

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A ENVIRONMENTÁLNÍHO
MODELOVÁNÍ



VYUŽITÍ HYDRAULICKÉHO MODELU PRO GENEROVÁNÍ RASTRU
HLOUBEK V ZÁPLAVOVÉM ÚZEMÍ
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Radek Roub Ph.D.

Bakalant: Lukáš Toman

2011/2012

zadání

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Radka Rouba Ph.D. a že jsem uvedl všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpal.

V Praze dne 26. 4. 2012

Lukáš Toman

Poděkování:

Zde bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Radku Roubovi Ph. D. za veškeré rady, které mi pomohli tuto práci vytvořit. Také bych chtěl poděkovat státnímu podniku PVL, který mi poskytl potřebná data k realizaci této práce a v neposlední řadě bych chtěl poděkovat celé rodině za dlouhodobou a všestrannou podporu při mém studiu.

V Praze dne 26. 4. 2012

Lukáš Toman

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá problematikou stanovení záplavových čar a vytvořením rastru hloubek v inundačním území pro povodňové události s dobou opakování 20, 50 a 100 let. K těmto cílům byly použity softwary ESRI ArcGIS Desktop 9.3 a HEC-RAS 4.1.0. ArcGIS byl použit pro tvorbu digitálního modelu terénu (DMT), přípravu geometrických dat k výpočtu hydrodynamického modelu a konečnou vizualizaci vytvořených map. Software HEC-RAS byl použit pro samotný výpočet 1D hydrodynamického modelu. Jako zájmové území pro tuto práci bylo vybráno území ve střední části povodí toku Klabava, které se nachází na západě Čech.

Klíčová slova

záplavové území, povodeň, povodí, GIS, HEC-RAS, vodní tok, N-letý průtok, hydrodynamický model

ABSTRACT

This work is aimed on flood lines determination and depth-grid creation in the inundation areas for flood events with return period of 20, 50, and 100 years. Two software programmes were used: ESRI ArcGIS Desktop 9.3 and HEC-RAS 4.1.0. Software ArcGIS was used for digital terrain model (DTM) creation, geometric data pre-processing needed for hydro dynamical model, and for final visualisation of resulting maps. HEC-RAS software was used for 1D hydrodynamical model calculation. The case study was performed in the middle part of the river basin Klabava located in western Bohemia.

Klíčová slova

inundation area, flood, basin, GIS, HEC-RAS, watercourse, N-years discharge, hydrodynamic model

OBSAH

1. ÚVOD	9
2. CÍLE A METODIKA.....	11
2.1 Cíle	11
2.2 Metodika.....	11
3. MATEMATICKÉ MODELY HYDROLOGICKÝCH CYKLŮ	13
3.1 Jednorozměrné (1D) matematické modely.....	13
3.2 Kvazi-dvourozměrné (1,5D) matematické modely	14
3.3 Dvourozměrné (2D) matematické modely	14
4. SOFTWARE POUŽÍVANÝ PRO 1D HYDROLOGICKÉ MODELOVÁNÍ	15
4.1 HEC-RAS	15
4.2 HYDROCHECK	15
4.3 MIKE-SHE, MIKE 11	16
4.4 NASIM	16
5. SCHEMATIZACE GEOMETRIE VODNÍCH TOKŮ	17
5.1 Výškopisné podklady	17
5.1.1 Geodetické zaměření:	17
5.1.1.1 Geometrie vodního toku.....	17
5.1.1.2 Geometrie inundačního území	18
5.1.1.3 Geometrie objektů na vodním toku.....	18
5.1.2 Fotogrammetrie:.....	18
5.1.3 Letecké laserové skenování (LLS)	19
5.2 Mapové podklady	21
5.2.1 ZABAGED	21
5.2.2 RZM 10.....	22
5.2.3 Ortofotomapy.....	22

5.2.4	Vektorové katastrální mapy	22
5.2.5	Geologické mapy	22
5.3	Rekognoskace terénu	23
6.	ANALÝZA POVODŇOVÝCH RIZIK A ŠKOD V ZÁPLAVOVÉM ÚZEMÍ...	24
6.1	Analýzu povodňových rizik	24
6.1.1	Kvalitativní analýza	25
6.1.2	Kvantitativní analýza	25
6.1.3	Semikvantitativní analýza	25
6.1	Analýza škod v záplavovém území	25
7.	CHARAKTERISTIKA ŘEŠENÉHO ÚZEMÍ.....	27
7.1	Geografické charakteristiky	27
7.2	Hydrologické charakteristiky	28
7.3	Klimatické charakteristiky.....	29
7.4	Geologické charakteristiky	30
7.5	Pedologické charakteristiky	31
7.6	Vegetační a krajinný pokryv	32
8.	STANOVENÍ ZÁPLAVOVÉHO ÚZEMÍ A VYTVOŘENÍ RASTSRU HLOUBEK V ZÁPLAVOVÉM ÚZEMÍ.....	33
8.1	Práce v prostředí ArcGIS 9.3	33
8.1.1	Tvorba digitálního modelu terénu (DMT).....	34
8.1.2	Tvorba geometrie vodního toku s pomocí extenze HEC-GeoRAS	37
8.1.3	Export geometrie toku	41
8.2	Práce v prostředí HEC-RAS 4.1.0.....	42
8.2.1	Základní nastavení softwaru	42
8.2.2	Nastavení geometrických dat.....	42
8.2.3	Nastavení modelovaných scénářů.....	45
8.2.4	Spuštění výpočtu modelu.....	45

8.2.5 Export vytvořeného modelu.....	46
8.3 Výsledná vizualizace v prostředí ArcGIS 9.3	46
8.4 Porovnání výsledků s výsledky VÚV T. G. Masaryka	48
9. DISKUZE.....	50
10. ZÁVĚR	52

1. ÚVOD

Povodně jsou u nás největším a nejnebezpečnějším přírodním extrémem co se týče ohroženosti obyvatel a majetku. Je to dáno i tím, že se u nás neobjevují ničivé zemětřesení či jiné přírodní extrémy. I proto mají záznamy o povodních na našem území poměrně staré kořeny, které sahají až k počátkům novověku tedy ke startu dějinné epochy, která je nejčastěji přisuzována k roku 1492, kdy Kryštof Kolumbus objevil Ameriku. Příkladem jsou třeba Staré letopisy české ze srpna roku 1501, které mluví o velké povodni v Praze na Vltavě. Dalším příkladem je záznam o povodni na Moravě z května roku 1715, kde byly rozbouřenou řekou Bečvou strženy tři mostní pilíře v Přerově. Takto bychom mohli výčtem povodní na našem území pokračovat, avšak jsou to pouze záznamy z historických spisů či jiných pamětí. Důležitým obdobím pro pozorování výskytu povodní je počátek 20. století, kdy se začala rozvíjet staniční pozorovací síť vodních toků. Díky tomuto mohly být povodně sledovány nejen z hlediska způsobených škod a výšky hladiny, ale také z hlediska kulminačních průtoků a objemu povodňové vlny.

Jak již bylo řečeno, problematika výskytu povodní má na našem území dlouhou historii, přesto se v poslední době stává čím dál tím aktuálnějším tématem nejen pro vodohospodáře, ale i pro širokou veřejnost. Bezpochyby za tímto trendem stojí série extrémních povodní posledních let, které se vyskytly na území Čech a Moravy v letech 1997, 1998, 2002, 2006 a 2009. Jako první takzvanou extrémní povodní za posledních 15 let je vnímána povodeň z července roku 1997, kdy zasáhla východní Čechy, ale hlavně Moravu. Ta byla zatopena z celé jedné třetiny, zahynulo 50 lidí a materiální škody byly vyčísleny na více než 63 miliard korun, což byla do té doby vůbec největší škoda způsobená povodněmi na našem území. Povodeň, která postihla východní Čechy v roce 1998, takové škody na majetku zdaleka nenapáchala. Ty byly vyčísleny na 2 miliardy korun, ale i přesto bylo poničeno přes 30 vesnic a zahynulo 6 lidí. To povodeň v létě 2002, která postihla zejména území Čech v povodí Vltavy a dolního Labe, byla vůbec nejničivější povodní novodobé historie České republiky. Poškozeno bylo přes 800 obcí. Největší škody byly zaznamenány v hlavním městě v Praze, kde byl kulminační průtok stanoven jako 500-letý, zaplaveno bylo pražské metro a ohroženo bylo i historické centrum, to ochránily až narychlo postavené protipovodňové stěny. Škoda na majetku překročila i astronomickou hodnotu z roku 1997, byla vyčíslena na 73 miliard korun a celkem

zahynulo 17 lidí. V březnu a dubnu roku 2006 vznikly povodně v důsledku tání vysoké sněhové pokrývky a hustého deště a byla zasažena téměř celá republika. Zatím poslední ze série extrémních povodní proběhla v létě 2009 na Jesenicku a Novojičínsku, známá jako blesková povodeň. Vznikla v důsledku výskytu velkého množství přívalových dešťů a bouřek na poměrně malém území, nejvíce škod bylo způsobeno na infrastruktuře, bylo evakuováno více jak 1400 osob a 13 lidí zemřelo.

Z výše uvedených důvodů je kladen význam na vznik protipovodňových opatření, která mají snížit škodlivé účinky povodní. Ochrana před povodněmi je vnímána jako soubor opatření zamezující a předcházející ničivým vlastnostem povodně jako je ochrana životů, zdraví a majetku obyvatel, společnosti a životního prostředí.

Jedním z těchto opatření může být matematické modelování, které může pomoci předvídat výskyt, objem a průběh povodňové vlny a tím i zdokonalit krizové řešení při výskytu konkrétní povodně. Dalším využitím matematického modelování může být i stanovení záplavového území, neboli inundačního území při různé velikosti kulminačního průtoku což ve správné spolupráci s územním plánováním může snížit způsobené škody na majetku fyzických či právnických osob.

Jiným typem opatření může být zvýšení akumulace a retence vody v povodí, toho lze docílit zejména správným využíváním půdy v povodí. Příkladem tohoto typu ochrany je nenavyšovat rozlohu zastavěných ploch v území a tím docílit snížení povrchového odtoku a snížení pravděpodobnosti výskytu povodně, zejména pak té „bleskové“. Nejvhodnějším krajinným pokryvem v povodí je les, který nejvíce transformuje intenzivní srážky v důsledku velké přirozené retence. Do tohoto typu opatření spadá i vymezení vhodného inundačního území podél toku, tzv. suché poldry, které akumulují vodu vylitou ze břehů toků, zde se však naráží na problém vykupování pozemků od velkého množství vlastníků. Jako poslední opatření tohoto typu by se mohla zařadit výstavba vodních děl s retenční funkcí.

Posledním typem protipovodňových opatření jsou technická opatření, do nichž spadají zejména protipovodňové zdi a jiné protipovodňové bariéry. Tyto opatření by však měla být vytvořena jen v krajním případě, protože zvětšení průtočného profilu toku, sice převede větší množství vody, ale může odsunout stávající problém ve formě velkého průtoku níže po toku a ohrozit jiná území.

2. CÍLE A METODIKA

2.1 Cíle

- Vytvoření digitálního modelu terénu (DMT) řešeného území
- Stanovení hydrologických charakteristik na úseku mezi 25,86 a 35,90 říčním kilometrem vodního toku Klabava
- Vymezení záplavových čar v řešeném území pro povodně s dobou opakování 20, 50 a 100let.
- Vygenerování rastru hloubek v inundačním území řešené oblasti pro scénáře povodňových vlny o velikosti kulminačních průtoků Q_{20} , Q_{50} , Q_{100} .

2.2 Metodika

Prvním a zásadním krokem pro úspěšné zpracování této bakalářské práce je nastudování odborné literatury a odborných článků publikovaných v odborných časopisech a sbornících, které se vztahují k dané problematice.

Dalším krokem je zajištění potřebného softwaru pro zpracování jednotlivých částí bakalářské práce.

Třetím bodem pro vytvoření této bakalářské práce je stanovení přírodních charakteristik konkrétního povodí a sběr potřebných dat. Základní data mi poskytlo Povodí Vltavy (PVL) a to ve formě bodového pole výškopisných bodů získaných podle informace PVL metodou leteckého laserového skenování (LLS) a příčných profilů, obojí v grafické podobě ve formátu dgn a textovém dokumentu ve formátu txt. Dále mi byl poskytnut podélný profil toku ve formátu dgn a veškeré objekty na toku i s fotodokumentací jednotlivých objektů. Dalším poskytnutým podkladem byla říční mapa a mapa z katastru nemovitostí v měřítku 1:2000, obojí ve formátu dgn a dxg. A jako poslední data mi povodí Vltavy poskytlo rastrové mapy v měřítku 1:50000 a 1:10000. Veškerá data z Povodí Vltavy bylo nutno roztrždit na data, se kterými budu dále pracovat a která nevyužiji. Dále jsem použil data DIBAVODu, která jsem stáhl ve formátu shp např. datový soubor vodních toků, hydrologického členění povodí III. a IV. řádu. Jako hydrologická data jsem použil N-letá data

z hlásného profilu Hrádek u Rokycan a operativního profilu Strašice spravovanými ČHMÚ.

Po sběru a rozřídění dat přišla na řadu rekognoskace terénu. Cílem bylo vytvořit fotodokumentaci řešeného území, stanovit drsnostní součinitel potřebný pro vstup do matematického modelu a v neposlední řadě jsem provedl vizuální porovnání připravených dat a zjištěných přírodních charakteristik s realitou na vodním toku a jeho povodí.

Posledním krokem je sestrojení hydrologicky korektního DMT, vytvoření matematického modelu potřebného k vygenerování rastru hloubek v záplavovém území, samotné vygenerování rastru hloubek v záplavovém území a následná analýza a vizualizace výsledných výstupů na vhodném mapovém podkladě, to vše za pomoci dostupného kvalitního softwaru určeného k řešení dané problematiky.

3. MATEMATICKÉ MODELY HYDROLOGICKÝCH CYKLŮ

Cílem matematického modelování hydrologických procesů je znázornění časové a prostorové závislosti určitých veličin, charakterizující hydrologický režim povodí nebo jeho části (KOVÁŘ 1990).

Hydrodynamické modelování má velikou přednost zejména v prevenci zmírnění povodňových škod v záplavovém území, zejména ve fázi plánování protipovodňových opatření a to z toho důvodu, že díky matematickým modelům jsme schopni předpovídat průběhy a velikosti povodňových událostí i u scénářů s delší dobou opakování, jako jsou např. 100-leté, 500-leté a větší povodňové události, které se z hlediska historie na daném území ještě neobjevili (CHEN 2007).

K mapování povodňových rizik a k jejich předvídání slouží hydrodynamické modely, zvláště pak 1D a 2D modely. Ty představují reálnou představu o vlastnostech povodně (COBBY a kol. 2001).

Ke vhodnému zvolení matematického modelu pro vytyčení inundačního území je zapotřebí znát především použité prostorové schematizace, společně s matematickou formulací teoretického základu. V současné době se používají modely jednorozměrné (1D), kvazi-dvourozměrné (1,5D) a dvourozměrné (2D) (DRBAL a kol. 2009).

3.1 Jednorozměrné (1D) matematické modely

Výhodou jednorozměrných modelů jsou jejich malé nároky na vstupní data. Vstupní data jsou redukována na požadavek kvalitní schematizace říční sítě ve sledované oblasti, jenž je doplněna příčnými profily, které jde zjednodušeně charakterizovat v každém profilu pomocí polohy hladiny (hloubky vody v korytě) a střední průřezové rychlosti ve směru osy koryta. V tomto modelu je předpokládaná orientace proudění ve směru spojnic mezi jednotlivými příčnými profily. Dalšími výhodami tohoto modelu je jeho relativní jednoduchost, snadná kontrola a prezentace výstupů. Tento model lze použít zejména, pokud se v řešeném území vyskytuje převážně proudění s jednorozměrným charakterem (HORRITT, BATES 2002; DRBAL a kol. 2009).

Ze stručného popisu modelu plyne, že tyto modely mají omezené použití v souvislé městské zástavbě, kde ve směru toku stojí překážky, jako jsou stavby, oplocení atd. Avšak MARK a kol. (2004) tvrdí, že 1D hydrodynamické modely by mohli být použity k simulaci záplavy v městské zástavbě.

Problematikou využívání jednorozměrných hydraulických modelů se v dnešní době zabývá mnoho autorů. Z českých jsou to například KULHAVÝ, KOVÁŘ (2002), DAŇHELKA a kol. (2002) a jiní. Daleko větším rozvojem prochází tato problematika, ve světě kde mezi nejznámější autory patří BEVEN (2001), REFSGAARD, STORM (1996), SMITH a kol. (2004), a spousta dalších.

3.2 Kvazi-dvourozměrné (1,5D) matematické modely

Použití 1,5D modelů umožňuje využít relativně jednodušší principy jednorozměrného modelování před principy složitějšího dvourozměrného modelování i v geometricky složitějším inundačním území. Při tvorbě tohoto modelu se území schematizuje větvenou či okružovou sítí. Tento postup je vhodný pro řešení proudění v přehledných podmínkách proudění, tedy jen tehdy kdy je možné předem s jistotou určit hlavní směry proudění. Musí být přesně známá místa nátoků, výtoků z dešťových kanalizačních sítí a jiných objektů, které mohou ovlivnit směry proudění v toku nebo inundačním území. Pokud není možno proudění v některých částech zájmového území předem jednoznačně určit, neměl by být tento typ modelu použit (DRBAL a kol. 2009).

3.3 Dvourozměrné (2D) matematické modely

Dvourozměrné matematické modely se využívají ve složitějších prostorových podmínkách inundačního území, tedy v případech kdy nestačí popis území v podobě izolovaných příčných profilů. V této metodě se využívá prostorového zobrazení koryta toku a inundačního území pomocí DMT, který detailně vystihuje geometrickou členitost řešeného území. Tyto modely jsou tedy vhodné pro široká inundační území s nepravidelnými terénními prvky a všude tam kde nejde použít 1D či 1,5D hydrodynamické modely. Dvourozměrné modely mají tedy větší nároky na vstupní data i na zpracování vlastních simulací, mají však podrobnější výstupy (HORRITT, BATES 2002; DRBAL a kol. 2009).

4. SOFTWARE POUŽÍVANÝ PRO 1D HYDROLOGICKÉ MODELOVÁNÍ

V současné době se v závislosti s rozvojem výpočetní techniky velmi dynamicky rozvíjejí i hydrologické modely a možnosti jejich využití. Pro kvalitní simulaci řešeného jevu potřebují modely velké množství kvalitních dat. Proto modely, které jsou kompatibilní s GIS, kde lze provést např. i následnou vizualizaci výsledných hodnot z hydrologických modelů, jsou v současné době nejvhodnější k řešení této problematiky (JENÍČEK, NĚMEČKOVÁ 2007).

4.1 HEC-RAS

HEC-RAS (Hydrologic Engineering Centers River Analysis System) je hydrologický model vyvinutý armádou Spojených států amerických. Tento model slouží pro hydrologické modelování proudění vody v korytě toku a v přilehlém inundačním území. Tímto softwarem lze modelovat pohyb vody v korytě a inundačním území za ustáleného i neustáleného stavu proudění. Do výpočtu modelu můžeme zahrnout i různé objekty na toku jako jsou jezy či mosty, které je možno velmi výstižně charakterizovat např. podle velikosti, tvaru a umístění pilířů mostu vzhledem k průtočnému profilu toku. Velikou výhodou tohoto modelu je vznik extenze HEC-GeoRAS, kterou lze využít k exportování a importování dat z GIS a tím zvýšení využití tohoto modelu. Výstupy z HEC-RASu jsou tabulkové, ale i ve formě 2D či 3D grafů. HEC-RAS je program hojně používaný po celém světě i v České republice a má za sebou dlouhou dobu vývoje, což zaručuje velkou uživatelskou podporu tohoto softwaru (MAIDMENT, DJOKIC 2000; HEC-RAS 2010)

4.2 HYDROCHECK

Tento program na hydrologické modelování byl vytvořen českou společností Hydrossoft Veleoslavín s.r.o. ve spolupráci s povodím Ohře a.s.. Program slouží k modelování jak rovnoměrného, tak i nerovnoměrného ustáleného proudění. Dříve program pracoval v operačním systému MS-DOS, v roce 2006 však byl software vytvořen i pro uživatele operačního systému Windows. Nový HYDROCHECK však nebyl pouze přepracován, aby pracoval v operačním systému Windows, byl kompletně předělán po stránce numerické i po stránce uživatelské. Výhodou tohoto

programu je opět slučitelnost s formáty GIS, dále pak i zapracování desítek uživatelských požadavků včetně nových legislativních změn, které proběhly na našem území jako je např. posuzování aktivních záplavových zón (HYDROSOFT VELESLAVÍN S.R.O. 2009).

4.3 MIKE-SHE, MIKE 11

MIKE-SHE a MIKE 11 jsou jednorozměrné matematické modely vytvořené dánskou společností DHI (Danish Hydraulic Institute), které se zabývají pohybem vody v otevřených korytech a v inundačním území. Proto se tyto modely využívají v modelování povodňových událostí. I zde je výhodou programu jeho kompatibilita s GIS. Dánská firma DHI vystupuje na trhu od roku 1990, proto lze říci, že i hydrologické modely od této firmy jsou již tradičním produktem na trhu pro hydrology, hydrauliky, vodohospodáře a další inženýry zabývajícími se nejrůznější problematikou týkající se životního prostředí. I z tohoto důvodu jsou MIKE-SHE a MIKE 11 velice rozšířenými a využívanými softwary po celém světě (online: www.dhi.cz).

4.4 NASIM

Model NASIM (Niederschlag-Abfluss Simulation Modell) vytvořila německá firma Hydrotec GmbH. Začátek vývoje modelu se datuje k počátku 80. let 20. století, kdy byl vyvinut jako nástroj pro hydrology a ekology, aby sloužil k předpovědi a plánování nejrůznějších vodohospodářských systémů, jako je třeba předpověď povodňové události (HYDROTEC GmbH 2003). Model NASIM také spolupracuje s GIS, ke kterému bylo vytvořeno i několik nadstavbových extenzí. V současné době se tento model používá zejména v Německu, v České republice zatím pravděpodobně nebyl použit k aplikovanému výzkumu (JENÍČEK 2005).

