úkolem bylo získání podkladových historických i současných mapových děl. Pro porovnání vývoje krajiny musíme hledat v naší historii mapy, které mají již dostatečně velké měřítko, určitou přesnost a koncepci, aby snesly srovnání se současnými topografickými mapami. Pokud nahlédneme do historie mapování, první takovou mapou je mapa prvního vojenského mapování v již poměrně velkém měřítku 1:28 800. Dále vybereme taková díla, která pokud možno rovnoměrně pokrývají časový úsek až do současnosti. Zcela logicky byly poté vybrány mapy II. a III. vojenského mapování, jsou zde splněny předpoklady obdobné koncepce mapového díla a podobné měřítko (1:28 800, resp. 1:25 000). Mapy vojenských mapování mi poskytla Laboratoř geoinformatiky Universita J.E. Purkyně, Ministerstvo životního prostředí a Agentura ochrany přírody a krajiny. Další celostátní vojenské mapování v měřítku 1:25 000 přišlo v letech 1952-1957. Na jeho podkladě byly vytvořeny topografické mapy 1:25 000, ty byly pro mou diplomovou práci zakoupeny katedrou mapování a kartografie od Vojenského geografického a hydrometeorologického ústavu Dobruška (VGHMÚř.). Nyní již zbyla pouze volba současného mapového díla. Z hlediska dodržení koncepce by bylo nejvhodnější zvolit současnou vojenskou topografickou mapu 1:25 000. Nicméně zejména neochota VGHMÚř. poskytnout tyto mapové podklady k mé práci zdarma vyústila ve volbu jiného současného mapového díla. Tím byla nová rastrová Základní mapa ze ZABAGED v měřítku 1:25 000, která je naším nejaktuálnějším mapovým dílem daného měřítka a ukázala se po všech stránkách vyhovující. RZM 25 ze ZABAGED mi poskytl ČÚZK pro účely diplomové práce zdarma.

6 Transformace do S-JTSK

Získané mapové podklady byly vyhotoveny v různých souřadnicových systémech. Pro jejich porovnání je nutné všechny převést do jednotného souřadnicového systému, kterým jsem zvolil S-JTSK. Pro přehled zde uvádím tabulku s vlastnostmi použitých mapových děl. Jedná se o pestrou paletu souřadnicových systémů, použitých zobrazení i referenčních elipsoidů.

Tab. 3 Vlastnosti použitých mapových děl

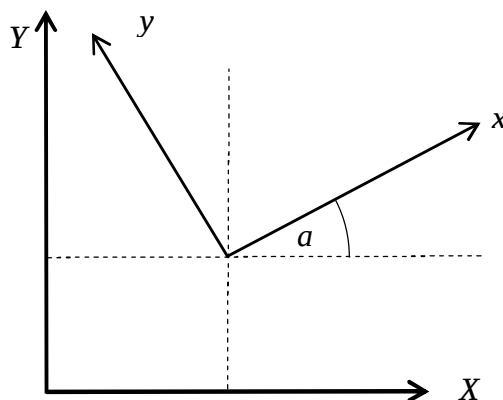
Mapa	Mapování	Měřítko	Souřadnicová soustava	Zobrazení	Elipsoid
I. vojenské mapování	1763–1785	1:28 800	-	-	-
II. vojenské mapování	1842–1852	1:28 800	Katastrální soustava Gusterberg	Cassini-Soldner	Zachův
III. vojenské mapování	1877-1879	1:25 000	Katastrální soustava Gusterberg	Sanson-Flamsteed	Besselův
TM 25	1952-1957	1:25 000	S-42	Gauss-Krüger	Krasovského
RZM 25 ze ZABAGED	2006	1:25 000	S-JTSK	Křovák	Besselův

Pro transformace rastrových map jsem použil geodetický software Kokeš, zejména jeho modul pro práci s rastry. Výhodou tohoto software je jeho „průhlednost“. Při zvolené transformaci je vidět transformační klíč, výpočetní postup a souřadnicové odchylky na identických bodech. Není to tedy „černá skříňka“ do které se vloží souřadnice a program vypíše výsledek, aniž by bylo zcela jasné, jaký výpočetní postup byl použit. Můžeme použít shodnostní, podobnostní, afinní a projektivní transformaci. Každá z těchto transformací má jiné vlastnosti, potřebuje jiný počet nutných identických bodů a poskytuje rozdílné výsledky.

6.1 Rovinné transformace

6.1.1 Podobnostní transformace

Podobnostní transformace slouží pro vzájemné zobrazení mezi dvěma kartézskými souřadnicovými systémy (x, y a X, Y). Obecně je to čtyřparametrová rovinná transformace, která obsahuje dva posuny, jedno otočení a celkovou změnu měřítka. Tato transformace je konformní (zachovává úhly) a zároveň evidistantní (zachovává délkové poměry), z čehož plyne, že je i ekvivalentní (zachovává plošné poměry).



Obr. 16 Podobnostní transformace

Pro bod P o souřadnicích x, y ve výchozí souřadnicové soustavě existuje právě jeden bod P v cílové souřadnicové soustavě o souřadnicích X, Y . Transformace se řídí následujícími vztahy:

$$X = a_0 + a_1 \cdot x - b_1 \cdot y \quad Y = b_0 + b_1 \cdot x + a_1 \cdot y \quad (1.1)$$

Po substituci $a_1 = m \cdot \cos a$ a $b_1 = m \cdot \sin a$ dostaneme vztah:

$$\begin{aligned} X &= a_0 + m \cdot (x \cdot \cos a - y \cdot \sin a) \\ Y &= b_0 + m \cdot (x \cdot \sin a + y \cdot \cos a) \end{aligned} \quad (1.2)$$

Kde parametry a_0 a b_0 vyjadřují vzájemný posun počátků obou souřadných soustav, a je úhel rotace a m je změna měřítka. Pro výpočet čtyř koeficientů je třeba znát souřadnice minimálně dvou bodů v obou souřadnicových rovinách (identické body). Jsou-li známy více než dva identické body, je nutno použít vyrovnaní. Vztah můžeme také vyjádřit maticovým zápisem:

$$X = A \cdot x + a$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = m \cdot \begin{bmatrix} a_1 & -b_1 \\ b_1 & a_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_0 \\ b_0 \end{bmatrix} \quad (1.3)$$

Nebo v nelineární formě, kde $X_0 = a_0$ a $Y_0 = b_0$

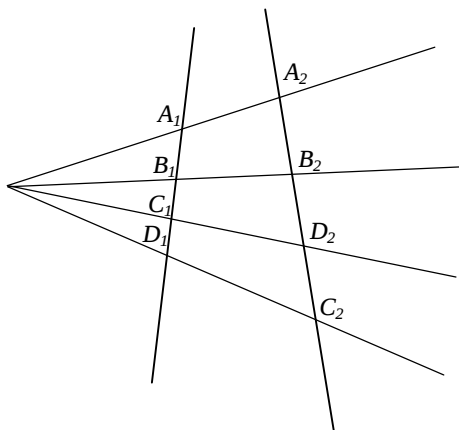
$$X = m \cdot R \cdot x + X_0$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = m \cdot \begin{bmatrix} \cos a & -\sin a \\ \sin a & \cos a \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \end{bmatrix} \quad (1.4)$$

Shodnostní transformace je speciálním případem podobnostní transformace s měřítkovým koeficientem m rovným jedné.

6.1.2 Projektivní transformace

Projektivní (též kolineární) transformace popisuje středové zobrazení (projekci) dvou rovinných souřadnicových systémů. Pro ideální geometrický vztah mezi dvěma rovinami platí Pappova věta: Dvojpoměr čtveřice bodové nebo paprskové zůstává v rovině předmětu i obrazu zachován.



$$\frac{\frac{A_1C_1}{B_1C_1}}{\frac{A_1D_1}{B_1D_1}} = \frac{\frac{A_2C_2}{B_2C_2}}{\frac{A_2D_2}{B_2D_2}} \quad (2.1)$$

Obr. 17 Geometrický vztah dvou rovin

Všechny projekční paprsky jsou přímé a prochází společným bodem (střed promítání, projekční centrum), přímky v originále rovnoběžné směřují v obraze do společného bodu (úběžníku). Rovinná kolineární transformace zachovává linearitu (přímočarost), průsečíky přímek a Pappovu větu, nezachovává ale délkové ani úhlové poměry (měřítko není konstantní). Největší uplatnění nachází ve fotogrammetrii, protože fotografie jsou středové průměty nafocených objektů a prakticky tvoří základ jednosnímkové fotogrammetrie. Protože jde o vztah dvou rovin, lze správně transformovat pouze objekty ležící v jedné rovině.

Transformační rovnice mají tvar:

$$X_i = \frac{a_1 \cdot x_i + a_2 \cdot y_i + a_3}{c_1 \cdot x_i + c_2 \cdot y_i + 1} \quad Y_i = \frac{b_1 \cdot x_i + b_2 \cdot y_i + b_3}{c_1 \cdot x_i + c_2 \cdot y_i + 1} \quad (2.2)$$

kde: X_i a Y_i jsou souřadnice v cílové soustavě
 x_i a y_i jsou souřadnice v původní soustavě
 a_{11} až c_{12} jsou transformační koeficienty

Pro určení osmi transformačních koeficientů je třeba alespoň čtyř identických bodů z nichž žádné tři nesmí ležet na jedné přímce. Při více jak čtyřech identických bodech je třeba transformační koeficienty vyrovnat.

Po úpravě rovnic (2.2) je můžeme pro čtyři identické body maticově zapsat jako:

$$\begin{pmatrix} x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_1 X_1 & -y_1 Y_1 \\ 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & 1 & -x_1 Y_1 & -y_1 X_1 \\ x_2 & y_2 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_2 X_2 & -y_2 Y_2 \\ 0 & 0 & 0 & x_2 & y_2 & 1 & -x_2 Y_2 & -y_2 X_2 \\ x_3 & y_3 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_3 X_3 & -y_3 Y_3 \\ 0 & 0 & 0 & x_3 & y_3 & 1 & -x_3 Y_3 & -y_3 X_3 \\ x_4 & y_4 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_4 X_4 & -y_4 Y_4 \\ 0 & 0 & 0 & x_4 & y_4 & 1 & -x_4 Y_4 & -y_4 X_4 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ c_1 \\ c_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ X_2 \\ Y_2 \\ X_3 \\ Y_3 \\ X_4 \\ Y_4 \end{pmatrix} \quad (2.3)$$

neboli

$$A \cdot a = X$$

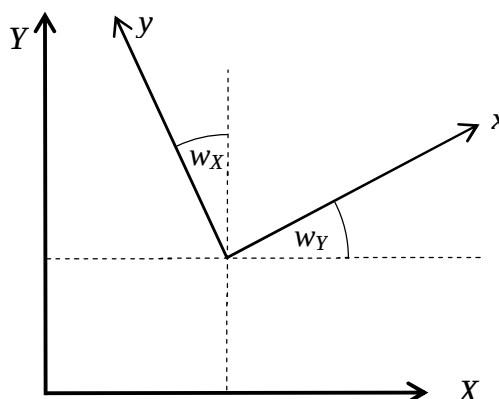
$$a = A^{-1} \cdot X \quad (2.4)$$

Po získání transformačních koeficientů z rovnice (2.4) (vektor a) můžeme provést transformaci podrobných bodů pomocí rovnice (2.2) nebo maticově (po úpravě matice A pro jeden bod) pomocí rovnice (2.3).

