

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životní prostředí

**Katedra vodního hospodářství a environmentálního
modelování**



Diplomová práce

*Určení záplavového území a posouzení vodohospodářských objektů na
vybraném úseku vodního toku na podkladě DMR 5. generace*

Vedoucí práce: Ing. Radek Roub, Ph.D.

Diplomant: Bc. Pavlína Čápková

© 2016 ČZU v Praze

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Pavλίna Čáková

Voda v krajině

Název práce

Určení záplavového území a hydrotechnické posouzení objektů na vybraném úseku vodního toku Mastník na podkladě DMR 5. generace

Název anglicky

Determination of floodplains and hydrotechnical assessment of Mastník water flow based on the DMR 5G data

Cíle práce

Vytvoření modelu terénu na podkladě DMR 5.generace.

Sestavení hydrodynamického modelu.

Posouzení vodohospodářských objektů na vybraném úseku vodního toku.

Stanovení záplavových území pro N-leté průtoky.

Metodika

1.Úvod

2.Cíle práce

3.Literární rešerše: povodně, matematické modely v hydrologii, HEC-RAS, objekty na vodních tocích

4.Charakteristika vodního toku Mastník a popis vybraného úseku

5.Vytvoření hydrodynamického modelu

6.Vyhodnocení výstupů

7.Závěr

8.Seznam použité literatury

Doporučený rozsah práce

cca 60 stran + grafické přílohy

Klíčová slova

povodně, objekty na vodních tocích, LLS, HEC-RAS, příčný profil, CroSolver, záplavové území

Doporučené zdroje informací

BROŽA, V.; ČIHÁK, F. a SATRAPA, L.: Hydrotechnické stavby. První vydání. Praha : Český svaz stavebních inženýrů, 1998. ISBN 80-902460-5-2.

GARY W. BRUNNER, CEIWR-HEC; HEC-RAS River Analysis System User's Manual Version 4.1, 2010; 790 s.

NOVÁK, P. a kol.: Využití hydrologického měření při schematizaci koryt vodních toků pro potřeby hydrodynamických modelů na podkladě dat leteckého laserového skenování; VÚMOP, v.v.i, 2015. 54 s

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Radek Roub, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 11. 4. 2016

prof. Ing. Pavel Pech, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 11. 4. 2016

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 18. 04. 2016

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením Ing. Radka Roubu, Ph.D. a všechny literární zdroje a prameny, ze kterých jsem čerpala, uvedla v závěru práce.

V Praze dne 14. 2. 2016

.....

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu práce Ing. Radku Roubovi, Ph.D. za odbornou pomoc, ochotu a cenné rady při zpracování této diplomové práce. Dále mé poděkování patří Ing. Ludku Burešovi za praktické rady při práci v programu ArcGIS a HEC-RAS, panu Martinu Pávovi z Povodí Vltavy za poskytnutí dat vodního toku Mastník, mému příteli a rodině za podporu, kterou mi věnovali.

Abstrakt

Tato práce se zabývá vodním tokem Mastník. Zaměřuje se na stanovení záplavových území pro několik N-letých průtoků (Q_5 , Q_{10} , Q_{50} , Q_{100}) a hydrotechnické posouzení jednotlivých objektů. Vybraný úsek se nachází na katastrálním území města Sedlčany ve Středočeském kraji. Je dlouhý 1,973 kilometru a nachází se na něm 5 vodohospodářských objektů zasahujících do průtočného profilu toku.

Podkladová data pro tuto práci byla získána od Českého zeměměřického úřadu. Jedná se o digitální model reliéfu 5. generace, který vznikl pomocí leteckého laserového skenování. Laserové paprsky nedokáží proniknout vodní hladinou a zaznamenat tak tvar koryta toku. K zahloubení koryta byl tedy využit nástroj CroSolver. Poté byl v programu HEC-RAS vytvořen hydrodynamický model.

Z výsledků hydrodynamického modelu byl vyhodnocen hydrotechnický stav objektů.

Výstupní data (body definující rozliv vody do okolí) byla následně vložena do programu ArcMap. Zde se pro jednotlivé N-leté průtoky vynesly záplavové čáry a z nich záplavová území.

Klíčová slova:

Povodně, objekty na vodních tocích, letecké laserové skenování, HEC-RAS, CroSolver, DMR 5. generace, příčný profil

Abstract

This work engages in the watercourse called Mastník. It focuses on the determination of flooded areas for couple of series (Q_5 , Q_{10} , Q_{50} , Q_{100}) and hydro-technical assessment of particular objects. The chosen section is situated on cadastral area of town Sedlčany in the Central Bohemia region. Its length is 1.973 kms and there is located 5 water management objects reaching to the flow profile of the watercourse.

The data for this dissertation has been gained by the Czech State Administration of Land Surveying and Cadaster. It is about the digital relief of the 5th generation of aerial laser scanning. The laser rays are not capable of penetration the water surface, and thus describe the shape of the water source's bed. So the tool called CroSolver was used to dig the water-source's bed. Then the hydrodynamic model has been created in program called HEC-RAS.

From the results of hydrodynamic model then was evaluated the real water-technical state of the object.

The outgoing data (dots defining the flood range to the surroundings) was after then inserted to the program ArcMap. Here the flood lines and from them the flood zones were created based on the particular series of the flows.

Keywords:

Floods objects on rivers, aerial laser scanning, HEC-RAS, CroSolver, DMR 5th generation, cross profile

Obsah

1	Úvod	10
2	Cíle práce.....	11
3	Literární rešerše	12
3.1	Povodně.....	12
3.1.1	Základní pojmy	12
3.2	Matematické modely v hydrologii.....	15
3.3	Modelování v programu HEC-RAS.....	16
3.3.1	Popis modelu.....	17
3.4	CroSolver	18
3.5	Digitální model reliéfu	19
3.5.1	Způsoby získávání potřebných dat pro tvorbu DMR	20
3.6	Objekty na vodních tocích	23
3.6.1	Plavební komory.....	23
3.6.2	Lodní zdvihadla.....	23
3.6.3	Přístavy a překladiště	24
3.6.4	Příčné objekty.....	24
3.6.5	Spádové objekty	25
3.6.6	Přístupové objekty	27
3.6.7	Přehrážky.....	28
3.6.8	Vzdouvací vodní díla.....	29
3.6.9	Soustředovací stavby	34
3.6.10	Mosty	35
3.6.11	Propustky	35

4	Metodika	36
4.1	Mastník.....	36
4.1.1	Obecné informace.....	36
4.1.2	Charakteristika toku	36
4.2	Řešené území:	40
4.2.1	Obecné informace.....	40
4.2.2	Použité podklady	41
4.2.3	Vodohospodářské objekty:	42
4.2.4	Vytvoření digitálního modelu TIN v programu ArcGIS.....	47
4.2.5	Zahloubení koryta nástrojem CroSolver Toolbox	48
4.2.6	Zhotovení hydrodynamického modelu v programu HEC-RAS	54
4.2.7	Výpočet hladin velkých vod	57
4.3	Vykreslení záplavového území	58
5	Výsledky	59
5.1	Posouzení záplavového území jednotlivých N-letých průtoků	59
5.2	Hydrotechnické posouzení jednotlivých objektů	61
6	Závěr.....	64
7	Použitá literatura.....	65
	Příloha 1	I
	Příloha 2	II
	Příloha 3	III
	Příloha 4	IV
	Příloha 5	V

1 Úvod

Vlivem velkého úhrnu a intenzity srážek jsme v posledních 20 letech byli svědky hned několika velkých povodní. Ty za sebou nezanechaly pouze škody dosahující několika miliard, ale například v roce 1997 v důsledku povodně zahynulo 49 osob.

Pro zajištění vyšší ochrany se tak sestavují různé typy modelů simulací průběh N-letých průtoků krajinou. Výstupní data těchto simulací mohou být poté využita například pro stanovení záplavových území. Kvalitu hydrodynamických modelů ovlivňují především vstupní data. Nejpresnější bývají data z geodetického zaměření. Časová náročnost jeho provedení tak otevírá cestu pro využití i dalších metod. Ty ale bohužel nedosahují takové přesnosti. Řadíme mezi ně například fotogrammetrii, letecké laserové skenování (LLS) či jejich kombinaci.

(Novák et al., 2011)

Pro vodohospodářské účely se jako nejvhodnější v České republice jeví digitální model reliéfu 5. generace. Laserový paprsek nepronikne vodním prostředím a je pohlcen. Pro přesnější výstupy je tedy nutné provedení zahloubení koryta. Za tímto účelem byl na Fakultě životního prostředí České zemědělské univerzity v Praze vyvinut software CroSolver a CroSolver for ArcGIS

(Roub et al., 2015)

V současné době bylo vyvinuto hned několik programů sloužících pro modelování povodňových stavů. V této práci je využit program HEC-RAS. Využívá se pro vytváření hydrodynamických modelů.

2 Cíle práce

Cílem této diplomové práce je sestavení 1D hydrodynamického modelu na úseku vodního toku Mastník. Vstupními daty je digitální model 5. generace. Zpracování dat proběhne v programu ArcGIS a HEC-RAS. Pro zmírnění chyby, vzniklé pohlcením laserového paprsku vodní masou, je využito nástroje CroSolver for ArcGIS. Ten umožní zahloubení koryta. Výsledkem modelování v programu HEC-RAS bude stanovení záplavových čar a zároveň posouzení jednotlivých objektů na daném toku, které mají vliv na průchod povodňových stavů.

3 Literární řešerše

3.1 Povodně

Vznikají výrazným zvýšením hladiny v tocích a jiných povrchových vod vlivem působení přírodních jevů nebo poruchy vodohospodářského objektu. Dochází k vyběžení vody z koryta a dochází tak ke vzniku škod na majetku i na okolní krajině a v neposlední řadě k ohrožení životů. Povodně se mohou vyskytnout z různých příčin. Mezi ty přirozené patří především dešťové srážky, tání sněhu, ledové kry. Povodně však mohou být způsobeny i poruchou či havárií vodního díla, jejímž následkem může dojít k protržení.

Přirozené povodně lze rozdělit do 3 typů.

- Jarní povodně – tání sněhu způsobí povodňovou vlnu, která má obvykle velký objem, avšak delší dobu trvání. Vlna má tak plošší tvar.
- Letní povodně – způsobené dešti o delší době trvání, v řádu desítek hodin až dnů. V závislosti na dešťových srážkách může mít povodňová vlna hned několik kulminačních vrcholů (největší vrcholový průtok u průtokové vlny) a bývá strmější než povodňová vlna při jarních povodních.
- Bleskové povodně – vyznačují se rychlým strmým průběhem. Vyvolávají je srážky o velké intenzitě. Dochází k bleskovému zvyšování vodního stavu. Doba trvání průměrně kolem 5-10 hodin.

(Langhammer, 2007)

3.1.1 Základní pojmy

záplavová čára - křivka odpovídající průsečnici hladiny vody se zemským povrchem při zaplavení území povodní

záplavové území - území vymezené záplavovou čarou

aktivní zóna záplavového území – odvádí při povodni rozhodující část celkového průtoku. Při povodni je v této zóně bezprostředně ohrožen život, zdraví a majetek lidí.

N-letý průtok – průtok, který je dosažen nebo překročen v dlouhodobém průměru jednou za N-let. Např. 100 - letý průtok (Q_{100}) bude průměrně dosažen nebo překročen jednou za 100 let.

inundační území – území přilehlé k vodnímu toku, které je zaplavováno při průtocích přesahujících kapacitu koryta vodního toku.

(Předpis č. 236/2002 Sb.)

Stupně povodňové aktivity

Povodňová komise vyhláší stupně povodňové aktivity k dílčím hlásným profilům. Úrovně jednotlivých stupňů se ve většině případů vyjadřují v centimetrech vodního stavu.

Rozděluje:

1. Stupeň povodňové aktivity – stav bdělosti, množství vody protékající korytem má nadprůměrné hodnoty, zůstává však ještě v korytě. Zahájení činnosti hlídkové a hlásné služby. Probíhá kontrola propustků a okolí toku.
2. Stupeň povodňové aktivity – stav pohotovosti, dochází k vyběžení vody do sousedního území toku. V tomto okamžiku se zaplavují okolní louky, lesy, pastviny a ostatní vegetace. Při dosažení úrovně 2. stupně je dle Vodního zákona č. 254/2001 Sb. již daná situace oficiálně považována za povodeň. Dojde ke svolání povodňových orgánů. Ty nadále postupují dle povodňových plánů, aby dopad povodní byl pokud možno co nejvíce eliminován.
3. Stupeň povodňové aktivity – stav ohrožení, dochází k bezprostřednímu nebezpečí vzniku škod velkého rozsahu, škod na majetku, ohrožení životů. Stejně jako u druhého stupně se postupuje dle povodňových plánů.

Záplavové území

Jedná se o administrativně určená území, jež v důsledku přirozené povodně mohou být zaplavena vodou. Z podnětu správce vodního toku je vodoprávní úřad povinen stanovit rozsah tohoto území. Rovněž musí zabezpečit zpřístupnění souvisejících dokumentů pro občany. Kopii rovněž dostává i Ministerstvo životního prostředí, které zajišťuje jejich zaznamenání do informačního systému veřejné správy. Vymezí aktivního pásma záplavového území dle nebezpečnosti povodňových průtoků. Jejichž úkolem je předcházet a snižovat škody způsobené povodněmi. V těchto zónách se smí provádět výstavba pouze vodních děl, sloužících k úpravě vodního toku. Mezi ně patří například výstavba objektů pro převedení povodňových průtoků, opatření na ochranu proti povodním, stavby pro jímání vody, odvedení odpadních a srážkových vod či potřebná dopravní a technická infrastruktura. Zákaz platí pro těžbu nerostů a zemin, v důsledku nichž by došlo ke zhoršení povrchového odtoku vod, skladování nezabezpečených předmětů, zřizování oplocení a živých plotů nebo zřizování kempů, dětských táborů a prozatímních ubytovacích zařízení.

Povodňové plány

Zajišťují včasné a spolehlivé informování o vývoji povodní (hlásné a hlídkové služby), svolání a zapojení povodňových orgánů, výčet variant jak ovlivnit režim odtoku a zajistit ochranu vodohospodářských objektů, postup a přípravu zajišťovacích prací, postup záchranných prací.

Obsahují:

- Věcnou část (potřebné údaje ochrany objektů před povodněmi)
- Organizační část (jmenné seznamy, adresy a způsob spojení zasažených občanů)
- Grafickou část (mapy a plány záplavových území, evakuační trasy a místa soustředění, informační stanice, hlásné profily).

Povodňové orgány

V závislosti na rozloze zasaženého území se aktivizují potřebné orgány.

Mimo povodeň:

- a. Obce a městské části
- b. Obce s rozšířenou působností a úřady městských částí
- c. Krajské úřady
- d. Ministerstvo životního prostředí

Při povodni:

- a. Povodňové komise obcí a městských částí
- b. Povodňové komise obcí s rozšířenou působností a městských částí
- c. Povodňové komise krajů
- d. Ústřední povodňová komise

(Vodního zákona č. 254/2001 Sb.)