5. SCHEMATIZACE GEOMETRIE VODNÍCH TOKŮ

Jedním z hlavních vstupních údajů pro hydrodynamické modely jsou data pro tvorbu geometrie vodního toku, zejména pak data výškopisná (COBBY a kol. 2001).

5.1 Výškopisné podklady

Pro sestavení hydrodynamických modelů i pro analýzu jejich výsledků se dnes používají tři způsoby pořizování těchto dat: (HEJDUK, ROUB 2011)

1. Geodetické zaměření
2. Fotogrammetrie
3. Letecké laserové skenování (LLS)

5.1.1 Geodetické zaměření:

Geodetické zaměření koryta patří k časově nejnáročnějším a nejdražším způsobům, proto se v dnešní době přechází k modernějším metodám schematizace vodních toků. Výhodou geodetického zaměření je však její přesnost, a proto se používá v kombinaci s jinými metodami jako doplňková metoda. Geodetické měření musí dostatečně charakterizovat směr, příčný a podélný profil vodního toku a přilehlého inundačního území a také polohu, velikost a tvar objektu na vodním toku. Všechny geodetický materiál musí být v polohopisném systému S-JTSK a výškopisném systému Balt po vyrovnání (Bpv). Samotné geodetické zaměření se používá výhradně pro 1D hydrodynamické modely.

5.1.1.1 Geometrie vodního toku

Geometrie vodního toku je charakterizována podrobným geodetickým zaměřením polohopisu osy toku, polohopisným a výškopisným zaměřením příčných profilů, které musí vystihovat jakékoliv prostorové změny v geometrii koryta. Vzdálenost příčných profilů se určuje podle konkrétní situace v terénu, většinou se však vzdálenosti pohybují od několika desítek metrů v intravilánu, až stovky metrů v extravilánu u stabilních koryt s neměnným podélným a příčným profilem koryta.

5.1.1.2 Geometrie inundačního území

Tvorba jednorozměrných modelů vyžaduje při zaměřování geometrie inundačního území podobné vlastnosti jako u zaměřování koryta vodního toku, tj. výstižně zvolené příčné profily, které dostatečně vystihují tvar inundačního území. Z toho důvodu má být šířka profilů dostatečně dlouhá, aby zasáhla celé inundační území pro každý scénář kulminačního průtoku. Údolní profily mají být kolmé na proudnici toku a rovné popřípadě zkosené dle potřeby.

5.1.1.3 Geometrie objektů na vodním toku

Podrobně musí být zaměřeny všechny objekty (mosty, lávky, jezy, brody, splavy) na vodním toku, které jakýmkoliv způsobem ovlivňují průchod povodňové vlny. Ze zaměření musí být jednoznačně charakterizovaný tvar objektu i s navazujícími terénními souvislostmi (násypy, vykopávky), dále pak musí být jasný tvar a sklon koryta pod a nad objektem včetně souvisejících konstrukcí koryta.

Tato podkapitola „5.1.1 geodetické zaměření“ byla zpracována kompletně podle (DRBAL a kol. 2009).

5.1.2 Fotogrammetrie:

Definice fotogrammetrie zní podle PAVELKY (2003a) takto: Fotogrammetrie je věda, způsob a technologie, která se zabývá dále využitelných měření, map, digitálního modelu terénu a dalších produktů, které lze získat z obrázkového nejčastěji fotografického záznamu.

Fotogrammetrie prodělala v posledních letech velký technologický pokrok a přeměnu z období analogového a analytického do období digitálního (HODAČ 2007).

Fotogrammetrii lze rozdělit, jak říká PAVELKA (2003a) podle:

1. Polohy stanoviště

- Pozemní
- Letecká
- Družicová

2. Počtu a konfigurace vyhodnocených snímků

- Jednosnímková fotogrammetrie
- Vícesnímková fotogrammetrie

3. Technologického způsobu zpracování

- Metody analogové
- Metody analytické
- Metody digitální

4. Typu výstupu

- Grafické
- Numerické

Převážná část fotogrammetrických činností spadá v dnešní době pod fotogrammetrii leteckou, kde je velká časová hospodárnost při mapování i sběru dat pro GIS nebo DMT (PAVELKA 2003b).

Letecká fotogrammetrie se používá pro sběr polohopisných i výškopisných dat ve velkých a středních měřítkách a její výhodou je rychlost pořízení dat a také značně nižší finanční výdaje než u geodetického zaměření. U digitálního modelu reliéfu (dále jen DMR) je základní vrstva tvořena rastrem 3D bodů, kde je optimální velikost mříže rastru 15 x 15m, který je doplněn významnými terénními hranami v podobě 3D linií. Významnou terénní hranou nebo lomem se rozumí hrana či lom, jehož relativní výška je větší jak 25cm. Požadovaná přesnost je dána maximální polohovou odchylkou 0,5m a střední výškovou chybou 0,11m (PECH a kol. 2011).

5.1.3 Letecké laserové skenování (LLS)

LLS patří v dnešní době k nejmodernějším způsobům pro získávání prostorových geografických dat. Tato metoda se stále více považuje za ekonomicky a produkčně nejpříznivější, to dokazuje i výrazně zvyšující se využívání ve vyspělých státech Evropy, Kanady a USA. V České republice se předpokládá také velký rozvoj a využití této technologie. Svědčí o tom projekt, který začal v roce 2009 a jeho konec je naplánován na rok 2012. V tomto období proběhlo a bude probíhat nové výškopisné zaměření celého území České republiky. Na tomto projektu

spolupracuje Český úřad zeměměřický a katastrální s Ministerstvem zemědělství ČR a Ministerstvem obrany ČR (UHLÍŘOVÁ, ZBOŘIL 2009).

Po zpracování dat vzniknou tyto tři výsledné produkty v odlišném časovém horizontu (BRÁZDIL 2009):

1. Digitální model reliéfu území České republiky 4. generace (DMR 4G), ve tvaru mříže (GRID) 5 x 5m s úplnou střední chybou výšky 0,3m v odkrytém terénu a 1m v zalesněném terénu.

2. Digitální model reliéfu území České republiky 5. generace (DMR 5G), ve tvaru nepravidelné sítě výškových bodů (TIN) s úplnou střední chybou výšky 0,18m v odkrytém terénu a 0,3m v zalesněném terénu

3. Digitální model povrchu území České republiky 1. generace (DMP 1G), ve tvaru nepravidelné sítě výškových bodů (TIN) s úplnou střední chybou výšky 0,4m pro přesně vymezené objekty (budovy) a 0,7m pro objekty přesně neohrazené (lesy a další prvky rostlinného půdního krytu).

Metoda LLS má ve vodohospodářství velkou perspektivu, například v odvětví hydrologie se používá při mapování rozvodnic povodí vodních toků, pro zpřesnění poloh os vodních toků a také pro identifikaci příčných překážek v korytě vodního toku (ROUB a kol. 2012). Posledním tématem, tedy identifikací příčných překážek v korytě se pak zabývají autoři UHLÍŘOVÁ, NOVÁKOVÁ (2011) a to zejména ve vztahu příčných překážek v korytech toků vůči migraci ryb a monitorování těchto překážek, což je dalším důkazem univerzálnosti a důležitosti dat získaných z LLS pro odvětví vodního hospodářství.

Data jsou získávána pomocí laserových paprsků, které jsou vysílány ze speciálního skeneru, ten je umístěn na leteckém zařízení (letadlo, vrtulník, model letadla). Poloha bodu je stanovena prostorovým rajonem, kdy hraje zásadní roli vzdálenost od skeneru. Vzdálenost je určena pomocí času, kdy byl vyslán signál laserového paprsku k povrchu, kde se odrazí od povrchu, nebo jiného objektu a následně se vrátí signál zpět do skeneru (ŠÍMA 2009).

Největšími výhodami LLS je velká hustota naměřených dat (3D bodů) v krátkém časovém intervale, tzv. mračno bodů. Další bezpochyby velkou výhodou

je možnost použití této metody i za tmy, díky svému vlastnímu zdroji světla není LLS odkázáno na sluneční světlo a je tedy funkční 24 hodin denně. V neposlední řadě je výhodou i vysoká přesnost naměřených dat (www.geodis.cz a UHLÍŘOVÁ, ZBOŘIL 2009).

5.2 Mapové podklady

Mapové podklady slouží především k orientaci v zájmovém území, popř. pro zpřesnění informací při stanovování ohroženosti záplavového území. Podle DRBALA a kol. (2008) lze mapové podklady rozdělit na:

1. ZABAGED
2. RZM 10
3. Ortofotomapy
4. Vektorové katastrální mapy
5. Geologické mapy

5.2.1 ZABAGED

Základní báze geografických dat poskytovatelem je Český úřad zeměměřický a katastrální. ZABAGED je digitální kartografický model České republiky na úrovni podrobnosti základní mapy ČR 1:10 000 (ZM 10).

Polohopisná část ZABAGED obsahuje dvourozměrné (2D) prostorové informace a popisné informace o geografických objektech. V současné době je databáze tvořena 123 typy geografických objektů, které spadají do těchto kategorií objektů:

- Sídlní, hospodářské a kulturní objekty
- Komunikace
- Rozvodné sítě a produktovody
- Vodstvo
- Územní jednotky včetně chráněných území

- Vegetace a povrch
- Terénní reliéf
- Geodetické body

Výškopisná část ZABAGED zahrnuje trojrozměrné (3D) prvky terénního reliéfu a je prezentována souborem 3D vrstevnic.

Obsah ZABAGED je stále rozšiřován, dle potřeb jejich uživatelů.

5.2.2 RZM 10

Digitální rastrová základní mapa území ČR v měřítku 1:10 000, poskytovatelem je ČÚZK. Tato mapa lze využít jako podklad pro výsledky jednotlivých analýz spojených s hydrologickým modelováním.

5.2.3 Ortofotomapy

Většinou slouží jako nejaktuálnější informace nebo jako podklad pro řešené území.

5.2.4 Vektorové katastrální mapy

Tyto mapy jsou využitelné hlavně pro detailnější výpočet povodňových škod způsobených na majetku. Poskytovatelem je ČÚZK.

5.2.5. Geologické mapy

Tyto mapy jsou nezbytné pro vymezení tzv. reziduálních oblastí (to jsou plochy s velmi malou četností výskytu povodně např. pro scénáře Q_{500}) na základě rozsahu nivních půd. Poskytovatelem je Česká geologická služba

Celá podkapitola „5.2 Mapové podklady“ byla zpracována podle DRBAL a kol. (2008) a webových stránek ČÚZK (online: www.geoportal.cuzk.cz).

5.3 Rekognoskace terénu

Předběžná a podrobná rekognoskace terénu, je velmi důležitá část každého matematického modelování. Při průzkumu terénu se pořizuje fotodokumentace. Na základě pořízené fotodokumentace a zjištěných skutečností se zadává a přesně specifikuje případné doplňkové geodetické zaměření terénních překážek, stavebních objektů na toku, či stavebních objektů v bezprostřední blízkosti toku. Dále se z rekognoskace terénu určuje charakter povrchu v korytě. Z těchto znalostí vychází např. stanovení hodnot drsností použitých ve výpočtech hydrodynamických modelů. Rekognoskace je také důležitá při ověřování aktuálního stavu zájmové oblasti. (DRBAL a kol. 2009). Na fotografiích č. 1 a č. 2 lze vidět odlišné úseky toku v řešeném území, které charakterizují profil toku v převážné části zájmového území.



Fotografie č. 1 – Úsek toku ve spodní části zájmového území v katastru obce Hrádek u Rokycan



Fotografie č. 2 – Úsek toku ve střední části zájmového území v katastru obce Dobřív

6. ANALÝZA POVODŇOVÝCH RIZIK A ŠKOD V ZÁPLAVOVÉM ÚZEMÍ

„Posuzování míry povodňového nebezpečí, vyjadřování povodňových rizik a výše možných škod patří k velmi aktuální tématům nejen ve vodním hospodářství.“ (DRBAL a kol. 2008)

Je to dáno i tím, že Směrnice Evropského parlamentu a Rady o vyhodnocování a zvládání povodňových rizik (Directive of the European Parliament and of the Council on the assessment and management of flood risks) nařizuje členským státům postupně v pevných časových termínech analyzovat a vyhodnotit povodňové nebezpečí na jejich území. Termíny pro zpracování této problematiky jsou stanoveny takto:

- do 22. 12. 2011 dokončit předběžné vyhodnocení povodňových rizik
- do 22. 12. 2013 zajistit dokončení map povodňového nebezpečí a map povodňových rizik
- do 22. 12. 2015 zajistit dokončení a zveřejnění plánů pro zvládání povodňových rizik

V České republice, byly pro zvládnutí těchto úkolů vytvořeny zatím dvě metodiky, které vypracovali na Výzkumném ústavě vodohospodářském T. G. Masaryka. Jsou to Metodika stanovování povodňových rizik a škod v záplavovém území (DRBAL a kol. 2008) a Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik (DRBAL a kol. 2009). Celá tato kapitola *6. Analýza povodňových rizik a škod v záplavovém území*, byla vytvořena pomocí těchto dvou metodik.

6.1 Analýzu povodňových rizik

Povodňové riziko je stanoveno jako pravděpodobnost výskytu nežádoucího jevu, který má za následek nepříznivé účinky na životy, zdraví, majetek nebo životní prostředí.

Analýzu povodňových rizik lze rozdělit na tři základní typy a to na kvalitativní analýzy, kvantitativní analýzy a semikvantitativní analýzy.

6.1.1 Kvalitativní analýza

Vyhodnocování je zaměřeno na identifikaci možných událostí tzv. scénářů nebezpečí. Tyto scénáře nebezpečí upozorňují na potenciální události, které mohou mít za následek škody. Scénáře nebezpečí je poté zapotřebí jednotlivě analyzovat a vyhodnotit. Na základě výsledku této analýzy jsou určeny typy nebezpečí a současně i systémy, kterým je zapotřebí věnovat zvýšenou pozornost.

6.1.2 Kvantitativní analýza

Způsob vyhodnocení této metody se opírá o stanovení pravděpodobnosti koncového stavu celého systému a na základě pravděpodobnosti výskytu jednotlivých scénářů nebezpečí. Jako kvantifikátor dílčího rizika se používá pravděpodobnost vzniku potencionální škody v rozsahu jednotlivého scénáře nebezpečí. Hodnotí se přímá i nepřímá poškození, přímé i nepřímě škody a provádějí se různé sociální, ekonomické analýzy i s ohledem na krajinu a životní prostředí.

6.1.3 Semikvantitavní analýza

Je vnímána jako mezistupeň mezi metodou kvalitativní analýzy, která neukazuje představu o rozsahu povodňového rizika a metodou kvantitativní, která pro kvantifikaci rizika potřebuje velké množství přesných dat. Výsledkem semikvantitativní analýzy je vyjádření relativní výše rizika zobrazeným pomocí např. barevné stupnice či číselné stupnice.

6.1 Analýza škod v záplavovém území

Potencionální škody se vztahují k movitému i nemovitému majetku v inundačním území. Určení metody, která se použije ke stanovení povodňových škod, závisí na dvou faktorech.

- na potřebné podrobnosti (Úroveň podrobnosti I -> územní celky, sídla, části sídel a úrovní podrobnosti II -> jednotlivé objekty).

- na materiálních a popřípadě nemateriálních škodách v inundačním území, majetky nebo jinak oceněné hodnoty mohou být různou měrou poškozeny, znehodnoceny, odplaveny, zaneseny.

Posuzují a hodnotí se tyto potencionální škody:

- na bytovém fondu a vybavenosti bytů, rodinných domů i dalších obytných domů
- na občanské vybavenosti (školy, zdravotnická zařízení, obchody, atd.)
- v dopravní infrastruktuře a dopravě (silnice, železnice, atd.)
- v systémech inženýrských staveb
- ve vodním hospodářství (vodní toky, vodní díla, kanalizace, atd.)
- v zemědělství (objekty, chov hospodářských zvířat, atd.)
- v lesním hospodářství
- v průmyslu, energetice, službách a těžbě surovin

Každá z uvedených oblastí má svoje specifické vlastnosti, proto analýzy pro jednotlivé typy oblastí mohou být odlišné. To vše je podrobně popsáno, jak již bylo řečeno, v metodikách pro stanovování povodňových rizik a škod v záplavovém území (DRBAL a kol. 2008) a pro tvorbu map povodňového nebezpečí a povodňových rizik (DRBAL a kol. 2009), podle kterých byla tato kapitola stručně zpracována.

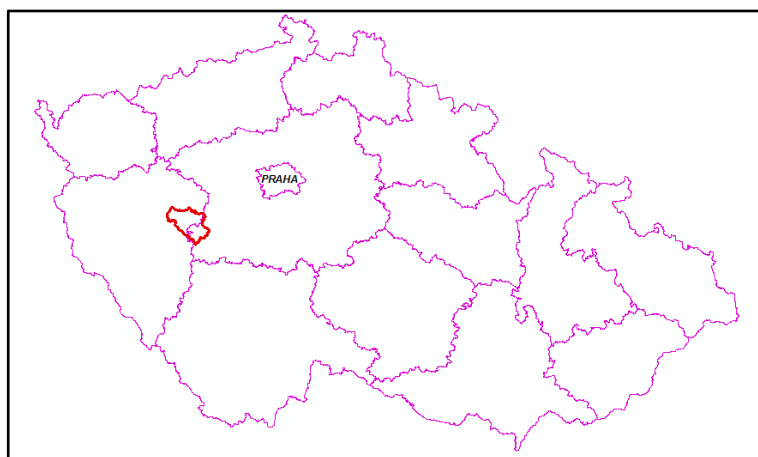
7. CHARAKTERISTIKA ŘEŠENÉHO ÚZEMÍ

Znalost charakteristiky území je nezbytná pro hydrologické modelování. I když je území, které budu v této práci řešit pouhou částí z povodí řeky Klabavy, je nutné znát charakteristiky celého povodí.

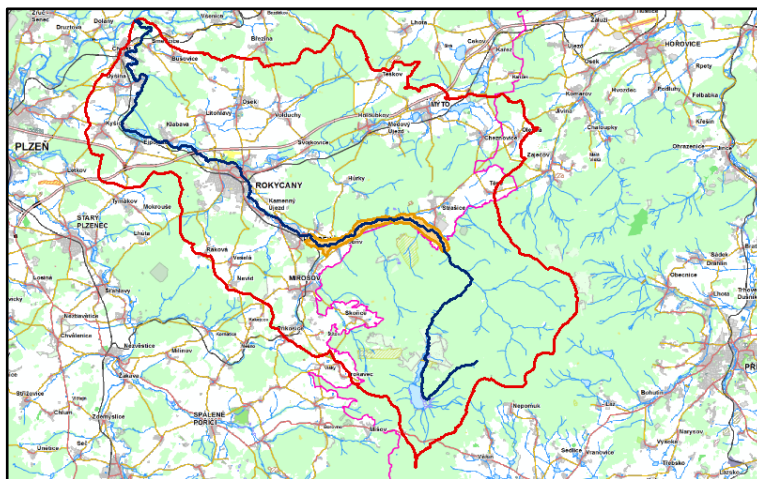
7.1 Geografické charakteristiky

Povodí se nachází v Západních Čechách, leží na hranicích Plzeňského kraje s krajem Středočeským, dále spadá z velké části pod okresy Rokycany a Příbram částečně pak zasahuje i do okresů Plzeň-město a Beroun. Řešené území se táhne od hranice krajů Středočeského a Západočeského dále na západ a leží na katastrálním území obcí Strašice, Dobřív a Hrádek u Rokycan.

Vodní tok Klabava pramení ve vojenském újezdě v Brdské pahorkatině ve výšce asi 760 m n. m. a vlévá se jako pravostranný přítok do regionálně nejvýznamnějšího toku Berounky u obce Chrást. V starší literatuře můžeme horní tok Klabavy najít pod názvem Padrt'ský potok, takto je označován úsek od pramene až po soutok s Holoubkovským potokem u města Rokycany, dále po proudu byl tok nazývána jako dnes, Klabava. Název nese podle jedné obce, která leží na pravém břehu toku poblíž Rokycan.



Obrázek č. 1 – Mapa české republiky s polohou povodí řeky Klabavy



Obrázek č. 2 – Podkladová mapa z www.cenia.cz s povodím řeky Klabavy a vyznačeným řešeným územím

7.2 Hydrologické charakteristiky

Povodí Klabavy je součástí povodí Berounky což je povodí III. řádu, které má číslo hydrologického pořadí 1-11 -01. Samotné povodí Klabavy je složeno z několika povodí IV. řádu s číslem hydrologického pořadí 1-11-01-006/0 až 1-11-01-040/1. (online: www.dibavod.cz).

Celková plocha povodí je 372 km², kterou protéká vodní tok Klabava o celkové délce 49 km (VLČEK a kol. 1984). Základními hydrologickými charakteristikami povodí jsou data o průtocích, bez kterých by se žádné hydraulické modelování neobešlo. Typů dat o průtocích je celá řada, např. max. průtok, min. průtok, průměrný roční průtok, M-denní průtoky a N-leté průtoky. Pro náš účel tedy pro stanovení hranic záplavových území při různé velikosti povodně, jsou nejdůležitějšími daty N-leté průtoky.

Hodnoty průtoků se zjišťují na monitorovacích stanicích, které jsou umístěny na tocích. K účelu této práce je zapotřebí znát N-leté průtoky na začátku a na konci řešeného území, tyto hodnoty pak použijí jako vstup do 1D hydrodynamického modelu. Potřebují tedy znát hodnoty ze dvou monitorovacích stanic. V dolní části řešeného území se nachází monitorovací stanice v obci Hrádek u Rokycan a v horní části se nachází monitorovací stanice v obci Strašice.

Zaokrouhlené hodnoty N-letých průtoků na monitorovací stanici v Hrádku u Rokycan s plochou povodí 158,45 km² a monitorovací stanici Strašice s plochou povodí 73,24 km², jsou patrné z tabulky č. 1 (online: www.pvl.cz; in verb Ing. Grunwaldová, IV/2012).

