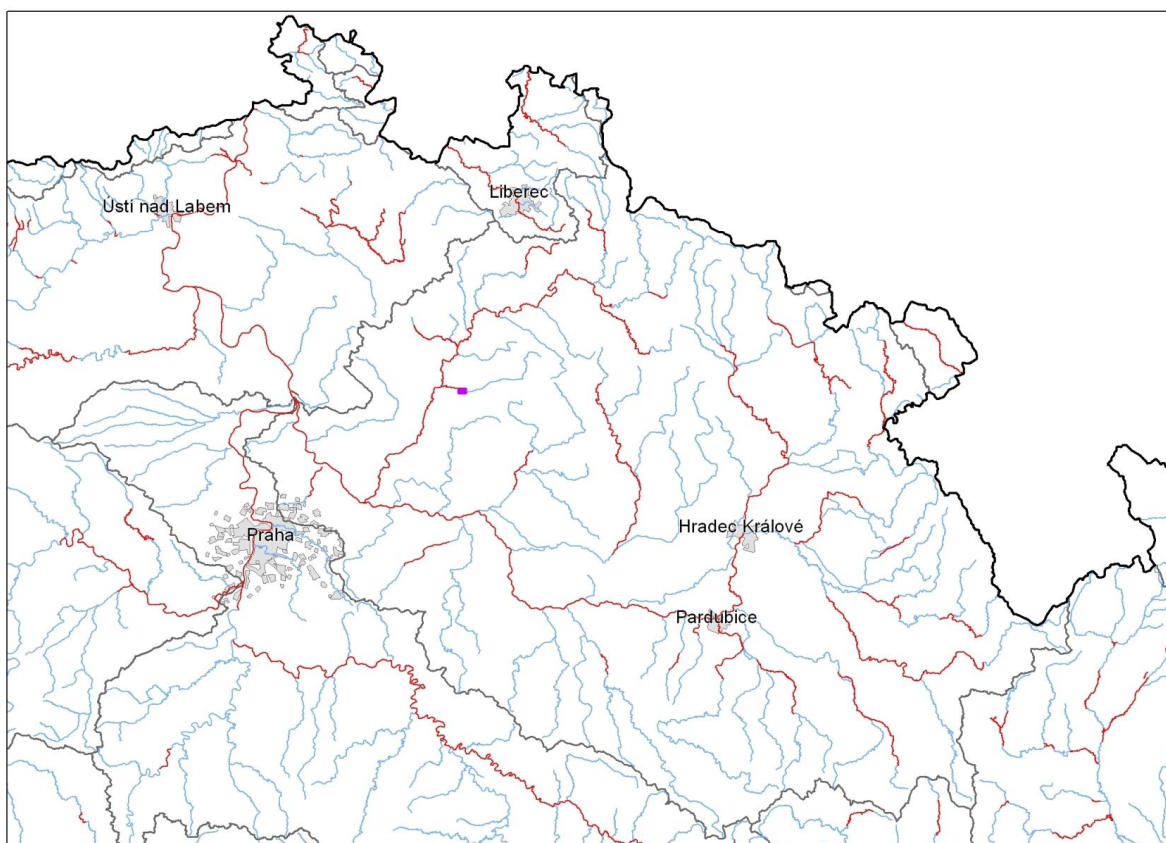

TVORBA MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK V OBLASTI POVODÍ HORNÍHO A STŘEDNÍHO LABE A UCELENÉHO ÚSEKU DOLNÍHO LABE

DÍLČÍ POVODÍ HORNÍHO A STŘEDNÍHO LABE

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

KLENICE - 10100168_2 - Ř. KM 4,000 - 6,000 (PL-8-2)



PROSINEC 2012



OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

Pro vodu,
vzduch a přírodu

TVORBA MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK V OBLASTI POVODÍ HORNÍHO A STŘEDNÍHO LABE A UCELENÉHO ÚSEKU DOLNÍHO LABE

DÍLČÍ POVODÍ HORNÍHO A STŘEDNÍHO LABE

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

KLENICE - 10100168_2 - Ř. KM 4,000 - 6,000 (PL-8-2)

Pořizovatel:



Povodí Labe, státní podnik
Víta Nejedlého 951
Hradec Králové
500 03

Zhotovitel: sdružení „VRV + HDP + DHI“



Vodohospodářský rozvoj a výstavba a. s.
Nábřeží 4
Praha 5
150 56



Sweco Hydroprojekt a.s.
Táborská 31
Praha 4
140 16



DHI a.s.
Na Vrších 1490/5
Praha 10
100 00



OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

Pro vodu,
vzduch a přírodu

Řešitel:



Sweco Hydroprojekt a.s.
Táborská 31
Praha 4
140 16

V PRAZE, PROSINEC 2012.