3.2 Matematické modely v hydrologii

Slouží jako nástroj pro simulaci srážko-odtokového procesu a míry komplexnosti. Jedná se například o porovnávání modelovaných dat s naměřenými hodnotami, modelování odtoku z krajiny pro různé varianty krajinného pokryvu, hydrologickou bilanci, předpovídání kvality vody nebo například ovládání odtoku v reálném čase.

Rozdělení modelů:

- Sněhové modely
- Srážko-odtokové modely
 - o Deterministické
 - o Stochastické (náhodné jevy)
- Modely nádrží

- Modely simulující pohyby vody v korytě
 - o Hydrologické
 - o Hydraulické
- Modely komplexních systémů řešící hydrologické procesy v povodí

(Kulhavý, Kovář; 2000), (Raghunath, 2006), (Clarke, 1973)

Srážko-odtokové modely

Způsob schematizace topografie rozděluje tyto modely na celistvé, distribuované, semi-distribuované, 1D, 2D a 3D.

Využívaný software:

- MIKE family
- HEC-HMS
- HEC-RAS
- EPA BASINS
- SWAT
- SAC-SMA
- GRASS A SAGA
- TOPMODEL
- WMS 8.0 (GSSHA, HEC, HSPF)
- EPA SWMM (EPA)

V České republice se nejvíce využívají softwary AquaLog, HYDROG, MIKE 11 či HEC-RAS.

(Novák a kol., 2015)

3.3 Modelování v programu HEC-RAS

Název programu vznikl z anglického spojení Hydrologic Engineering Center's – River Analysis System. Využívá integrovaného prostředí MS Windows, které má vynikající grafické uživatelské rozhraní. To je nutné pro podrobné řešení hydraulicky ustáleného a neustáleného proudění v otevřených korytech, jak na umělých, tak i na přirozených tocích. Do modelu je možné zahrnout i obecné objekty na toku. Výhodou

je využití vazeb na programy CAD a GIS v zobrazování 3D. K tomuto kroku slouží doplňkový software HEC-GeoRAS.

3.3.1 Popis modelu

Do modelu vstupují 3 základní kategorie dat:

- Geometrie koryta a objektů
- Hydraulické ztrátové součinitele
- Okrajové podmínky

Posouzení hydraulických podmínek kapacity systému otevřeného koryta a objektů z hlediska maximálních odtoků, lze řešit dvěma metodami.

1. Řešení průchodu návrhové povodňové vlny hydraulickým modelem, který je založen na numerickém řešení neustáleného proudění. Při znalosti návrhového průtoku v horním uzávěrovém profilu zkoumaného úseku toku. Vyžaduje podrobný popis geometrických a hydraulických parametrů koryta. Z důvodu velké výpočtové náročnosti se většinou nepoužívá pro toky místního významu.
2. Využití metody hydrauliky ustáleného proudění, ze které se stanoví podélný profil hladin návrhových N-letých vod. Jde o podrobnější zobrazení proudění v objektech na toku. Tato metoda však neumožňuje řešit neustálený režim proudění.

Systém HEC-RAS obsahuje čtyři jednorozměrné komponenty analýzy toku.

1. Ustálené proudění povrchových vod příčnými profily
2. Neustálená simulace proudění
3. Výpočty pohybu splavenin
4. Kvalitu vody

Je velmi důležité, aby byla v modelu využita stejná geometrická reprezentace pro všechny 4 složky a shodné geometrické a hydraulické výpočetní postupy.

Ustálené proudění povrchových vod příčnými profily

Tato složka modelovacího systému je určena pro výpočet ustáleného, postupně se měnícího, proudění vody v korytě. Systém umožňuje zpracovat jak jednotlivé úseky vodního toku, tak celou síť. Zadáním parametrů lze naprogramovat podkritické, nadkritické i proměnlivé proudění.

Základní výpočetní postup je založen na řešení jednorozměrné rovnice energie. Ztráty energie se vyjadřují třením (Manningova rovnice) a smrštěním či rozpínáním (koeficient umocněný změnou rychlosti proudění). Kinetická energie se využije v případě, kdy se hladina toku rychle mění. Příkladem jsou například vodní skoky nebo soutoky toků. (HEC, 2016)

Simulace neustáleného proudění

Tato složka umožňuje simulovat jednorozměrné nestacionární proudění prostřednictvím úplné sítě toků. Primárně byl tento komponent vyvinut pro modelování podkritického režimu proudění. Od verze 3.1 lze namodelovat proudění smíšené. Jsou zde zařazeny hydraulické výpočty pro příčné řezy, mosty, propustky a další vodní objekty. (Gary, 2010), (Warner et al., 2010)

3.4 CroSolver

Program určený pro výpočty průtočných profilů na toku pomocí souřadnic břehů. Výchozím vyobrazením profilu je lichoběžník. Upravení sklonu umožní vytvořit profil obdélníkového tvaru. Výsledné parametry program vyhodnocuje v režimu ustáleného proudění prostřednictvím Chézyho rovnice dosazené do rovnice kontinuity. Rozměr daného příčného profilu určuje dvojice bodů na rozhraní hladiny a břehu. Poloha bodů je určena hodnotami X, Z a výšková souřadnice hodnotou H. Rovněž je nutné zadat vstupní parametry. Jedná se o velikost návrhového průtoku, Manningova součinitele drsnosti, sklon svahu příčného profilu a také hodnota minimální vzdálenosti příčných profilů. Následně proběhne výpočet u každého průtočného profilu, při kterém jsou dopočteny souřadnice levé a pravé paty svahu koryta. Vznikne tak textový soubor, v němž jsou vstupní souřadnice doplněny o nově dopočtené. (Novák a kol., 2015)

ArcGIS

Geografický informační systém, který se využívá pro práci s prostorovými daty. Umožňuje vytvářet, spravovat a analyzovat data a nacházet v nich nové vztahy. Výhodou je přehledná vizualizace. Výstupem tohoto programu mohou být mapy, interaktivní aplikace nebo přehledné reporty. (ArcData, 2016)

V programovacím jazyku Python byl pro ArcGIS vytvořen nástroj CroSolver_ToolBox. Ten slouží pro přípravu geometrických dat. Spojuje data z hydrologického měření s daty leteckého laserového skenování. Výstupní textové soubory zahrnují výsledné souřadnice všech bodů a hydraulických charakteristik příčných profilů. Dalšími výstupy je polygonová vrstva zahloubeného koryta, dále vrstva spojnic příčných řezů, břehů, pat svahů, osy a lomových bodů.

(Novák a kol., 2015)

3.5 Digitální model reliéfu

Digitální model reliéfu představuje digitální zobrazení povrchu terénu. Zobrazení se skládá z dat a interpolačního algoritmu, který umožňuje odvozovat nadmořské výšky u jednotlivých bodů uvnitř modelované oblasti.

Pro popis reliéfu se využívají 3 typy geoprvků:

- bodové
- liniové
- plošné

Tyto jednotlivé prvky jsou určeny několika údaji. Jedná se o horizontální polohu (reprezentována souřadnicemi x a y) a nadmořskou výšku (reprezentována souřadnicí h). Některé geoprvky bývají občas specifikovány doplňkovou informací (označovanou písmenem l). Příkladem mohou být vrcholy, dna, údolnice, atd..

Datové modely užívané pro reprezentaci DMR

Grid

Tvořen maticí pravidelně rozmístěných výškových bodů. Elementární jednotkou je bod, se kterým však není možné provádět významnější analýzy terénu. Pracuje se tedy obvykle s prvkem tvořeným 4 body. Ty tak vytvoří buňku gridu rozměru 2 x 2. Občas bývá tento DMR označován jako rastrový. Je velice vhodný pro modelování rovinatého reliéfu.

TIN

Je tvořen nepravidelnou trojúhelníkovou sítí. Byl vyvinut jako výrazně přesnější a účinnější nástroj pro reprezentaci reliéfu. Bývá označován jako vektorový DMR. Výhodou oproti gridu je jeho vyšší přesnost při menších nárocích na paměť a může reprezentovat jakýkoliv povrch. (Rapant, 2006)

3.5.1 Způsoby získávání potřebných dat pro tvorbu DMR

Geodetické zaměření

Vyznačuje se vysokou mírou přesnosti (dosažená přesnost ve výšce je 1 - 10 centimetrů). Okolní flóra nemá vliv na přesnost měření. Nevýhodou je velká časová náročnost na pořízení těchto dat. V současné době se využívá řada moderních geodetických postupů a přístrojů. Typickým příkladem geodetického přístroje sloužícího pro získávání výškopisných dat jsou totální stanice. Funguje na základě přesného měření úhlů a délek sloužících pro přesné určení výšky a polohy bodů.

(Novák a kol.; 2015)

Dále se využívají různé druhy světových navigačních systémů jako GPS (USA), GLONASS (Rusko), GALILEO (EU) či BEIDOU (Čína).

(Šebesta, 2012)

Letecká digitální fotogrammetrie

Efektivní bezkontaktní metoda pořizování potřebných dat umožňující 3D mapování. Touto metodou se nedosáhne takové přesnosti jako u geodetického měření. Sběr dat je však velmi rychlý. Pro docílení vyšší přesnosti se kombinuje letecké měřické snímkování s pozemním měřením.

Přesnost této metody závisí na parametrech leteckého snímkování:

- Velikosti pixelu leteckého snímku
- Přesnosti, rozmístění a počtu vlíčovacích bodů
- Přesnosti určení prvků vnější orientace snímku

Pro získávání dat slouží digitální měřické kamery, které jsou spojené s inerciálním navigačním systémem. Dostáváme tak velmi vysoké rozlišení digitálních snímků (v řádu centimetrů) s vysokou přesností výsledku letecké digitální fotogrammetrie. Výšková přesnost je v intervalu 10 až 20 centimetrů.

(Novák a kol., 2015)

Letecké laserové skenování

Metoda letecký laserscanning se řadí k nejmodernějším technikám získávání polohopisných a výškopisných dat. Proces pořizování dat touto metodou závisí na odražení laserových paprsků, respektive na době mezi vysláním a přijetím paprsků.

(Wehr, Lohr; 1999)

Tento proces určuje prostorovou polohu velkého počtu bodů zemského povrchu, staveb a vegetace. Výsledkem této metody je tak mračno bodů. Hustota výsledných bodů závisí na typu zvoleného přístroje a rovněž také na výšce letu. Kvalita skenování je určena počtem bodů na 1 metr čtvereční. Negativním vlivem na přesnost měření má opět vegetace. Před samotným zpracováním dat je tak nutné provést automatickou či poloautomatickou filtraci získaného mračna bodů. Tento proces může způsobit vzniknutí chybných hodnot nebo ztrátu podstatných informací. Některé programy se snaží zamezit této chybě díky interpolaci z okolních bodů. Takto vzniklé hodnoty neodpovídají vždy skutečnému stavu terénu.

Pro zmapování vodních toků se doporučuje využít přístroje a metody leteckého laserového skenování, které zajistí minimálně 4 body na metru čtverečním. Dosažená výšková přesnost této metody je pak od 10 do 20 centimetrů.

(Uhlířová a Zbořil, 2009), (Roub a kol., 2012), (Novák a kol. 2011)

DMR 4. generace

Digitální model reliéfu 4. generace České republiky vznikl z dat pořízených leteckým laserscanningem z let 2009 až 2013. Zobrazuje zemský povrch v digitálním tvaru. Jedná se o hodnoty výšek diskretních bodů v síti 5 x 5 metrů. Obsahuje souřadnice X, Y, H (nadmořská výška v systému Balt). Na metru čtverečním jsou zaznamenány 1 – 2 body. Střední chyba výšky je ve volném terénu 0,3 metru a 1 metr u lesního porostu. Z tohoto důvodu není tento digitální model vhodný pro přesné hydrologické modelování (malá přesnost při stanovení břehových linií a terénních stupňů kolem toku).

Využití těchto dat se uplatňuje v analýzách terénu. Příkladem jsou projekty rozsáhlých vodohospodářských a dopravních záměrů nebo modelování přírodních procesů. (ČÚZK, 2016a), (Novák a kol., 2015)

DMR 5. generace

Zobrazuje zemský povrch v digitálním tvaru ve formě výšek diskretních bodů uspořádaných do nepravidelné trojúhelníkové sítě (TINu). Vznikl leteckým laserovým skenováním výškopisu České republiky v letech 2009 až 2013 a postupně je aktualizován. Obsahuje souřadnice X, Y a H, které představuje nadmořskou výšku v systému Balt. Na rozdíl od digitálního modelu 4. generace se vyznačuje větší přesností střední chyby výšky. Hustota získaných bodů se pohybuje v intervalu 1 – 2 body na 1 m². Ve volném terénu dosahuje přesnosti 18 centimetrů a v lesním porostu 30 centimetrů. Slouží k analýzám terénních poměrů místního charakteru a rozměru nebo například jako podklad pro vytvoření vrstevnic u map velkých měřítek. Zdroj pro méně přesné vodohospodářské modelování.

(ČÚZK, 2016b), (Novák, 2015)

3.6 Objekty na vodních tocích

Na vodních tocích se vyskytuje celá řada různých zařízení. Jedná se o lodní zdvihadla, přístavy a překladiště, obratiště lodí, napouštěcí a vypouštěcí objekty, či přečerpávací stanice na průplavech. Patří k nim rovněž i objekty, které slouží ke křižování komunikace a toku. Řadíme mezi ně mosty, akvadukty, propustky, shybky a průplavní tunely.

3.6.1 Plavební komory

Objekty sloužící pro překonání rozdílných hladin z jedné kanalizované řeky nebo průplavu do druhé.

Plavební komory se staví podlouhlého tvaru. Na obou koncích jsou opatřeny pohyblivými vraty, kterými lze komoru uzavřít proti spodní a horní vodě. Při vplutí lodi do komory se vrata uzavřou. Následně se otevře uzávěr pro plnění (prázdnění). Jakmile dojde k vyrovnání hladiny ve zdrži, vrata se otevrou a loď smí komoru opustit. K napojení na plavební kanál slouží rejdy zajišťující plynulé vplutí a vyplutí lodi.

K překonání rozdílu výšek hladin se projektuje jednostupňový nebo vícestupňový (stupnice komor a s krátkými mezi zdržemi) systém komor. Na větších dílech se zpravidla umísťuje větší počet vedle sebe, aby se docílilo menší spotřeby vody. Zdymadla se rovněž využívají například pro převedení povodňové vlny či k propuštění ledů.

(Broža, 1998)

3.6.2 Lodní zdvihadla

Využívají se pro překonání velkých spádů. Budování plavebních komor v místech velkých spádů se ukázalo velmi nevhodné, technicky obtížné a vyžadující velkého množství potřebné vody. Zdvihadla tvoří ocelové žlaby naplněné vodou, uzavíratelné na obou koncích vraty.

Typy zdvihadel:

- Provoz ve svislém směru:
 - Pístová
 - Plováková
 - S protizávažím
 - Popř. jiné speciální konstrukce
- Provoz v šikmém směru na podvozcích
 - Ve směru plavby (čelně)
 - Kolmo na směr plavby

K usnadnění pohybu lodí přispívá vyvažování druhým žlabem, protizávažím nebo za pomoci plováků.