Název stanice	N - letost [m ³ . s ⁻¹]						
	Q ₁	Q ₂	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀
Strašice	9	14	23	32	42	57	70
Hrádek u Rokycan	17	26	43	58	76	104	129

Tabulka č. 1 – Zaokrouhlené hodnoty N-letých průtoků dále použité v matematickém modelu

Z historického pohledu byla v této oblasti největší povodeň v roce 2002 a to konkrétně dne 12. 8. 2002, kdy byla na monitorovací stanici v Hrádku u Rokycan zjištěna více jak 100-letá povodeň, bohužel však chybí přesný záznam o velikosti průtoků. N-letost největší zaznamenané historické povodně a hodnotu průtoků na monitorovacích stanicích lze ověřit v příloze č. 1 Kopie hlásného profilu Hrádek u Rokycan a příloze č. 2 Kopie evidenčního profilu Strašice.

7.3 Klimatické charakteristiky

Klima je výsledkem dlouhodobého působení několika aspektů, jako jsou všeobecné cirkulace vzduchu, působení radiačních poměrů, vlastností podkladu (nadmořská výška, tvar terénu, orientace a sklon terénu, schopnost pohlcovat a odrážet sluneční svit) a také ovlivnění antropogenní činností. Klimatické charakteristiky se klasifikují na základě klimatických poměrů s ohledem na vzájemné závislosti mezi jednotlivými meteorologickými složkami. Klimatických klasifikací existuje celá řada, asi nejvíce využívanou klasifikací v České republice je Quittova klimatická klasifikace. Quittova klasifikace klimatu obsahuje 23 jednotek zařazených do 3 hlavních oblastí teplé (T), mírně teplé (MT) a chladné (CH) oblasti (TOLASZ a kol. 2007).

Dle Quitta (1971) se v povodí Klabavy vyskytuje 6 jednotek Quittovy klasifikace, jsou jimi CH7, MT3, MT5, MT7, MT10 a MT11. V horní části toku Klabavy, zejména v Brdské pahorkatině se vyskytuje klimatická jednotka CH7, která

níže po toku přechází postupně v tyto klimatické jednotky MT3, MT5, MT7, MT10 a ve spodní části toku dále v klimatickou jednotku MT11 více příloha č. 3. Charakteristiky jednotlivých klimatických jednotek, které se vyskytují v území, jsou popsány v příloze č. 4.

7.4 Geologické charakteristiky

Geologické poměry mají velký vliv na vsak srážkové vody v povodí a to v závislosti na uložení geologických vrstev a hodnotě propustnosti těchto vrstev. Povodí se zastoupením propustných hornin velmi výrazně ovlivňuje rozdělení odtoku ze srážek a tím nepřímo ovlivňuje extrémní průtoky v povodí, neboli v korytě toku. Při vysokých a intenzivních srážkách tyto povodí nemají tak velké kulminační průtoky, jako povodí s nepropustnými horninami a zároveň při období sucha jsou povodí s propustnými horninami v důsledku lepších akumulacích schopností vodnatější a nedochází tak často k výraznému zmenšení průtoků, nebo dokonce k vysychání koryta jako v povodí s nepropustnými horninami (KEMEL 2000). Dále ovlivňují vznik dalšího velmi významného faktoru, který ovlivňuje odtok ze srážek a tím je složení půdy nebo také pedologické poměry v povodí, jelikož půda vzniká zvětráváním svrchní vrstvy hornin

Řešená oblast spadá z geologického hlediska do Českého masívu dále pak lze toto území rozdělit na Středočeskou oblast, na Barrandienské svrchní proterozoikum a Barrandienské spodní paleozoikum (BRUNCLÍK a kol. 1986). Barrandienské komplexy jsou z geologického hlediska ohraničeny na JZ až Z krystalinikem Českého lesa a Tepelskou plošinou, na SZ až S pak komplexy Barrandienu zajiždí pod permokarbonské uloženiny kladensko-rakovnické pánve a pod souvrství svrchní křídly, směrem k SV a V se dále táhnou algonická, eokambrická a staropaleozoická souvrství Barrandienu až pod sedimenty východočeské křídové pánve a navazují na přeměněné algonikum a starší paleozoikum podhůří Krkonoš a Orlických hor, z JV jsou pak barrandienské komplexy omezeny zejména středočeským žulovým plutonem (SVOBODA a kol. 1964).

V povodí Klabavy mají jednoznačně největší zastoupení paleozoické horniny zvrásněné a nemetamorfované (břidlice, droby, křemence, vápence), další poměrně silně zastoupené horniny, zejména pak v dolní části povodí a na západní hranici

povodí, jsou proterozoické horniny assyntsky zvrásněné s různě silným variským přepracováním (břidlice, fylity, svory až pararuly). Mezi horniny, které nemají v povodí až tak hojné zastoupení, ale lze je najít ostrůvkovitě rozmístěné v horní části povodí patří vulkanické horniny zčásti metamorfované z období proterozoika až paleozoika (amfibolity, diabasy, melafyry, porfyry), posledními horninami, které nejsou zastoupeny až tak hojně, ale je dobré je zmínit, jsou horniny z kvartéru (hlíny, spraše, písky, štěrky) vyskytující se ve spodní části povodí (online: www.geology.cz).

7.5 Pedologické charakteristiky

Pedologické poměry jsou dalším velmi významným faktorem ovlivňující rozdělení odtoku ze srážek na odtok povrchový a podpovrchový a tím ovlivňují i průběh povodňové vlny v toku (HRÁDEK, KUŘÍK 2008).

V povodí Klabavy se převážně nacházejí půdy označovány jako pseudogleje s hnědými půdami oglejenými a hnědé půdy kyselé. Dále se zde vyskytují hnědé půdy silně kyselé, illimerizované půdy s illimerizovanými půdami oglejenými a ojediněle se objevují i hnědé půdy s podzoly na terasových uloženinách, hnědé půdy se surovými půdami a rašeliništní půdy (TOMÁŠEK 2003). Přesné rozdělení půd v oblasti je přiloženo v příloze č. 5.

Podle TOMÁŠKA (1995), mají pseudogleje malou zemědělskou hodnotu a je potřeba u tohoto půdního typu úprava vodního režimu pro zlepšení vlastností půdy. Vhodnými plodinami pro pěstování jsou hlavně obiloviny, dále pak jetel a v nižších polohách i vojtěška nebo cukrovka. Druhý hojně zastoupený hlavní půdní typ v lokalitě je hnědá půda, která je nejčastějším půdním typem v České republice. Hnědé půdy jsou z hlediska zemědělské hodnoty střední až nižší kvality, vzhledem k tomu, že v povodí se vyskytuje zejména subtyp hnědé půdy kyselé, je zemědělská kvalita půdy spíše nižší. Tato půda je vhodná pro pěstování obilnin (ječmen, pšenice), brambor, nebo je lze využít jako lesní stanoviště.

7.6 Vegetační a krajinný pokryv

Vegetační pokryv a hlavně potom lesní pokryv má dvě funkce. Za prvé chrání půdní horizont před erozními vlivy deště a za druhé přímo ovlivňuje srážko-odtokový proces (HANZLOVÁ a kol. 2006).

Dnes se často využívá databáze krajinného pokryvu CORINE Land Cover. Cílem projektu je tvorba a aktualizace databáze krajinného pokryvu jednotnou metodikou pro území celé Evropy. Výstupem jsou polygonové mapy vegetačního pokryvu v měřítku 1:100 000, které ukazují jednotlivé zastoupení krajinného pokryvu v roce, kdy byla mapa vytvořena. Vegetační pokryv je rozdělen do 44 tříd (online: www.cenia.cz).

Na území povodí Klabavy je podle databáze CORINE Land Cover v největším měřítku krajinný pokryv zastoupen jehličnatými lesy a zemědělskými plochami více příloha č. 6.

8. STANOVENÍ ZÁPLAVOVÉHO ÚZEMÍ A VYTVOŘENÍ RASTSRU HLOUBEK V ZÁPLAVOVÉM ÚZEMÍ

K splnění cíle této bakalářské práce tedy stanovení záplavového území a vytvoření rastru hloubek v záplavovém území pro povodňové scénáře o velikosti kulminačního průtoku Q_{20} , Q_{50} , Q_{100} je zapotřebí zvolit vhodný počítačový program, nebo kombinaci několika programů, za pomoci kterých je možno tento cíl realizovat.

K zpracování prostorových dat, tvorbu tematických map a tvorbu DMT jsem použil program ArcGIS 9.3, konkrétně jeho aplikace ArcMap a ArcCatalog. Součástí tohoto programu musí být nainstalovány i jeho extenze 3D Analyst, Spatial Analyst a ArcHydro, tyto extenze jsou nezbytné pro chod některých funkcí ArcGISu použitých v bakalářské práci. Tento software byl použit i k následným analýzám výsledků matematického modelu a k jejich vizualizaci.

Dalším důležitým softwarem potřebným pro zhotovení této bakalářské práce je program pro zpracování samotného matematického modelu v řešeném území. Pro tento úkol jsem si ze široké nabídky softwarů určených k této problematice vybral počítačový program HEC-RAS 4.1.0, který byl vyvinut armádními inženýry Spojených států amerických. K výběru tohoto programu mě vedla jeho snadná dostupnost a bezplatná možnost využití. Dalším důvodem bylo i využívání tohoto programu odborníky zabývajícími se hydrologickým modelováním po celém světě včetně České republiky, což je podle mě ukazatelem kvality tohoto programu. Posledním důvodem je dobrá komptabilita HEC-RASu s programem ArcGIS. Pro efektivní a jednoduché převádění formátů mezi těmito dvěma softwary jsem použil nadstavbu HEC-GeoRAS v kterém byla také vytvořena geometrie vodního toku v řešeném území.

8.1 Práce v prostředí ArcGIS 9.3

Geografické informační systémy (GIS) mají uplatnění v mnoha vědních oborech, jedním z nich je i hydrologie. Hlavní předností GIS je práce s prostorovými daty a jejich následná analýza (JEDLIČKA, ŠTYCH 2007).

Z PVL mi byly poskytnuty data převážně ve formátech dgn, což je formát s kterým nelze příliš dobře pracovat v prostředí ArcGIS, proto je nutné tyto data převést do formátu shp. To jsem provedl následujícím způsobem. Do aplikace

ArcMap jsem nahrál data z PVL ve formátu dgn. Data byla v několika typech. Pro mě byly důležité body a linie, obě tyto části jsem postupně převedl do formátu shp a to tak, že byl příslušný datový soubor označen v obsahovém okně (Table of content), zde za pomoci pravého tlačítka myši jsem rozvinul nabídku, kde byla označena možnost *Data -> Export data*. Následně byla uložena cesta k uložení nově vzniklého shp nazvaného „Bod_pole“ a stejným postupem jsem vytvořil i shp s názvem linie_DMT.

8.1.1 Tvorba digitálního modelu terénu (DMT)

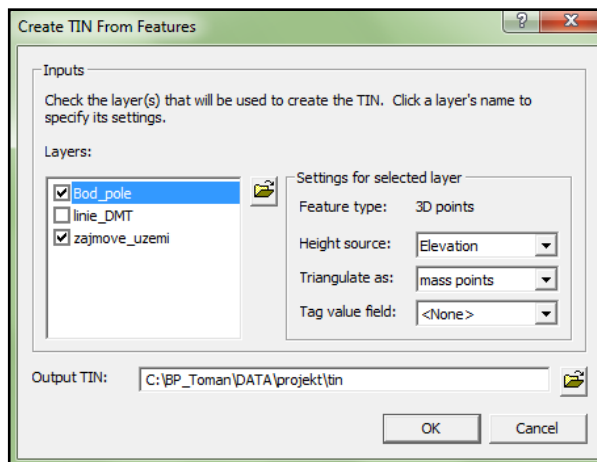
Jako první krok bylo potřeba vytvořit hydrologicky korektní DMT. Přesnost vytvořeného DMT s ohledem na reálný povrch je jeden ze zásadních faktorů ovlivňující přesnost a pravdivost výstupů celého hydrologického modelu a tedy i celé práce.

Pro zpracování prostorových dat je zapotřebí zvolit vhodnou strukturu datového modelu, v které budou data uložena. Používá se vektorový datový model TIN, kde je povrch definován jako nepravidelná trojúhelníková síť. Další možností je rastrový datový model GRID, ten se ukládá jako pravidelná čtvercová mřížka, která je v souřadnicovém systému jasně definována počátečním bodem, dále velikostí buňky, počtem buněk ve směru X (řádky) a Y (sloupce). Každá tato buňka má pak údaj se svoji hodnotou (např. nadmořskou výškou). Oba tyto datové modely mají své klady a zápory a je zapotřebí zvolit jejich použití v závislosti na členitosti povrchu, ale také typu a hustotě vstupních dat. Vstupními daty mohou být například výškové body, 3D linie jako třeba vrstevnice, nebo kombinace více vstupních dat (JEDLIČKA, MENTÍK 2002; BURIAN 2008).

Jak řekl KLIMÁNEK (2006) obecně lze říci, že datová struktura TIN je pro tvorbu DMT velmi vhodným nástrojem a to i protože lze do struktury TIN efektivně začlenit i povinné hrany terénu a tím kontrolovat interpolaci trojúhelníků v těchto místech.

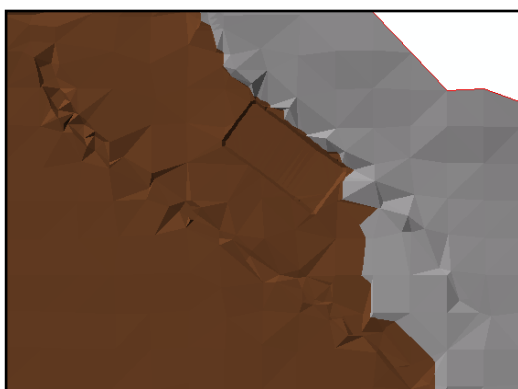
Já jsem si pro tvorbu DMT v řešeném území vybral vzhledem k formě dat z PVL, tedy dat ve formě bodového pole výškových bodů v kombinaci s výraznými terénními liniemi (terénní hrany, terénní lomy) strukturu datového modelu TIN.

TIN jsem vytvořil pomocí záložky v ArcMAPu: *3D Analyst -> Create/Modify TIN -> Create TIN from features*. Hlavními vstupními parametry jsou zde nadmořské výšky (elevation), nastavení vstupních parametrů si lze prohlédnout na obrázku. č. 3.

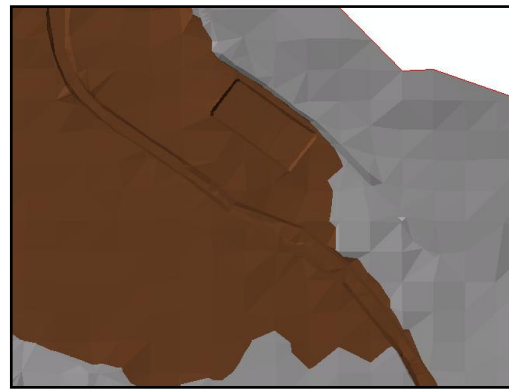


Obrázek č. 3 – Nastavení vstupních parametrů při tvorbě TINu

Abych v DMT zohlednil i významné terénní hrany, bylo zapotřebí editovat stávající TIN. To jsem provedl za pomoci nástroje *ArcToolbox -> 3D Analyst Tools -> TIN Creation -> Edit TIN*. Jako vstupní vrstvu významných terénních hran jsem použil vrstvu „linie_DMT“, kterou jsem získal ze sady dat od PVL. Rozdíly původního a editovaného TINu jsou patrné z obrázků č. 4 a č. 5.



Obrázek č. 4 – Původní TIN



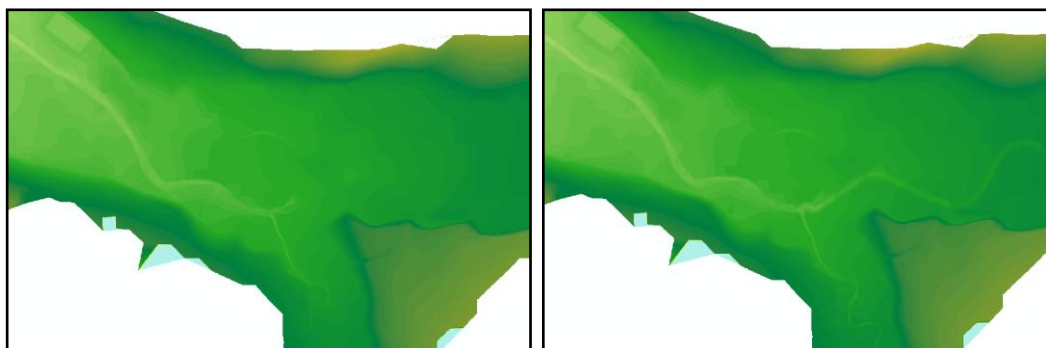
Obrázek č. 5 – Editovaný TIN

Z důvodu malé podrobnosti bodových dat v extravilánu TIN nedokázal zachytit průběh koryta toku v územích mezi obcemi. V obcích byla podrobnost dat kompenzována liniovými daty, která vystihovaly trasu koryta, přesněji břehové hrany

a dno koryta. Tato liniová data však v extravilánu chyběla, proto zde není koryto toku zahrnuto v DMT. Pro správný výpočet hydrologického modelu je to však zásadní věc. Proto je zapotřebí použít některého nástroje GIS a koryto v těchto úsecích vytvořit dodatečně.

K řešení tohoto problému byla využita extenze ArcHydro konkrétně nástroj DEM Reconditioning, tímto nástrojem lze zahлубit libovolně veliké území do původního DMT. Nástroj si ovšem žádá jako vstupní vrstvu rastrovou datovou strukturu, proto musíme nejdříve mnou vytvořený TIN převést na GRID. Tento úkol provedu pomocí záložky v panelu nástrojů *3D Analyst* -> *Convert* -> *TIN to Rastr*. Důležité v tomto nástroji je nastavit vhodnou hodnotu velikosti rastru (Cell size). Velikost rastru by měla být tak jemná, aby dostatečně vystihovala charakter řešeného území. Zároveň by však neměla být zbytečně moc jemná, aby svým objemem dat přehnaně nesnižovala jednotlivé výpočty a zobrazování rastru. Já jsem si zvolil velikost rastru 1 x 1 metr.

Teď je potřeba naeditovat úseky, které budu zahлубovat do DMT. Vytvořím si liniové vrstvy shp, které budou znázorňovat koryto toku Klabavy v lese, koryta přítoků a náhony na rybníky. Rozměry (hloubka, šířka) a trasa těchto objektů byly zjištěny z rekognoskace terénu a z ortofotomap. Dále už můžu bez problému pokračovat v úpravě DMT. Pro samotné zahлубení naeditovaných liniových vrstev jsem použil nástroj v *Arctoolbox* -> *ArcHydro* -> *Terrain Preprocessing* -> *DEM Reconditioning*. Rozdíly mezi původním rastrem a výsledným rastrem po použití nástroje DEM Reconditioning lze vidět na obrázcích č. 6 a č. 7, kde je viditelné zahлубení liniových vrstev do DMT.



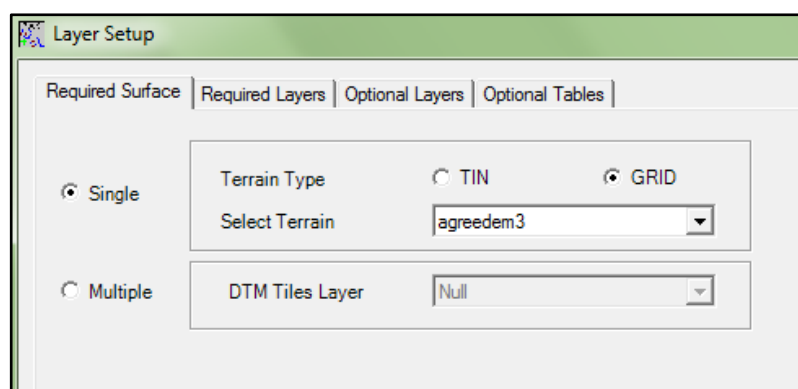
Obrázek č. 6 – Původní rastr

Obrázek č. 7 – Výsledný rastr

8.1.2 Tvorba geometrie vodního toku s pomocí extenze HEC-GeoRAS

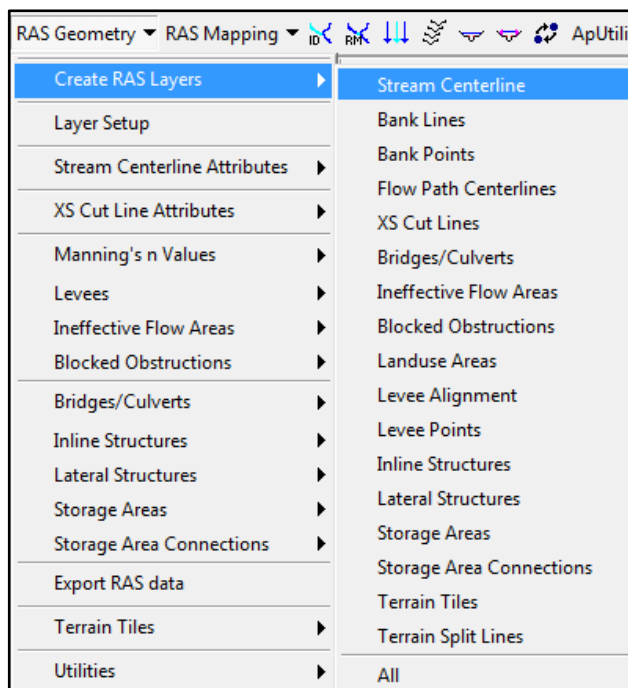
Pro vytvoření geometrie vodního toku jsem použil nadstavbu HEC- GeoRAS a to hlavně díky následné jednoduchosti vyexportování výsledné geometrie toku z prostředí ArcGIS do prostředí HEC-RAS.

Jako první jsem si v nadstavbě HEC-GeoRAS nastavil s jakým DMT bude HEC-GeoRAS po vytvoření všech potřebných vrstev pracovat. Proto bylo zapotřebí otevřít nastavení vrstev v *HEC-GeoRAS* -> *RAS Geometry* -> *Layer setup*. Zde jsem si nastavil, že budu pracovat s datovou strukturou GRID konkrétně s rastrem pojmenovaným „agreedem3“, což je můj výsledný DMT více obrázek č. 8.



