

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

2018

Bc. Adina SLÍVOVÁ



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta stavební
Katedra geomatiky**

3D model historického údolí Vltavy v oblasti přehradní nádrže Slapy

**3D model of the historical valley of the Vltava River in the area of Slapy
reservoir**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Studijní program: Geodézie a kartografie
Studijní obor: Geodézie a kartografie
Vedoucí práce: Doc. Ing. Jiří Cajthaml, Ph.D.

Bc. Adina Slívová

Praha 2018



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Slivová	Jméno: Adina	Osobní číslo: 423983
Zadávací katedra: Katedra geomatiky		
Studijní program: Geodézie a kartografie		
Studijní obor: Geodézie a kartografie		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: 3D model historického údolí Vltavy v oblasti přehradní nádrže Slapy
Název diplomové práce anglicky: 3D model of the historical valley of the Vltava River in the area of Slapy reservoir

Pokyny pro vypracování:

Vytvořte 3D model historického údolí Vltavy na základě digitalizace starých map (SMO-5). Pokuste se navrhnout optimální způsob vektorizace vrstevnic (automaticky, poloautomaticky, ručně). Výsledný model porovnejte s modelem vytvořeným na základě aktuálních dat DMR5G. Modely vhodně vizualizujte.

Seznam doporučené literatury:

TUČEK J., Geografické informační systémy, principy a praxe, Computer Press 1998, ISBN: 807226091X

VOŽENÍLEK, V.: Aplikovaná kartografie I.: Tematické mapy, Olomouc, UPOL 2004, 187s.

ARONOFF, S., Geographic Information Systems: A management perspective. WDL Publications, Ottawa, Canada, 1989

Jméno vedoucího diplomové práce: doc. Ing. Jiří Cajthaml, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 19.2.2018

Termín odevzdání diplomové práce: 21.5.2018

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

19.2.2018
Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

ABSTRACT

Cílem této diplomové práce je vytvořit model historického údolí Vltavy v oblasti přehradní nádrže Slapy na základě digitalizace výškopisu starých map – Prvního vydání státní mapy odvozené. Součástí práce je i popis způsobů vektorizace vrstevnic (automatického, poloautomatického a ručního) a jejich krátké zhodnocení. Výsledný model je porovnán s modelem vytvořeným z aktuálních dat Digitálního modelu reliéfu ČR 5. generace a vizualizován ve 3D. Cílem vizualizace je vytvoření videa průletu korytem řeky, při kterém je i použito prolínání dvou textur.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vodní nádrž Slapy, První vydání státní mapy odvozené, vektorizace, ArcScan, Topo to Raster, 3D model, ArcGIS Pro.

ABSTRACT

The aim of this dissertation is to create a model of the Vltava rivers historic valley around the area of the dam reservoir Slapy, using the base digitized altimetry from the old maps – The first edition state maps derived. Part of this work also includes descriptions of the methods used for vectorization of contours (automatic, semi-automatic and manual) and their short ratings. The resulting model is compared to the model created from actual data Digital terrain model fifth generation visualized in 3D. The goal visualization is also to create a video with a fly through of the riverbed, in which it is also used to blend two textures.

KEY WORDS

Water reservoir Slapy, The first edition state maps derived, vectorization, ArcScan, Topo to Raster, 3D model, ArcGIS Pro.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „3D model historického údolí Vltavy v oblasti přehradní nádrže Slapy“ vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje a literaturu.

V Praze dne

.....

Adina Slívová

Poděkování

Chtěla bych tímto poděkovat panu doc. Ing. Jiřímu Cajthamlovi, Ph.D. za zajímavé téma diplomové práce a za odborné vedení při jejím zpracování. Dále bych chtěla poděkovat mé rodině za podporu během studia.

Použité zkratky

ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
SK	Stabilní katastr
SMO-5	Státní mapa odvozená 1 : 5 000
SM5	Státní mapa 1 : 5 000
ZM10	Základní mapa 1 : 10 000
ZABAGED	Základní báze geografických dat
S-JTSK	System jednotné trigonometrické sítě katastrální
DMT	Digitální model terénu
DMR	Digitální model reliéfu
DMR 5G	Digitální model reliéfu 5. generace
WMS	Web Map Service

Obsah

Úvod	9
1 Rešerše	10
2 Slapská přehrada.....	14
2.1 Stručná historie regulace toku Vltavy	14
2.2 Přeprava nákladu po Vltavě.....	15
2.3 Vltavské přehrady	16
2.4 Slapská přehrada	17
3 Použitá data	20
3.1 Podkladová data	20
3.2 Popis podkladových dat.....	21
3.2.1 Státní mapa 1 : 5000 – odvozená (SMO-5).....	21
3.2.2 Digitální model reliéfu ČR 5. generace (DMR 5G)	22
4 Zpracování dat	23
4.1 Příprava prostředí.....	23
4.2 Georeferencování mapových podkladů	24
4.2.1 Projektivní transformace	24
4.3 Tvorba bezešvé mapy	25
4.4 Příprava rastrů pro vektorizaci	26
4.4.1 IrfanView	26
4.4.2 Přebarvení rastrů	27
4.4.3 Problémy při přebarvování	28
4.4.4 Umístění a reklasifikace rastrů	29
4.5 ArcScan.....	30
4.5.1 Čištění.....	30
4.5.2 Nastavení vektorizace	32

4.6 Vektorizace	34
4.6.1 Příprava pro práci v ArcScan.....	34
4.6.2 Úprava rastrů.....	35
4.6.3 Samotná vektorizace	35
4.7 Tvorba modelu	39
4.7.1 Topo to Raster.....	39
4.7.2 Použití metody Topo to Raster	42
4.8 Porovnání s DMR 5G	44
5 Vizualizace	46
5.1 Vlastní animace	47
5.2 Střih videa	48
Diskuse	50
Závěr	52
Seznam použitých zdrojů	53
Seznam obrázků	56
Seznam tabulek.....	58
Seznam příloh	59

Úvod

Tato diplomová práce je zaměřena na vizualizaci části historického údolí Vltavy pomocí 3D modelu. Je součástí projektu „Vltava – proměny historické krajiny v důsledku povodní, stavby přehrad a změn ve využití území s vazbami na kulturní a společenské aktivity v okolí řeky“ (kód projektu: DG18P02OVV037) v Programu aplikovaného výzkumu a vývoje národní a kulturní identity (NAKI), který zřizuje Ministerstvo kultury České republiky.

Jako zájmová oblast byla vybrána vodní nádrž Slapy. Pro zachycení polohy a vzhledu dřívějšího koryta řeky a jejího okolí bylo použito dvacet mapových listů Prvního vydání státní mapy odvozené. Jednalo se o oblast začínající přibližně u obce Vestec a končící za místem postavení přehrady, čemuž odpovídá na pravém břehu řeky osada Rabyně a na levém břehu Třebenice.

Cílem práce bylo tyto staré mapy zpracovat, digitalizovat jejich výškopisný obsah, vytvořit z něj 3D model a ten následně porovnat s modelem vytvořeným z aktuálních dat. Pro tvorbu aktuálního modelu byla jako podklad zvolena data Digitálního modelu reliéfu ČR 5. generace.

V první části je zmíněno několik prací, které se zabývají zpracováním starých map, jejich digitalizací nebo vizualizací výškopisu. Dále je stručně popsána historie řeky Vltavy, například pokusy o regulaci jejího divokého toku nebo jaký lodní náklad byl po ní převážen v průběhu věků.

Druhá část popisuje, jak byla získána podkladová data, a stručně je charakterizuje. Také zachycuje jednotlivé kroky jejich zpracování, kam patří postup georeferencování a použitý typ transformace, vytvoření mozaiky a přebarvení rastrů. Uvádí i možné způsoby vektorizace vrstevnic a problémy, které vyvstaly při jejich praktické aplikaci.

Poslední část je věnována tvorbě modelů ze získaných, podkladových dat a jejich porovnání. Je zde popsána i vizualizace modelu prostřednictvím programu ArcGIS Pro, vytvoření animace a její export do videa. Uvádí i možný způsob editace videa do podoby celistvého videa.

V diskuzi jsou rozebírány způsoby vektorizace vrstevnic a stručně i výsledek porovnání dvou modelů. Závěr shrnuje výsledky a navrhuje témata, u kterých je možné navázat na tuto práci.

1 Rešerše

Historické mapy vyhotovené v různých obdobích byly a stále jsou hojně využívány k řešení mnoha projektů, a to díky moderním technologiím. Nejčastěji se používají kvůli jejich prostorovým informacím, jako zdroj informací o historické krajině a k porovnání se současným stavem. Jedná se hlavně o mapy Müllerova mapování, I., II. a III. vojenského mapování, Císařských otisků stabilního katastru (SK) a Státní mapy odvozené 1 : 5 000.

Vojenská a Müllerova mapování se řadí do map topografického mapování českých zemí. Při vyhotovování mapy Moravy a Čech (1712, 1720) měřil Müller délky jako počet otáček kol kočáru a pro měření směrů používal buzolu. I. vojenské mapování (1763-1785, měřítko 1 : 28 800) bylo zahájeno za vlády Marie Terezie a dokončeno za vlády jejího syna Josefa II. Bylo prováděno bez geodetických základů a jednotlivé mapy netvořily souvislý celek. II. vojenské mapování (1807-1869, měřítko 1 : 28 800) vyhotovené na základě rozhodnutí Františka II. a na geodetických základech bylo již přesnější a vycházelo z map Stabilního katastru. Podkladem III. vojenského mapování (1870-1883, měřítko 1 : 25 000) byly také katastrální mapy. Lépe zachycovalo výškopis – šrafami, vrstevnicemi a kótami. Císařské povinné otisky map SK (1826-1843) byly vyhotovovány v měřítku 1 : 2 880, přičemž jedno katastrální území bylo zobrazeno na více mapových listech, které na sebe navazovaly. Od roku 1950 se vydávala Státní mapa odvozená v měřítku 1 : 5 000, která vznikala přepracováním existujících map. Výškopis byl odvozen z topografických map v systému S-1952 nebo III. vojenského mapování. [1], [18]

Projekt Ministerstva kultury ČR *Rekonstrukce krajiny a databáze zaniklých obcí v Ústeckém kraji pro zachování kulturního dědictví* řešený v letech 2012–2015 se zaměřil na zpracování starých map, fotografií a dalších materiálů pro rekonstrukci krajiny ovlivněné těžební činností, vysídlováním obyvatel a velkými změnami krajiny a na vizualizaci změn krajiny za posledních 100 let. Jeho řešením se zabývala hlavně Katedra informatiky a geoinformatiky univerzity Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem za spolupráce Katedry geomatiky Českého vysokého učení technického v Praze. Vypracování bylo rozděleno do několika etap. Po shromáždění topografických map byly všechny georeferencovány a vytvořeny z nich bezešvé mapy. Pro georeferencování objemných mapových děl byl vytvořen program. Následovalo definování nástrojů pro tvorbu interaktivní mapy a uchování dat. Historické letecké snímky byly zpracovány pomocí metod fotogrammetrie do formy ortofoto a digitálních modelů terénu. Další etapa zahrnovala vektorizaci intravilánu zaniklých obcí, hydrografické sítě Mostecké pánve a výškopisu – vrstevnic. Porovnání využití krajiny bylo provedeno na podkladě map Povinných císařských otisků SK a digitálních dat ZABAGED. Zakreslení vodních toků a vodních ploch na jednotlivých mapových podkladech bylo různé, ale jejich digitalizace byla použita pro hydrologické analýzy. Vrstevnice byly vektorizovány z map SMO-5 popisující období 50., 70. a 80. let 20. století. Při dalším zpracování byly vytvořeny digitální modely terénu (DMT). Poslední

DMT byl vyhotoven z dat DMR 4G. Výsledná data byla prezentována v rámci interaktivní webové mapové aplikace vytvořené v prostředí *ArcGIS for Server*, kde uživatel může vizuálně porovnat jednotlivé mapové vrstvy na podkladě několika georeferencovaných podkladových map. [2]

Dalším projektem Ministerstva kultury, který využíval hojně ke zpracování historické mapy, byl projekt *Historický fotografický materiál – identifikace, dokumentace, interpretace, prezentace, aplikace, péče a ochrana v kontextu základních typů pamět'ových institucí*. Byl řešen v letech 2013 až 2017, kdy hlavním řešitelem byla Katedra geomatiky, Fakulty stavební ČVUT v Praze. V jeho rámci bylo zpracováno na 25 závěrečných prací (bakalářských či diplomových). Zaměřil se na 60 objektů ve správě Národního památkového ústavu. Cílem bylo shromáždit a zveřejnit všechny mapové podklady, fotografie a další dokumenty ve webové mapové aplikaci a nabídnout pohled na historii a vývoj zámku, zámeckých areálů a celých panství. Zpracováno (digitalizováno, georeferencováno) bylo několik tisíc mapových listů velkých (př. SMO-5) a středních měřítek (př. I. vojenské mapování), podrobných plánů (př. plánová dokumentace objektů). Jejich obsah byl zvektorizován, byly vytvořeny propojené atributové tabulky a 3D modely. Distribuce výsledků byla umožněna prostřednictvím webových mapových aplikací, kde lze překrývat a porovnávat rastrové a vektorové vrstvy. Pro vybrané objekty byly vytvořeny podrobné modely zámků a jejich okolí a ty publikovány pomocí 3D mapových aplikací. V nich jsou přidány i jako „billboardy“ historické a současné fotografie pro srovnání. [3]

Na konferenci GIS a životního prostředí 2016 konaném v Českém Šternberku představili Václav David a Tereza Davidová příspěvek pojmenovaný *Rybníky na mapách v průběhu věků*. Pro rutinní zpracování byly vhodné mapy stabilního katastru a II. vojenského mapování. V roce 1781 došlo k Josefské reformě a následnému rušení rybníků, takže jediné mapy zachycující existenci rybníků před tímto obdobím byly Müllеровy mapy a mapy I. vojenského mapování. Starší mapy byly velmi málo podrobné a zachycovaly jen největší vodní plochy. Faktem bylo, že čím byla mapa starší, tím byla menší její podrobnost i přesnost, i když bylo bráno v úvahu její měřítko a rozsah území. Mapy II. vojenského mapování a novější bylo možné hned po georeferenci použít přímo k digitalizaci ploch vodních nádrží a následnému dalšímu zpracování. Starší mapy musely být analyzovány vizuálně a rybníky v nich identifikovány i s ohledem na další prostorové souvislosti. Mapy sloužily jako podklad pro vytvoření celorepublikové databáze zaniklých rybníků ČR, která může představovat jeden z podkladů pro identifikaci potenciálně obnovitelných rybníků na našem území. Příspěvek byl vytvořen na základě dvou projektů NAKI *Údržba, opravy a monitoring hrází historických rybníků jako našeho kulturního dědictví* a NAZV *Obnova a výstavba rybníků v lesních porostech jako součást udržitelného hospodaření s vodními zdroji v ČR*. [4]

Druhý ze zmíněných projektů *Obnova a výstavba rybníků ...* řešil hlavně možnost identifikace vhodných míst pro obnovu bývalých rybníků na podkladě starých map a moderních digitálních zdrojů. Byl zahájen v roce 2016 a má být ukončen tento rok (2018). Na jeho řešení se podílela pracoviště

ČVUT v Praze, Univerzity Palackého v Olomouci, Výzkumného ústavu Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví a firma Rovina. Byla vybrána povodí spadající převážně do povodí třetího řádu, které charakterizuje různá velikost, nadmořská výška a lesnatost. Využity byly mapy II. a III. vojenského mapování, československé topografické mapy z období 1953-1957 a 1988-1995, Základní mapa 1 : 10 000, ortofotosnímky, digitální model ZABAGED a DMR 5G. Nejprve byly vektorizovány rybníky nad jednotlivými mapovými sadami, kdy nejmenší vektorizovanou plochou byla plocha o velikosti 0,02 ha. Po rozdělení rybníků do 4 kategorií a výběru vodních ploch větších než 0,1 ha (je nepravděpodobná obnova menších ploch) byla vypočtena vzdálenost k nejbližší vodní ploše ze současnosti (2015) a k nejbližšímu antropogennímu prvku (zástavba, plochy rekreační a ostatní, hlavně těžební). Byly vybrány vodní plochy vycházející z map II., III. vojenského mapování nebo období 1953-57 splňující tyto podmínky: vzdálenost od současných vodních ploch byla větší než 100 metrů (eliminují se případné polohopisné chyby ze zákresu v dřívějších obdobích) a vodní plocha se nalézala v kategorii rybníky nebo přírodní nádrže. Dále musela být jejich vzdálenost od současných antropogenních ploch větší než 100 metrů a spadat do kategorie rybníky. Nakonec byl využit DMR 5G ke zjištění stavu hráze, přičemž bylo 6 kategorií stavu – u prvních tří je hráz dobře patrná, u dalších dvou jsou dochovány zbytky a u poslední nezůstaly žádné stopy. Ve výsledku bylo zřejmé, že na konci 19. století došlo k poklesu rozlohy a počtu vodních ploch ve vybraném území. V pozdějších obdobích k nárůstu rozlohy vodních ploch přispěla hlavně výstavba přehrad a rybníčních soustav. Výsledných potencionálních míst bylo v rozmezí od 6 do 61, přičemž pouze u 19 % rybníků byly v DMR 5G nalezeny dochované hráze. Bylo ale upozorněno, že stav hrází identifikovaných na modelu reliéfu je třeba ověřit přímo v terénu. [5]