(Broža, 1998)

3.6.3 Přístavy a překladiště

Přístavy slouží k rychlému a hlavně bezpečnému vplouvání a vyplouvání lodí, kotvení, manévrování, k hospodárnému a rychlému překládání nákladů. Musí být chráněny před zanášením sedimenty, povodněmi, ledovými kry.

Překladiště se staví z důvodu zvětšení překládací kapacity. Jedná se o jeden či více přístavních bazénů mimo plavební cestu. Mezi nimi zaujímají prostor sklady, skládky a komunikace.

(Broža, 1998)

3.6.4 Příčné objekty

Stabilita dna

Mezi objekty využívané pro stabilizaci dna se řadí pásy a prahy. Slouží k zabránění dnové erozi a následnému prohlubování koryta toku. Využívají se zejména u proudění bystřinného typu. Staví se kolmo na směr toku a mají za úkol snížit podélný sklon a vyrovnat niveletu dna.

Pásky

Umísťujú sa do úrovne dna. Hĺbka uložení sa navrhuje väčší, než by odpovídalo hĺbke predpokladaných výmolů. Ukládajú sa do dna i břehů bystřin. Časem se díky usazujícím se splaveninám stávají přepadovými objekty.

Prahy

Jedná se o příčné objekty, které nepřesahují výšku nade dnem 0,3 metru. Nepřerušují břehové linie a při vyšších průtocích bývají zaplaveny vodou. Jsou pevně zakotveny do obou břehů, aby bylo zamezeno protékání vody pod nimi. V případě opevněného dopadiště není nutno stavět vývar. (Křovák a kol., 2014)

Prahy se staví především ze dřeva nebo z kamene. Zasazují se do míst, kde je vzdálenost mezi stupni příliš velká a do oblouku, kde existuje nebezpečí podemletím.

(Tlapák, Herynek; 2002)

3.6.5 Spádové objekty

Spádové objekty slouží ke snížení sklonu nivelety v podélném profilu toku. Zařazujeme do nich stupně ve dně, skluzy a balvanité skluzy.

Stupeň ve dně koryta

Jde o skalní či umělé těleso dosahující výšky vyšší než 30 centimetrů. Vytváří náhlé lokální zvýšení spádu hladiny. Vodní paprsek přepadá přes korunu stupně volně. Dochází tak k vytvoření vzdušného prostoru mezi přepadajícím objemem vody a tělesem stupně. Na rozdíl od přehrážek nemají žádný nadržovaný prostor. Vyšší stupně mají vyšší procento náchylnosti k poškození než je tomu u stupňů o malé přepadové výšce. Další nevýhodou je prostorová náročnost na rozměry vývařišť. V praxi se tedy spíše využívá většího počtu menších stupňů, což zajišťuje i lepší průchodnost při migraci rybích populací. Aby nedošlo k porušení z důvodu pronikání vody, musí být zasazeny hluboko do břehu. Sklon na vzdušné straně se navrhuje v intervalu 5:1 až 10:1.

- Dělení dle materiálu
 - kamenné
 - dřevěné
 - zděné
 - betonové
 - gabionové
 - prefabrikované
 - kombinované

(Kovář, a další, 2002) (Patočka, a další, 1989)

Energie vznikající dopadáním vody přes přelivnou hranu musí být utlumena vytvořením dopadiště. Je tak zamezeno rozrušování a vymílání dna.

- Typy dopadiště:
 - Vývar (nejmenší hloubka 0,3 metru)
 - Opevněné spadiště

Na konci dopadiště se obvykle projektuje stabilizační práh. Využitím kamenné dlažby, kamenného záhozu či kamenné rovnaniny na opevnění dna dopadiště, docílíme výrazného zvýšení povrchové drsnosti. Dojde tak k většímu útlumu kinetické energie dopadajícího vodního paprsku. Pro větší efektivitu se kamennou dlažbou v mnoha případech opevňují i oba břehy nad dopadištěm.

(Tlapák, Herynek; 2002)

Skluz

Na rozdíl od stupňů voda přes skluzy nepřepadá. Nedochozí k přerušení styku vody s povrchem, dochází ke skluzu vody po šikmé ploše. Pro zvýšení povrchové drsnosti plochy, se navrhuje na skluzu výstupky. Rovněž jako u stupňů dochází k tlumení kinetické energie proudu toku. Typickým příkladem je používání kamenné dlažby vyspárovanou cementovou maltou.

- Tvar skluzu
 - rovinný
 - kružnicový
 - parabolický

Balvanité skluzy

V současné době je kladen důraz na zapojení objektů do okolní krajiny. Při revitalizačních opatřeních se tak dostaly do popředí především přírodě blízké materiály. Inspirováním přírodou se ve velké míře začalo využívat pro vyrovnání podélného sklonu balvanitých skluzů. Působením zvlněného vodního skoku a výmolu pod skluzem dosáhneme ztlumení působení kinetické energie. Při realizaci se užívá lomový kámen skládaný v jedné vrstvě, nebo ložen volně ve více vrstvách.

(Kovář, a další, 2002) (Raplík, a další, 1989)

3.6.6 Přístupové objekty

Přístupové objekty využíváme převážně na území obcí a měst. Zajišťují v první řadě přístup k objektům s funkcí odběru vody a jejímu dalšímu používání. Do této kategorie se řadí náplavky, schodiště pro pěší či rampy pro pěší a vozidla.

Náplavka

Náplavky obstarávají funkci přístupu k přívozům, překladištím, ale i rekreační (procházky, rybolov,...). Délka plošiny dosahuje až 30 metrů. Šířka se pohybuje mezi 10-15 metry.

Schodiště a rampy

Šířka schodiště, sloužící k přístupu k toku, by neměla přesahovat šířku větší jak 0,8 m. Musí být zrealizováno tak, aby zajistilo volný průtok vody korytem.

Rampy slouží k propojení náplavky s pozemní účelovou komunikací města. Jsou navrženy rovnoběžně s proudnicí toku, neměly by zasahovat do průtočného profilu a jsou opevněny dlažbou s maximálním sklonem 1:8

(Thoř, 1981)

3.6.7 Přehrážky

Nejdůležitějším důvodem proč se přehrážky na tocích vystavují, je docílení stabilizace dna toku s velkým sklonem a zachytávání splavenin a pláví. Ty jsou hlavní příčinou zanášení koryta a dochází tak k omezení průtočnosti v toku. Stejně jako předchozí příčné objekty se přehrážky budují na horních částech toku, kde Froudovo číslo dosahuje hodnot vyšších než 1.

(Křovák a kol., 2014), (Jurečka, 2011)

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot l}}$$

Kde:

v...střední průřezová rychlost (m.s⁻¹)

g...gravitační zrychlení (m.s⁻²)

l...charakteristická délka (m)

(BOOR a kol., 1968)

Pro zachycování splavenin se před přehrážkou buduje záchytný prostor.

Rozdělení přehrážek dle funkce:

- Konsolidační (=zpevňující)
- retenční (=lapače štěrku)
- průcezné (propouštějí pouze splaveniny určitého průměru)

Při stavbě přehrážek se z materiálů využívá kámen, gabiony, volně ložené kameny a balvany, neopracované kmeny a klest či prefabrikáty.

(Kovář, a další 2002)

3.6.8 Vzdouvací vodní díla

Jezy

Jedná se o vzdouvací stavbu na vodním toku. Slouží především pro zajištění odběru vody a vytvoření zdrže nad tělesem jezu a tím zabezpečit požadovaný spád či hloubku. Mezi doplňkové funkce jezů patří také energetické využití, rekreační a sportovní, ovlivnění režimu podzemních vod, zajištění dostatečné hloubky pro splavnosti toku a v některých případech i estetický přínos krajiny. Konstrukčně není občas možné odlišit, zda se jedná o vysoký jez nebo o přehradu. V mnoha zemích se tak tyto dva objekty ztotožňují.

Rozdíl hladin, nad a pod jezovou zdří, se nazývá výška vzdutí (neboli spád).

Dělení jezů dle konstrukce:

- Pevné (neregulovatelné)
- Pohyblivé (regulace výšky hladiny díky hradícím uzávěrům)

Jelikož vystavěním jezů dochází ke ztížení průchodnosti toku pro populace, měly by mít ve své konstrukci zabudovány rybí přechody. Ty migrujícím živočichům usnadní překonání vzdouvacích objektů.

(Broža, a další, 1998) (Kučera, 2009)

Pevné jezy

Dřevěné jezy

Nevýhodou dřevěných jezů je jejich malá životnost. Na jejich stavbu se tak používá velmi kvalitní dřevo, které pod vodou vydrží velmi dlouho neporušené. Tuto vlastnost mají dřeva dubová, modřínová nebo borová. Rozdělujeme je na jezy srubové (nejčastěji využívané), s hradicí stěnou nebo s výplní.

Betonové a zděné jezy

patří v současné výstavbě k těm nejčastějším. Povrch těchto jezů se obkládá kvalitním kamenem či železobetonovými obkladnicemi. Vyšší jezy jsou konstruovány

jako členité pilířové nebo násoskové. U násoskových jezů se vzduťá hladina udržuje automaticky. Přelivná hrana je zpevněna kamennou dlažbou z opracovaného kamene.

(Kučera, 2009), (Broža et Satrapa, 1997)

Pohyblivé jezy

Zabezpečují regulování výšky vzduťé hladiny vody v určitém rozmezí. Dle způsobu manipulace rozdělujeme jezy na vyhrazované převážně ručně, ovládané pohybovacími mechanismy a ovládané působením hydrostatické síly. Dále pohyblivé jezy členíme dle způsobu ovládaní na jezy s trvalou obsluhou (pohyb uzávěru řízen mechanicky), poloautomatické (vyhrazování probíhá automatiky, zahrazování mechanicky) a automatické (plně automatizovaný provoz).

(Milerski, a další, 2002)

Hradidlové jezy

Jez je tvořen vodorovnými hradidly, která jsou usazena do svislých drážek nebo výstupků v bocích pilířů. Řízení výšky hladiny nad jezem probíhá přidáváním a odebíráním hradidel. V nynější době se používají k hrazení vorových nebo štěrkových propustí.

Hradlové jezy

Na rozdíl od hradidlových jezů obsahuje konstrukce svislá hradla. Ta se opírají o žlábek ve spodní stavbě a poučovou tyč, která je připojena ke dvěma sousedním podpěrám (slupícím). Regulování hladiny se provádí vyklápěním nebo vysouváním ve svislém směru. Při povodni se všechna hradla vysunou a složí se celá podpůrná konstrukce.

Pokloповé jezy

Hradící konstrukci tvoří hradící těleso deskovitého nebo vhodně zaobleného tvaru. Během manipulování se poklop otáčí v kloubech kolem své vodorovné osy. Mezi výhody těchto jezů patří poměrně lehké konstrukce, avšak menší hraditelné

výšky. Mezi typy pokloповých jezů řadíme deskový poklop, troubovou klapku a dutou klapku.

Stavidlové jezy

Hradící systém tvoří svislá desková hradící tělesa (stavidla). Při provozu se stavidla zasunují či vysunují do drážek jezových pilířů ve svislém směru. Využívají se při hrazení větších výšek. Konstrukce jsou bezpečné a odolné. Nevýhodou jsou vysoké pilíře a velká spotřeba oceli.

Typy stavidel:

- **Spustná** (stavidla se zasunují do spodní stavby, při povodni se stavidla zasunují celá)
- **Zdvižná** (stavidla se vysunují směrem k hladině – voda proudí mezi hranou stavidel a spodní stavbou, při povodni stavidla vysunuta nad úroveň povodňové vlny) (Thoř, 1981)

Segmentové jezy

Využívají se velmi často pro svou jednoduchost a malou spotřebu oceli. Segmentové uzávěry se otáčejí okolo vodorovné osy. Hradící konstrukce přenáší zatížení do břehových pilířů rameny na koncích opatřeny čepy. Rozdělení segmentů a manipulace s nimi je stejná jako u jezů stavidlových a to spustné a zdvižné. Dále pak dvoudílné a s klapkou pro jemné řízení.

(Šálek, 2002)

Válcové jezy

Tok je hrazen dutými válcovými tělesy. Ty se pohybují v šikmých drahách jezových pilířů. Tento typ jezů byl navrhován na tocích, kde se předpokládá častý odchod ledových ker nebo kde se plavilo dřevo.

Hydrostatické jezy

Spodní stavba přizpůsobena tak, aby bylo těleso ovládáno výhradně hydrostatickou silou. Ta působí na různé části hradící konstrukce. K pohybu hradící

konstrukce dojde snížením nebo zvýšením tlaku v tlakové komoře bez pomoci jakéhokoli mechanismu. Jedním z neznámějších hydrostatických jezů je Whiteovův jez. Ten je tvořen dvěma poklopy. Jeden z poklopů je pak hradící a druhý hybný. Přetlakem horní vody je hradící těleso drženo v nejvyšší poloze. Tato voda je vháněna přepouštěcími kanály do tlačné komory mezi oběma poklopy a zvedá je. Základní typy hydrostatických uzávěrů jsou pokloповé, vahadlové, segmentové, sektorové a tabulové. Výhodou je jednoduchost obsluhy, automatická regulace, nízké pilíře a malá spotřeba oceli. Nevýhoda je složitost spodní stavby, těsnění či vysoké nároky na výstavbu. (Kučera, 2009)

Pneumatické jezy

Občas nazývané také jako vakové jezy. Uzávěr zde je tvořen z pogumované textilie. K připevnění ke spodní stavbě a bočním stěnám slouží ocelové lišty. Vakový uzávěr je naplňován tlakovou vodou pomocí čerpadel. Tím se dostane do zdvižené polohy. Vyhrazení probíhá vypouštěním tlakové vody z vaků. Zpravidla se uvádějí buďto do vztyčené polohy nebo se zcela vyhradí. Nevyužívají se tak k průběžnému manipulování hladiny. Ze všech typů jezů je výstavba pneumatických jezů tou nejlevnější. Nevýhodou je však možné protržení vaku plovoucími předměty.

(Broža, a další, 1998), (Šálek, 2002)

Přehrady

Přehrada patří mezi vzdouvací objekty. Většinou se umísťuje přímo v trase toku. Dát podnět k jejich výstavbě je možné hned z několika důvodů. Například pro zadržování vody k pozdějšímu vodohospodářskému využití, vytvořit dostatečný spád abychom zajistili energetické využití toku nebo vytvořit retenční prostor a docílit tak zploštění povodňové vlny. Přehrada je tvořena hrází a doprovodnými objekty. Mezi ně patří především funkční objekty, které slouží pro bezpečné převedení povodňových stavů nebo k odběrům vody.