Obrázek č. 8 – Výřez z okna Layer Setup

Práce v nadstavbě HEC-GeoRAS probíhala ve třech krocích. Nejprve jsem si vytvořil vrstvy potřebné k mému projektu. Tyto vrstvy jsem následně editoval a nakonec doplnil jejich atributové tabulky. Pro moji práci jsem použil vrstvy Stream Centerline (osa toku), Bank Lines (břehové linie), Flow Path Centerlines (proudnice), XS Cut Lines (příčné profily). HEC-GeoRAS nabízí daleko více předdefinovaných vrstev, avšak pro moji práci jsou tyto čtyři vrstvy dostatečné. Všechny vrstvy přidáme pomocí nástroje, který najdeme v panelu nástrojů *HEC-GeoRAS* -> *RAS Geometry* -> *Create RAS Layers* -> (obrázek č. 9).



Obrázek č. 9 – Nástroj Create RAS Layers s otevřenou nabídkou předefinovaných vrstev

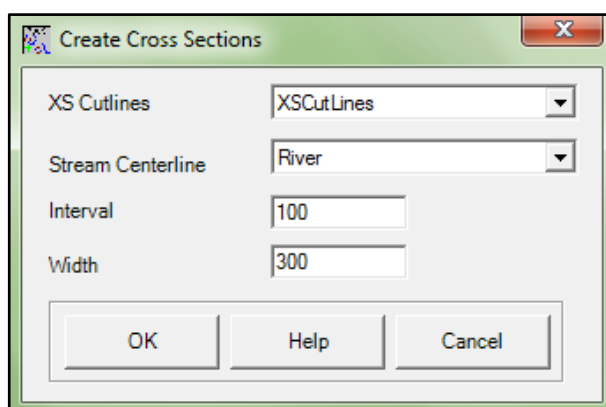
Po vložení všech potřebných vrstev jsem začal jednotlivé vrstvy editovat. Editaci jsem zapnul přes panel nástrojů *Editor* -> *Start Editing*.

Jako první jsem editoval vrstvu Stream Centerline (osa toku), pomocí nástroje Sketch Tool. Základním pravidlem je editovat osu toku po směru proudění vody v korytě, neboli editovat od horní části toku po dolní část toku. Je to z toho důvodu, že při exportu dat si model HEC-RAS směr editování uloží jako směr proudění vody v korytě toku. Jako podklad pro zakreslení trasy koryta Klabavy v zájmovém území jsem použil ortofotomaps dostupnou na webových stránkách www.geoportal.gov.cz. Pomocí této mapy jsem zakreslil vrstvu Stream Centerline do koryta toku. Po ukončení editace byly vyplněny atributy název toku (river) a HydroID v atributové tabulce.

Druhou vrstvou potřebnou naeditovat byla vrstva Bank Lines. K editování této vrstvy jsem použil funkci Copy Parallel. Editaci jsem provedl tak, že jsem označil vrstvu Stream Centerline a zvolil vzdálenost břehového linie toku od osy toku. Tato vzdálenost je samozřejmě podél toku v každém profilu proměnná. Proto jsem použil průměrnou hodnotu, která se v řešené oblasti vyskytuje. Průměrnou hodnotu jsem určil z rekognoskace terénu a z ortofotomapy.

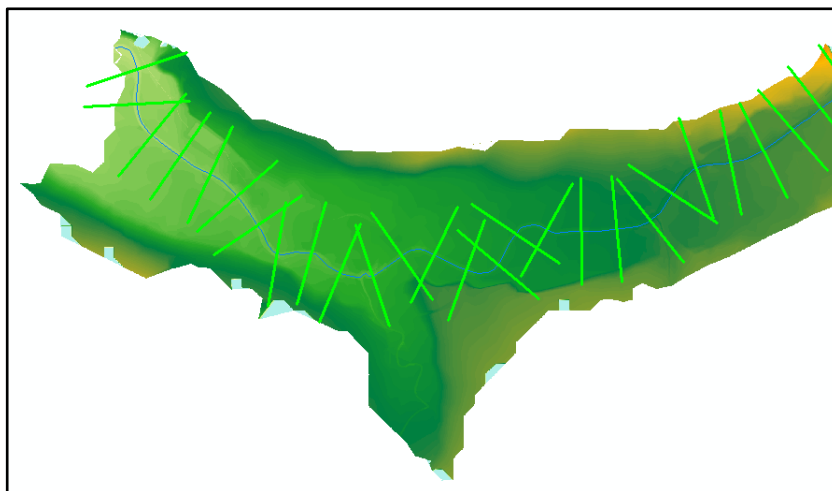
Třetí vrstvou v pořadí připravenou k editaci byla liniová vrstva Flow Path Centerlines. Tato vrstva je totožná s vrstvou Stream Centerline, proto byl tvar vrstvy Stream Centerline pouze zkopírován do vrstvy Flow Path Centerlines.

Jak poslední jsem vytvořil nejdůležitější vrstvu XS Cut Lines. Při tvorbě této vrstvy bylo potřeba dbát několika pravidel. Jedním z těchto pravidel je, aby veškeré XS Cut Lines byly kolmé na osu toku a zároveň procházely celým budoucím záplavovým územím. Dalším pravidlem je to, že se jednotlivé příčné profily nesmí křížit. Pro vykreslení příčných profilů jsem použil funkci *Construct XS Cut Lines*. V této funkci byly nastaveny parametry, které jsem zvolil s ohledem na geometrii toku, DMT a rozsah dat. Interval mezi jednotlivými příčnými profily byl zvolen jako 100m a rozsah příčných profilů 300m, jak lze vidět také na obrázku č. 10. Použitím funkce *Construct XS Cut Lines* došlo k dodržení třetího pravidla. Toto pravidlo zní tak, že každý příčný profil musí být tvořen zleva doprava po směru toku.

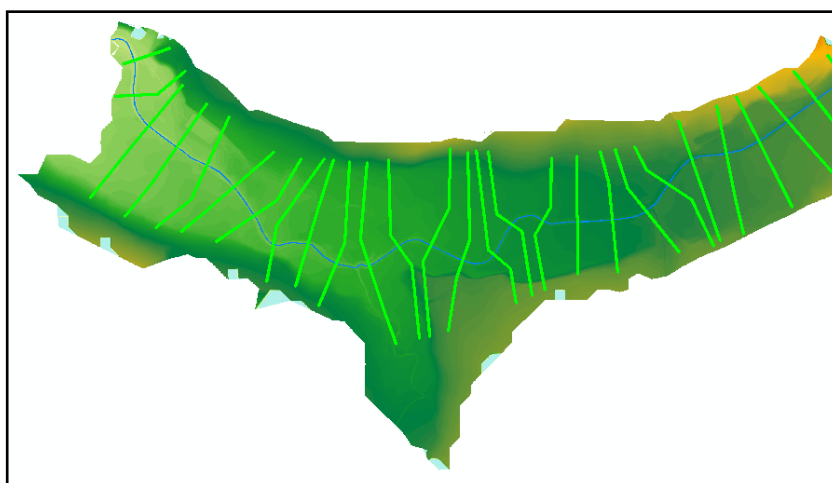


Obrázek č. 10 – Dialogové okno *Create Cross Sections* s nastavenými parametry

Po vytvoření příčných profilů v důsledku relativně velké šířky příčných profilů a vlnící se trasy toku se porušila jedna podmínka, konkrétně zákaz křížení jednotlivých příčných profilů. Proto bylo zapotřebí tyto jednotlivé chyby manuálně v editačním režimu odstranit. Rozdíly příčných profilů ve vybrané části území po použití nástroje *Construct XS Cut Lines* a následném editaci je zcela evidentní z obrázků č. 11 a č. 12.



Obrázek č. 11 – Příčné profily po vytvoření funkcí Construct XS Cut Lines



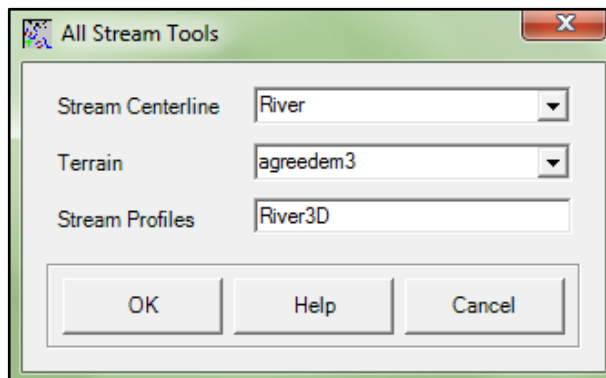
Obrázek č. 12 – Příčné profily po editaci

Po dokončení editace všech čtyř vytvořených vrstev, bylo zapotřebí do vrstev Stream centerline a XS Cut Lines doplnit všechny potřebné atributy do atributových tabulek.

Nejjednodušší způsob jak doplnit atributové tabulky je použít funkce, které vypočtou a doplní příslušné hodnoty do atributových tabulek a zároveň vytvoří totožnou vrstvu s výškovými charakteristikami (Elevation).

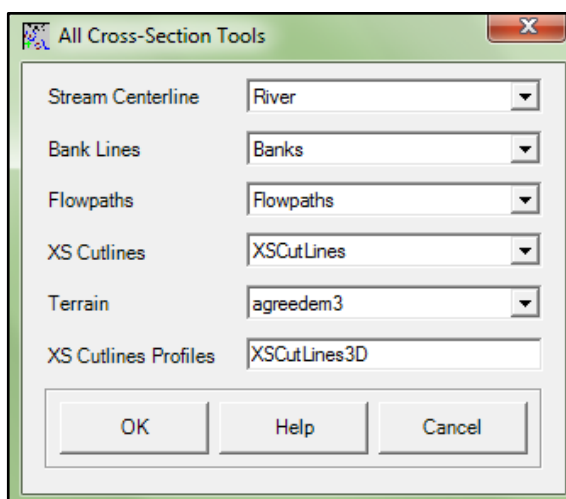
Pro vrstvu Stream Centerline jsem použil funkci z panelu nástrojů *HEC-GeoRAS* -> *RAS Geometry* -> *Stream Centerline Attributes* -> *All*. Tato funkce vypočte atributovou tabulku Stream Centerline a zároveň vytvoří novou totožnou

vrstvu, která je ovšem doplněna o výškové charakteristiky (Elevation). Vstupní parametry jsou zřetelné na obrázku č. 13.



Obrázek č. 13 – Dialogové okno se vstupními parametry pro automatické doplnění hodnot do atributové tabulky vrstvy Stream Centerline

Funkce k výpočtu atributů a doplnění o výškové charakteristiky (Elevation) pro vrstvu XS Cut Lines se nachází v záložce *HEC-GeoRAS -> RAS Geometry -> XS Cut Line Attributes -> All*, po použití této funkce se opět vytvoří totožná vrstva s výškovými charakteristikami (Elevation). Nastavení vstupních parametrů pro tuto funkci si lze prohlédnout z obrázku č. 14.



Obrázek č. 14 – Dialogové okno se vstupními parametry pro automatické doplnění hodnot do atributové tabulky vrstvy XS Cut Lines

8.1.3 Export geometrie toku

Export dat geometrie toku do formátu, který lze použít v hydrodynamickém modelu HEC-RAS jsem provedl přes extenzi HEC-GeoRAS. Konkrétně přes záložku

HEC-GeoRAS -> RAS Geometry -> Export RAS data. Data jsem uložil na pevný disk, odkud jsem je dále importoval do HEC-RASu.

8.2 Práce v prostředí HEC-RAS 4.1.0

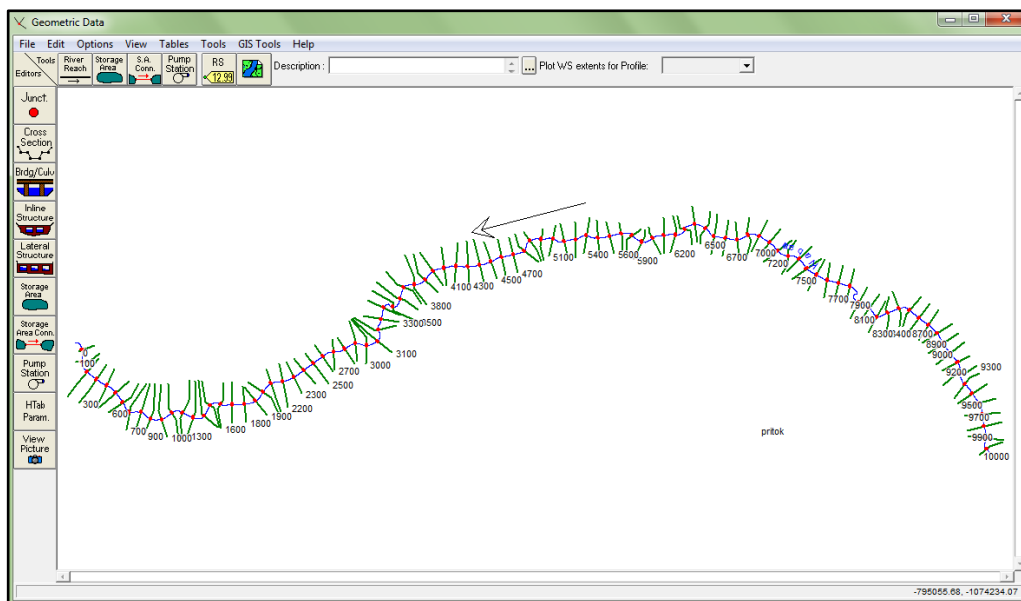
Po tom co jsem vytvořil DMT a geometrii vodního toku v zájmovém území, bylo vše připravené pro tvorbu hydrologického modelu v softwaru HEC-RAS.

8.2.1 Základní nastavení softwaru

Po spuštění programu HEC-RAS se mi zobrazilo základní okno, kde bylo zapotřebí nejdříve založit nový tzv. projekt a uložit na cílové místo na disku. Já jsem tento datový soubor nazval „Project_BC“. Po vytvoření projektu jsem musel nastavit jednotkový systém, se kterým bude program pracovat. Vzhledem k tomu že program je od amerických tvůrců, jsou předefinované americké jednotky. Změnu amerického jednotkového systému na jednotkový systém soustavy SI provedeme v HEC-RASu přes záložky *Options -> Unit systém (US customary/SI)...*, kde zaškrtneme pole *Systém International (Metric System)*.

8.2.2 Nastavení geometrických dat

Nejdříve bylo nutné nahrát geometrické charakteristiky vytvořené v softwaru ArcGIS. Nejprve jsem si otevřel základní okno pro práci s geometrickými daty přes záložku *Edit -> Geometric Data...* V tomto okně jsem provedl nahrání dat připravených geometrických dat přes záložky *File -> Import Geometry Data -> GIS Format...* Po nahrání geometrických dat se mi zobrazila v základním okně geometrie vodního toku. Následně jsem geometrii toku uložil na disk pod názvem „Geometrie“. Geometrii zobrazenou v základním okně pro práci s geometrickými daty si lze prohlédnout na obrázku č. 15



Obrázek č. 15 – Importovaná geometrie toku z prostředí ArcGIS, zobrazená v základním okně pro práci s geometrickými daty v programu HEC-RAS

Protože typ povrchu výrazně ovlivňuje rychlost proudění vody, bylo důležité zadat hodnoty drsnosti povrchu do modelu. Model HEC-RAS pracuje s drsnostním součinitelem podle Manninga, který jsem v zájmovém území stanovil pomocí rekognoskace terénu. Hodnoty jsem do modelu vložil pomocí záložky v základním okně pro práci s geometrickými daty, *Tables -> Mannin's n or k values (horizontally varied)*.... Drsnosti byly zvoleny pro každý profil stejné tedy pro celé zájmové území konstantní, jak je vidět z tabulky na obrázku č. 16.

Edit Manning's n or k Values

River: Klabava Edit Interpolated XS's Channel n Values have a light green background

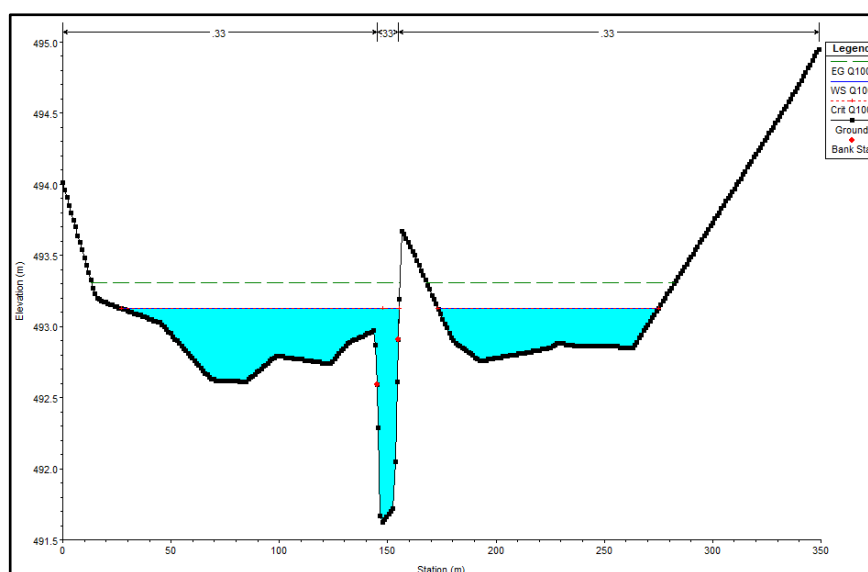
Reach: reka

Selected Area Edit Options

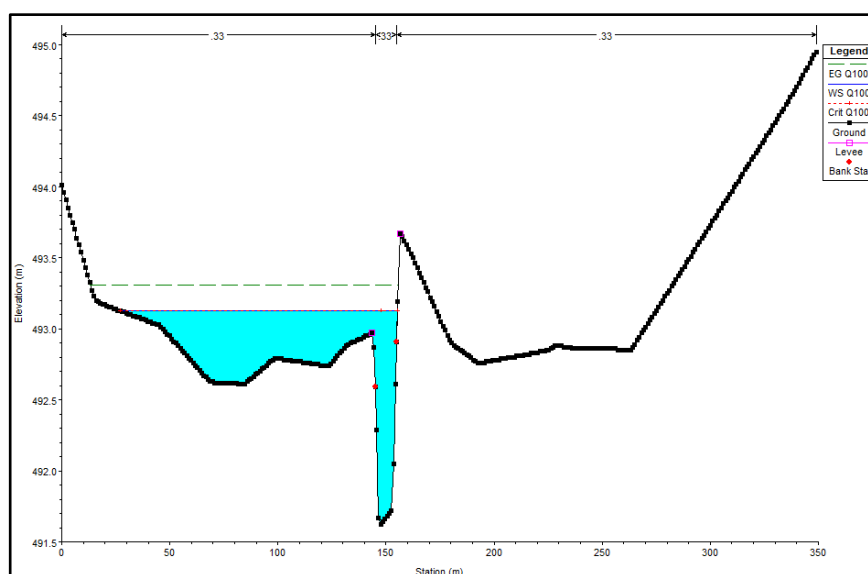
	River Station	Frctn (n/K)	n #1	n #2	n #3
1	10100	n	0.33	0.33	0.33
2	10000	n	0.33	0.33	0.33
3	9900	n	0.33	0.33	0.33
4	9800	n	0.33	0.33	0.33
5	9700	n	0.33	0.33	0.33
6	9600	n	0.33	0.33	0.33
7	9500	n	0.33	0.33	0.33
8	9400	n	0.33	0.33	0.33
9	9300	n	0.33	0.33	0.33

Obrázek č. 16 – Zadání hodnot součinitele drsnosti dle Manninga do softwaru HEC-RAS

Posledním krokem v nastavení geometrie toku bylo jednotlivě zkontrolovat a vytipovat tvarově rozmanité profily a to z důvodu, jakým způsobem probíhá plnění vody v profilech. Voda se plní podle hodnoty nadmořské výšky od zdola nahoru, kvůli této skutečnosti je nutné v některých profilech označit bod funkcí *levees*, kterou najdeme v základním okně pro práci s geometrickými daty *Cross Sections* -> *Options* -> *Levees*, která zajistí, že území za tímto bodem se začne plnit až v okamžiku, kdy voda z koryta dosáhne tohoto bodu. Pro prezentaci této funkce jsem si vybral profil se staničením 9600. Na obrázcích č. 17 a č. 18 je zřetelně vidět jak nástroj *levees* funguje.



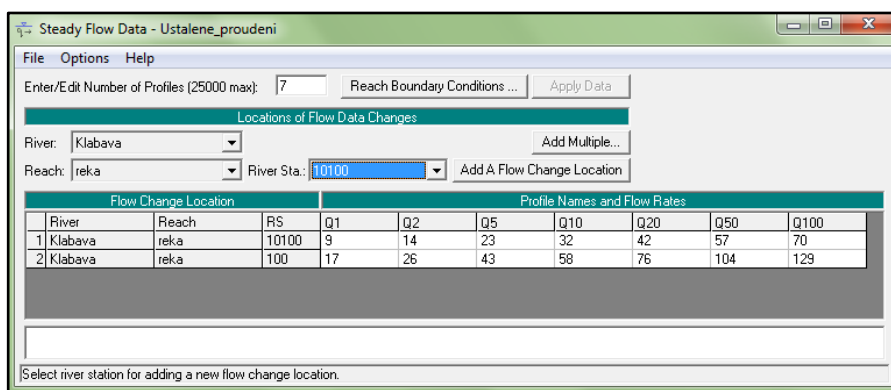
Obrázek č. 17 – Plnění příčného profilu se staničením 9600 bez použití funkce *levees*



Obrázek č. 18 – Plnění příčného profilu se staničením 9600 s použitím funkce *levees*

8.2.3 Nastavení modelovaných scénářů

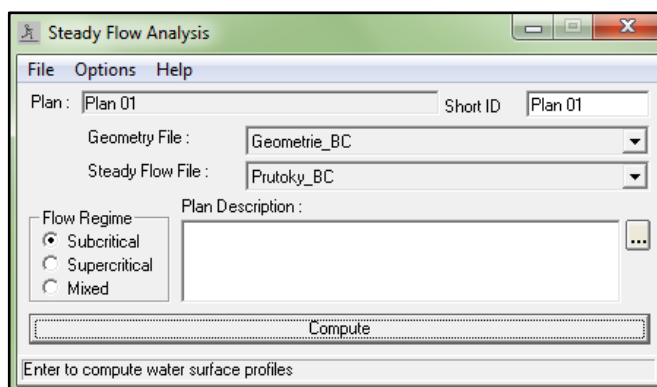
Zadání N-letých průtoků proběhlo pomocí příkazu *File -> Steady flow data* v základním okně programu HEC-RAS. Zde bylo nutno pomocí pole *Enter/Edit Number of Profiles* nastavit počet scénářů (počet N-letých průtoků), pro které proběhne výpočet. Použitím tlačítka *Reach Boundary Conditions...* byla nastavena metoda výpočtu, v mém případě pomocí kritických hloubek (Critical Deph). Předposledním krokem bylo nastavení počátečního a koncového profilu, tyto profily ohraničují území, ve kterém proběhne výpočet, a to přes tlačítko *Add Flow Change Location*. Na závěr už bylo jen nutno naeditovat hodnoty N-letých průtoků pro jednotlivé scénáře. Editační okno ustáleného proudění je na obrázku č. 19.