K digitalizaci rastrových podkladů je možné využít nadstavbu ArcGIS ArcScan, která umožňuje automatickou nebo poloautomatickou vektorizaci. Tuto možnost využil i například Pavel Batko při vypracování své semestrální práce *Využití ArcScan při vektorizaci geomorfologické mapy Vysokých Tater*. V práci popisuje různá nastavení a možnosti nadstavby. Pro následné testování použil geomorfologickou mapu Vysokých Tater z roku 1971 a vybral jen určité území. Plochy a linie v oblasti vektorizoval jak ručně, tak pomocí ArcScan a obě metody pak porovnal. Zhodnotil, že pokud je k dispozici kvalitní rastrový podklad a uživatel se vyzná v nastavení, je ArcScan velmi dobrým pomocníkem. Ruční digitalizaci je možné použít i u nekvalitních map a zvládne ji skoro každý. [6]

Výukový materiál *Vizualizace výškopisu (nejen) v ArcGIS* vydaný Janem Miklínem obsahoval popis zdrojů výškopisných dat, jejich zpracování a nejčastější vizualizace – pomocí barevné hypsometrie, stínování, vyhlazeného stínovaného reliéfu, vrstvy perspektivy a jejich kombinací. Na závěr stručně popsal pár pokročilých metod stínování (Multidirectional Hillshade nebo Sky Model) a jiné nástroje pro vizualizaci (PyramidShader nebo TerrainSculptor). [7]

Vizualizací digitálního modelu terénu do 2D nebo 3D se zabývala publikace *3D modelování a virtuální realita* autorů Tomáše Oršuláka a Jana Paciny, která byla vytvořena v rámci projektu *Inovace geograficky orientovaných studijních oborů s cílem zvýšit míru uplatnění absolventů na trhu práce*. Díky vizualizaci se daly dodatečně nalézt chyby ve vstupních datech nebo odhalit nesprávně použitou interpolační metodu. Ve 2D bylo možné vizualizovat pomocí šedotónové nebo barevné stupnice s přidáním stínovaným reliéfem. Pro 3D vizualizaci bylo nutné vybrat správný nástroj a každé buňce rastrové nebo vektorové vrstvy přiřadit hodnotu nadmořské výšky, bez toho by se zobrazila jako placka. Pro zvýšení atraktivnosti oblasti bylo možné použít i texturu (letecký snímek, stará mapa atd.), kdy každému pixelu snímku byla přiřazena nadmořská výška z DMT. Ukazovala také několik případových studií aplikací a využití DMT. [8]

Velmi přínosná byla také výuková videa k předmětu Digitální modely terénu, které publikoval Jan Pacina v rámci projektu *OPVK Modernizace výuky technických a přírodovědných oborů na UJEP se zaměřením na problematiku ochrany životního prostředí – ENVIMOD*. Například část videa s názvem *DTM – rozšířené přednášky a cvičení (část 2)* obsahovala návod pro zpracování dat DMR 5G získaných od ČÚZK a pro vytvoření TIN. Jiné video s názvem *Tvorba animací v prostředí ArcScene (DTM – CV4)* popisovalo, jak už název napovídá, vytvoření animace v prostředí ArcScene. [9]

2 Slapská přehrada

2.1 Stručná historie regulace toku Vltavy

Vltava, nejdelší řeka České republiky pramenící na Šumavě a vlévající se v Mělníku do Labe byla již v předhistorických dobách využívána k cestování a přepravě nákladu.

Už Karel IV. se zabýval myšlenkou propojení Dunaje s Vltavou průplavem, i kvůli zefektivnění obchodu. Panovníkovo úmrtí ale práce překazilo. Myšlenkou se zabývali znovu až v 19. století, ale nakonec byla vybudována místo průplavu koněspřežná železnice z Lince do Českých Budějovic.

Pro splavnění řeky pro lodě muselo být na řece uděláno mnoho úprav. O řeku se ale bylo třeba neustále starat a udržovat ji, což mnohokrát nebylo dodrženo a práce byly nutné započít znovu a znovu.

Za vlády Ferdinanda I. byly odstraněny nejzáradnější balvany a skaliska, zřízeny nové propusti na jezech a vystavěny nové stezky pro koňské potahy, zvané navigace, které táhly lodě proti proudu. Pravidelná lodní doprava se uchytila ale pouze v úseku z Českých Budějovic do Týna nad Vltavou. V Týně dostávaly přednost odolné vory.

Největší překážkou pro lodě byly odedávna Svatojánské proudy (dříve jen Proudý či Slapy). Úsek spadal k panství Hradištko, které se stalo majetkem pražského Strahovského kláštera, a to od roku 1638. Jeho tehdejší opat Kryšpín Fuk nabídl císaři Ferdinandu III. splavnění záradných Proudů. Císař nabídku přijal. Sám Fuk Proudý několikrát projel a prozkoumal břehy. Malíř David Altmann z Eidenburgu pro něj zhotovil panoramatický nákres Vltavy a jejího bezprostředního okolí z Prahy od Karlova mostu až ke Svatojánským proudům, kde znázornil jak překážky (útesy, ostrovy, balvany), tak i vory, lodě a koňské potahy. Fuk pak dílo doplnil vysvětlivkami, komentáři současného stavu a návrhy zásahů. K vytahování kamenů používal dřevěný jeřáb s kladkostrojem. Na počest ukončených prací byl v roce 1643 na zbylém skalisku Sedlo vztyčen památník – sloup z tvrdého pískovce ukončený železným císařským orlem, s vytesanými latinskými nápisy – tzv. Ferdinandův sloup. V roce 1722 byla umístěna poblíž sloupu socha sv. Jana Nepomuckého, patrona plavců. Proudům se pak začalo říkat Svatojánské.



Obr. 2.1 Altmannovo panorama Vltavy [11]

Od roku 1724 se účastnil splavnění řeky malíř a inženýr Jan Ferdinand Schor, později pověřený vedením prací. Vynalezl nový způsob odstraňování balvanů – balvan se obehnal dřevěnou ohradou postavenou na pytlicích vyplněných jílem, z prostoru se pak vyčerpala voda a kámen bylo možné odstřelit pomocí střelného prachu. Povedlo se mu téměř vyčistit řečiště od Kamýku do Prahy a zrekonstruovat jezy. Navrhl výstavbu plavebních komor na jezích. Dvě komory byly postaveny, ale protože se v praxi neosvědčily, další již nebyly budovány.

Výrazné úpravy byly provedeny v letech 1776 až 1777, kdy mimo jiné byly budovány hrázky, které sváděly vodu do plavební dráhy, a prolomeny jezy. Z roku 1777 pochází mapa Vltavy z Českých Budějovic do Prahy, která zaznamenala regulační práce z předchozích let.

Další výrazné regulace byly provedeny až v 19. století. Byla odstraněna skrytá skaliska pod hladinou, zpevňovány břehy, nově budovány propusti. V rámci druhého vodopisného zaměrování řek Vltavy a Labe byla vyměřena první vltavská kilometráž. Nultý kilometr měla při ústí Malše do Vltavy a končila v Mělníku na soutoku Vltavy a Labe (245,8 km). Objevovaly se myšlenky vybudování soustavy vodních stupňů se zdymadly. První projekt ale nepočítal s hydroelektrárnami a stupňů bylo více jak 30. Druhý projekt již s nimi počítal a navrhoval dvanáct stupňů.

Po druhé světové válce byla změněna vltavská kilometráž. Nová byla vyměřena tak, že se počítala od Mělníka proti proudu. Vyměřování a značení v terénu bylo započato při dokončování Slapské přehrady. [10], [11], [12]

2.2 Přeprava nákladu po Vltavě

V nejstarších dobách se splavovalo výhradně dřevo po vorech. Později (16. stol.) se přepravovala sůl z Rakouska. Nejprve se dopravovala po řekách Travně a Dunaji do města Mauthausen, kde se překládala na koňské potahy, které ji převážely přes Šumavu do Českých Budějovic. Tam byla přeložena znovu na lodě, které ji dovezly dále do vnitrozemí. V následujících dobách se dopravovalo kromě soli především stavivo, tuha, obilí, ryby a různé kupecké zboží.

Díky rozvoji železnic v 19. století a vybudování tratě z Prahy do Č. Budějovic upadá lodní doprava a převáží se pouze dřevo, kámen a kamenické výrobky, občas obilí a brambor. [10], [11]

2.3 Vltavské přehrady

Na přelomu 19. a 20. století přibývalo myšlenek na splavnění středního toku Vltavy, ale spíše se jen o nich mluvilo. Téma budování přehrad bylo znovu aktuální po první světové válce a vzniku Československa. Bylo předloženo mnoho návrhů přehrad s různými výškami, typy hrází, zamýšlených na různých místech řeky.

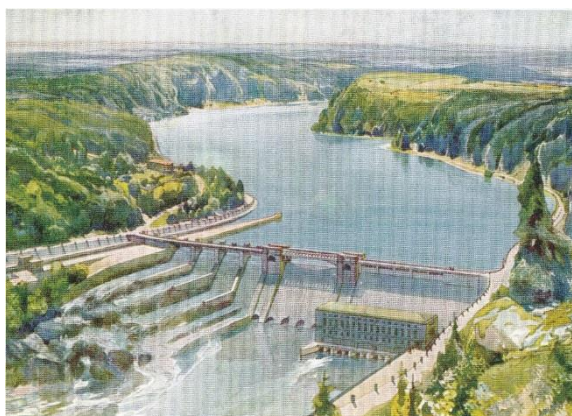
Dnes tvoří vltavskou kaskádu celkem 9 přehrad¹: Lipno I. (v nadmořské výšce 725,6 m), Lipno II. (563,4 m n. m.), Hněvkovice (370,1 m n. m.), Kořensko (353,6 m n. m.), Orlík (353,6 m n. m.), Kamýk (284,6 m n. m.), Slapy (270,6 m n. m.), Štěchovice (219,4 m n. m.) a Vrané (200,1 m n. m.).

První byla postavena přehrada ve Vraném. Výstavba byla započata v roce 1930 a do provozu byla uvedena o šest let později. Stavba Štěchovické přehrady probíhala převážně během druhé světové války a do provozu byla uvedena v roce 1944. Jejím naplněním převážně zmizely obávané Svatojánské proudy. Ostatní byly budovány mezi lety 1949–1991.

Díky jejich výstavbě došlo k mnoha změnám. Například byla ukončena voroplavba po Vltavě, došlo ke stabilizaci teploty řeky pod přehradami, bylo zničeno mnoha vesnic, osad a sídel, zanikly Svatojánské proudy a další cenná místa, musel být upraven zámek Orlík a rozebrán a znovu sestaven kostelík v Červené nad Vltavou z 12. století. Přinesly ale také možnost splavnění některých částí Vltavy, stabilizaci hladiny pro odběr vody k průmyslovým účelům a pro výrobu pitné vody. Mají několik významů: energetický, plavební, rekreační, vodárenský a ochranný před povodněmi. [11], [12]

¹ Jako nadmořské výšky přehrad byly převzaty hodnoty maximálních retenčních hladin ze stránek Povodí Vltavy [13].

2.4 Slapská přehrada



Obr. 2.2 Nerealizovaná přehrada u hotelu Záhoří [11]

Byla postavená v letech 1949–1955 necelé tři kilometry od obce Slapy. Nejvíce jejích plánů bylo vypracováno před druhou světovou válkou. Nakonec zvítězil projekt Ing. Libora Záruby – Pfeffermana, který počítal s výrobou elektrické energie, ale i s ochranou dolního toku Vltavy proti povodním. Originalita projektu tkví v tom, že tělo hráze obsahuje strojovnu elektrárny, administrativní místnosti, pomocné provozy a výpusti, přičemž po její koruně vede silnice.



Obr. 2.3 Model nerealizované přehrady [Národní technické muzeum]

Nejprve byla řeka odvedena z koryta vyvrtaným obtokovým tunelem v pravém skalnatém břehu. Následovalo vyčištění řečiště a okolních skalnatých svahů., což znamenalo odstranit 300 000 metrů krychlových materiálů. Na levém břehu byla vybudována betonárka a sídliště. Kámen, písek a cement byl dovážen po vagoněch a na stavbu přibližován lanovkami. Beton z míchaček byl nejprve pojezdovou výsypkou dopravován do košů a koše traktorem pod kabelový jeřáb.

Bylo nutné upravit i zátopovou oblast – pokácet stromy, zbourat domy a vystěhovat jejich obyvatele, přesunout některé památkové objekty jako kapličky, kříže, i Ferdinandův sloup a sochu sv. Jana Nepomuckého.



Obr. 2.4 Stavba Slap ze dne 21.7.1952 [12]

V dubnu 1954 byl nejprve obtokový tunel zahrazen plovoucím betonovým uzávěrem vážící 300 tun. Ten byl naplaven k hornímu otvoru tunelu, jeho dutiny pak vybetonovány, čímž klesl na dno a utvořil tak zátku spodní části otvoru. Zbylá část pak byla zahrazena těžkou ocelovou deskou a jezero se začalo napouštět. V červnu téhož roku přehradu neplánovaně vyzkoušela stoletá voda. Jezero nad hrází bylo naštěstí téměř prázdné. Základové výpusti ale vodu nestačily propouštět, proto se brzy voda převalila i přes nedokončenou korunu hráze, které tvoří čtyři přepadové pole, z nichž jedno v té době bylo zahrazeno. Zkouškou vodní dílo prošlo bez velké újmy a přispělo k záchraně Prahy před většími škodami. Díky povodni byla vodní nádrž naplněna prakticky během několika dnů.

Zaplaveno bylo několik obcí, osad a samot (celé nebo jen části). Ráda bych zmínila alespoň některé z nich: Královská, Ždán, Moráň, Živohošť, Ústí, Nouze, Smilovice, Oboz, Cholín, Županovice, Zvírotice Bučily, Zrůbek, Přívozec, Vestec.

Stavba byla ukončena v roce 1955 s uvedením elektrárny do zkušebního provozu. Dokončená hráz je v koruně vysoká 68 metrů (nad základy) a dlouhá 260 metrů. Kvůli časové tísni a z finančních důvodů nebylo realizováno svislé lodní zdvihadlo a stala se tak nepřekonatelnou bariérou pro plavbu vorů a parníků. Všechny lodě musely být na Slapy přivezeny po silnicích.

Na skalisko pod přehradou, které vzniklo při stavbě silnice z Třebenic k elektrárně, byl znovu umístěn Ferdinandův sloup jako symbol více jak 300letých snah o zvládnutí řeky. Nedaleko byla instalována i socha sv. Jana Nepomuckého, avšak zády k řece. V dubnu 1998 v rámci oslav 100 let svého trvání spolek Vltavan Štěchovice otočil postavu sochy (ne podstavec) a v květnu téhož roku ji znovu vysvětil.



Obr. 2.5 Vodní elektrárna Slapy [17]

V posledních letech si Slapskou přehradu oblíbili i potápěči, kteří objevují místa již zapomenutá a běžným návštěvníkům skrytá. V lednu 2007 se povedlo potápěčům z Willyteamu za pomoci místních badatelů objevit a zaměřit skalisko Sedlo, kde původně stál Ferdinandův sloup. Rozhodli se vytvořit jeho repliku, která je poloviční a vyrobena z betonu, a umístit ji na původní místo pod hladinu vody. O pár let později oslovili akademického sochaře Petra Váňu, zda by zhotovil kopii sv. Jana Nepomuckého. Nakonec bylo domluveno, že se nebude jednat o kopii, ale o naprosto odlišnou sochu zachycující Jana v okamžiku, kdy již utonulý klesá ke dnu. Socha byla spuštěna na dno v květnu 2012. [11], [12], [14], [15], [16]

3 Použitá data

3.1 Podkladová data

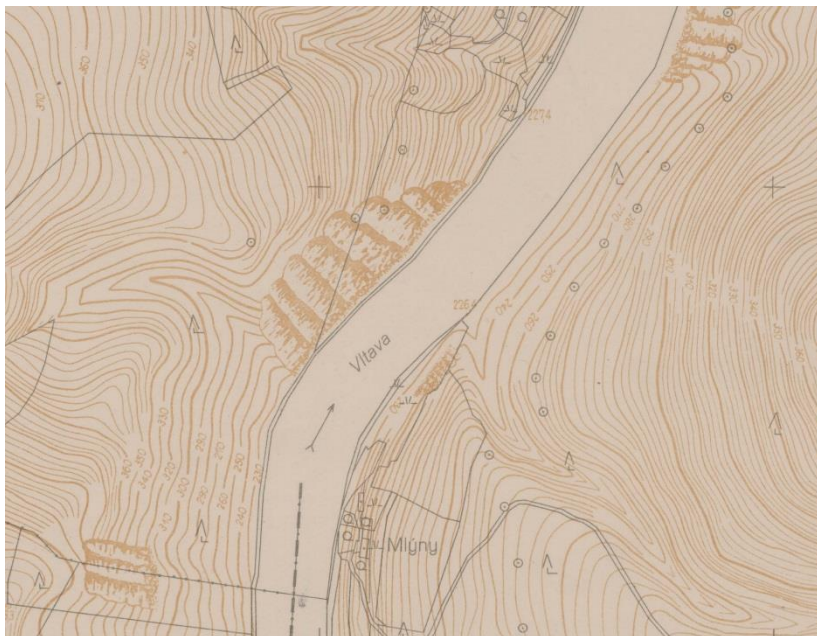
Byly využity dvě sady dat, které poskytl Český úřad zeměměřický a katastrální (ČÚZK), a to První vydání Státní mapy odvozené 1 : 5 000 (SMO-5) a Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G).

Polovina dat SMO-5 byla získána na základě Žádosti o zapůjčení dat k diplomové práci. Druhá polovina byla následně zakoupena.

