

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

FAKULTA STAVEBNÍ

STUDIJNÍ PROGRAM GEODÉZIE A KARTOGRAFIE

STUDIJNÍ OBOR GEODÉZIE A KARTOGRAFIE



DIPLOMOVÁ PRÁCE

**VIZUALIZACE ŘÍČNÍHO ÚDOLÍ MŽE V OKOLÍ
VODNÍ NÁDRŽE HRACHOLUSKY S VYUŽITÍM
MAPOVÝCH APLIKACÍ**

**VISUALISATION OF THE MŽE VALLEY IN THE
NEIGHBOURHOOD OF THE HRACHOLUSKY DAM
USING MAP APPLICATIONS**

Vedoucí práce Ing. Tomáš Janata, Ph.D.

Katedra geomatiky

Červen 2019

Bc. Lenka KROUPAROVÁ

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE****Fakulta stavební**

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE**Příjmení: Krouparová Jméno: Lenka Osobní číslo: 439236Zadávající katedra: katedra geomatikyStudijní program: Geodézie a kartografieStudijní obor: Geodézie a kartografie**II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI**Název diplomové práce: Vizualizace říčního údolí Mže v okolí vodní nádrže Hracholusky s využitím mapových aplikacíNázev diplomové práce anglicky: Visualisation of the Mže valley in the neighbourhood of the Hracholusky dam using map applications

Pokyny pro vypracování:

Sběr a zpracování podkladů k vizualizaci okolí přehradní nádrže Hracholusky v různých časových hladinách. Úprava sady pravidel pro procedurální modelování vegetace a zástavby s využitím nástroje CityEngine. Doplnění modelované krajiny o podrobnější model přehradní hráze. Vizualizace říčního údolí formou 2d a 3d mapové aplikace.

Seznam doporučené literatury:

Cajthaml, J.: Analýza starých map v digitálním prostředí na příkladu Müllerových map Čech a Moravy. ČVUT v Praze, 2012.

Voženílek, V., Kaňok, J., a kol.: Metody tematické kartografie – Vizualizace prostorových jevů. Univerzita Palackého v Olomouci, 2011.

Bláha, Jan D. Vybrané okruhy z geografické kartografie. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně, 2017.

Dokumenty a publikace PVL, muzeí a knihoven.

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Tomáš Janata, Ph.D.Datum zadání diplomové práce: 18. února 2019Termín odevzdání diplomové práce: 19. května 2019*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 nutně 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. 2019
Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení o autorství

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci vypracovala samostatně, pouze za poskytnutých konzultací. Veškeré použité zdroje a podklady jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze dne

.....

Podpis

Poděkování

Chtěla bych poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ing. Tomáši Janatovi, Ph.D. za odborné vedení, věcné připomínky, vstřícnost při konzultacích a pomoc při nalezení mapových podkladů ve státních okresních archivech. Dále děkuji panu Vetrákovi ze Státního okresního archivu Tachov za cenné poznatky a rady ohledně vodních mlýnů v okolí Stříbra.

Abstrakt

Diplomová práce je zaměřena na vizualizaci vodní nádrže Hracholusky prostřednictvím mapových a vektorových podkladů ve 3 časových rozmězech, konkrétně od 19. století do současnosti. Z vektorizovaných dat jsou vytvořeny 3D scénérie krajiny v CityEngine. Pro dokreslení jsou vyhotoveny podrobné 3D modely vodních děl na řece Mži v programu SketchUp. Veškeré výstupy práce jsou uveřejněny prostřednictvím aplikace ArcGIS Online.

Klíčová slova

Hracholusky, mapové podklady, císařské otisky stabilního katastru, mapové listy SMO–5, RÚIAN, DKM, vektorizace, modelování, CityEngine, SketchUp, webová aplikace

Abstract

The diploma thesis is focused on visualisation of the water dam Hracholusky using means of map and vector bases in three temporal levels – from the 19th century up to the present. From the vectorised data 3D landscape scenes are created using CityEngine software. For illustration, detailed 3D models of water works on the Mže River are rendered using SketchUp software. All the outputs of the work are published using web application within the ArcGIS Online environment.

Key words

Hracholusky, base maps, imperial imprints of the Stable cadastre, map sheets of the SMO–5, RÚIAN, DKM, vectorization, modeling, CityEngine, SketchUp, web application



Seznam použitých zkratk

3WS	CityEngine Web Scene
CGA	Computer Generated Architecture
CO	Císařské otisky stabilního katastru
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
DKM	Digitální katastrální mapa
DMR 5G	Digitální model reliéfu České republiky 5. generace
DMT	Digitální model terénu
GIS	Geographic information system
IB	Identické body
JPG	Joint Photographics Expert Group
KM	Katastrální mapa
KMZ	Rozšířený formát KML (Keyhole Markup Language)
ML	Mapový list
MNČ	Metoda nejmenších čtverců
MR	Mapový rastr
NAKI	Program aplikovaného výzkumu a vývoje národní a kulturní identity
NATO	North Atlantic Treaty Organization
PGWX	BlenderGIS PNG World Data
PNG	Portable Network Graphics
RÚIAN	Registr územní identifikace, adres a nemovitostí
S-42	Souřadnicový systém 1942
S-42/83	Souřadnicový systém 1942/83
S-52	Souřadnicový systém 1952



S–JTSK	Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální
SHP	Shapefile
SM–5	Státní mapa v měřítku 1 : 5 000
SMD	Státní mapové dílo
SMO–5	Státní mapa 1 : 5 000-odvozená
TIFF	Tagged Image File Format
TM10	Topografická mapa Č(SS)R 1 : 10 000
TM25	Topografická mapa Č(SS)R 1 : 25 000
VDP	Veřejný dálkový přístup
VFR	Výměnný formát RÚIAN
WGS84	World Geodetic System 1984
WMS	Web Map Service

Obsah

1 Úvod.....	10
2 Uvedení do problematiky	12
3 Vodní nádrž Hracholusky	14
3.1 Oblast vodní nádrže	14
3.2 Zatopené obce.....	15
3.2.1 Dolany.....	15
3.2.2 Těchoděly.....	16
3.2.3 Butov	16
3.3 Historie jednotlivých modelovaných mlýnů	17
3.3.1 Stoupa U Hamru	18
3.3.2 Dolanský mlýn – Heinzmannův mlýn.....	18
3.3.3 Hracholuský mlýn – Bayerův mlýn	18
3.3.4 Těchodělský mlýn – Hublův mlýn	18
3.4 Historie stavby přehrady	18
4 Podklady ke georeferencování a modelování	21
4.1 Naskenované mapové podklady.....	21
4.1.1 Císařské povinné otisky map stabilního katastru Čech 1 : 2 880 (CO).....	21
4.1.2 Státní mapa 1 : 5 000-odvozená	23
4.1.3 Topografická mapa Č(SS)R 1 : 10 000	24
4.1.4 Dílčí mapové podklady vodních mlýnů	26
4.2 Ostatní podklady	26
4.2.1 ArcČR 500.....	27
4.2.2 Prohlížečská služba WMS – ZM10	27
4.2.3 Klady mapových listů.....	27
4.2.4 Katastrální mapa – RÚIAN.....	28
4.2.5 DMR 5G	29
5 Použité transformace	30
5.1 Obecná transformace.....	30
5.2 Transformace založené na vyrovnání metodou nejmenších čtverců (MNČ)	31
5.2.1 Afinní transformace.....	31
5.2.2 Polynomická transformace 1. stupně.....	32
5.2.3 Polynomická transformace 2. stupně	32



5.2.4	Projektivní transformace.....	33
5.3	Vyrovnání MNC.....	34
6	Zpracování dat	37
6.1	Postup zpracování.....	37
6.2	Práce v softwaru ArcGIS Desktop.....	37
6.2.1	Software ArcGIS Desktop	37
6.2.2	Založení geodatabáze a volba souřadnicového systému	38
6.2.3	Georeferencování rastrových podkladů	39
6.2.4	Volba identických bodů	42
6.2.5	Tvorba mozaiky.....	44
6.2.6	Vymezení zájmové oblasti a následná vektorizace objektů CO, SMO5 a KM	44
6.3	Procedurální modelování v CityEngine.....	55
6.3.1	Software CityEngine	55
6.3.2	Postup modelování objektů v CityEngine 2018	56
6.4	Modelování konkrétních objektů	57
6.4.1	Software SketchUp 2017	57
6.5	Publikace veškerých výsledků v mapové aplikaci ArcGIS Online	59
6.5.1	Vytvoření webové mapové aplikace 2D	59
6.5.2	Vytvoření webové mapové aplikace 3D.....	60
7	Porovnání výsledků.....	62
8	Diskuse.....	66
9	Závěr.....	69
	Použitá literatura	71
	Seznam obrázků.....	75
	Seznam tabulek.....	77
	Seznam příloh	78
	A Tištěné přílohy	78
	B Elektronické přílohy na Flash disku	78

1 Úvod

Diplomová práce „*Vizualizace říčního údolí Mže v okolí vodní nádrže Hracholusky s využitím mapových aplikací*“ je zaměřena na znázornění přesně určené oblasti v několika časových obdobích. Konkrétně se jedná o oblast vodní nádrže Hracholusky, jež se nachází západně od Plzně a která byla již v minulých stoletích hojně využívána pro svou neobyčejnou rozmanitost. Okolí této přehrady bylo vybráno záměrně. Několikrát jsem tuto oblast navštívila, a to nejen z důvodu nedalekého rodiště, ale i kvůli nádherné přírodě. Bohužel mnoho lidí si neuvědomuje, co museli někteří lidé obětovat pro to, abychom dnes mohli strávit poklidnou dovolenou u vody. V prosinci minulého roku proběhlo snížení hladiny přehrady o 7 metrů. V období vypuštění byla navštěvována zvědavci, kteří se snažili zachytit co nejlepší snímek dna přehrady, na němž byly patrné zbytky ruin. Na internetových stránkách je možné nalézt mnoho fotografií a článků zachycujících tuto událost.

Okolí toku Mže bylo velmi členité, a tak bylo vhodné pro vybudování přehrady. Tok sloužil pro napájení vody na okolní zemědělskou půdu a k rekreaci. Byla zde vybudována i vodní elektrárna a několik mlýnů. Velikou ranou v 60. letech 20. století bylo pro obyvatelstvo malebného údolí rozhodnutí o stavbě cca 500ha přehrady. Nemalý podíl na stavbě měl i rozvíjející se průmysl v nedaleké Plzni. Kvůli stavbě muselo být zaplaveno několik vesnic a desítky obyvatel přišlo o svou rodnou ves.

Úkolem diplomové práce byla vizualizace a zpracování podkladů v období před zatopením obcí v 19. století prostřednictvím Císařských povinných otisků stabilního katastru, Státní mapy 1 : 5 000-odvozené vzniklé v 60. letech 20. století, Topografické mapy Č(SS)R 1 : 10 000 ze 70. let 20. století, na nichž je vidět zajímavost o průběhu stavby, kdy na některých mapových listech je k vidění ještě koryto toku a na některých, obzvlášť v oblasti hráze, současný stav přehrady, a současná data digitální katastrální mapy z dat RÚIAN. Změny v časových rozmezích byly zaznamenány v podobě vektorových vrstev podle podkladů a 3D modelů. Pro dokreslení celé scenerie byla podrobněji vymodelována čtyři vodní díla, která jsou sdílena prostřednictvím webové stránky 3D Warehouse, a jsou publikovány jejich animace. Vše bylo popsáno rovněž v textové podobě. Veškeré výsledky práce je možné zhlédnout ve sdíleném prostředí ArcGIS Online.

Počátek práce je věnován rešerši odborných dokumentů, které se zabývají vizualizací historických objektů, přehrad a měst. Pojednáno je i o knižních publikacích, ze kterých je čerpána historie a teoretické vlastnosti použitých transformací při umístění rastrových podkladů.

Následující text je věnován popisu, historii okolí říčního koryta řeky a parametrům stávající vodní nádrže. V textu jsou pro představu uvedeny historické i současné fotografie oblasti.

V další kapitole je popsán vznik a obecné informace o mapových a nemapových podkladech použitých při georeferencování.

Dále jsou vypsány všechny náležitosti a vlastnosti použitých transformací při procesu georeferencování.

V nadcházející části je objasněn konkrétní postup činností při zpracování, charakteristika použitých softwarů, např. ArcMap, CityEngine a SketchUp. Pojednává o vhodné volbě identických bodů, zvolené transformaci, vektorizaci objektů dle mapových podkladů až po 3D modely oblasti a jednotlivých objektů.

V závěrečné části je popsána tvorba webové mapové aplikace, ve které jsou prezentovány dosažené výsledky. V diskuzi je pojednáno o komplikacích při zpracování diplomové práce a navržena lepší řešení jednotlivých problémů. Poté jsou nastíněny okruhy prací, kterými by se mohl zabývat řešitel navazující na diplomovou práci.

2 Uvedení do problematiky

Práce se zabývá velmi zajímavým a v dnešní době i aktuálním tématem. Jedním z výsledků práce je zobrazení změn v rámci různých časových rozmezích dané zájmové oblasti. Kontrast těchto změn je vhodně vizualizován. Po prostudování několika studentských absolventských prací vyplývá, že studenty geomatických oborů obdobná témata velice zajímala.

Pro zpracování informací historického krajinného pokryvu je využíváno především historických map – Císařských povinných otisků stabilního katastru, Státní mapy 1 : 5 000-odvozené a Topografické mapy Č(SS)R 1 : 10 000. Co se týká zpracování aktuálního stavu, byla použita digitální katastrální mapa z VDP.

O zpracování rastrových dat a teoretických informacích jednotlivých transformací je pojednáno v komplexním odborném díle *Cajthamla (2012)*. Základními charakteristikami jednotlivých map a kartografických zobrazení se zabývají skripta *Veverky a Zimové (2008)*.

O oblasti vodní nádrže Hracholusky vzniklo několik knih. V jedné z nejvydářenějších a nejzajímavějších se *Pecák (2009)* věnuje popisu zájmové oblasti a zatopeným vesnicím, mj. vychází i z výpovědí rodilých příslušníků obcí.

Z absolventských prací zabývajících se obdobným tématem se *Hartmanová (2016)* věnovala především sběru a zpracování kartografických podkladů od 19. století. Výsledkem bylo vytvoření 3D modelu Opočna a webová aplikace. Podobné téma řeší *Kadlecová (2013)*, jež vytvářela mapové výstupy od roku 1842 do roku 2010 v různých časových intervalech a jejich vizualizace ve webové aplikaci.

Slívová (2018) vytvořila vizualizaci části historického údolí Vltavy pomocí 3D modelu. Práce byla 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.“ Zajímavě je zde pojednáno i o několika možnostech vektorizace vrstevnic v nadstavbě ArcScan, především o postupu automatické a poloautomatické vektorizace, který byl využit i v autorčině práci. Projekt byl využíván v absolventské práci autorky k vektorizaci objektů Císařských povinných otisků stabilního katastru, Státní mapy 1 : 5 000-odvozené a katastrální mapy.

Problematikou analýzy a vizualizace objektů města Kadaň prostřednictvím CityEngine se zabývala také *Dykastová (2016)*. Použity byly podklady od poloviny 19. století, které nastiňovaly vizuální změny v časovém rozmezí. Proměny byly zformovány ve 2D a 3D formátech.

Výhody a nevýhody spojené s procedurálním modelováním jako celek jsou shrnuty v knižní publikaci *Haeglera, Mullera a Van Goola (2009)*. Poukazují na možný vznikající dojem, že pomocí prezentování 3D modelů historických budov jsme schopni s jistotou znát jejich skutečný rozměr. Bohužel většina případů jsou pouhé dohady a zakládají se na hypotézách. V další sekci popisují rozdílný přístup mezi manuálním a procedurálním modelováním. A naopak uvádějí argumenty, proč konkrétně používat procedurální modelování. Jsou zde k nalezení i vhodné postupy v programu CityEngine a historie modelování.¹

Modelování historických objektů není záležitostí jen pro odborníky ze zahraničí. Na našem území vznikl velice zajímavý 3D model pevnosti Terezín. Pro modelování byla ale zvolena jednodušší varianta, program SketchUp. Mnohé pozoruhodnosti a vizualizace modelů jsou znázorněny v knize *Fuksy (2016)*. Další zajímavé modely konstruované pomocí herních enginů sestavil tým odborníků – sociálních geografů z Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy, kteří rekonstruovali Ostrovský klášter nacházející se jižně od Prahy. Rekonstrukce kláštera je popsána na internetových stránkách *Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy (2018)*.²

¹ Kniha je ilustrována mnoha obrázky 3D modelů, které byly vytvořeny touto metodou, např. rekonstrukce Pompejí, Říma. Celé video o rekonstrukci Říma je k dispozici na internetových stránkách *Rome Reborn (2008)* a lze si ji prohlédnout třeba i z ptáčích perspektiv. Internetové stránky Roma Reborn: <https://www.romereborn.org/>.

² Konkrétní model vizualizace je možné zhlédnout na internetových stránkách České televize (1992): <https://bit.ly/2FLNO3X>.

3 Vodní nádrž Hracholusky

V následující kapitole byl text čerpán z knižní publikace *Pecáka (2009)*.

3.1 Oblast vodní nádrže

Vodní nádrž Hracholusky byla vybudována nedaleko Plzně na řece Mži v letech 1959–1964. Přehrada se rozléhá mezi městem Stříbrem a vsí Hracholusky.

Poloha vodní nádrže v rámci celé České republiky je znázorněna na obrázku č. 1. Na obrázku č. 2 a obrázku č. 3 je vidět historický a současný stav vodní nádrže.



Obrázek 1: Lokalizace vodní nádrže Hracholusky



Obrázek 3: Dochovaný pohled na údolí u Českého mlýna, zdroj: Pecák (2009)

rekreačních chat a na začátku 50. letech byly nastíněny budoucí plány s výstavbou přehrady z důvodu zachycení užitkové vody pro průmysl, který se v těchto letech rozvíjel především v Plzni. Několik let před výstavbou ne-

Mže svým tokem vytvořila hluboká údolí, nad kterými se tyčily skály a lesy. Začátkem 20. století začali využívat tento tok majitelé mlýnů, elektráren a vodních pil. Ve 20.–30. letech započaly stavby



Obrázek 2: Vodní nádrž Hracholusky, zdroj: Kudy z nudy (2005)

měli obyvatelé této oblasti o plánech stavby sebemenší ponětí. Z výpovědi pamětníka Vladimíra Lihuna je zřejmý paradox, kdy majitel domu dostal mezi lety 1957–1958 stavební povolení na nový krov a střechu. Na druhou stranu někteří obyvatelé přiznali, že vystěhování ze svých domovů nebylo tak hrozné, protože pobývali v domech zkonfiskovaných odsunutým Němcům.



Obrázek 4: Současný stav zatopené oblasti, zdroj: Národní geoportál INSPIRE (2005)

3.2 Zatopené obce

Stavba přehrady se nejvíce dotkla 3 obcí: Dolany, Těchoděly a Butov. Nebyly zaplaveny jen vesnice, ale i vodní elektrárna, pily a další objekty. Nejvýznamnější ze staveb byla beze sporu elektrárna Český mlýn.

3.2.1 Dolany

Dolany byla obec, která ležela na pravé straně řeky, a byla ze zatopených obcí svojí rozlohou a počtem obyvatel největší. Většina obyvatel pracovala v zemědělství a v tanním lihovaru. Před zánikem obec čítala 23 obytných domů, spoustu stodol a kůlen.

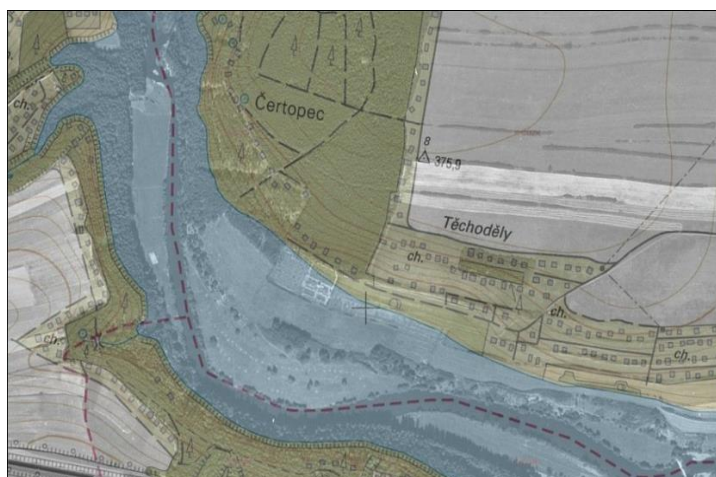


Obrázek 5: Pohled na obec Dolany, zdroj: Pecák (2009)

V jarním období se velice často stávalo, že se na jezu nahromadily kry a při jejich tání byla tato obec zaplavena.

3.2.2 Těchoděly

V obci mezi válkami pobývali pouze němečtí obyvatelé. Později byla označena jako osada. Před zánikem se zde nacházelo 11 domů s 68 obyvateli. Jak je uvedeno na internetové stránce *Berana (2005)*, většina z domů se nachází v minimální hloubce 17 metrů pod hladinou. Torza je možno zhlédnout při potápění. Ukázka pozůstatků pod hladinou je vyobrazena na obrázku č. 8.



Obrázek 6: Znázornění původního koryta řeky (přerušovaná čára) a zatopené oblasti (souvislá čára), zdroj: *Tachovský deník (2012)*

Součástí byl i Zelenkův neboli Schneiderův mlýn a Český mlýn.



Obrázek 7: Rozvaliny Zelenkova mlýna, zdroj: *Pecák (2009)*



Obrázek 8: Podvodní svět objektivem, zdroj: *Tachovský deník (2012)*

3.2.3 Butov

Obec vznikla již ve 12. století, ale v 16. st. byla uváděna jako opuštěná. V následujících století byla opět osídlena a v roce 1939 obývalo vesnici 78 obyvatel

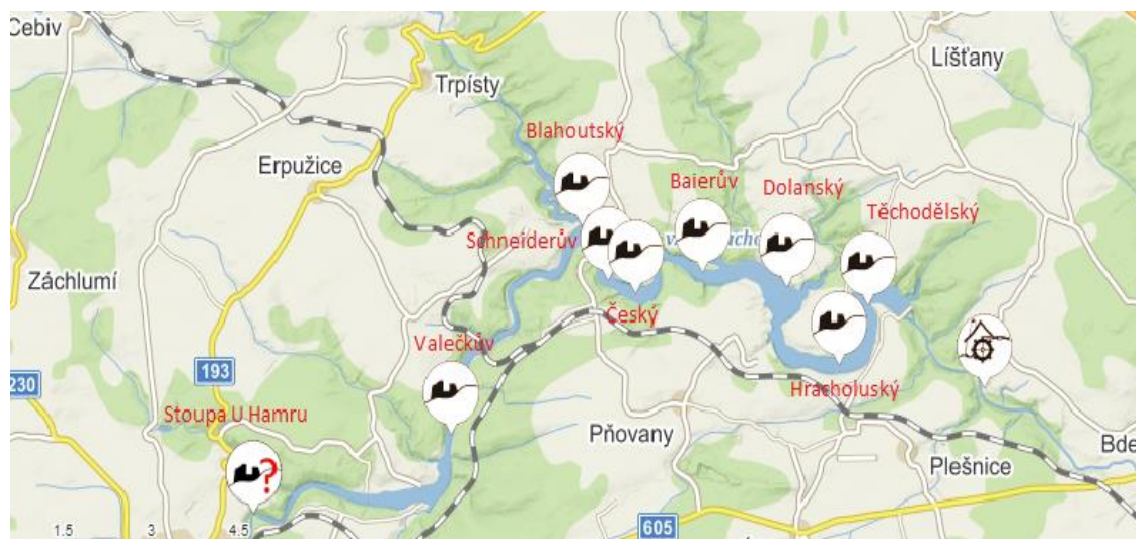
v 19 příbytcích. Při zaplavování byla zatopena většina území. Zbylo jen 5 domů a v současné době je na břehu vybudována rekreační oblast pod stejným názvem.