Obrázek č. 19 – Zadané hodnoty průtoků v počátečním a koncovém profilu pro jednotlivé scénáře ustáleného proudění

8.2.4 Spuštění výpočtu modelu

Poté, co jsem si připravil vstupní parametry (geometrii, modelované scénáře) modelu, bylo zapotřebí spustit výpočet samotného modelu. Ten jsem spustil v základním pracovním okně pomocí záložky *Run -> Steady Flow Analysis*. Okno pro spuštění výpočtu hydrodynamického modelu se zadanými potřebnými parametry pro výpočet je vidět na obrázku č. 20.



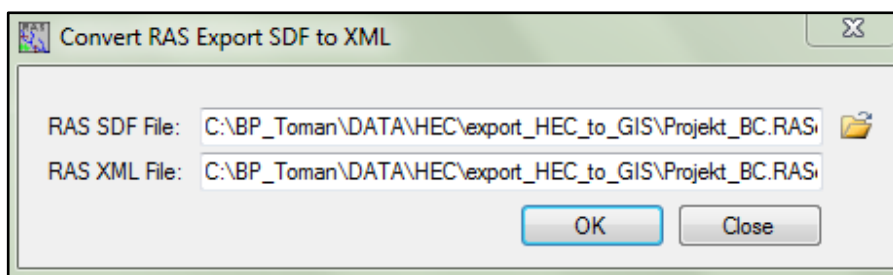
Obrázek č. 20 – Okno *Steady Flow Analysis* pro spuštění výpočtu hydrodynamického modelu se zadanými parametry

8.2.5 Export vytvořeného modelu

Když úspěšně proběhl výpočet hydrodynamického modelu, bylo zapotřebí získané výsledky patřičně prezentovat. Pro splnění tohoto úkolu jsem si vybral znovu program ArcGIS 9.3. Ovšem práci v tomto programu předcházela export souboru dat používaným softwarem HEC-RAS do souboru dat používaným softwarem ArcGIS. Export proběhl pomocí záložky *File -> Export GIS data ...* v základním okně programu HEC-RAS. Po potvrzení příkazu se zobrazilo okno GIS export, v tomto okně jsem vybral modelované scénáře, s kterými chci dále pracovat a to pomocí tlačítka *Select profiles to Export*. Po vybrání modelovaných scénářů jsem výběr potvrdil a data exportoval kliknutím na tlačítko *Export Data*.

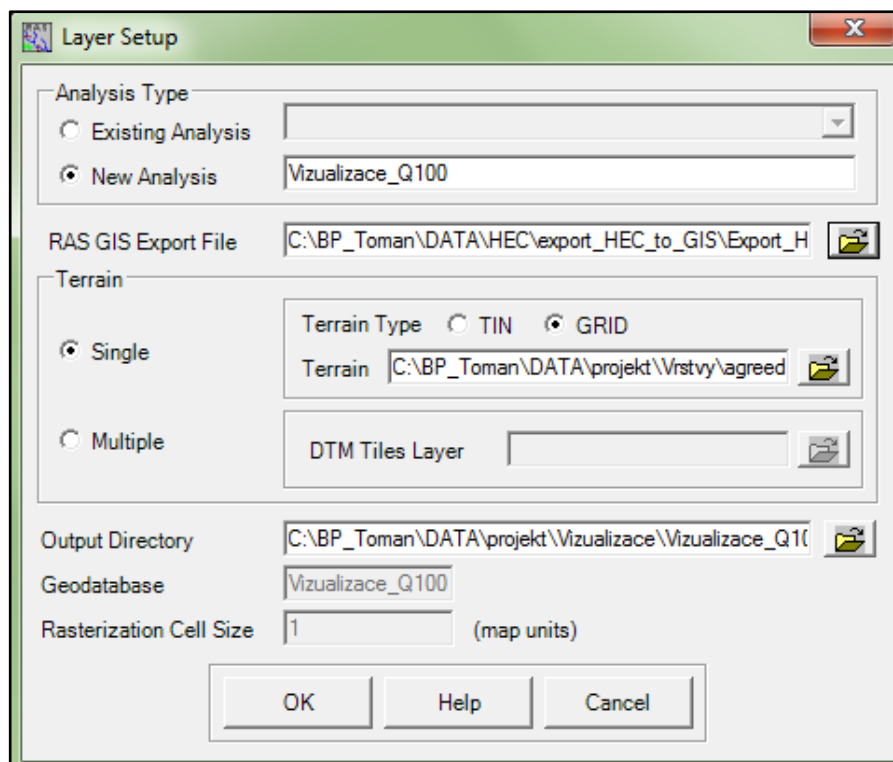
8.3 Výsledná vizualizace v prostředí ArcGIS 9.3

Abych mohl začít s vizualizací výsledků hydrodynamického modelu, musel jsem nejprve importovat data do prostředí ArcGIS. Toho jsem docílil pomocí tlačítka *RAS SDF File* v záložce *HEC-GeoRAS*. V tomto kroku byla data ve formátu sdf transformována do formátu xml a tím došlo i k načtení dat do ArcMapu, okno pro transformování dat je vidět na obrázku č. 21.



Obrázek č. 21 – Okno k transformaci dat z formátu sdf do formátu xml

Další kroky byly provedeny přes záložku *HEC-GeoRAS* -> *RAS Mapping*. Prvním funkcí v otevřené nabídce byla *Layer Setup*, v této funkci bylo nutno nastavit jméno nové analýzy (*Analysis Type*), hydrodynamický model pomocí kterého bude analýza provedena (*RAS GIS Export File*). Dále pak DMT který, bude použit při analýze (*Terrain*). Protože vybraný DMT má datovou strukturu GRID byla automaticky vyplněna i kolonka stanovující velikost buňky rastru (*Rasterization Cell Size*) a to hodnotou shodnou s velikosti rastru vstupního GRIDu. Jako posledním krokem v tomto okně je umístění vytvořené analýzy na volné místo na pevném disku (*Output Directory*). Okno nástroje *Layer Setup* s vyplněnými vstupními parametry si lze prohlédnout na obrázku č. 22.



Obrázek č. 22 – Okno nástroje *Layer Setup* s vyplněnými parametry analýzy pro scénář o velikosti kulminačního průtoku Q_{100}

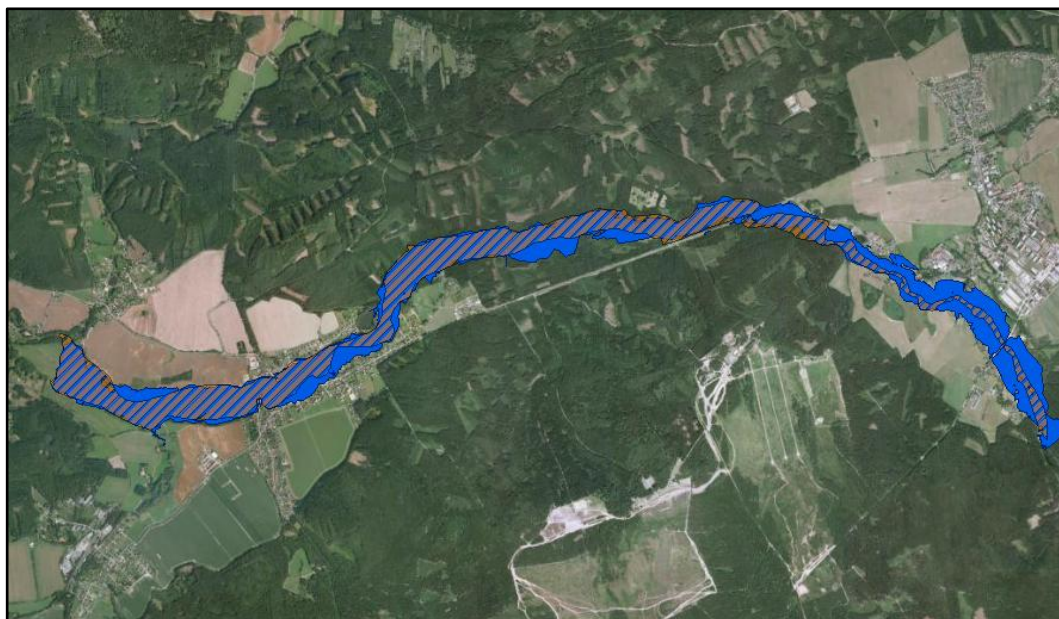
Po nastavení záložky *Layer Setup* přišla na řadu záložka *HEC-GeoRAS* -> *RAS Mapping* -> *Import RAS data*, pomocí které byl načten polygon možného rozsahu záplavového území. Dále pak byly použity funkce ze záložky *HEC-GeoRAS* -> *RAS Mapping* -> *Inundation Mapping*. Jako první to byla funkce *Water Surface Generation*, která vytvořila TIN konečného záplavového polygonu. Tato modelace probíhá protnutím TINu vodního povrchu a DMT, kdy záplavové území je stanoveno jako území, kde je výška vodního povrchu větší než výška DMT. Druhá použitá funkce *Floodplain Delineation Using Rasters*, tato funkce vytvoří polygon záplavového území pro řešený scénář a rastr hloubek v tomto záplavovém území.

Obdobným způsobem byly analýzy provedeny i pro povodňové scénáře s dobou opakování 20 a 50 let.

Výsledná vizualizace vytvořených polygonů a rastrů hloubek pro jednotlivé scénáře byla načtena na ortofotomapový podklad z webových stránek www.geoportal.gov.cz, tyto vizualizace jsou součástí příloh.

8.4 Porovnání výsledků s výsledky VÚV T. G. Masaryka

Srovnání polygonu záplavového území pro scénář o velikosti kulminačního průtoku Q_{100} vytvořený v této práci a polygonu pro stejný scénář vytvořený VÚV T. G. Masaryka dostupným na webových stránkách www.dibavod.cz je viditelný na obrázku č. 23. Zde je vidět ve střední a spodní části toku v některých úsecích větší a v některých menší shoda ve výsledcích, avšak v horní části toku se výsledky značně liší. Možné příčiny takovéto odlišnosti výsledků budou podrobněji rozebrány v diskuzi.



Obrázek č. 23 – Porovnání polygonů záplavového území vytvořeného v této práci (modrý polygon) a polygonu záplavového území vytvořeného VÚV T. G. Masaryka (šrafovaný polygon), podklad ortofotomapa dostupná jako WMS služba z webových stránek <http://geoportal.gov.cz/arcgis/services>

9. DISKUZE

Hlavními cíly této práce bylo vymezit čáry záplavového území a vygenerovat rastr hloubek v záplavovém území. Na webových stránkách www.dibavod.cz si lze stáhnout hranice záplavového území, respektive čáry záplavového území pro celou Českou republiku. Zpracovatelem těchto dat je VÚV T. G. Masaryka, čáry záplavového území jsou zpracovány jako polygony ve formátu shp, s tímto formátem je možno pracovat v softwaru ArcGIS, v tomto programu jsem vizualizoval čáry záplavového území, které byly výsledkem mé práce. Proto se nabízelo porovnat výsledky této práce s výsledky VÚV T. G. Masaryka, jako významného odborného pracoviště zabývajícího se vodohospodářskými problémy.

Jako porovnávané záplavové území bylo vybráno inundační území pro scénář o velikosti kulminačního průtoku Q_{100} . Už při prvním pohledu je zřetelně vidět, že v horní části zájmového území je šířka polygonu vytvořeného v této práci o mnoho širší oproti polygonu vytvořeným VÚV T. G. Masaryka. Přičemž ve střední a spodní části zájmového území mají oba polygony výrazně větší shodu, i když jsou v některých místech opět odchylky.

Otázkou tedy je co se mohlo stát, že oba polygony pro stejné záplavové území a pro stejný povodňový scénář nejsou totožné. Jedním z těchto důvodů může být krok, který jsem provedl z důvodu malého rozsahu dat. Tímto krokem bylo použití funkce DEM Reconditioning v extenzi ArcHydro v prostředí ArcGIS. Pomocí této funkce jsem se pokusil „zahlubit“ koryto toku do DMT vytvořeného právě kombinací bodových a liniových dat, které jsem měl k dispozici. Problémem ovšem bylo, že liniová data jsem měl k dispozici pouze v zastavěném území a v extravilánu tyto data nebyla. To mělo za následek vytvoření takového DMT, kde bylo koryto toku pouze v intravilánu a v extravilánu chybělo. S takovým to DMT nebylo možno pracovat a proto byla použita funkce DEM Reconditioning, avšak zde mohla nastat chyba. Koryto jsem totiž pro zjednodušení předpokládal po celém úseku toku stejné. Je ovšem jasné, že koryto toku přírodního charakteru je v každém profilu proměnlivé o to více na úseku dlouhém přes 10 km. Navíc funkce DEM Reconditioning byla použita už na první části toku konkrétně cca v prvních čtyřech příčných profilech po směru toku, tedy na začátku modelu, kde byl rozdíl v polygonech záplavového území největší. Zde mohlo být koryto silně poddimenzováno a to mohlo zapříčinit evidované vylití vody z koryta hned na

začátku území a zapříčinit značné chyby v rozlivu vody v řešeném inundačním území. Tím mohla vzniknout tak velká odchylka mezi výsledky této práce a práce VÚV T. G. Masaryka.

Další možná chyba v hydrodynamickém modelu mohla nastat, tak že Manningův koeficient drsnosti byl po celém toku stanoven jako konstantní hodnota 0,33. Tato hodnota odpovídá přírodnímu korytu, ovšem na toku byly i části, které byly i stavebně, opevněné ty se ovšem kvůli zjednodušení zanedbaly. Kdyby nebyly zanedbány, byly by na těchto částech toku hodnoty drsností stanoveny nižší jak 0,33. To by mělo za následek zvýšení rychlosti toku v těchto úsecích a tím i snížení kulminačního průtoku a možné zmenšení záplavových ploch v okolí těchto míst.

Když jsem se ovšem zaměřil nejen na velikost odchylek sledovaných polygonů, ale i na to v jakém území byly tyto odchylky, zjistil jsem, že tyto největší odchylky a zároveň i jejich největší počet byl jednoznačně v intravilánu. To může ukazovat i na to, že v těchto územích mohla být podceněna hustota příčných profilů. Příčné profily byly totiž po celém území stanoveny po 100 m. Kdyby ovšem byly v intravilánu vytvořeny např. po 50 nebo 20 m, mohlo být za pomoci většího počtu profilů dosaženo větší přesnosti tvaru a charakteru koryta v těchto úsecích a mohlo to mít za následek menší plochy polygonů záplavových území v intravilánu.

Je jasné, že všechna tato fakta, která jsem popsal, mohla méně či více ovlivnit výsledný rozsah záplavového území. Je také možné, že chyby vzniklé některou z těchto událostí by byly tak malé, že by výsledek neovlivnili, nebo by ho ovlivnili pouze v kombinaci s jinými chybami.

Ovšem podle mého názoru vyšel rozdíl mezi oběma polygony záplavového území s největší pravděpodobností hlavně kvůli špatnému DMT, který dostatečně dobře nevystihoval charakter a členitost terénu (jako jsou třeba lokální násypy, vyvýšeniny atp.). V tomto názoru mě utvrzuje i fakt, že největší odchylky od polygonu vytvořeným VÚV T. G. Masaryka byly v území, kde byl reálný terén nejvíce rozmanitý. Tato chyba vznikla podle mě následkem malé podrobnosti respektive hustotě dat, které jsem měl k dispozici. To potvrzuje i skutečnost, že výškové body, které jsem získal a z kterých byl vytvořen DMT, byly od sebe vzdáleny 30 m, ovšem nebylo výjimkou, že některé body měli mezi sebou i větší rozestupy.

10. ZÁVĚR

Tato práce měla jako hlavní cíl stanovení záplavových čar a rastru hloubek v záplavovém území. Oba tyto hlavní cíle byly splněny pro povodňové scénáře s dobou opakování 20, 50 a 100 let. Podrobněji vizualizovaný v přílohách byl ovšem jen scénář s dobou opakování 100 let.

Pro to, abych mohl dosáhnout hlavních cílů, bylo zapotřebí splnit i dílčí cíle jako bylo vytvoření DMT, stanovení hydrologických charakteristik toku v zájmovém území, ale také pochopit danou problematiku. To si dovoluji tvrdit, že bylo také splněno.

Tato práce potvrdila, že je problematika modelování povodňových událostí důležitým tématem. Jako podklad o tomto tvrzení může být fakt, že i když polygon záplavového území stanovené v této práci pro jednotlivé scénáře úplně neodpovídá polygonu záplavového území zpracovanému VÚV T. G. Masaryka, tak na základě obou těchto polygonových vrstev lze jednoznačně říci, že při výskytu povodňové události v řešeném území dojde k ohrožení majetku.

Ještě bych chtěl zdůraznit, že použité výstupy nemohou být použity jako podkladní mapy při řešení povodňového nebezpečí. Jedním z těchto důvodů je i to, že při výpočtu hydrodynamického modelu nebyly uvažovány stavební objekty na vodních tocích (mosty, lávky, jezy, propustky, atd.), které mohou ovlivňovat průběh povodňové vlny a v některých místech výrazně vzdouvat hladinu vodního toku Klabavy.

Závěrem bych chtěl konstatovat, že práce mi ukázala základní principy řešení této problematiky a na základě znalostí získaných v této práci bych chtěl tyto znalosti rozšířit vypracováním nového hydrodynamického modelu na kvalitnějších výškopisných datech a rozšířit model o již zmiňované objekty na toku a popřípadě se pokusil navrhnout i nějaké protipovodňové opatření, to vše ale až v další části studia.

POUŽITÉ ZDROJE:**Literatura:**

BEVEN K. J. (2001): Rainfall-runoff Modelling. The Primer. John Wiley & Sons, Chichester

BRUNCLÍK O., BENEŠ S. a VLK K. (1986): Geologie a půdoznalství IIIa (geologie). Vysoká škola zemědělská Praha, Praha

DAŇHELKA J., KREJČÍ J., ŠÁLEK M., ŠERCL P., ZEZULÁK J. (2002): Posouzení vhodnosti aplikace srážko-odtokových modelů s ohledem na simulaci povodňových stavů pro lokality na území ČR. ČZU, Praha

DRBAL K. a kol. (2008): Metodika stanovování povodňových rizik a škod v záplavovém území. Ministerstvo životního prostředí, Brno.

DRBAL K. a kol. (2009): Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik. Ministerstvo životního prostředí, Praha.

HEC-RAS (2010): User's Manual Version 4.1. US Army Corps of Engineers, Davis, CA

HRÁDEK F., KUŘÍK P. (2008): Hydrologie. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

HYDROSOFT VELESLAVÍN S.R.O. (2009): HYDROCHECK - Uživatelská příručka, Hydrosoft Veleslavín s.r.o., Praha

HYDROTEC, GmbH (2003): Dokumentation zu Niederschlag-Abfluss Model NASIM. Hydrotec, Aachen

CHEN P. (2007): Flood Impact assessment using Hydrodynamic modelling in Bangkok, Thailand. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede

JEDLIČKA J., ŠTYCH P. (2007): Hydrologické modelování v programu ArcGIS. CITT Praha Akademie kosmických technologií oblast Galileo, GMES

KEMEL M. (2000): Klimatologie, meteorologie a hydrologie. ČVUT, Praha

- KOVÁŘ P. (1990): Využití hydrologických modelů pro určování maximálních průtoků na malých povodích. Vysoká škola zemědělská Praha, Praha
- KULHAVÝ Z., KOVÁŘ P. (2002): Využití modelů hydrologické bilance pro malá povodí. VÚMOP, Praha
- JENÍČEK M. (2005): Aplikace matematického modelu NASIM pro simulaci srážko-odtokových poměrů v povodí Černé vody. Diplomová práce na PřF UK, Praha
- JENÍČEK M., NĚMEČKOVÁ S. (2007): Využití GIS v hydrologických a hydrodynamických modelech. IN Extrémní hydrologické jevy v povodích, sborník příspěvků z workshopu Adolfa Patery 2007, ČVTVHS, ČVUT, Praha
- MAIDMENT D., DJOKIC D. (2000): Hydrologic and hydraulic modeling support with geographic information systems. Enviromenal System Research Institut, Redland
- PAVELKA K. (2003a): Fotogrammetrie 10. ČVUT, Praha
- PAVELKA K. (2003b): Fotogrammetrie 20. ČVUT, Praha
- QUITT E. (1971): Klimatické oblasti Československa. GÚ ČSAV, Brno
- SVOBODA J. a kol. (1964): Regionální geologie ČSSR (díl I, Český masív, svazek 2, algonkium-kvartér). Ústřední ústav geologický v Nakladatelství Českoslovesnké akademie věd, Praha
- TOLASZ R. a kol. (2007): Atlas podnebí Česka. Český hydrometeorologický ústav, Praha
- TOMÁŠEK M. (1995): Atlas půd České republiky. Český geologický ústav, Praha
- TOMÁŠEK M (2003): Půdy České republiky. Česká geologická služba, Praha
- VLČEK V. a kol. (1984): Zeměpisný lexikon ČSR – vodní toky a nádrže. Academia, Praha.