Obsah:

1	Základní údaje	8
1.1	Seznam zkratk a symbolů	8
1.2	Cíle prací	8
1.3	Předmět práce	8
1.4	Postup zpracování a metoda řešení	8
2	Popis zájmového území	10
2.1	Všeobecné údaje	10
2.2	Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)	11
3	Přehled podkladů	12
3.1	Topologická data	12
3.1.1	Vytvoření (aktualizace) DMT	12
3.1.2	Mapové podklady	12
3.1.3	Geodetické podklady	13
3.2	Hydrologická data	13
3.3	Místní šetření	13
3.4	Doplňující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura	14
3.5	Normy, zákony, vyhlášky	14
3.6	Vyhodnocení a příprava podkladů	14
4	Popis koncepčního modelu	15
4.1	Schematizace řešeného problému	15
4.2	Posouzení vlivu nestacionarity proudění	15
4.3	Způsob zadávání OP a PP	15
5	Popis numerického modelu	16
5.1	Použité programové vybavení	16
5.2	Vstupní data numerického modelu	16
5.2.1	Morfologie vodního toku a záplavového území	16
5.2.2	Drsnosti hlavního koryta a inundačních území	16
5.2.3	Hodnoty okrajových podmínek	17
5.2.4	Hodnoty počátečních podmínek	17
5.2.5	Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat	17
5.3	Popis kalibrace modelu	17
6	Výstupy z modelu	18
6.1	Záplavové čáry pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	22
6.2	Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	22
6.3	Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	22
6.4	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	22

1 Základní údaje

1.1 Seznam zkratek a symbolů

Tabulka 1 – Seznam zkratek a symbolů

Zkratka	Vysvětlení
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
DMT	Digitální model terénu
S_JTSK	Souřadný systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
Bpv	Výškový systém Balt po vyrovnání
ZÚ	Záplavová území
1D model	Matematický model jednorozměrného proudění
VÚV TGM	Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, v.v.i.
PPO	Protipovodňová opatření
ZM-10	Základní mapa 1 : 10 000
ZABAGED®	Základní báze geografických dat – digitální topografický model
GIS	Geografický informační systém
SZU	Stanování záplavových území
AKM	Administrativní kilometráž správce vodního toku

1.2 Cíle prací

Cílem prací je vyjádření povodňového nebezpečí na základě stanovení těchto charakteristik průběhu povodně:

- hranice rozlivů,
- hloubky vody v záplavovém území,
- rychlosti proudění vody v záplavovém území.

Podstatou vyjádření povodňového nebezpečí je určení prostorového rozdělení uvedených charakteristik povodně a zpracování těchto údajů do podoby tzv. map povodňového nebezpečí. Ty slouží v dalším kroku jako podklad pro vyjádření povodňového rizika semikvantitativní metodou uvedenou v „Metodice tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik“.

1.3 Předmět práce

Předmět práce zahrnuje tyto činnosti:

- Popis postupů souvisejících se zajištěním vstupních podkladů – stávající + nové (dodatečné zaměření profilů, objektů atd.)
- Sestavení (aktualizace) hydrodynamických modelů a příslušné simulace
- Zpracování výsledků numerického modelování a vytvoření map povodňového nebezpečí (mapy rozlivů, hloubek a rychlostí).

1.4 Postup zpracování a metoda řešení

Výchozím podkladem při zajišťování vstupů pro sestavení hydraulického modelu bylo geodetické zaměření, které bylo poskytnuto pořizovatelem. Jedná se o zaměření obce Řepov z roku 2007 od firmy GEOŠRAFO s.r.o.

Po prostudování poskytnutých dat byl proveden terénní průzkum s cílem zjistit, zda poskytnutý rozsah geodetického zaměření je dostatečný pro hydraulické modelování a aktuální nebo bude třeba provést dodatečné zaměření. V průběhu terénního průzkumu byla pořízena nová fotodokumentace vybraných profilů a objektů. Na základě místního šetření bylo shledáno původní zaměření za nedostatečné, a bylo nutné provést dodatečné zaměření u 7 příčných profilů a 2 objektů.

Od ČHMÚ byla objednána aktuální hydrologická data (N-leté průtoky) pro scénáře Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} .

Sestavení hydraulického modelu.