Funkční objekty:

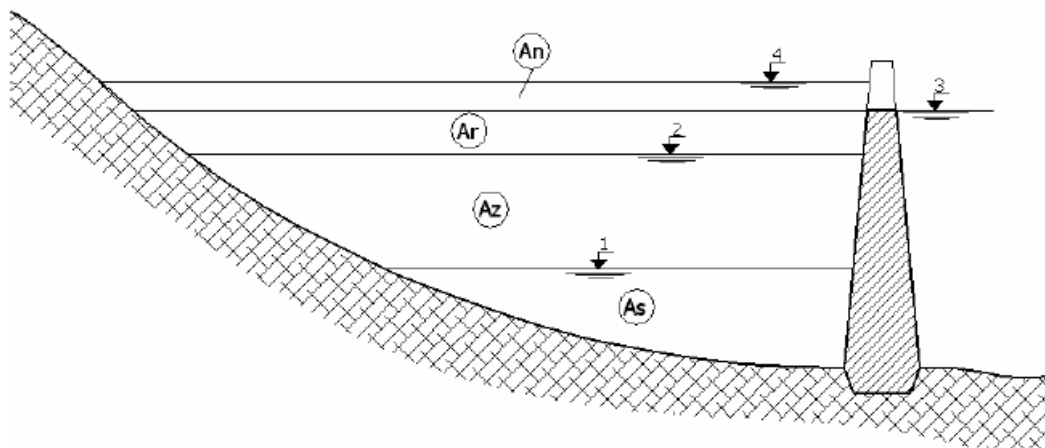
- Přelivy
- Spodní výpusti
- Odběrné objekty

(Broža, a další; 1998)

Malé vodní nádrže

Mezi malé vodní nádrže řadíme nádrže s objemem ovladatelného prostoru menším než 2 miliony m³ a největší přípustnou hloubkou 9 metrů. (ČSN 75 2410)

Nádrže lze dělit z několika hledisek (zásobení vodou, vytvoření zásobního prostoru, funkce, umístění, atd.). Tvar zemní hráze malé vodní nádrže je zásadně lichoběžníkový.



Členění nádržného prostoru: A_s – prostor stálý, A_z – prostor zásobní, A_r – prostor retenční ovladatelný, A_n – prostor retenční neovladatelný; hladina: 1 – stálého nadržení, 2 – zásobního prostoru, 3 – ovladatelného retenčního prostoru, 4 – neovladatelného retenčního prostoru.

Obr. č. 3-1: Vertikální členění nádržného prostoru

(Zdroj: Tlapák, 2002)

Dělení hrází:

1. Dle terénního uspořádání:
 - a. Čelní (průtoková i obtoková)
 - b. Boční (ochraňuje před vysokými průtoky)
 - c. Dělicí (rozděluje dvě nádrže)
2. Dle půdorysného uspořádání
 - a. Přímé
 - b. Lomené
 - c. Zaoblené
3. Dle použitého materiálu
 - a. Homogenní (z jednoho typu zeminy, jílovito-písčité zeminy)
 - b. Nehomogenní (ze dvou a více typů materiálů, těsnící jádro)

Potřebné podklady k jejich výstavbě:

- Klimatické
- Hydrologické
- Vodohospodářské
- Geomorfologické
- Inženýrskogeologické
- Geodetické
- Další

(Šálek; 1987), (Tlapák; 2002)

3.6.9 Soustředovací stavby

Výstavba těchto objektů probíhá na úsecích toku, kde se setkáváme s nadlimitním pohybem splavenin. K řešení tohoto problému se využívá práce toku, která určí, jaké bude u soustředovacích staveb prostorové a výškové řešení. Dochází zde k usazování splavenin. Dochází u nich k velkému namáhání díky vyšším rychlostem vody a průchodům ledu. Z tohoto důvodu musí být tyto stavby bezpečně opevněny, aby nedošlo k podemletí.

Rozdělení:

1. Podélné (směrné)
2. Příčné (traverzy, příčky, výhony)

(Thoř, 1981)

3.6.10 Mosty

Představují dopravní inženýrskou stavbu sloužící k překonání překážek typu vodního toku, železnice, ulic, průřev nebo terénních nerovností. Nové mosty přes vodní toky se v současnosti navrhují na 100 - leté průtoky. Spodní konstrukce mostu se musí nalézat minimálně 0,5 metru nad hladinou návrhového průtoku. Rovněž se musí navrhnout břehové opevnění, stabilizovat dno, a zajistit podmínky jak pro údržbu mostu, tak i toku. Vodní tok by pod vystavěným mostem měl protékat v úhlu větším jak 60°, nejlépe však v kolmém směru. V opačném případě se využívá možnost přeložky komunikace či toku.

Konstrukčně rozlišujeme mosty konzolové, visuté obloukové, zavěšené, trámové, pohyblivé.

Ze stavebních materiálů se na stavbu mostů využívá dřevo, kámen, ocel, beton, ocelobeton, železobeton, předpjatý beton, plast.

(Dušan, 1984), (ČSN 73 6201)

3.6.11 Propustky

Společně s mosty patří mezi příčné systémy sloužících v místech, kde dochází ke křížení toků s komunikacemi. Jedná se o objekt tunelového tvaru o světlosti menší než 2 metry, sklonem od 0,5 a 6 % a maximální přípustná rychlost vody v propustku je 7 m.s⁻¹. Propustky by měly být s ohledem na jejich délku, statické účinky, hydrotechnické účinky a úsporu materiálu vedeny kolmo k dané komunikaci. Konstrukčně je dělíme na trubní, klenuté z cihel, deskové, propustky z ocelového plechu či rámových betonových prefabrikátů.

(Kučera; 2009), (Holič, a další; 1992), (ČSN 73 6201)

4 Metodika

4.1 Mastník

4.1.1 Obecné informace

Potok Mastník protéká okresem Benešov a Příbram ve Středočeském kraji. Pramení u železniční stanice Střezimíř a po necelých 52 kilometrech se vlévá v Radíči do Vltavy. Jedná se o tok III. řádu. Číslo hydrologického povodí je 1 - 08 - 05 - 047 až 073. Správa tohoto toku připadla do rukou státního podniku Povodí Vltava pod závod Dolní Vltava. Protéká hned několika obcemi.

Katastrální území : ORP Benešov – Živohošť, Nahoruby

ORP Sedlčany – Radíč, Kňovice, Osečany, Sestrouň, Sedlčany,
Kosova Hora, Vysoká u Kosovy Hory II

ORP Votice – Vojkov u Votic, Bezmíř, Martinice u Votic, Velké
Heřmanice, Arnoštovice, Heřmaničky, Ješetice, Horní
Borek, Červený Újezd u Miličina, Miličín, Vestec
u Mezna, Stupčice, Střezimíř

4.1.2 Charakteristika toku

Povodí

Voda z povodí Mastníku patří do úmoří Severního moře. Z území ji odvádí naše nejmohutnější řeka Labe.

Charakteristiky toku:

Plocha povodí: 331,438 km²

Délka údolnice: 38,9 km

Charakteristika tvaru povodí P/L²: 0,22

Lesnatost povodí: 20 %

Nejvyšší místo: 692 m n.m.

Nejnižší místo (ústí do Vltavy) 240 m n.m.

Geomorfologie

Povodí Mastníku leží na celcích Benešovské a Vlašimské pahorkatiny ve Středočeské pahorkatině v subprovincii Česko – moravské provincie České vysočiny.

Hydrologie povodí

Mastník se řadí mezi toky dešťovo - sněhového typu. Hydrologie povodí je závislá na hlavních činitelích utvářejících vodní poměry.

Patří do nich:

- Srážky
- Geomorfologie
- Geologická skladby
- Půdní pokryv

Průměrný roční úhrn srážek v povodí: 604 mm,

Odtokový součinitel: 0,20

Specifický odtok z povodí: 3,73 l.s⁻¹.km⁻²

V povodí se nenachází významné odběrné místo, které by výrazně měnilo hydrologické poměry.

Pro stanovení N-letých průtoků v celé délce toku byly údaje ČHMÚ rozděleny do dílčích úseků. Ty byly určeny hlavními povodími toku dle atlasu hydrologických poměrů ČR. Pramenné povodí pak bylo dále rozděleno do dílčích úseků definovaných významnějšími přítoky toku. Rozdělení hodnot průtoků do dílčích úseků se pak následně provedlo mocninou interpolací mezi sousedními profily s údaji ČHMÚ v závislosti na ploše povodí.

Trasa toku

Masník se vlévá do Vltavy a je jejím pravostranným přítokem. Od pramenné oblasti u Střezimíře až k Heřmaničkám se vine územím severním směrem. Od Heřmaniček se začíná stáčet k západu. Ve městě Sedlčany se pod soutokem se Sedleckým potokem prudce stáčí znovu k severu a tímto směrem pokračuje až ke dvěma větším meandrům u Osečan a Radíče. V Radíči ústí do Vltavy v oblasti vodního díla Slapy (104. kilometr řeky Vltavy).

(Povodí Vltavy, 2006)

Podélný profil

Typem území, jímž Masník protéká, jsou udány i jeho sklonové poměry. Absolutní spád vodního toku je 350 metrů. Průměrný podélný sklon pak činí 0,5 %. V průběhu toku Masníku se střídají strmé úseky s úseky s mírným sklonem.

Od ústí do Vltavy k Radíči je podélný sklon 0,6 %. Mezi Radíčem a Osečany je podélný sklon 0,3 %. Nad Osečany sklon opět v krátkém úseku k Sestrouni stoupá na hodnotu 0,6 %. Odtud do Sedlčan je sklon 0,2 %. Od soutoku se Sedleckým potokem v Sedlčanech sklon postupně narůstá a pod Kosovou Horou dosahuje hodnoty 1,3 %. Nad Kosovou Horou je krátký cca 2 km dlouhý úsek, kde se podélný sklon snižuje na hodnotu 0,4 %. Následuje dlouhý, sklonově poměrně vyrovnaný úsek až k Ješeticům. Zde je sklon 0,6 %. Nad Ješeticemi se sklon plynule zvětšuje až k pramenné oblasti u železniční stanice Střezimíř, kde má hodnotu 4,2 %.

(Povodí Vltavy, 2006)

Tvar a využití údolí

Celý tok Masníku prochází zemědělsky intenzivně obhospodařovanou krajinou. Kromě krátkých úseků v lese, intravilánu obcí a zátopy vodních nádrží je údolní niva zatravněná. Šířka údolní nivy je 50 - 100 m. Pod obcí Radíč vstupuje Masník do údolí Vltavy. Prochází zde úzkým zalesněným údolím se strmými svahy. V ř.km 4,5 se tok Masníku dostává do zátopy VD Slapy.

Úpravy koryta toku

Koryto Mastníku bylo významněji upraveno v úsecích:

- 39,5 – 41,3 úprava koryta u Heřmaniček
- 51,0 – 51,6 úprava koryta u žst. Střezimíř

Na toku Mastník je v zájmovém úseku celkem 68 objektů, které ovlivňují průběh velkých vod. Jedná se o 42 mostů a propustků, 14 lávek, 3 rybníky a 9 jezů.

(Povodí Vltavy, 2006)

Nejvyšší zaznamenaná přirozená povodeň

Nejvyšší zaznamenaná přirozená povodeň se odehrála na vodním toku Mastník v červnu roku 2013. Povodňový stav nastal už v obci Ješetice a trval až k ústí. Během této povodně vznikla řada břehových nátrží, koryto bylo zaneseno nánosy štěrku, písku a kameniva, došlo k poškození břehového opevnění a břehových porostů. V inundačním území došlo k usazení velkého množství splávi, které muselo být po povodni odstraněno. V obcích Kosova Hora a Sedlčany se voda dostala až do centra a muselo tak dojít k evakuaci občanů. Kulminační průtok na Mastníku v tomto roce vysoce přesáhl hodnotu Q_{100} . V Sedlčanech se například voda dostala až do tělocvičny zdejšího Gymnázia. Hladina vody v ní dosahovala až výšky 2,5 metru. Celková výše škod způsobených touto povodní byla vyčíslena na 3 000 000 korun.

(Povodí Vltavy, 2014)

4.2 Řešené území:

4.2.1 Obecné informace

Vybraný úsek se nachází mezi 19.796 – 17.822 kilometrem vodního toku Mastník. Protéká zde městem Sedlčany, které se rozprostírá ve Středočeském kraji. Začátek úseku nalezneme v místě soutoku Mastníku a Sedlecké potoka. Právě v tomto 1.973 kilometru dlouhém úseku působí vodní tok velké problémy. Zavedeno staničení proti směru toku 0 – 1.973 km. Průměrný průtok v zájmové lokalitě činí $0.855 \text{ m}^3/\text{s}$ (Povodí Vltavy).

V řešeném území se nachází 5 vodohospodářských objektů sloužících pro překonání vodního toku. Jedná se o 2 silniční mosty a 3 lávky.

Vybraný úsek



Obr. 4-1: Vybraný úsek na vodním toku Mastník

4.2.2 Použité podklady

DMR 5. generace

Pro stanovení záplavového území daného úseku vodního toku Mastník a hydrotechnického posouzení jednotlivých objektů bylo využito digitálního modelu reliéfu 5. generace. Zaměření bylo provedeno 12. 8. 2010 leteckým laserovým skenováním povrchu. Data byla poskytnuta Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním v ASCII kódování ve formátu *.xyz. Obsahují informace o poloze a nadmořské výšce jednotlivých bodů. Hustota bodů se pohybuje v intervalu mezi 1 a 2 body na 1 m².

Hydrologické podklady

Pro zpracování této práce byla použita hydrologická data poskytnutá Českým hydrometeorologickým ústavem. Pro následné zahloubení terénu byla využita hodnota průtoku v den leteckého skenování. O tento průtok byl vytvořený model terénu zahlouben. Důvodem byla eliminace chyb vzniklých během laserového skenování terénu vlivem pohlcení laserového paprsku vodní hladinou. Pro sestavení hydrodynamického modelu byla využita data poskytnutá Povodím Vltavy obsahující hodnoty N-letých průtoků ($Q_5, Q_{10}, Q_{20}, Q_{50}, Q_{100}$).

Profil	Průtok (m ³ /s) 12. 8. 2010
Mastník	0.860

Tab. č. 4.1: Hodnota průtoku v den leteckého snímkování

(Zdroj: ČHMÚ)

Profil	Q_5 (m ³ /s)	Q_{10} (m ³ /s)	Q_{20} (m ³ /s)	Q_{50} (m ³ /s)	Q_{100} (m ³ /s)
Mastník	14,7	21,1	28,8	41,3	52,8

Tab. č. 4.2: Hodnoty N-letých průtoků přepočítané z měrné stanice Radíč

(Zdroj: Povodí Vltavy)

4.2.3 Vodohospodářské objekty:

Velký silniční most

19.555 ř. km (1.353 km úseku)

Prvním objektem, se kterým se na vybraném úseku po směru proudu toku setkáme, je velký silniční most. Je dlouhý 150 metrů. Nachází se ve vzdálenosti 1,353 kilometru od počátku úseku (staničení zvoleno proti směru proudu vody). Šířka horní mostovky je 11 metrů a je situována v nadmořské výšce 338.71 m. n. m. Vede po ní jednoproudá komunikace. Most je tvořen třemi oblouky.



Obr. 4-2: Velký silniční most – 19.555 ř. km

(Zdroj: autor)

Lávka u tenisových kurtů

19.173 ř. km (1.355 km úseku)

Lávka pro pěší je široká 1.5 metru a je tvořená dřevěnou a částečně i železnou konstrukcí. Horní hrana lávky je umístěna v nadmořské výšce 334,55 m. n. m. Na pravém břehu byly postaveny tenisové kurty a hned za nimi zimní stadion. Oblast těchto sportovišť bývá při povodních často zaplavována, jelikož terén za břehovou hranou je značně rovinatý.