Obrázek 9: Budov v roce 1948, zdroj: Pecák (2009)

3.3 Historie jednotlivých modelovaných mlýnů

Pro svůj strmý spád toku bylo na řece Mži vybudováno několik mlýnů a vodní elektrárna. Všeobecně se udává, že kvůli výstavbě přehrady Hracholusky muselo ustoupit minimálně dvanáct mlýnů. Na obrázku č. 10 jsou na mapě názorně zobrazeny zaplavené mlýny. Vymodelovány byly jen konkrétní čtyři, ke kterým se dochovala mapová a popisová dokumentace. Popisové informace týkající se samostatných mlýnů jsou získány z vodní knihy státního okresního archivu Tachov, z knihy *Procházky a Vetráka (2018)* a internetové stránky *mapy.cz (1998)*.



Obrázek 10: Přehledová mapa zatopených mlýnů, zdroj: mapy.cz (1998)

3.3.1 Stoupa U Hamru

Počátek stavby se datuje až do středověku, kdy existuje písemná zmínka od stříbrského historika. Původní stavba sloužila jako mlýn. Až roku 1837 byl mlýn přestavěn na drtírnu a plavírnu olověné rudy, která byla vzdálena 2,5 km od centra Stříbra. Drtírna byla poháněna dvěma vodními koly. Celý půdorys a pohled je zobrazen na dílčích podkladech vodní knihy z roku 1868. Zároveň byl vybudován 350 m dlouhý vodní náhon. Po roce 1916 byl objekt využíván jako vodní elektrárna, kterou vlastnila těžařská společnost. V roce 1956 byly budovy zbourány kvůli výstavbě přehrady.

3.3.2 Dolanský mlýn – Heinzmannův mlýn

První zmínka o stavbě Dolanského mlýna je uvedena ve vodní knize z roku 1873. V roce 1930 vlastnil mlýn Otto Heinzmann. Podle tohoto vlastníka bylo mlýnu přezdíváno také jako Heinzmannův mlýn. Jednalo se o moučný mlýn na stálé vodě, který byl poháněn dvěma koly. Mlýnice byla vybudována o rozměrech 10 × 19 m. Součástí byla i malá elektrárna.

3.3.3 Hracholuský mlýn – Bayerův mlýn

Mlýn se nacházel nedaleko obce Hracholusky a disponoval jedním mlecím kamenem. Mlýnice byla postavena o rozměrech 12,10 × 8,60 m a fungovala také jako vodní elektrárna. Z historických pramenů je zřejmé, že do roku 1939 byl majitelem Johann Nemelka. Dalším vlastníkem se stal Antonín Bayer, jehož jménem byl mlýn také často označován.

3.3.4 Těchodělský mlýn – Hublův mlýn

Těchodělský neboli Hublův mlýn existoval do 60. let 20. století nedaleko obce Těchoděly. Zachovala se pouze mapová dokumentace pro přestavbu mlýna z roku 1878. Další podrobnější informace popisující toto stavební dílo nebyly nalezeny.

3.4 Historie stavby přehrady

Jak je uvedeno v internetovém článku *VD Hracholusky (2013)* a knize *Pecáka (2009)*, začátek stavby byl zahájen v září 1959 a celková stavba trvala dalších 5 let. Hlavní betonářské práce jako betonování injektážní odpadní štoly,

věž elektrárny a šachtový přeliv započaly v létě 1960. Hráz byla budována navážením, sypaním a hutněním materiálu v celkové délce 270 m. Šířka v koruně je 5 m a výška přibližně 26,5 m. V době výstavby nebyly veliké zkušenosti se stavbou šachtových přelivů, z toho důvodu byly vybudovány dva. V pravé části je navržen korunový přeliv se skluzem 130 m a šířce na dně 6 m. Celý přeliv je zakončen vývarem.³

Při maximální výšce hladiny plocha nádrže dosahuje cca 500 ha. Objem vody v nádrži je 6,5–56,5 milionu m³. Malá vodní elektrárna (Kaplanova turbína)⁴ o celkovém výkonu 2,9 MW byla vystavěna na levém břehu. Zátok přehrady Hracholusky činí na délku 22,5 km.

Vodní dílo bylo vybudováno za účelem akumulace vody pro průmysl, zemědělství a energii v Plzeňském kraji. Neméně významným důvodem je i ochrana před velkou vodou a rekreace.

V září 2018 došlo ke snížení úrovně vodní nádrže Hracholusky až o 7 metrů. O této události byl napsán článek *Přístaviště je na suchu, nad hladinou přehrady se vynořil bunkr* na internetovém serveru *IDNES.CZ* (2018). Příčinou byla oprava piliřů viaduktu na vlakové trati Pňovany-Bezdrůžice. Od prosince téhož roku byla hladina opět zvyšována. Návštěvníkům se mohl naskytnout neobyčejný pohled na základy staveb, části silnic, zaplavené vojenské bunkry i ztrouchnivělé pařezy. V tomto období byly Hracholusky hojně navštěvované pro neopakovatelný okamžik. Byla ke zhlédnutí místa, která byla zaplavena více než 50 let.

³ Zařízení, které tlumí energii vody a teče přes objekt přehrady. Zdroj: Wikipedia, Vývařiště (2019).

⁴ Přetlaková axiální turbína s velmi dobrou možností regulace. Využití při nestálém průtoku a spádu. Zdroj: Wikipedia, Kaplanova turbína (2018).



Obrázek 11: Pozůstatky vodní elektrárny Český mlýn, zdroj: Slecha (2018)



Obrázek 12: Ruiny základů, zdroj: Slecha (2018)



Obrázek 13: Čs. obranného opevnění, zdroj: IDNES.CZ (2018)



Obrázek 14: Pozůstatky silnice, zdroj: IDNES.CZ(2018)

4 Podklady ke georeferencování a modelování

Ke georeferencování zadaného území bylo zapotřebí několik druhů podkladů. A to jak ve formě naskenovaných mapových listů (rastrů), tak i podkladů, které jsou převážně ve vektorové podobě.

4.1 Naskenované mapové podklady

Tyto podklady byly pořízeny z Ústředního archivu zeměměřictví a katastru v rastrovém formátu JPG.⁵

Tabulka 1: Přehled mapových podkladů

Mapové podklady		Počet
Císařské otisky map stabilního katastru 1 : 2 880	MR	42
Státní mapa 1 : 5 000-odvozená	ML	12
Topografická mapa Č(SS)R 1 : 10 000	ML	5

Jak je napsáno na internetové stránce Čady (2007), SMD je důkazem vyspělosti státu a je vytvořeno v jeho prospěch. Vyhotovení, vydávání, udržování, obnovování a dokumentaci zajišťuje státní orgán. Je to souhrn souvislých mapových listů, které pokrývají dané území. Má jednotný značkový klíč, kartografické zobrazení, měřítko a zpravidla jednotný klad a značení mapových listů.

4.1.1 Císařské povinné otisky map stabilního katastru Čech 1 : 2 880 (CO)

Informace uvedené v následující podkapitole byly čerpány převážně z knižní publikace Cajthamla (2012) a internetových stránek Kostkové a Římalové (2018).

Z důvodu vybudování kvalitní trigonometrické sítě byly zahájeny v českých zemích mezi lety 1821–1840 měřické práce a mapování v letech 1824–1843 pod vedením Ludvíka Augusta Fallona. Pro území Rakouska-Uherska bylo

⁵ Formát, který umožňuje zobrazovat data v rozlišení true color a zabírá velice málo prostoru.

využito 7 souřadnicových soustav (později přibyly další 2). Pro území dnešní ČR se využívaly 2 soustavy:

- Čechy-Gusterberg;
- Slezsko, Morava – věž kostela sv. Štěpána ve Vídni.

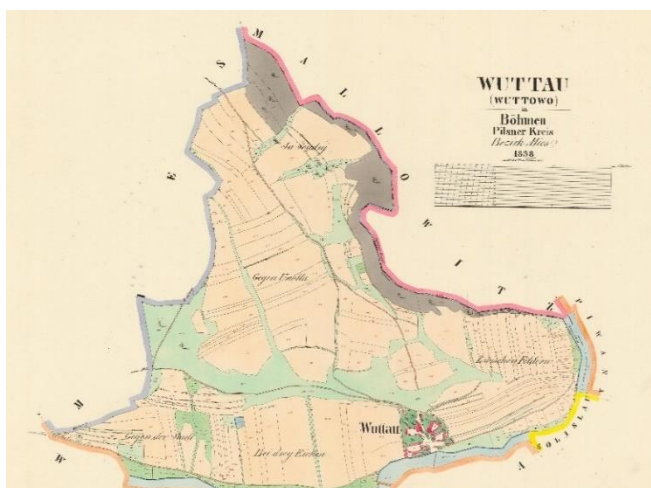
Matematické základy byly definovány Cassiniho transversálním válcovým zobrazením ekvidistantním v kartografických polednicích se Soldnerovým použitím souřadnic a Zachovým elipsoidem.

Mapa byla vytvořena v měřítku 1 : 2 880. Katastrální operát stabilního katastru se dělil dle prací na:

- Měřický operát – geometrické zaměření a zobrazení do map;
- Písemný operát – soupis pozemků a majitelů;
- Vceňovací operát – rozdělení pozemků podle kultur do bonitových tříd, zjištění výnosu a daní.

Měřický operát vznikl důsledkem mapovacích prací a obsahoval 12 696 katastrálních obcí a 49 967 mapových listů o rozměrech 658 × 527 mm. Ke vzniku originálních map byla použita metoda měřického stolu ze stanovisek určených graficky třemi záměrami. Vedle originálních map byly vyhotoveny i ručně kolorované tzv. povinné císařské otisky. Ty se zasílaly do vídeňského archivu. Další kopie mapy tvořily tzv. indikační skici, které sloužily pro oceňování, zápisy jmen vlastníků, domovních čísel atd.

Změny vedené v souladu se skutečností se nezakreslovaly do katastrální mapy, ale do deníku změn. V letech 1869–1880 proběhla revize stabilního katastru, ale bohužel s využitím méně přesných metod. V roce 1883 bylo uzákoněno stálé a průběžné zaznamenání změn do katastrální mapy.



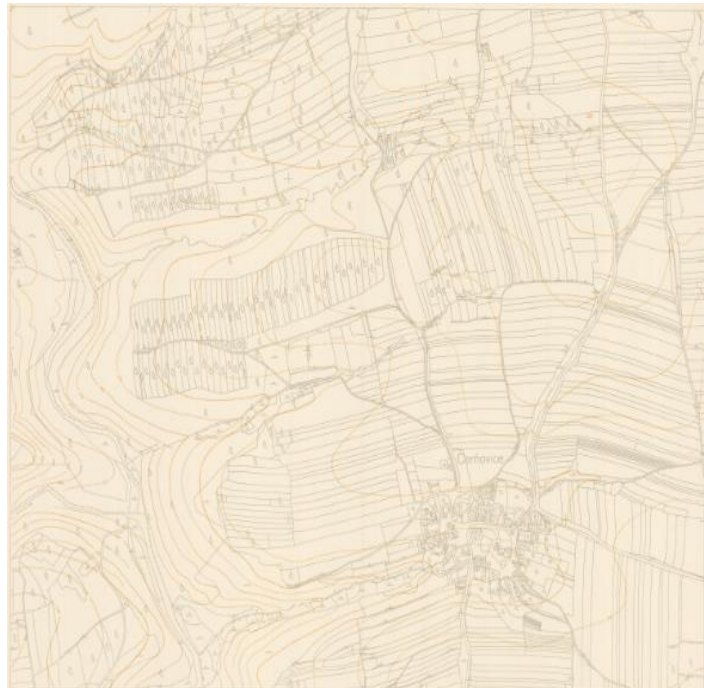
Obrázek 15: Císařský povinný otisk stabilního katastru – katastrální území Dolany, zdroj: Ústřední archiv zeměměřictví a katastru.

Nejvýznamnější jsou pro nás císařské povinné otisky, které jsou také použity při zpracování v této práci. Jsou čitelnější a esteticky vhodnější než originální mapy. Pořízeny byly v letech 1824–1843.

4.1.2 Státní mapa 1 : 5 000-odvozená

Následující text byl inspirován internetovými stránkami *Digitální katastrální mapy z pohledu funkce státního mapového díla (2007)* a *ČÚZK: Státní mapa 1 : 5 000-odvozená (2010)*.

Z historického hlediska byl poprvé termín státní mapa uplatněn pro projekt topografického měření v konformním Křovákově obecném kuželovém zobrazení po roce 1945. Od roku 1946 byla vytvořena Státní mapa ČSR 1 : 5 000-hospodářská (SM–5 hospodářská). Byly použity metody stolové tachymetrie nebo fotogrammetrické s připojením na polohové bodové pole v S–JTSK. Výškopis byl zobrazen vrstevnicemi a vznikl přímým měřením, které bylo připojeno na jednotnou nivelační síť. Na podnět nesplnění veškerých požadavků veřejného zájmu rozhodlo tehdejší Ministerstvo techniky o vytvoření Státní mapy 1 : 5 000-odvozené (SMO–5). Od roku 1950 byla tato mapa vyhotovována na celém území státu kromě oblastí, kde již byla zhotovena SM–5 hospodářská. Celkem projekt obsahoval přibližně 16 tis. mapových listů.



Obrázek 16: Ukázka mapového listu Manětín 6–9–SMO–5, zdroj: Ústřední archiv zeměměřičství a katastru.

SMO–5 vznikla přepracováním několika jiných původních podkladů. Mezi původní podklady řadíme:

- Katastrální mapy 1 : 2 880;
- Topografické mapy v systému S–1952;
- V případě nutnosti – topografická sekce III. vojenského mapování.

Do roku 1990 byly tyto mapy zakázány k veřejnému nahlížení. Mohly být používány jen pro potřeby státních orgánů a socialistických organizací.

Mapový list se označuje názvem významného města zobrazeného na mapovém listu a číslem sloupce odděleným pomlčkou od čísla vrstvy. Mapový list vznikl rozdělením mapy v měřítku 1 : 50 000 na deset sloupců a deset vrstev.

4.1.3 Topografická mapa Č(SS)R 1 : 10 000

Po druhé světové válce bylo zapotřebí vytvořit nová mapová díla. Samotná aktualizace dosavadních děl nevyhovovala požadavkům státu. Do roku 1945 byly k dispozici jen 3 druhy map: mapy III. vojenského mapování (topografická mapa sekce 1 : 25 000, speciální mapa 1 : 75 000 a odvozená generální 1 : 200 000). Byla potřeba i mezinárodně sjednotit nová topografická díla podle kartografického zobrazení, souřadných systémů, kladů a mapových listů. Vývoj topografických map po roce 1945 se dá shrnout do 3 etap:

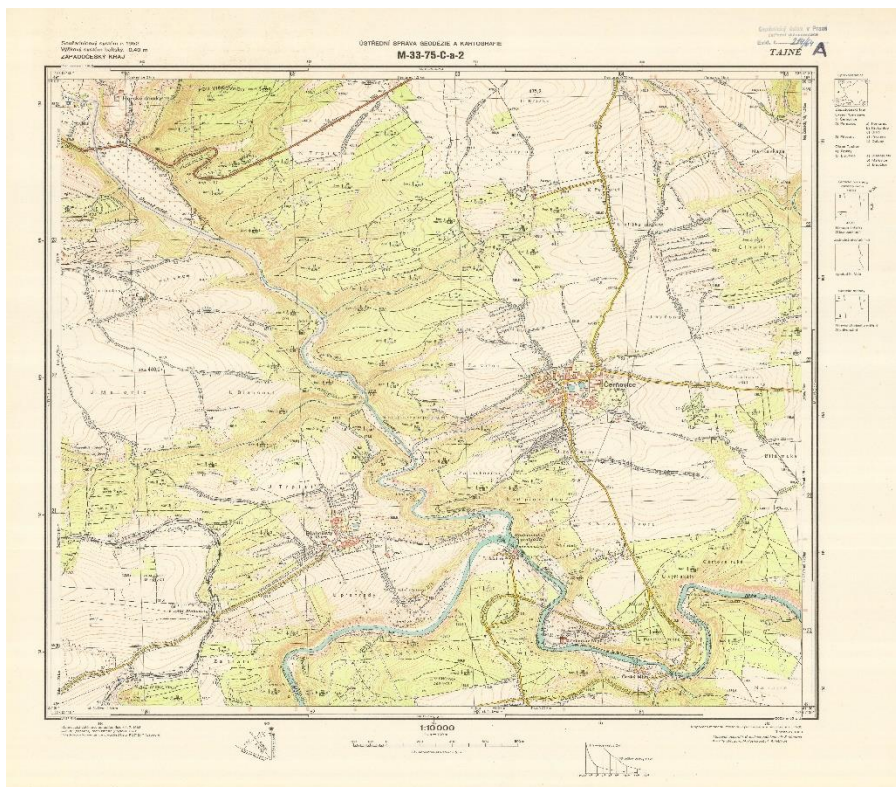
- 1950–1953: Vydání prozatímního topografického díla v měřítku 1 : 50 000 z dosažitelných podkladů – první podobnost k systému S–42.
- 1952–1958: Započato nové mapování pro topografickou mapu v měřítku 1 : 25 000. Z ní pak byla odvozena měřítka 1 : 50 000, 1 : 100 000 a 1 : 200 000. Při mapování bylo využito fotogrammetrických a geodetických metod. Vznikl souřadnicový systém S–52, který odpovídal přibližně S–42.
- 1957–1971: Topografické mapy v měřítku 1 : 10 000 vznikly „novým fotogrammetrickým mapováním“ v rovinných oblastech a v zalesněných terénech tachymetricky. Byly vytvořeny pro technické plánování a projektování. 80 % TM10 zpracovala civilní složka a 20 % vojenská. V rámci celé ČR tvoří nejpřesnější výškopis. Dále nejsou mapy aktualizovány a jsou součástí archivu. Tyto archiválie se staly podkladem pro vznik Základní mapy 1 : 10 000.

Mapa TM10 nebyla později armádou příliš využívána. Obsahovala 6 432 mapových listů na území Československa. Z toho na 1 289 ML bylo vyobrazeno zájmové území vojska (pohraniční pásmo, výcvikové prostory).

Nové topografické mapy byly označeny jako tajné. Do roku 1970 nebyly čistě jen pro obranu státu. Sloužily i pro národní hospodářství, vědu a kulturu. Od roku 1970 mohly být používány jen pro potřeby armády a škol. Po roce 1990 byly odtajněny.

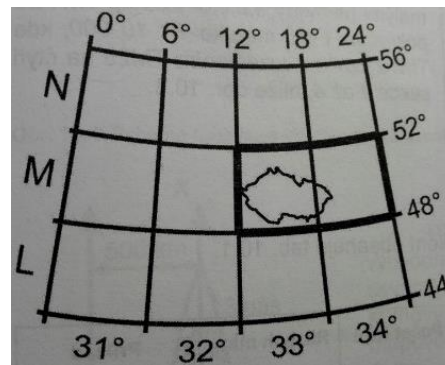
Topografické mapy užívaly příčné válcové konformní Gauss–Krügerovo zobrazení poledníkových pásů. Pásky byly šestistupňové a osa Y byla zvolena v obrazovém rovníku. K souřadnici Y se připočítává 500 km. Osa X byla v obrazovém poledníku. Počátek pásů je od Greenwichského poledníku. Pro území ČR je poledníkový pás označen č. 33 se základním 15° poledníkem. Délkové zkreslení na okrajích dosahuje až 62 cm/km. Referenční plocha tvořila Krasovského elipsoid. Geodetické základy vycházely z S–JTSK. Tento systém je definován jen na našem území. Proto byl souřadnicový systém transformován do systému S–52. Zpřesňující verze jsou S–42 a S–42/83. Pro výšky byl použit baltský systém.

Po vstupu ČR do vojenské organizace NATO byla na tyto mapy natisknuta kilometrová síť v systému WGS84.



Obrázek 17: Ukázka mapového listu M–33–75–C–a–2 TM10, zdroj: Ústřední archiv zeměměřičství a katastru

Označení kladů a mapových listů se stanovilo z kladu Mezinárodní mapy 1 : 1 000 000. Značí se písmenem vrstvy od rovníku a číslem pásma. U nás je na většině území označení M-33. Mapy následujících měřítek jsou odvozeny dělením na díly. Označení topografické mapy 1 : 10 000 vzniklo rozdělením TM25 na 2 × 2 pole označenými čísly 1-4. př.M-33-75-C-a-2. Informace byly čerpány ze skript *Veverky a Zimové (2008)* a z internetových stránek *Informačního systému Masarykovy univerzity (2017)*.



Obrázek 18: Klad Mezinárodní mapy 1 : 1 000 000, zdroj: *Veverka, Zimová (2008)*

Topografická mapa v měřítku 1 : 10 000 byla zvolena jen jako podkladová mapa pro zpracovaná data.

4.1.4 Dílčí mapové podklady vodních mlýnů

Podle zadání měl být vymodelován podrobnější model přehradní hráze. Protože přístup do archivu Povodí Vltavy nebyl umožněn, jako alternativa bylo zvoleno vymodelování několika mlýnů na toku Mže. Odepření naskenování podkladů bylo nejspíše z toho důvodu, že přehradní hráz je strategická stavba, a tudíž by nebylo vhodné ji veřejně publikovat.

Pro potřeby modelování v programu SketchUp byly ve Státním okresním archivu Tachov oskenovány mapové podklady jednotlivých vodních staveb z vodní knihy.