Na řece Klenici jsou vymezeny 2 oblasti s potenciálně významným povodňovým rizikem a to v rozsahu pd ř.km 0,00 až do ř.km 6,00. Tyto oblasti na sebe navzájem navazují a jedná se konkrétně o úseky toků PL-08-1 ř.km 0,00 – 4,00 a PL-08-2 ř.km 4,00 – 6,00. Jelikož se jedná o dva krátké návazné úseky, byl proto vytvořen jen jeden hydraulický model pro lepší získání výsledků. V daném rozsahu nebyly k dispozici žádné kalibrační značky.

Hydraulické charakteristiky proudění v zájmové oblasti toku byly simulovány matematickým modelem HEC – RAS 4.1.0 včetně jeho nadstavby pro GIS GeoRAS.

Hlavním podkladem pro generování vstupů pro HEC – RAS byl digitální model terénu (DMT) ve formátu TIN. DMT zájmové oblasti byl sestaven z dat bodů 5G, který byl zpřesněn o vymodelované dno koryta včetně objektů v korytě. Koryto bylo vystaveno pomocí lineární interpolace zaměřených říčních příčných profilů s akceptováním směrového vedení toku. Již zmíněná nadstavba HEC-RAS GeoRAS, která je extensí ArcGIS vytváří z digitálního modelu terénu geometrický model terénu – dojde k vytvoření 3D říční sítě s 3D souřadnicemi, které jsou pak vstupem pro hydraulický model.

Příčné profily generované z geometrického modelu terénu, byly voleny tak, aby v maximální možné míře postihovaly složitost proudění při povodni. Po importu do HEC – RAS proběhlo další upřesňování tvarů některých profilů podle poznatků z terénního průzkumu. Takto upravené profily byly dále vymezeny na aktivní a neaktivní zóny pro jednotlivé návrhové průtoky.

Drsnosti koryta jsou do řešení zahrnuty Manningovým součinitelem drsnosti n . Hodnoty lze zadávat v různých bodech příčného profilu, daná hodnota pak platí, až k bodu další změny hodnoty parametru n . Základní postup zavádí moduly průtoků pro pásy příčného profilu mezi místy změn hodnot zadávaných drsností. Z dílčích hodnot modulů průtoků získává program hodnoty modulů průtoků pro levou a pravou inundaci a tyto hodnoty pak přičítá k modulu průtoků vlastního koryta. Rozdělení průtoků bylo počítáno v dílčích pásech jak vlastního koryta, tak i obou inundací včetně stanovení rozdělení rychlostí. Model tedy poskytne, kromě dalších hydraulických charakteristik i charakteristiky rychlostního pole v hlavním korytě i v inundacích.

Jezové objekty a spádové stupně jsou počítány jako přepad přes obecné jezové těleso se zahrnutím součinitele zatopení na základě známé úrovně dolní vody, jež vzešla z výpočtu úseku pod objektem. Mostní objekty jsou počítány až do doby zahlcení jako vlastní profil koryta, po zahlcení jsou pak počítány jako objekty skládající se z kombinace výtoku vody otvorem a přepadu přes širokou korunu – přepad vody přes mostovku. I tyto objekty jsou uvažovány se správnou úrovní dolní vody vzešlou z výpočtu spodního úseku.

V takto sestavené výpočetní trati proběhl výpočet pro zadané povodňové scénáře – Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500} a pomocí RAS Mapperu byly vygenerovány záplavové čáry, které vznikly průnikem vypočtené hladiny v daném příčném profilu s terénem. Rozsah záplavových území byl poté ještě upravován s přihlédnutím na skutečný možný rozliv a znalosti terénního průzkumu.

Rozsah záplavového území je stanoven dle platné vyhlášky Ministerstva životního prostředí č. 236/2002 Sb. pro nerovnoměrné ustálené proudění, což znamená, že nezohledňuje délku trvání povodně ani objem povodňové vlny. Proto i v místech širokých rozlivů hladina odpovídá stanovenému průtoku a tedy nezohledňují transformaci povodňové vlny, ke které může dojít.

Z dosažených výsledků byly pro všechny průtokové stavy Q_N vygenerovány:

- záplavové čáry (hranice rozlivů),
- mapy hloubek,
- mapy rychlostí,
- mapy hladin

na základě kterých byly vytvořeny mapy povodňového nebezpečí.