6.1.3 Afinní transformace

Jde o speciální případ transformace kolineární (střed promítání je umístěn do nekonečna, takže body jsou promítány rovnoběžnými paprsky). Dělicí poměr je konstantní (transformace dává jednoznačné výsledky i na dělicí čáře mezi dvěma různými transformačními oblastmi), rovnoběžky zachovávají rovnoběžnost a přímka se zobrazí jako přímka. Dochází ke dvěma posunům, jednomu otočením, jedné deformaci úhlu mezi

souřadnicovými osami a dvěma měřítkovými faktory, což znamená šest transformačních koeficientů a tři identické body.



Obr. 18 Afinity transformace

Transformační rovnice mají tvar:

$$X_i = r_{11} \cdot x_i + r_{12} \cdot y_i + T_X \quad Y_i = r_{21} \cdot x_i + r_{22} \cdot y_i + T_Y \quad (3.1)$$

nebo maticově

$$\begin{pmatrix} X_i \\ Y_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} \\ r_{21} & r_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} T_X \\ T_Y \end{pmatrix} \quad (3.2)$$

kde: X_i a Y_i jsou souřadnice v cílové soustavě

x_i a y_i jsou souřadnice v původní soustavě

T_X a T_Y je posun počátku cílové soustavy vůči počátku soustavy původní

r_{11} až r_{22} jsou transformační koeficienty, které je možno rozepsat :

$$r = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} \\ r_{21} & r_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} q_X \cdot \cos w_X & -q_Y \cdot \sin w_Y \\ q_X \cdot \sin w_X & q_Y \cdot \cos w_Y \end{pmatrix}$$

kde: q_X a q_Y je změna měřítka os cílové soustavy

w_X a w_Y jsou úhly stočení os cílové soustavy vůči soustavě původní

Šest transformačních koeficientů z rovnice (3.2) můžeme pomocí tří identických bodů maticově zapsat jako:

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & x_1 & y_1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & x_1 & y_1 \\ 1 & 0 & x_2 & y_2 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & x_2 & y_2 \\ 1 & 0 & x_3 & y_3 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & x_3 & y_3 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} T_x \\ T_y \\ r_{11} \\ r_{12} \\ r_{21} \\ r_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ X_2 \\ Y_2 \\ X_3 \\ Y_3 \end{pmatrix} \quad (3.3)$$

neboli

$$A \cdot a = X$$

$$a = A^{-1} \cdot X \quad (3.4)$$

Po získání transformačních koeficientů z rovnice (3.4) (vektor a) můžeme provést transformaci podrobných bodů pomocí rovnice (3.1) nebo maticově pomocí rovnice (3.2).

6.2 Transformace mapy I. vojenského mapování

Pokud zjednoduším vznik mapy I. Vojenského mapování 1:28 800, tak je vytvořena na podkladě zvětšené kopie Müllerovy mapy Čech 1:132 000 bez jakýchkoliv geodetických základů i souřadnicového systému. Jediným možným způsobem transformace do S-JTSK je tedy nalezení jednoznačných identických objektů na mapě I. Vojenského mapování a v současnosti. Těmito objekty jsou zejména církevní stavby (kostely), zámky a dvory statků, které mají charakteristický a nezaměnitelný tvar. Jako identické body jsem zvolil středy makovic kostelních věží a jejich souřadnice jsem vyhledal v databázi trigonometrických a zhušťovacích bodů, nebo rohy budov a jejich souřadnice v S-JTSK odečetl z ortofotomapy na portálu veřejné správy <<http://geoportal.cenia.cz/>>. Chyba v souřadnicích odečtených z těchto map je vzhledem k přesnosti historických map zanedbatelná. Proto odečtené souřadnice mohu považovat za bezchybné. Identické body jsem se snažil volit především blízko rohů mapové sekce, nebylo to však vždy možné vzhledem k nedostatku jednoznačně identifikovatelných objektů.

Souřadnice identických bodů jsem zapsal do textového souboru a uložil ve formátu STX a spolu s rastrem mapové sekce 160 ve formátu TIFF otevřel v programu Kokeš. Zvolil jsem podobnostní transformaci, protože rastr nedeformuje a pouze ho posune, změní jeho měřítko a otočí.

Tab. 4 Identické body a souřadnicové odchylky

rastr	y [m]	x [m]	cíl	Y [m]	X [m]	Δ_Y [m]	Δ_X [m]	Δ_P [m]
1'	739056	1082948	1	744399	1083933	222	-428	482
2'	739320	1080199	2	744107	1078995	-120	-127	174
3'	739345	1077299	3	743199	1073779	-598	142	615
4'	737191	1081049	4	739967	1080971	-375	-107	390
5'	741505	1083440	5	749447	1084500	560	-390	682
6'	743910	1083633	6	753825	1084816	359	-45	362
7'	745388	1079988	7	755613	1078684	-48	955	956

Jak je vidět z tabulky 4, výsledné polohové odchylky na identických bodech jsou v řádech několika stovek metrů. To se však dalo očekávat při uvážení absence geodetických a kartografických základů, mapovací metodě „à la vue“ a popření základní kartografické zásady postupem z malého měřítka (Müllerova mapa) do velkého.

Z polohových odchylek je patrné, že transformace několika sousedních sekcí a jejich složení v souvislou mapu by bylo nereálné. To je hlavní důvod, proč bylo zpracovávané území vymezeno jednou mapovou sekcí prvního vojenského mapování.

6.3 Transformace map II. vojenského mapování

Zpracovávané území je pokryto čtyřmi mapovými listy druhého vojenského mapování: G O 10-I, G O 10-II, G O 11-I, G O 11-II. Písmeno G (Gusterberg) značí počátek souřadnicové soustavy a písmeno O (Osten) značí východ, jedná se tedy o sloupec východně od poledníku procházejícího Gusterbergem. Tyto čtyři naskenované mapové sekce v rastrovém formátu TIFF bylo tedy třeba převést do souřadnicového systému S-JTSK. Mapy druhého vojenského mapování jsou v katastrálním souřadnicovém systému s počátkem v Gusterbergu, lze tedy s využitím transformačního klíče mezi oběma systémy vypočítat souřadnice rohů mapových listů. To však nebylo nutné, protože mi souřadnice rohů mapových listů v S-JTSK byly poskytnuty společně s rastrovými daty.

Pro umístění mapového listu v S-JTSK znám souřadnice jeho rohů. Pro tento případ není příliš vhodné použití podobnostní transformace, protože by vznikly odchylky na identických bodech. Sousední mapové listy by potom k sobě přesně nedoléhaly, nebo se překrývaly. Ideální je v tomto případě využít projektivní (kolineární) transformaci s osmi neznámými koeficienty. Nutný počet identických bodů je tedy čtyři (osm známých souřadnic), právě v tomto případě nevznikají souřadnicové rozdíly na identických bodech.

Tab. 5 Souřadnice rohů mapových sekcí druhého vojenského mapování v S-JTSK

Sekce	Roh	Y [m]	X [m]	Sekce	Roh	Y [m]	X [m]
G O 10-I	SZ	765975.67	1063101.48	G O 10-II	SZ	750956.80	1065242.25
	SV	750956.80	1065242.25		SV	735937.29	1067385.30
	JV	753099.78	1080262.56		JV	738080.03	1082404.59
	JZ	768119.39	1078118.61		JZ	753099.78	1080262.56
G O 11-I	SZ	768119.39	1078118.61	G O 11-II	SZ	753099.78	1080262.56
	SV	753099.78	1080262.56		SV	738080.03	1082404.59
	JV	755241.81	1095280.76		JV	740222.13	1097422.97
	JZ	770262.02	1093137.56		JZ	755241.81	1095280.76

V programu Kokeš jsem otevřel vytvořený soubor se souřadnicemi identických bodů .stx společně s mapovým listem. Přesunul jsem mapový list do blízkosti identických bodů a potom jsem spustil aplikaci *Klíč a transformace*, přiřadil vnitřním rohům mapového rámu souřadnice rohů v S-JTSK a spustil podobnostní transformaci pouze se zaškrtnutím možnosti rastry (seznamů souřadnic a výkresů se transformace netýká). Potom jsem funkcí *Ořezání rastry* s volbou ponechání polygonu oříznul mapový list o mimorámové údaje. Tento postup jsem opakoval i pro ostatní mapové listy.

6.4 Transformace map III. vojenského mapování

Zpracovávané území pokrývají čtyři mapové listy 1:25 000 třetího vojenského mapování: 4052-4, 4053-3, 4152-2, 4153-1. Tyto naskenované mapové listy ve formátu JPEG bylo třeba transformovat do systému S-JTSK. S využitím znalosti okrouhlých zeměpisných souřadnic rohů mapových listů na Besselově elipsoidu [13] lze tyto souřadnice převést zobrazovacími rovnicemi Křovákova zobrazení do S-JTSK.

Tab. 6 Zeměpisné souřadnice rohů mapových listů

Mapa	List	B jih [° ' "]	B sever [° ' "]	L západ [° ' "]	L východ [° ' "]
Speciální mapa 1:75 000	4052	49 45 0	50 0 0	31 30 0	32 0 0
	4053	49 45 0	50 0 0	32 0 0	32 30 0
	4152	49 30 0	49 45 0	31 30 0	32 0 0
	4153	49 30 0	49 45 0	32 0 0	32 30 0
Topografická mapa 1:25 000	4052-4	49 45 0	49 52 30	31 45 0	32 0 0
	4053-3	49 45 0	49 52 30	32 0 0	32 15 0
	4152-2	49 37 30	49 45 0	31 45 0	32 0 0
	4153-1	49 37 30	49 45 0	32 0 0	32 15 0

K tomuto účelu jsem použil software Matkart profesora Bohuslava Veverky, konkrétně modul Malý souřadnicový kolotoč (obr. 19). Zde jsem označil jako vstupní hodnoty zeměpisné souřadnice φ, λ od Ferra, vyplnil tyto hodnoty do příslušných polí, zadal číslo bodu a spustil výpočet. Výsledné souřadnice rohů mapových listů v S-JTSK zobrazuje tabulka 7.