Odborné články:

BURIAN J. (2008): Vyznáte se v interpolacích?. GeoBusiness 11/2008

COBBY D. M., MASON D. C., DAVENPORT I. J. (2001): Image processing of airborne scanning laser altimetry data for improved river flood modelling. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 56

HANZLOVÁ M., HORÁK J., UNUCKA J., HALOUNOVÁ L, ŽÍDEK D., BOUKALOVÁ Z. (2006): Klasifikace pokryvu území v povodí Bělé pro hodnocení srážko-odtokových poměrů. Sborník konference „Geoinformatika ve veřejné zprávě“ 7. – 9. 6. 2006, Brno

BRÁZDIL K. (2009): Projekt tvorby nového výškopisného území České republiky. Geodetický a kartografický obzor, ročník 55/97, 2009, číslo 7

HEJDUK T., ROUB R. (2011): Využití hydrologického měření při tvorbě hydrodynamických modelů z dat leteckého laserového skenování. Vodní hospodářství ročník 2011, číslo 8

HODAČ J. (2007): Výuka fotogrammetrie v České republice. Sborník z konference GEOS 2007

HORRITT M. S., BATES P. D. (2002): Evaluation of 1D and 2D numerice models for predicting rivernflood inundation, Journal of Hydrology 268

JEDLIČKA K., MENTLÍK, P., 2002: Hydrologická analýza a výpočet základních morfometrických charakteristik povodí s využitím GIS. Sborník Geoinformatika z XX. sjezdu ČGS v Ústí nad Labem 2002, Ústí nad Labem

KLIMÁNEK M. (2006): Optimalization of digital terrain model for its application in forestry. Journal of forest science Volume 52, No. 5, 2006

MARK O., WEESAKUL S., APIRUMANEKUL C., AROONNET S. B., DJORDJEVIC S. (2004): Potential and limitations of 1D modelling of urban flooding. Journal of Hydrology, vol: 299

PECH P., ROUB R., HEJDUK T., HAVLÍČEK V., MÁČA P. (2011): Syntetická mapa vodního toku a přilehlé inundace CZ 22507 U1. Úřad Průmyslového vlastnictví, Praha

REFSGAARD J. C., STORM B. (1996): Construction, calibration and validation of hydrological models. In: Abbott, M. B., Refsgaard J. C. (1996): Distributed hydrological modelling. Kluwer, Dordrecht

ROUB R., HEJDUK T., NOVÁK P. (2012): Využití dat z tvorby nového výškopisu území České republiky metodou leteckého laserového skenování při analýze a mapování povodňových rizik. Geografický a kartografický obzor, ročník 58/100, 2012, číslo 1

SMITH M. B., KOREN V. I., WELLS E., WANG D., ZHANG Z. (2000): Evaluation of the advantages of the continuous SAC-SMA model over an event API model. 15th Conference on Hydrology 9. 1. – 4. 1. 2000, Long Beach, CA

ŠÍMA J. (2009): Abeceda leteckého laserového skenování. GeoBusiness, ročník 2009, číslo 3

UHLÍŘOVÁ K., NOVÁKOVÁ H. (2011): Využití dat leteckého laserového skenování ve vodním hospodářství – identifikace příčných překážek v korytě vodního toku. Vodní hospodářství ročník 2011, číslo 12

UHLÍŘOVÁ K., ZBOŘIL A. (2009): Možnosti využití laserového skenování povrchu pro vodohospodářské účely. Vodní hospodářství ročník 2009, číslo 12

online zdroje:

CÍL PROJEKTU CORINE LAND COVER. Dostupná na WWW:
<http://www.cenia.cz/_C12572160037AA0F.nsf/showProject?OpenAgent&PID=CPRJ7T3H42O2&cat=goals> [cit. 22.2.2012]

GEOLOGICKÁ MAPA ČESKÉ REPUBLIKY. Dostupná na WWW:
<<http://mapy.geology.cz/website/geoinfo/viewer3.htm>> [cit. 12.2.2012]

LETECKÉ LASEROVÉ SKENOVÁNÍ – LIDAR. Dostupná na WWW:
<<http://www.geodis.cz/sluzby/letecky-laserscanning>>

MAPA KLIMATICKÝCH JEDNOTEK DLE QUITTA. Dostupná na WWW:
<<http://www.ovocnarska-unie.cz/web/web-sispo/klimreg/mapa.html>>
[cit. 12.2.2012]

OFICIÁLNÍ ČESKÉ WEBOVÉ STRÁNKY DHI. Dostupná na WWW:
<<http://www.dhi.cz/index.php>> [cit. 19.3.2012]

STAVY A PRŮTOKY NA VODNÍCH TOCÍCH. Dostupná na WWW.
<<http://www.pvl.cz/portal/sap/cz/index.htm>> [cit. 22.2.2012]

ZÁKLADNÍ BÁZE GEOGRAFICKÝCH DAT ČESKÉ REPUBLIKY – ÚVOD.
Dostupná na WWW.
<[http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(k2oh44qd322kur45wyyryy55\)\)/default.aspx?mode=TextMeta&text=dSady_zabaged&side=zabaged&head_tab=sekce-02-gp&menu=24](http://geoportal.cuzk.cz/(S(k2oh44qd322kur45wyyryy55))/default.aspx?mode=TextMeta&text=dSady_zabaged&side=zabaged&head_tab=sekce-02-gp&menu=24)>
[cit. 16.3.2012]

ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY TOKU KLABAVA A JEHO POVODÍ.
Dostupná na WWW: <<http://www.dibavod.cz/24/charakteristiky-toku-a-povodi-cr.html>> [cit. 12.2.2012]

SEZNAM PŘÍLOH V PŘÍLOHOVÉ ČÁSTI:

- Příloha č. 1 – Kopie evidenčního listu hlásného profilu z monitorovací stanice Hrádek u Rokycan
- Příloha č. 2 – Kopie evidenčního listu operativního profilu z monitorovací stanice Strašice
- Příloha č. 3 – Rozmístění klimatických jednotek v povodí Klabavy dle Quitta
- Příloha č. 4 – Charakteristika klimatických jednotek podle Quitta, které se vyskytují v povodí Klabavy
- Příloha č. 5 – Zastoupení typů půd v povodí Klabavy dle Tomáška (2003)
- Příloha č. 6 – Zastoupení krajinného pokryvu dle Corine Land Cover
- Příloha č. 7 – Podélný profil s hladinou vody pro kulminační průtok Q_{100}
- Příloha č. 8 – Příčný profil se staničením 900 m a se zobrazením plnění profilu pro povodňové scénáře Q_1 , Q_{20} , Q_{50} , Q_{100}
- Příloha č. 9 – Příčný profil se staničením 3600 m a se zobrazením plnění profilu pro povodňové scénáře Q_1 , Q_{20} , Q_{50} , Q_{100}
- Příloha č. 10 – Zobrazení stanovených záplavových čar na celém zájmovém území pro scénář Q_{100} , podklad ortofotomapa dostupná jako WMS služba z webových stránek <http://geoportal.gov.cz/arcgis/services>
- Příloha č. 11 – Zobrazení stanovených záplavových čar na spodní části území pro scénář Q_{100} , podklad ortofotomapa dostupná jako WMS služba z webových stránek <http://geoportal.gov.cz/arcgis/services>
- Příloha č. 12 – Zobrazení stanovených záplavových čar na střední části území pro scénář Q_{100} , podklad ortofotomapa dostupná jako WMS služba z webových stránek <http://geoportal.gov.cz/arcgis/services>
- Příloha č. 13 – Zobrazení stanovených záplavových čar na horní části území pro scénář Q_{100} , podklad ortofotomapa dostupná jako WMS služba z webových stránek <http://geoportal.gov.cz/arcgis/services>

Příloha č. 14 – Zobrazení rastru hloubek v inundačním území pro scénář Q₁₀₀ podklad ortofotomapa dostupná jako WMS služba z webových stránek <http://geoportal.gov.cz/arcgis/services>

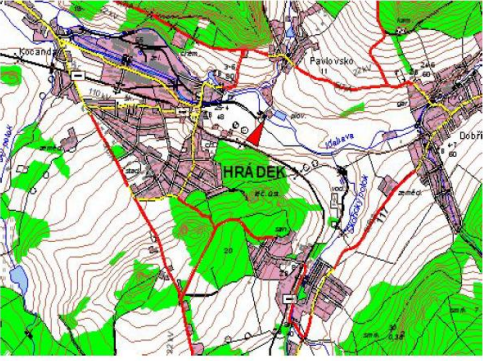
Příloha č. 15 – Zobrazení rastru hloubek ve spodní části inundačního území pro scénář Q₁₀₀, podklad ortofotomapa dostupná jako WMS služba z webových stránek <http://geoportal.gov.cz/arcgis/services>

Příloha č. 16 – Zobrazení rastru hloubek v horní části inundačního území pro scénář Q₁₀₀, podklad ortofotomapa dostupná jako WMS služba z webových stránek <http://geoportal.gov.cz/arcgis/services>

Příloha č. 17 – Zobrazení rastru hloubek v zastavěném území obce Dobřív pro scénář Q₁₀₀ ve vztahu ke KN, jako podklad katastrální mapa dostupná jako WMS služba z webových stránek <http://services.cuzk.cz/wms/wms.asp>

PŘÍLOHOVÁ ČÁST

Příloha č. 1 – Kopie evidenčního listu hlásného profilu z monitorovací stanice
Hrádek u Rokycan

Evidenční list hlásného profilu č.189				Stanice kategorie : A				
Tok :	Klabava	Stanice :	Hrádek					
Kraj :	Plzeňský kraj	ORP :	Rokycany	Obec :	Hrádek			
Provozovatel stanice : ČHMÚ Plzeň								
Centrum automatického sběru dat :								
Staničení :	26,14 [km]	Číslo hydrologického pořadí :	1-11-01-020					
Plocha povodí :	158,45 [km ²]	Zeměpisné souřadnice :	133944 v.d. 494251 s.s.					
Nula vodočtu :	397,17 [m.n.m.] B	Procento plochy povodí toku :	45,0					
Stupně povodňové aktivity :	[cm]	[m ³ .s-1]	Platnost SPA pro úsek toku :					
bdělost	90	11,3	Hrádek - VD Klabava					
pohotovost	120	19,1	Kritické místo :					
ohrožení	150	28,0	Kamenný Újezd, Rokycany					
Průměrný roční stav :	22 [cm]	N-leté průtoky :	Q1	Q5	Q10	Q50	Q100	
Průměrný roční průtok :	1,14 [m ³ s-1]	[m ³ s-1]	16,5	42,7	58,3	104	129	
Odesílatel zpráv :	MěÚ Hrádek		Četnost hlášení SPA :	I. 1 x denně				
				II. 4 x denně				
				III. 3hodinové hlášení				
Odesílatel podá zprávu :	MěÚ Rokycany		Spojení na adresáta :	371709547, 737718520, 737901406		Příjemce dále vyrozumí :		
						KrÚ Plzeňského kraje		
	OÚ Kamenný Újezd					OPIS HZS Rokycany, Magistrát města Plzně		
Nejvyšší zaznamenané vodní stavy :			Mapa v měřítku 1:50 000 :					
[cm]	V. - XI.	[cm]	XII. - IV.					
300	12.08.2002	133	13.02.2005					
243	28.05.2006	102	18.04.2009					
200	08.08.2002							
131	03.06.2010							
Popis umístění profilu :								
lávka pod koupalištěm, levý břeh								
			189	[AKTUALIZACE : září 2011]				
<small>©Český hydrometeorologický ústav, Hlásná a předpovědní povodňová služba. Applikace byla vyrobena firmou Hydrossoft Velešlavín s.r.o.</small>								

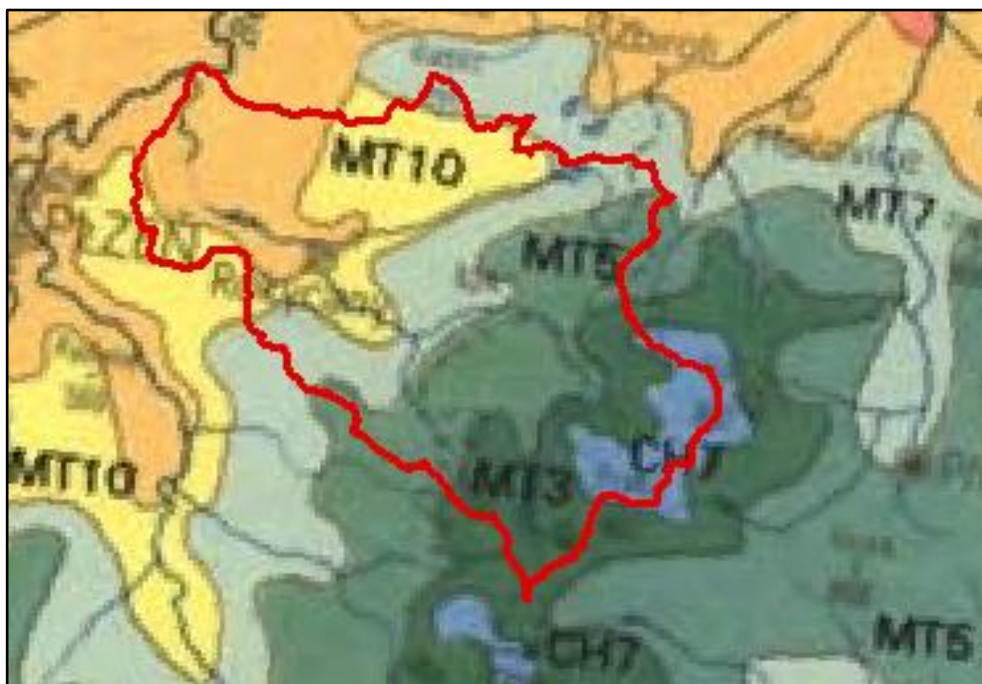
Zdroj: www.chmu.cz

Příloha č. 2 – Kopie evidenčního listu operativního profilu z monitorovací stanice
Strašice

Evidenční list operativního profilu					
Tok: Klabava		Stanice: Strašice			
Kraj: Plzeňský kraj		ORP: Rokycany		Obec: Strašice	
Provozovatel stanice: MěÚ Rokycany					
Centrum automatického sběru dat: RPP ČHMÚ Plzeň					
Staničení: [km]		Číslo hydrologického pořadí: 1-11-01-010			
Plocha povodí: 73.24 [km ²]		Zeměpisné souřadnice: 134541 v.d. 494330 s.š.			
Nula vodočtu: [m.n.m.] B		Procento plochy povodí toku:			
Stupně povodňové aktivity: [cm] [m ³ .s ⁻¹]					
sucho					
bdělost	95	6.97			
pohotovost	120	10.9			
ohrožení	150	17.7			
extrémní ohrožení	246	55.9			
Průměrný roční stav [cm]		N-leté průtoky [m ³ .s ⁻¹]	Q ₁	Q ₅	Q ₁₀
Průměrný roční průtok [m ³ .s ⁻¹]			8.98	23.2	31.7
			56.6	70.2	
Nejvyšší zaznamenané vodní stavy [cm]	V. - XI.	[cm]	XII. - IV.	Mapa v měřítku 1:50 000 :	
				<div style="border: 1px solid gray; padding: 20px; text-align: center;"> <p>Mapa není k dispozici.</p> </div>	
Popis umístění profilu					


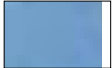

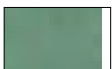

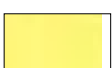

Zdroj: www.chmu.cz

Příloha č. 3 – Rozmístění klimatických jednotek v povodí Klabavy dle Quitta



Zdroj: <http://www.ovocnarska-unie.cz/web/web-sispo/klimreg/mapa.html>

Legenda:

	.....	Hranice povodí
	.....	CH7
	.....	MT3
	.....	MT5
	.....	MT7
	.....	MT10
	.....	MT11

Příloha č. 4 – Charakteristika klimatických jednotek podle Quitta, které se vyskytují v povodí Klabavy

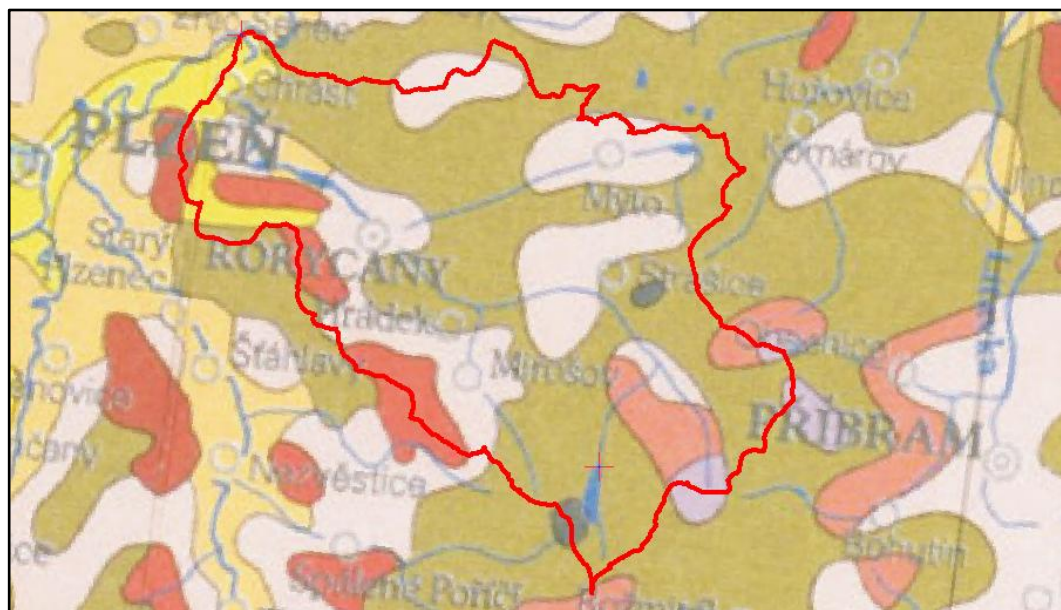
	CHLADNÁ	MÍRNĚ TEPLÁ				
	CH7	MT3	MT5	MT7	MT10	MT11
LetD	10 - 30	20 - 30	30 - 40	30 - 40	40 - 50	40 - 50
HVO	120 - 140	120 - 140	140 - 160	140 - 160	140 - 160	140 - 160
MD	140 - 160	130 - 160	130 - 140	110 - 130	110 - 130	110 - 130
LD	50 - 60	40 - 50	40 - 50	40 - 50	30 - 40	30 - 40
°C I	-3 - -4	-3 - -4	-4 - -5	-2 - -3	-2 - -3	-2 - -3
°C IV	4 - 6	6 - 7	6 - 7	6 - 7	7 - 8	7 - 8
°C VII	15 - 16	16 - 17	16 - 17	16 - 17	17 - 18	17 - 18
°C X	6 - 7	6 - 7	6 - 7	7 - 8	7 - 8	7 - 8
s ³ 1mm	120 - 130	110 - 120	100 - 120	100 - 120	100 - 120	90 - 100
s VO	500 - 600	350 - 450	350 - 450	400 - 450	400 - 450	350 - 400
s VZ	350 - 400	250 - 300	250 - 300	250 - 300	200 - 250	200 - 250
sp	100 - 120	60 - 100	60 - 100	60 - 80	50 - 60	50 - 60
o > 0,8	150 - 160	120 - 150	120 - 150	120 - 150	120 - 150	120 - 150
0 < 0,2	40 - 50	40 - 50	50 - 60	40 - 50	40 - 50	40 - 50

Zdroj: Quitt 1971

Legenda:



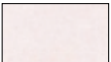



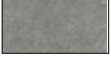

LetD	.....	Počet letní dní
HVO	.....	Počet dní s teplotou alespoň 10°C
MD	.....	Počet mrazových dní
LD	.....	Počet ledových dní
°C I	.....	Průměrná teplota v lednu
°C IV	.....	Průměrná teplota v dubnu
°C VII	.....	Průměrná teplota v červenci
°C X	.....	Průměrná teplota v říjnu
s ³ 1mm	.....	Počet dnů se srážkami alespoň 1mm
s VO	.....	Srážkový úhrn ve vegetačním období
s VZ	.....	Srážkový úhrn v zimním období
sp	.....	Počet dnů se sněhovou pokrývkou
o > 0,8	.....	Počet dní jasných
0 < 0,2	.....	Počet dní zatažených

Příloha č. 5 – Zastoupení typů půd v povodí Klabavy dle Tomáška (2003)

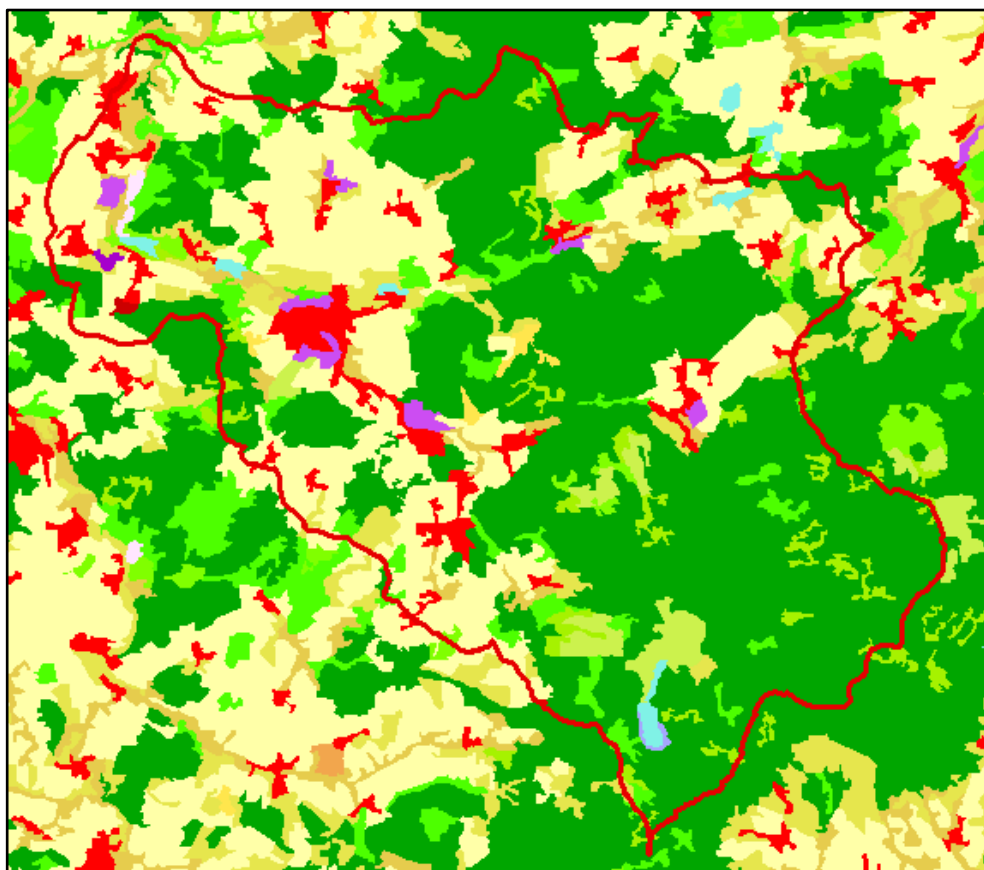


Zdroj: Tomášek 2003

Legenda:









	.....	Hranice povodí
	.....	Pseudogleje s hnědými půdami oglejenými
	.....	Hnědé půdy kyselé
	.....	Hnědé půdy silně kyselé
	.....	Illimerizované půdy s illimerizovanými půdami oglejeným
	.....	Hnědé půdy podzoly na terasových uloženíích
	.....	Rašeliništní půdy
	.....	Hnědé půdy se surovými půdami

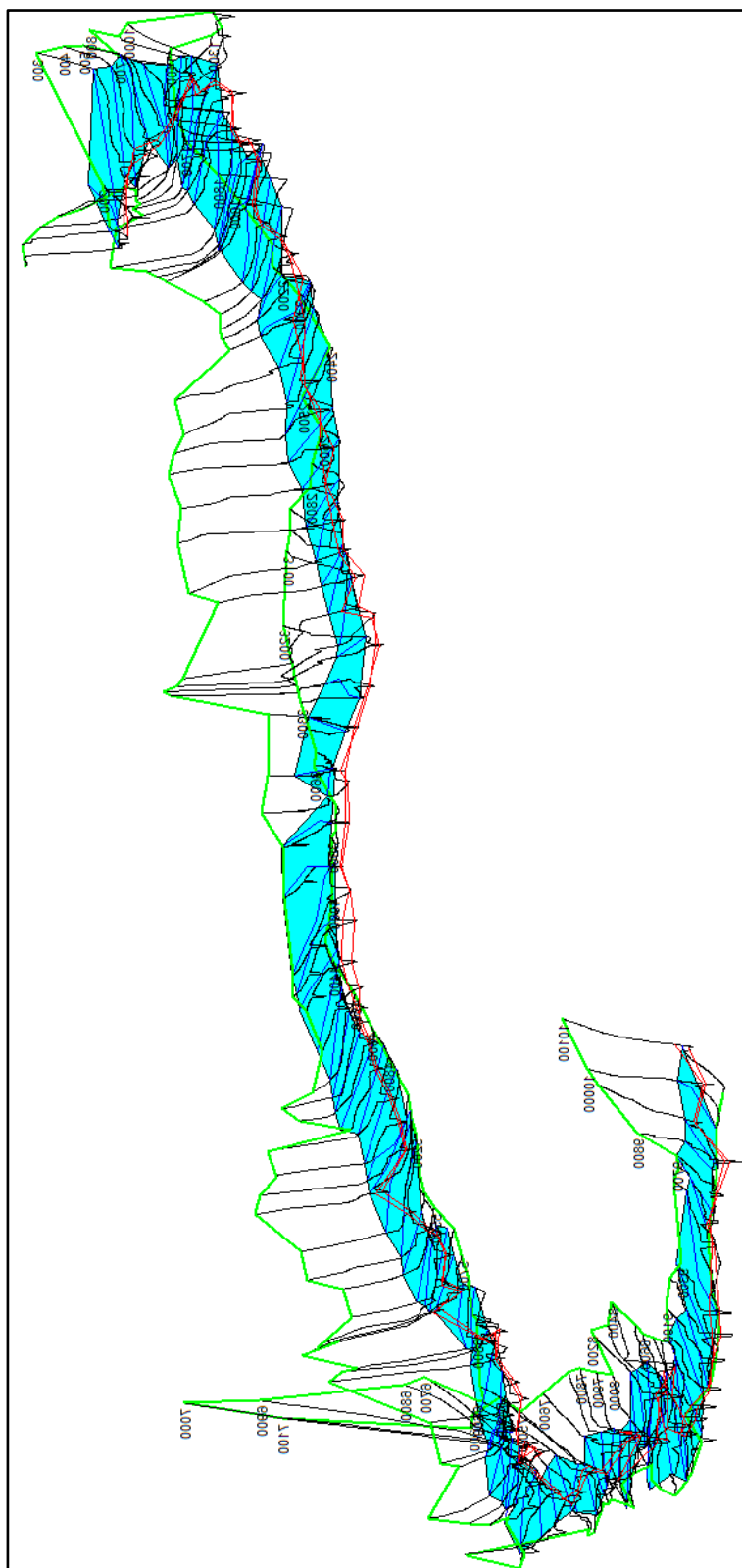
Příloha č. 6 – Zastoupení krajinného pokryvu dle Corine Land Cover



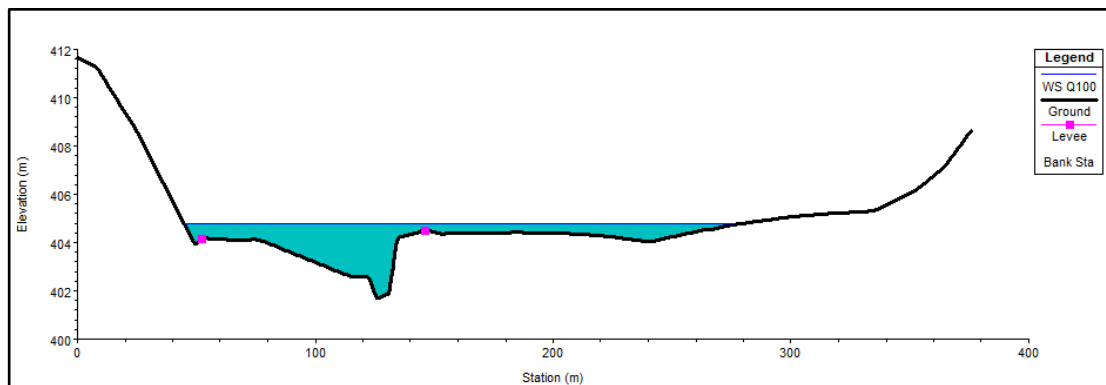
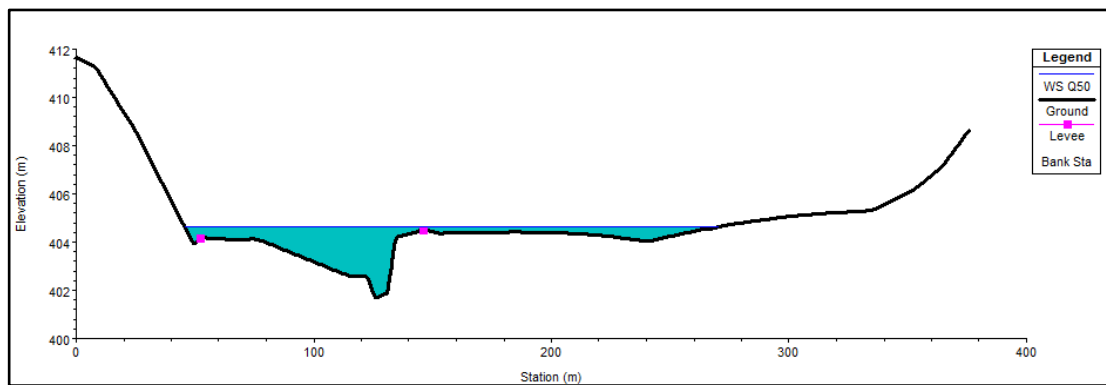
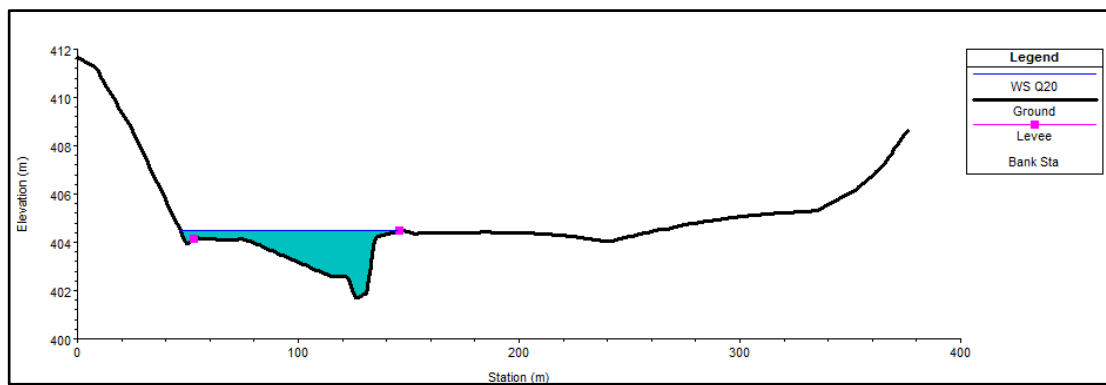
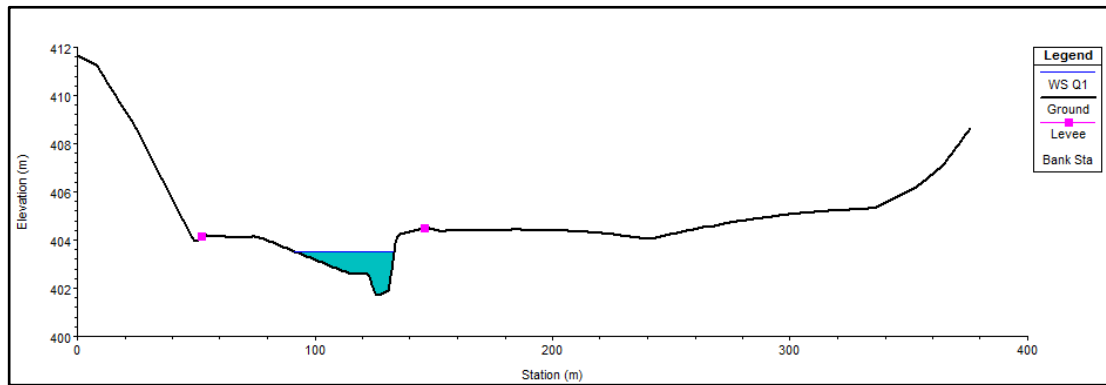
Zdroj: www.geoportal.gov.cz

Legenda nejvíce zastoupených ploch krajinného pokryvu v povodí Klabavy:

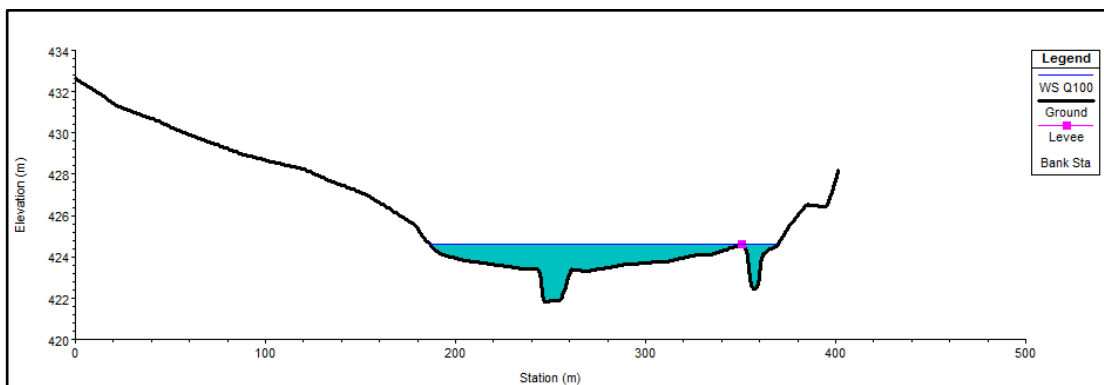
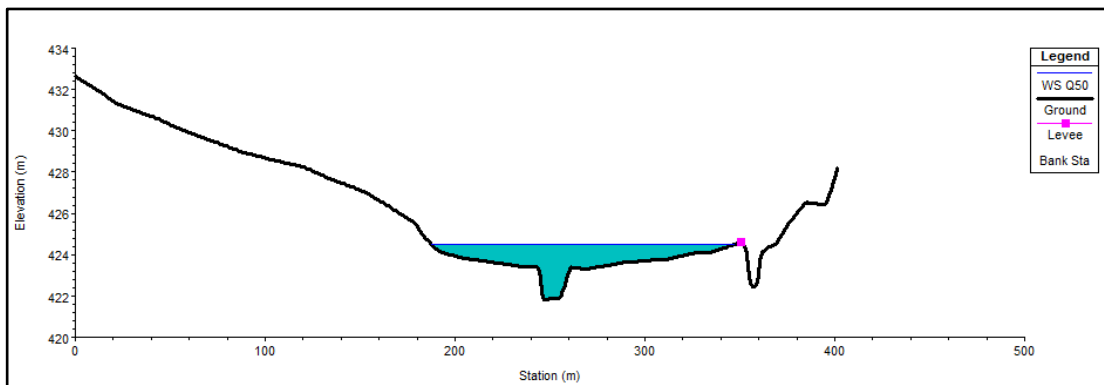
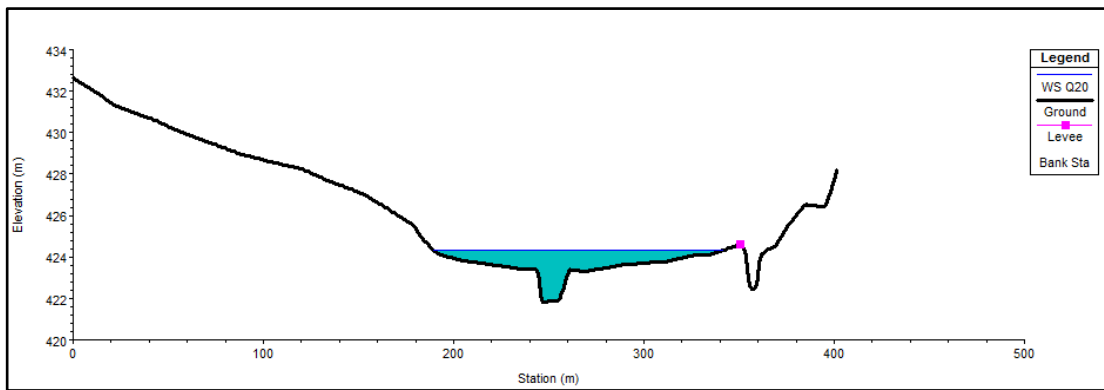
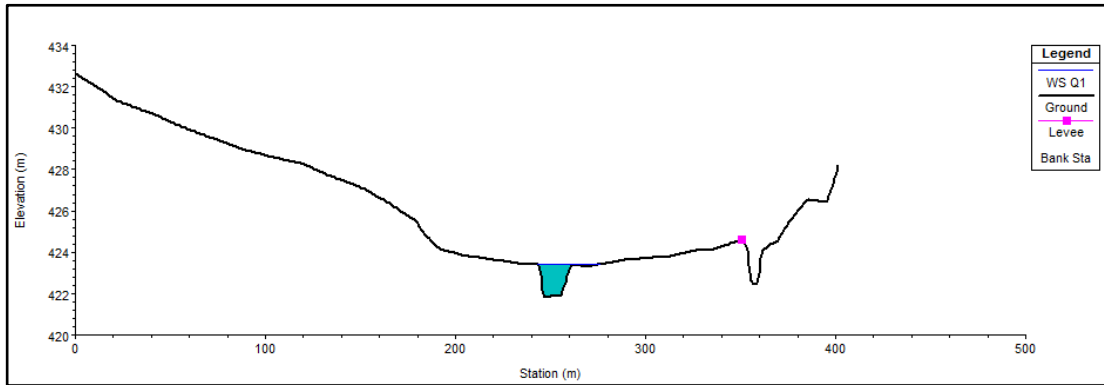
	.....	Hranice povodí
	.....	Jehličnaté lesy
	.....	Smíšené lesy
	.....	Průmyslové a obchodní areály
	.....	Nesouvislá městská zástavba
	.....	Nezavlažovaná orná půda
	.....	Louky a pastviny
	.....	Vodní plochy

Příloha č. 7 – Podélný profil s hladinou vody pro kulminační průtok Q_{100} 

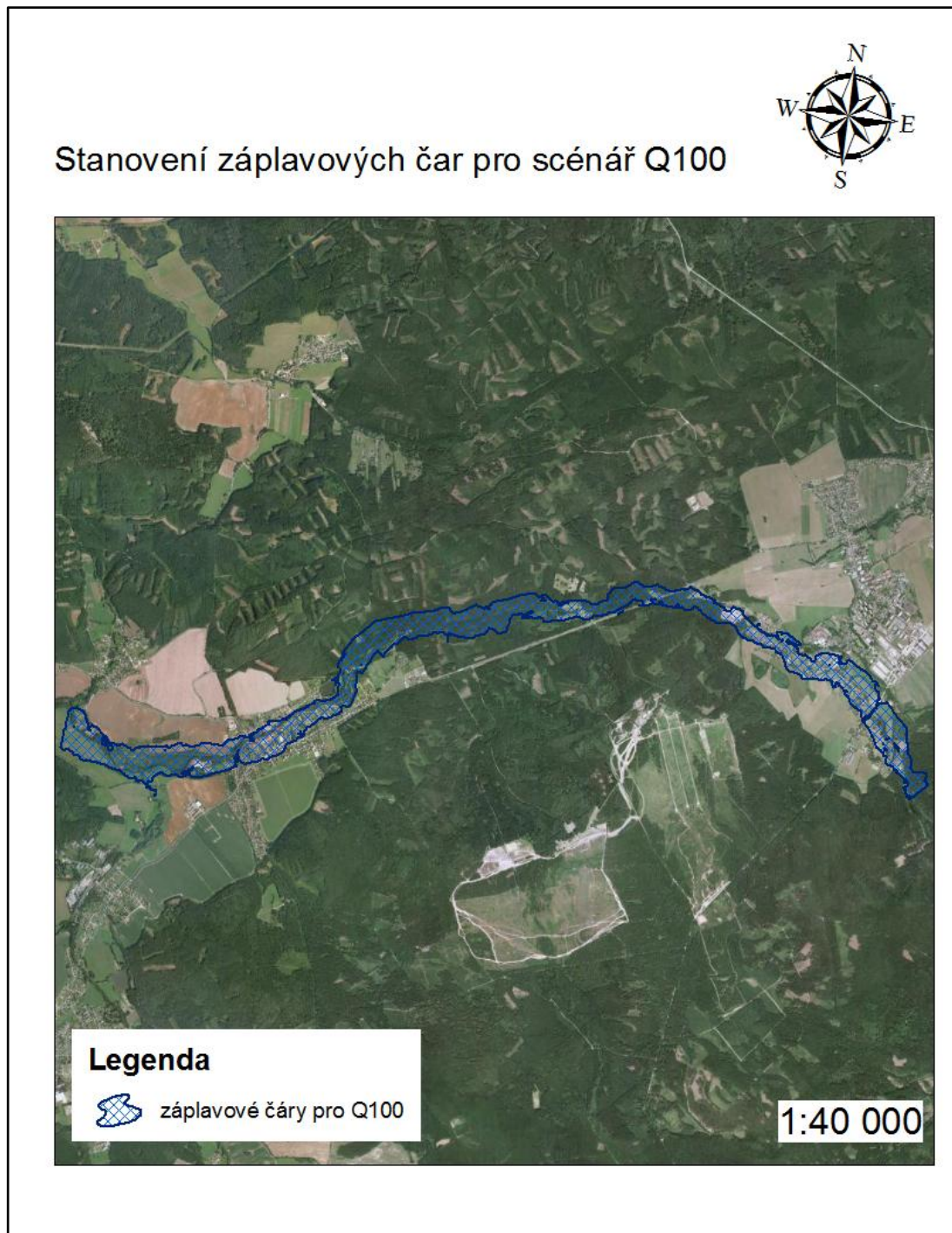
Příloha č. 8 – Příčný profil se staničením 900 m a se zobrazením plnění profilu pro povodňové scénáře Q_1 , Q_{20} , Q_{50} , Q_{100}



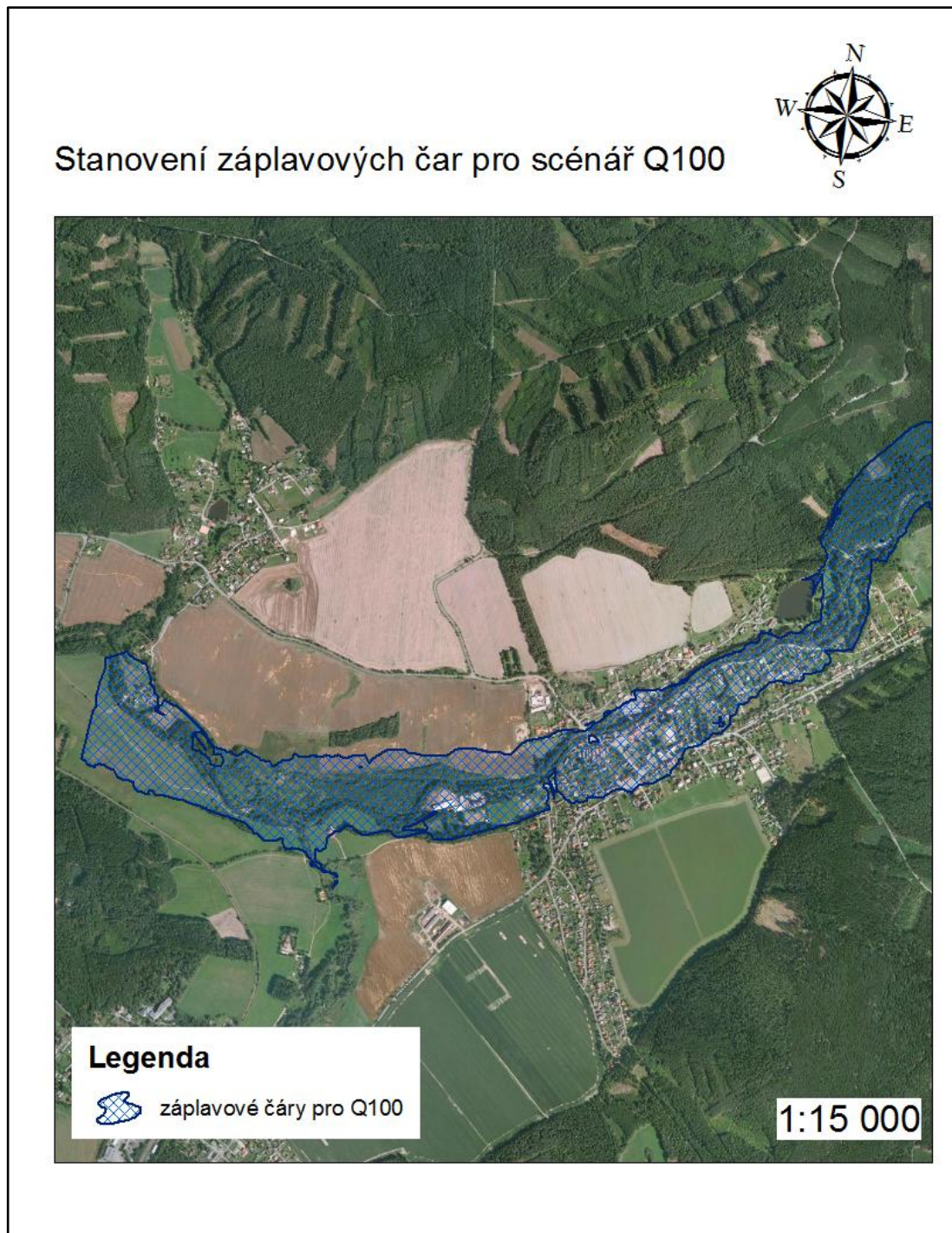
Příloha č. 9 – Příčný profil se staničením 3600 m a se zobrazením plnění profilu pro povodňové scénáře Q_1 , Q_{20} , Q_{50} , Q_{100}