Vodní kniha musela být vedena v každém okrese od roku 1872 dle zemského zákona. V knize se nacházejí základní informace k vodnímu dílu jako je například rok vzniku stavby, výčet vlastníků, počet a popis vodních kol, rozměry budovy, mapy, projektová dokumentace aj. Kniha je rozdělena podle toku a je členěna dle vložek a rejstříků.

Získané projektové dokumentace jsou uvedeny v příloze č. A.13–A.16. Konkrétně mapová dokumentace Dolanského mlýna byla nalezena ve složce 147 kartonu 20. Podklad pro Hracholuský mlýn byl použit v záložce 148. Dokumentace Těchodělského mlýna byla objevena v záložce 150 kartonu 20. Mapový podklad pro Stoupu byl nalezen ve složce 167 kartonu 21.

4.2 Ostatní podklady

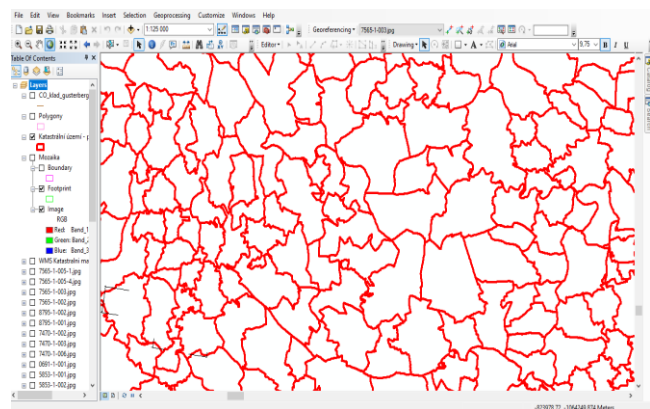
Ostatní podklady nejsou rastrového formátu, ale převážně vektorového.

4.2.1 ArcČR 500

ArcČR 500 je digitální vektorová geografická databáze České republiky v měřítku 1 : 500 000. Obsahuje geografické informace o ČR, které jsou rozvrstveny do dvou souborových geodatabází:

- topografická data – např. bažiny a rašeliniště, hranice, lesy, letiště, národní parky, vodní plochy, výškové kóty, vrstevnice;
- administrativní členění a socioekonomické údaje – např. administrativní členění úrovně od státu až k základní sídelní jednotce, počty obyvatel.

Ke zpracování byly využity pouze hranice katastrálních území v oblasti vodní nádrže Hracholusky ve formě polygonů a polygon Hracholuské přehrady pro vymezení území 500 metrů od přehrady. Všechny náležitosti jsou ke zhlédnutí na internetové stránce *ArcGIS Desktop (1990)*.



Obrázek 19: Zobrazení vektorových dat katastrální území v ArcMapu

4.2.2 Prohlížeč služba WMS – ZM10

Protože se neztotožňovaly katastrálních hranice CO s aktuálními katastrálními hranicemi, byla na počátku zpracování v *ArcCatalogu* pro lepší orientaci připojena funkcí *GIS servery* → *Přidat WMS server* WMS – ZM10. WMS – ZM10 je služba s daty, která poskytuje prohlížení nad daty Základní mapy ČR 1 : 10 000.

WMS služby poskytují data v různých souřadnicových systémech, které splňují předpisy směrnice INSPIRE pro prohlížečské služby. WMS služby umožňují nahlížet na rastrová data po připojení k internetu.

4.2.3 Klady mapových listů

K potřebám georeferencování byla stažena vektorová data kladů mapových listů v podporovaném formátu SHP. Konkrétně to byly klady mapových listů Císařských otisků stabilního katastru v souřadnicové soustavě Gusterberg, Státní mapa 1 : 5 000-odvozená v souřadnicovém systému S–JTSK a Topografická mapa Č(SS)R 1 : 25 000 v souřadnicovém systému WGS84.

Formát shapefile je datový formát, který umožňuje ukládání dat. Vyvinula ho firma ESRI. Může znázorňovat body, polyline,⁶ polygony a atributová data. V shapefile je většinou uložena jedna kategorie prvku např. silnice, hranice, jezera, body obcí. Některé výhody a nevýhody shapefile jsou zobrazeny v následující tabulce, které uvádí v prezentaci *Tvrdý (2010)*.

Tabulka 2: Výhody a nevýhody shapefile

Výhody	Nevýhody
Snadná editace dat	Neukládá topologii dat
Rychlá vizualizace dat	
Jednoduchá struktura	
Podpora GIS programů	

4.2.4 Katastrální mapa – RÚIAN

Informace jsou čerpány z internetových stránek ČÚZK (2012).

Obec	Platnost údajů	Výběr z údajů	Název souboru	Velikost souboru [MB]	Uložit
579491	Platné	Zákl+Orig. hran	20190301_OB_579491_UKSH.xml.zip	0.31	
579491	Platné	Zákl+Orig. hran	20190131_OB_579491_UKSH.xml.zip	0.31	
579491	Platné	Zákl+Orig. hran	20181231_OB_579491_UKSH.xml.zip	0.25	
579491	Platné	Zákl+Orig. hran	20181201_OB_579491_UKSH.xml.gz	0.27	
579491	Platné	Zákl+Orig. hran	20181031_OB_579491_UKSH.xml.gz	0.27	
579491	Platné	Zákl+Orig. hran	20180930_OB_579491_UKSH.xml.gz	0.27	

Obrázek 20: Ukázka stažení dat z VDP

Digitální katastrální mapa oblasti byla získána z Registru územní identifikace, adres a nemovitostí (RÚIAN) přes aplikaci Veřejný dálkový přístup (VDP) dostupný na adrese <http://vdp.cuzk.cz>. Registr, který byl spuštěn v roce 2012, obsahuje aktualizovaná data o územních prvcích, údaje o územně evidenčních jednotkách a adresy. Spravuje ho ČÚZK.

⁶ Lomená čára.

Data byla uložena ve výměnném formátu RÚIAN (VFR). Na VDP byla stažena celá sada s příponou .xml, .zip podle kódu obce viz Tab. č. 3 k datu 1. 3. 2019.

Tabulka 3: Označení obcí kódy

Základní sídelní jednotka	Obec	Kód obce
	Vranov	579491
Butov	Stříbro	561215
Blahousty	Erpužice	560855
	Dolany	558788
Těchoděly	Líšňany	559172
Hracholusky	Úlice	559555
Rájov	Pňovany	559377
	Sulislav	561231
	Újezd nade Mží	566594
	Čerňovice	530328
	Trpísty	530328
	Pernarec	559334

4.2.5 DMR 5G

Digitální model reliéfu 5. generace byl využit jako podklad DKM v programu CityEngine. Reliéf byl vyexportován jen pro oblast vodní nádrže ze stránky <https://ags.cuzk.cz/dmr/> ve formátu TIFF.

DMR 5G je v rozlišení 2 metry v S–JTSC a znázorňuje zemský povrch, který je přetvořen přirozeně nebo lidskou činností. Neobsahuje budovy. Jsou zde znázorněny výškové změny, např. skalní tvary, terény, konstrukce. Přesnost v zalesněném území je udávána hodnotou 0,3 m. V oblasti bez vegetace se přesnost pohybuje okolo 0,18 m. Uvedené a další informace lze nalézt v aplikaci *Analýza výškopisu (2015)*.

5 Použité transformace

V následující kapitole bude pojednáno o jednotlivých transformacích, které byly použity pro řešení daného problému. Text byl převzat z knižní publikace *Cajthamla (2012)*.

5.1 Obecná transformace

Následující kapitola popisuje řešení transformační rovnice, a to zejména výpočet transformačního klíče z nadbytečných IB. Všechny 2D transformace (podobnostní, shodnostní, afinní a projektivní) lze obecně maticově formulovat:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p_{00} & p_{01} & p_{02} \\ p_{10} & p_{11} & p_{12} \\ p_{20} & p_{21} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \quad (5.1)$$

Zjednodušeně:

$$\mathbf{x}' = \mathbf{P} \cdot \mathbf{x} \quad (5.2)$$

$$\mathbf{x}' = \mathbf{T} \cdot \mathbf{R} \cdot \mathbf{M} \cdot \mathbf{x} \quad (5.3)$$

Parametry x' a y' jsou souřadnice v cílové soustavě a souřadnice x, y jsou souřadnice v počáteční soustavě. p_{mn} jsou transformační koeficienty. Matice \mathbf{P} lze znázornit jako součin translace, rotace a změny měřítka.

Translace neboli posunutí je dána vektorem $\vec{p} = (X_t, Y_t)$. Matice posunu \mathbf{T} je psána ve tvaru:

$$\mathbf{T}(X_t, Y_t) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & X_t \\ 0 & 1 & Y_t \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (5.4)$$

Rotace neboli otočení je definováno maticí rotací \mathbf{R} kolem počátku soustavy souřadnic o úhly ω_x, ω_y . Každý úhel představuje rotaci jedné ze souřadnicových os. Pokud mají úhly rozdílnou hodnotu, nastává zkosení obrazu. Matice \mathbf{R} je definovaná tvarem:

$$\mathbf{R}(\omega_x, \omega_y) = \begin{pmatrix} \cos(\omega_x) & -\sin(\omega_y) & 0 \\ \sin(\omega_x) & \cos(\omega_y) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (5.5)$$

Změna měřítka je definována koeficienty m_x, m_y , které mohou být stejné nebo mít rozdílnou hodnotu. Jestliže se absolutní hodnota koeficientu nachází

v intervalu (0,1), nastává zmenšení a posunutí k počátku. Pokud je absolutní hodnota větší než 1, dochází ke zvětšení a posunutí od počátku. Záporná hodnota značí zmenšení/zvětšení v opačném směru. Matice změny měřítka M má tvar:

$$M(\mathbf{m}_x, \mathbf{m}_y) = \begin{pmatrix} m_x & 0 & 0 \\ 0 & m_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (5.6)$$

Roznásobený tvar vypadá takto:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} m_x \cos(\omega_x) & -m_y \sin(\omega_y) & X_t \\ m_x \sin(\omega_x) & m_y \cos(\omega_y) & Y_t \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \quad (5.7)$$

Výsledný tvar:

$$x' = m_x \cos(\omega_x) x - m_y \sin(\omega_y) y + X_t, \quad (5.8)$$

$$y' = m_x \sin(\omega_x) x + m_y \cos(\omega_y) y + Y_t. \quad (5.9)$$

5.2 Transformace založené na vyrovnání metodou nejmenších čtverců (MNČ)

5.2.1 Afinní transformace

Afinní transformace je jedna z nejvyužívanějších transformací v oblasti kartografie. Je definována posunutím, rotací, změnou měřítka v obou souřadnicových osách a zkosením obrazu. Je velice výhodná u mapových děl, které jsou ovlivněny srážkou papíru v různých směrech a zkosením. Minimální nutný počet identických bodů je 3. Při použití 4 a více IB (nadbytečný počet parametrů) dochází k vyrovnání MNČ.

Do transformačních rovnic vstupuje 6 neznámých parametrů ($\omega_x, \omega_y, m_x, m_y, X_t, Y_t$). Rovnice jsou dány vzorcem:

$$x' = m_x \cos(\omega_x) x - m_y \sin(\omega_y) y + X_t, \quad (5.10)$$

$$y' = m_x \sin(\omega_x) x + m_y \cos(\omega_y) y + Y_t. \quad (5.11)$$

Velice vhodné je zavedení substitucí pro parametry, které je linearizují:

$$m_x \cos(\omega_x) = a, \quad (5.12)$$

$$-m_y \sin(\omega_y) = b, \quad (5.13)$$

$$m_x \sin(\omega_x) = c, \quad (5.14)$$

$$m_y \cos(\omega_y) = d. \quad (5.15)$$

Po dosazení zůstává transformační rovnice ve tvaru:

$$x' = ax + by + X_t, \quad (5.16)$$

$$y' = cx + dy + Y_t. \quad (5.17)$$

Podle kapitoly 5.3 pracujeme již s vyrovnanými neznámými parametry. Vektor neznámých \mathbf{x} má tvar:

$$\mathbf{x} = \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ X_t \\ Y_t \end{pmatrix} \quad (5.18)$$

Matice plánu \mathbf{A} je ve tvaru:

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} x_1 & y_1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_n & y_n & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & x_1 & y_1 & 0 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & x_n & y_n & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (5.19)$$

Vektor měření:

$$\mathbf{l} = \begin{pmatrix} x'_1 \\ \vdots \\ x'_n \\ y'_1 \\ \vdots \\ y'_n \end{pmatrix} \quad (5.20)$$

Zpětnou substitucí dostáváme geometrické transformační koeficienty:

$$m_x = \sqrt{a^2 + c^2}, \quad (5.21)$$

$$m_y = \sqrt{b^2 + d^2}, \quad (5.22)$$

$$\omega_x = \arctg\left(\frac{c}{a}\right), \quad (5.23)$$

$$\omega_y = \arctg\left(-\frac{b}{d}\right). \quad (5.24)$$

5.2.2 Polynomická transformace 1. stupně

Polynomická transformace 1. stupně je ve své podstatě afinní transformace, o které bylo pojednáno v předchozí podkapitole.

5.2.3 Polynomická transformace 2. stupně

Pro polynomickou transformaci 2. stupně je minimální počet 6 identických bodů. Dochází k mnoha deformacím a přímky se převádějí na křivky. Proto

při použití této transformace byla nutná obezřetnost. Transformace je popsána transformačními rovnicemi polynomu 2. stupně:

$$x' = ax^2 + by^2 + cxy + dx + ey + f, \quad (5.25)$$

$$y' = gx^2 + hy^2 + ixy + jx + ky + l. \quad (5.26)$$

Další postup a vyrovnání parametrů podle 5.3.

Vektor \mathbf{x} je psán ve tvaru:

$$\mathbf{x} = \begin{pmatrix} a \\ \vdots \\ l \end{pmatrix} \quad (5.27)$$

Matice plánu \mathbf{A} vypadá takto:

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} x_1^2 & y_1^2 & x_1y_1 & x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_n^2 & y_n^2 & x_ny_n & x_n & y_n & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & x_1^2 & y_1^2 & x_1y_1 & x_1 & y_1 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & x_n^2 & y_n^2 & x_ny_n & x_n & y_n & 1 \end{pmatrix} \quad (5.28)$$

Vektor měření \mathbf{l} má tvar:

$$\mathbf{l} = \begin{pmatrix} x'_1 \\ \vdots \\ x'_n \\ y'_1 \\ \vdots \\ y'_n \end{pmatrix} \quad (5.29)$$

5.2.4 Projektivní transformace

Nejobtížnější ze všech 2D transformací je projektivní neboli kolineární. Je také nejlepším kandidátem pro georeferencování při známých rozích mapového listu. Výhodou je, že takto transformovaný mapový list je přesně ztotožněn na identických bodech. Do výpočtu vstupuje 8 neznámých. Nutný počet identických bodů je 4. Při použití více než 4 identických bodů dochází k vyrovnání MNČ. Kolineární transformace je vyjádřena obecnými tvary:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \quad (5.30)$$

Po rozepsání je následující tvar:

$$x' = \frac{ax + by + c}{gx + hy + 1} \quad (5.31)$$

$$y' = \frac{dx + ey + f}{gx + hy + 1} \quad (5.32)$$

Po roznásobení dostáváme lineární vztahy, které se vyrovnají podle kapitoly 5.3.

Vektor neznámých \mathbf{x} se vyjádří:

$$\mathbf{x} = \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \\ g \\ h \end{pmatrix} \quad (5.33)$$

Matice plánu \mathbf{A} má tvar:

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x'_1 x_1 & -x'_1 y_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_n & y_n & 1 & 0 & 0 & 0 & -x'_n x_n & -x'_n y_n \\ 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & 1 & -x'_1 x_1 & -x'_1 y_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & x_n & y_n & 1 & -x'_n x_n & -x'_n y_n \end{pmatrix} \quad (5.34)$$

Vektor měření je ve tvaru:

$$\mathbf{l} = \begin{pmatrix} x'_1 \\ \vdots \\ x'_n \\ y'_1 \\ \vdots \\ y'_n \end{pmatrix} \quad (5.35)$$

Použitím vztahu v kapitole 5.3 získáme přímo neznámé z vektoru \mathbf{x} .

Kromě těchto uvedených transformací existují ještě další např. polynomičká transformace 3. stupně (hrozí zdeformování celého obrazu), IDW, Thin Plate, Spline, transformace po částech a transformace s podmínkami návaznosti hran.

5.3 Vyrovnání MNČ

Jedná se o vyrovnání zprostředkujících měření. Metoda nejmenších čtverců je vyrovnání, které určuje transformační koeficienty při nadbytečném počtu identických bodů a snižuje souřadnicové rozdíly mezi výslednými a transformovanými body. Pro názorné řešení zavedeme následující označení:

$$\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_k)^T \quad \text{vektor určovaných veličin;}$$

$$\mathbf{x}_0 = (x_{10}, \dots, x_{k0})^T \quad \text{vektor přibližných hodnot neznámých;}$$

$\mathbf{d}_x = (d_{x_1}, \dots, d_{x_k})^T$	vektor přírůstků přibližných hodnot;
$\mathbf{F}(\mathbf{x}) = (F_1(x), \dots, F_n(x))^T$	vektor funkčních vztahů mezi hledanými \mathbf{x} a měřenými \mathbf{l} veličinami;
$\mathbf{l} = (l_1, \dots, l_n)^T$	vektor měřených veličin;
$\mathbf{l}' = (l'_1, \dots, l'_n)^T$	vektor rozdílu funkčního vztahu a vektoru měřených veličin;
$\mathbf{v} = (v_1, \dots, v_n)^T$	vektor oprav měřených veličin;
$\bar{\mathbf{l}} = (\bar{l}_1, \dots, \bar{l}_n)^T$	vektor vyrovnaných měřených veličin;
k	počet neznámých;
n	počet měřených veličin.

Dále tedy platí:

$$F(\mathbf{x}) = \bar{\mathbf{l}}, \quad (5.36)$$

$$F(\mathbf{x}) = \mathbf{l} + \mathbf{v}. \quad (5.37)$$

Levá strana se rozvine Taylorovým rozvojem, členy 2. a vyšších řádů jsou zanedbány:

$$x = x_0 + dx, \quad (5.38)$$

$$F(x_0) + \left. \frac{\partial F(x)}{\partial x} \right|_{x=x_0} \cdot dx = \mathbf{l} + \mathbf{v}, \quad (5.39)$$

$$\mathbf{l}' = F(x_0) - \mathbf{l}, \quad (5.40)$$

Po úpravě vznikají linearizované rovnice oprav:

$$\mathbf{v} = \left. \frac{\partial F(x)}{\partial x} \right|_{x=x_0} \cdot dx + \mathbf{l}', \quad (5.41)$$

Jinak řečeno:

$$\mathbf{v} = \mathbf{A} \cdot dx + \mathbf{l}', \quad (5.42)$$

kde matice \mathbf{A} vzniká derivací funkčních vztahů podle neznámých

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \cdots & a_{1k} \\ a_{21} & a_{22} \cdots & a_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots \\ a_{n1} & a_{n2} \cdots & a_{nk} \end{pmatrix}, \quad (5.43)$$

$$dx = \begin{pmatrix} d_{x1} \\ d_{x2} \\ \vdots \\ d_{xk} \end{pmatrix}, \quad (5.44)$$

$$l' = \begin{pmatrix} F_1(x_0) - l_1 \\ F_2(x_0) - l_2 \\ \vdots \\ F_n(x_0) - l_n \end{pmatrix}, \quad (5.45)$$

Vyrovnané přírůstky jsou vyjádřeny v matici:

$$dx = -(A^T A)^{-1} (A^T l'). \quad (5.46)$$

Výsledné vyrovnané souřadnice se určí dle vztahu 5.39.

Provede-li se vhodná substituce vztahů nebo pokud jsou ve funkčních vztazích lineární a separované neznámé, nemusí být použit Taylorův rozvoj. Poté se vztahy zjednoduší:

$$\frac{\partial F(x)}{\partial x} \cdot x = l + v \quad (5.47)$$

Následující úprava převede předchozí rovnici oprav do lineárního tvaru:

$$v = \frac{\partial F(x)}{\partial x} \cdot x - l \quad (5.48)$$

Neboli

$$v = A \cdot x - l \quad (5.49)$$

Poté dostáváme vztah vyrovnaných neznámých:

$$x = (A^T A)^{-1} (A^T l) \quad (5.50)$$

6 Zpracování dat

6.1 Postup zpracování

Postup zpracování lze shrnout do několika kroků:

- Výběr softwaru pro zpracování dat;
- Založení geodatabáze a volba souřadnicového systému;
- Georeferencování rastrových podkladů;
- Volba identických bodů;
- Tvorba mozaiky;
- Vymezení zájmové oblasti, vektorizace objektů CO, SMO–5 a KM a vizualizace říčního toku;
- Modelování jednotlivých objektů ve SketchUp;
- Procedurální modelování v CityEngine;
- Publikace veškerých výsledků v aplikaci ArcGIS Online.

6.2 Práce v softwaru ArcGIS Desktop

6.2.1 Software ArcGIS Desktop

Pro zpracování diplomové práce byl zvolen software ArcGIS Desktop pro existenci georeferenčních funkcí a schopnost vektorizace. Informace, které popisují software, jsou k dohledání na internetové stránce *ArcGIS Desktop (1990)*. Je to produkt americké firmy ESRI a je tvořen 4 základními aplikacemi – ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox a Model Builder. Konkrétně byl zvolen program verze ArcGIS 10.6, která je dostupná licenčními podmínkami ČVUT.

ArcMap je jedna z nejpoužívanějších aplikací, která obsahuje geografické informace ve formě vrstev nebo prvků v mapovém rámu. Lze libovolně prohlížet mapové dokumenty, vypínat a zapínat vrstvy, tisknout mapy, editovat sady GIS, možnost analyzovat a automatizovat práci, upravovat geodatabáze, publikovat své práce pomocí Server – ArcGIS a připojovat různé online služby např. WMS. Nabízí 2 typy rozhraní: pohled dat a pohled rozložení.

- Pohled dat – umožňuje v geografickém okně nebo v mapovém rámečku zobrazovat a pracovat s geografickými daty jako s vrstvami;

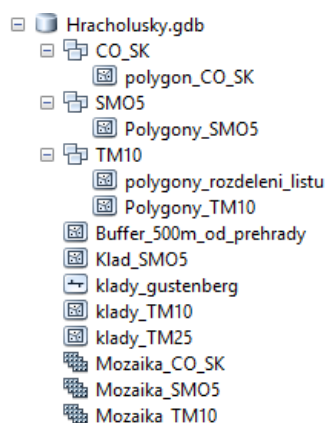
- Pohled rozložení – dovoluje vytvořit vzhled stránky pro tisk nebo export do formátů s prvky mapy (datový rámeček, měřítko, název mapy, legenda, severka aj.).