Tab. 7 Souřadnice rohů mapových listů v S-JTSK

Mapový list	Roh	Y [m]	X [m]	Mapový list	Roh	Y [m]	X [m]
4052-4	SZ	770169,9	1063131,1	4053-3	SZ	752378,2	1065630,4
	SV	752378,2	1065630,4		SV	734578,2	1068070,2
	JZ	772126,5	1076893,0		JZ	754288,8	1079398,7
	JV	754288,8	1079398,7		JV	736442,9	1081844,8
4152-2	SZ	772126,5	1076893,0	4153-1	SZ	754288,8	1079398,7
	SV	754288,8	1079398,7		SV	736442,9	1081844,8
	JZ	774083,0	1090654,7		JZ	756199,4	1093166,8
	JV	756199,4	1093166,8		JV	738307,5	1095619,1

Bohuslav Veverka { 607 860 440, veverka@fsv.cvut.cz }
G E O S O F T / MATKART - program VB106 (verze 2004-01)
malý souřadnicový kolotoč JTSK, S42, WGS84

rovinné souřadnice a vteřiny se uvádějí s des. čárkou, vlož hodnoty, zadej předvolbu vstupu a stiskni START

Bod	1	2	2 [fi,lambda]ferro	Vstup
S-JTSK				1 [Y,X]jtsk
Y-jtsk	770169,9	Fí	49 52 30	2 [fi,lambda]ferro
X-jtsk	1063131,1	Lambda Ferro	31 45 00	3 [fi,lambda]gr
		Lambda Gr.	14 4 60	4 [X,Y]42
S-42				5 fi,lambda]kras.
X 42	5527403,5	Fí	49 52 28,715	6 [E,N]utm
Y42	3434158,4	Lambda Gr.	14 5 2,545	7 [fi,lambda]wgs84
WGS84				START
E utm	434060,7	Fí	49 52 27,239	Tisk
N utm	5525051,3	Lambda Gr.	14 4 56,305	Guma
				STOP
				27.4.2007 10:33:04

Obr. 19 Matkart [11]

Nyní jsem s užitím projektivní transformace obdobně jako u listů II. vojenského mapování transformoval mapové listy na souřadnice rohů mapových rámců. Mimorámové údaje jsem poté ořízl.

Při porovnání s body odečtenými z ortofotomapy jsem zjistil, že mapa je oproti nim jakoby posunuta o cca 120 m ve směru východ-západ. Po konzultaci s vedoucím jsem dostal za úkol transformaci jiného mapového listu cca o 100 km severně, pro porovnání zda se nejedná o nějakou lokální chybu. To jsem však následně vyloučil, neboť u tohoto mapového listu byl problém stejný.

Důvodů, proč nelze jednoduše aplikovat matematické vztahy pro převod geografické sítě do S-JTSK, je několik. Musíme proto nahlédnout do geodetických a kartografických základů. Vojenská triangulace I. řádu byla budována a vyrovnávána etapovitě. Z této triangulace byla v následujícím období převzata orientace, umístění a rozměr nové základní trigonometrické sítě I. řádu Jednotné trigonometrické sítě katastrální. Z vojenské triangulace byl převzat i rozměr sítě S-JTSK.

Při převodech zeměpisných souřadnic do S-JTSK způsobuje problémy i nepřesně stanovená délka Ferrského poledníku jako počátku zeměpisných souřadnic vojenské triangulace I. řádu. Dále bylo prokázáno stočení trigonometrické sítě vojenské triangulace způsobené tížnicovou odchylkou na referenčním bodě Hermannskogel. [14]

Proto jsem zvolil jiný postup. Mapové listy jsem převedl do S-JTSK pomocí podobnostní transformace na identické body nalezené v mapě.

Pro další práci jsem použil již přibližně transformovaných a ořezaných rastrů. Jako identické body jsem zvolil rohy jednoznačně identifikovatelných objektů v historické mapě i na současné ortofotomapě (kostely, kaple, záměčky, budovy statků). Pro každý mapový list jsem vyhledal čtyři takovéto body, každý co nejbližší k jednomu rohu mapového listu a odečetl jsem jeho souřadnice v S-JTSK z ortofotomapy. Další postup je stejný jako při transformaci mapy I. vojenského mapování. Tabulka 8 obsahuje údaje o identických bodech a souřadnicových odchylkách při podobnostní transformaci. Střední polohová chyba dosahuje očekávaných hodnot okolo 20 m. Identické body jsou označeny dvoucifernými čísly. První číslice je pracovní označení mapového listu, druhá určuje identický bod.

Tab. 8 Souřadnice identických bodů v S-JTSK s odchylkami

mapový list	číslo bodu	výchozí		cílový		odchylky		mp [m]
		y [m]	x [m]	Y [m]	X [m]	dY [m]	dX [m]	
4052-4	11	770128	1065192	770013	1065210	10	-5	14
	12	755984	1065941	755878	1065968	5	-1	
	13	770273	1076418	770137	1076423	-16	-7	
	14	755715	1078657	755611	1078684	1	12	
4053-3	21	749982	1068188	749897	1068217	-14	14	25
	22	735671	1069982	735559	1069986	-11	6	
	23	753580	1078990	753524	1079037	24	7	
	24	737933	1079699	737825	1079692	2	-27	
4152-2	31	771672	1077044	771569	1077053	-5	11	14
	32	755017	1081225	754917	1081222	5	-9	
	33	772918	1088403	772832	1088394	7	-12	
	34	757649	1091470	757541	1091490	-8	10	
4153-1	41	754708	1082810	754654	1082835	15	-16	23
	42	737612	1082198	737510	1082233	-8	21	
	43	755660	1092421	755569	1092492	-9	13	
	44	738624	1094604	738514	1094620	2	-19	

Na styku mapových listů převedených do S-JTSK podobnostní transformací dochází k jejich překrytu, resp. k nedoléhání. To je pro mé účely a následné zpracování v GIS zcela nevhodné. Proto jsem v programu Kokeš odečetl souřadnice rohů mapových listů a v místech, kde se stýkají, udělal jejich průměr (tab. 9).

Tab. 9 Vyrovnání souřadnic sousedních rohů mapových listů

Bod	Roh	Souřadnice rohů		Průměr souřadnic rohů		Opravy		d _p [m]
		Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	v _Y [m]	v _X [m]	
1	11	770044,2	1063154,7	770044,2	1063154,7	-	-	-
2	12	752268,8	1065660,8	752283,8	1065653,3	15,0	-7,5	16,8
	21	752298,9	1065645,8			-15,0	7,5	16,8
3	22	734477,4	1068060,2	734477,4	1068060,2	-	-	-
4	13	772010,4	1076906,4	772024,1	1076896,5	13,7	-9,9	17,0
	31	772037,9	1076886,6			-13,7	9,9	17,0
5	14	754188,0	1079410,5	754200,9	1079420,9	12,9	10,3	16,5
	23	754216,2	1079433,7			-15,3	-12,8	19,9
	32	754183,3	1079405,9			17,6	15,0	23,1
	41	754216,1	1079433,4			-15,2	-12,5	19,7
6	24	736334,9	1081865,9	736340,5	1081862,1	5,6	-3,8	6,8
	42	736346,1	1081858,4			-5,6	3,8	6,8
7	33	773996,1	1090661,0	773996,1	1090661,0	-	-	-
8	34	756101,0	1093186,0	756105,8	1093206,4	4,8	20,5	21,0
	43	756110,6	1093226,9			-4,8	-20,5	21,0
9	44	738192,6	1095650,9	738192,6	1095650,9	-	-	-

Body vzniklé vyrovnáním sousedních rohů jsou v tabulce číslovány průběžně 1–9. Poloha rohů, které nesousedí s žádným dalším mapovým listem, zůstává stejná (body 1, 3, 7 a 9). Pomocí projektivní transformace jsem potom transformoval rastry na vyrovnané souřadnice mapových listů. Tím vznikla souvislá mapa pokrývající zpracovávané území v S-JTSK.

6.5 Transformace vojenských topografických map

Výřez vybraného území zasahuje do šesti listů vojenské topografické mapy 1:25 000. Jedná se o mapové listy M-33-77-D-a, M-33-77-D-b, M-33-77-D-c, M-33-77-D-d, M-33-78-C-a, M-33-78-C-c. Vojenské topografické mapy jsou v souřadnicovém systému S-42 na referenčním Krasovského elipsoidu. Rohy mapového listu mají okrouhlé zeměpisné souřadnice, uvedené na mapovém rámu.

Tab. 10 Zeměpisné souřadnice na Krasovského elipsoidu ohraničující mapové listy

List	φ jih [° ' "]	φ sever [° ' "]	λ západ [° ' "]	λ východ [° ' "]
M-33-77-D-a	49 45 0	49 50 0	14 15 0	14 22 30
M-33-77-D-b	49 45 0	49 50 0	14 22 30	14 30 0
M-33-77-D-c	49 40 0	49 45 0	14 15 0	14 22 30
M-33-77-D-d	49 40 0	49 45 0	14 22 30	14 30 0
M-33-78-C-a	49 45 0	49 50 0	14 30 0	14 37 30
M-33-78-C-c	49 40 0	49 45 0	14 30 0	14 37 30

Tyto souřadnice jsem pomocí Matkartu (aplikace Malý souřadnicový kolotoč) převedl ze zeměpisných souřadnic φ , λ na Krasovského elipsoidu na rovinné souřadnice Y, X v S-JTSK.

Tab. 11 Rovinné souřadnice rohů mapových listů v S-JTSK

Mapový list	Roh	Y [m]	X [m]	Mapový list	Roh	Y [m]	X [m]
M-33-77-D-a	SZ	758995,0	1069347,3	M-33-77-D-b	SZ	750088,6	1070586,1
	SV	750088,6	1070586,1		SV	741180,1	1071810,0
	JZ	760279,4	1078525,9		JZ	751357,7	1079766,8
	JV	751357,7	1079766,8		JV	742433,9	1080992,8
M-33-77-D-c	SZ	760279,4	1078525,9	M-33-77-D-d	SZ	751357,7	1079766,8
	SV	751357,7	1079766,8		SV	742433,9	1080992,8
	JZ	761563,8	1087704,4		JZ	752626,8	1088947,4
	JV	752626,8	1088947,4		JV	743687,7	1090175,4
M-33-78-C-a	SZ	741180,1	1071810,0	M-33-78-C-c	SZ	742433,9	1080992,8
	SV	732269,6	1073019,0		SV	733508,1	1082203,9
	JZ	742433,9	1080992,8		JZ	743687,7	1090175,4
	JV	733508,1	1082203,9		JV	734746,5	1091388,6

S užitím projektivní transformace jsem potom rastry transformoval na souřadnice rohů mapových listů v S-JTSK a následně ořízl o mimorámové údaje. Takto vznikla souvislá rastrová mapa v S-JTSK pro zpracovávané území.