Data DMR 5G byla později poskytnuta vedoucím práce v rámci projektu Ministerstva kultury NAKI DG18P02OVV037 „Vltava – proměny historické krajiny v důsledku povodní, stavby přehrad a změn ve využití území s vazbami na kulturní a společenské aktivity v okolí řeky“.

Vedoucí práce také poskytl dvacet ortofotosnímků z roku 1950 pro vizualizaci.

V práci bylo zpracováno 20 mapových listů: BENE85, BENE86, BENE87, BENE89, BENE97, BENE98, BENE99, DOBR09, DOBR19, KRAH00, KRAH01, KRAH10, KRAH11, KRAH20, KRAH21, KRAH22, KRAH31, KRAH32, KRAH33 a SEDL90.



Obr. 3.1 První vydání státní mapy odvozené 1 : 5 000 – část listu BENE98 [ČÚZK]

3.2 Popis podkladových dat

3.2.1 Státní mapa 1 : 5000 – odvozená (SMO-5)

Tato mapa byla vyhotovována počínaje rokem 1950 přepracováním z existujících mapových podkladů. Polohopis byl odvozen z katastrálních map a výškopis zejména z topografických map v systému S-1952 nebo z topografických sekcí 3. vojenského mapování. Veřejnosti byla až do roku 1990 zapovězena, směla se používat pouze pro vnitřní potřebu státu, sloužila hlavně pro projekční účely. Souvisle pokrývala celé území ČR.

Pro její tvorbu bylo použito obecné kuželové konformní zobrazení na Besselově elipsoidu (takzvané Křovákovo zobrazení) se souřadnicovým systémem jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK). Nadmořské výšky byly udávány ve výškovém systému baltském po vyrovnání. Každý mapový list zobrazoval území o velikosti 2,5 x 2 km.

Obsahovala polohopis, výškopis, popis a mimorámové údaje. Polohopis zobrazoval sídla, dopravní síť, vodstvo, lesy, správní hranice atd. Výškopis byl znázorněn pomocí vrstevnic, výškových kót, v případě potřeby technickým nebo topografickým šrafováním a značkami terénních stupňů a skal. Barevně byl polohopis znázorněn šedivě a výškopis hnědě. Předmětem popisu byla místní a pomístní jména, druhová označení a čísla bodů polohového bodového pole. Součástí mimorámových údajů byly údaje o souřadnicovém a výškovém systému, označení mapového listu a sousedních mapových listů, okrajové náčrtky, měřítko mapy, tirážní a další údaje.

Přesnost SMO-5 byla závislá na přesnosti a kvalitě použitých podkladů. Od roku 2002 byla nahrazována Státní mapou 1 : 5 000 zpracovanou digitální metodou.

I když tvorba map SMO-5 měla být jen dočasným řešením, jsou hojně užívány dodnes, a to i přes fakt, že svým obsahem, přesností polohopisu a výškopisu neodpovídá současným požadavkům kladeným na mapy. Základními nedostatky jsou: nesoulad polohopisu s aktuálním stavem a jeho nehomogenita z hlediska přesnosti, interval základních vrstevnic není jednotný a nedostatečně vyjadřuje výškové poměry hlavně v rovinatých územích, u popisu není zohledněno standardizované názvosloví ZM, často chybí významné místní popisy usnadňující orientaci v prostoru (např. názvy ulic) a obsah a grafická forma je často poplatná výchozím podkladům a technologickému vybavení zpracovatelských organizací. [18], [19], [20]

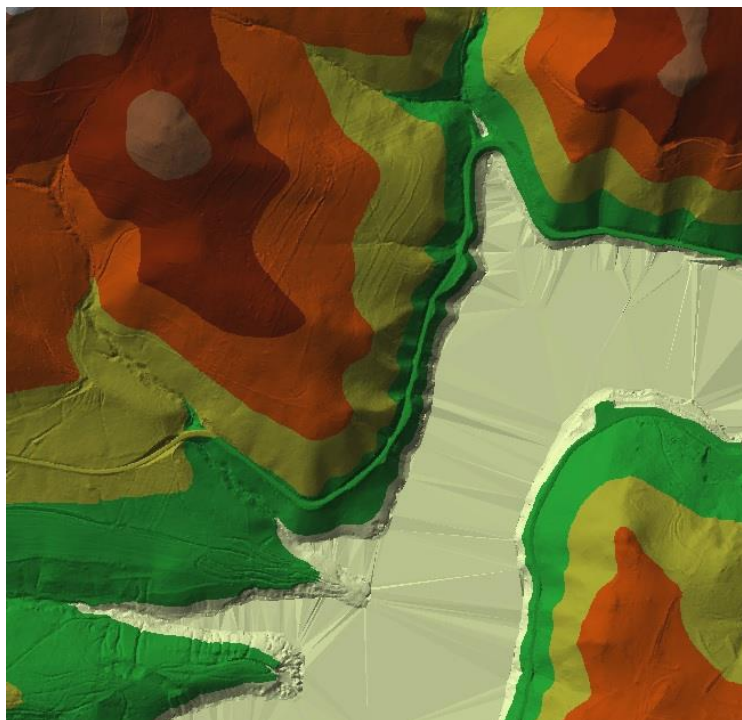
3.2.2 Digitální model reliéfu ČR 5. generace (DMR 5G)

Tento model představuje zobrazení přirozeného nebo lidskou činností upraveného zemského povrchu v digitálním tvaru ve formě výšek diskrétních bodů v nepravidelné trojúhelníkové síti (TIN) bodů. Body jsou vyjádřeny souřadnicemi X, Y, H, kde X, Y reprezentují souřadnice v souřadnicovém systému S-JTSK a H nadmořskou výšku v systému Balt po vyrovnání s úplnou střední chybou výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu. Data jsou ukládána tak, že odpovídají kladu listů Státní mapy 1 : 5 000, a jsou ukládána v textovém formátu.

Model vznikl z dat leteckého laserového skenování výškopisu z let 2009 až 2013. Data byla nejprve automaticky filtrována, manuálně překontrolována, následně byly vybírány reprezentativní výškové body v zemědělsky obhospodařovaných oblastech (v síti čtverců 5 x 5 m) a v ostatních areálech (v síti čtverců 1 x 1 m), kdy se získala množina nerovnoměrně rozložených skutečně měřených bodů reliéfu a odstranily se nežádoucí lokální nerovnosti. Tam, kde nebyla naměřena žádná data (vodní plochy, v husté vegetaci), byly z blízkých výškových bodů interpolovány body reprezentující výšku v tomto místě. Nakonec bylo ještě mračno bodů zředěno.

Pro ověření charakteristiky přesnosti a kvality dat byly využity 3 zdroje dat: soubory kontrolních bodů na komparačních základnách, výšky vybraných bodů základního polohového bodového pole (ZPBP) a kontrolní geodetická měření. Z této zkoušky tedy vyplynulo, že úplná střední chyba výšky v terénu bez souvislé vegetace a zástavby má hodnotu 0,18 m a v terénu pokrytém hustou vegetací 0,3 m. Pokud by se vyskytly větší lokální chyby, neměly by překročit dvojnásobek úplné střední chyby.

Je především určen pro zpracování dat lokálního charakteru a rozsahu (při projektování pozemkových úprav, plánování a projektování dopravních staveb atd.) a je to základní zdrojová databáze pro tvorbu vrstevnic použitých u map velkých měřítek a počítačové vizualizace výškopisu vysoké úrovně podrobnosti. Při jeho používání je nutné brát v potaz, že se reliéf terénu mohl během let změnit, a to kvůli působení přírodních jevů nebo lidské činnosti. [18], [21]



Obr. 3.2 TIN vytvořený z dat DMR 5G

4 Zpracování dat

Ke zpracování dat bylo použito prostředí ArcMap programu ArcGIS 10.3 for Desktop. Nejprve bylo nastaveno prostředí ArcMap, všechny mapové listy SMO-5 byly georeferencovány a byla z nich vytvořena mozaika. Následovalo barevné upravení mapových listů, vektorizace výškopisu a břehu řek. Nakonec byl ze zdigitalizovaných dat vytvořen model terénu.

4.1 Příprava prostředí

V první řadě byly po založení projektu nastaveny relativní cesty v záložce *Map Dokument Properties*. Přednastavené jsou totiž cesty absolutní, což znamená, že se uchovává přesná cesta k datům. Pokud projekt s daty zkopírujeme na USB flash disk nebo jiné zařízení bez změny adresářové struktury a budeme ho chtít například otevřít na jiném počítači, nastavené relativní cesty zajistí bezproblémové otevření.

Při otevření záložky *View – Data Frame Properties – Coordinate System* byl nastaven souřadnicový systém *S-JTSK Krovak EastNorth* (EPSG kód 5514).

Aby se rastr zobrazil při nahrání do ArcMap v originálních barvách, bylo nutné v záložce *Customize – ArcMap Options – Raster – Raster Layer* nastavit *Stretch Type – none* a zrušit zaškrtnutí pole *Apply Gamma Stretch*.

4.2 Georeferencování mapových podkladů

První vydání SMO-5 poskytuje ČÚZK ve formátu JPG. Všechny 20 listů bylo nahráno do prostředí ArcMap pomocí funkce *Add Data*. Pro jejich georeferencování bylo potřeba přidat klad mapových listů SM 5, který je možné stáhnout z geoportálu ČÚZK ve variantách .dgn/ .dxf/ .shp. Každému listu SM 5 bylo nastaveno zobrazení jeho pojmenování, dále nevybarvení ploch a byla změněna tloušťka a barva linií. Pro následující snadnější práci byla ještě vytvořena záložka (Bookmark) s vybraným kladem SM 5.

Georeference listů byla provedena postupně, kdy identické body byly voleny přímo v rozích listů, a tak na každý mapový list připadly čtyři identické body. Ty byly vkládány pomocí *Add Control Points* tak, že nejprve byl vybrán bod na rastru a pak roh příslušného kladu. V tabulce identických bodů byla sledována hodnota *Total RMS Error*, která udává výslednou střední kvadratickou chybu transformace. Její velikost nepřekročila hodnotu jednoho metru. Po ukončení sběru bodů byla změněna transformace na projektivní transformaci. U všech mapových listů byla po transformaci uložena tabulka identických bodů do textového souboru a uložení proběhlé operace bylo dokončeno kliknutím na funkci *Update Georeferencing*.

S ukončeným georeferencováním jednoho rastru se vytvořily nové stejnojmenné soubory s odlišnými koncovkami. Soubor s koncovkou JGWX se zakládá, pokud je použita jiná transformace než afinní, a obsahuje 6 základních parametrů provedené transformace (1. velikost pixelu ve směru osy x, 2. první rotace okolo osy y, 3. druhá rotace okolo osy x, 4. záporná velikost pixelu ve směru osy y, 5. souřadnice x středu levého horního pixelu a 6. souřadnice y středu levého horního pixelu). Soubor s koncovkou AUX obsahuje informace o přiřazeném souřadnicovém systému a další informace o transformaci, pokud není afinní. Obsah těchto souborů byl využit v dalším zpracování. [22], [26]

4.2.1 Projektivní transformace

Tato transformace je řazena do skupiny 2D lineárních transformací, kam mimo jiné patří i shodnostní, podobnostní, afinní a 5-prvková afinní transformace. Někdy je nazývána také jako kolineární a od ostatních se liší tím, že nepatří mezi konformní. Při převedení přímků z jednoho do druhého systému nezachovává jejich rovnoběžnost. V rovnicích se vyskytuje 8 neznámých parametrů (a-h), pro jejichž vyřešení je nutné znát alespoň 4 identické body (tzn. 8 souřadnic) v obou soustavách. Pokud je použito více identických bodů, dojde k vyrovnání pomocí metody nejmenších čtverců (MNČ). Využívá se hlavně při transformaci historických map přímo na rohy mapového listu (4 identické body), kdy dojde ke ztotožnění na těchto bodech. Dále se uplatňuje ve fotogrametrii.

Transformační rovnice: $X = \frac{ax+by+c}{gx+hy+1},$

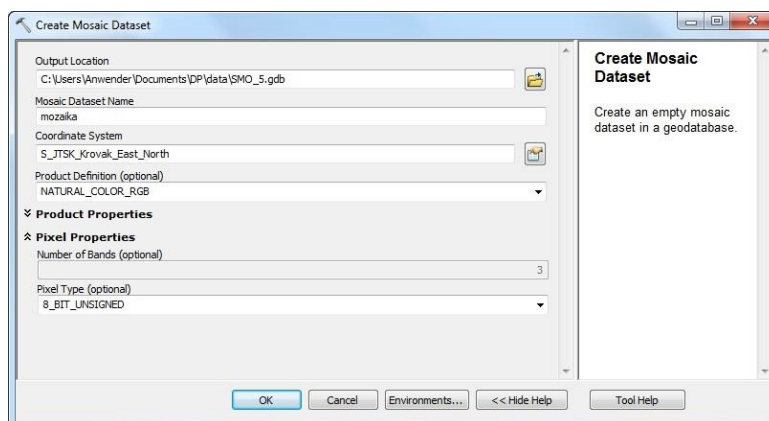
$$Y = \frac{dx+ey+f}{gx+hy+1},$$

kde X, Y jsou souřadnice výstupního systému, x, y, souřadnice vstupního systému, a, b, c, d, e, f, g, h jsou neznámé parametry. [23]

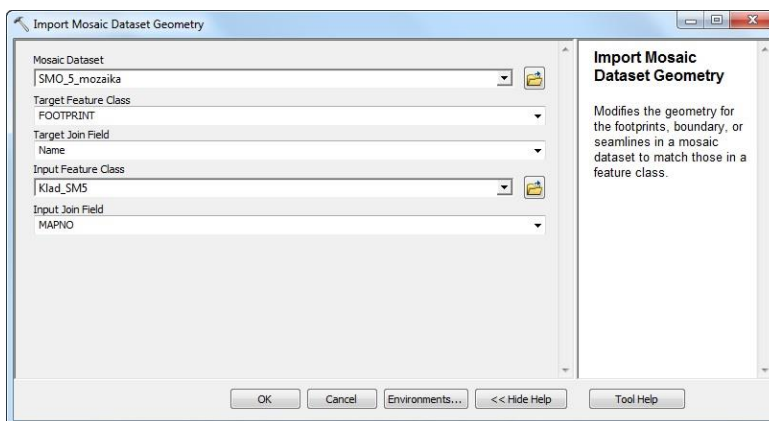
4.3 Tvorba bezešvé mapy

Umístěné listy prvního vydání SMO-5 byly spojeny do jednoho celku pomocí mozaiky.

Po vytvoření geodatabáze byla použita funkce *Create Mosaic Dataset* (viz obrázek 4.1) pro vytvoření mozaiky. Rastry do mozaiky byly vloženy pomocí funkce *Add Rasters To Mosaic Dataset*. Byla zvolena mozaika, typ rastru *Raster Dataset*, typ vstupních dat *Dataset* a byly vloženy všechny zdrojové rastry. Protože ještě nebyly ořezány mimorámové údaje, byla použita další funkce *Import Mosaic Dataset Geometry* (viz obrázek 4.2), pomocí níž byla změněna geometrie *Footprint*, která kopírovala jednotlivé listy, na geometrii kladu SM 5.



Obr. 4.1 Vytvoření mozaiky



Obr. 4.2 Definování geometrie mozaiky

Protože mozaika obsahuje mnoho dat a špatně se načítá, byly jí upraveny tyto vlastnosti. Nejprve byla zavřena v prostředí ArcMap. Po poklepaní pravým tlačítkem na mozaiku v okně katalogu a otevření jejích vlastností bylo zvýšeno číslo maximálního počtu rastrů na mozaiku z přednastavené hodnoty 20 na 100 a při otevření páru teček na řádku *Allowed Mosaic Methods* byla změněna přednastavená metoda *North-West* na *Lock Raster*. V této chvíli byla mozaika znovu přidána do projektu a byla otevřena její atributová tabulka. Aby se celá mozaika načítala i při větším oddálení, byla nastavena celému sloupci *MaxPS* hodnota 500. Dále byly změněny hodnoty ve sloupcích *LowPS* (na 0) a *HighPS* (na 20). Tyto hodnoty jsou generovány ze zdrojových rastrů a používají se k definování rozsahu velikosti pixelů obsahující rastry. [26]

4.4 Příprava rastrů pro vektorizaci

K vektorizaci rastrů bude použita nadstavba ArcMap, funkce ArcScan. ArcScan umí pracovat pouze s rastry v booleovském tvaru, kdy jsou pixely rozděleny do hodnot 0 a 1, proto je nutné rastry nejprve přebarvit. K tomu byl použit program IrfanView.

4.4.1 IrfanView

Program IrfanView je prohlížečem obrázků poskytovaným pro nekomerční a vzdělávací účely zdarma. Je velmi rychlý, malý a kompaktní, spustitelný pod Windows. Mimo jiné dokáže přehrávat i zvuky a videa. Tvůrcem tohoto programu je Irfan Skiljan. [24]

Jeho hlavní výhody jsou:

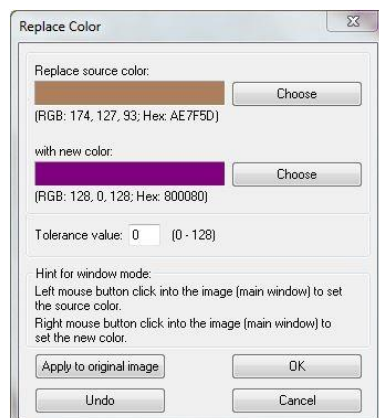
- podporuje mnoho grafických formátů,
- je přeložen do mnoha jazyků,
- umí vytvářet fotoalba z fotografií,
- umí využít filtry určené pro Adobe Photoshop,
- umí měnit počet barev,
- umožňuje hromadnou konverzi grafických formátů,
- a další.