2 Popis zájmového území

Název toku: Klenice

ID úseku IDVT CEVT: 10100168_2

Číslo hydrologického pořadí toku: 1-05-02-100

Úsek toku: obec Řepov ř.km 4,000 - 6,000

Řeka Klenice pramení jihovýchodně od Libošovic v Českém ráji a teče převážně jihozápadním směrem. Klenice nejprve protéká Prokopským údolím k hradu Kost, následně prostupuje skalnatým údolím přírodní rezervace Plakánek. V tomto úseku napájí rybníky Bílý a Obora. Po opuštění Plakánku protéká mělkým údolím, kde napájí soustavu rybníků a u Bechova krajina mění svůj ráz na rovinu. V Mladé Boleslavi Klenice nejprve protéká lesoparkem Štěpánka a následně industriálním intravilánem, kde se vlévá do Jizery.

Podklady:

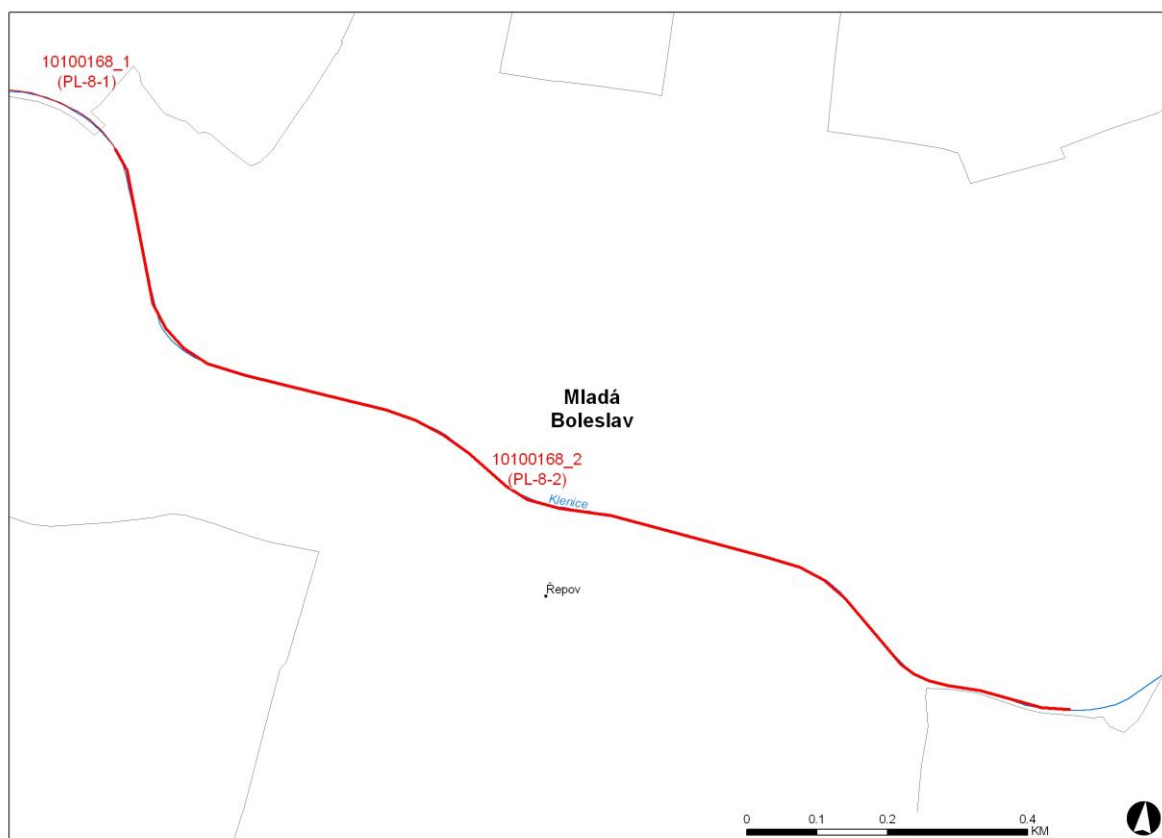
Název toku: zdroj VÚV TGM

ID úseku IDVT CEVT: - zdroj Ministerstvo zemědělství

Číslo hydrologického pořadí toku: zdroj ČHMÚ

Úsek toku: zdroj Povodí Labe, státní podnik

Obrázek 1 – Přehledná mapa řešeného území



2.1 Všeobecné údaje

Posuzovaný úsek toku Klenice byl určen od ř.km 4,00 do ř.km 6,00 dle kilometráže poskytnuté pořizovatelem a přesně vymezen zadanými souřadnicemi S JTSK začátku a konce toku:

začátek úseku: X = 700898.368; Y = 1012739.629

konec úseku: X = 699541.569; Y = 1013535.410

Staničení uvedené ve výpočetním modelu a použité při zpracování map povodňového nebezpečí bylo v řešeném úseku přepočteno podle skutečné délky osy vodního toku. Pro tento daný úsek byl sestaven model od ř.km 0,000 až do ř.km 6,683.