ArcCatalog poskytuje katalogové okno a rozděluje různé soubory (geodatabáze, rastry, mapové dokumenty, soubory vrstev, python skripty, metadata, služby GIS publikované pomocí ArcGIS Serveru) do stromové struktury v ArcGIS. ArcToolbox je aplikace, díky níž můžeme přidávat nebo odebírat sady nástrojů. Nástroje lze libovolně upravovat tak, aby obsahovaly jen ty, které budou zapotřebí v našem projektu. Obsahuje například nástroje geoprocessingu, generalizace dat a analýzy.

Model Builder je aplikace, která se využívá k tvorbě, správě a úpravě modelů. Modely shrnují geoprocessingové nástroje a umožňují výstup jednoho nástroje do druhého. Aplikaci můžeme využívat jako programovací jazyk pro vytváření pracovních postupů.

6.2.2 Založení geodatabáze a volba souřadnicového systému

Pro všechna data byla založena geodatabáze *Hracholusky.gdb*. Geodatabáze slouží k uložení geografických datových souborů, které se můžou editovat a spravovat. V nich pak byly vytvořeny datasety – *Feature Dataset (CO_SK, SMO5, TM10)*. V datasetu byla založena vrstva vektorových dat – *Polygon Features*. Dále v ní byl vytvořen *Mosaic dataset*, do kterého byly ukládány transformované rastry. Rozvržení je znázorněno na obrázku č. 21.



Obrázek 21: Struktura geodatabáze v ArcGIS

V ArcGIS byl nastaven souřadnicový systém S–JTSK, do kterého se postupně transformovaly všechny rastrové mapy. Nastavení souřadnicového systému se provedlo v *Data Frame Properties* → *Coordinate system* → *5514: S–JTSK Krovak EastNorth*. Kód EPSG: 5514 je identifikátor souřadnicového systému.

6.2.3 Georeferencování rastrových podkladů

Georeferencování znamená umístění rastrových map v zadaném souřadnicovém systému, u kterých jsou známy obrazové souřadnice neboli místní souřadnicová soustava. Podrobnější popis georeferencování a volba IB jsou popsány v knižní publikaci *Cajthamla (2012)*.

Zpracování bylo započato rastrem, u kterého mohly být určeny všechny rohy mapových listů (projektivní transformace). Bylo tak provedeno z důvodu zajištění návaznosti dalších katastrálních území.

Samotné georeferencování proběhlo zvolením funkce v rozbalovacím menu *Customize* → *Toolbars* → *Georeferencing*.



Obrázek 22: Panel funkce Georeferencing

Pomocí této funkce konkrétně *Add Control Points* se uskutečnil i sběr IB. V další kapitole je popsán vhodný výběr bodů. Po sejmutí IB byly souřadnice uloženy do textového formátu. Příklad označení je *0255_1_001.txt*.

V nastavení byla zapnuta funkce *Snapping*, aby byl kurzor přichytáván na průsečík vektorových dat. Každý bod byl nejprve vyhledán na rastru a poté na vektoru kladu. Libovolně byla zapínána/vypínána možnost *Auto Adjust*, která umožňovala průběžně rastr transformovat podle aktivních identických bodů. ArcGIS poskytuje několik transformačních metod – afinní (polynomická 1. stupně), polynomická 2. a 3. stupně, projektivní, spline a adjust. Pomocí ikony *View Link Table* byly zobrazeny a kontrolovány identické body s kvalitou polohy a střední chybou transformace označené jako *Total RMS Error*. Ukázka je zobrazena na obrázku č. 25 a obrázku č. 27. Body s velkou střední kvadratickou odchylkou byly odstraněny a nahrazeny vhodnějšími. Nakonec byla v panelu nástrojů *Georeferencing* zvolena varianta *Update Georeferencing*,

kteřá provedla transformaci a umístila rastr. Ve složce, kde se rastr nacházel, vznikly 2 soubory s příponou: jpg.aux.xml a jgwx.

6.2.3.1 Císařské povinné otisky stabilního katastru

Císařské povinné otisky stabilního katastru jsou definované v souřadnicové soustavě Gusterberg. Tato souřadnicová soustava byla transformována do systému S–JTSK. Velice často se nacházelo více oddělených částí na jednom mapovém listu. U takto rozdělených částí se vytvořila kopie původního názvu pro každou část a byla přidána číslice podle rozložení v katastrálním území. Každý vytvořený soubor byl transformován zvlášť vhodnou transformací. O typech použitých transformací bylo pojednáno v kapitole 5.



Obrázek 23: Rozložení mapových rastrů CO

V tabulce č. 4 jsou přehledně znázorněny výsledky střední chyby transformace, typ transformace, počet IB a číslo mapového rastru. Celkem bylo použito 42 mapových rastrů.

Tabulka 4: Statistika počtu IB a střední chyba transformace

Pořadové číslo	MR	Počet IB	Transformace	Střední chyba transf. [m]
1	0255-1-001	9	polynomická 1. stupně	2,4
2	0255-1-002	8	polynomická 2. stupně	0,6
3	0255-1-003	7	polynomická 1. stupně	2,4
4	0691-1-001	10	polynomická 2. stupně	1,0
5	0919-1-001	4	polynomická 1. stupně	0,5
6	0919-1-003	4	projektivní	0,0

7	0919-1-005	8	polynomická 1. stupně	1,5
8	0919-1-006	6	polynomická 2. stupně	0,0
9	1241-1-001	7	polynomická 1. stupně	1,6
10	1241-1-002	10	polynomická 2. stupně	0,8
11	1241-1-003	6	polynomická 1. stupně	0,7
12	2327-1-001	7	polynomická 1. stupně	2,8
13	2327-1-002	4	polynomická 1. stupně	1,7
14	2327-1-003	12	polynomická 1. stupně	1,5
15	4118-1-002	5	polynomická 1. stupně	1,4
16	4118-1-004	10	projektivní	0,0
17	4118-1-007	12	polynomická 1. stupně	2,0
18	4118-1-008	5	polynomická 1. stupně	1,2
19	4293-1-004	8	polynomická 1. stupně	2,3
20	4293-1-005	11	polynomická 2. stupně	1,2
21	4441-1-001	3	polynomická 1. stupně	0,0
22	4441-1-002	6	polynomická 1. stupně	1,2
23	4441-1-003	4	polynomická 1. stupně	0,9
24	4441-1-004	13	polynomická 2. stupně	2,1
25	4441-1-005	5	polynomická 1. stupně	0,9
26	5853-1-001	7	polynomická 2. stupně	1,4
27	5853-1-002	4	polynomická 1. stupně	1,4
28	5853-1-003	4	projektivní	0,00
29	5853-1-005	3	polynomická 1. stupně	0,0
30	5853-1-006	5	polynomická 1. stupně	1,4
31	7470-1-002	5	polynomická 1. stupně	2,2
32	7470-1-003	5	polynomická 1. stupně	2,5
33	7470-1-006	5	polynomická 1. stupně	1,7
34	7565-1-002	4	polynomická 1. stupně	0,8
35	7565-1-003	4	projektivní	0,0
36	7565-1-004	6	polynomická 1. stupně	2,2
37	7565-1-005	8	polynomická 2. stupně	1,8
38	7880-1-001	10	polynomická 2. stupně	1,8
39	7880-1-002	7	polynomická 2. stupně	0,8
40	8228-1-001	7	polynomická 1. stupně	2,6
41	8795-1-001	17	polynomická 2. stupně	1,2
42	8795-1-002	9	polynomická 2. stupně	1,5

6.2.3.2 Státní mapa 1 : 5 000-odvozená

Mapové listy státní mapy odvozené v měřítku 1 : 5 000 byly k dispozici opět ve formátu JPG. Ke georeferencování musely být staženy klady mapových listů SMO-5 ve formátu SHP, který je možno do ArcMapu přidat jako vrstvu. Na tyto

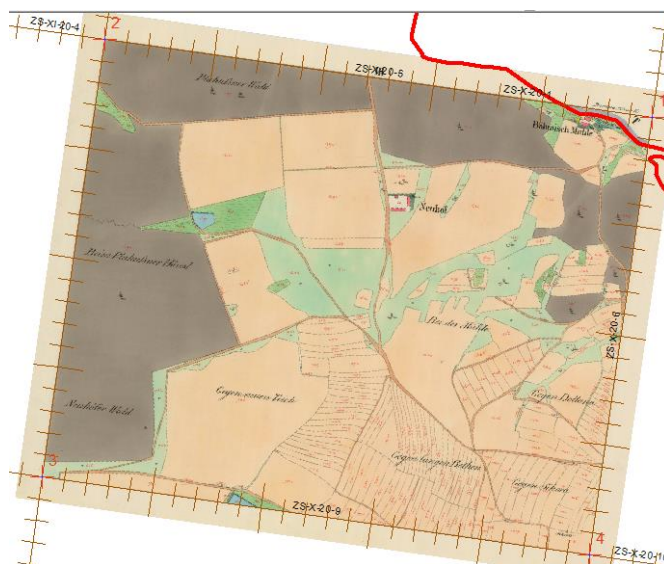
klady byly funkcí *Georeferencing* natransformovány projektní transformací mapové listy. Vždy byly zvoleny 4 IB. To byl minimální počet, který vyžadovala tato transformace. Nedošlo tedy k vyrovnání metodou MNČ. Celkem bylo použito 12 mapových listů.

6.2.3.3 Topografická mapa Č(SS)R 1 : 10 000

Z důvodu neexistence kladů TM10 v geodatabázi ArcČR 500, byly staženy klady TM25. Klady TM10 vznikly rozdělením mapy TM25 na 2×2 funkcí *midpoint snapping* v panelu nástrojů *snapping*, která zachytí střed vektoru. Pro georeferencování vojenských mapových listů byla použita shodná funkce jako v předchozích dvou mapách. K transformaci byla využita projektní transformace se 4 IB, protože na každém mapovém listu byly známy rohy mapových rámců.

6.2.4 Volba identických bodů

Základní postupy při volbě identických bodů byly uvedeny v knize *Cajthamla (2012)*. Sběr identických bodů je jednou z nejpodstatnějších činností. Identické body (IB) jsou body, které se nacházejí jak na mapovém rastru, tak v zadaném souřadnicovém systému (S–JTSK). Nejvhodnější volbou jsou rohy mapových rámců, u kterých jsou známy souřadnice kladu map. Jelikož se nikde nevykytovaly rohy všech mapových rámců, musely být dokreslovány funkcí *Drawing*, která se nachází v rozbalovacím menu *Customize*→*Toolbars*→*Draw*. Bohužel v této oblasti je minimum takto daných mapových rastrů.



Obrázek 24: Ukázka zvolených IB rohů mapového rámu

Link								
				Total RMS Error:		Forward:8,23181e-11		
Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual_x	Residual_y	Residual	
1	-840477,550076	-1061665,726...	-840477,437918	-1061665,864...	0	0	0	
2	-842354,733343	-1061398,065...	-842354,837080	-1061398,050...	0	0	0	
3	-842569,016011	-1062900,003...	-842569,093301	-1062899,914...	1,16415e-10	0	1,16415e-10	
4	-840692,054783	-1063167,724...	-840691,797017	-1063167,610...	-1,16415e-10	0	1,16415e-10	

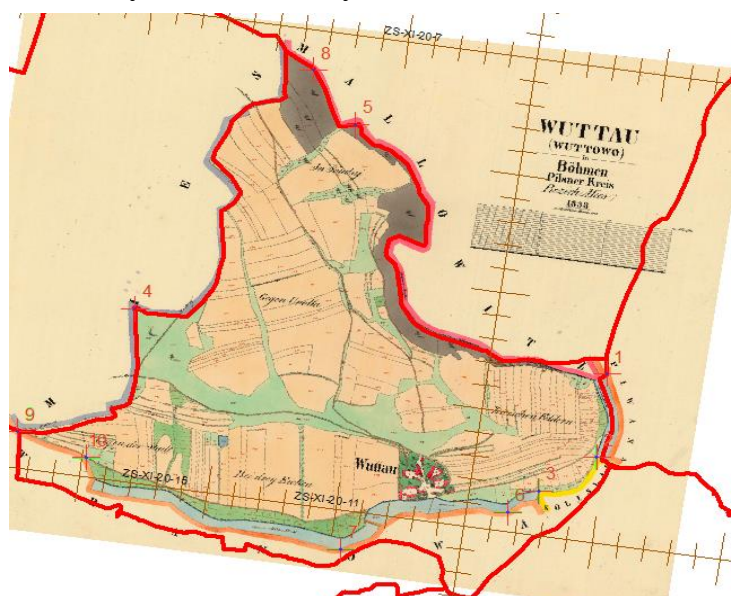
Auto Adjust Transformation: Projective Transformation
 Degrees Minutes Seconds Forward Residual Unit : Unknown

Obrázek 25: Link Table daného mapového listu

V některých případech byla využita síť v mapových obrazech, která je zobrazena ve formě rysek. Výhodou rysek je jejich pravidelné rozložení. Naopak velkou nevýhodou je skutečnost, že tyto rysky byly často zobrazeny až po dokončení mapy a mohly obsahovat systematické chyby. Dále byly sbírány IB na významných lomových hranách – katastrální hranice v obrazu mapy. Z důvodu změny katastrálních hranic po zaplavení přehrady, mohly být tyto body využity jen v omezeném množství. Většinou byl volen nadbytečný počet IB (kromě projektivní transformace), aby docházelo k vyrovnání metodou MNČ.

Významným aspektem bylo rozložení identických bodů v prostoru mapy. IB by měly být co nejvíce rovnoměrně rozložené po celé mapě. Počet identických bodů se přirozeně měnil podle rozmanitosti a členitosti mapového listu.

Na obrázku č. 26 je vidět, že v oblasti zatopeného území si neodpovídají současné katastrální hranice s katastrálními hranicemi stabilního katastru.



Obrázek 26: Rozložení IB a porovnání současných katastrálních hranic s katastrálními hranicemi stabilního katastru mapového rastru 0691-1-001

Link								
Total RMS Error: Forward: 1,03199								
Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual_x	Residual_y	Residual	
1	7331,795737	-4059,439634	-844242,375300	-1063646,738...	0,398096	-0,284629	0,489381	
2	7366,409459	-5148,789903	-844272,484900	-1063914,253...	0,63621	-0,000966053	0,636211	
3	6764,497500	-5682,304754	-844442,799700	-1064021,548...	-1,90326	0,928219	2,11755	
4	1762,956708	-3943,562442	-845622,562200	-1063437,588...	0,326773	-0,175324	0,370836	
5	3992,423320	-1222,344081	-844977,878200	-1062844,713...	-0,652586	-0,280868	0,710461	
6	6438,110664	-6010,403146	-844532,396000	-1064090,492...	0,664683	-0,306105	0,731781	
7	4567,335974	-6785,755380	-845020,950100	-1064210,031...	0,412392	-0,755145	0,860413	
8	3417,593038	-582,974288	-845099,692600	-1062670,934...	0,392079	0,29499	0,490658	
9	603,257546	-5753,339049	-845968,018100	-1063831,789...	-0,228713	-0,963153	0,989936	

Auto Adjust Transformation: 2nd Order Polynomial
 Degrees Minutes Seconds Forward Residual Unit : Unknown

Obrázek 27: Link Table mapového rastru 0691-1-001

6.2.5 Tvorba mozaiky

Pro vytvoření celistvého a spojitého díla je zapotřebí odstranit mimorámové údaje, které obsahuje každý mapový podklad. Výhodou *mosaic datasetu* je zacházení s rastry jako s jednou vrstvou, která je shodně geograficky umístěna.

V datasetu byla vytvořena polygonová vrstva, podle které byly rastry maskovány. Každý polygon obsahoval v atributové tabulce název listu/rastru, kterým byl polygon propojen s rastrem.

V geodatabázi byl vytvořen prázdný *Mosaic Dataset*. Do mozaiky se vložily georeferencované rastry funkcí *Add Raster To Mosaic Dataset*. Funkcí *Import Footprints or Boundary* v nabídce *Modify* se přiřadil ořezový polygon rastru v mozaice.

6.2.6 Vymezení zájmové oblasti a následná vektorizace objektů CO, SMO₅ a KM

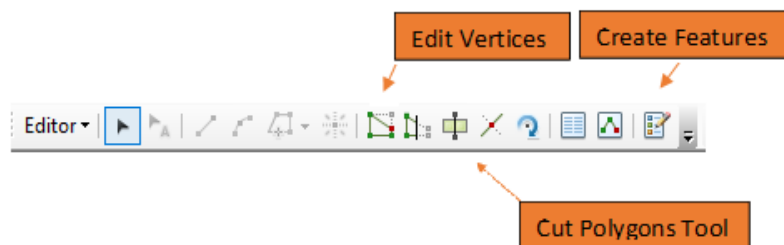
6.2.6.1 Vymezení zájmové oblasti

Zájmová oblast, pro kterou měla být vyhotovena vektorizace objektů, byla stanovena vedoucím práce na hodnotu 500 metrů od vodní nádrže. V geodatabázi ArcČR500 byla zvolena vrstva *VodniToky*, ve které se nacházel polygonový pořad přehrady Hracholusky. V nabídce *Geoprocessing* se použila funkce *Buffer*. Tato funkce umožňuje vytvářet v zadané vzdálenosti od vstupní vrstvy vyrovnávací polygon.

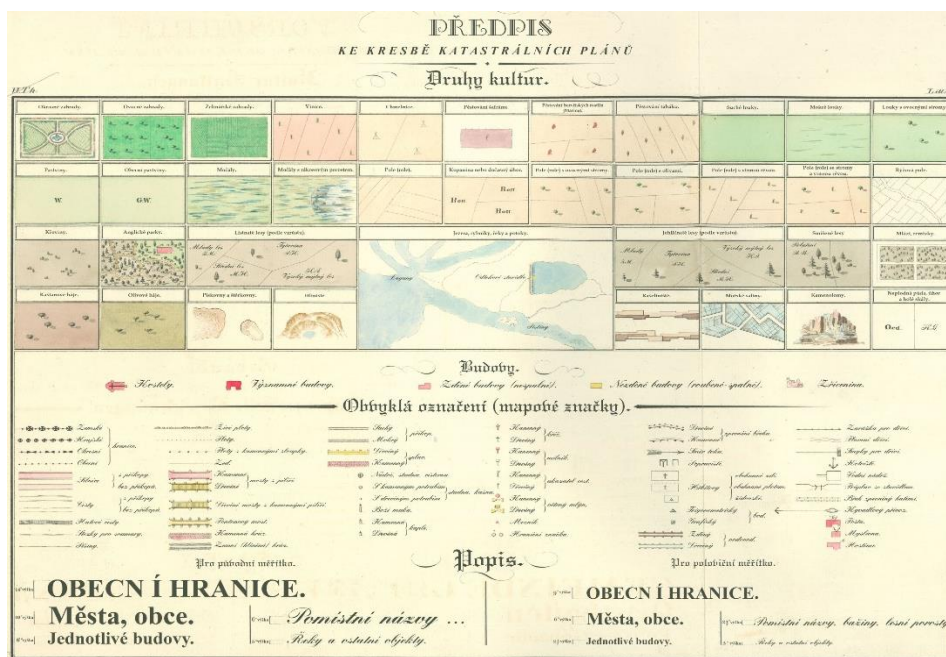
6.2.6.2 Vektorizace CO, SMO–5 a KM

K těmto úkonům byl poskytnut soubor s geodatabází datového modelu a soubor *NAKI–XXX.mxd* pro evidenci zvektorizovaných předmětů. Soubory jsou součástí projektu „Vltava–proměny historické krajiny v důsledku povodní, stavby přehrad a změn ve využití s vazbami na kulturní a společenské aktivity v okolí řeky“ v rámci Programu aplikovaného výzkumu a vývoje národní a kulturní identity (NAKI). Program je zřízen Ministerstvem kultury České republiky. V tomto souboru bylo předem jasně nadefinované rozdělení zájmových předmětů.

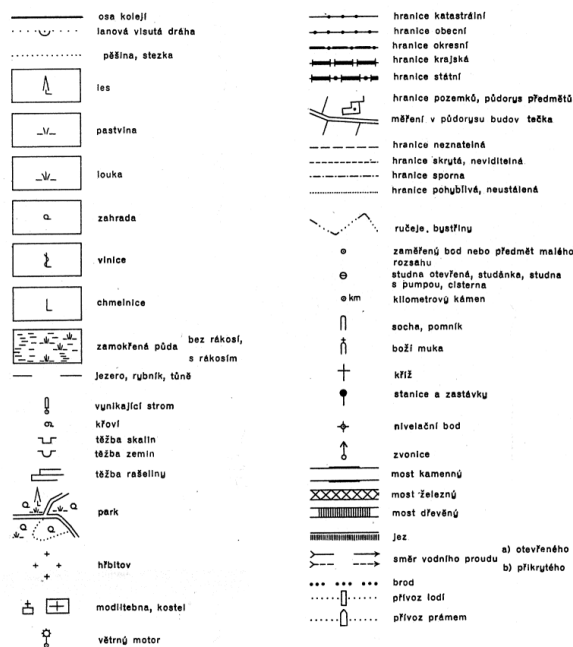
Vektorizace byla spuštěna v menu *Customize* → *Toolbars* → *Editor*. V liště pod nabídkou *Editor* byla vybrána vrstva, která měla být vektorizována funkcí *Start Editing*. V záložce *Create Features* byla zvolena třída prvků pro editaci. Pro úpravu uzlových bodů se využila možnost *Edit Vertices*. Rozdělení polygonových pořadů nebo vyjmutí oblasti z polygonového pořadu se provedlo pomocí *Cut Polygons Tool*.



Obrázek 28: Panel funkcí Editor



Obrázek 29: Legenda CO stabilního katastru, zdroj: projekt Vltava (2018)



Obrázek 30: Legenda SMO–5, zdroj: projekt Vltava (2018)

Jednotlivé druhy krajinných pokryvů byly rozeznávány podle legend daných map. Legendu CO a SMO–5 obsahoval soubor projektu „Vltava“. Ukázky obou legend jsou uvedeny na obrázku č. 29 a obrázku č. 30.

• Vektorizace CO

V CO bylo zapotřebí zvektorizovat budovy a následně je rozdělit podle druhu (spalná/nespalná), lesy a vodní plochy.

• Vektorizace SMO–5

Zvektorizovány byly objekty budov, lesů, vodních ploch a vrstevnic ve SMO–5. Vektorizace ploch v SMO–5 byla poněkud obtížnější z důvodu barevného nerozlišení typů pokryvu.