Obr. 4-3: Lávka u tenisových kurtů – 19,173 ř. km

(Zdroj: autor)

Pontonová lávka

18,268 ř. km (0.454 km úseku)

Lávka je dlouhá 17.5 metru. Okolí toku zde tvoří zatravněná údolní niva. Šířka lávky je 1.2 metru. Spodní hrana se nalézá v nadmořské výšce 331,47 m. n. m. Na obou březích je usazena na betonových blocích. Horní vrstva lávky je tvořena dřevěnými prážci a pro bezpečnost chodců je z obou stran opatřena železným zábradlím.



Obr. 4-4: Pontonová lávka - 18,268 ř. km

(Zdroj: autor)

Lávka v Sedlčanské kotlině

17,968 ř. km (156.674 km úseku)

Lávka slouží pro usnadnění přístupu návštěvníkům ze sousedního parkoviště do areálu závodní tratě Sedlčanská kotlina. Lávka je dlouhá 28.5 metru a je tvořena železnou konstrukcí. Horní hrana lávky je umístěna v nadmořské výšce 331,64 m. n. m. Na obou březích je ukotvena k betonovým deskám z důvodu zajištění odolnosti a stability lávky. Stejně jako u předchozích lávek tvoří horní vrstvu lávky dřevěné pražce.



Obr. 4-5: Lávka v Sedlčanské kotlině 17,968 ř. km

(Zdroj: autor)

Most v Sedlčanské kotlině

17,863 ř. km (0.053 km úseku)

Posledním vodohospodářským objektem na vybraném úseku je železobetonový most v Sedlčanské kotlině. Horní hrana mostovky se nachází na kótě 330.58 m. n. m. Přes most vede jednoproudová účelová komunikace, která slouží jako příjezdová cesta k místní závodní trati a rovněž také k místní čistírně odpadních vod. Šířka mostovky je 5 metrů.

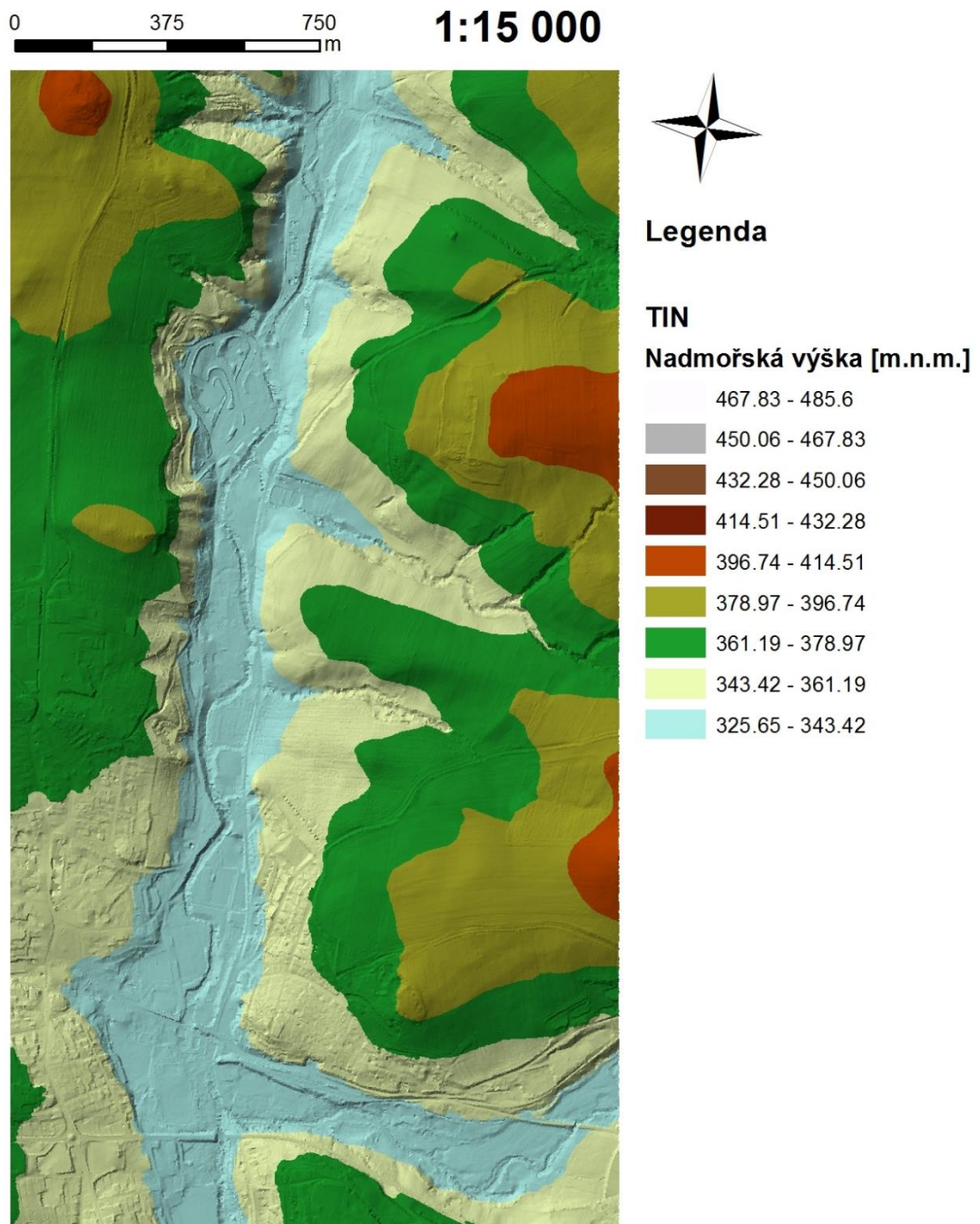


Obr. 4-6: Most v Sedlčanské kotlině – 17,863 ř. km

(Zdroj: autor)

4.2.4 Vytvoření digitálního modelu TIN v programu ArcGIS

Data poskytnutá od Českého zeměměřického úřadu se uloží do souhrnného textového souboru. Do programu ArcGIS se soubor nahraje pomocí nástroje ASCII 3D to feature class, který se nachází v Toolboxu 3D Analyst. Výsledkem je bodová vrstva. Funkcí Create TIN se posléze vytvoří nezahluobený digitální model terénu.



Obr. č. 4-1: TIN-představující terén s nezahluobeným korytem

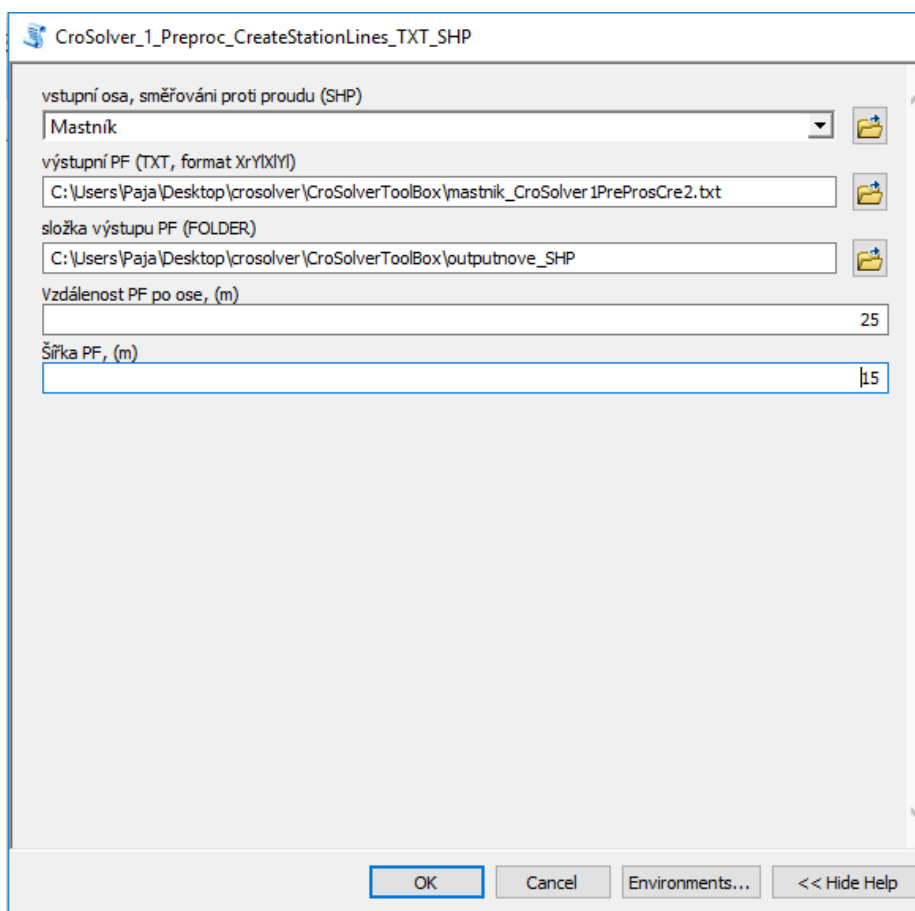
(Zdroj: autor)

4.2.5 Zahloubení koryta nástrojem CroSolver Toolbox

Nejprve je nutné vytvořit osu vybraného úseku, která bude zeditována proti směru proudění vody.

- *CroSolver_1_Preproc_CreateStationLines_TXT_SHP:*

Tato funkce slouží k automatické tvorbě profilů.




Obr. č. 4-2.: Vstupní parametry funkce CroSolver_1_Preproc_CreateStationLines_TXT_SHP

(zdroj: autor)

Výstupem této funkce je textový soubor “mastnik_CroSolver1PreProsCre2.txt” a liniová vrstva “CroSolver_Station_Lines_2D.shp”, která obsahuje rozmístění profilů. Oba soubory obsahují stejné výsledky, pouze v jiném formátu.

- *CroSolver_2_Preproc_PF_DMR_2Dto3D*

Doplnění atributové tabulky o výškovou souřadnici Z. Převedení 2D linií na 3D linie.

 CroSolver_2_Preproc_PF_DMR_2Dto3D

výběr vstupního parametru (TXT/SHP)

vstupní soubor neupravených PF (TXT, formát XrYrXlYl) (optional)

vstupní soubor upravených PF (SHP) (optional)

výběr typu vstupu DMR (DMR celek/DMR dle břehu RB LB)

vstupní soubor DMR (TXT, formát XYZ) (optional)

vstupní soubor DMR pravý břeh RB (TXT, formát XYZ) (optional)

vstupní soubor DMR levý břeh LB (TXT, formát XYZ) (optional)

výstupní PF 3D, s odečtením polohy a výšky z DMR (TXT, formát XrYrZrXlYlZl)

poloměr hledání nejnižšího bodu, (m)

OK Cancel Environments... << Hide Help

Obr. č. 4-3: Vstupní parametry funkce *CroSolver_2_Preproc_PF_DMR_2Dto3D*

(Zdroj: autor)

Výstupem této funkce je textový soubor "mastnik.txt". Textový dokument z prvního kroku doplněný o výškovou souřadnici.

- *CroSolver_3_Computation*

Slouží pro vytvoření podkladů pro vlastní zahloubení koryta.

CroSolver_3_Computation

vstupní soubor (TXT, format XrYrZrXlYlZl)
C:\Users\Paja\Desktop\crosolver\CroSolverToolBox\mastnik.txt

výstupní soubor (TXT)
C:\Users\Paja\Desktop\crosolver\CroSolverToolBox\mastnikk3.txt

Složka uložení výstupních shapefilů (FOLDER)
C:\Users\Paja\Desktop\crosolver\CroSolverToolBox\outputnove_SHP

metoda výpočtu zahloubení (kolmo/dle sklonu)
dle_sklonu

Průtok (m3.s-1)
0.86

Drsnostní součinitel dle Manninga
0.03

sklon svahu příčného profilu (m/m)
2

minimální vzdálenost pro výpočet hladiny (m)
150

OK Cancel Environments... << Hide Help

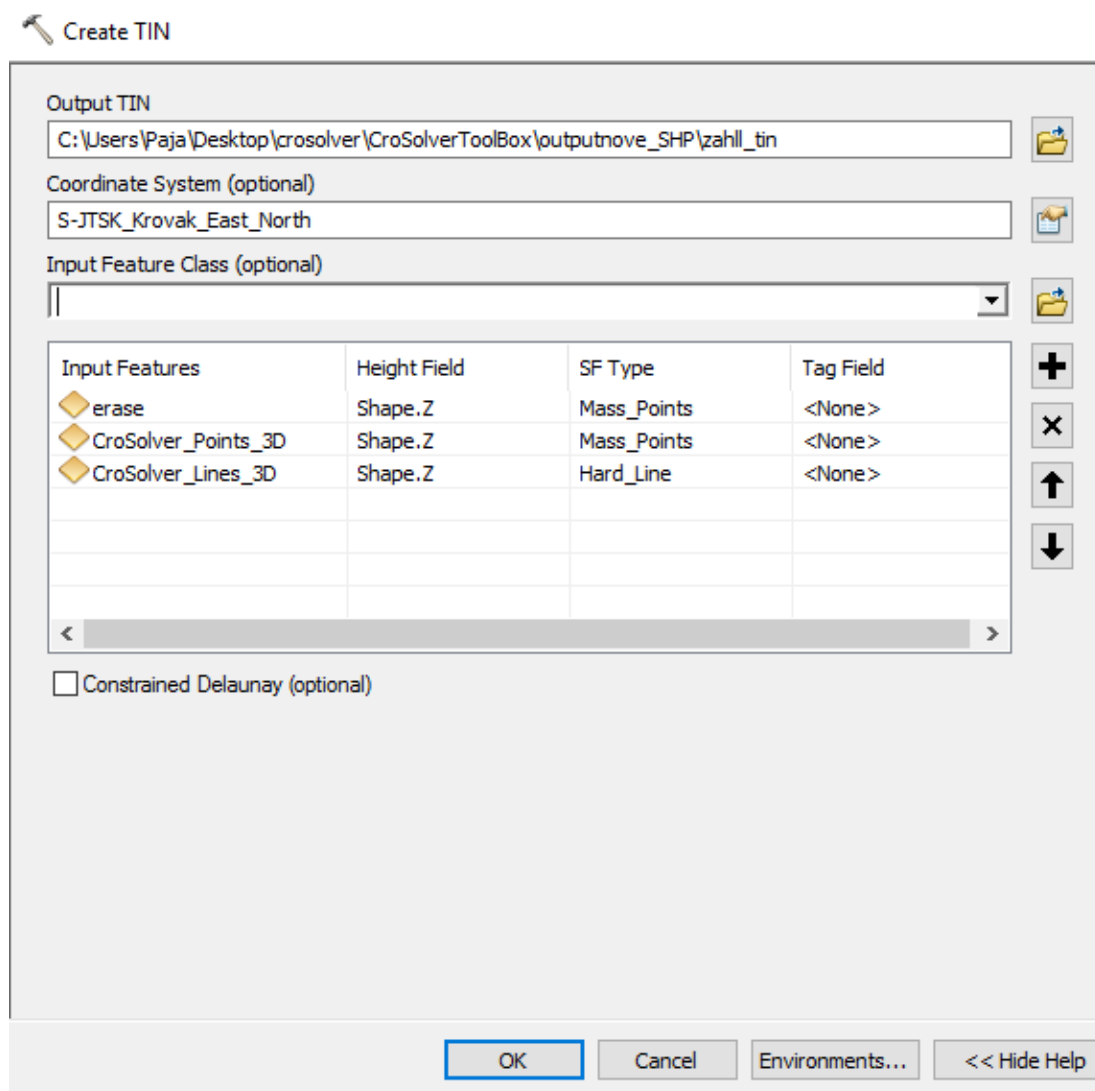
Obr. č. 4-4: Vstupní parametry funkce *CroSolver_3_Computation*

(Zdroj: autor)

Výsledkem je soubor “mastnik3.txt”, liniová vrstva *CroSolver_Lines_3D.shp* pro nové zahloubení, bodová vrstva *CroSolver_Points_3D.shp* rovněž pro nové zahloubení a vrstva *CroSolver_Polygon_3D.shp*, která se využije pro ořezání bodů.