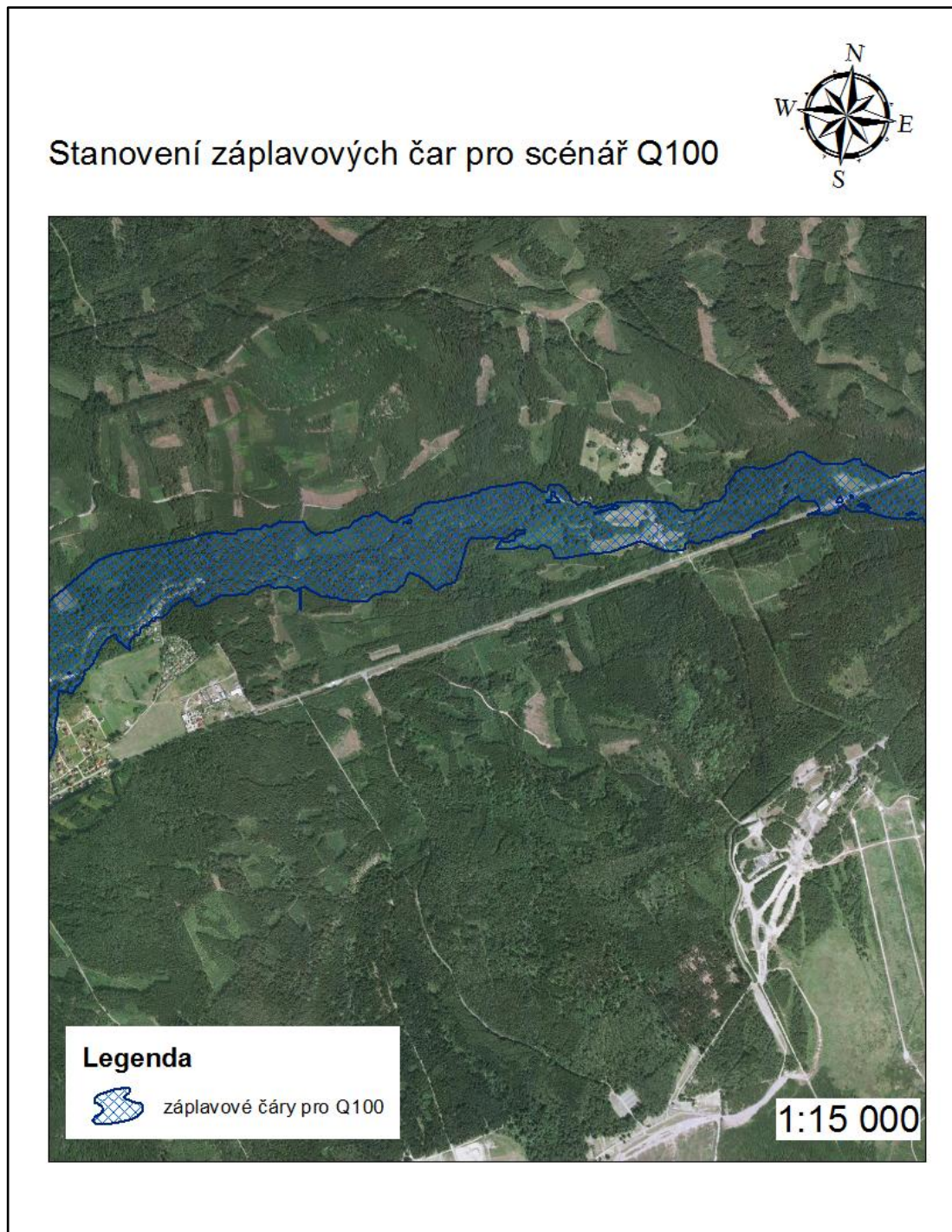
Příloha č. 10 – Zobrazení stanovených záplavových čar na celém zájmovém území pro scénář Q₁₀₀, podklad ortofotomapa dostupná jako WMS služba z webových stránek <http://geoportal.gov.cz/arcgis/services>



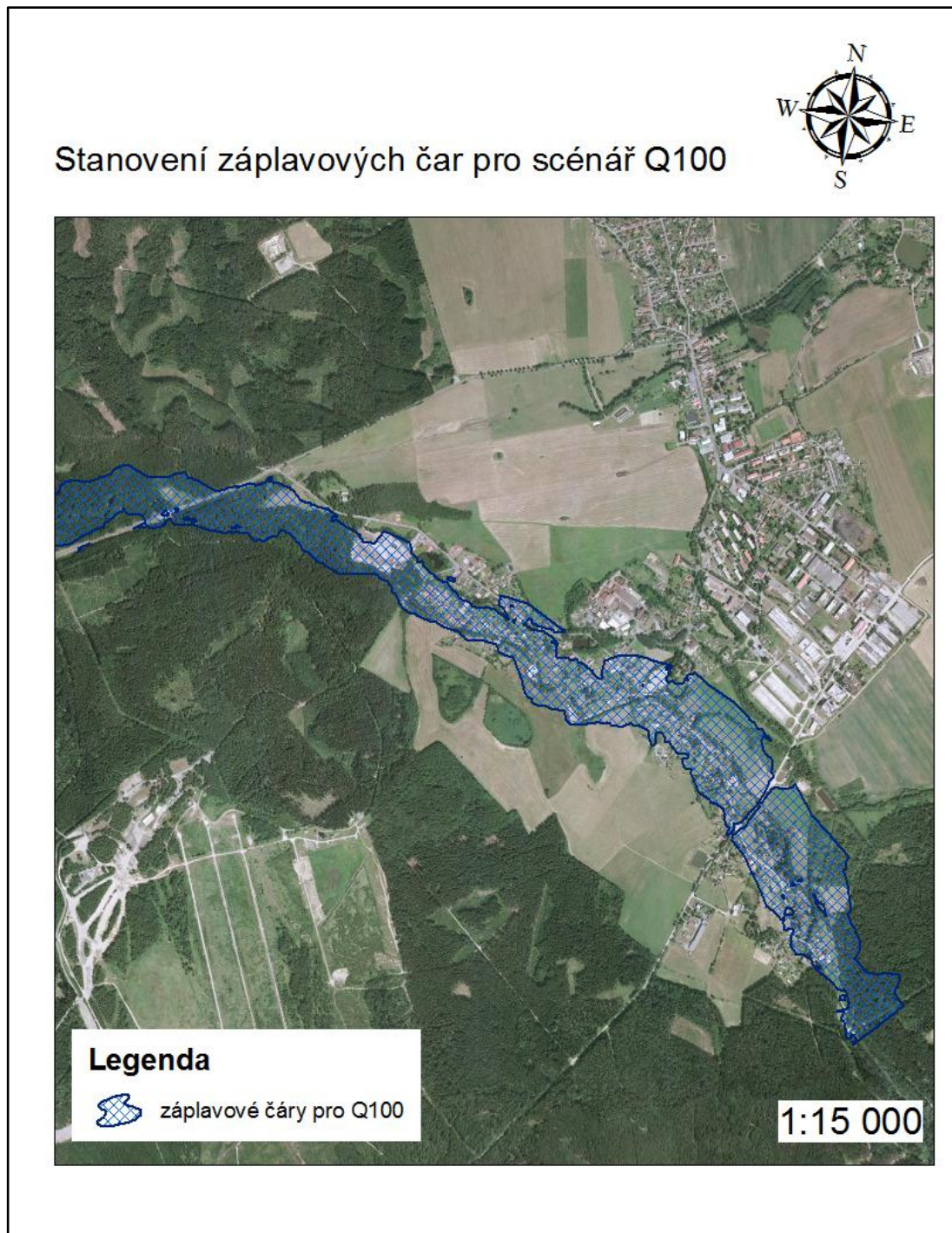
Příloha č. 11 – Zobrazení stanovených záplavových čar na spodní části území pro scénář Q_{100} , podklad ortofotomapa dostupná jako WMS služba z webových stránek <http://geoportal.gov.cz/arcgis/services>



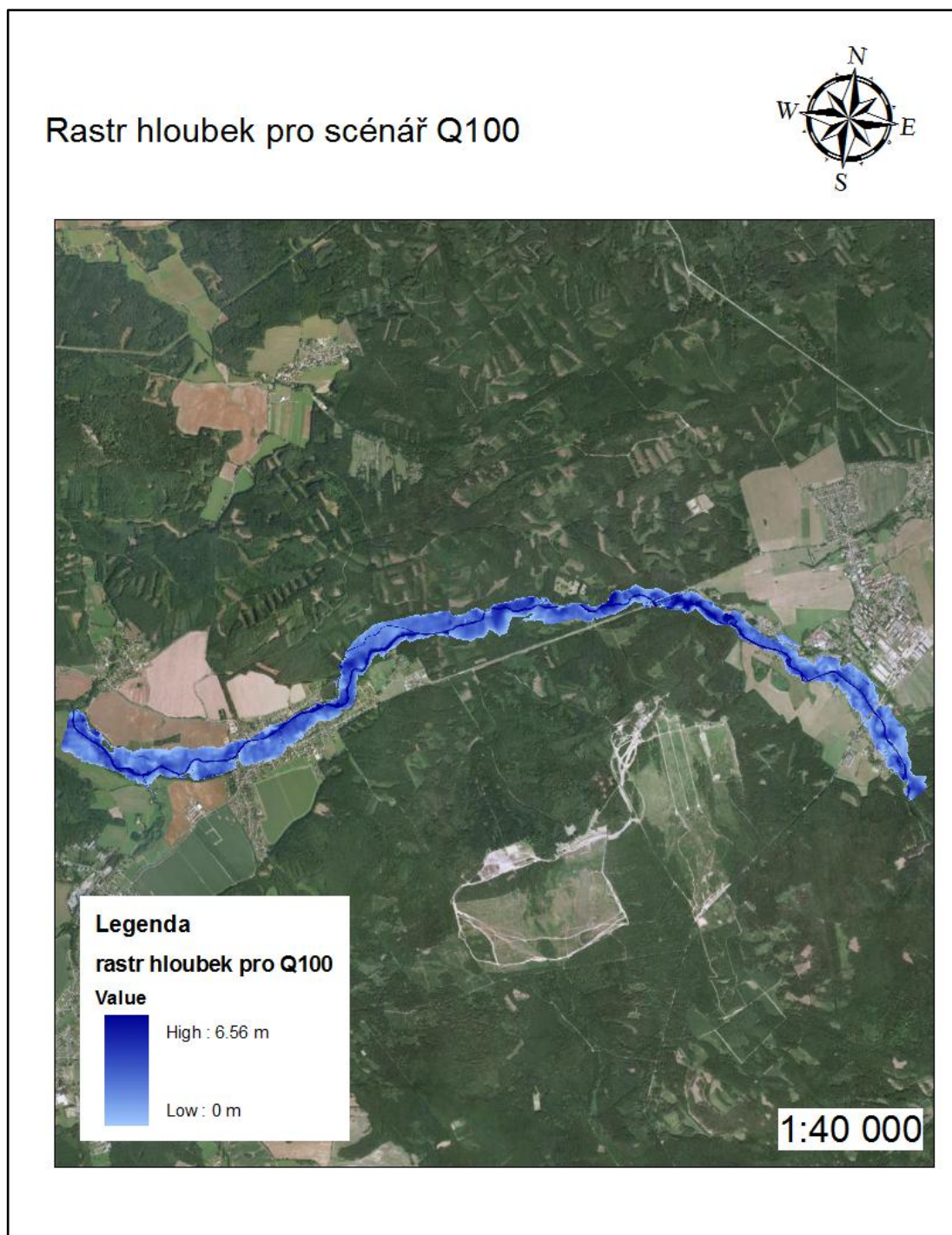
Příloha č. 12 – Zobrazení stanovených záplavových čar na střední části území pro scénář Q_{100} , podklad ortofotomapa dostupná jako WMS služba z webových stránek <http://geoportal.gov.cz/arcgis/services>



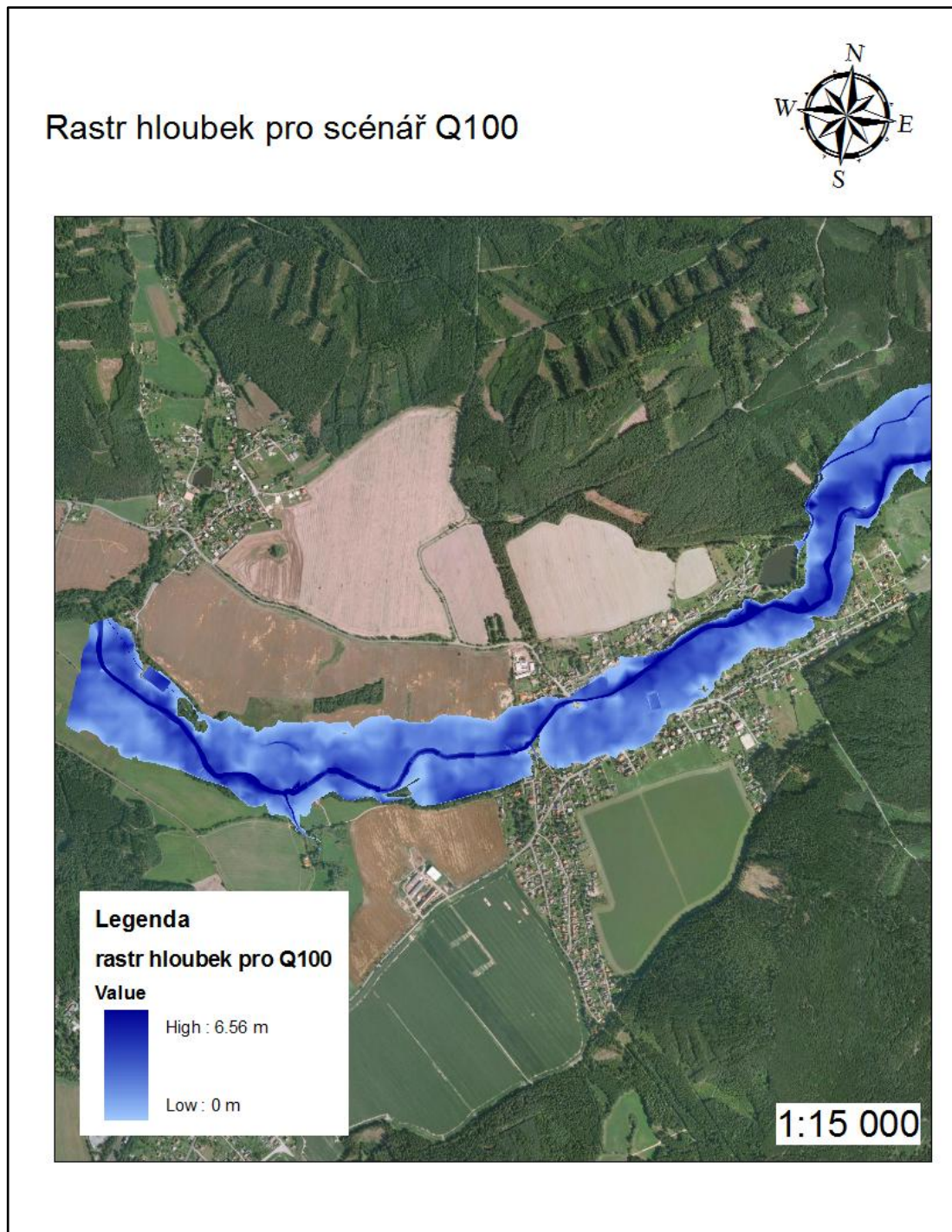
Příloha č. 13 – Zobrazení stanovených záplavových čar na horní části území pro scénář Q_{100} , podklad ortofotomapa dostupná jako WMS služba z webových stránek <http://geoportal.gov.cz/arcgis/services>



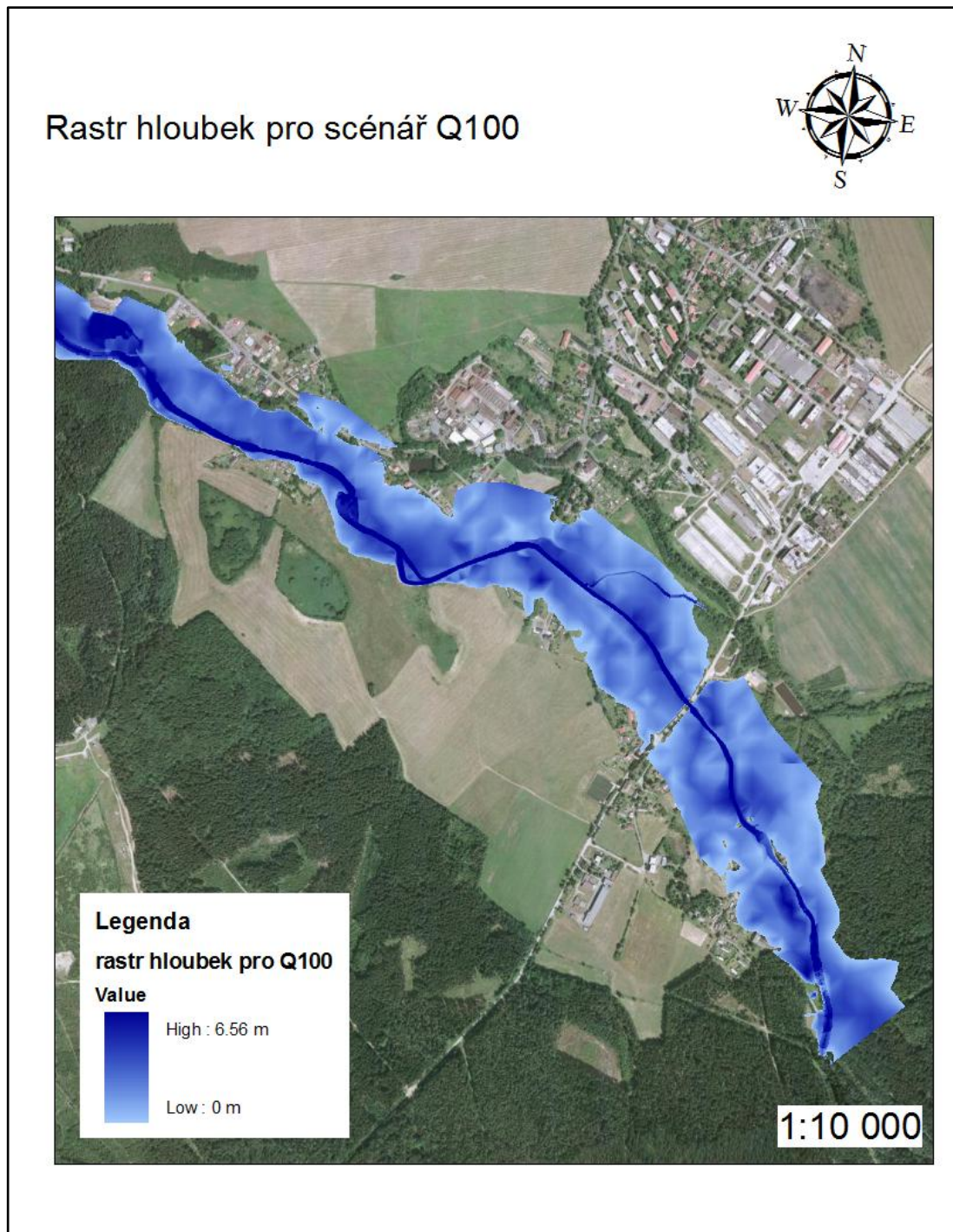
Příloha č. 14 – Zobrazení rastru hloubek v inundačním území pro scénář Q₁₀₀
podklad ortofotomapa dostupná jako WMS služba z webových stránek
<http://geoportal.gov.cz/arcgis/services>



Příloha č. 15 – Zobrazení rastru hloubek ve spodní části inundačního území pro scénář Q_{100} , podklad ortofotomapa dostupná jako WMS služba z webových stránek <http://geoportal.gov.cz/arcgis/services>



Příloha č. 16 – Zobrazení rastru hloubek v horní části inundačního území pro scénář Q_{100} , podklad ortofotomapa dostupná jako WMS služba z webových stránek <http://geoportal.gov.cz/arcgis/services>



Příloha č. 17 – Zobrazení rastru hloubek v zastavěném území obce Dobřív pro scénář Q₁₀₀ ve vztahu ke KN, jako podklad katastrální mapa dostupná jako WMS služba z webových stránek <http://services.cuzk.cz/wms/wms.asp>