4.4.2 Přebarvení rastrů

Převedení do černé a bílé barvy bylo nutné udělat u všech dvaceti mapových listů prvního vydání SMO-5. Bylo provedeno postupně pro každý list zvlášť v několika krocích.

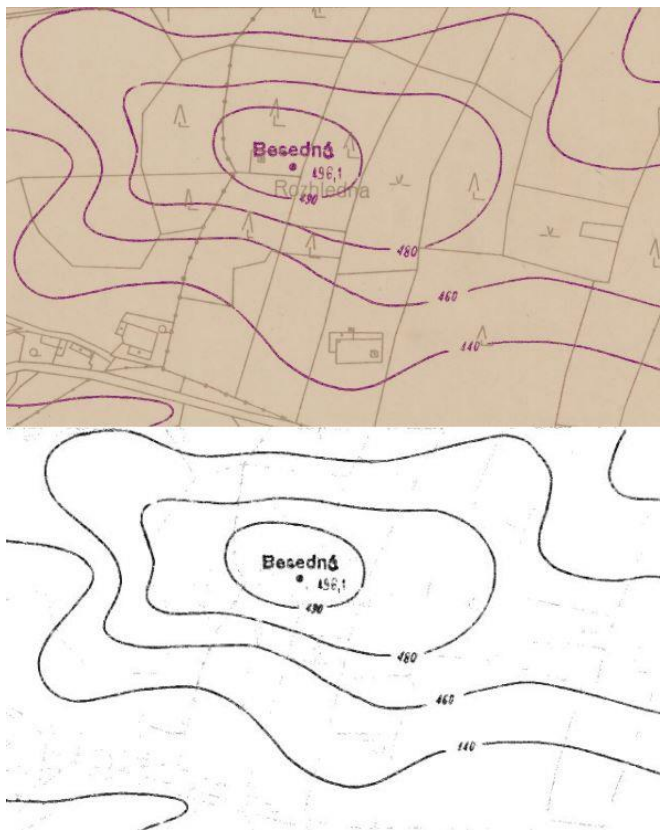
Veškeré použité funkce se nalézají v záložce *Obrázek*. Nejprve byla snížena barevná hloubka na 16 barev.

Následovalo přiřazení odlišné barvy pixelům, které znázorňují výškopisné prvky, tzn. vrstevnice a výškové kóty. Tyto pixely se jeví jako hnědé. Hodnoty pixelů v barvovém systému RGB byly snímány přímo z obrazovky. Při podržení levého tlačítka myši na zkoumaném objektu se zobrazila hodnota RGB na modré horní liště okna IrfanView. Tato hodnota byla následně použita ve funkci *Nahradit barvu (Replace Color)* v kolonce *Nahradit původní barvu*. Nová barva byla vybrána ze vzorníku. Postup nahrazení barev se i několikrát opakoval, dokud obarvení nebylo dostatečné.



Obr. 4.3 Nahrazení barev

V dalším kroku byla znovu snížena barevná hloubka, tentokrát na 2 barvy. Vznikl tak černobílý rastr. Výsledek byl uložen ve formátu *PNG*.



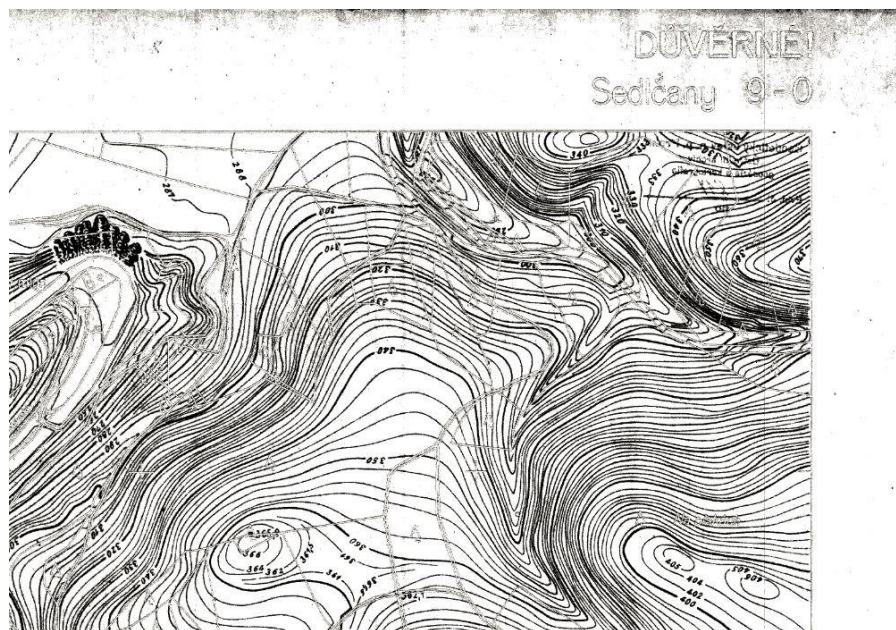
Obr. 4.4 Nahrazení barev a výsledný přebarvený rastr

4.4.3 Problémy při přebarvování

Nevýhodou přebarvování popsáním způsobem je, že se nedá udělat hromadně a získávání hodnot pixelů je časově náročné. Každý rastr je jinak barevný a má odlišné hodnoty pixelů zájmových objektů.

U některých rastrů nastával problém při závěrečném snížení barev na 2 barvy, kdy při obarvení pouze hnědých objektů se do černé barvy převedly i hranice katastrální mapy. Pokud hranice neobsahovaly hnědou barvu, řešila jsem tento problém tak, že jsem pixely hranic přebarvila na bílou nebo podkladovou barvu ještě před snížením barev a až pak jsem spustila poslední krok.

Častěji ale hranice hnědou barvu obsahovaly. Bohužel ji obsahovaly i objekty, které při vektorizaci nevyužijeme. Jednalo se kromě katastrální mapy například o názvy kopců, mimorámové údaje a značky skal (viz obrázky 4.4 a 4.5). Tento problém nebylo možné vyřešit v programu IrfanView, ale až v ArcMapu pomocí nadstavby ArcScan.



Obr. 4.5 Problémy při získávání dvoubarevného rastru

4.4.4 Umístění a reklasifikace rastrů

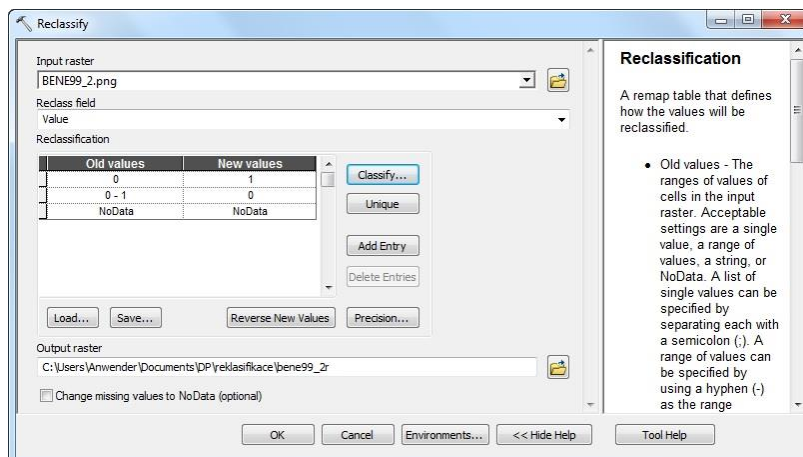
Dvoubarevné rastry při nahrání do projektu nebyly umístěny v souřadnicovém systému. Aby se nemusely znovu všechny georeferencovat, zvolila jsem následující postup.

Vybrala jsem rastr, který stále obsahoval rám, mimorámové údaje atd. Georeferencovala jsem ho po vzoru kapitoly 5.2 na 4 rohy rámu a uložila. Vytvořily se tak dva soubory s koncovkami *.PGWX* a *.PNG.AUX*. Tyto dva soubory jsem několikrát překopírovala a přejmenovala podle jednotlivých názvů mapových listů. Následovalo nahrazení obsahu těchto souborů výsledky z georeferencování mapových listů v kapitole 4.2. U souboru *.PGWX* byl nahrazen celý obsah 6ti prvků transformace a u druhého souboru jen část, která se zabývá projektivní transformací a souřadnicovým systémem.

V dalším kroku byly všechny černobílé rastry přidány do projektu a nad každým byla spuštěna funkce *Reclassify*.

Reklasifikací byla umožněna manipulace s atributovými hodnotami rastrů. Podstatou této operace je přeřazení, přeskupení hodnot atributů uložených v jednotlivých buňkách rastru do nových kategorií na základě východiskové hodnoty a stanovených hranic minima a maxima pro nové kategorie. Může se jednat buď jen o vytvoření nové škály hodnot, nebo o přiřazení nového atributu, pokud každé původní kategorii (nebo intervalu) odpovídá nějaká hodnota z nové škály. [25]

V mém případě byly reklasifikací rastru přiřazeny tyto barvy: hodnotám 0 bílá barva a hodnotám 1 černá.



Obr. 4.6 Dialog reklasifikace rastru

4.5 ArcScan

Důležitým pomocníkem při vektorizaci rastrů je nadstavba ArcScan. V této kapitole bych popsala funkce, které obsahuje jeho pracovní lišta. Nástroje a funkce použité při vypracování diplomové práce budou uvedeny v následující kapitole 4.6 i s podmínkami, které předcházely aktivaci lišty. Při řešení této části bylo čerpáno, pokud není řečeno jinak, hlavně z těchto zdrojů: [6], [26], [27].

4.5.1 Čištění

Lišta ArcScan skrývá několik funkcí pro čištění rastrů. Zpřístupní se vstupem do záložky *Raster Cleanup* a zvolením položky *Start Cleanup*. Vždy po provedení části úprav je lepší je uložit a na konci kliknout na *Stop Cleanup*.

Raster Painting Toolbar



Panel nástrojů *Raster Painting* je velmi podobný panelu v programu *Malování* a obsahuje několik kreslicích a mazacích nástrojů.

- **Štětec:** Při použití štětce je možné nastavit i jeho velikost, přičemž nejmenší možná je velikost jednoho pixelu.
- **Výplň:** Umožňuje vyplnit oblast nebo objekt aktuální barvou popředí.
- **Linie:** Tímto nástrojem lze kreslit úsečky nebo vícebodové čáry. Kresba se ukončí dvojitým kliknutím. Lze vybrat různé tloušťky čar.
- **Obdélník:** Kliknutím a přetáhnutím rámečku se definuje rozsah obdélníku a uvolněním tlačítka myši se vytvoří.

- **Polygon:** Postupným klikáním se vytvoří rohy mnohoúhelníku a dvojitým kliknutím se výkres dokončí.
- **Elipsa:** Kliknutím a přetažením rámečku se definuje rozsah elipsy a uvolněním tlačítka myši se elipsa vytvoří.
- **Guma:** Vymaže kliknutím buňky rastru nebo kliknutím a přetažením větší oblasti. Buňky získají barvu pozadí. I u tohoto nástroje lze vybrat velikost.
- **Výměna popředí/pozadí:** Tímto tlačítkem lze přepnout barvy popředí a pozadí. Kreslicí nástroje vytvářející buňky v popředí se díky tomuto tlačítku dají použít i pro vymazání nebo přepsání buněk. Naopak nástroj guma může být použit podobně jako štětec, protože bude malovat buňky v popředí, a ne v pozadí.
- **Magic Erase:** Umožňuje odstranění velkého počtu rastrových buněk najednou, přesněji spojených buněk. Buňky se definují přímým kliknutím na skupinu nebo přetažením rámečku a vyplní se barvou pozadí.

Select Connected Cells



Tento nástroj slouží k vybrání spojitých rastrových buněk. Výběr se provede kliknutím nebo přetažením rámečku přes buňky a označí se modře. Lze s ním udělat několik operací: uložit do nové rastrové vrstvy, vymazat jeho obsah nebo, pokud jsou to buňky z pozadí, obarvit barvou popředí.

Find Connected Cell Area



Po kliknutí na kteroukoliv buňku nežádoucího shluku, jako například texty nebo čísla, se zobrazí dialogové okno pro výběr spojitých buněk. Je nutné si vybrat několik možností:

- metodu spojitosti/nespojivosti vzhledem ke vzájemné pozici jednotlivých pixelů,
- výběr probíhá z popředí/pozadí,
- výběr je s větším/menším počtem pixelů, než je definováno,
- počet pixelů ve shluku,
- operátor selekce.

Spuštěním se vyberou shluky odpovídající zadaným požadavkům. Dalším krokem je otevření záložky *Raster Cleanup* a zvolení funkce *Erase Selected Cells*.

Morfologické operace

Matematická morfologie vychází z vlastností bodových množin původně aplikovatelná na binární obrazy, později i na šedo-tónové a barevné obrazy. Morfologické operace se používají například pro odstranění šumu, zjednodušení tvaru objektů, ztenčování/zesilování struktury objektů apod. Pro morfologické operace je společná podmínka zadání počtu pixelů v rozsahu 0,5 až 500. [28], [29]

- **Erosion (eroze):** Zjednoduší strukturu objektů neboli sníží počet pixelů v popředí. Pokud je nastavena příliš vysoká hodnota, mohou být vymazány všechny prvky.
- **Dilation (dilatace):** Používá se k zaplnění děr nebo zálivů v objektech. Zvýší počet pixelů v popředí a zvětší původní velikost.
- **Opening (otevření):** Je to kombinace předešlých dvou operací. Eroze je následovaná dilatací. Slouží k vymazání tenkých čar a odstranění malých detailů.
- **Closing (uzavření):** Vznikla také kombinací prvních dvou operací. Dilatace je následovaná erozí. Spojí objekty, které jsou blízko u sebe, zaplní malé díry a zálivy.

4.5.2 Nastavení vektorizace



První okno slouží k výběru vektorizovaného listu.

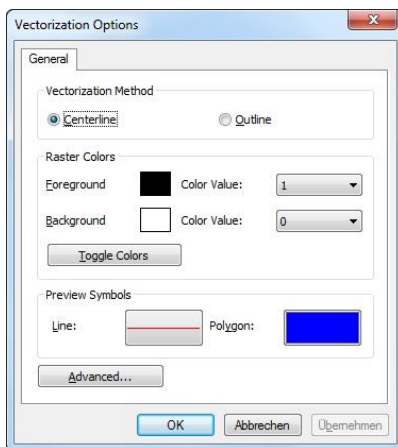
Při rozkliknutí druhé ikony se zobrazí tabulka pro vyplnění parametrů rastrového přichytávání. Může se zde určit barva popředí a pozadí (systém sám přiřadí symbolům s méně pixely barvu popředí) a zadat několik hodnot:

- pro přichytávání na linii, kde je šířka rovna nebo menší zadané hodnotě,
- minimálního a maximálního průměru kruhového tvaru tělesa,
- velikosti mezer ignorovaných při generování vektoru.



Obr. 4.7 Nastavení rastrového přichytávání

Následující záložka obsahuje nastavení parametrů vektorizace. V možnostech vektorizace se zvolí metoda vektorizace po obvodu buňky nebo jejím středem, jaká buňka má hodnotu 1 nebo 0 a vzhled výstupních vrstev.

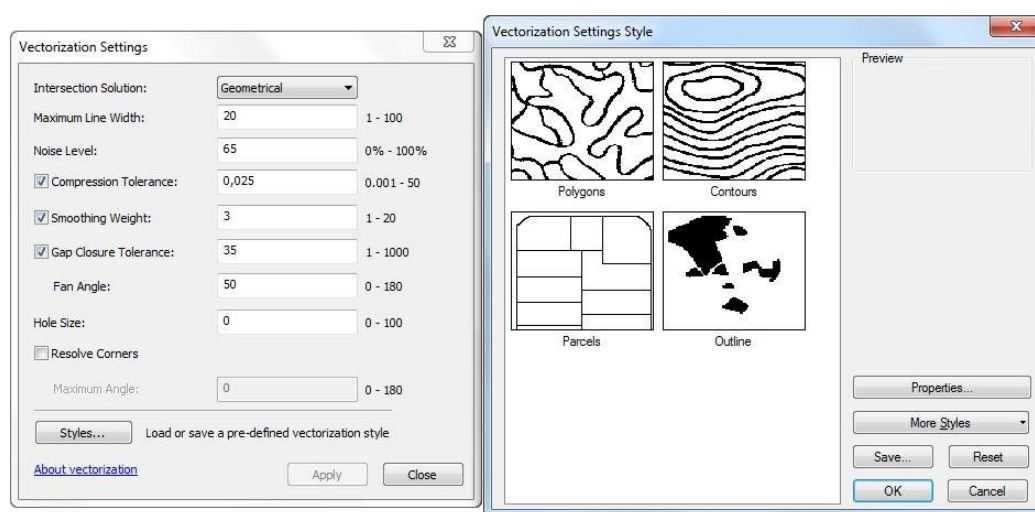


Obr. 4.8 Možnosti vektorizace

Nejdůležitějším krokem je nastavení vektorizace. Určuje, která data se budou moci vektorizovat a jak bude konstruována geometrie výstupních dat. Lze použít přednastavené styly nebo si nastavit vlastní hodnoty. Jak budou provedené změny vypadat může člověk vidět okamžitě po stisknutí tlačítka *Použít* a aktivací *Show Preview*. Mezi přednastavené styly patří Polygony, Vrstevnice, Parcely a Obrys. Po zvolení některého ze stylů se vyplní hodnotami tato nastavení:

- řešení průsečíků (geometrická/mediánová/žádná),
- maximální šířky linie,

- komprese,
- míry vyhlazení vektoru,
- velikosti mezer ve vektorizovaném území,
- velikosti úhlu pro nalezení navazující linie za mezerou,
- velikosti mezer ignorovaných v rastru,
- zacházení s rohy.