6.6 Rastrová ZM 25 ze ZABAGED

Rastrová základní mapa RZM 25 ze ZABAGED mi byla poskytnuta v podobě dvaceti rastrových čtverců 5 x 5 km formátu TIFF, včetně souboru se souřadnicovým připojením do S-JTSK formátu TFW. Byla tedy připravená k dalšímu zpracování. Jedná se o rastrové sekce: 10700735, 10700740, 10700745, 10700750, 10700755, 10750735, 10750740, 10750745, 10750750, 10750755, 10800735, 10800740, 10800745, 10800750, 10800755, 10850735, 10850740, 10850745, 10850750, 10850755.

7 Příprava rastrových souborů

Všechny mapové podklady již byly transformovány do S-JTSK. Při jejich ořezání o mimorámové údaje v programu Kokeš došlo k přerastrování a uložení do nového souboru. Kokeš však umí ukládat pouze do formátů BMP, CIT, GIF a RAS. Zvolil jsem bezkompresní formát BMP s barevnou hloubkou true color. Rastry jsou po transformaci do S-JTSK (kromě RZM 25) natočeny vzhledem k souřadnicovým osám, při přerastrování se ukládá obdélníkový výřez se stranami rovnoběžnými se souřadnicovými osami opsaný původnímu rastru (obr. 20). Proto vznikaly mezi sousedními mapovými listy překryty, způsobené těmito černými trojúhelníky.



Obr. 20 Přerastrování

Bylo tedy vhodné tyto překryty odstranit a rastry oříznout na velikost zpracovávaného území. V programu Kokeš jsem otevřel všechny rastrové soubory jednoho mapového díla a nastavil jsem průhlednost černé barvy. Tím se zobrazila souvislá mapa bez těchto trojúhelníkových překrytů. Potom jsem rastry oříznul obdélníkem podle souřadnic vymezujících zpracovávané území a uložil opět ve formátu BMP true color. Tím jsem získal pro každou mapu jeden rastrový soubor souvisle pokrývající zpracovávané území.

Program MapServer, ve kterém má být výsledná internetová aplikace vytvořena, umí zobrazovat rastrové soubory pouze ve formátu TIF. Konverzi do formátu TIFF jsem provedl pomocí rastrového editoru Photoshop. Aby byly při otevření v GIS aplikacích umístěny v S-JTSK, vytvořil jsem v programu Kokeš soubory TFW.

TFW (Tiff World File) je georeferenční soubor rastrových obrázků formátu TIFF. Tento standardní formát souřadnicového připojení je hojně využíván GIS. Soubor má stejný název jako rastrová mapa.

Je to jednoduchý soubor v textovém tvaru, obsahuje 6 řádek. První řádek je číslo označující velikost pixelu ve směru souřadnice x . Druhý a třetí řádek jsou rotační koeficienty, pokud obrázek není natočen vzhledem k souřadnicovým osám, jsou obě čísla rovna nule. Čtvrtý řádek je záporná velikost pixelu ve směru souřadnice y . Pátý a šestý řádek určuje souřadnici x a y levého horního pixelu. Protože souřadnicová osa x má kladný směr na východ a souřadnicová osa y má kladný směr k severu, umístíme S-JTSK (souřadnice Y, X) do třetího kvadrantu: $x = -Y$; $y = -X$. Pro rastrovou mapu VM2.tif je georeferenčním souborem VM2.tfw:

```
1.8400000000
0.0000000000
0.0000000000
-1.8400000000
-758099.2400000000
-1072300.9600000000
```

8 Ověření přesnosti

Před dalším zpracováním je důležité ověřit správnost georeferencování podkladových dat. Zejména pro ověření výsledků projektivní transformace pouze s nutným počtem identických bodů (čtyři). Abych věděl, co mohu od vyhodnocování v GIS očekávat, je také velice důležitá znalost přesnosti podkladových dat.

Pro určení přesnosti je nutné nalezení identických bodů. Nezaměnitelnými identickými body na historických mapách i v současnosti jsou především kostely. Souřadnice makovic kostelů jsem vyhledal v databázi trigonometrických a zhušťovacích bodů. Dalšími identickými body mohou být zvoleny rohy charakteristických budov statků a zámků. Jejich souřadnice jsem odečetl z ortofotomapy.

Tab. 12 Souřadnice identických bodů v S-JTSK

Bod	Y [m]	X [m]	Zdroj	Popis
1	744399	1083933	DATAZ	Makovice věže kostela v Křečovicích
2	744107	1078995	DATAZ	Makovice věže kostela v Bělci
3	743199	1073779	DATAZ	Makovice věže kostela ve Vysokém Újezdu
4	739967	1080971	DATAZ	Makovice věže kostela v Neveklově
5	753825	1084816	Ortofotomapa	Křepence, jz. roh budovy čtvercového půdorysu
6	755618	1078680	DATAZ	Makovice věže kostela na kopci východně od Libčice

Souřadnice těchto šesti bodů jsem také odečetl v programu Kokeš ze všech výsledných rastrových map v S-JTSK. Pro každou mapu takto vznikla dvojice identických bodů, jejich souřadnicové rozdíly slouží k vyhodnocení přesnosti.

Přesnost byla hodnocena pomocí střední polohové chyby určené podle vzorců:

$$m_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_{y_i}^2}{n}} \quad m_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_{x_i}^2}{n}} \quad m_p = \sqrt{m_y^2 + m_x^2}$$

Výsledným kritériem pro hodnocení přesnosti je střední polohová chyba m_p společně se středy chybami ve směru souřadnicových os m_y a m_x .

Tab. 13 Přesnost georeferencovaných podkladových map

Mapa	Číslo ID	Souřadnice odečtené z mapy		Δ_Y [m]	Δ_X [m]	Δ_P [m]	m_y [m]	m_x [m]	m_p [m]
		Y [m]	X [m]						
I. vojenské mapování	1	744174	1084369	225	-436	491	335	436	550
	2	744226	1079124	-119	-129	176			
	3	743783	1073649	-584	130	598			
	4	740339	1081086	-372	-115	389			
	5	753468	1084865	357	-49	360			
	6	755665	1077732	-47	948	949			
II. vojenské mapování	1	744423	1083952	-24	-19	31	15	13	20
	2	744107	1078982	0	13	13			
	3	743199	1073757	0	22	22			
	4	739987	1080975	-20	-4	20			
	5	753836	1084820	-11	-4	12			
	6	755631	1078674	-13	6	14			
III. vojenské mapování	1	744418	1083937	-19	-4	19	17	12	21
	2	744119	1079000	-12	-5	13			
	3	743230	1073767	-31	12	33			
	4	739971	1080985	-4	-14	15			
	5	753808	1084795	17	21	27			
	6	755626	1078682	-8	-2	8			
Vojenské topografické mapy	1	744418	1083940	-19	-7	20	14	6	15
	2	744123	1078999	-16	-4	16			
	3	743219	1073785	-20	-6	21			
	4	739973	1080975	-6	-4	7			
	5	753827	1084825	-2	-9	9			
	6	755628	1078684	-10	-4	11			
RZM 25 ze ZABAGED	1	744396	1083933	3	0	3	4	2	4
	2	744105	1078995	2	0	2			
	3	743198	1073779	1	0	1			
	4	739960	1080972	7	-1	7			
	5	753830	1084816	-5	0	5			
	6	755615	1078684	3	-4	5			

V uvedených středních chybách se projevují chyby vzniklé georeferencováním a potom vlastní přesnost map.

Pro zpracování v GIS jsou mapy I. vojenského mapování se střední polohovou chybou 550 m zcela nevyhovující, plně se zde projevuje absence geodetických základů a mapovací metoda „a la vue“. Střední polohové chyby ostatních map již odpovídají přesnosti map vzniklých na přesných geodetických základech. Skvělá přesnost RZM 25 je způsobena vyhotovením na podkladě vektorového topografického modelu ZABAGED, navíc zde odpadají chyby vzniklé transformací do S-JTSK, neboť mapa byla v tomto souřadnicovém systému vyhotovena.

9 Zpracování v GIS

9.1 Vektorizace

Podklady jsou nyní připraveny ke zpracování v GIS. Pro svou práci jsem zvolil software ArcGIS Desktop 9.0 od firmy Esri.

Po vložení podkladových rastrových map je třeba vytvořit nový shapefile. To je oblíbený formát pro ukládání vektorových dat, vyvinutý firmou Esri, v současné době velmi rozšířený, užívaný řadou komerčních i nekomerčních GIS. Prostorově definuje body, linie i polygony a těmto prvkům přiřazuje atributy. Shapefile je nutno chápat jako skupinu souborů, z nichž některé jsou základní a nutné (.shp, .shx a .dbf) a některé jsou volitelné (.sbn, sbx, prj ...). Základním souborem je .shp (geometrie prvku) není však použitelný bez .shx (index geometrie prvku) a .dbf (atributy prvku).

Při tvorbě nového shapefile je třeba zvolit název, typ prvku a souřadnicový systém. Rozlišuje tři základní typy prvku: body, linie a plošné prvky (point, polyline, polygon). Souřadnicovým systémem jsem zvolil S-JTSK_Krovak_East_North (EN). Jedná se o modifikaci S-JTSK, kdy kladný směr osy X směřuje na východ a kladný směr osy Y směřuje k severu, jak je to standardní v GIS. Vztah mezi souřadnicemi obou systémů je definován takto: $X_{EN} = -Y_{S-JTSK}$, $Y_{EN} = -X_{S-JTSK}$. Území ČR tedy leží ve třetím kvadrantu, souřadnice jsou zaměněny a jsou záporné (např. $X_{EN} = -744399$ m, $Y_{EN} = -1083933$ m).

U vybraných krajinných prvků jsem potom provedl vektorizaci. Těmito prvky byly silnice, potoky, vodní plochy a lesy. Liniové prvky silnice a potoky jsem rozdělil podle třídy silnice resp. šířky potoku. Vytvořil jsem nový atribut Class (třída) a do něj každému prvku přiřadil číslo podle třídy silnice nebo šířky potoku. Potom je možno nastavit, aby se prvky každé třídy zobrazovaly jinak (jinou tloušťkou, barvou, stylem čáry...).