Vrstevnice SMO–5

Pro vektorizaci vrstevnic v SMO–5 byla využita nadstavba ArcMapu ArcScan, která umožňuje převádět rastrové soubory na vektor. Vektorizovat lze ručně, poloautomaticky nebo automatickým režimem. Pomocí nadstavby je možné realizovat i drobné úpravy rastru. Popis funkcí ArcScan bude zmíněn v odstavci ArcScan. Protože v nadstavbě lze vektorizovat jen rastry, které jsou definované dvěma jednoznačnými barvami, byl použit program IrfanView pro přebarvení. V následujícím textu je popsán postup, který byl čerpán z diplomové práce *Slívové (2018)*.

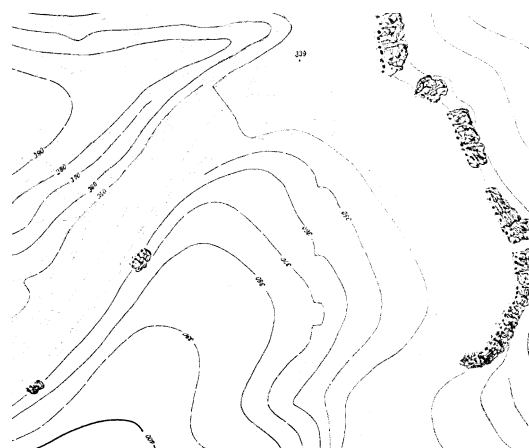
IrfanView

IrfanView má mnoho způsobů využití, jak pro prohlížení obrázků, zvuků, tak i videí. Byl vytvořen Irfanem Skiljanem pro nekomerční účely zdarma. Výhodou programu je podpora mnoha grafických formátů, možnost přebarvení či hromadná konverze⁷ grafických formátů. Další informace lze nalézt na internetové stránce *Irfanview (2005)*. Pro mé potřeby byl využit pro přebarvení mapových listů SMO–5.

Přebarvování probíhalo pro každý mapový list zvlášť. V záložce *Image* byla zvolena varianta *Decrease color depth*, kde byla snížena hloubka barev rastru na 16 bitů. Dále ve složce *Replace Color*→*Replace source color* byly voleny hodnoty pixelů výškových prvků, které byly odečítány na obrazovce. Výškové prvky obsahovaly několik variant pixelů, tudíž se tento proces musel párkrát zopakovat, dokud nebyly dostatečně obarvené. Aby vznikl rastr, který je akceptován v nadstavbě ArcScan, musela být snížena barevná hloubka na 2 bity. Výsledný rastr byl uložen ve formátu PNG.



Obrázek 31: Přebarvení barev



Obrázek 32: Výsledný rastr v PNG

Jak je zřejmé na obrázku č. 31, shodné rozložení pixelů neobsahovaly jen výškové objekty, ale i katastrální hranice, značky skal, číslování vrstevnic a mimorámové údaje. Tyto nepotřebné prvky byly odstraněny v ArcScanu.

Jako velická nevýhoda se zdá být časově náročný sběr hodnot pixelů, protože každý mapový list obsahoval rozdílné hodnoty.

⁷ Převod do jiného formátu.

Následovné umístění rastrů v souřadnicovém systému

Vhodný způsob přiřazení byl nalezen v diplomové práci *Slívové (2018)*, kdy byl vybrán mapový list, který po přebarvení nadále obsahoval mimorámové údaje a rám dle kapitoly 6.2.3 byl znova georeferencován. Po tomto procesu vznikly 2 soubory s příponami .pgwx a .png.aux. Dále byly vytvořeny kopie těchto souborů a pojmenovány podle mapových listů. V souboru .pgwx bylo nahrazeno všech 6 prvků transformace z předchozího georeferencování a v souboru .png.aux byla pozměněna část, která se týkala transformace a souřadnicového systému. Každý takto vzniklý rastr byl reklasifikován na 2 hodnoty: bílá barva-0, černá barva-1. Funkce *Reclassify* mění hodnoty v rastru. Pokud máme takto připravené rastry, můžeme je začít v ArcScanu vektorizovat.

ArcScan

Následující text byl čerpán z internetové stránky *ArcGIS Desktop (1990)*.

ArcScan je nadstavba ArcMapu, kterou je možné převádět rastrové podklady na vrstvy, které jsou založené na vektoru. Základním panelem ArcScanu je lišta, která obsahuje velice užitečné nástroje.

Před další činností musely být založeny 2 soubory, do kterých se ukládaly zvektorizované prvky. Nejprve byl vytvořen shapefile liniového typu v souřadnicovém systému S–JTSK, kde byl přidán sloupec s nadmořskou výškou. Liniový shapefile měl obsahovat vrstevnice. Druhý soubor byl bodového typu v S–JTSK, u kterého byl v atributové tabulce přidán sloupec nadmořské výšky výškové kóty.

Před spuštěním této lišty byla nutná aktivace nadstavby v záložce *Customize*→*Extensions*→*ArcScan*. Pro spuštění panelu nástrojů musela být zapnuta editace vrstvy.



Obrázek 33: Panel nástrojů nadstavby ArcScan


Jak již bylo dříve zmíněno, při přebarvování rastru obsahovaly stejné hodnoty jak vrstevnice, tak i nežádoucí prvky, které nebyly odstraněny. Panel nástrojů obsahuje i funkce pro čištění rastrů. V záložce *Raster Cleanup* byla zvolena možnost *Start Cleanup* a ve stejné záložce byl otevřen panel čištění volbou *Raster Painting Toolbar*.



Obrázek 34: Raster Painting Toolbar

Panel obsahoval jak kreslicí, tak čistící nástroje rastrových buněk: štětec, výplň, linie, obdélník, polygon, elipsa, guma, výměna popředí/pozadí a *Magic Erase*. Pro diplomovou práci byla využita jen guma a *Magic Erase* a to velice okrajově. Gumou je možno mazat rastrové buňky stisknutím tlačítka myši nebo přetažením kurzoru přes více buněk na malém území. Lze měnit i její velikost. Prostřednictvím funkce *Magic Erase* lze vymazat velký počet buněk.

Jako nejučinnější způsob se projevilo zvektorizování všech buněk rastru a následné mazání klávesou *Delete*.

K odstranění buněk slouží i dva nástroje, které najdeme v předchozím panelu ArcScan. Je to funkce Select Connected Cells a Find Connected Cell Area. 

Konkrétní způsoby vektorizace

Vektorizace mohla být provedena třemi způsoby: automaticky, poloautomaticky a ručně. Nejvíce byl používán automatický způsob. Pro případné spojování byl využit ruční. Poloautomatický způsob, který vyhledával spojitě rastrové buňky mezi dvěma určenými body nebo určeným bodem a směrem byl ozkoušen. Avšak zřejmě kvůli nekvalitnímu podkladu a neuspokojivým výsledkům nebyl tento způsob vektorizace používán.



Obrázek 35: Panel nástrojů vektorizace

V záložce *Raster Snapping Options* bylo možné nastavit specifická nastavení přichytávání rastru.

- Změna barev rastru popředí a pozadí;
- Určení maximální a minimální šířky pro trasování. Volba umožňuje určit podle šířky čáru, která bude vektorizována;
- Přichycení k pevnému kruhovému tělesu;

- Možnost generování mezer při generování vektorů.

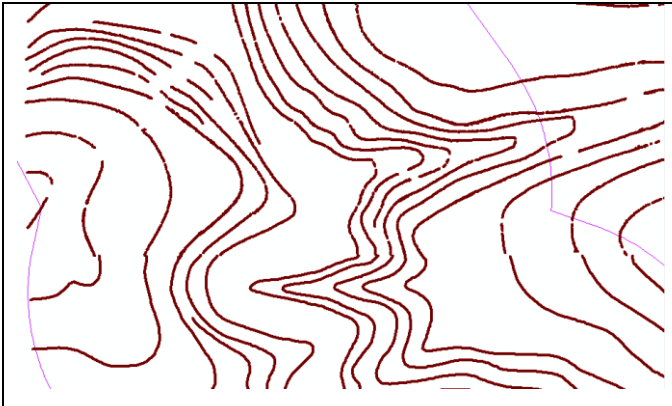
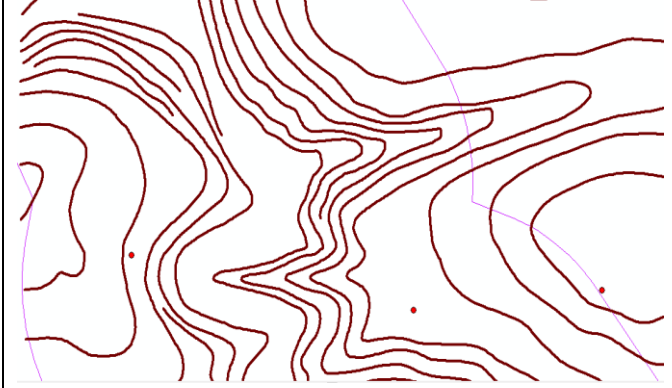
V rolovacím menu *Vectorization* je panel pro nastavení parametrů vektorizace *Vectorization Options*, ve kterém byla potřeba zvolit barvu vstupní vrstvy, hodnotu buněk a metody vektorizace buňky. V záložce *Vectorization* → *Vectorization Settings* musely být nastaveny parametry pro výstupní vektorizaci. Jednotlivá nastavení byla ihned vidět, pokud se stisknulo tlačítko *Použít (Apply)* a zapnula se volba *Zobrazit náhled (Show Preview)*.

V nastavení parametrů vektorizace bylo možno nastavit několik hodnot pro různé případy – řešení průsečíků (geometrická, mediánová a žádná), maximální šířka linie, úroveň hluku, tolerance komprese, míra vyhlazení, tolerance uzavření mezer, nastavení úhlu, velikost otvoru, řešení rohů.

Jako styl generování vektorů byl zvolen *Contour – Vrstevnice*. Spuštění generování vektorů se nachází v záložce *Vectorization* → *Generate Features*. Hodnoty nastavení parametrů vektorizace vrstevnic byly několikrát měněny, aby vrstevnice byla co nejvíce celistvá. Bohužel i přes mnoho variant byly vrstevnice rozděleny do několika částí, které mezi sebou obsahovaly mezery. Mezery mezi vektory byly doplněny ruční vektorizací, kdy jedna z částí byla přichycena k druhé. Podobným způsobem byly řešeny i mezery po smazání zvektorizovaných označení vrstevnic. Po spojení všech částí vrstevnice byly funkcí *Merge* spojeny do jedné linie a byla jim přiřazena nadmořská výška. Nakonec byly vrstevnice vyhlazeny funkcí *Smooth line*. Výškové kóty byly ručně bodově digitalizovány a byla k nim přiřazena nadmořská výška.

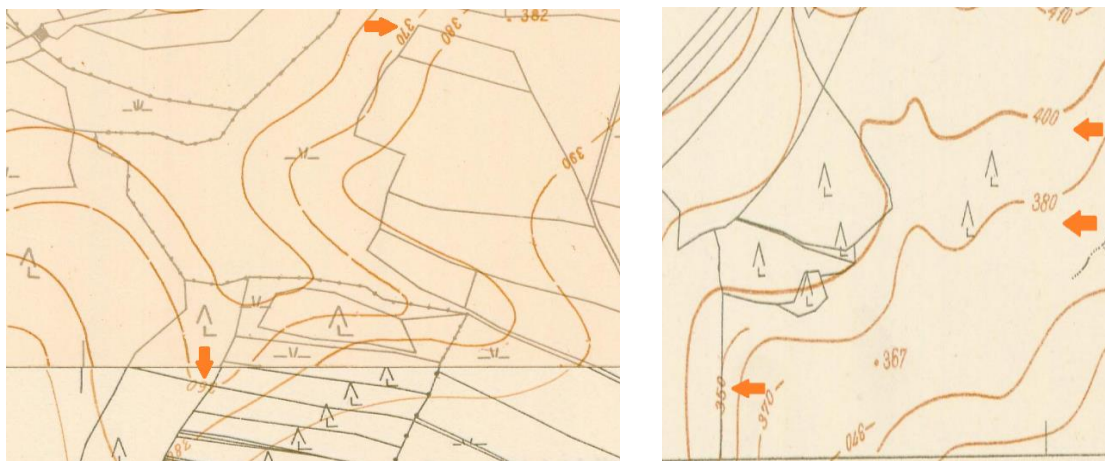
Tabulka 5: Posloupnost vzniku vrstevnic

Postup vektorizace vrstevnic	
	<p>Automatická vektorizace vrstevnic – Na obrázku je vidět, že byly zvektorizovány i některé objekty, které jsou pro vrstevnice nepodstatné. Tyto prvky byly odstraněny klávesou <i>Delete</i>.</p>

	<p>Ukázka vrstevnic po očištění nežádoucích prvků a odstranění číslování.</p>
	<p>Vrstevnice byly následovně v mezerách doplněny a spojeny funkcí <i>Merge</i>. V atributové tabulce jim byla přiřazena nadmořská výška. Byly doplněny výškové kóty, které jsou zobrazeny červenými tečkami.</p>

Komplikace při určování nadmořské výšky vrstevnic

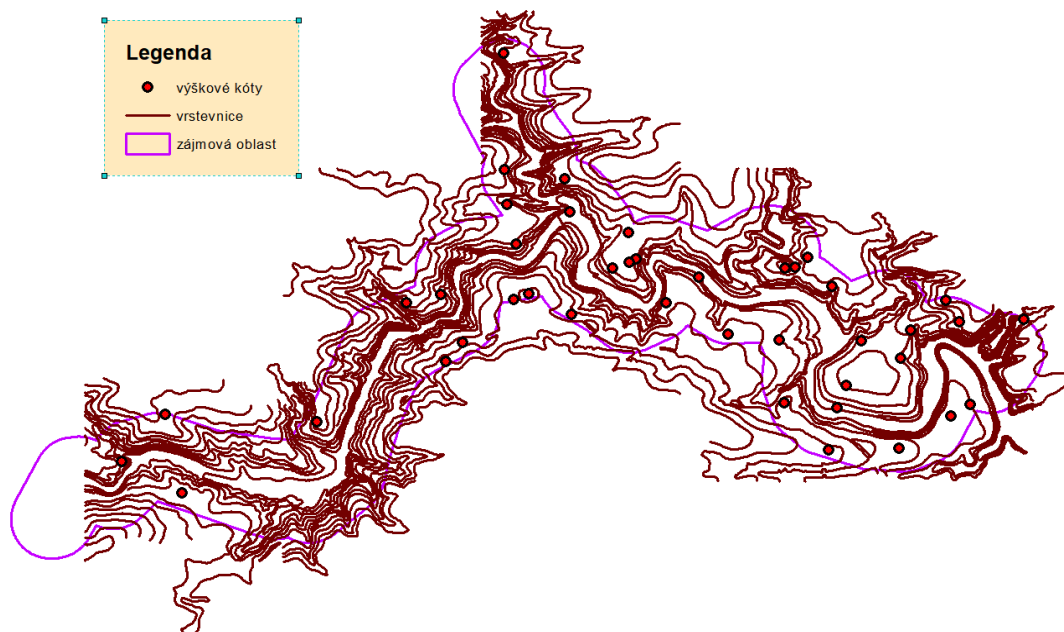
Ani vektorizace se neobešla bez problémů. Veliká potíž nastala v tom, že určité vrstevnice byly špatně očíslovány. Pro kontrolu byla zapnuta WMS prohlížečská služba mapy ZM 10, ale jak se ukázalo, vrstevnice se nacházely na území, které je v dnešní době zaplaveno Hracholuskou přehradou. Proto výška byla převzata z okolních mapových listů nebo odvozena ze sousedních vrstevnic. Další zádrhel vznikl i tím, že některé výškové kóty neobsahovaly vztažný bod. Kvůli přesnosti nebyly výškové kóty do vektorizace zahrnuty.



Obrázek 36: Špatné číslování vrstevnic



Obrázek 37: Absence bodu výškové kóty



Obrázek 38: Digitalizované vrstevnice na území SMO-5

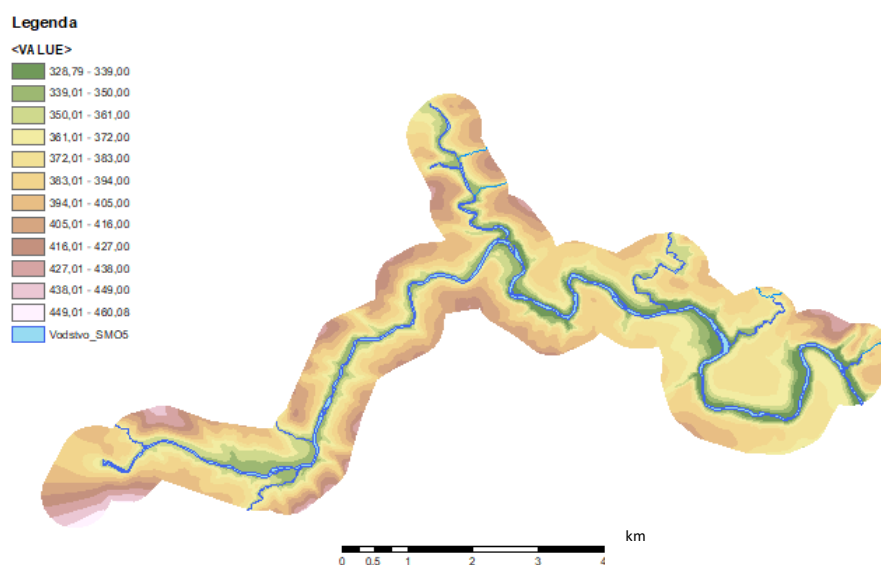
Vytvoření digitálního modelu terénu

Digitální model terénu byl vytvořen interpolační metodou funkcí *Topo to Raster*, která zaručuje hydrologicky korektní model. Metoda využívá interpolaci, což je dopočetí hodnot buněk, které nejsou výškově definované, na základě známých sousedních hodnot.

Do funkce mohly vstupovat jak liniové, tak i polygonové a bodové prvky. Kolem řeky byla vytvořena 20m zóna, do které nezasahovaly vrstevnice ani výškové kóty. Vrstevnice byly z této oblasti vyjmuty funkcí *Erase*. Bylo tak učiněno ze zkušeností předchozích řešitelů této problematiky. Oblast zaručila, že nenastane případ, kdy by řeka tekla „do kopce“.

Na vstupu funkce byly výškové kóty (*Point Elevation*), které obsahovaly nadmořské výšky, a vrstevnice (*Contour*) s nadmořskou výškou v atributové tabulce. Další vstupní vrstva zahrnovala vektory s nadmořskou výškou spádu

řeky (*Contour*). Spád řeky byl určen z vrstevnic, které procházely přes tok. Rozdíl mezi jednotlivými vrstevnicemi byl přepočítán mezi dílčí úseky. Potok (*Stream*) byl volen jako tok. Posledním prvkem byla vymezená oblast (*Boundary*), která byla definována jako hranice. Za touto hranicí nebyl DMT vytvořen. Pro kompletní nastavení byly vyplněny hodnoty velikosti buňky, rozsah výstupního rastru, lem, min. a max. hodnota Z aj. Po vytvoření byl rastr rozvrstven do 12 výškových tříd a vizuálně přezkoumán, jestli neobsahoval chyby. Pokud nějaké byly objeveny, např. prohlubeň, byla vstupní data upravena a rastr se opět vygeneroval. Na obrázku č. 39 je možné vidět vykreslený rastr barevnou hypsometrií.



Obrázek 39: Oblast znázorněná barevnou hypsometrií

ArcGIS Pro

Pro samotnou vizualizaci byl využit program ArcGIS Pro, který je dostupný z internetových stránek ČVUT. Velice výhodná je práce v aplikaci s 2D a 3D daty, které mohou být vizualizovány, editovány a analyzovány. Pro prohlížení 3D dat se nemusela stahovat další nadstavba. Lze vytvořit i více mapových oken, a tak praco-



Obrázek 40: Vizualizace toku Mže [1]

vat na několika mapách zároveň. Podrobnější popis aplikace je uveden na internetových stránkách *ARCDATA PRAHA (1990)*.

V ArcGIS Pro byla založena scéna *Local Scene*. V záložce *Elevation Surfaces* byl zvolen jako vstupní raster digitální model terénu vytvořený funkcí *Topo to Raster*. Do záložky 2D Layers byly vloženy vrstvy vodstva a mozaiky vytvořené z podkladu státní mapy odvozené v měřítku 1: 5 000. Ve výsledku vzniklo vymodelované koryto řeky Mže dle Státní mapy 1 : 5 000-odvozené. Ukázka vizualizace je na obrázku č. 40 a obrázku č. 41.

Tento rastr digitálního modelu byl využit jako podklad pro vrstvy CO a SMO5 v programu CityEngine.



Obrázek 41: Vizualizace toku Mže [2]

- **Vektorizace KM**

Pro import souborů .xml nalezených podle kódu obcí viz podkapitola 4.2.4 do geodatabáze bylo zapotřebí nástrojů *VFR Import Basic 10.6.*, které podporují import dat RÚIAN. Tyto nástroje nejsou součástí prostředí *ArcGIS for Desktop*, proto po nainstalování musely být přidány. Začlenění se provedlo v *ArcCatalogu* v adresáři *Toolboxes*, kde se vytvořil nový toolbox, který byl pojmenován *Nástroje VFR*. Možností *Add* byly nástroje *VfrTools* do nového toolboxu zařazeny. Následovalo založení nové geodatabáze s názvem *RUIAN.gdb*, do které byla nástrojem data přidána. Pro zobrazení vrstev KM se přetáhly do pracovního prostředí polygonové vrstvy *Parcely* a *StavebniObjekt*. Kvůli lepší vizualizaci byl obarven značkový klíč dle kódu druhu pozemku. Do geodatabáze

NAKI-XXXX.gdb byla data z geodatabáze RÚIAN importovány nástrojem *Append* v *ArcToolboxu*.

6.3 Procedurální modelování v CityEngine

6.3.1 Software CityEngine

CityEngine je program, který byl používán pro modelování budov, vodstva a lesů, které byly zvektorizovány a popsány v předchozí kapitole.

Tento software je velice efektivní a flexibilní při modelování 3D scén. Použití tohoto programu může odradit požadavek na znalost programovacího jazyka při tvorbě pravidel. Je to aplikace podporovaná společností Esri a na trh byla uvedena roku 2008. CityEngine je založen na 3 parametrech:

- Geometrie prvků;
- Atributy prvků;
- Procedurálně definovaná pravidla.