Finálního zahloubení se docílí odmazáním přebytečných bodů (*CroSolver_Polygon_3D.shp*) z bodové vrstvy “5G body”. K tomuto kroku poslouží nástroj *Erase*, která je součástí *ArcToolboxu: Analysis Tools – Overlay*.

Vzniklá vrstva se využije pro novou tvorbu zahluobeného modelu terénu. Znovu pomocí funkce Create TIN. Pro větší přesnost se využije společně s ořezanou vrstvou 5G bodů i vrstva CroSolver_Points_3D.shp a CroSolver_Lines_3D.shp.



Obr. č. 4-5: Vstupní parametry funkce Create TIN

(Zdroj: autor)

Tvorba podkladové mapy do programu HEC_RAS

Přes Add Data from ArcGIS online se připojí ortofoto, na které bude zobrazen vybraný úsek. Takto vytvořený výřez uložíme: File -> Export Map jako typ souboru JPEG. V záložce General je nutné zaškrtnout Write World File a zadat Hodnotu Resolution: 200 DPI.

Výsledkem je uložená ortofoto mapa mastnik.jpeg. Společně s ní je vygenerován i soubor mastnik.jgw ve kterém jsou uloženy informace o souřadnicích.

Vytvoření příčných profilů v programu ArcGIS

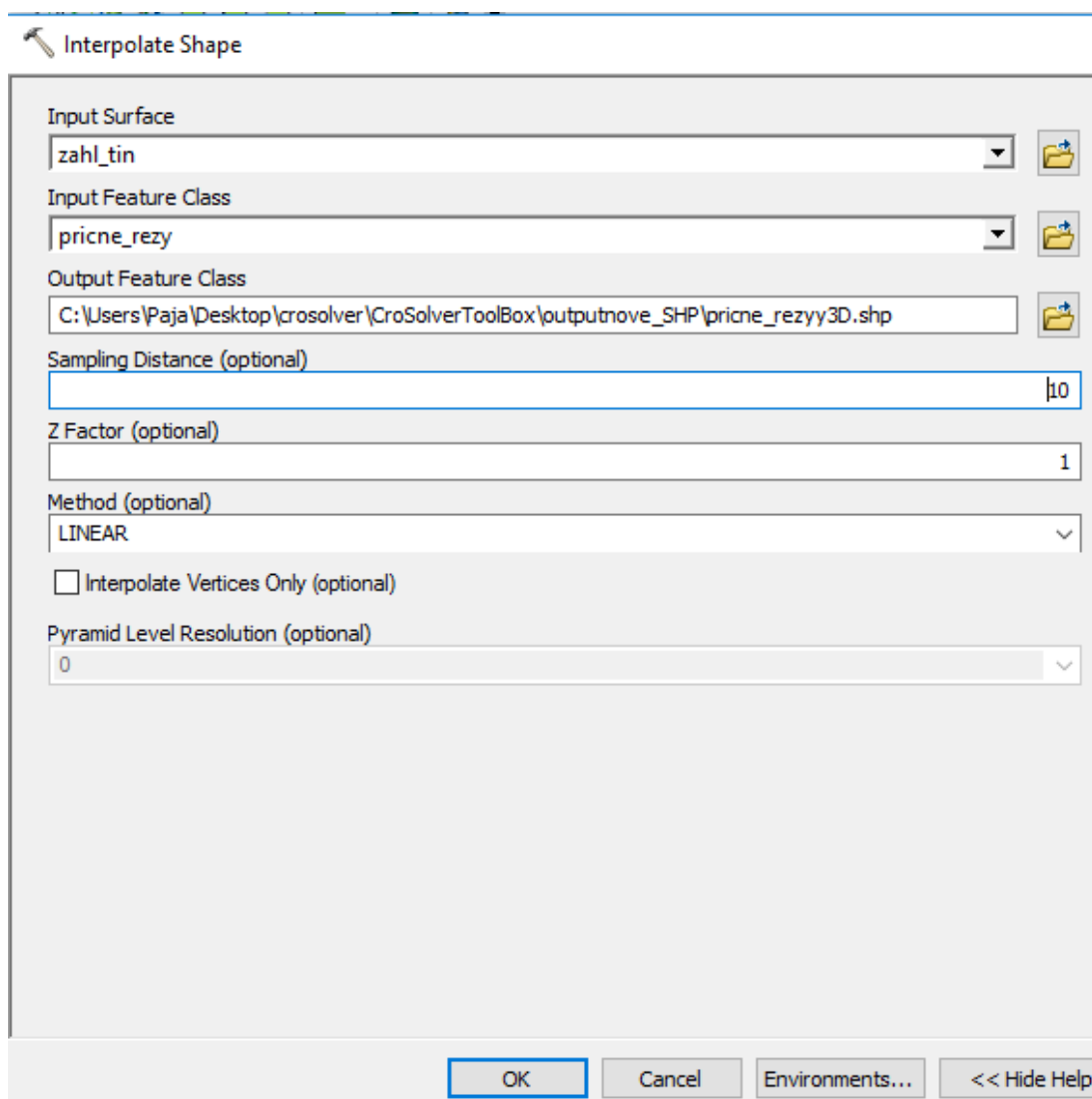
Vytvoření příčných profilů se provede editací nově vytvořené liniové vrstvy nazvané `pricne_profily`. Při navrhování profilů je nutné postupovat vždy z levého břehu na pravý.



Obr. č. 4-6: Rozmístění příčných profilů

(Zdroj: autor)

Funkcí Interpolate Shape získáme profily doplněné o výškové souřadnice.



Obr. č. 4-7: Vstupní parametry funkce Interpolate Shape

(Zdroj: autor)

Nově vzniklé profily se postupně označovaly a pomocí tlačítka Profile Graph se v sekci 3D Analyst zobrazily výškové poměry. Jednotlivé grafy bylo nutno ukládat ve formě souborů *.txt do nově vytvořené složky.

Zjištění hodnot osy toku, levého a pravého břehu

Na každém profilu se zakreslí 3 body. Jeden bod v místě protnutí s osou toku, druhý na levé břehové linii a třetí na pravé břehové linii. Hodnoty vzdálenosti jednotlivých linií mezi dílčími profily se dále zaznamenaly do následující tabulky.

Profil	17	16	15	14	13	12	11	10	9
LB	47.175	98.757	116.123	124.9	125.25	75.016	103.739	149.096	143.731
osa	48.883	98.253	110.389	118.063	127.907	74.657	99.975	150.645	143.85
PB	52.234	97.727	107.953	117.886	133.496	74.593	95.919	152.188	144.169

Profil	8	7	6	5	4	3	2	1	0
LB	160.719	103.098	112.786	109.958	127.675	100.217	104.707	182.979	0
osa	158.105	102.559	115.624	110.356	130.408	98.311	102.258	183.227	0
PB	155.509	103.083	117.859	110.678	131.468	96.798	99.296	183.513	0

Tab. č. 4.3: Vzdálenosti mezi levými, pravými břehy a osou toku sousedních profilů
(Zdroj: autor)

4.2.6 Zhotovení hydrodynamického modelu v programu HEC-RAS

Po spuštění programu bylo zapotřebí nastavit metrický systém (Options – Union System – System international) a vytvořit nový projekt v záložce File -> New project.

Vytvoření geometrie toku

Po otevření funkce geometric data v modulu Edit byla zvolena možnost Add/edit background pictures a přes možnost ADD se přidala vrstva s vytvořenými profily v ArcGISu (pricne_profily). Stejným způsobem se vložila i vrstva s podkladovou ortofoto mapou.

Následně byla nástrojem River Reach zakreslena osa toku, která má svůj počátek v nejnvýše položeném profilu.

Vložení příčných profilů se provedlo pomocí Edit and/or create cross section. Do názvu profilu byly zadávány hodnoty staničení konkrétních profilů. Do Cross Section Coordinates se vyplnily hodnoty z uložených textových souborů jednotlivých profilů vzniklých v programu ArcGIS. Downstream Reach Lengths byly zadávány vzdálenosti mezi jednotlivými příčnými profily. Do Manning's n values (součinitel drsnosti) byla zadána hodnota 0,033 pro koryto a 0.027 pro levý a pravý břeh – travní porost. Hodnoty Main Channel Bank Stations byly zadány automaticky po ručním určení břehových hran v Jump to the Graphical Cross Section Editor.

▼ Cross Section Data - mastnik

Exit Edit Options Plot Help

River: Mastnik Apply Data

Reach: Sedlcany River Sta.: 0

Description

Cross Section Coordinates			
	Station	Elevation	
1	0	330.6477	
2	1.013971	330.6	
3	3.240004	330.5044	
4	4.418654	330.4491	
5	6.064462	330.4193	
6	8.531221	330.3933	
7	9.706757	330.3741	

Downstream Reach Lengths		
LOB	Channel	ROB
0	0	0

Manning's n Values		
LOB	Channel	ROB
0.027	0.033	0.027

Main Channel Bank Stations	
Left Bank	Right Bank
60.12109	67.9473

Obr. č. 4-8: Zadání parametrů u příčného profilu na začátku staničení (Zdroj: autor)

Zadání jednotlivých N-letých průtoků

Edit/enter steady flow data. Do kolonky Enter/Edit Number of Profiles bylo zvoleno 5 profilů (Q₅, Q₁₀, Q₂₀, Q₅₀, Q₁₀₀). Jejich hodnoty poskytnuté povodím Vltavy byly vyplněny do vytvořené tabulky. Tím byly stanoveny horní okrajové podmínky. Jako dolní okrajová podmínka byla zvolena varianta Critical Depth. Program tak vypočítá kritickou hloubku pro jednotlivé profily.

↔ Steady Flow Data - prutoky

File Options Help

Enter/Edit Number of Profiles (25000 max): 5 Reach Boundary Conditions ... Apply Data

Locations of Flow Data Changes

River: Mastnik Add Multiple...



Reach: Sedlcany River Sta.: 1973.853 Add A Flow Change Location

Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates					
	River	Reach	RS	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100
1	Mastnik	Sedlcany	1973.853	14.7	21.1	28.8	41.3	52.8

Obr. č. 4-9: Zadané hodnoty N-letých průtoků pro vybraný úsek (Zdroj: autor)

Přidání objektů na toku

Na vybraném úseku se nachází celkem 5 objektů. Jedná se o 2 silniční mosty a 3 lávky. Přidání objektu do programu HEC-RAS se provádí tlačítkem Edit and/or create bridges

and culverts.  Otevře se nové okno a v záložce Options zvolí add a bridge and/or culvert. Nutno vyplnit staničení objektu. Zadání parametrů u každého objektu bylo provedeno nástrojem Edit the bridge deck/roadway .

Parametry:

Distance: vzdálenost od nejbližšího příčného profilu směrem proti proudu toku zmenšenou o polovinu šířky objektu.

Width: šířka objektu

Weir Coef: ponechat výchozí hodnotu 1.4

Station: vzdálenost od levého břehu

High chord: průběh nadmořských výšek vrchní části mostovky

Low chord: průběh nadmořských výšek vnitřní části objektu

Deck/Roadway Data Editor

Distance	Width	Weir Coef
0.754	1.2	1.4

Clear Del Row Ins Row Copy US to DS

Upstream			Downstream			
	Station	high chord	low chord	Station	high chord	low chord
1	58.	331.13	331.13	58.	331.13	331.13
2	60.	331.63	331.31	60.	331.63	331.31
3	62.	331.92	331.31	62.	331.92	331.31
4	64.	332.04	331.31	64.	332.04	331.31
5	66.	332.14	331.31	66.	332.14	331.31
6	68.	332.24	331.31	68.	332.24	331.31
7	70.	332.14	331.31	70.	332.14	331.31
8	72.	332.04	331.31	72.	332.04	331.31

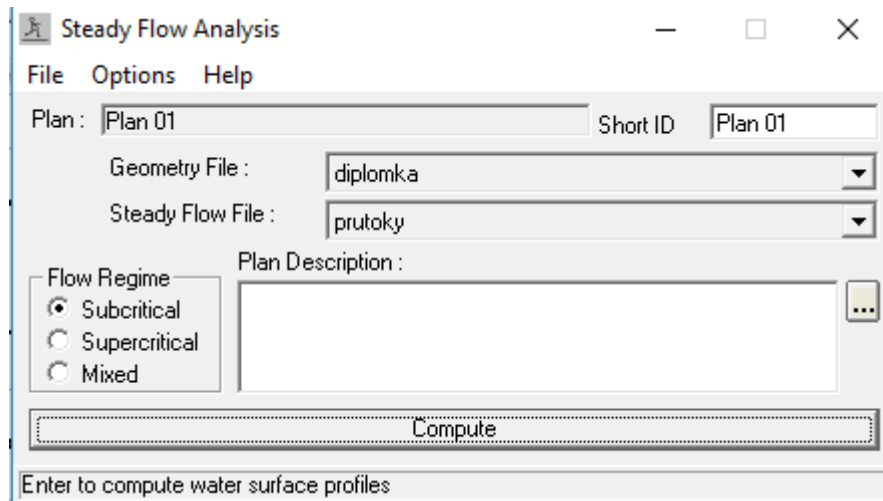
Obr. č. 4-10. Příklad zadání parametrů pontonové lávky

(Zdroj: autor)

Stejným způsobem bylo postupováno i u zbylých 4 objektů.