Vektorizace byla provedena s určitým přesahem přes zpracovávané území, přesahující části prvků byly nakonec oříznuty. Výsledkem bylo šestnáct shapefile, tj. čtyři (silnice, les, potoky, vodní plochy) pro každou podkladovou mapu kromě mapy I. vojenského mapování, která byla pro svou nedostačující přesnost ze zpracování v GIS vyloučena. Vektorizace byla velice zdlouhavou a časově náročnou částí diplomové práce.

9.2 Vyhodnocení

Vzhledem k odlišnosti zkoumaných prvků, je nutné k vyhodnocování každé skupiny prvků přistupovat (silnice, potoky, lesy, vodní plochy) zvlášť.

Ke zpracování údajů o délce prvku a ploše, vytvoříme nový soubor geodatabáze (Personal geodatabase) a importujeme do něj shapefile. Při tom se automaticky vytvoří nové atributy o délce prvku a ploše. Soubor geodatabáze s příponou .mdb lze také otevřít a zpracovávat v programu Microsoft Access.

9.2.1 Silnice

U jednotlivých silnic můžeme pozorovat určitý vývoj v tom, jak se měnil jejich význam. Z některých cest vznikly silnice III. třídy, z jiných se staly polní cesty, nebo zanikly úplně.

Odchytky v poloze stejných silnic z různých mapových podkladů jsou způsobeny přesností mapy a přesností jejich georeferencování, tato chyba se projevuje jejich souběžným průběhem, přičemž jejich odlehlost se pohybuje obvykle okolo 30 m. Někde je zřejmá změna v průběhu komunikace, ta se projeví výrazně větší odchylkou a odlišným tvarem komunikace. V horní části obrázku je příklad takovéto změny. Je zde zřejmé „narovnání“ silnice. Zeleně jsou zobrazeny silnice map II., modře III vojenského mapování, fialově vojenských topografických map a oranžově rastrové základní mapy.

9.2.2 Potoky

Přestože se jedná o mapy podobného měřítka, každá z použitých map má jinou podrobnost, proto na některých jsou zobrazeny i menší potoky.

Průběh potoků z různých mapování odpovídá přesnosti mapy a přesnosti georeferencování, jejich odlehlost se pohybuje obvykle okolo 30m. Barevné značení v obrázku odpovídá značení u silnic.



Obr. 21 Porovnání silnic



Obr. 22 Porovnání potoků

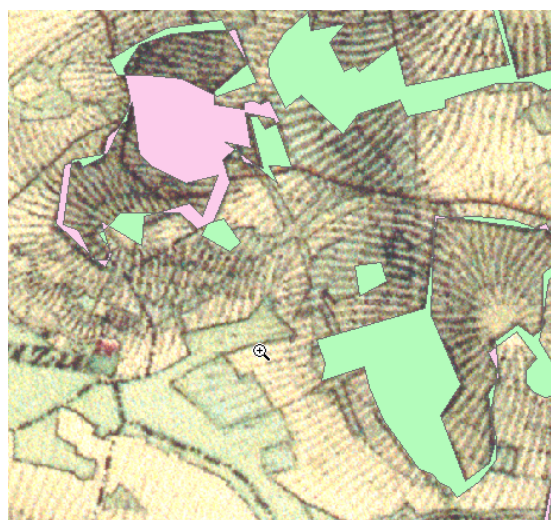
9.2.3 Lesy

Lesy jsou objekty, které jsou jednoznačné na všech podkladových mapách. V krajině zauímají poměrně výraznou část. Proto se dají velice dobře vyhodnocovat s využitím funkcí GIS.

Vytvořím dvanáct nových shapefile vzájemným odečtením lesních ploch z různých podkladových map. Takto získám šest shapefile pro úbytky lesů a šest pro přírůstky. Pro každý pak vytvořím nový atribut Sign(znaménko), pro úbytky lesů bude mít hodnotu -1, pro přírůstky +1. Rozdíl a přírůstek mezi stejným obdobím potom převedu do jednoho shapefile, díky různému atributu Sign se dají zobrazit odlišně. Kromě skutečných změn (obr. 24) vznikají často na okrajích lesů úzké pruhy (okolo 30m) přírůstků (zobrazeny zeleně) a úbytků (růžově) způsobené nepřesnostmi georeferencovaných map (obr 23).

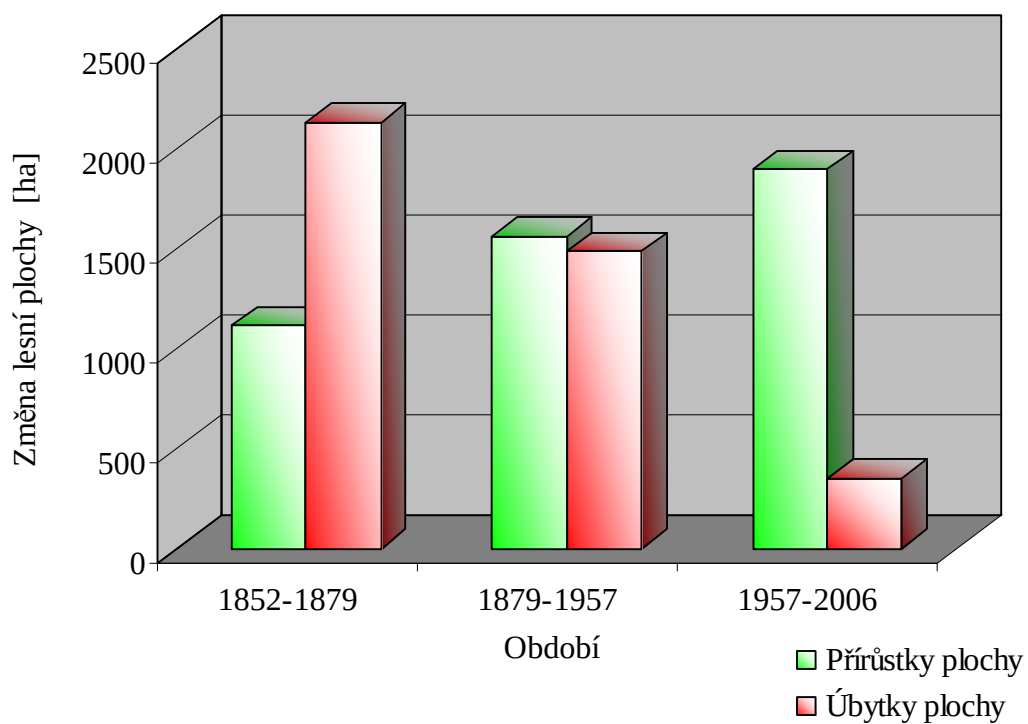


Obr. 23 Rozdíly lesních ploch a

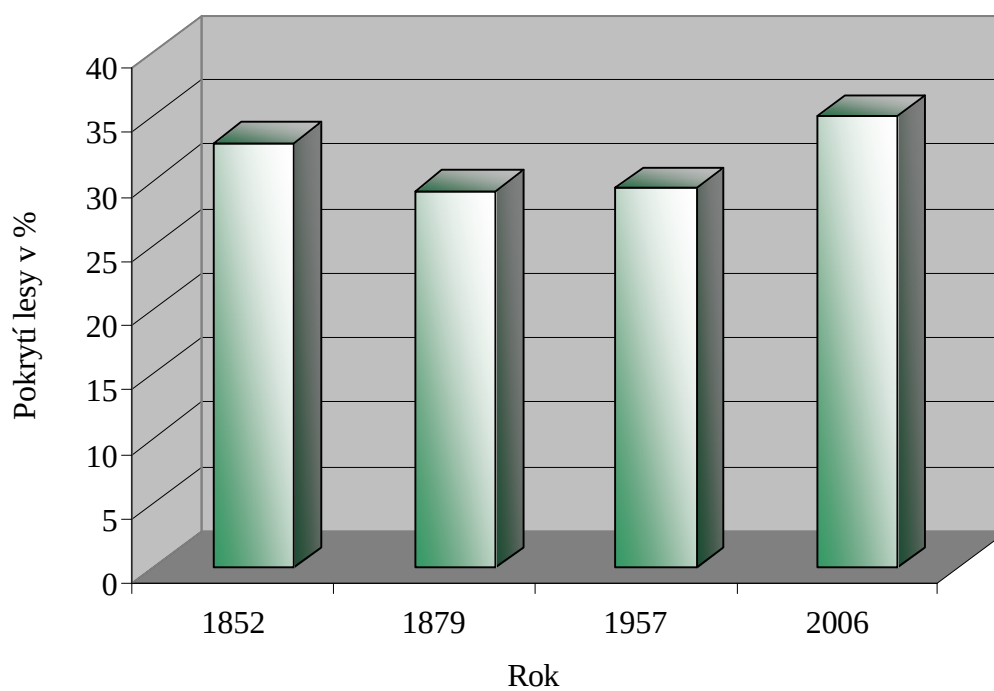


Obr. 24 Rozdíly lesních ploch b

Obr. 25 Graf změn lesních ploch



Obr. 26 Graf pokrytí území lesy v %



9.2.4 Vodní plochy

Vodní plochy nelze vyhodnocovat stejným způsobem jako lesy. Rybníky jsou poměrně malé plošné prvky a chyba v poloze je proto relativně velká. To znamená, že se stejné rybníčky z různých mapových podkladů vůbec nemusí překrývat. Nelze tedy udělat rozdíl ploch z různých podkladových map, výsledky by nebyly vypovídající. Výjimku tvoří řeka Vltava, resp. přehradní nádrž Slapy.

Největším zásahem člověka do této krajiny je vybudování slapské přehrady. Vodní dílo Slapy, postavené v letech 1949–1955, bylo první velkou stavbou vltavské kaskády po II. světové válce. Přehrada je umístěna v úzké soutěsce na konci Svatojánských proudů a má originální konstrukční řešení. Jezero o obsahu 270 mil. m³ je vytvořeno betonovou hrází o výšce 65 m. Takovýto zásah do krajiny si určitě zaslouží pozornost při vyhodnocování.

Vytvořil jsem tedy dva nové shapefile, do jednoho jsem z vodních ploch III. vojenského mapování importoval vodní plochu Vltavy a do druhého z vodních ploch vojenských topografických map vodní plochu Slapské přehrady. Jejich rozdílem jsem potom získal plošný prvek, který vyjadřuje území zatopené vodou Slapské přehrady.



Obr. 27 Zatopená Živohošť

Při zatopení území zmizely pod hladinou vesnice Živohošť a Županovice, továrna Cholín a osady Moráň, Ústí, Nouze, Koranda a další. Na ukázkou zde uvádím zatopení vesnice Živohošť, ze které zbyl nad vodou jen kostel se statkem stojící na levém břehu

v místě, kterému se dnes říká Stará Živohošť. Samotná vesnice se rozkládala na obou březích Vltavy, které spojoval přívoz. Na obr. 27 jsou zatopené oblasti znázorněné poloprůhlednou fialovou barvou.