Obr. 4.9 Nastavení automatické vektorizace

4.6 Vektorizace

Jak už bylo řečeno, k vektorizaci rastrů byla využita nadstavba ArcScan, která umožňuje plně automatickou nebo poloautomatickou práci.

4.6.1 Příprava pro práci v ArcScan

Aby bylo možné vůbec začít pracovat na vektorizaci, bylo nutné provést několik nastavení a založit důležitý soubor. Jak už bylo řečeno, ArcScan pracuje pouze s dvoubarevnými rastry. Ty už máme připravené.

Nejprve bylo nutné povolit použití nadstavby v záložce *Customize – Extensions*. Tento krok je potřeba opakovat při každém spuštění ArcMap. Pro přidání lišty ArcScan bylo ťuknuto pravým tlačítkem myši v okně nad hlavním panelem nástrojů a byla vybrána možnost ArcScan. Tento krok je uskutečnitelný i přes záložku *Customize – Toolbars*.

Dále musel být založen soubor, do kterého byl zaznamenáván vektor. Byl vytvořen liniový soubor typu *Shapefile* v souřadnicovém systému S-JTSK, do něhož byly digitalizovány vrstevnice. V jeho atributové tabulce pak byly vytvořeny dva sloupce. Do prvního byla vkládána nadmořská výška jednotlivých vrstevnic a do druhého vypočtena jejich délka.

Ještě nás zajímá vektorizace výškových kót, proto byl vytvořen bodový *Shapefile* ve stejném souřadnicovém systému a v jeho atributové tabulce vytvořen sloupec pro zápis nadmořské výšky.

V tuto chvíli ještě není lišta ArcScan aktivní. Pro její aktivaci je zapotřebí zapnout editaci liniového souboru.

4.6.2 Úprava rastrů

Jak už bylo řečeno v kapitole 5.4.3, rastry obsahují objekty, které nejsou v zájmu výsledné vektorizace. Možnosti poskytující *Raster Painting Toolbar* byly vyzkoušeny. Uplatnily se při malých změnách, například při vymazávání názvů nebo kót, ale celé mapové listy se s nimi čistit nedají, protože se jedná o operaci časově náročnou. Nástroj *Select Connected Cells* byl využit pro rychlé odstranění zbytků mimorámových údajů. Rychlejší čištění listu poskytují morfologické operace. Každý list má jiné potřeby, takže nebyly využity totožné operace, ale vždy byla nastavena podmínka zadání počtu pixelů v minimálních hodnotách.

Problémy

Pro následnou vektorizaci vrstevnic není vhodné nechávat v mapových listech čísla, kóty a skály. Jejich rychlou selekci slibuje funkce *Find Connected Cell Area*. Bohužel i při nastavení různých parametrů a počtu pixelů ve shluku, se vždy našlo několik částí vrstevnic, které splňovaly nastavená kritéria. Proto bylo rychlejší použít gumu.

Osvědčila se i metoda ponechání čísel, kót a skal a proběhnutí vektorizace s nimi. Následně pak byly nežádoucí části postupně označeny přetažením rámečku a vymazány pomocí tlačítka *Delete*.

4.6.3 Samotná vektorizace

Automatická

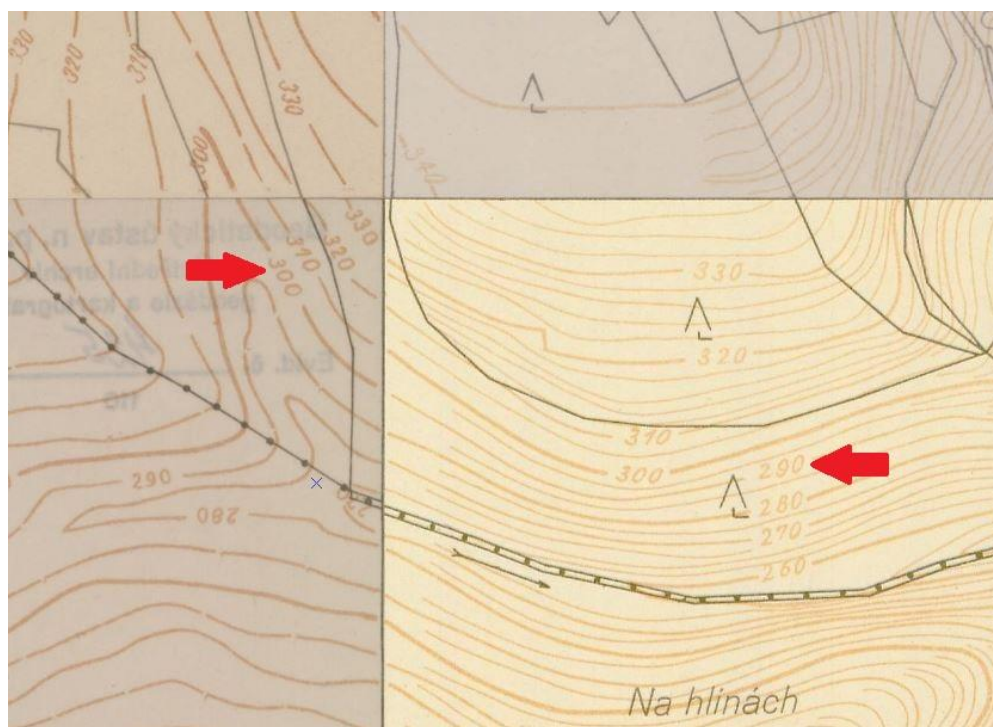
Při nastavení vektorizace byl využit styl *Vrstevnice* a následně byly zadávány různé hodnoty mezer a úhlů. Nastavení byla pro jednotlivé listy různá, protože, jak už bylo řečeno, listy se liší obsahem. Příkladem nastavení je obrázek 4.9 v kapitole 4.5.2. Pro konečnou vektorizaci byla použita možnost *Generate Features*. Následně byla editace liniové vrstvy uložena v záložce *Editor*.

Problémy při automatické vektorizaci

I přes různá nastavení velikosti mezer, děr a úhlů, se nepodařilo jednotlivé vrstevnice zvektorizovat v celku, ale byly vždy rozdělené na několik kousků (př. 20). Tyto kousky byly ještě různě oddělené mezerami. Pro doplnění těchto kousků byla použita ruční vektorizace, neboli byly doklikány pomocí myši. Ještě před ní byly ostrůvky vrstevnic spojeny pomocí funkce *Merge* a do atributové tabulky byla doplněna příslušná nadmořská výška. Toto přiřazování neslo také mnoho problémů. Některé mapové listy obsahovaly špatně očíslované vrstevnice nebo je očíslované vůbec neměly. V obou případech byly výšky přebírány z vrstevnic okolních mapových listů nebo byla jejich výška odhadnuta ze sousedních vrstevnic. Tyto problémy je možno vidět na následujících obrázcích.




Obr. 4.10 Ukázka č. 1 špatně očíslovaných vrstevnic (vlevo – vznikl by hřbol, vpravo – vznikla by prohlubeň)



Obr. 4.11 Ukázka č. 2 špatně očíslovaných vrstevnic (vrstevnice na pravém dolním listu mají posunutá číselní)

Poloautomatická

Lišta ArcScan nabízí i poloautomatickou vektorizaci. K tomu slouží dvě ikony . Pro jejich aktivaci je nutné v záložce *Create Features* zvolit třídu prvků pro editaci.

První z nich se nazývá *Vectorization Trace*. Nástroj vyhledává spojitě rastrové buňky. Umístí se kliknutím na vhodné počáteční místo linie a šipka se nasměruje směrem pokračování linie. Dalším kliknutím se spustí vektorizace, přičemž automaticky sleduje střed rastrových buněk. Pokud narazí na konec spojitě části, umožňuje přidat i bod ručně, a to stisknutím klávesy *S*. Aby nástroj pokračoval delší dobu, nastaví se v tabulce parametrů rastrového přichytávání jiná hodnota než nula u položky mezer ignorovaných při generování vektoru. Proces se ukončí klávesou *F2* nebo při kliknutí pravým tlačítkem výběrem *Finish Sketch*.

Druhá ikona zastupuje nástroj *Vectorization Trace Between Points*. Funguje stejně jako předešlý, jen se definuje kliknutím počáteční a cílový bod. [26]

Oba nástroje byly vyzkoušeny, ale kvůli kvalitě podkladu byla nejvíce používána automatická a ruční vektorizace.

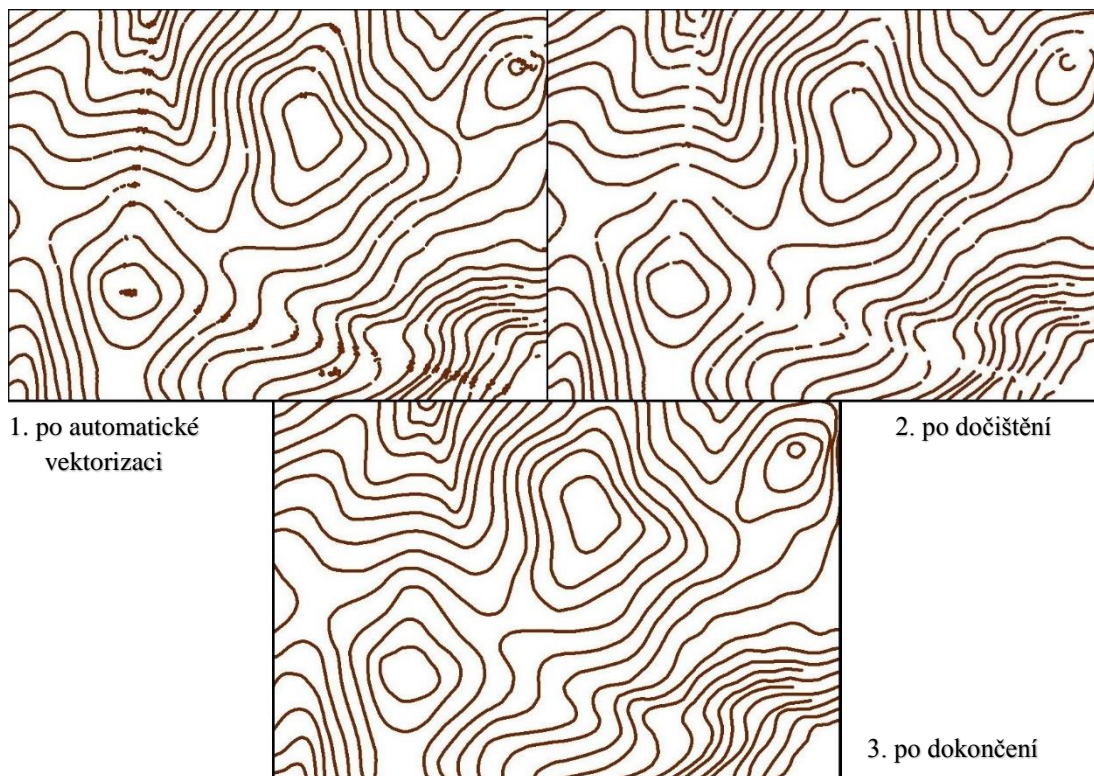
Ruční

Tato možnost poskytuje větší kontrolu nad procesem vektorizace. Dají se s ní digitalizovat celé mapové listy a vynechat tak automatický proces. Výhodou je možnost použití originálního snímku bez nutnosti jeho úpravy do podoby dvoubarevného rastru.

V této práci byla využita pouze pro doplnění mezer mezi částmi vrstevnic vektorizovaných automaticky a pro vložení výškových kót do bodové vrstvy. Byly vyzkoušeny dva postupy, jak získat vektorovou vrstvu pomocí myši.

1. Po zapnutí editace v panelu *Editor* byla v záložce *Create Features* zvolena třída prvků, která měla být editována, a poté v panelu *Construction Tools* byl vybrán nástroj vektorizace. Pro digitalizaci vrstevnic byla zvolena linie a pro vytvoření kóty vložení bodu.
2. Vrstevnice bylo možné digitalizovat funkcí *Vectorization Trace*, přičemž při určování bodů linie bylo stisknuto tlačítko *S*.

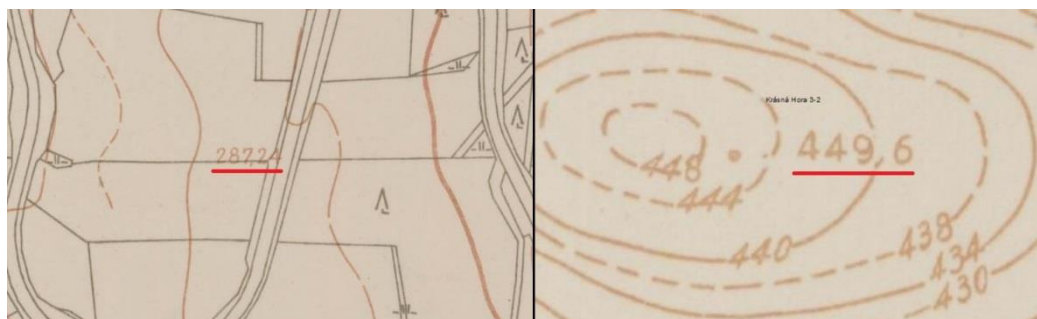
Vždy při vložení bodu kóty byla ihned zapisována do atributové tabulky její nadmořská výška. Ručně digitalizované části vrstevnic byly spojeny pomocí funkce *Merge* s částmi již spojenými po automatické vektorizaci. Po několika krocích byla editace ukládána.



Obr. 4.12 Průběh vektorizace

Problémy při ruční vektorizaci

Stejně jako u vrstevnic i digitalizace výškových kót nebyla bez problému. Mnohokrát v mapových listech byla zaznamenána nadmořská výška, ale nebyl u ní přiřazen žádný bod. V těchto případech nebyla výška použita. V jedné situaci byl špatně zakreslen bod kóty, což vyplývalo z okolních vrstevnic. Pro vyřešení tohoto problému byla připojena WMS prohlížecká služba Základní mapy 1 : 10 000 (ZM10) a oblast zkontrolována. Nadmořská výška kopce se přibližně shodovala s výškou zaznamenanou v listu SMO-5, proto byl bod kóty posunut na místo v mapě ZM10.



Obr. 4.13 Problémy s výškovými kótami

4.7 Tvorba modelu

Digitalizací byly vytvořeny soubory vrstevnic a výškových bodů.

Tato data ale nepokrývají celou oblast rovnoměrně. Proto je nutné na ně použít interpolaci, což je postup předpovědi neznámých hodnot pomocí těch známých v jejich blízkém okolí, založený na matematických základech. Sousední body mohou být pravidelně i nepravidelně rozmístěny. Kvalita výsledků interpolace závisí na přesnosti, počtu a rozmístění známých bodů použitých při výpočtu a na tom, jaká je zvolena interpolační metoda a její nastavitelné vlastnosti. [30]

Interpolačních metod, které nabízí i ArcGIS, je řada: IDW (Inverse Distance Weighting), Kriging, Metoda přirozeného souseda (Natural Neighbor), Spline, Topo to Raster nebo Trend.

Pro následnou tvorbu digitálního modelu terénu byla použita metoda *Topo to Raster*. Následující podkapitoly pojednávají o této metodě a vlastní tvorbě modelu, pro kterou byly vytvořeny ještě dva vstupní soubory.

4.7.1 Topo to Raster

Topo to Raster je interpolační metoda pro získání hydrologicky správného digitálního modelu terénu (DMT) z bodových, liniových a polygonových dat. Vychází z programu ANUDEM vyvinutým Michaelem Hutchinsonem (aktuální verze je 5.3). Je optimalizována k výpočetní efektivnosti lokálních interpolačních metod, jako je metoda inverzní vážené vzdálenosti (IDW), ale bez ztráty návaznosti povrchu globálních interpolačních metod, jako je Kriging a Spline. Je to diskretizovaná metoda spline plátování, u které je umožněno kopírování výsledného povrchu náhlých změn terénu, jako jsou vodní toky, hřbetnice a útesy.

Tvar povrchu primárně ovlivňuje voda a hydrologické procesy. Povrch krajiny se proto skládá z lokálních maxim (kopců) a lokálních minim (prohlubní). Topo to Raster tyto znalosti využívá a ukládá omezení interpolačního procesu, který má za následek propojenou odtokovou síť a správné zobrazení hřebenů a toků. Vytvoří se tak povrch s vyšší přesností i přes malé množství vstupních dat. Také ošetřuje, aby ve výsledných datech nebyly umělé prohlubně a špice, které mohly vzniknout například jako chyby při interpolaci. Kombinuje při výpočtu jak výšková data, tak data vodních toků a ploch atd., přičemž ignoruje výšková data v rozporu s daty vodních toků a ploch.

Někdy je nutné kvůli omezené paměti vytvářet DMT po několika částech, a proto musí být i vstupní data rozdělena. Pro přesnější výstupy by měl být rozsah vstupních dat větší, než je oblast zájmu, tedy části by se měly překrývat. Bez překrytu by nemusely na sebe jednotlivé DMT hladce navazovat. Pokud vyplníme parametr *Margin in Cells* při vytváření modelu, oříznou se okraje výstupu

na základě této hodnoty. Doporučené je, aby okraje překrývajících se oblastí měly šířku alespoň 20 buněk. Spojit všechny DMT je možné po vytvoření *Raster Dataset* použitím nástroje *Mosaic* s možnostmi *Blend* nebo *Mean*.