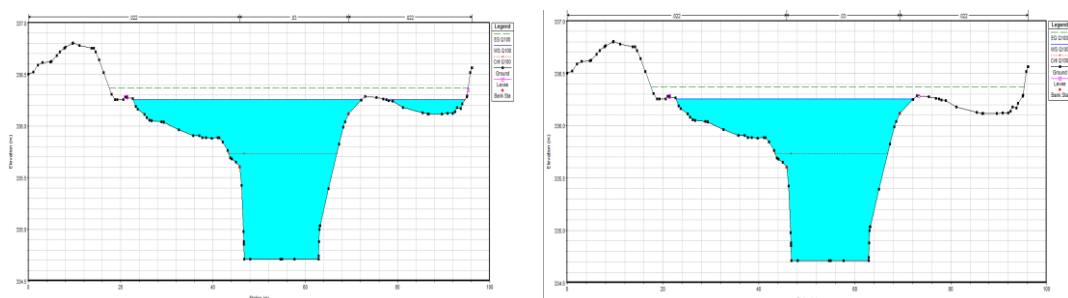
4.2.7 Výpočet hladin velkých vod

Spuštění samotné simulace v režimu podkritického proudění bylo provedeno nástrojem *Run – Steady Flow Analysis*. Výpočet proběhne po kliknutí na možnost *compute*



Obr. č. 4-11: Spuštění simulace podkritického proudění (Zdroj: autor)

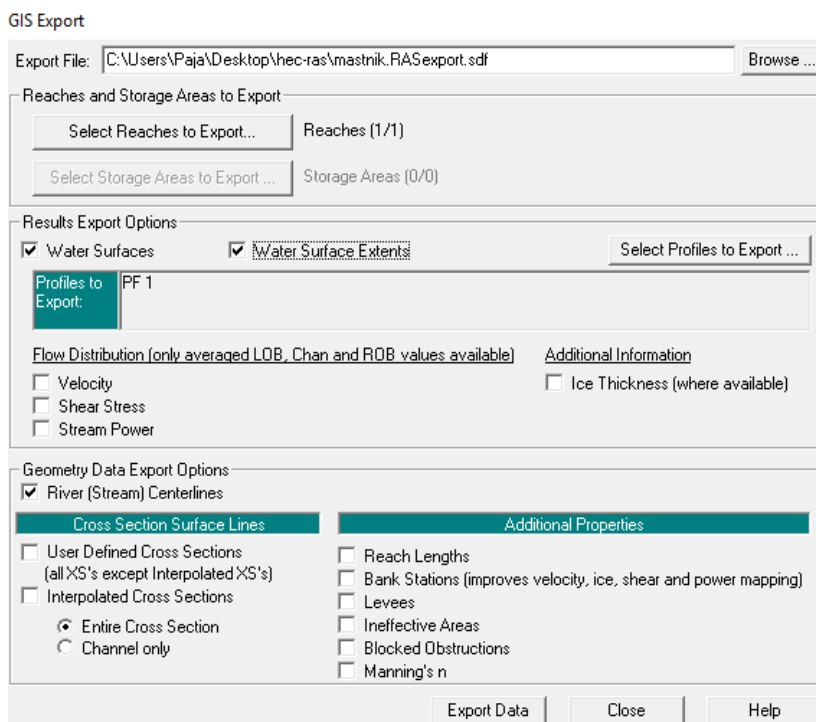
Po proběhnutí výpočtu a prohlídkou výstupů, bylo u některých profilů nutno využít nástroje „leaves“. Modelování zatopených ploch příčných řezů provádí program HEC-RAS dle nadmořských výšek. Nebere v potaz terénní překážky, jež by zvyšující se hladina musela nejprve překonat. Nástroj „leaves“ nám umožní tyto překážky definovat. (obr.)



Obr. č. 4-12: Vlevo výstup před použitím „Leaves“, vpravo po jeho použití (Zdroj: autor)

4.3 Vykreslení záplavového území

Po ukončení simulace byla v záložce File vybrána možnost Export GIS Data.



Obr. č. 4-13: Exportování výsledných dat (Zdroj: autor)

V nově vytvořeném textovém souboru s koncovou *.sdf jsou zaznamenány souřadnice bodů určující hranice záplavového území pro jednotlivé N-leté průtoky. Po částečné úpravě v programu Excel (souřadnice urovnány do 3 sloupců – x, y, z) byla data uložena do 5 textových souborů. Následně byly tyto soubory v ArcCatalogu přes funkci Create Feature Class – From XY table převedeny na bodové vrstvy. Po přidání do programu ArcMap byly vrstvy propojeny linií, které představovaly jednotlivé záplavové čáry. Posledním krokem bylo převedení linií na polygon. Výsledkem jsou záplavová území pro Q_5 , Q_{10} , Q_{20} , Q_{50} , Q_{100} .

5 Výsledky

Přesnost výsledků této práce je závislá především na kvalitě využití vstupních dat. U digitálního modelu 5. generace je stanovena úplná střední chyba výšky 0,18 metru v odkrytém terénu a 0,03 metru v terénu zalesněném. Další nevýhodou těchto dat je neschopnost zaznamenat přesnou geometrii koryta toku. Tato chyba byla částečně eliminována využitím nástroje CroSolver. (ČÚZK, 2016b), (Roub, 2015)

Z výsledné simulace hydrodynamického modelu, byl stanoven rozsah záplavových území pro jednotlivé N-leté průtoky. Tyto výstupy ukazují problémová místa vybraného úseku a umožňují hydrotechnické posouzení mostů a lávek vyskytujících se na zájmovém úseku.

5.1 Posouzení záplavového území jednotlivých N-letých průtoků

Cílem této práce bylo stanovení záplavového území pro pět N-letých průtoků. Vlivem rovinatého území v blízkosti řešeného úseku dochází na některých úsecích k vybřežení už při 5 - leté povodni. Výsledná záplavová území jsou zobrazena v přílohách této práce.

K největším rozlivům vody při povodních dochází před velkým silničním mostem, kde při 10 - leté a větší povodni dochází na pravém břehu k zaplavení pěstebních skleníků, areálu uhelných skladů a několika rodinných domů. Na levém břehu dojde k zaplavení fotbalového hřiště a domků nacházejících se v těsné blízkosti toku.

Další problémová oblast se nalézá v blízkosti lávky u tenisových kurtů. Při větší jak 20 – leté povodni zaplaví voda tenisové kurty a restaurační zařízení.

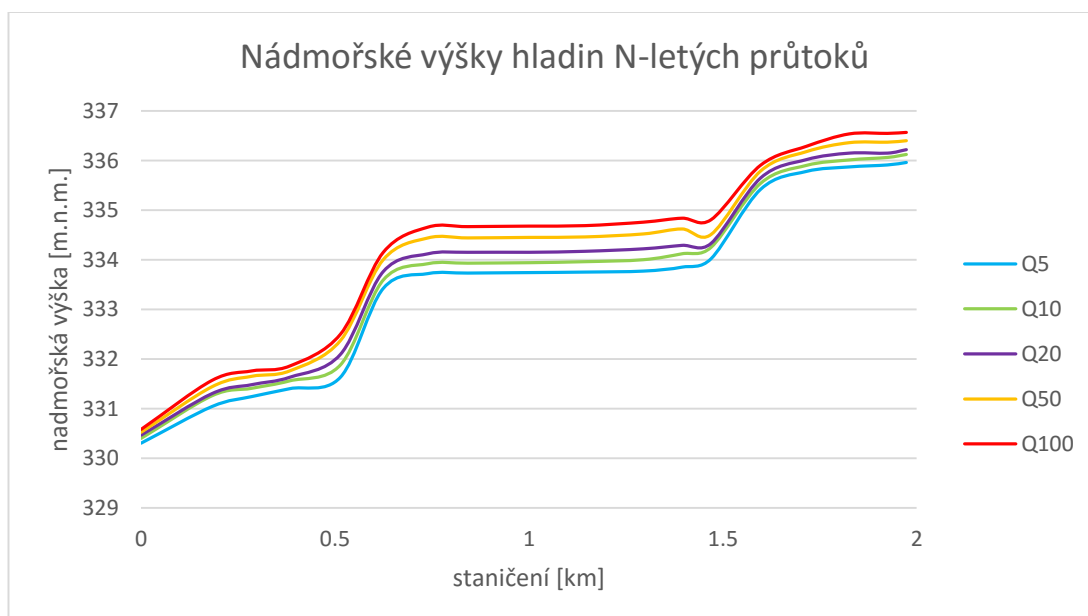
Třetí oblastí je úsek u Sedlčanského kovošrotu. Při stoleté povodni dojde k levostrannému vybřežení vody místy až do vzdálenosti 100 metrů od osy toku.

Poslední je úsek před mostem v Sedlčanské kotlině. Most zde při vyšších povodňových stavem působí lokální vzduť hladiny vlivem nedostatečné kapacity průtočného profilu.

V tabulce níže jsou zaznamenány kóty hladin v jednotlivých profilech pro N-leté povodně.

Profil č.	Kóta hladiny pro N-leté průtoky jednotlivých profilů				
	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀
P1	335,96	336,12	336,22	336,40	336,57
P2	335,91	336,06	336,15	336,37	336,55
P3	335,87	336,01	336,15	336,36	336,54
P4	335,78	335,90	336,02	336,18	336,29
P5	335,42	335,54	335,65	335,79	335,91
P6	334,02	334,25	334,33	334,51	334,81
P7	333,85	334,12	334,29	334,62	334,84
P8	333,77	334,00	334,22	334,52	334,76
P9	333,75	333,96	334,17	334,46	334,69
P10	333,74	333,94	334,15	334,45	334,68
P11	333,73	333,93	334,15	334,44	334,67
P12	333,72	333,92	334,12	334,44	334,66
P13	333,42	333,59	333,76	334,00	334,15
P14	331,63	331,88	332,09	332,37	332,50
P15	331,40	331,56	331,63	331,76	331,86
P16	331,24	331,41	331,48	331,65	331,76
P17	331,04	331,26	331,30	331,44	331,57
P18	330,30	330,40	330,46	330,52	330,58

Tab. č. 5.1: Kóty hladin pro jednotlivé N-leté průtoky



Graf č. 5-1: Graf zobrazující vývoj úrovně hladiny pro Q₅₋₁₀₀

5.2 Hydrotechnické posouzení jednotlivých objektů

Velký silniční most

Staničení ve zvoleném úseku: 1,732 km

Kóta spodní hrana mostovky 336,81 m. n. m.

N-leté průtoky [m ³ /s]	Kóta dosažené hladiny [m. n. m.]
Q ₅	335,80
Q ₁₀	335,92
Q ₂₀	336,06
Q ₅₀	336,24
Q ₁₀₀	336,28

Tab. č. 5.2: Velký silniční most - dosažená úroveň hladiny při N-letých průtocích
(Zdroj: autor)

Spodní hrana mostovky se nachází 52 centimetrů nad úrovní 100 – leté povodně.

Lávka u tenisových kurtů

Staničení ve zvoleném úseku: 1.355 km

Kóta spodní hrany lávky: 333,98

N-leté průtoky [m ³ /s]	Kóta dosažené hladiny [m. n. m.]
Q ₅	333,80
Q ₁₀	334,05
Q ₂₀	334,29
Q ₅₀	334,58
Q ₁₀₀	334,81

Tab. č. 5.3: Lávka u tenisových kurtů - dosažená úroveň hladiny při N-letých průtocích
(Zdroj: autor)

Spodní hrana lávky je umístěna 83 centimetrů pod úrovní 100 – leté povodně.

Pontonová lávka

Staničení ve zvoleném úseku: 0,454 km

Kóta spodní hrany lávky: 331.31

N-leté průtoky [m ³ /s]	Kóta dosažené hladiny [m. n. m.]
Q ₅	331,58
Q ₁₀	331,82
Q ₂₀	332,04
Q ₅₀	332,34
Q ₁₀₀	332,47

Tab. č. 5.4: Pontonová lávka - dosažená úroveň hladiny při N-letých průtocích
(Zdroj: autor)

Spodní hrana lávky je umístěna 1,16 metru pod úrovní 100 – leté povodně.

Lávka v Sedlčanské kotlině

Staničení ve zvoleném úseku: 0,157 km

Kóta spodní hrany lávky: 330,98

N-leté průtoky [m ³ /s]	Kóta dosažené hladiny [m. n. m.]
Q ₅	330,93
Q ₁₀	331,11
Q ₂₀	331,22
Q ₅₀	331,35
Q ₁₀₀	331,47

Tab. č. 5.5: Lávka v Sedlčanské kotlině - dosažená úroveň hladiny při N-letých průtocích
(Zdroj: autor)

Spodní hrana lávky je umístěna 49 centimetrů pod úrovní 100 – leté povodně.

Most v Sedlčanské kotlině

Staničení ve zvoleném úseku: 0,053 km

Kóta spodní hrany lávky: 330,23

N-leté průtoky [m ³ /s]	Kóta dosažené hladiny [m. n. m.]
Q ₅	330,40
Q ₁₀	331,65
Q ₂₀	331,74
Q ₅₀	331,80
Q ₁₀₀	330,94

Tab. č. 5.6: Most v Sedlčanské kotlině - dosažená úroveň hladiny při N-letých průtocích
(Zdroj: autor)

Spodní hrana lávky je umístěna 71 centimetrů pod úrovní 100 – leté povodně.

Shrnutí výsledků:

Objekt	Staničení [km]	Vyhodnocení dle ČSN 73 6201
Velký silniční most	19,555	Vyhovuje
Lávka u tenisových kurtů	19,173	Nevyhovuje
Pontonová lávka	18,268	Nevyhovuje
Lávka v Sedlčanské kotlině	17,968	Nevyhovuje
Most v Sedlčanské kotlině	17,863	Nevyhovuje

Tab. č. 5.7: Výsledné vyhodnocení kapacity řešených objektů dle ČSN 73 6201

6 Závěr

Pro účely této práce byla využita data digitálního modelu terénu České republiky 5. generace poskytnutá Českých zeměměřickým úřadem, která byla následně zpracována. Pro eliminaci chyby vzniklé během leteckého skenování u vodních toků, byl využit softwarový nástroj CroSolver for ArcGIS vyvinut pracovníky Fakulty životního prostředí České zemědělské univerzity v Praze, umožňující zahloubení koryta o hodnotu průtoku naměřenou v den leteckého skenování území. Důvodem bylo neproniknutí laserových paprsků vodní hladinou a nezaznamenání tak geometrie koryta. Pro sestavení hydrodynamického modelu byl využit program HEC-RAS. Výstupem byl textový soubor obsahující souřadnice bodů definující rozliv vod konkrétních N-letých průtoků. Náplní práce bylo stanovení záplavového území pro průtoky simulující 5 - letou, 10 - letou, 20 - letou, 50 - letou a 100 - letou povodeň. Pro vizualizaci výsledků byl využit program ArcGIS.

Z výsledků je patrné, že se na úseku nachází 4 nejvíce problémová místa. Při vyšších povodňových stavech v nich dochází k zatopení nejen okolní vegetace, ale i průmyslových areálů, sportovišť, parkovišť a rodinných domů.

Rovněž bylo provedeno hydrotechnické posouzení objektů dle ČSN 73 6201 zabývající se projektováním mostních objektů. Z 5 zkoumaných mostních konstrukcí vyhovuje pouze velký silniční most v Sedlčanech. Zbylé tři lávky a jeden most nevyhovují. Při stoleté povodni se u nich spodní hrana mostovky nachází pod úroveň hladiny. U pontonové lávky se dokonce spodní hrana mostovky nachází více jak 1 metr pod hladinou.

Je tedy více než zřejmé, že z hydrotechnického hlediska je vybraný úsek ve velmi špatném stavu.