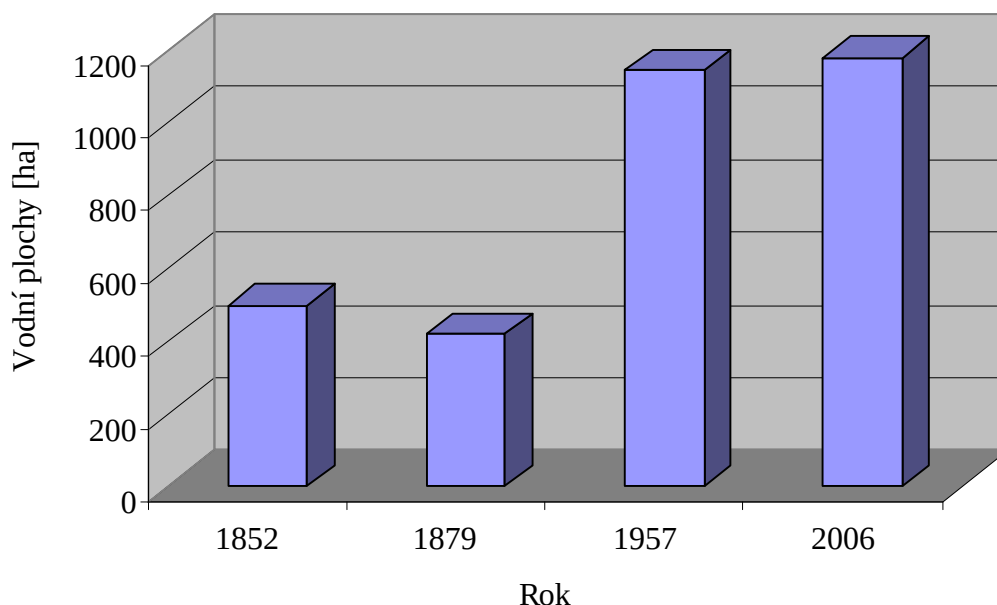
Uvedené údaje se vztahují pouze k části Slapské přehrady, která leží ve zpracovávaném území. Řeka Vltava zaujímala plochu 357 ha, po výstavbě Slapské přehrady se plocha zvětšila na 1073 ha, to je zvětšení plochy o 200%. Voda zaplavila území o rozloze 716 ha.

Řeka Vltava tvoří dominantní složku vodních ploch. Proto je zajímavé sledovat odděleně vývoj ostatních vodních ploch, což jsou rybníky. Přehledně vývoj vodních ploch vyjadřují přiložené grafy a tabulka.

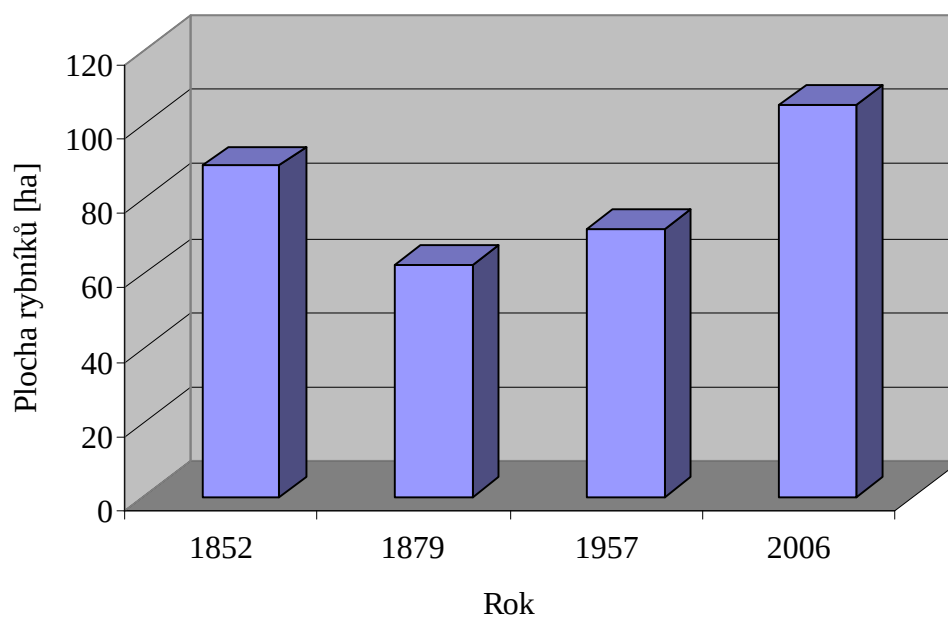
Tab. 14 Vývoj vodních ploch

Rok	Vodní plochy s Vltavou		Rybníky	
	[ha]	%	[ha]	%
1852	498	1,81	89	0,32
1879	420	1,53	62	0,23
1957	1145	4,16	72	0,26
2006	1180	4,29	105	0,38

Obr. 28 Graf vodních ploch včetně Vltavy



Obr. 29 Graf plochy rybníků



10 Tvorba mapového serveru

Mapové servery [15] se v současné době stávají velice populárními, využívají se k publikování map na internetu. Setkal se s nimi snad již každý, ať již na některém z českých (Atlas, Centrum, Seznam) nebo světových portálů (Google maps, Virtual Earth). Jsou to programy, které pracují na architektuře klient-server, zpracovávají data s geografickým vztahem. Spolupracují s některým z webových serverů, který jim předá potřebné parametry z webového formuláře. Ty jsou zpracovány a zpět je vrácen buď soubor s mapou, a nebo výsledek dotazu.

Jedná se v podstatě o jednoduché geografické informační systémy, které jsou ovládány pouze pomocí parametrů. Je to vhodné řešení pro koncového uživatele, které umožňuje prohlížet geografická data bez nutnosti instalovat GIS software.

Má internetová aplikace funguje na bázi mapového serveru, vytvořeného vedoucím mé diplomové práce Ing. Jiřím Cajthamlem v rámci práce na grantu GAČR Georeferencování a kartografická analýza historických vojenských mapování Čech, Moravy a Slezska. Má práce spočívala v upravení souborů mapfile a HTML šablony. Tyto dva hlavní soubory ovlivňují konfiguraci celé aplikace.

10.1 Princip fungování mapového serveru

Celý systém se skládá z několika hlavních komponent:

- klient (internetový prohlížeč)
- webový server
- mapový server
- datový server

Z pracovní stanice přijde HTTP požadavek na URL adresu. Webový server požadavek vyhodnotí a naváže kontakt s mapovým serverem, který spustí CGI aplikaci. Mapový server vytvoří na základě zadaných formulářových dat z daného území obrázek mapy se všemi vrstvami, legendu, referenční mapu a tak dále. Data jsou buď uložena na disku, nebo se mapový server může chovat jako klient a data si vyžádat z jiného serveru. Výslednou mapu potom vrátí webovému serveru a ten ji zařadí do HTML kódu. Zpět ke klientovi je v závislosti na požadavku vrácen obrázek mapy, celá HTML stránka nebo výsledek dotazu do databáze.

10.2 Softwarové a hardwarové řešení

- Operační systém Microsoft Windows XP
- Webové prohlížeče Internet Explorer a Mozilla Firefox
- Webový server Apache 2.0.54
- Mapový server UMN MapServer

Zde uvádím, jak je řešen mapový server katedry mapování a kartografie po softwarové a hardwarové stránce.

Mapový server funguje vzhledem k limitujícím podmínkám ve škole pod operačním systémem Microsoft Windows XP.

Uživatelsky nejoblíbenějšími internetovými prohlížeči jsou v současnosti Microsoft Internet Explorer a Mozilla Firefox, pro tyto dva prohlížeče je internetová aplikace optimalizována. U ostatních prohlížečů není funkčnost aplikace zaručena vzhledem k různé podpoře jednotlivých standardů definovaných W3C.

Pro webový server byl zvolen Apache 2.0.54. Jedná se o kvalitní webový server, v současné době nejrozšířenější na světě.

Z mapových serverů se nabízí hodně komerčních produktů: ESRI ArcIMS, Geomedia WebMap, Autodesk MapGuide, MapInfo MapXtreme a další. Byl však vybrán nekomerční software UMN Mapserver 4.4.0, vyvíjený minnesotskou universitou.

Datový server je volitelnou součástí systému, umožňuje lepší správu, indexaci a vyhledávání při použití velkých datových sad. Ve své práci pracuji s malým rozsahem dat, proto datový server využívat nebudu.

Díky použití freeware produktů webového serveru Apache a mapového serveru UMN MapServer, jejichž kvalita je srovnatelná s ostatními komerčními software, byly eliminovány finanční náklady na software.

Jako serveru je využito jedné ze stanic ve školní učebně. Stanice běží na systému Microsoft Windows XP, a proto musel být mapový server postaven na tomto systému.

10.3 Vlastní aplikace

Výslednou podobu aplikace určují dva základní soubory. Prvním z nich je Mapfile (soubor s příponou .map). Je to konfigurační soubor, ve kterém je definována zobrazovaná oblast a jak se mají jednotlivé vrstvy vykreslovat.

10.3.1 Mapfile

V mapfile se pomocí příkazu EXTENT nastavuje zobrazovaná oblast mapy, SIZE velikost výsledného obrazu v pixelech, UNITS jednotky, SHAPEPATH cestu k adresáři s daty, kam jsem nakopíroval vytvořené rastrové i vektorové soubory. Struktura mapfile je tvořena objekty do sebe vnořených a ukončených vždy slovem END. V sekci WEB se zadává cesta k souboru HTML, který aplikaci obsluhuje. Pomocí PROJECTION se zadává kartografické zobrazení kódem EPSG. Pro práci se zobrazeními využívá Mapserver knihovnu Proj.4. Jednotlivé mapové vrstvy jsou do aplikace přidávány pomocí sekce LAYER, ta se dále může dělit na třídy CLASS s vlastním stylem zobrazení. U každé vrstvy je povinné uvést typ (POINT, LINE, POLYGON, RASTER) a jméno datového souboru. Dále můžeme nastavit, jak se bude vrstva zobrazovat (barva, tloušťka, průhlednost...).

Na ukázkou zde uvádím mapfile pouze s jednou vektorovou vrstvou rozdělenou do dvou tříd podle atributu „Sign“. Atribut nabývá hodnot -1 (pro úbytky lesů) a +1 (pro přírůstky). Přírůstky jsou potom zobrazeny zeleně a úbytky červeně.