Pokud je už dopředu jasné, že se nástroj bude spouštět několikanásobně, třeba i kvůli zkoušení nastavení parametrů, je jednodušší použít nástroj *Topo to Raster by File*. Nejprve se spustí *Topo to Raster* a ve volitelných možnostech se založí výstupní soubor parametrů (*Output parametr file*), což je textový soubor obsahující vstupní data a zvolené parametry. Pak už je možné spustit *Topo to Raster by File*.

Vstupní data do *Topo to Raster* mohou být typu:

- **Výškové body (*Point Elevation*)** – bodová vrstva obsahující nadmořské výšky v atributové tabulce.
- **Vrstevnice (*Contour*)** – liniová vrstva obsahující nadmořské výšky v atributové tabulce.
- **Vodní toky (*Stream*)** – liniová vrstva. Podmínkou je orientace linie po svahu (dolů).
- **Topografické deprese (*Sink*)** – bodová vrstva. Algoritmus je bude odstraňovat.
- **Hranice (*Boundary*)** – polygonová vrstva sloužící k ořezu výsledného rastru. Buňky za touto hranicí budou mít hodnotu *NoData*.
- **Jezera (*Lake*)** – polygonová vrstva představující umístění jezera. Buňky výsledného rastru v tomto místě budou mít hodnotu minimální nadmořské výšky břehu jezera.
- **Útes (*Cliff*)** – liniová vrstva. Podmínkou je, že levá strana linie je na dolní hraně a pravá na horní hraně útesu.
- **Vyloučení (*Exclusion*)** – polygonová vrstva oblasti, ve které je třeba vstupní data ignorovat. Využití najde při odstranění výšek mostů nebo přehrad z interpolace.
- **Pobřeží (*Coast*)** – polygonová vrstva pobřežní oblastí. Ve výstupním rastru buňky mimo tento polygon mají hodnotu menší, než je specifikovaná minimální výška.

Další volitelné parametry:

- **Velikost buňky (*Output cell size*)**
- **Rozsah výstupního rastru (*Output extent*)**
 Je definován minimálními a maximálními hodnotami souřadnic X a Y. Minimální souřadnice X je nastavena na výchozí nejmenší hodnotu souřadnice X ze vstupních dat. Maximální souřadnice X je nastavena na výchozí největší hodnotu souřadnice X ze vstupních dat. Obdobně jsou určeny i minimální a maximální hodnoty souřadnic Y. Mimo tento rozsah mají buňky hodnotu NoData.
- **Lem (*Margin in cells*)**
 Udává vzdálenost od hranice v počtu buněk. Interpolace v něm ještě proběhne. Pokud by nebyl definován, interpolované hodnoty dvou rastrů by na sebe na hranici nenavazovaly. Jeho hodnota musí být větší nebo rovna nule, jako výchozí je nastavena 20.
- **Minimální hodnota souřadnice Z (*Smallest z value to be used in interpolation*)**
 Tato minimální interpolovatelná hodnota je standardně nastavena na o dvacet procent sníženou nejmenší hodnotu souřadnice Z ze vstupních dat.
- **Maximální hodnota souřadnice Z (*Largest z value to be used in interpolation*)**
 Maximální interpolovatelná hodnota souřadnice Z je standardně nastavena na o dvacet procent zvýšenou hodnotu souřadnice Z ze vstupních dat.
- **Zdůraznění odtokové sítě (*Drainage enforcement*)**
 Je možné zvolit tyto typy:
 - enforce – všechny bezodtokové oblasti se zaplní, ať už jsou skutečné nebo falešné,
 - no enforce – bezodtokové oblasti se nezaplní,
 - enforce with sink – body ze vstupní vrstvy identifikovatelné jako body deprese se zachovají, ostatní deprese budou považovány za falešné a budou vyplněny. Pokud množství falešných depresí přesáhne hodnotu 8 000, výpočet skončí chybou.
- **Základní typ vstupních dat (*Primary type of input data*)**
 Dominantním typem mohou být zvoleny vrstevnice nebo výškové body. Jako výchozí jsou nastaveny vrstevnice.

- **Maximální počet iterací interpolace (*Maximum number of iterations*)**
Počet musí být větší než nula a jako výchozí je nastavena 20. Pokud je nastavena vyšší hodnota, zaplní se více depresí.
- ***Roughness penalty***
Parametr vystihuje míru nerovnosti a musí být větší nebo roven nule. Když jsou základním typem vstupních dat vrstevnice, jeho výchozí hodnotou je nula. Naopak pokud jsou nastaveny výškové body, jeho hodnota je 0,5. Vyšší hodnoty nejsou doporučeny.
- ***Discretisation error factor***
Při převodu vstupních dat na rastr se uplatní k regulaci hladkosti. Zadaná hodnota musí být větší než nula a jako výchozí je nastavena 1. Nižší hodnota způsobí menší vyhlazení, a naopak vyšší hodnota způsobí vyšší vyhlazení.
- **Vertikální směrodatná odchylka (*Vertical standard error*)**
Standardní hodnotou je nula. Může být i nastavena na malou kladnou hodnotu, pokud vstupní výšková data vykazují velkou náhodnou chybu v souřadnici Z.
- **Tolerance 1**
Vyjadřuje hustotu výškových dat ve vztahu k odtokové síti. U výškových bodů se nastaví stejná hodnota jako je hodnota vertikální směrodatné odchylky. U vrstevnic je výchozí hodnotou 2,5 a u výškových bodů 0.
- **Tolerance 2**
Zabraňuje vyplňování bezodtokových oblastí nereálně vysokými bariérami. Pro vrstevnice je výchozí hodnotou 100 a 200 pro výškové body.

Při vypracovávání této kapitoly bylo čerpáno z [8], [26], [31] a [32].

4.7.2 Použití metody *Topo to Raster*

K použití interpolační metody *Topo to Raster* musely být vytvořeny ještě dva soubory. Prvním souborem byla polygonová vrstva určující ořez výsledného rastru. K její tvorbě byl využit klad mapových listů SM 5. Vytvořena byla jednoduchým způsobem, kdy bylo označeno všech 20 mapových listů a při klepnutí pravým tlačítkem na vrstvu kladu SM 5 byla vybrána možnost exportu vybraných částí do formátu *.shp*. Následovala jen úprava zobrazení bez výplně.

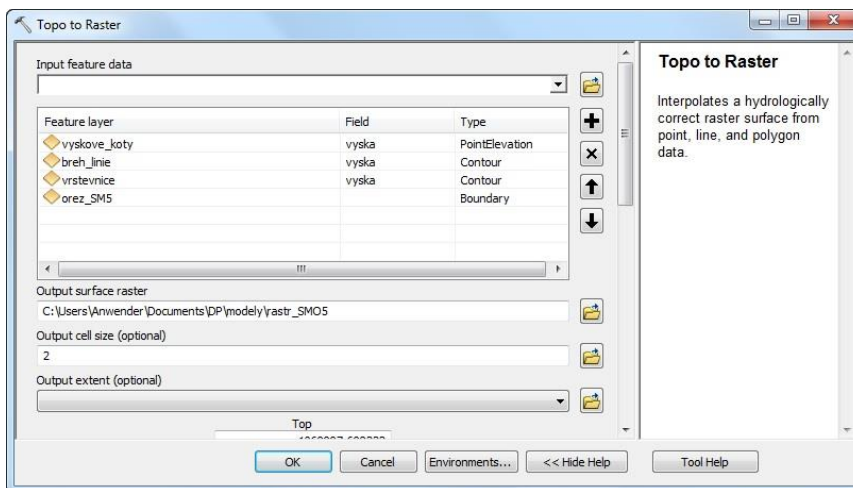
Druhý soubor obsahoval liniovou vrstvu prezentující břeh řeky – Vltavy a Mastníku. Břehy byly digitalizovány z listů map SMO-5. Problém nastal ve chvíli, kdy měla být do atributové tabulky přiřazována výška břehů, protože mapy SMO-5 neobsahovaly kóty u břehu v celé své délce.

Nadmořská výška byla tedy odhadována z přilehlých vrstevnic a rostla po jednom metru (215, 216, ..., 265 m n.m.).

Nejprve byla vytvořena polygonová vrstva břehu. Ta byla rozřezána do několika částí, které představovaly výšku břehu. Bloky polygonů byly různě dlouhé dle odhadu, mezi nimi byly vytvořeny menší bloky o velikosti přibližně 10 metrů. V atributové tabulce byl vytvořen sloupec Plocha a byla vypočtena hodnota pro všechny bloky pomocí funkce *Calculate Geometry*. Následně byl celý sloupec seřazen vzestupně a nejmenší hodnoty byly vymazány (byly tak odstraněny malé bloky mezi většími).

Dále byly z polygonů vytvořeny linie pomocí funkce *Polygon to Line*. V atributové tabulce vzniklých linií byl založen sloupec Výška a každé části byla přiřazena odhadnutá nadmořská výška. Jako poslední byla ještě použita funkce *Densify*, díky níž byly body linií editovány tak, aby každou linií tvořily body s maximální vzdáleností 10 metrů od sebe.

V tuto chvíli byly již vytvořeny všechny soubory pro spuštění interpolační metody. Všechny byly vloženy jako vstupní data, byl jim přiřazen správný typ a vybrán sloupec Výška. Velikost buňky byla nastavena na 2 metry. Bylo vygenerováno několik modelů, u kterých byly nastavovány různé hodnoty parametrů *Discretisation error factor* a *Drainage enforcement*. Jejich vizualizace ve 3D byly porovnávány, jak se změnilo. Nakonec byly ale ponechány přednastavené hodnoty.



Obr. 4.14 Funkce Topo to Raster

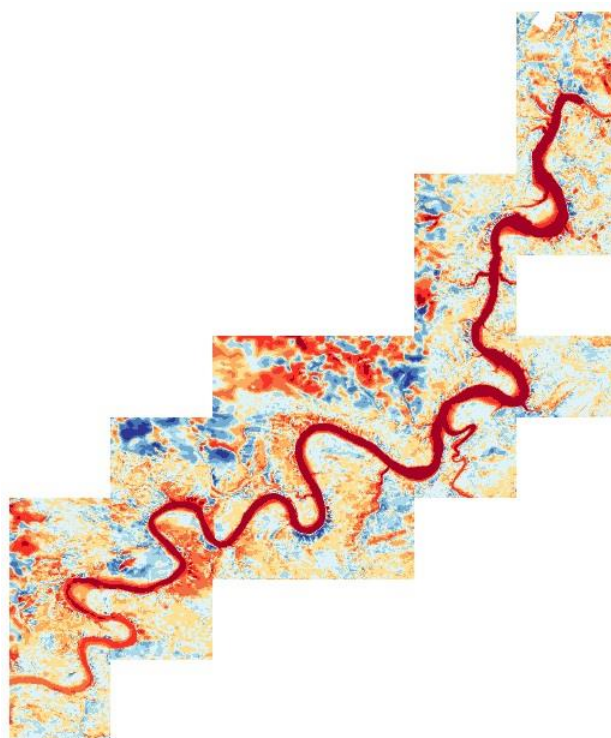
Výsledný rastr byl vizuálně zkontrolován, zda neobsahuje nějaké chyby z vektorizace. Když byly nějaké objeveny, vstupní soubor byl upraven, uložen a rastr znovu vygenerován. Jak bylo popsáno v [8] byla uskutečněna i kontrola porovnáním vrstevnic digitalizovaných a vytvořených z rastru pomocí funkce *Contour* o polovičním intervalu.

4.8 Porovnání s DMR 5G

Pro porovnání přesnosti digitalizovaných dat z map SMO-5 byly vybrány data DMR 5G. Bylo předem jasné, že rastr získaný z DMR 5G bude o hodně přesnější než rastr vygenerovaný z vektorizovaných dat, ale i přes tuto skutečnost byl tento krok uskutečněn.

Nejprve bylo nutné zpracovat data poskytnutá ČUZK. Bylo plánováno generovat jeden celistvý výstup, takže byly textové soubory souřadnic spojeny do jednoho. Dále byl přidán první řádek s popisem sloupců – X Y Z. Do prostředí *ArcMap* byl tento textový soubor nahrán vybráním *File – Add Data – Add XY Data*. Z bodů byla vytvořena trojúhelníková nepravidelná síť (TIN) pomocí funkce *Create TIN*. Z té byl následně vytvořen rastr funkcí *TIN to Raster*, kde byla nastavena hodnota velikosti buňky na 1 metr.

Byly tedy k dispozici dva rastry, získaný z dat DMR 5G a z dat SMO-5. Ty byly od sebe odečteny pomocí funkce *Raster Calculator*. Výsledný rastr získal velikost buňky horších ze dvou vstupních, tedy hodnotu 2 x 2 metry. Byl klasifikován do deseti tříd a obarven vhodnou barevnou škálou.



Obr. 4.15 Výsledek rozdílu rastrů

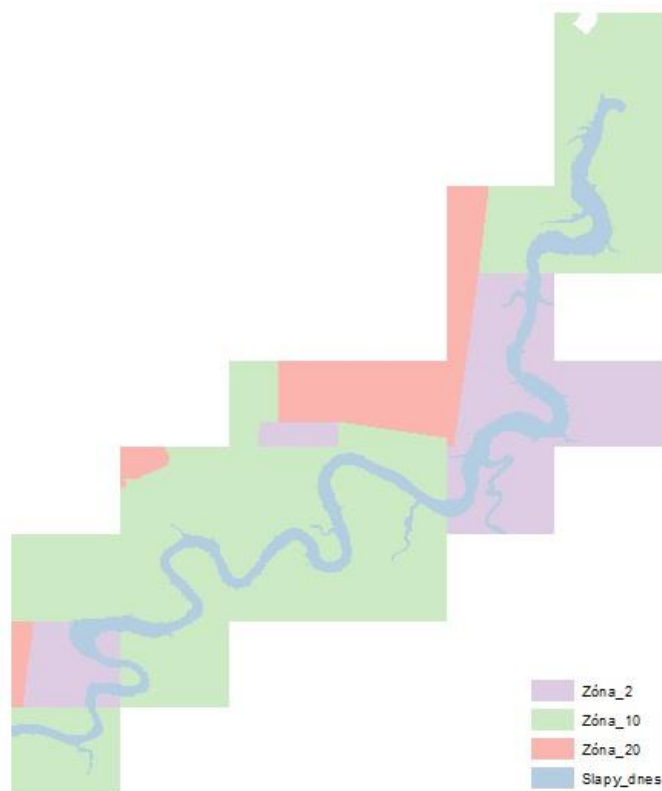
Červená barva znázorňovala data DMR 5G, která byla nad hodnotami rastru SMO-5. Opačnou situaci znázorňovala modrá barva. Největší rozdíly byly samozřejmě v oblasti, kterou zaplavila voda

při napouštění nádrže, dále pak v částech mapových listů, kde byly zachyceny vrstevnice po 20 metrech a v oblastech, kde se nacházel les, skála nebo potok.

V mapovém listu nahoře vpravo (viz obrázek 4.15) je vidět vynechané místo. To bylo vynecháno již z interpolace rastru SMO-5, protože v něm nebyla zaznamenána žádná data. V letech vyhotovování map SMO-5 byla v onom místě již v provozu umělá přečerpávací nádrž Homole (pojmenovaná podle kopce, na kterém byla vybudována) příslušící k přečerpávací vodní elektrárně Štěchovice II.

Pro zjištění průměrné hodnoty rozdílu nadmořských výšek mezi rastry byla celá oblast rozdělena do 4 zón, které tvořily polygony. První zóna představovala digitalizovaný dnešní stav Slapské přehrady, která sloužila k ořezu ostatních zón. Do druhé zóny byly vybrány takové části listů, kde se nacházely vrstevnice po dvaceti metrech, do třetí části s vrstevnicemi po deseti metrech a do čtvrté po dvou metrech. Ořezání těchto zón bylo provedeno pomocí funkce *Erase*.

Dalším krokem bylo převést rastr rozdílů do absolutních hodnot. K tomu byl použit *Raster Calculator* a matematický výraz $Abs("rozdil_rastr")$. Pak už jen pomocí funkce *Zonal Statistics* byla pro zónu dva až čtyři vypočtena průměrná hodnota rozdílu výšek. Výsledky byly zaznamenány do následující tabulky.