Grafické výstupy této práce by mohly být využity jako informační prostředek pro obyvatele města Sedlčany. Mohou na nich názorně vidět, kam až by mohla dosahovat voda při průtocích blízkým zpracovaným v této práci (Q_5 , Q_{10} , Q_{20} , Q_{50} , Q_{100}).

7 Použitá literatura

ARCDATA, 2016, online: <https://www.arcdata.cz/produkty/arcgis4>, cit. 24. 3. 2016

BOOR, B., KUNŠTÁTSKÝ, J., PATOČKA, C. *Hydraulika pro vodohospodářské stavby*. Praha, SNTL, 1968

BROŽA, V. 2005. *Přehrady Čech, Moravy a Slezka*. Liberec: Knihy 555, ISBN 80-86660-11-7

BROŽA, V., ČIHÁK, F. a SATRAPA, L. 1998. *Hydrotechnické stavby*. První vydání. Praha: Český svaz stavebních inženýrů, 1998. ISBN 80-902460-5-2.

CLARKE, R. T.: *Mathematical models in Hydrology*. Rome: FAO Paper No. 19, 1973

ČSN 73 6201, 2008. *Projektování mostních objektů*. Praha: Český normalizační institut. 76 s.

ČSN 75 2410, 1997: *Malé vodní nádrže*. Praha: Český normalizační institut. 48 s.

ČÚZK , 2016a *Digitální model reliéfu České republiky 4. generace*. online: <http://geoportal.cuzk.cz/%28S%28hcmzbybvscbqr2myo2u2czsa%29%29/Default.aspx?lng=CZ&mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZK-DMR4G-V&mapid=8&menu=301>, cit. 10. 3. 2016

ČÚZK , 2016b *Digitální model reliéfu České republiky 5. generace*. online: http://geoportal.cuzk.cz/%28S%28hcmzbybvscbqr2myo2u2czsa%29%29/Default.aspx?mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZK-DMR5G-V&head_tab=sekce-02-gp&menu=302, cit. 10. 3. 2016

DUŠAN, J. 1984. *Mosty: naše mosty historické a současné*. Nakladatelství dopravy a spojů, 1984. 226 s.

GARY W. BRUNNER, CEIWR-HEC; HEC-RAS River Analysis System User's Manual Version 4.1, 2010; 790 s.

HOLIČ, V., KOZUMPLÍK, R., KRPENSKÁ, L., POKORNÁ, J. 1992. *Trubní propustky pozemních komunikací*. Brno: Dopravoprojekt Brno a.s., 1992. 141 s.

HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER. online:

<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/features.aspx>, cit. 26. 2. 2016

JUREČKA, F. Studie splaveninového režimu na toku Jezerný, Diplomová práce, 2011, 64 s.

KOVÁŘ, P a KŘOVÁK, F. 2002. *Hrazení bystřin*. Praha : Česká zemědělská univerzita v Praze, 2002. ISBN 80-213-0888-5.

KŘOVÁK F., HEC – RAS stručný manuál. Praha: KTI & AquaLogic, 2004, 21 s.

KŘOVÁK, F., KOVÁŘ, P., KADLEC, V.: *Technická protierozní opatření – Hrazení bystřin a strží*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., 2014. 68 s. ISBN 978-80-87361-31-3

KUČERA, V. 2009. *Architektura inženýrských staveb*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2009. ISBN 978-80-247-2504-8

KULHAVÝ, Z., KOVÁŘ, P.: *Využití modelů hydrologické bilance pro malá povodí*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2000, 96.s. ISSN 1211-3972

LANGHAMMER, J.: *Povodně a změny v krajině*. Praha: Karlova univerzita v Praze, Přírodovědecká fakulta. 2007, 350 s. ISBN 978-80-86561-86-8

MILERSKI, R., MIČÍN, J. a VESELÝ, J. 2002. *Vodní stavby*. Brno : CERM, 2002. ISBN 80-214-2896-1.

NOVÁK, P., ROUB, R., HEJDUK, T. *Využití hydrologického měření při tvorbě hydrodynamických modelů z dat leteckého laserového skenování*. Vodní hospodářství. Roč. 61, č. 8, s. 297-303. 2011, ISSN: 1211-0760

NOVÁK, P.: *Využití hydrologického měření při schematizaci koryt vodních toků pro potřeby hydrodynamických modelů na podkladě dat leteckého laserového skenování*; VÚMOP, v.v.i, 2015. 54 s.

PATOČKA, C., MACURA, L., *Úpravy toků*. Praha: SNTL, 1989, 397 s.

POVODÍ VLTAVY, 2014. *Souhrnná zpráva o povodni v dílčích povodích, Horní Vltavy, Berounky, Dolní Vltavy a ostatních přítoků Dunaje – Povodeň 2013*, Praha: Centrální vodohospodářský dispečink

POVODÍ VLTAVY, *Technická zpráva vodního toku Mastník*. 2006, 10 s.

RAGHUNATH, H. M. *Hydrology – Principles, Analysis, Design*. New Age International (P) Ltd., Publishers. 2006. ISBN 81-224-2332-9

RAPANT, P. *Geoinformatika a geoinformační technologie*. Ostrava: Institut geoinformatiky, VŠB, 2006, 513 s., ISBN 80-248-1264-9

RAPLÍK, M. et al. *Úprava tokov*. Bratislava: Alfa, 640 s.

ROUB, R. HEJDUK, T., NOVÁK, P. *Využití dat z tvorby nového výškopisu území České republiky metodou leteckého laserového skenování při analýze a mapování povodňových rizik*. Geodetický a kartografický obzor – ročník 58/100, 2012

ROUB, R., URBAN, F., HAVLÍČEK V., NOVÁK P., HEJDUK T., BUREŠ, L., REIL, A.: *Vývoj softwarových nástrojů CroSolver a CroSolver for ArcGIS pro přípravu výpočetní tratě*

hydrodynamických modelů. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace 1/2005, 2015

ŠÁLEK, J. Malé vodní nádrže a životní prostředí. 1. vyd. Brno: Dům techniky ČSVTS, 1987. 72 s.

ŠÁLEK, J., MIČÍN, J., HLAVÍNEK, P. a kol. 2001 Vodní stavitelství. Brno: CERM, 147 s. ISBN 80-214-2068-5

ŠEBESTA, J. Navigační systémy, Brno: Vysoké učení technické v Brně 2012. 132 s. ISBN 978-80-214-4500-0

THOŘ, Z. 1981. *Vodohospodářské stavby*. Praha : SNTL Nakladatelství technické literatury, 1981. ISBN 04-817-81.

TLAPÁK, V. a HERYNEK, J. Malé vodní nádrže. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2002. 198 s. ISBN 80-7157-635-2

Vyhláška 236/2002 Sb.: Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 236/2002 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovení záplavových území. Online: [http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/ostatni/Legislativa-statni_uplna-
nzeni_vyhlaska-2002-236-stanoveni-zaplavovych-uzemi.html](http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/ostatni/Legislativa-statni_uplna-
nzeni_vyhlaska-2002-236-stanoveni-zaplavovych-uzemi.html), cit. 7. 2. 2016

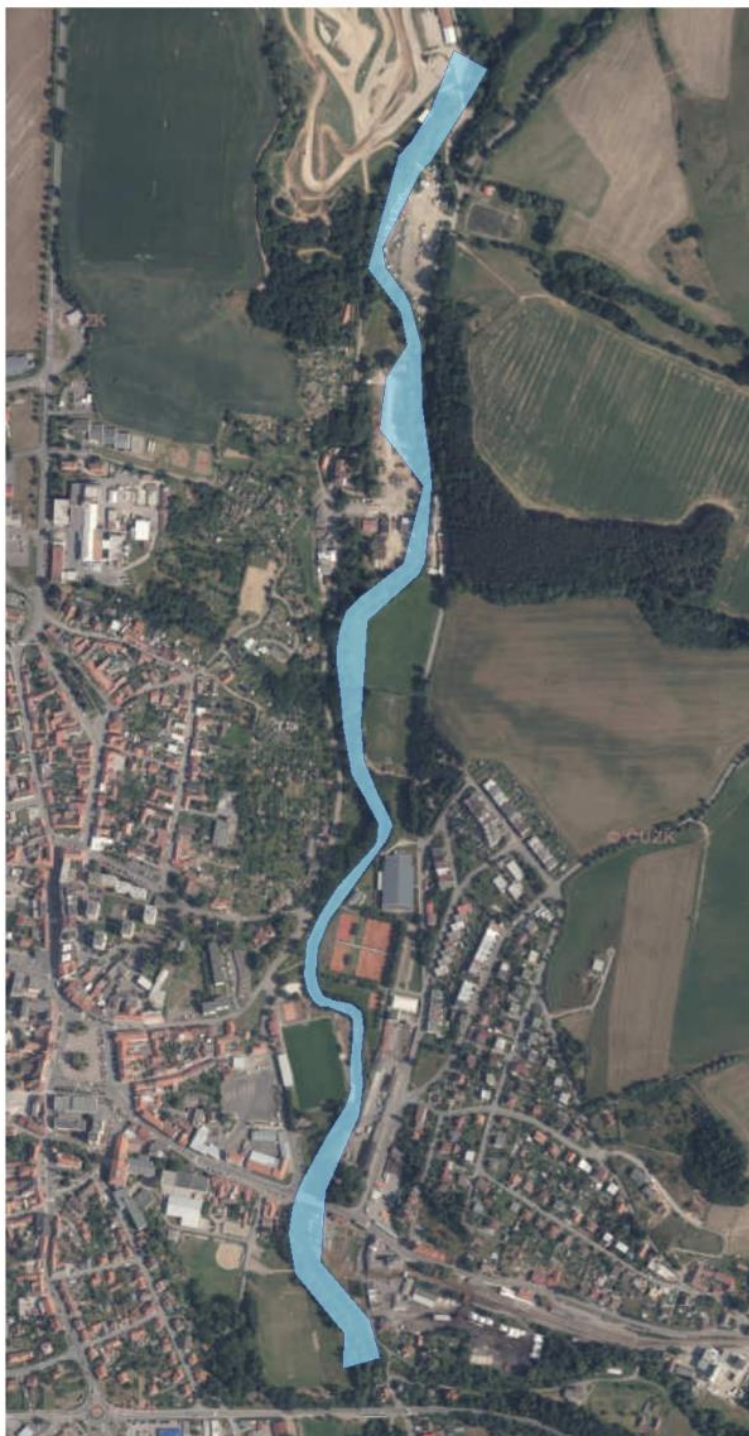
WARNER J. C., BRUNNER, G. W., WOLFE B.C. et Piper S. S. *HEC-RAS, River Analysis System Applications Guide*. Davis: US Army Corps of Engineers, 2010, 351 s.

WEHR, A., LOHR, U. Airborne laser scanning – an introduction and overview. Ravensburg: ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 54, 1999 s. 68-82

Zákon č. 254/2001 Sb. *Vodní zákon*: online: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254#cast1>, cit. 13. 2. 2016

Příloha 1: Záplavové území zájmového úseku pro 5 - letý průtok

0 250 500
m



1:10 000

 Q5

Autor: Pavlína Čápková
Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta životního prostředí

Příloha 2: Záplavové území zájmového úseku pro 10 - letý průtok

0 250 500
m



1:10 000

 Q10

Autor: Pavlína Čápková
Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta životního prostředí

Příloha 3: Záplavové území zájmového úseku pro 20 - letý průtok

0 250 500
m



1:10 000

 Q20

Autor: Pavlína Čápková
Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta životního prostředí

Příloha 4: Záplavové území zájmového úseku pro 50 - letý průtok

0 250 500
m



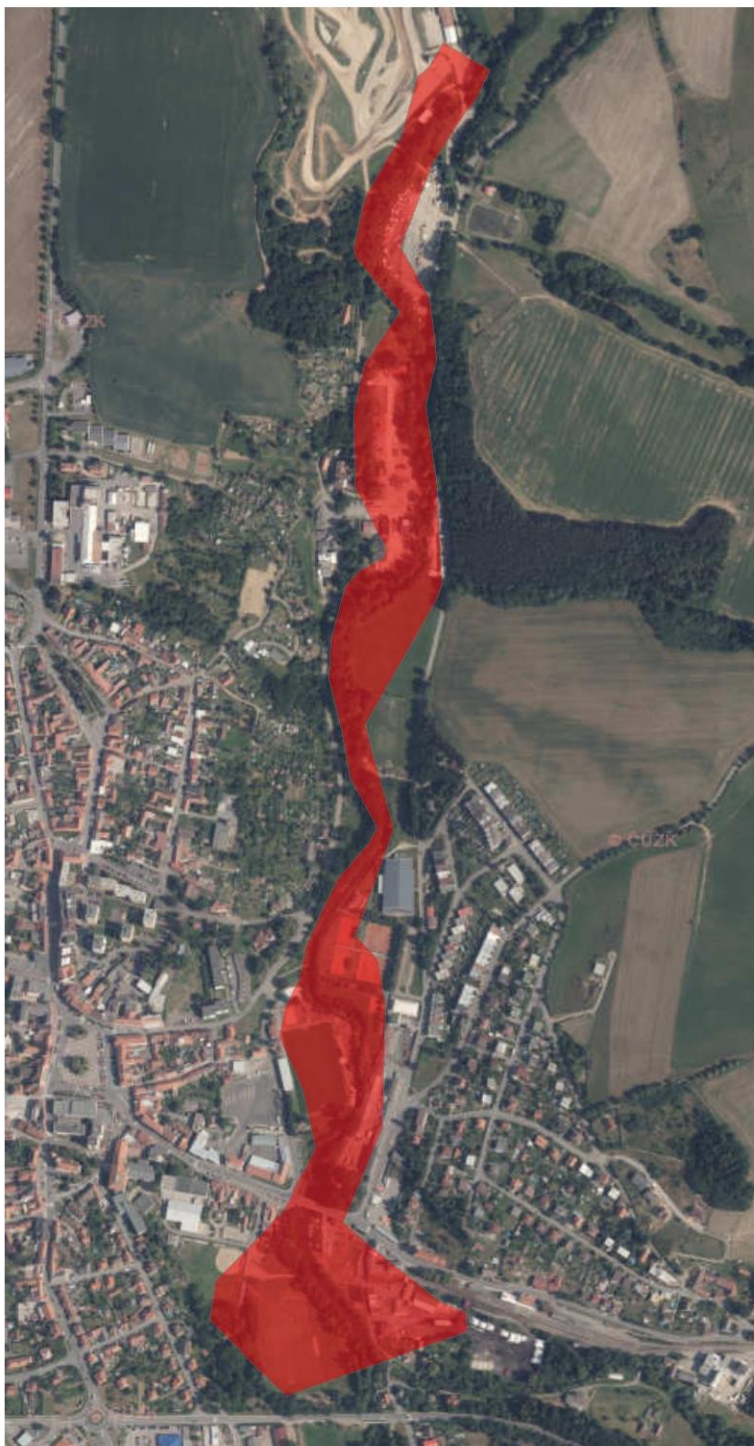
1:10 000

 Q50

Autor: Pavlína Čápková
Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta životního prostředí

Příloha 5: Záplavové území zájmového úseku pro 100 - letý průtok

0 250 500
m



1:10 000

 Q100

Autor: Pavlína Čápková
Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta životního prostředí