MAP

```
EXTENT -758100 -1086400 -738600 -1072300
SIZE 560 405
UNITS meters
SHAPEPATH "c:\data\kansky\"
TRANSPARENT ON
IMAGECOLOR 255 255 255
IMAGETYPE JPEG
```

WEB

```
TEMPLATE "c:\web\data\vm2.html"
IMAGEPATH "c:\web\data\tmp\"
IMAGEURL "http://b866-4.fsv.cvut.cz/data/tmp/"
```

END**PROJECTION**

```
"init=epsg:2065"
```

END**LAYER**

```
NAME les_vm2-vm3
STATUS OFF
DATA "les_vm2-vm3"
TYPE POLYGON
TRANSPARENCY 100
CLASSITEM "sign"
CLASS
  NAME "ubytek"
  EXPRESSION '-1'
  STYLE
    COLOR 240 90 70
    OUTLINECOLOR 200 0 0
```

END**END****CLASS**

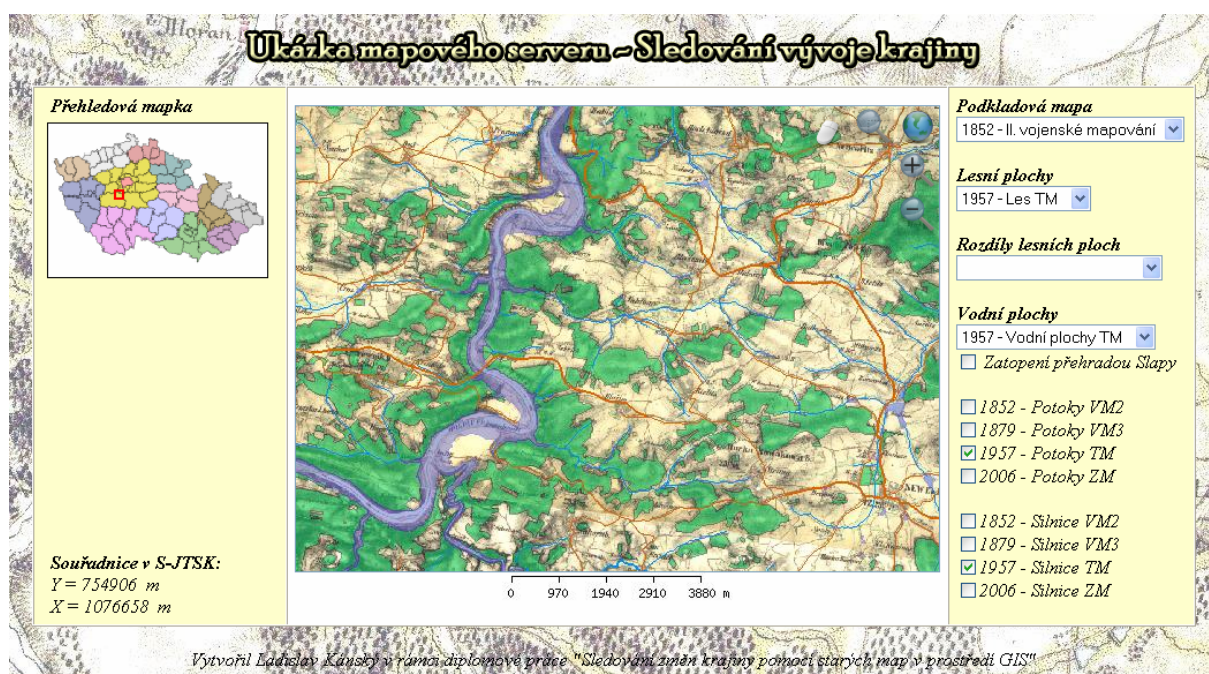
```
NAME "prirustek"
EXPRESSION '1'
STYLE
  COLOR 100 240 30
  OUTLINECOLOR 0 100 0
```

END**END****END****END**

10.3.2 HTML šablona

Grafickou podobu a funkce aplikace ovlivňuje druhý základní soubor, kterým je HTML šablona. V šabloně se můžeme přímo odkazovat na jednotlivé prvky kompozice v mapfile: obraz mapy ([img]), referenční obrázek ([ref]), obraz měřítka ([scalebar]). Tyto prvky pak můžeme umístit jako zdroje webové stránky.

Pracovní plocha webové stránky je tvořena tabulkou, jejíž prostřední část je věnována samotné mapě. V pravém horním rohu mapové části tabulky jsou umístěna tlačítka umožňující přibližovat, oddalovat a posouvat zobrazovaný výřez mapy. Pod mapou se zobrazuje měřítko mapy. Na levém panelu se zobrazují souřadnice v S-JTSK a mapa ČR, na které je červeným obdélníkem vyznačené zpracovávané území. Na pravém panelu ovládáme zobrazování jednotlivých vrstev. Možností výběru vrstev je hned několik, já využívám zaškrťovacích políček a rozbalovacích lišt. Zaškrťovací políčka mají výhodu v tom, že je možné u každé vrstvy zvlášť zvolit, zda se bude zobrazovat. Rozbalovací lišty umožňují zobrazit pouze jednu vrstvu z dané skupiny. Jejich nespornou výhodou je úspora místa. Proto jsem pro rastrové podkladové mapy a plošné prvky zvolil rozbalovací lišty. U liniových prvků je vhodné, aby se daly zobrazit zároveň, proto jsou zapínány pomocí zaškrťovacích políček.



Obr. 30 Ukázka internetové aplikace

Tabulka 15 uvádí vrstvy, které je možno zobrazit. Pokud u souboru není uvedena přípona, jedná se o shapefile. U rozdílových vrstev lesů se jedná vždy o vzájemný rozdíl lesních ploch z dvojice map. Nové lesní plochy jsou označeny zeleně a plochy, ze kterých lesy zmizely, se zobrazují červeně. U plošných vektorových vrstev je nastavená průhlednost 50%. Číslo u jména vrstvy značí rok ukončení mapování (obnovy) podkladové mapy.

Tab. 15 Vrstvy internetové aplikace

Číslo	Jméno vrstvy	Soubor	Popis
1	1785 - I. vojenské mapování	vm1.tif	Mapa 1:28 800 prvního vojenského mapování
2	1852 - II. vojenské mapování	vm2.tif	Mapa 1:28 800 druhého vojenského mapování
3	1879 - III. vojenské mapování	vm3.tif	Mapa 1:25 000 třetího vojenského mapování
4	1957 - Topografická mapa	tm.tif	Vojenská topografická mapa 1:25 000
5	2006 - RZM ze ZABAGED	zm.tif	Rastrová základní mapa 1:25 000 ze ZABAGED
6	1852 - Les VM2	les_vm2	Lesy z map druhého vojenského mapování
7	1879 - Les VM3	les_vm3	Lesy z map třetího vojenského mapování
8	1957 - Les TM	les_tm	Lesy z vojenských topografických map
9	2006 - Les ZM	les_zm	Lesy z RZM 1:25 000 ze ZABAGED
10	Trvalý les	les_trvaly	Trvale zalesněné plochy od roku 1852
11	1852-1879 Les VM2-VM3	les_vm2-vm3	Rozdíl vrstev lesů 7-6(přírůstky) a 6-7(úbytky)
12	1852-1957 Les VM2-TM	les_vm2-tm	Rozdíl vrstev lesů 8-6(přírůstky) a 6-8(úbytky)
13	1852-2006 Les VM2-ZM	les_vm2-zm	Rozdíl vrstev lesů 9-6(přírůstky) a 6-9(úbytky)
14	1879-1957 Les VM3-TM	les_vm3-tm	Rozdíl vrstev lesů 8-7(přírůstky) a 7-8(úbytky)
15	1879-2006 Les VM3-ZM	les_vm3-zm	Rozdíl vrstev lesů 9-7(přírůstky) a 7-9(úbytky)
16	1957-2006 Les TM-ZM	les_tm-zm	Rozdíl vrstev lesů 9-8(přírůstky) a 8-9(úbytky)
17	1852 - Vodní plochy VM2	voda_vm2	Vodní plochy z map druhého vojenského mapování
18	1879 - Vodní plochy VM3	voda_vm3	Vodní plochy z map třetího vojenského mapování
19	1957 - Vodní plochy TM	voda_tm	Vodní plochy z vojenských topografických map
20	2006 - Vodní plochy ZM	voda_zm	Vodní plochy z RZM 1:25 000 ze ZABAGED
21	Zatopení přehradou Slapy	zatopy	Zatopená území po napuštění Slapské přehrady
22	1852 - Potoky VM2	potok_vm2	Potoky z map druhého vojenského mapování
23	1879 - Potoky VM3	potok_vm3	Potoky z map třetího vojenského mapování
24	1957 - Potoky TM	potok_tm	Potoky z vojenských topografických map
25	2006 - Potoky ZM	potok_zm	Potoky z RZM 1:25 000 ze ZABAGED
26	1852 - Silnice VM2	silnice_vm2	Silnice z map druhého vojenského mapování
27	1879 - Silnice VM3	silnice_vm3	Silnice z map třetího vojenského mapování
28	1957 - Silnice TM	silnice_tm	Silnice z vojenských topografických map
29	2006 - Silnice ZM	silnice_zm	Silnice z RZM 1:25 000 ze ZABAGED

11 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo zachytit vývoj krajiny z historických map zpracováním v GIS. Podkladovými mapami byly mapy I., II. a III. vojenského mapování, vojenské topografické mapy a rastrová Základní mapa ze ZABAGED. Shromáždil jsem informace o vzniku a vlastnostech těchto použitých map. Jako jednotný souřadnicový systém, do kterého jsem transformoval všechny podkladové mapy, jsem zvolil S-JTSK. Rastrové mapy jsem transformoval na rohy mapových listů, jejichž souřadnice jsem převedl do S-JTSK. U map I. a III. vojenského mapování tento postup nešlo aplikovat, proto jsem tyto mapy transformoval pomocí identických bodů, existujících v mapě i v současnosti.

Přesnost rastrových map převedených do S-JTSK jsem ověřil odečtením souřadnic identických bodů v georeferencované mapě a jejich porovnáním se souřadnicemi v S-JTSK vyhledanými v DATAZ, nebo odečtenými z ortofotomapy. Hlavním kritériem přesnosti jsem zvolil střední polohovou chybu, která u mapy I. vojenského mapování nabývala hodnoty 550 m, pro II. vojenské mapování 20 m, pro III. vojenské mapování 21 m, pro topografické mapy 15m, pro RZM 25 ze ZABAGED 4 m. Pro mapu I. vojenského mapování dosahuje střední polohová chyba nepřijatelných hodnot, proto jsem ji z dalšího zpracování v GIS vyloučil.