Obr. 4.16 Rozložení zón

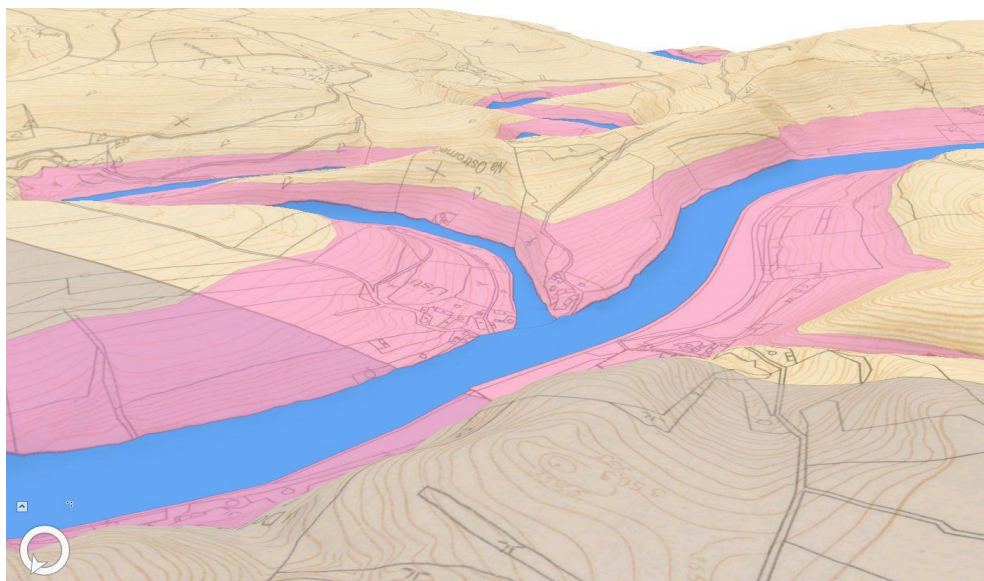
Tab. 4.1 Průměrné hodnoty rozdílů nadmořských výšek

Zóna	$\sigma \Delta Z$ [m]
Vrstevnice po 2 metrech	1,84
Vrstevnice po 10 metrech	2,74
Vrstevnice po 20 metrech	6,95
Celá oblast (20 listů)	5,41

5 Vizualizace

Firma ESRI nabízí dvě varianty k vizualizaci digitálního modelu terénu ve 3D – ArcScene nebo novější ArcGIS Pro. ArcScene bohužel neumožňuje přiřazení výšek celé mozaice, proto byla vybrána druhá možnost.

ArcGIS Pro je desktopová aplikace založená na 64bitové architektuře podporující vícejádrové procesory a výpočetní možnosti současných grafických karet. Pracovní prostředí je přepracováno podle moderních trendů. Umožňuje vizualizovat, upravovat a analyzovat geografická data ve 2D i 3D a pro zobrazení 3D dat není nutné používat speciální aplikaci. Je založen na práci s projektem, který lze velmi snadno sdílet. Grafický engine umožňuje pracovat s několika mapami současně. V jednom projektu lze založit libovolné množství výkresů a pracovat tak na několika mapách v různých formátech. [33]



Obr. 5.1 Ukázka jednoho z pokusů vizualizace

5.1 Vlastní animace

V prvním kroku byl založen nový projekt typu *Local Scene* a byly vloženy důležité vrstvy – mozaika vytvořená z rastrů SMO-5 a vektorizovaný obrys dnešní Slapské přehrad. Obrysu byla nastavena barva zobrazení bez obrysové čáry a šedesátiprocentní průhlednost. Ze získaných ortofotosnímků z roku 1950 byla ještě dodatečně vytvořena rastrmozaika, která byla také naimportována. Prozatím bylo ale její zobrazení vypnuto.

Bylo kliknuto v panelu *Contents* pravým tlačítkem na položku *Scene* a byly otevřeny její vlastnosti. Následovalo přiřazení hodnoty nadmořské výšky každému pixelu rastru na základě souřadnic x a y . V záložce *Elevation Surface* byl vybrán jako zdroj výšek vygenerovaný DMT SMO-5 z vrstevnic a výškových bodů a pro jejich zdůraznění a větší atraktivnost prezentace byla zadána hodnota 3 v položce *Exaggeration*.

V horní liště byla vybrána karta *Pohled (View)* a ve skupině *Animation* volba vložení animace, načež se otevřela nová karta. Jako první byl nastaven čas přechodu mezi snímky na hodnotu 13 sekund.

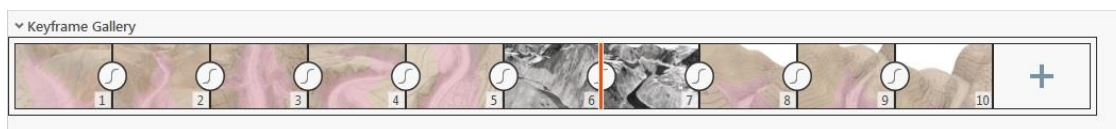
Pro vytvoření animace existují dva postupy. Při prvním způsobu se zachycují klíčové snímky buď v horní liště pomocí možnosti *Append*, nebo po otevření časové osy pomocí tlačítka plus – *Append next keyframe*. Druhý způsob využívá záložek, které jsou předem vytvořeny (karta *Map – Bookmarks – New Bookmark*). Ty jsou využity jako klíčové snímky a přidají se vybráním položky nastavení animace *Import – Bookmarks to Fly-Through* nebo *Bookmarks to Tour*. Tyto dvě možnosti se od sebe liší jen předdefinovaným nastavením průběhu cesty mezi klíčovými snímky.

Byl vybrán druhý způsob využívání záložek, protože umožňoval přibližovat, aktualizovat snímky a znovu se k nim vracet při vytvoření jiných částí vizualizace. K vybrání bylo několik přechodů klíčových snímků – pevný (přednastavený), lineární, skokový, stupňovitý a podržet (*Hold*) – ze kterých byly při tvorbě uplatněny pouze první dva.

Kvůli množství mapových listů, zákrutů řeky a grafické náročnosti byla vizualizace přizpůsobena možnostem počítače. Celá oblast byla rozdělena do čtyř částí. Každá se skládala z maximálně devíti záložek. Tři poslední části začínaly konečným snímkem části předešlé. Aby se mapovaná textura mozaiky SMO-5 v průletu stačila vykreslovat, byl nastavován čas přechodů mezi snímky na hodnotu od deseti do patnácti sekund.

Byla vyzkoušena i možnost prolínání textur – vytvořené mozaiky SMO-5 a mozaiky ortofotosnímků. Nejprve byl vybrán klíčový snímek, kde měla zůstat textura SMO-5, přičemž všechny vrstvy byly zapnuté. Označením mozaiky ortofotosnímků se jí na kartě *Appearance* nastavila stoprocentní průhlednost. Dále byl označen následující snímek, pro který ale byla nastavena jiná (10%)

průhlednost ortofota. Nakonec byla zvolena úplná průhlednost u snímku, který měl zobrazovat zpět texturu SMO-5.



Obr. 5.2 Časová osa u části s prolínáním textur

Když byla animace části připravená, byl výsledek exportován do videa kliknutím na tlačítko *Movie*. Bylo možné využít jedno z předem definovaných nastavení nebo si vytvořit vlastní. Jako dostupné předvolby byly konfigurace pro YouTube, Vimeo, Twitter, Instagram, HD720, HD1080 a GIF. K výběru se nabízelo několik video (AVI, MPEG4 (.mp4) a GIF) nebo obrazových formátů (JPEG, TIFF, PNG a BMP). Nastavit šlo dle potřeb i snímky za sekundu, rozlišení a kvalita videa. Výsledné nastavení exportu bylo znovu podřízeno možností počítače, času exportu a výsledné velikosti videa.

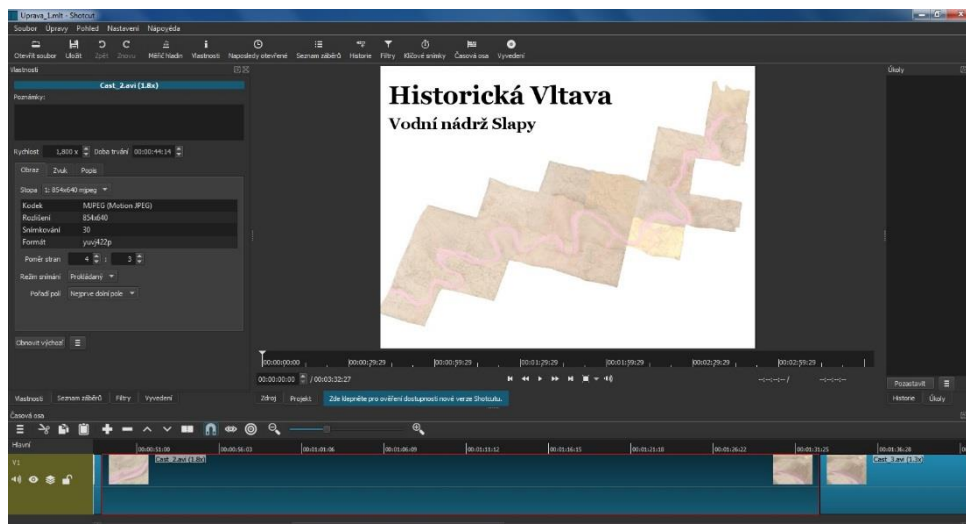
Byla vytvořena krátká, pěti sekundová videa, která byla použita do úvodu výsledné vizualizace. Ze skupiny *Overlay* byly vloženy nadpisy, které byly ve vlastnostech animace editovány. Umístěny byly buď zvolením jedné z předdefinovaných pozic nebo ručně pomocí tlačítka *Adjust Position*.

Jako poslední byl vizualizován model získaný z dat DMR 5G, na který byla mapována připojená WMS prohlížečská služba – Ortofoto. Bylo vybráno několik míst, které byly zatopeny napouštěním přehrady. Jejich dnešní stav byl porovnán se stavem zachyceným na mapových listech SMO-5. Vybraná místa jsou vložena do Přílohy A.

5.2 Střih videa

Z ArcGIS Pro bylo získáno několik videí pro vizualizaci ve formátu AVI. Bylo nutné všechny části spojit do jednoho videa, a to upravit tak, aby nebylo moc dlouhé a veliké. K tomu byl využit program *Shotcut*. Je to bezplatný, open source program pro editaci videa, ke kterému lze najít i mnoho tutoriálů na *YouTube* nebo oficiálních stránkách produktu [34].

Po otevření zájmových souborů byly postupně přidávány všechny části na časovou osu. Díky zapnutému přichytávání byly vloženy tak, že na sebe navazovaly. Úvodním třem byly přiřazeny filtry (roztmívání a zatmívání obrazu), kde u každého bylo umožněno nastavit dobu trvání. Postupným výběrem byla u každé nastavena vyšší rychlost přehrávání, což umožnilo zkrácení doby trvání celého videa. Rychlost byla volena u každého záběru jiná tak, aby na sebe všechny záběry plynule navazovaly a daly se přečíst popisy v obsahu.



Obr. 5.3 Prostředí programu Shotcut

Export videa se skrýval pod pojmem *Vyvedení*. Znovu bylo možné si vybrat z množství přednastavených možností exportu nebo si nadefinovat vlastní. Výsledek byl uložen do formátu *.mp4* v rozlišení 1280x720 s délkou něco málo přes tři a půl minuty.

Diskuze

Snahou práce bylo vyzkoušet optimální způsob vektorizace výškopisu z podkladu tvořeného mapami SMO-5. Pro automatický a poloautomatický způsob musely být všechny rastry přebarveny, znovu umístěny a reklasifikovány, což je rozepsané v kapitole 4.4. Proces přebarvování byl zdoluhavý v řádu dní. Důvodů bylo několik: nemožnost ho provést hromadně i kvůli různobarevnosti rastrů, ruční získávání hodnot pixelů pro každý rastr, prvky polohopisu obsahovaly stejnou hnědou barvu jako prvky výškopisu apod. Popsaná metoda opětovného umístění se dala zvládnout v počtu dvaceti zadaných listů, ale určitě bych ji nedoporučovala při větším množství zpracovávaných snímků. Reklasifikace už tak časově náročná nebyla.

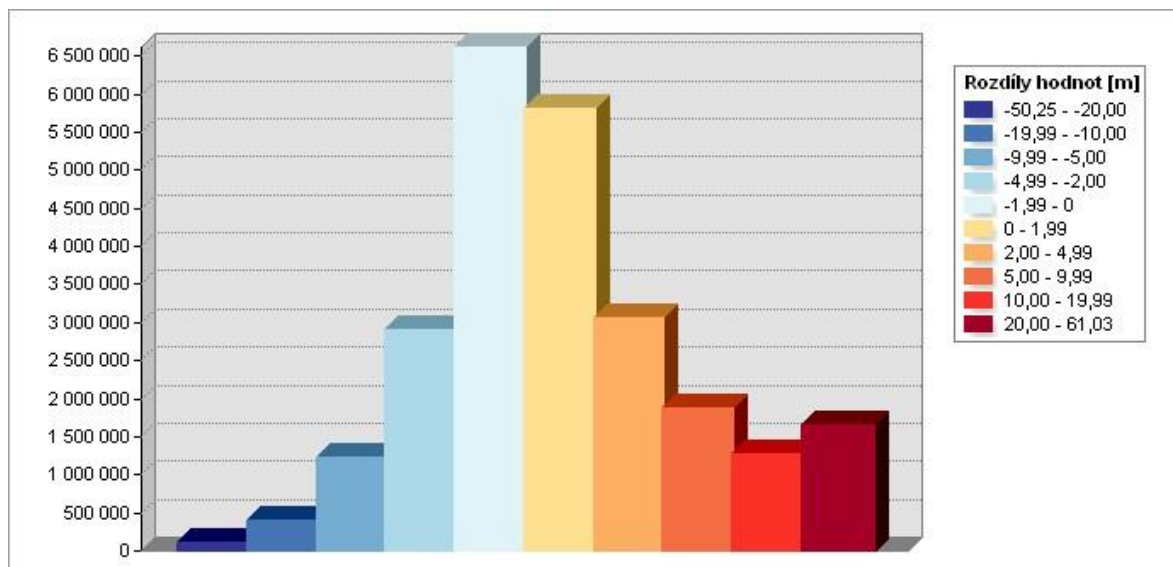
Před zahájením samotné vektorizace musely být rastry ještě dočištěny, a to kvůli jejich stavu po přebarvení. Kdyby bylo využito pouze nástrojů panelu *Raster Painting*, doba strávená nad čištěním dvaceti listů by čítala až měsíce. Naštěstí byly k dispozici i jiné nástroje a operace, které tuto část zrychlily, například morfologické operace. Škoda jen, že kvalita získaných přebarvených rastrů nebyla tak dobrá, protože v některých případech i nejnižší nastavitelná hodnota počtu pixelů kterékoliv operace byla příliš velká. Často bylo rychlejší variantou ponechání nežádoucích prvků (obrysy názvů, kóty), spuštění automatické vektorizace a až dodatečně jejich označení a vymazání pomocí tlačítka *Delete*.

Pokud by byly dostupné kvalitní podklady, automatická vektorizace by velmi urychlila proces digitalizace. Jak je popsáno v kapitole 4.6, v žádném listu nebyly získány kompletní vrstevnice, vždy byly rozloženy do několika kousků. U méně podrobných rastrů mohla být vrstevnice rozdělena i na 25 částí, u podrobnějších, kdy jejich většinu tvořily vrstevnice po dvou metrech, mohlo být částí více. Proces se následně prodlužoval ruční dovektorizací chybějících kousků, spojením všech částí a definováním nadmořské výšky jednotlivým vrstevnicím v atributové tabulce.

Lepší variantu by představovala poloautomatická vektorizace, ale shluk spojitých rastrových buněk nebyl nikdy dost dlouhý. Nastavením vyšší hodnoty mezer ignorovaných při generování vektoru funkce sice pokračuje delší dobu, ale při nastavení určité hodnoty, která se lišila list od listu nebo i v částech jednoho listu, mohlo dojít k přeskočení na blízkou, jinou vrstevnici nebo k odchýlení od trasy vrstevnice zaznamenané v podkladu.

Výhodou manuální vektorizace je, že nepotřebuje dvoubarevný, reklasifikovaný rastr a poskytuje větší kontrolu nad prací. Po sečtení času stráveným nad přípravou podkladů, následnou editací a doplňováním vrstevnic u automatické a poloautomatické digitalizace, jsem došla k závěru, že by použití ruční vektorizace bylo rychlejší. Automatická metoda se uplatnila pouze v listech s vrstevnicemi v intervalu po 10 nebo 20 metrech, kde byl výškopis dobře oddělitelný.

Ze zvektorizovaných dat byl vytvořen model, který byl porovnán s modelem získaným z aktuálních dat DMR 5G (viz kapitola 4.8). Výsledek porovnání dobře znázorňoval i následující graf vyhotovený pomocí funkce *Zonal Histogram*.



Obr. 6.1 Rozdíly nadmořských výšek modelů

Z grafu vyplývá, že rozdíly pixelů s hodnotami nadmořských výšek kopírují průběh normálního rozdělení. Vybočují z něj jen rozdíly pixelů nad řekou. Platí tu i jedno z tzv. *pravidel tří sigma*, že 68,27 procent hodnot leží v intervalu $(\mu - \sigma; \mu + \sigma)$, kde μ je střední hodnota a σ je směrodatná odchylka.

Závěr

Cílem diplomové práce bylo vytvořit model historického údolí Vltavy v oblasti přehradní nádrže Slapy na základě digitalizace výškopisu map SMO-5 a pokusit se navrhnout optimální způsob vektorizace vrstevnic (automatický, manuální nebo ruční). Výsledný model následně porovnat s modelem vytvořeným z aktuálních dat DMR 5G a vizualizovat ve 3D.

Z hodnocení jednotlivých způsobů vektorizace vrstevnic vyplynulo, že s ohledem na strávený čas a náročnost při jejich praktické aplikaci by bylo rychlejší použít pouze ruční metodu. Automatická vektorizace byla účinná jen v případě, když byl výškopis z podkladů lehce separovatelný a vrstevnice byly méně podrobné.

Tvorba vektorové a bodové vrstvy se neobešla bez problémů. Všechny byly ale vyřešeny díky možnosti připojení WMS služby ZM10 a jejich porovnáním s okolím.

Při porovnání modelů bylo zjištěno, že se části s podrobnějším výškopisem (interval vrstevnic po 2 metrech) tolik neodlišují od aktuálního stavu okolí oblasti vodní nádrže. Platilo, že čím byl výškopis méně podrobný, tím rostla i hodnota rozdílu výšek. Rozdíly byly také patrné v oblastech, kde se nacházel les nebo skály.