Software se opírá o programovací jazyk CGA, který je specifický v tom, že dokáže přesně určit, jaké má generovat architektonické objekty. Velikou předností bylo generování nejen samostatného objektu, ale i kompletní stavby. Více informací a zajímavostí se nachází na internetové stránce *Esri CityEngine (2008)* a v knize *Haeglera, Müllera a Van Goola (2009)*.

```

attr tree_height = rand(10,15) //random height of trees
attr tree_species = 16%: "obecn1"
    16%: "ovocny1"
    16%: "ovocny2"
    16%: "borovice"
    16%: "smrk1"
    16%: "smrk2"
    else: "smrk3"

//Rules#####

//Tree rule - differentiates the type of each tree
@StartRule
Tree -->
Engine) case tree_species == "obecn1": s(0,tree_height,0) //scale a tree asset proportionally to the given height ((x,y,z) - y is UP in City
    i("assets/trees/obecn1.dae")
    rotate(rel, world, 0, rand(0,360), 0) //rotates a tree asset randomly about y (vertical) axis
    center(xz) //centers a tree asset (it is necessary, because the rotate function doesn't rotate about the origin)
Engine) case tree_species == "ovocny1": s(0,tree_height,0) //scale a tree asset proportionally to the given height ((x,y,z) - y is UP in City
    i("assets/trees/ovocny1.dae")
    rotate(rel, world, 0, rand(0,360), 0) //rotates a tree asset randomly about y (vertical) axis
    center(xz) //centers a tree asset (it is necessary, because the rotate function doesn't rotate about the origin)
Engine) case tree_species == "ovocny2": s(0,tree_height,0) //scale a tree asset proportionally to the given height ((x,y,z) - y is UP in City
    i("assets/trees/ovocny2.dae")
    rotate(rel, world, 0, rand(0,360), 0) //rotates a tree asset randomly about y (vertical) axis
    center(xz) //centers a tree asset (it is necessary, because the rotate function doesn't rotate about the origin)
Engine) case tree_species == "borovice": s(0,tree_height,0) //scale a tree asset proportionally to the given height ((x,y,z) - y is UP in City

```

Obrázek 42: Ukázka sady pravidel pro procedurální modelování v programu CityEngine

6.3.2 Postup modelování objektů v CityEngine 2018

Nejprve byla v programu ArcMap upravena vstupní data v atributové tabulce podle pravidel generování. U digitalizovaných ploch lesního pozemku se vytvořily funkcí *Create Random Points* body stromů. Bylo tak provedeno z důvodu požadavku vstupních pravidel pro generování v bodové vrstvě. Pravidla pro generování 3D modelů byl kód v jazyce CGA, který vytvořil Ing. Pavel Tobiáš. Pravidla jsou zobrazena v ukázce na obrázku č. 42. Tento kód byl prvotně určen pouze pro generování budov z císařských povinných otisků. Budovy se rozdělily podle druhu na *spalna*, *nespalna* a *vyznamna*. Vymodelování 3D objektů bylo provedeno především pro prezentaci proměny zástavby v rozmezí několika staletí, proto se pravidla převzala i pro budovy Státní mapy 1 : 5 000-odvozené a digitální katastrální mapy. Modely stromů ve všech časových hladinách byly vygenerovány podle pravidel určených pro státní mapu odvozenou v měřítku 1 : 5 000. Tato pravidla obsahovala všechny alternativy. Pravidla pro polygony vodstva nebyla nikterak definována, proto byla vodní plocha jen vložena do scény pro dokreslení rázu krajiny. Naopak zasazení linií vodstva (potoky) do digitálního terénu nebylo podporováno, proto nebyly linie nakonec použity.

Po otevření programu byl založen nový projekt DP. Projekt obsahoval několik automaticky vytvořených komponentů. V modelování byly využity podsložky *assets*, *data*, *maps*, *models*, *rules* a *scenes*.

- *assets* obsahovala rastrové textury oken, fasád a střech;
- *data* zahrnovala digitalizované vrstvy ve formátu SHP;
- v *maps* byly vloženy rastry digitálního modelu reliéfu 5. generace a rastr vytvořený funkcí *Topo to Raster*;
- podsložka *models* obsahovala vyexportované modely ze SketchUp s příponou *.kmz*;
- v *rules* se nacházely soubory *.cga* s pravidly pro modelování;
- do *scenes* byly vloženy 3D scény, které se vytvořily na základě pravidel *.cga* a polygonových vrstev v souboru s příponou *.shp*.

Dále byla založena nová scéna *CO_SMO5.cej*, která se uložila do podsložky *scenes* v souřadnicovém systému S–JTSK (EPSG:5514). Do podsložky *data* byly vloženy polygony s příponou *.shp*. Kvůli správnému generování musela být přiřazena pravidla s příponou *.cga* v nabídce *Assign*. Samotné generování 3D modelů bylo zvo-

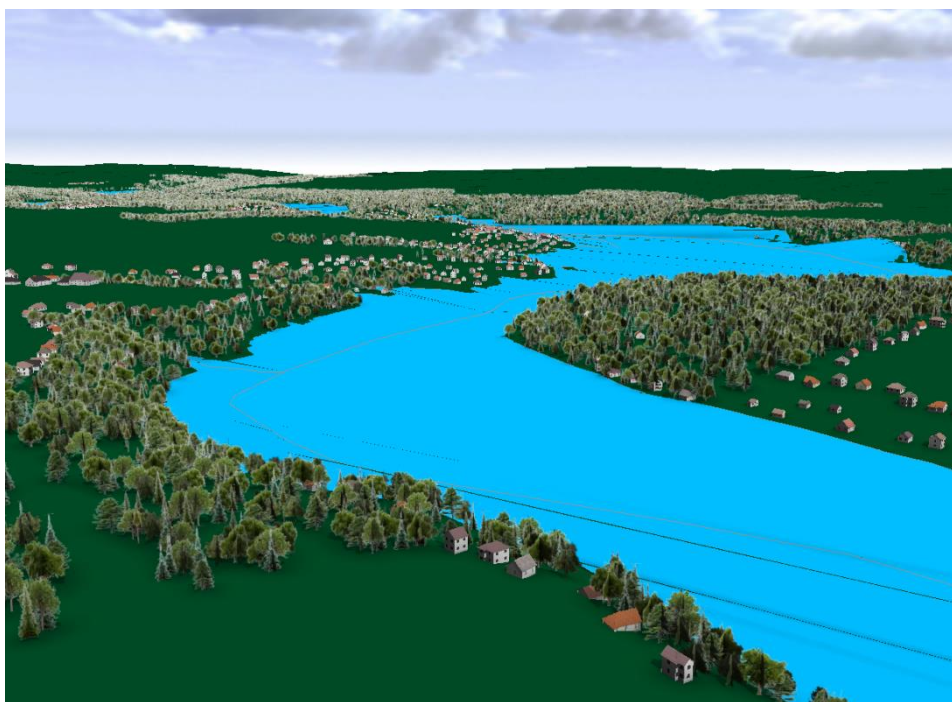
leno tlačítkem *Generate Models of Selected Shapes*. Jako podklad byl zvolen digitální model terénu vytvořený funkcí *Topo to Raster*. DMT se importoval funkcí *Terrain Import*.

V dalším kroku byly budovy zasazeny do terénu pomocí funkce *Align Shapes to Terrain*, kde byla zvolena varianta minimální výšky průmětu budov.

V posledním úkonu se modely exportovaly do vrstvy (*Esri scene layer package*) a byly sdíleny do aplikace ArcGIS Online.

K vizualizaci aktuálního stavu krajiny byl zvolen digitální model reliéfu 5. generace (DMR 5G). Další postup byl obdobný jako u dat CO a SMO–5.

Nakonec se do scény naimportovala vymodelovaná vodní díla z programu SketchUp a umístila se dle dostupných informací.



Obrázek 43: 3D modely v programu CityEngine

6.4 Modelování konkrétních objektů

Dle stavební dokumentace získané z vodní knihy okresu Tachov byla detailně vymodelována čtyři vodní díla, která byla dále zasazena do vizualizované krajiny z programu CityEngine. Konkrétně se jednalo o drtírnu Stoupu U Hamru, vodní mlýn Dolanský, Hracholuský a Těchodělský.

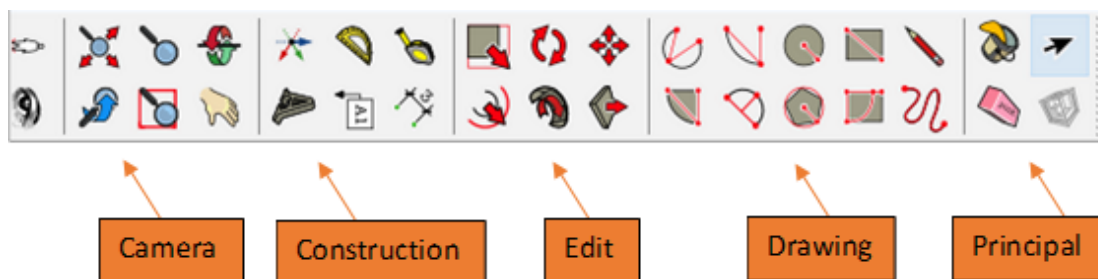
6.4.1 Software SketchUp 2017

Informace byly čerpány z internetových stránek *SketchUp (2019)*. SketchUp je software, který je určen především pro architekty a stavební a strojní inženýry.

Umožňuje velice intuitivně a rychle vytvořit 3D objekty. Velké pozitivum má v mnoha nadefinovaných plug-inech,⁸ které v autorčině případě byly využity převážně ve výplni textury střechy, fasády a oken. Program byl vytvořen společností @Last Software v roce 1999. Nyní program vlastní společnost Trimble Navigator.

Po spuštění softwaru byl přidán panel nástrojů *Large Tool Set* viz obrázek č. 44, který obsahoval veškeré potřebné nástroje k modelování. Zahrnuje např. funkce:

- Camera – rotace kamerou, přibližování, posun pohledu;
- Construction – měření vzdáleností, úhlů aj.;
- Drawing – kreslení čar, kružnic a křivek;
- Measurements – kolonka pro zadávání potřebných vzdáleností;
- Principal – funkce pro obarvení plochy, guma;
- Edit – vytahování ploch, pohyb křivky, změna měřítka.



Obrázek 44: Kreslicí nástroje panelu *Large Tool Set*

Program SketchUp obsahuje velice užitečné nástroje. Jedna z prospěšných je i funkce *Geo-location*, která dokáže zobrazit terén okolo umístěného objektu. Bohužel z důvodu modelování zatopených budov, nemohla být plně využita. Pro vytvoření animace byla zvolena funkce v rozbalovacím menu *View* → *Animation* → *Add Scene*. Vzniklo několik scén, které byly spojené do jednoho videa. Animace jsou dostupné ke zhlédnutí v odkazu <https://bit.ly/2HHyvbF>. Jednotlivé modely byly nadále exportovány funkcí *3D Warehouse*. Tím bylo umožněno online sdílení a prohlížení jednotlivých modelů v daném měřítku. Modely je možno zhlédnout na stránce v odkazu <https://bit.ly/2YQxFPB>.

⁸ Doplnující modul, který rozšiřuje funkčnost.

6.5 Publikace veškerých výsledků v mapové aplikaci ArcGIS Online

ArcGIS Online je nástroj, který umožňuje sdílet data z prostředí programu ArcMap. V ArcGIS Online lze data publikovat, prohlížet a sdílet. Z dat je možné vytvořit webovou mapovou aplikaci z předdefinovaných šablon a stylů a do ní vkládat různé nástroje.

6.5.1 Vytvoření webové mapové aplikace 2D

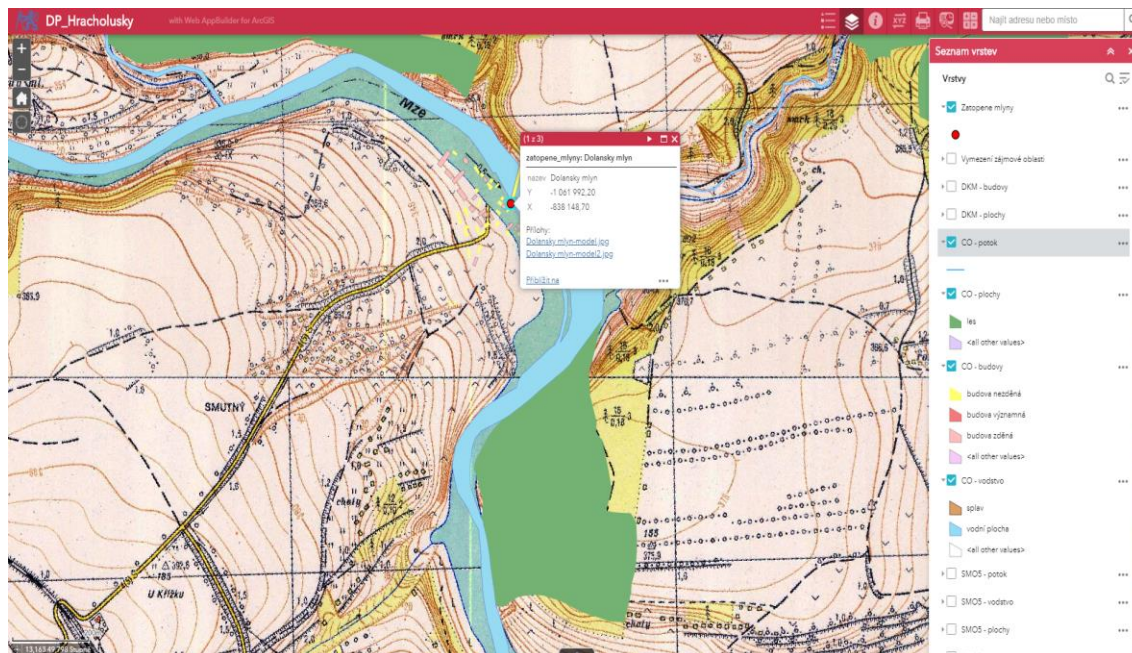
Pro sdílení vrstev do prostředí ArcGIS Online, bylo nejprve nutné provést přihlášení. Dále se jednotlivé vrstvy v časovém období uložily do individuálního souboru ve formátu MXD. Souřadnicový systém S–JTSK byl ponechán při zobrazení vrstvy.

Publikace vrstvy se provedla následujícími nástroji *File* → *Share As* → *Service*. Z nabídky byla zvolena možnost *Publish a service*. V okně *Service Editor* konkrétně v záložce *Capabilities* byly zvoleny možnosti dle formátu publikovaných vrstev. Jestliže byly přidávány vrstvy vektorového charakteru, byla zvolena varianta *Feature Access*. Pokud data byla rastrového typu, byla zvolena varianta *Tiled Mapping* a ve složce *Caching* byla nastavena úroveň dlaždic v rozmezí 13–18. V záložce *Sharing* byl povolen veřejný přístup. Všechny skutečnosti byly zkontrolovány funkcí *Analyze* a funkcí *Publish* uveřejněny na server.

Na stránce ArcGIS Online bylo nutné uživatele přihlásit. Po přihlášení byla zpřístupněna záložka *Můj obsah*, ve které byly zobrazeny nahrané vrstvy. U vrstevnic, výškových kót a zatopených mlýnů byla povolena zobrazovací okna. V oknech byly uvedeny informace o výšce, poloze a u mlýnů i ilustrační fotky. Dále byla vytvořena mapa pod názvem *Hracholusky_DP*. Všechny nahrané vrstvy byly do této mapy přidány. Pro zobrazení současnosti byla přidána i aktuální ortofota. Jako podkladová vrstva byla zvolena *Topografická mapa Č(SS)R 1 : 10 000*.

Webová aplikace byla vytvořena ve stejné záložce v rozbalovacím menu *Vytvořit* → *Pomocí nástroje Web AppBuilder*. Vyplnila se klíčová slova, název, shrnutí a místo. V záložce *Motiv* byl vybrán vzhled, barva a rozvržení aplikace. V další záložce *Mapa* byla zvolena předpřipravená mapa *Hracholusky_DP*. V záložce *Widget* byly voleny další nástroje aplikace, např. seznam vrstev, převod sou-

řadnic, tisk, informace o aplikaci. Ukázka webové mapové aplikace je znázorněna na obrázku č. 45.



Obrázek 45: Ukázka webové mapové aplikace

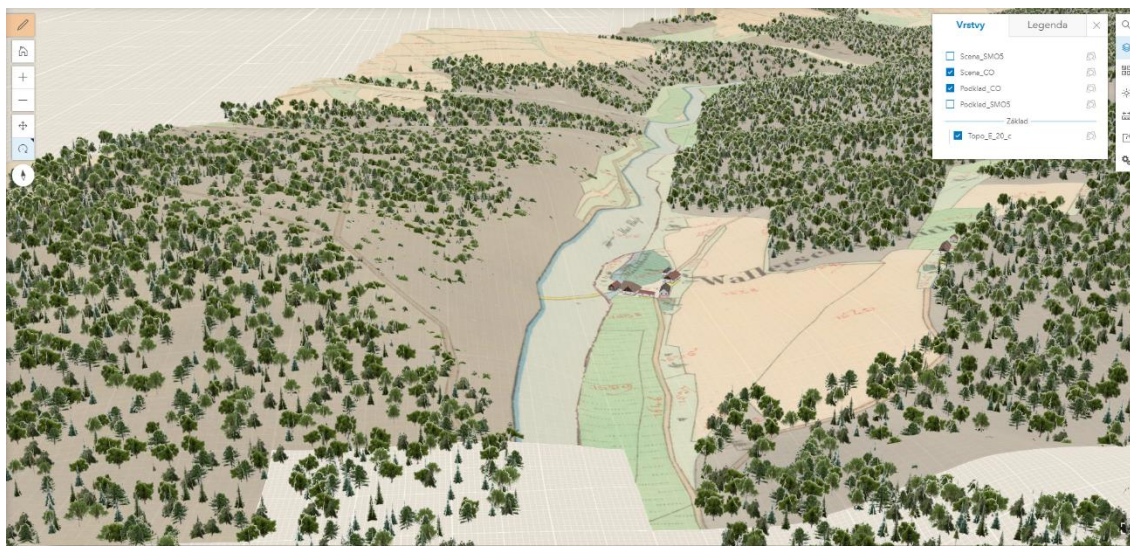
Pro prohlížení, zapínání vrstev, měření vzdáleností aj. lze aplikaci nalézt na internetové stránce, kterou je možno najít v odkazu <https://bit.ly/2IoMkko>.

6.5.2 Vytvoření webové mapové aplikace 3D

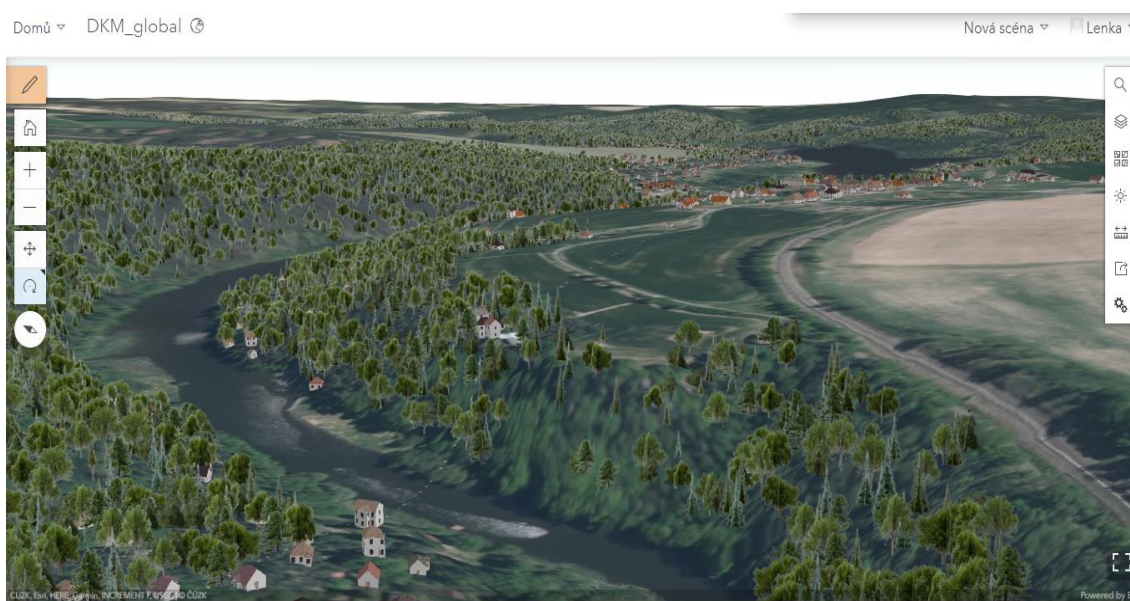
Z programu CityEngine byla publikace na stránky ArcGIS Online provedena obdobně jako v předchozí podkapitole. Uživatel musel být opět přihlášen. Poté byla zvolena v záložce *File* možnost *Share As* a vybrán model.

Na stránkách ArcGIS Online byla scéna publikována a byl jí přiřazen terén, který se pokryl texturou rastru CO, SMO5 a ortofota. Celkem byly vytvořeny dvě scény. První scéna obsahovala historická data CO a SMO5. Druhá scéna zobrazovala současný stav DKM. Ukázka historické 3D scény je na obrázku č. 46, na obrázku č. 47 je znázorněná ukázka 3D scény současného stavu na podkladu ortofota.

Pro obě scény byly obdobným způsobem viz předchozí podkapitola vytvořeny 3D webové aplikace, které jsou dostupné na internetové adrese <https://bit.ly/2Xk8Ye9> a <https://bit.ly/2Xk8Ye9>.