Provedl jsem vektorizaci u vybraných krajinných prvků (lesy, silnice, potoky, vodní plochy) pro každou podkladovou mapu. U liniových prvků jsem zkoumal jejich vývoj současným zobrazením vrstev z různých období. U lesů a vodních ploch jsem sledoval celkovou plochu a její změny, které jsem znázornil pomocí grafů a tabulek. U lesů jsem vytvořil vektorovou vrstvu rozdílů ploch mezi jednotlivými obdobími.

Má práce při tvorbě internetové aplikace spočívala ve vytvoření mapfile a úpravě HTML šablony, to jsou dva základní soubory určující její konfiguraci a výslednou podobu. Aplikace běží na mapovém serveru katedry mapování a kartografie na adrese <http://mapserver.fsv.cvut.cz/kansky> a umožňuje prohlížení vytvořených vektorových vrstev na podkladě rastrových map.

Největším zásahem do krajiny byla stavba Slapské přehrady, která zvedla hladinu Vltavy až o padesát metrů a způsobila zatopení území o rozloze 716 ha. U ostatních prvků krajiny můžeme pozorovat určitý vývoj, k obdobnému výraznému zásahu člověka zde však nedošlo. Důvodem je absence velkých sídel, nerostných nalezišť a kopcovitý charakter krajiny s kamenitou půdou, což nejsou ideální podmínky pro zemědělství. Proto si krajina dokázala zachovat svůj ráz z poloviny 19. století až do současnosti.

Prameny a literatura

- [1] PLÁNKA, Ladislav. *Vývoj světové a české kartografie*. 1. vyd. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2004. 125 s. ISBN 80-214-2675-6.
- [2] BOGUSZAK, František, CÍSAŘ, Jan. *Vývoj mapového zobrazení území Československé socialistické republiky III. díl : Mapování a měření českých zemí od poloviny 18. století do počátku 20. století*. 1. vyd. Praha : Ústřední správa geodézie a kartografie, 1961. 33 s.
- [3] RADĚJ, Karel. První celostátní topografické mapování v měřítku 1 : 25 000. *Zeměměřič* [online]. roč. 2001, č. 5 [cit. 2007-04-1]. Dostupný z WWW: <<http://www.zememeric.cz>>.
- [4] KONEČNÝ, Milan, STACHOŇ, Zdeněk, TAJOVSKÁ, Kateřina, PODHRÁZSKÝ, Zbyšek. *Kartografie a geoinformatika - multimediální učebnice* [online]. Geografický ústav PřF MU Brno. Brno : 2006 [cit. 2007-04-1]. Dostupný z WWW: <<http://www.geogr.muni.cz/ucebnice/kartografie/index.php>>.
- [5] VEVERKA, Bohuslav. *Topografická a tematická kartografie 10*. dotisk 1. vyd. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2004. 220 s. ISBN 80-01-02381-8.
- [6] DIVIŠOVÁ, Martina. *Kontrola přesnosti digitálního modelu reliéfu ZABAGED porovnáním s výškopisem technickohospodářské mapy v lokalitě Česká Skalice*. Plzeň, 2006. 104 s. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Katedra matematiky. Diplomová práce. Dostupný z WWW: <<http://gis.zcu.cz/studium/dp/2006/>>.
- [7] ŠÍMA, Petr. *Stránky o Křovákově zobrazení a vůbec o všem co souvisí se zeměměřictvím* [online]. 2001-2007 , 05.01.2007 [cit. 2007-04-1]. Dostupný z WWW: <<http://krovak.webpark.cz/index.htm>>.
- [8] *Český úřad zeměměřický a katastrální* [online]. [cit. 2007-04-1]. Dostupný z WWW: <<http://www.cuzk.cz/>>.
- [9] *ARCDATA PRAHA s.r.o.* [online]. 1992-2006 , 4.5.2007 [cit. 2007-04-1]. Dostupný z WWW: <<http://www.arcdata.cz/>>.
- [10] *GEPRO spol. s r.o.* [online]. [cit. 2007-04-1]. Dostupný z WWW: <<http://www.gepro.cz/>>.
- [11] VEVERKA, Bohuslav. *MATKART* [online]. [cit. 2007-04-1]. Dostupný z WWW: <<http://www.kartografie.ic.cz/matkart/matkart.php>>.

- [12] *MapServer* [online]. 1996-2007 [cit. 2007-04-1]. Dostupný z WWW: <<http://mapserver.gis.umn.edu/>>.
- [13] ČECHUROVÁ, Monika. *Výpočty kladu listů rakouských topografických map ze III. vojenského mapování*. 2002. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Katedra mapování a kartografie. Dizertační práce.
- [14] ČADA, Václav. Analýza lokalizace rastrových ekvivalentů III. vojenského mapování do S-JTSK. In *Sborník konference Geoinformatika ve veřejné správě*. Brno, 2006. s. 9. Dostupný z WWW: <<http://www.kma.zcu.cz/Cada>>. ISBN 80-864-31-5.
- [15] CAJTHAML, Jiří. Využití webových mapových serverů. In *Sborník 16. kartografické konference*. Brno, 2005. s. 5. Dostupný z WWW: <<http://klobouk.fsv.cvut.cz/~cajthaml/>>. ISBN 80-7231-015-1.

Podkladové mapy

[A] Mapový list I. vojenského mapování

- © 1st Military Survey, Section No. 160, Austrian State Archive/Military Archive, Vienna
- © Laboratoř geoinformatiky Univerzita J.E. Purkyně <<http://www.geolab.cz>>
- © Ministerstvo životního prostředí ČR - <<http://www.env.cz>>.

[B] Mapové listy II. vojenského mapování

- © 2nd Military Survey, Sections: *G O 10-I, G O 10-II, G O 11-I, G O 11-II*, Austrian State Archive/Military Archive, Vienna
- © Laboratoř geoinformatiky Univerzita J.E. Purkyně <<http://www.geolab.cz>>
- © Ministerstvo životního prostředí ČR - <<http://www.env.cz>>.

[C] Mapové listy III. vojenského mapování

Mapové sekce: *4052-4, 4053-3, 4152-2, 4153-1*.

- © Laboratoř geoinformatiky Univerzita J.E. Purkyně <<http://www.geolab.cz>>
- © Agentura ochrany přírody a krajiny

[D] Mapové listy vojenské topografické mapy 1:25 000

- © VGHMÚř. Dobruška 2006, Základní mapování 1:25 000 (1952-1957), Mapové listy: *M-33-77-D-a, M-33-77-D-b, M-33-77-D-c, M-33-77-D-d, M-33-78-C-a, M-33-78-C-c*.

[E] Segmenty Základní mapy 1:25 000 ze ZABAGED.

- © Zeměměřický úřad 2007, Segmenty: *10700735, 10700740, 10700745, 10700750, 10700755, 10750735, 10750740, 10750745, 10750750, 10750755, 10800735, 10800740, 10800745, 10800750, 10800755, 10850735, 10850740, 10850745, 10850750, 10850755*.

Seznam obrázků

Obr. 1 Ukázka výřezu mapy I. vojenského mapování [A]	7
Obr. 2 Přehled sekcí I. vojenského mapování v Čechách [2]	9
Obr. 3 Přehled sekcí II. vojenského mapování 1:28 800 v Čechách [2]	11
Obr. 4 Ukázka výřezu mapy II. vojenského mapování [B]	12
Obr. 5 Ukázka výřezu mapy III. vojenského mapování [C]	15
Obr. 6 Přehled listů speciální mapy 1:75 000 pro české země [2]	16
Obr. 7 Dělení listu speciální mapy 1:75 000 [2]	17
Obr. 8 Klad Mezinárodní mapy světa [4]	19
Obr. 9 Klad mapových listů vojenských topografických map [4]	20
Obr. 10 Ukázka výřezu vojenské topografické mapy 1: 25 000 [D]	21
Obr. 11 Klad a označení mapových listů ZM 200 [7]	26
Obr. 12 Dělení mapového listu ZM 200 [7]	26
Obr. 13 Ukázka výřezu RZM 25 ze ZABAGED [E]	30
Obr. 14 Označení čtvercového segmentu RZM 25 ze ZABAGED [8]	31
Obr. 15 Zpracovávané území	37
Obr. 16 Podobnostní transformace	40
Obr. 17 Geometrický vztah dvou rovin	41
Obr. 18 Afinní transformace	43
Obr. 19 Matkart [11]	47
Obr. 20 Přerastrování	52
Obr. 21 Porovnání silnic	58
Obr. 22 Porovnání potoků	58
Obr. 23 Rozdíly lesních ploch a	58
Obr. 24 Rozdíly lesních ploch b	58
Obr. 25 Graf změn lesních ploch	59
Obr. 26 Graf pokrytí území lesy v %	59
Obr. 27 Zatopená Živohošť	60
Obr. 28 Graf vodních ploch včetně vltavy	61
Obr. 29 Graf plochy rybníků	62
Obr. 30 Ukázka internetové aplikace	67

Seznam tabulek

Tab. 1 Klad mapových listů vojenských topografických map	21
Tab. 2 Souřadnice rohů výřezu zpracovávaného území v S-JTSK.....	37
Tab. 3 Vlastnosti použitých mapových děl	39
Tab. 4 Identické body a souřadnicové odchylky	45
Tab. 5 Souřadnice rohů mapových sekcí druhého vojenského mapování v S-JTSK	46
Tab. 6 Zeměpisné souřadnice rohů mapových listů.....	46
Tab. 7 Souřadnice rohů mapových listů v S-JTSK.....	47
Tab. 8 Souřadnice identických bodů v S-JTSK s odchylkami	49
Tab. 9 Vyrovnání souřadnic sousedních rohů mapových listů.....	49
Tab. 10 Zeměpisné souřadnice na Krasovského elipsoidu ohraničující mapové listy.....	50
Tab. 11 Rovinné souřadnice rohů mapových listů v S-JTSK	50
Tab. 12 Souřadnice identických bodů v S-JTSK.....	54
Tab. 13 Přesnost georeferencovaných podkladových map	55
Tab. 14 Vývoj vodních ploch	61
Tab. 15 Vrstvy internetové aplikace	68

Přílohy

Příloha 1

- textová část diplomové práce ve formátu PDF
- Topografická mapa II. vojenského mapování (příloha 2) ve formátu PDF, 400 dpi
- výsledné vektorové soubory shapefile (tab. 15)
- rastrové mapy ve formátu TIFF se souřadnicovým připojením TFW (tab. 15)

Příloha 2

- Topografická mapa II. vojenského mapování 1:25 000, souřadnicový systém S-JTSK East-North, porovnání s krajinnými prvky z roku 2006