Model získaný z podkladů SMO-5 byl vizualizován pomocí programu ArcGIS Pro. Na model byly mapovány dvě textury, mozaika SMO-5 a ortofoto z roku 1950, a vrstva představující aktuální břeh nádrže. Výsledkem bylo vytvoření několika videí průletu korytem řeky s vhodně zvoleným prolínáním dvou textur. Důležitým obsahem průletu bylo ukázat místa, osady a obce, které byly napuštěním přehrady zaplaveny. Z vícero videí bylo nakonec vytvořeno jedno, které bylo zrychleno a zkráceno. Nakonec bylo vybráno několik míst, u nichž byl pomocí obrázků porovnán historický a současný stav.

Na tuto práci by se mohlo v několika ohledech navázat. Například by mohla být vyhotovena práce podrobněji věnovaná zmizelým oblastem pod hladinou vody. Vizualizace výškopisu by se mohla propojit s vizualizací polohopisu. Výsledek by pak mohl znázorňovat 3D budovy, u kterých by bylo rozlišeno, zda byly zatopeny, zbořeny, přesunuty nebo zachovány.

Seznam použitých zdrojů

- [1] VEVERKA, Bohuslav a Růžena ZIMOVÁ. *Topografická a tematická kartografie*. V Praze: České vysoké učení technické, 2008. ISBN 978-80-01-04157-4.
- [2] *Projekt MK ČR (NAKI): Rekonstrukce krajiny a databáze zaniklých obcí v Ústeckém kraji pro zachování kulturního dědictví* [online]. © Fakulta životního prostředí [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <http://projekty.geolab.cz/naki/obce/index.htm>
- [3] *Projekt NAKI: Historický fotografický materiál – identifikace, dokumentace, interpretace, prezentace, aplikace, péče a ochrana v kontextu základních typů paměťových institucí* [online]. © ČVUT v Praze, Fakulta stavební, 2017 [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: <http://gis.fsv.cvut.cz/zamky/>
- [4] *GIS a životní prostředí: sborník odborné konference: Český Šternberk, 6. a 7.6. 2016*. Vydání I. Editor Jiří CAJTHAML, editor Miroslav BAUER, editor Petr KAVKA, editor Jakub HAVLÍČEK, editor Markéta VLÁČILOVÁ, editor Lenka WEYSKRABOVÁ. V Praze: České vysoké učení technické, 2016. ISBN 978-80-01-05920-3.
- [5] *Rybníky 2017: sborník příspěvků odborné konference*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2017. ISBN 978-80-01-06166-4. Dostupné také z: http://www.cski-cr.cz/wp-content/uploads/2017/06/Rybniky_2017_sbornik_s_ob.pdf
- [6] BATKO, Pavel. *Využití ArcScan při vektorizaci geomorfologické mapy Vysokých Tater*. Dostupné také z: http://old.gis.zcu.cz/studium/apa/referaty/2007/Batko_ArcScan/Batko_ArcScan.pdf. Semestrální práce. Západočeská univerzita v Plzni.
- [7] MIKLÍN, Jan. *Vizualizace výškopisu (nejen) v ArcGIS*. Katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta, Ostravská univerzita, ©2017. Dostupné také z: <http://janmiklin.cz/files/CarToTips/03vyskopis.pdf>. Výukový materiál předmětu Kartografická tvorba – projekt.
- [8] ORŠULÁK, Tomáš a Jan PACINA. *3D modelování a virtuální realita* [online]. Ústí nad Labem: Tomáš Mikulěnka, 2012 [cit. 2018-05-01]. ISBN 978-80-904927-4-5. Dostupné z: <http://cevramok.ujep.cz/files/opora-3.pdf>
- [9] PACINA, Jan. DTM. In: *YouTube* [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=p_B_3RIVYbQ&list=PLDYvXUGFQgKK3ucKWvfxrx6LrezliWk5p
- [10] ČÁKA, Jan. *Zmizelá Vltava*. Vyd. 3., V Pasece 1. Praha: Paseka, 2002, 335 s. ISBN 80-7185-491-3.
- [11] KUTHAN, Jan. *Vltava v proudu času*. 2. vyd. Sedlčany: Jan Kuthan, 2007, 158 s. ISBN 978-80-903878-0-5.

- [12] ŠMERÁK, Václav a kol. *Nové toulky mezi Vltavou a Sázavou: od Slap a Svatojánských proudů přes Lešany Františka Hrubína na Konopiště Ferdinanda d'Este*. 1. vyd. Praha: Mladá fronta, 2014. 219 s. ISBN 978-80-204-3284-1.
- [13] *Povodí Vltavy: Hladiny vody v nádržích* [online]. ©2018 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.pvl.cz/portal/Nadrze/pc/CelkovaMapa.aspx>
- [14] ŠMERÁK, Václav. *Toulky mezi Vltavou a Sázavou: kratochvilný průvodce po cestách, kde se snoubí historie se současností*. 1. vyd. Praha: Mladá fronta, 2013. 195 s. ISBN 978-80-204-2893-6.
- [15] ČÁSLAVSKÝ, Karel a Pavel VANTUCH. Hledání ztraceného času: Vltava v obrazech (díl 58., 59.). In: *Youtube* [online]. 2001, 9.2.2018 [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=Pq042a0a5Ps&index=59&list=PLnU6p-e59tKW8T-KtoaxiN99OiggyqBUT>
- [16] HÝŽA, Marek, Ludvík KLEGA a Miroslav KAČOR. Zatopené osudy: Slapy. In: *Česká televize* [online]. 2008 [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/porady/10169746290-zatopene-osudy/408235100191002-slapy/>
- [17] *Vodní elektrárna Slapy* [online]. Copyright ČEZ, 2018 [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/voda/slapy.html>
- [18] ČÚŽK: *Geoportál: Datové sady* [online]. ©2010 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: [http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(hygswtxxzib1jfel5svi03j\)\)/Default.aspx?head_tab=sekce-02-gp&mode=TextMeta&text=dSady_uvod&menu=20&news=yes](http://geoportal.cuzk.cz/(S(hygswtxxzib1jfel5svi03j))/Default.aspx?head_tab=sekce-02-gp&mode=TextMeta&text=dSady_uvod&menu=20&news=yes)
- [19] HUML, Milan a Jaroslav MICHAL. *Mapování 10*. Vyd. 2. přeprac. Praha: ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03166-7.
- [20] ČADA, Václav. *Základní obsah a technické náležitosti zeměměřických děl poskytovaných pro správu území obcí a krajů*. Plzeň. Dostupné také z: http://home.zcu.cz/~cada/www-kma/download/Zakladni_obsah_a_technicke_nalezitosti.pdf. Západočeská univerzita v Plzni.
- [21] BRÁZDIL, Karel. *Technická zpráva k digitálnímu modelu reliéfu 5. generace (DMR 5G)*. ČÚŽK, 2016. Dostupné také z: http://geoportal.cuzk.cz/Dokumenty/TECHNICKA_ZPRAVA_DMR_5G.pdf
- [22] BALCÁREK, Michal. *Polohové zpřesnění vybraných znaků starých map*. Olomouc, 2016. Dostupné také z: https://theses.cz/id/83ij15/Balcarek_DP.txt. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci.
- [23] CAJTHAML, Jiří. *Analýza starých map v digitálním prostředí na příkladu Müllerových map Čech a Moravy*. V Praze: ČVUT, 2012. ISBN 978-80-01-05010-1.
- [24] *IrfanView* [online]. Irfan Skiljan, ©1996-2018 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <https://www.irfanview.com/>

- [25] TUČEK, Ján. *Geografické informační systémy: principy a praxe*. Praha: Computer Press, 1998. ISBN 80-722-6091-X.
- [26] *ArcGIS Desktop: ArcMap* [online]. Environmental Systems Research Institute, ©2018 [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/>
- [27] CIBULKA, Miloš. *Digitální kartografie: Cvičení č.6*. Brno, 2014. Dostupné také z: um.mendelu.cz/akademie/predmety/30/download/52_DIKA_CVIC_6.pdf. Studijní materiály. Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta.
- [28] HLAVÁČ, Václav. *Matematická morfologie*. Praha. Dostupné také z: <http://cmp.felk.cvut.cz/~hlavac/TeachPresCz/11DigZprObr/71-3MatMorpholBinCz.pdf>. Podklady pro přednášku. České vysoké učení technické v Praze.
- [29] HORÁK, Karel. *Morfologické operace*. ©2010. Dostupné také z: http://midas.uamt.feec.vutbr.cz/ZVS/Exercise10/content_cz.php. Podklady pro cvičení. Vysoké učení technické v Brně.
- [30] ARONOFF, Stanley. *Geographic information systems: a management perspective*. Ottawa: WDL, ©1993. ISBN 0-921804-91-1.
- [31] *ArcGIS Desktop: ArcGIS Pro* [online]. Environmental Systems Research Institute, ©2018 [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <http://pro.arcgis.com/en/pro-app/>
- [32] KŘIKAVOVÁ, Linda. *Interpolace bodových dat v GIS*. Praha, 2009. Dostupné také z: http://maps.fsv.cvut.cz/diplomky/2009_BP_Krikavova_Interpolace_bodovych_dat_v_GIS. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze.
- [33] *Desktopový GIS: ArcGIS Pro* [online]. Praha: ARCDATA PRAHA [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://www.arcdata.cz/produkty/arcgis/desktopovy-gis/arcgis-pro>
- [34] *Shotcut* [online]. Meltytech, ©2011-2016 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <https://shotcut.org/>

Seznam obrázků

Obr. 2.1 Altmannovo panorama Vltavy [11]	15
Obr. 2.2 Nerealizovaná přehrada u hotelu Záhoří [11].....	17
Obr. 2.3 Model nerealizované přehrady [Národní technické muzeum]	17
Obr. 2.4 Stavba Slap ze dne 21.7.1952 [12].....	18
Obr. 2.5 Vodní elektrárna Slapy [17]	19
Obr. 3.1 První vydání státní mapy odvozené 1 : 5 000 – část listu BENE98 [ČÚZK].....	20
Obr. 3.2 TIN vytvořený z dat DMR 5G	23
Obr. 4.1 Vytvoření mozaiky	25
Obr. 4.2 Definování geometrie mozaiky	25
Obr. 4.3 Nahrazení barev	27
Obr. 4.4 Nahrazení barev a výsledný přebarvený rastr.....	28
Obr. 4.5 Problémy při získávání dvoubarevného rastru	29
Obr. 4.6 Dialog reklasifikace rastru.....	30
Obr. 4.7 Nastavení rastrového přichytávání.....	33
Obr. 4.8 Možnosti vektorizace.....	33
Obr. 4.9 Nastavení automatické vektorizace.....	34
Obr. 4.10 Ukázka č. 1 špatně očíslovaných vrstevnic (vlevo – vznikl by hrbol, vpravo – vznikla by prohlubeň).....	36
Obr. 4.11 Ukázka č. 2 špatně očíslovaných vrstevnic (vrstevnice na pravém dolním listu mají posunutá číselná označení).....	36
Obr. 4.12 Průběh vektorizace.....	38
Obr. 4.13 Problémy s výškovými kótami.....	38
Obr. 4.14 Funkce Topo to Raster.....	43

Obr. 4.15 Výsledek rozdílu rastrů.....	44
Obr. 4.16 Rozložení zón.....	45
Obr. 5.1 Ukázka jednoho z pokusů vizualizace.....	46
Obr. 5.2 Časová osa u části s prolínáním textur.....	48
Obr. 5.3 Prostředí programu Shotcut.....	49
Obr. 6.1 Rozdíly nadmořských výšek modelů.....	51

Seznam tabulek

Tab. 4.1 Průměrné hodnoty rozdílů nadmořských výšek	46
---	----

Seznam příloh

Tištěné přílohy

Příloha A – Porovnání současného a historického stavu několika míst

Elektronické přílohy (na DVD)

Příloha 1 - Text práce ve formátu PDF

Příloha 2 – Zpracování

Příloha 3 – Video průletu ve formátu MP4

Příloha A



Obr. 1-1 Županovice (podklad SMO-5) [ČÚZK]



Obr. 1-2 Županovice (podklad DMR 5G, ortofoto) [ČÚZK]



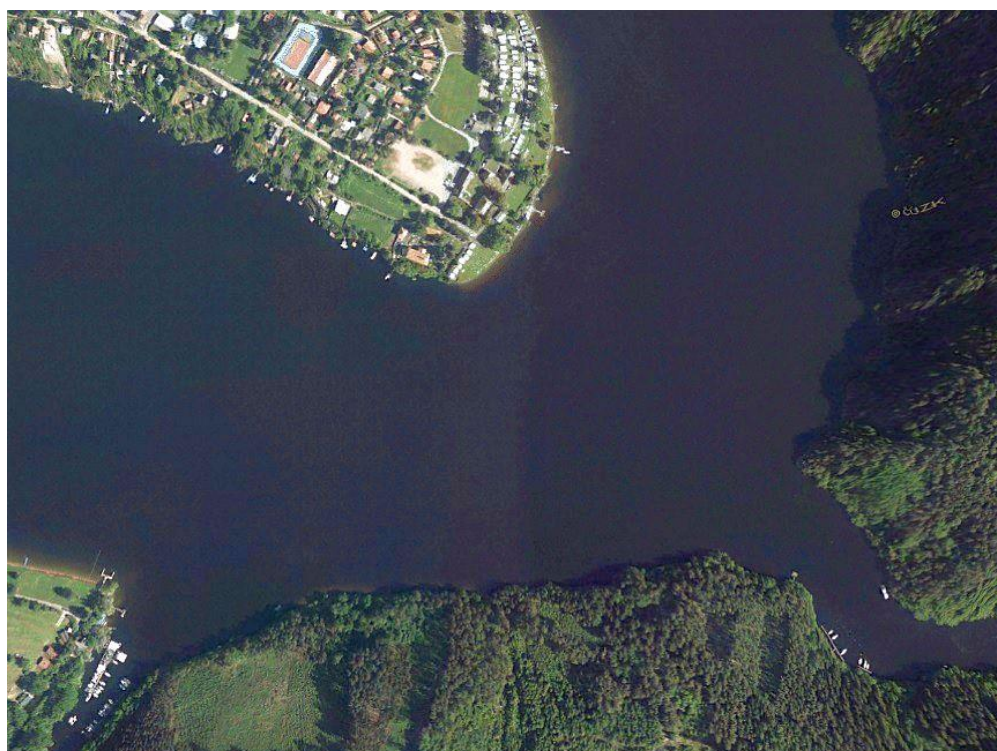
Obr. 2-1 Ústí (podklad SMO-5) [ČÚZK]



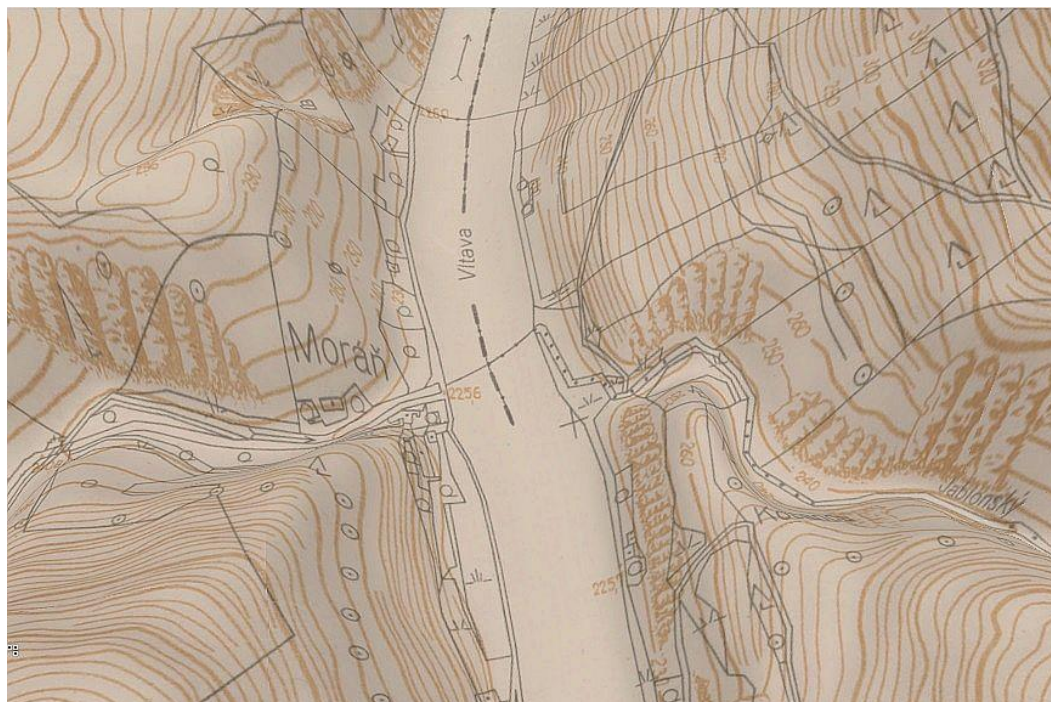
Obr. 2-2 Ústí (podklad DMR 5G, ortofoto) [ČÚZK]



Obr. 3-1 Živohošť (podklad SMO-5) [ČÚZK]



Obr. 3-2 Živohošť (podklad DMR 5G, ortofoto) [ČÚZK]



Obr. 4-1 Moráň (podklad SMO-5) [ČÚZK]



Obr. 4-2 Moráň (podklad DMR 5G, ortofoto) [ČÚZK]