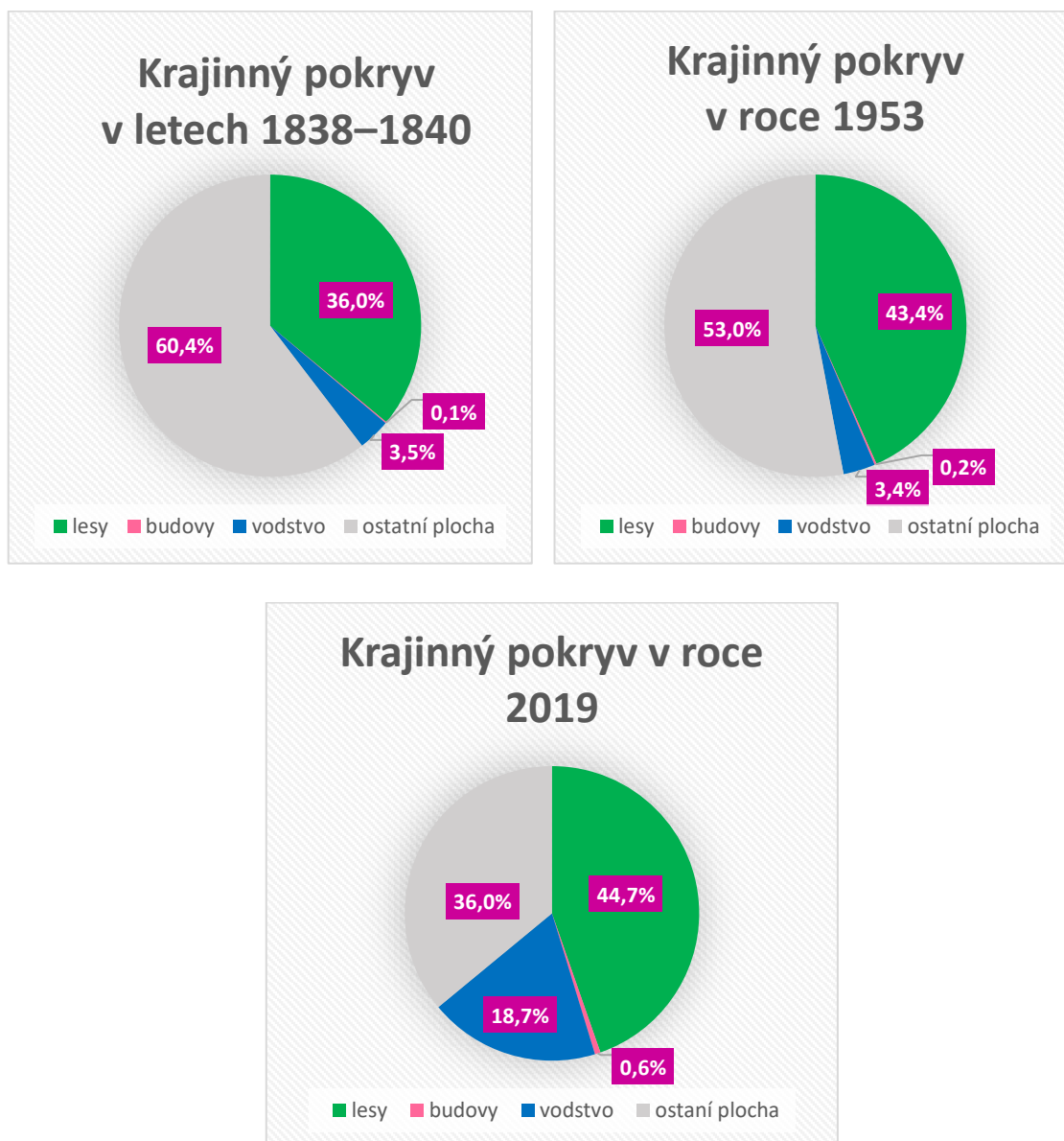
Obrázek 46: Ukázka historické 3D scény na podkladu CO



Obrázek 47: Ukázka 3D scény současného stavu na podkladu ortofota

7 Porovnání výsledků

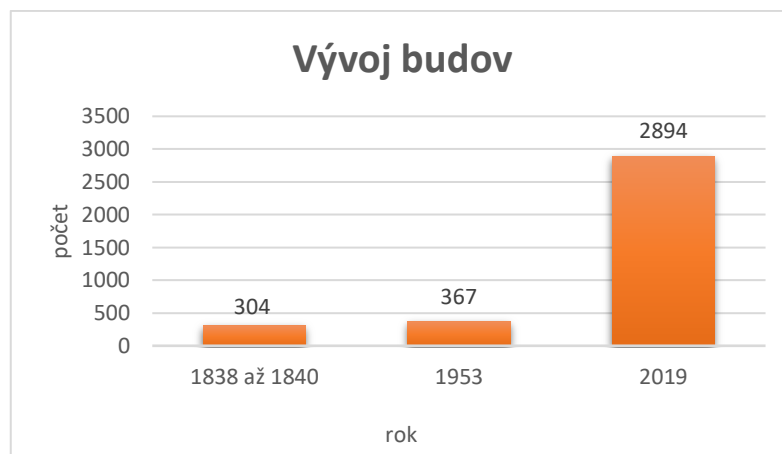
Vektorizace mapových podkladů umožnila analýzu stavu jednotlivých kategorií, zda došlo k rozšíření, poklesu či stagnaci. Jak již bylo zmíněno v přechozích kapitolách, byly zvektorizovány tři kategorie, tzn. lesy, vodstvo a budovy. V grafech [1–3] je věcně popsáno procentuální zastoupení těchto typů v rámci celé zájmové oblasti.



Obrázek 48: Grafy vyjadřující procentuální zastoupení jednotlivých zvektorizovaných vrstev [1–3]

Podle předpokladu lze z grafů zjistit, že v téměř 200letém rozmezí se oblast lesů přibližně o 9 % zvýšila. Expanzivně se zvýšila i plocha vodstva, ale této skutečnosti je připisována právě stavba vodní nádrže Hracholusky. Od 19. století se celková plocha vodstva zvýšila až o 15 %. Výrazně se snížil povrch ostatních ploch. Ostatní

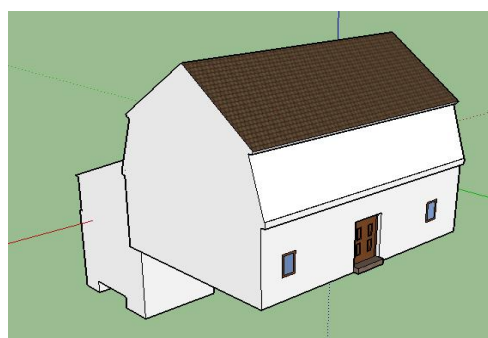
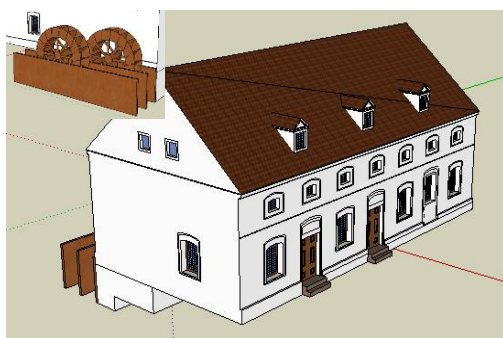
plochy nebyly zmapovány, protože nepředstavovaly stěžejní oblast zpracování pro dané téma diplomové práce. Plocha budov se během let vždy zvyšovala. Je to i z toho důvodu, že postupem času rostla obliba rekreace kolem vodní nádrže. Pro lepší představu je tato skutečnost znázorněna ve sloupcovém grafu na obrázku č. 49 s počtem budov v jednotlivých letech.

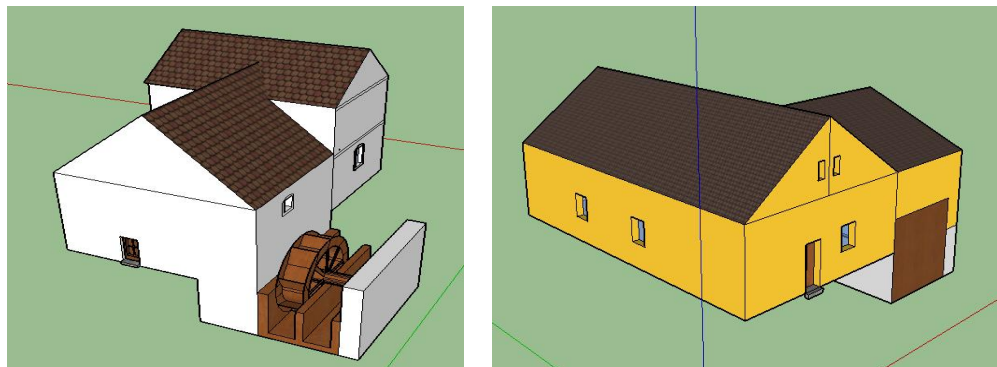


Obrázek 49: Graf vývoje počtu budov v jednotlivých letech [4]

Kvůli velké rozloze zájmové oblasti je vizuální proměna jednotlivých vrstev v rozmezí cca 200 let k nahlédnutí ve webové aplikaci na adrese <https://bit.ly/2IoMkko>. Vybraná sídla jsou vizuálně porovnávána ve 4 časových hladinách pomocí tematických map, které jsou přiloženy v tištěných přílohách A.1–A.12 viz desky.

Pro dokreslení rázu krajiny byla vymodelována vodní díla, která poté byla do programu CityEngine importována. Na jednotlivých 3D modelech vodních děl je zřejmé, že se od sebe obdobné stavby liší. Na první ukázce je vidět mlýn, který byl velice členitý (hlavně v oblasti oken a vikýřů) a obsahoval dvě vodní kola, která jsou velice detailně vymodelována. Oproti druhé ukázce, kde jsou mlýnská kola umístěna uvnitř budovy a budova je velice jednoduše řešena. Na dalších ukázkách lze spatřit zbylá vymodelovaná vodní díla.





Obrázek 50: Ukázky 3D modelů vodních děl

Pohledy dílčích modelů jsou vyobrazeny v tištěných přílohách A.17–A.20.

Rozdíl v modelování oproti SketchUp je upravení vstupních dat do programu CityEngine v atributové tabulce podle pravidel pro modelování. Byly založeny dvě scény, ve kterých se provádělo generování. V první scéně se vygenerovaly objekty (budovy, lesy, vodstvo) z historických podkladů CO a SMO5. V druhé scéně byly použity vrstvy, které obsahovaly také atributy s lesy, budovami a vodstvem pro současný stav. Modely z jednotlivých scén se publikovaly na stránku ArcGIS Online. Na obrázku č. 51 a obrázku č. 52 jsou patrné rozdíly mezi modely v CityEnginu a po publikaci na stránku ArcGIS Online.

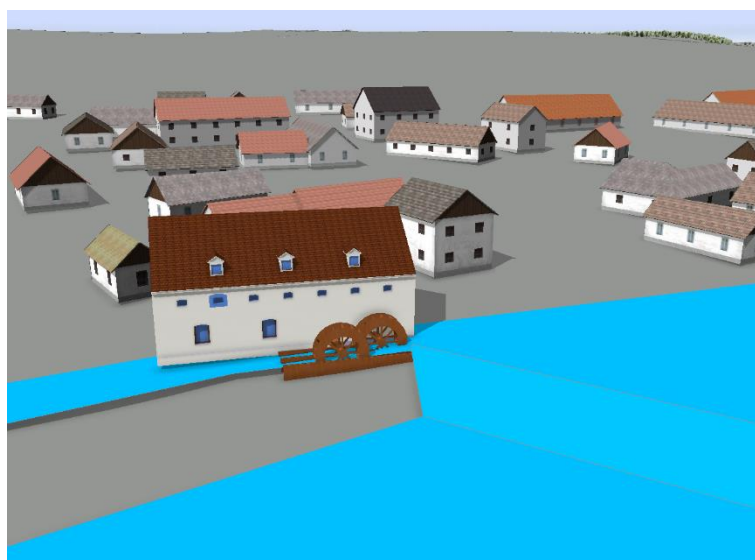


Obrázek 51: Ukázka 3D scény v programu CityEngine



Obrázek 52: Ukázka 3D scény po publikování na stránce ArcGIS Online

Na obrázku č. 51 je vidět, že ve scéně je znázorněná plocha vodstva a budovy se všechny vygenerovaly. Zároveň jsou do terénu přirozeně zapuštěny. Na druhém obrázku č. 52 je zřejmé, že se dispozice změnily. Některé budovy nejsou znázorněny a zároveň není znázorněna ani plocha vodstva. Některé plochy stromů také zanikly. Tento problém byl konzultován s vedoucím práce, ale nebylo nalezeno řešení. Domníváme se, že při publikaci proběhla neznámá transformace a výšky terénu se upravily. Historická scéna byla doplněna o modely vodních děl. Na obrázku č. 53 je v popředí vymodelovaný Dolanský mlýn, za ním jsou ostatní budovy vyhotoveny procedurálním modelováním. Na obecných budovách je vidět, že nejsou příliš propracované. Je nutné také konstatovat, že při importu vodních mlýnů se některé textury a prvky generalizovaly.



Obrázek 53: Porovnání Dolanského mlýna s ostatními stavbami

8 Diskuse

Jak již bylo řečeno, obdobným tématem se zabývala *Dykastová (2017)* ve své diplomové práci. Absolventka se zaměřila převážně na město Kadaň, ovšem zpracovala a vymodelovala ji velice podrobně. Avšak má práce se liší převážně rozsahově, kdy byla vybrána rozsáhlejší oblast (až 500 m od břehu hranice přehrady = 24,31 km²). Další rozdíl je v principu georeferencování. V diplomové práci Dykastové (2016, s. 75) je napsáno: „Rastrové soubory s mapovými podklady byly usazeny do souřadnic na digitální kresbu katastrální mapy.“ Vznikly tudíž totožné půdorysy jednotlivých vrstev. V případě zpracování říčního koryta Mže je na podkladech vidět, že na některých místech nejsou zcela totožné. Je to způsobeno patrně tím, že mapové rastry byly georeferencovány na klady jednotlivých map, čímž se provedlo nezávislé přiřazení souřadnic. Naopak u změny tvaru říčního toku vs. plocha přehrady je tato skutečnost předpokládána. Při porovnání ploch a počtu budov vyšly srovnatelné výsledky jako u Dykastové, tj. existence budov má stoupající trend.

Při vektorizaci vrstevnic SMO–5 došlo k obdobným problémům uvedených v diplomové práci *Slívové (2018)*, tzn. špatně přiřazená výška v rastrech u vrstevnic, které se nacházely na více než jednom mapovém listu. U některých výškových kót chyběl přesně definovaný bod. Potvrdila se neefektivnost automatické vektorizace vrstevnic, kdy celá vrstevnice byla rozdělena na několik malých vektorů, které poté musely být pospojovány. Domnívám se, že jeden z důvodů je nekvalitní podklad, kdy některé rastry byly zažloutlé. Nutno podotknout, že na některých mapových listech byla automatická vektorizace přínosem (cca 3 ML). U ostatních bylo lepší vektorizovat vrstevnice ručně nebo poloautomaticky. Dále byly všechny digitalizované vrstvy publikovány do prostředí ArcGIS Online. Všechny vrstvy odpovídaly podkladům, až na vrstvu DKM vůči ortofotu. Tento problém byl několikrát konzultován s vedoucím práce, ale odstranění této nesnáze se nepodařilo.

V zadání byl uveden požadavek vymodelování přehradní hráze. Kvůli neumožnění vstupu do archivu Povodí Vltavy, byla zvolena možnost vymodelovat vodní díla kolem řeky Mže. Neumožnění vstupu lze vysvětlit tím, že přehradní hráz je strategická budova a není umožněno pracovat s jejími podklady. Při modelování konkrétních vodních děl se vyskytl zásadní problém, kdy projektová

dokumentace nebyla nalezena. Nejprve byla kolem oblasti kontaktována muzea s prosbou o poskytnutí materiálů týkajících se informací o vodních dílech. Bohužel v žádném z muzeí neměli požadovanou dokumentaci. Dále byl navštíven Státní okresní archiv v Plasech. Zde nedisponovali materiály, které by mohly být použity. Velice často se stalo, že plány, které by mohly být využity, byly označeny jako tajné a vyjmuty ze složek. Takto vyznačené materiály nebyly nikde k nalezení. Ve Státním okresním archivu Tachov se nacházely podklady čtyř vodních děl, které byly s vděkem použity.

Při publikování 3D modelů z programu CityEngine byla řešena další nepříjemnost. 3D Modely v programu CityEngine byly přirozeně usazeny do digitálního modelu. Po exportu na stránku ArcGIS Online byl digitální model pozměněn tak, že se budovy do terénu ponořily. Problém byl opět konzultován, ale na účinné řešení se nepřišlo. Celkově je problematické, že výchozím souř. systémem webových scén je Web/Google Mercator (EPSG:3857), ovšem vrstvy dat byly zpracovány a importovány v S-JTSK. Nedokonalost vzájemné transformace, jež není možné mimo ArcGIS ovlivnit, mohla způsobit popsané problémy. Dopad byl nepatrně zmírněn exportováním modelů do CityEngine WebScene s příponou *.3ws*, ale model nešel potáhnout texturou a nezobrazovala se vrstva vodstva. Program CityEngine je náročnější na pochopení kvůli programovacímu jazyku a tvorbě pravidel. Tomu se zdárně vyhnula absolventka *Kadlecová (2013)*, která vytvořila vizualizaci krajiny v několika časových rozmezech v nadstavbě ArcMapu ArcScene.

V souladu se zadáním diplomové práce měly být upraveny sady pravidel pro procedurální modelování vegetace a zástavby v programu CityEngine. Kvůli několikaměsíční indispozici odborníka na program CityEngine a nedostatku informací, které by objasnily existenci/neexistenci pravidel v rámci projektu, nebylo do této problematiky více zasahováno.

Pokud by se podařilo získat více podkladů, mohlo by se vymodelovat značné množství objektů. Z označení „ostatní plocha“ by se mohly zvektorizovat plochy podle způsobu využití půdy, a tím analyzovat rozvoje určitých ploch. Tyto digitalizované plochy by se nadále mohly využít k výpočtu koeficientu ekologické stability, který představuje poměr stabilních a nestabilních krajinotvorných prvků. Zájmová plocha by mohla být rozšířena o větší oblast. Například o město Stříbro, kde se nachází mnoho mlýnů, o kterých je dochováno značné množství informací.

Ve Stříbře je i kostel, který by mohl být vizualizován formou 3D modelu a celkově by dokreslil celý ráz krajiny.

9 Závěr

Záměr diplomové práce spočíval ve zpracování a vizualizaci říčního toku Mže a okolí přehrady pomocí historických mapových pramenů a následným vymodelováním krajiny v programu CityEngine. 3D scénérie měly být doplněny detailně vymodelovanými objekty a výsledky měly být publikovány pomocí webové mapové aplikace.

Nejprve byly objednány mapové podklady Císařských povinných otisků stabilního katastru, Státní mapy 1 : 5 000-odvozené a Topografické mapy Č(SS)R 1 : 10 000 z Ústředního archivu zeměměřičství a katastru. Z veřejného dálkového přístupu byla stažena kresba digitální katastrální mapy z roku 2019.

V softwaru ArcMap byla založena geodatabáze, ve které byly georeferencovány mapové rastry na jednotlivé klady map. Pro každý rastr byla zvolena zvlášť vhodná transformace s rozdílnými identickými body. Po ořezání mapových rámu se vložily rastry do mozaiky, aby se s nimi dalo pracovat jako s jedním rastrem.

Dále byly do již existujícího souboru NAKI-XXX.mxd projektu⁹ zvektorizovány plochy budov, lesů, vodstva a vrstevnice SMO-5. Z vrstevnic SMO-5, výškových kót, břehové linie (výškově určený spád toku) a hranice zájmové oblasti se vygeneroval digitální model terénu. Pomocí těchto podkladů se v aplikaci ArcGIS Pro provedla vizualizace koryta řeky Mže. Vzniklý digitální model terénu a vrstvy ze souboru NAKI-XXX.mxd byly aplikovány pro modelování objektů CO a SMO-5 v programu CityEngine.

Aby byly tyto 3D scénérie více propracované, využilo se stavebních podkladů vodních děl. Dle zadání měl být vytvořen podrobný model přehradní hráze. K materiálům souvisejícím s hrází byl odepřen přístup, proto bylo nalezeno řešení ve vymodelování čtyř vodních děl na řece Mži. Podle dokumentace byly vymodelovány 3 vodní mlýny a jedna drtírna v programu SketchUp. Jednotlivé modely jsou dostupné na adrese <https://bit.ly/2YQxFPB>. Animace modelů jsou uloženy na stránce <https://bit.ly/2HHyvbF>. Dále byly tyto modely využity v programu CityEngine.

⁹ Vltava–proměny historické krajiny v důsledku povodní, stavby přehrad a změn ve využití s vazbami na kulturní a společenské aktivity v okolí řeky.

V programu CityEngine byly vygenerovány podle pravidel objekty budov a porost pro každou časovou hladinu. Pro vymodelování plochy vodstva nebyla pravidla vytvořena, tudíž se plocha jen do terénu vložila pro lepší vizualizaci. Do programu byly dále vloženy modely vodních děl. Modely byly publikovány ve webové aplikaci v prostředí ArcGIS Online. Podle zadání měla být problematika softwaru CityEngine hlouběji prozkoumána, tzn. úprava sady pravidel pro procedurální modelování, ale kvůli dlouhodobé indispozici specialisty na tento program bylo od tohoto požadavku opuštěno se souhlasem vedoucího diplomové práce.

Nástrojem ArcGIS Online byly zhotoveny webové mapové aplikace, do nichž byly vloženy vektorové vrstvy a 3D modely krajiny s modely vodních děl. 2D aplikace je pro nahlížení dostupná z odkazu <https://bit.ly/2IoMkko>. 3D aplikace je dostupná z <https://bit.ly/2Xk8Ye9> a <https://bit.ly/2Xk8Ye9>.

V závěru byly plochy vektorových vrstev porovnány v jednotlivých zmapovaných etapách. Z výsledků je patrné, že s výstavbou vodní nádrže se vodní plocha zvětšila. Expanzivně se zvýšila i výstavba budov, a to díky rozvoji rekreace. I při dnešním trendu kácení lesů nenaznačuje výsledný úbytek lesů, naopak je patrná jejich expanze. Na závěr byly porovnány 3D modely vodních děl. Mezi sebou byly zkonfrontovány výstupy z programu CityEngine a výstupy po publikaci v prostředí ArcGIS Online.

Použitá literatura

- [1] KADLECOVÁ, Hana. *Vývoj a rekonstrukce krajiny v oblasti přehrady Fláje*. Praha, 2013. Diplomová práce. ČVUT. Vedoucí práce Ing. Růžena Zimová, Ph.D.
- [2] DYKASTOVÁ, Adéla. *Analýza a vizualizace zástavby města Kadaň*. Praha, 2017. Diplomová práce. ČVUT. Vedoucí práce Ing. Růžena Zimová, Ph.D.
- [3] HARTMANOVÁ, Monika. *Zpracování a vizualizace kartografické a obrazové dokumentace zámeckých objektů Náchod a Opočno*. Praha, 2016. Diplomová práce. ČVUT. Vedoucí práce Ing. Růžena Zimová, Ph.D.
- [4] 3D model zaniklého Ostrovského kláštera|média. *Univerzita Karlova: Přírodovědecká fakulta* [online]. 2018 [cit. 2019-05-28]. Dostupné z: <https://www.natur.cuni.cz/fakulta/pro-media/aktuality/3d-model-zanikleho-ostrovskeho-klastera-media>
- [5] FUKSA, Ivan. *Pevnost Tereziín proti pruské rozpínavosti*. Praha: Národní muzeum, 2016. ISBN 978-80-7036-501-4.
- [6] *ROME REBORN* [online]. 2007 [cit. 2019-05-28]. Dostupné z: <https://www.romereborn.org/content/home-o>
- [7] *Česká televize: Události v kultuře* [online]. 1992 [cit. 2019-05-28]. Dostupné z: <https://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/1097206490-udalosti-v-kulture/218411000121120/obsah/658232-3d-model-zanikleho-ostrovskeho-klastera>
- [8] PECÁK, Radek. *Fenomén Hracholusky: Historie a současnost regionu, který změnila výstavba přehrady*. 1. vydání. Plzeň: Starý most, 2009. ISBN 978-80-87338-03.
- [9] *Kudy z nudy* [online]. 2005 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.kudyznudy.cz/aktivity-a-akce/aktivity/vodni-nadrz-hracholusky.aspx>
- [10] Národní geoportál INSPIRE: Mapy [online]. Praha: CENIA, 2005 [cit. 2019-01-09]. Dostupné z: <https://geoportal.gov.cz/>
- [11] BERAN, Pavel. *Zaniklé obce a objekty* [online]. 2005 [cit. 2019-01-09]. Dostupné z: <http://www.zanikleobce.cz/>

- [12] VÁCLAV, Jan. Těchoděly a Dolany: ruiny obcí se ukrývají pod hladinou Hracholuské přehrady. *Tachovský deník*. 2012,. [cit. 2019-01-09]. Dostupné z: https://tachovsky.denik.cz/zpravy_region/techodely-a-dolany-ruiny-obci-se-ukryvaji-pod-hladinou-hracholuske-prehrady-2012.html
- [13] *Mapy.cz* [online]. 1998 [cit. 2019-05-08]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=14.5103998&y=50.0764999&z=11>
- [14] *VD Hracholusky* [online]. 2013 [cit. 2019-01-14]. Dostupné z: <http://www.pvl.cz/files/download/vodohospodarske-informace/vodni-dila-a-nadrze/hracholusky.pdf>
- [15] Vývařiště. In: *Wikipedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/V%C3%BDva%C5%99i%C5%A1t%C4%9B>
- [16] PROCHÁZKA, Zdeněk a Miroslav VETRÁK. *Cesta krajánek aneb putování po mlýnech a vodních provozech na Tachovsku a Stříbrsku*. Domažlice: Nakladatelství Českého lesa, 2018. ISBN 978-80-87316-8011.
- [17] Kaplanova turbína. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2018, [cit. 2019-02-06]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Kaplanova_turb%C3%ADna
- [18] JEŽEK, Petr. *IDNES.CZ: video: Přístaviště je na suchu, nad hladinou přehrady se vynořil bunkr* [online]. 2018 [cit. 2019-02-06]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/plzen/zpravy/hracholusky-prehrada-sucho-voda-klesa-hladina.A181122_440936_plzen-zpravy_vb
- [19] SLECHA. Vypuštěná přehrada Hracholusky. In: *Rajce.net* [online]. 2018 [cit. 2019-02-06]. Dostupné z: https://slecha.rajce.idnes.cz/vypustena_prehrada_Hracholusky/
- [20] CAJTHAML, Jiří. *Analýza starých map v digitálním prostředí: na příkladu Müllerových map Čech a Moravy*. Praha: ČVUT, 2012. ISBN 978-80-01-05010-1.
- [21] PAVLA, Kostková a Římalová JITKA. *Ústřední archiv zeměměřictví a katastru* [online]. 2018 [cit. 2019-01-14]. Dostupné z: https://archiv-nimapy.cuzk.cz/info/text_sk.html

- [22] VÁCLAV, Čada. Digitální katastrální mapy z pohledu funkce státního mapového díla: Kartografické listy[online]. 2007 [cit. 2019-02-06]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~cada/wwwkma/download/Katastralni%20mapa%20SMD.pdf>
- [23] ČÚZK: Státní mapa 1:5 000-odvozená [online]. 2010 [cit. 2019-02-06]. Dostupné z: [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(ifuqrmzx1h0mx03jyfv3oz3b\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&side=dSady_archiv&metadataID=CZ-CUZK-SMO5-R&head_tab=sekce-02-gp&menu=2905](https://geoportal.cuzk.cz/(S(ifuqrmzx1h0mx03jyfv3oz3b))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=dSady_archiv&metadataID=CZ-CUZK-SMO5-R&head_tab=sekce-02-gp&menu=2905)
- [24] TVRDÝ, Dalibor. *Shapefile* [online]. 2010 [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: http://wiki.cs.vsb.cz/images/b/b9/Gis_tvr038.pdf
- [25] ARCDATA PRAHA, s.r.o.: *ArcGIS Desktop* [online]. 1990 [cit. 2019-02-04]. Dostupné z: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/get-started/main/get-started-with-arcmap.htm>
- [26] ČÚZK: *Prohlížečí služba WMS-ZM 10* [online]. 2010 [cit. 2019-02-06]. Dostupné z: [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(hlnhwhxdoklqwjtyeykk4clq\)\)/Default.aspx?menu=3115&mode=TextMeta&side=wms.verejne&metadataID=CZ-CUZK-WMS-ZM10-P&metadataXSL=metadata.sluzba](https://geoportal.cuzk.cz/(S(hlnhwhxdoklqwjtyeykk4clq))/Default.aspx?menu=3115&mode=TextMeta&side=wms.verejne&metadataID=CZ-CUZK-WMS-ZM10-P&metadataXSL=metadata.sluzba)
- [27] ČÚZK: *RÚIAN – Registr územní identifikace, adres a nemovitostí* [online]. 2012 [cit. 2019-06-01]. Dostupné z: [https://www.cuzk.cz/Uvod/Produkty-a-sluzby/RUIAN/RUIAN-\(1\).aspx](https://www.cuzk.cz/Uvod/Produkty-a-sluzby/RUIAN/RUIAN-(1).aspx)
- [28] ČÚZK. *Aplikace analýza výškopisu* [online]. 2015 [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/dmr/>
- [29] ŘEZNÍK. *Informační systém Masarykovy univerzity: PŘF: Z8120 Státní mapová díla* [online]. 2017 [cit. 2019-02-06]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1431/podzim2017/Z8120/um/07_SMD.pdf
- [30] VEVERKA, Bohuslav a Růžena ZIMOVÁ. *Topografická a tematická kartografie*. V Praze: České vysoké učení technické, 2008. ISBN 978-80-01-04157-4.

- [31] SLÍVOVÁ, Adina. *3D model historického údolí Vltavy v oblasti přehradní nádrže Slapy*. Praha, 2018. Diplomová práce. ČVUT. Vedoucí práce Doc. Ing. Jiří Cajthaml, Ph.D.
- [32] *Irfanview* [online]. 2015 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <http://www.irfanview.cz/>
- [33] JANATA, Tomáš, Jiří CAJTHAML, Darina KRATOCHVÍLOVÁ, Pavel TOBIÁŠ a Jiří KREJČÍ. *Vltava – proměny historické krajiny v důsledku povodní, stavby přehrad a změn ve využití území s vazbami na kulturní a společenské aktivity v okolí řeky* [online]. 2018 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.natur.cuni.cz/geografie/socialni-geografie-a-regionalni-rozvoj/vagner/vyzkumne-projekty-a-granty>
- [34] ARCDATA PRAHA, s.r.o.: *ArcGIS Pro* [online]. 1990 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://www.arcdata.cz/produkty/arcgis/desktopovy-gis/arcgis-pro>
- [35] *SketchUp* [online]. 2019 [cit. 2019-06-01]. Dostupné z: <https://www.sketchup.com/>
- [36] *Esri CityEngine* [online]. 2008 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=cs&prev=search&rurl=translate.google.com&sl=en&sp=nmt4&u=http://desktop.arcgis.com/en/cityengine/latest/get-started/overview-cityengine.htm&xid=25657,15700022,15700186,15700190,15700248,15700253&usg=ALkJrhgvvpSSLRg-_cDv4E8j5uEnGYOiqg
- [37] HAEGLER, Simon, Pascal MÜLLER a Luc VAN GOOL. *Procedural modeling for digital cultural heritage*. 7. New York: Hindawi Publishing Corp. New York, 2009. ISSN: 1687-5176.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Lokalizace vodní nádrže Hracholusky	14
Obrázek 2: Vodní nádrž Hracholusky, zdroj: Kudy z nudy (2005)	14
Obrázek 3: Dochovaný pohled na údolí u Českého mlýna, zdroj: Pecák (2009).14	
Obrázek 4: Současný stav zatopené oblasti, zdroj: Národní geoportál INSPIRE (2005)	15
Obrázek 5: Pohled na obec Dolany, zdroj: Pecák (2009)	15
Obrázek 6: Znázornění původního koryta řeky (přerušovaná čára) a zatopené oblasti (nepřerušovaná čára), zdroj: Tachovský deník (2012)	16
Obrázek 7: Rozvaliny Zelenkova mlýna, zdroj: Pecák (2009).....	16
Obrázek 8: Podvodní svět objektivem, zdroj: Tachovský deník (2012).....	16
Obrázek 9: Budov v roce 1948, zdroj: Pecák (2009).....	17
Obrázek 10: Přehledová mapa zatopených mlýnů, zdroj: mapy.cz (1998)	17
Obrázek 11: Pozůstatky vodní elektrárny Český mlýn, zdroj: Slecha (2018).....	20
Obrázek 12: Ruiny základů, zdroj: Slecha (2018)	20
Obrázek 13: Čs. obranného opevnění, zdroj: IDNES.CZ (2018)	20
Obrázek 14: Pozůstatky silnice, zdroj: IDNES.CZ (2018).....	20
Obrázek 15: Císařský povinný otisk stabilního katastru – katastrální území Dolany, zdroj: Ústřední archiv zeměměřičství a katastru.	22
Obrázek 16: Ukázka mapového listu Manětín 6–9–SMO–5, zdroj: Ústřední archiv zeměměřičství a katastru.	23
Obrázek 17: Ukázka mapového listu M–33–75–C–a–2 TM10, zdroj: Ústřední archiv zeměměřičství a katastru	25
Obrázek 18: Klad Mezinárodní mapy 1 : 1 000 000, zdroj: Veverka, Zimová (2008).....	26
Obrázek 19: Zobrazení vektorových dat katastrální území v ArcMapu	27
Obrázek 20: Ukázka stažení dat z VDP	28
Obrázek 21: Struktura geodatabáze v ArcGIS	38
Obrázek 22: Panel funkce Georeferencing	39
Obrázek 23: Rozložení mapových rastrů CO	40
Obrázek 24: Ukázka zvolených IB rohů mapového rámu	42
Obrázek 25: Link Table daného mapového listu	43

Obrázek 26: Rozložení IB a porovnání současných katastrálních hranic s katastrálními hranicemi stabilního katastru mapového rastru 0691-1-001..	43
Obrázek 27: Link Table mapového rastru 0691-1-001	44
Obrázek 28: Panel funkcí Editor	45
Obrázek 29: Legenda CO stabilního katastru, zdroj: projekt Vltava (2018).....	45
Obrázek 30: Legenda SMO-5, zdroj: projekt Vltava (2018)	46
Obrázek 31: Přebarvení barev.....	46
Obrázek 32: Výsledný rastr v PNG	47
Obrázek 33: Panel nástrojů nadstavby ArcScan	48
Obrázek 34: Raster Painting Toolbar	49
Obrázek 35: Panel nástrojů vektorizace	49
Obrázek 36: Špatné číslování vrstevnic.....	51
Obrázek 37: Absence bodu výškové kóty.....	52
Obrázek 38: Digitalizované vrstevnice na území SMO-5	52
Obrázek 39: Oblast znázorněné barevnou hypsometrií	53
Obrázek 40: Vizualizace toku Mže [1]	53
Obrázek 41: Vizualizace toku Mže [2]	54
Obrázek 42: Ukázka sady pravidel pro procedurální modelování v programu CityEngine	55
Obrázek 43: 3D modely v programu CityEngine	57
Obrázek 44: Kreslicí nástroje panelu Large Tool Set.....	58
Obrázek 45: Ukázka webové mapové aplikace.....	60
Obrázek 46: Ukázka historické 3D scény na podkladu CO	61
Obrázek 47: Ukázka 3D scény současného stavu na podkladu ortofota	61
Obrázek 48: Grafy vyjadřující procentuální zastoupení jednotlivých zvektorizovaných vrstev [1-3]	62
Obrázek 49: Graf vývoje počtu budov v jednotlivých letech [4].....	63
Obrázek 50: Ukázky 3D modelů vodních děl	64
Obrázek 51: Ukázka 3D scény v programu CityEngine.....	64
Obrázek 52: Ukázka 3D scény po publikování na stránce ArcGIS Online	65
Obrázek 53: Porovnání Dolanského mlýna s ostatními stavbami.....	65

Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled mapových podkladů	21
Tabulka 2: Výhody a nevýhody shapefilu	28
Tabulka 3: Označení obcí kódy	29
Tabulka 4: Statistika počtu IB a střední chyba transformace	40
Tabulka 5: Posloupnost vzniku vrstevnic	50

Seznam příloh

A Tištěné přílohy

- A.1 Dolany – Císařské povinné otisky stabilního katastru – viz desky
- A.2 Dolany – II. Vojenské mapování – viz desky
- A.3 Dolany – Státní mapa 1 : 5 000-odvozená – viz desky
- A.4 Dolany – Ortofoto – viz desky
- A.5 Butov – Císařské povinné otisky stabilního katastru – viz desky
- A.6 Butov – II. Vojenské mapování – viz desky
- A.7 Butov – Státní mapa 1 : 5 000-odvozená – viz desky
- A.8 Butov – Ortofoto – viz desky
- A.9 Těchoděly – Císařské povinné otisky stabilního katastru – viz desky
- A.10 Těchoděly – II. Vojenské mapování – viz desky
- A.11 Těchoděly – Státní mapa 1 : 5 000-odvozená – viz desky
- A.12 Těchoděly – Ortofoto – viz desky
- A.13 Projektová dokumentace vodního díla Stoupa U Hamru
- A.14 Projektová dokumentace Dolanského mlýna
- A.15 Projektová dokumentace Hracholuského mlýna
- A.16 Projektová dokumentace Těchodělského mlýna
- A.17 Pohledy Stoupy U Hamru – viz desky
- A.18 Pohledy Dolanského mlýna – viz desky
- A.19 Pohledy Hracholuského mlýna – viz desky
- A.20 Pohledy Těchodělského mlýna – viz desky

B Elektronické přílohy na Flash disku

1. Tištěné přílohy:

1.1. A_TIŠTĚNÉ_PŘÍLOHY:

- 1.1.1. A.1, A.2, A.3, A.4, A.5, A.6, A.7, A.8, A.9, A.10, A.11, A.12, A.17, A.18,
A.19, A.20

2. Soubory z programu ArcGIS Pro:

2.1. ARCGIS PRO:

2.1.1. SOUBOR .MXD;

2.1.2. VIZUALIZACE.

3. Soubory z programu ArcMap:

3.1. ARCMAP

3.1.1. GEOREFERENCOVANI:

3.1.2. VEKTORIZACE

4. Soubory z programu CityEngine:

4.1. CITYENGINE:

4.1.1. HRACHOLUSKY;

4.1.2. MODELY .KMZ.

5. Text diplomové práce:

5.1. DP_TEXT;

5.1.1. DP_Lenka_Krouparova.

6. Odkazy na prohlížení modelů a webové mapové aplikace:

6.1. ODKAZY.

7. Grafy – porovnání výsledků:

7.1. POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ.

8. Soubory z programu SketchUp:

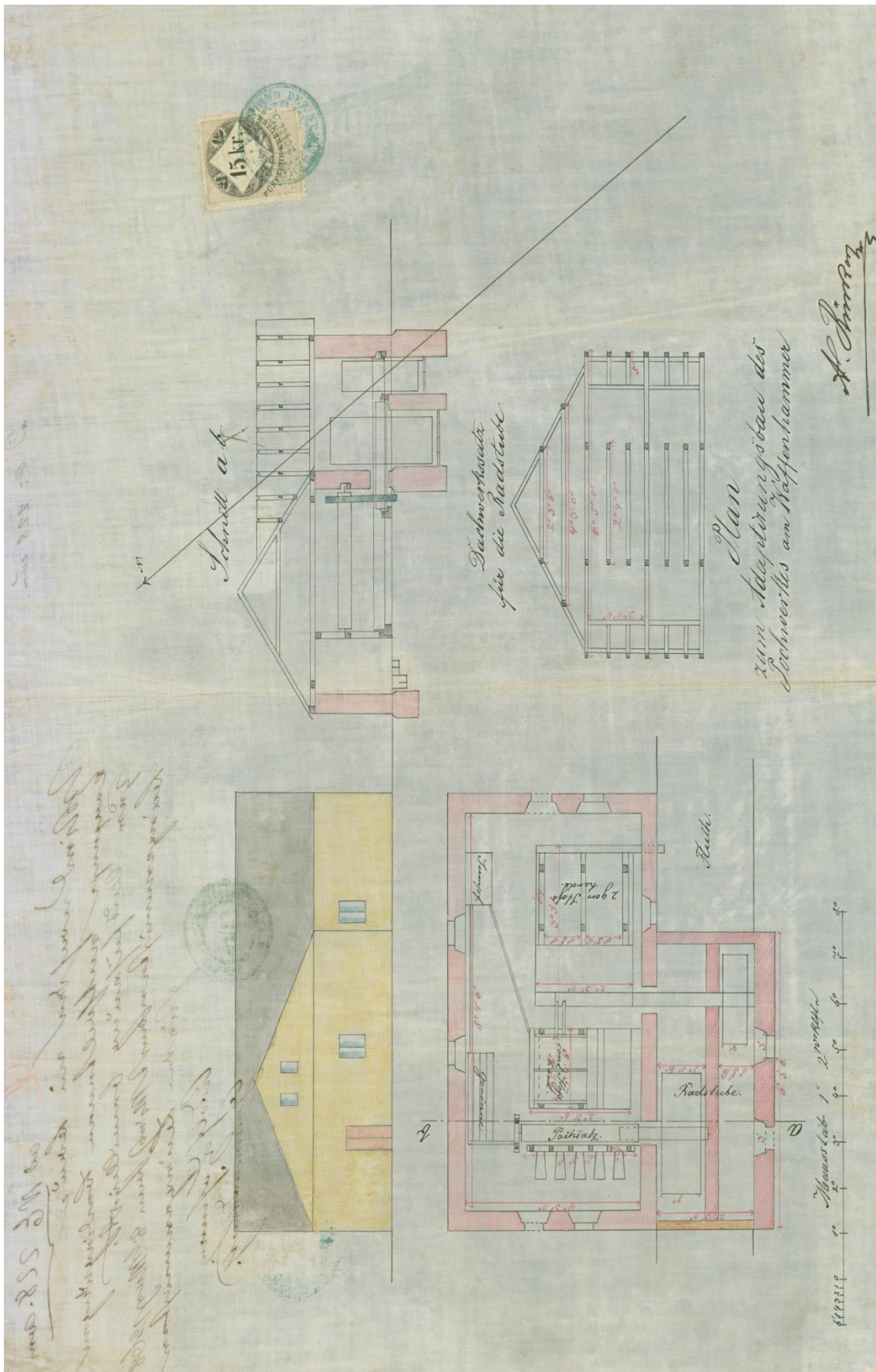
8.1. SKETCHUP:

8.1.1. ANIMACE;

8.1.2. EXPORT MODELU DO CITYTENGINU;

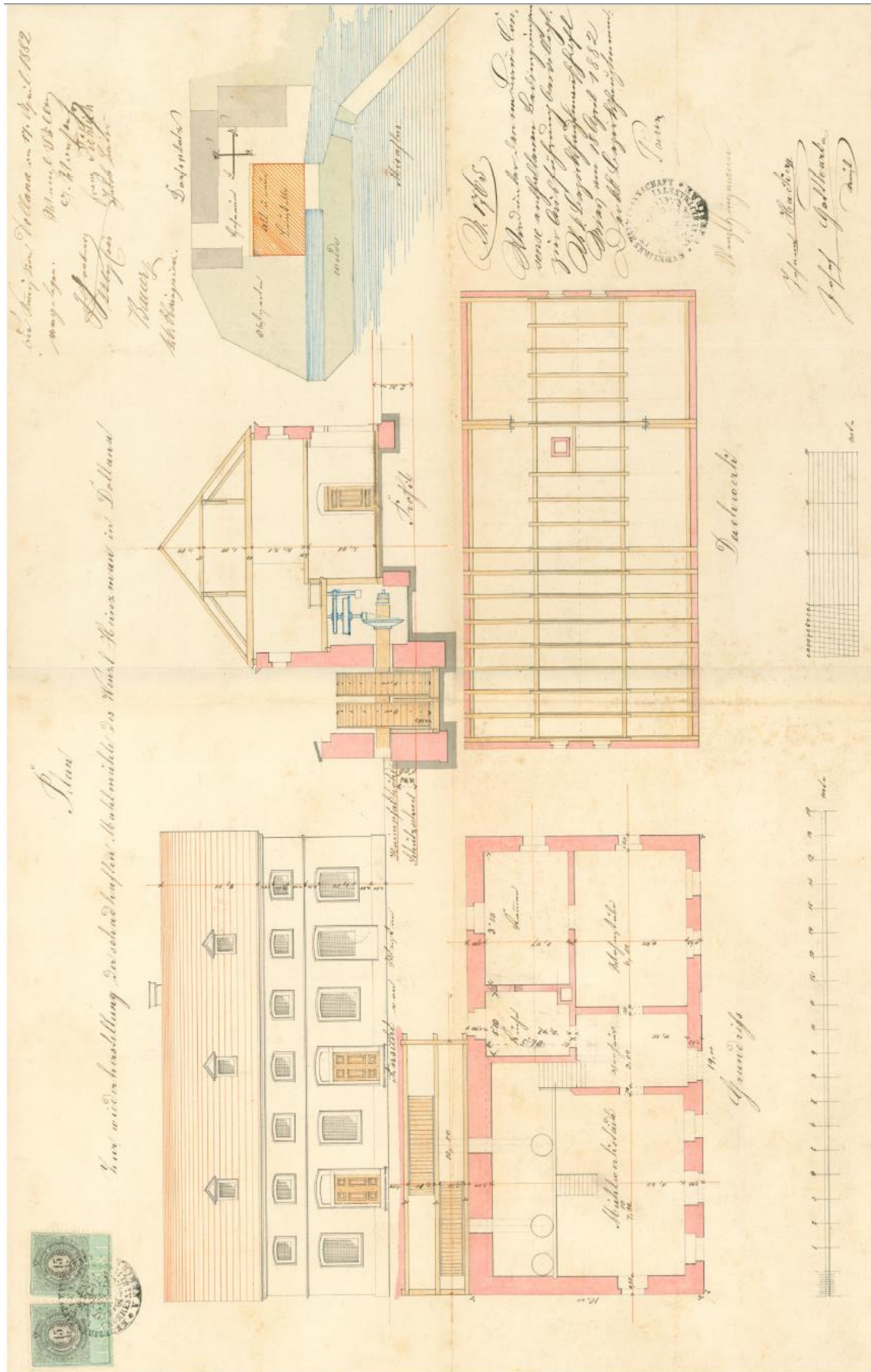
8.1.3. MODELY.

A.13 Projektová dokumentace vodního díla Stoupa U Hamru





A.14 Projektová dokumentace Dolanského mlýna





A.16 Projektová dokumentace Těchodělského mlýna