Řešený úsek prochází obcí Řepov.

V intravilánu obce je koryto zpravidla opevněné. V extravilánu obce se jedná o upravené koryto.

Podrobnější popis je uveden v kapitole výše.

2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

Nejsou k dispozici žádné průběhy z historických povodní.

3 Přehled podkladů

V souladu s vyhláškou č. 236/2002 Sb. byly použity pro zpracování návrhu záplavového území tyto podklady. Pravidla pro citace podkladů se řídí dle ČSN ISO 690 (01 0197).

- Základní mapy 1:10 000 – digitální, rastrové - ZAGAGED, poskytlo Povodí Labe, státní podnik.
- Digitální model reliéfu České republiky 4. a 5. generace (DMR 4G a 5G), ČÚZK, 2012
- Geodetické zaměření provedené firmou Geošrafo, s.r.o. v listopadu 2007
- Geodetické zaměření provedené firmou Gefos, a.s. v květnu 2012
- Hydrologická data: n-leté průtoky - ČHMÚ Hradec Králové, 2012
- Podrobný terénní průzkum zpracovatele, uskutečněný v listopadu 2011, zaměřený na zmapování stavu koryta, inundací a objektů na toku
- Zákon č. 257/2001 Sb. - o vodách
- Vyhláška MŽP 236/2002 Sb. – o způsobu a rozsahu zpracování návrhu a stanovování záplavových území
- TNV: 75 2931 - Povodňové plány, 75 2102 - Úpravy potoků, 75 2103 - Úpravy řek, 75 2932 – Navrhování záplavových území
- Metadata poskytnutá Zeměměřičským ústavem k aktuální verzi ZM 10

3.1 Topologická data

Topologická data jsou základním zdrojem, který je potřebný pro sestavení hydrodynamického modelu. Pomocí nich je možné popsat řešené území, sestavit digitální model terénu a vytvořit vhodnou schematizaci modelu. Jednotlivé topologické podklady jsou popsány v následujících kapitolách.

3.1.1 Vytvoření (aktualizace) DMT

Digitální model terénu byl sestaven z DMR 5G a geodetického zaměření. DMT zájmového území se skládá z DMT koryta vodního toku a DMT inundačního území. DMT koryta vodního toku bylo vymodelováno pomocí lineární interpolace zaměřených příčných profilů s akceptováním směrového vedení toku. Vytvoření a složení DMT proběhlo v softwaru společnosti ESRI v ArcGIS pomocí extenze 3D Analyst. Trojúhelníková síť (TIN) DMT se rovněž převedla na georeferencovaný TIF o velikosti pixlu 2 m x 2 m.

Všechny souřadnice DMT jsou v polohopisném systému S_JTSK a výškovém systému Bpv.

3.1.2 Mapové podklady

Pro potřeby studie byla použita Základní mapa České republiky 1:10 000 (ZM 10) aktualizovaná Zeměměřičským úřadem v roce 2011. Jedná se o nejpodrobnější základní mapu středního měřítka.

ZM 10 obsahuje polohopis, výškopis a popis. Předmětem polohopisu jsou sídla a jednotlivé objekty, komunikace, vodstvo, hranice správních jednotek a katastrálních území (včetně územně technických jednotek), hranice chráněných území, body polohového a výškového bodového pole, porost a povrch půdy. Předmětem výškopisu je terénní reliéf zobrazený vrstevnicemi a terénními stupni. Popis mapy sestává z druhového označení objektů, standardizovaného geografického názvosloví, kót vrstevnic, výškových kót, rámových a mimorámových údajů. Obsahem mapových listů je i rovinná pravoúhlá souřadnicová síť a zeměpisná síť. Předměty obsahu mapy jsou znázorněny pouze na území České republiky. Míra generalizace polohopisu je na takové úrovni, že nedochází k rozsáhlejšímu spojování jednotlivých staveb do bloků a ke zjednodušování tvarů. Mapa tak poskytuje velmi podrobnou představu o zobrazovaném území.

Data ZM 10 se stavem aktualizace v roce 2009 a dříve byly odvozovány z vektorových výstupů, které vznikaly v průběhu tvorby vizualizací ZABAGED®. Jejich rasterizací a následnou transformací do souřadnicového systému S-JTSK vznikl obraz státního území, který byl strukturovaný po listech ZM 10. Dalším zpracováním byla pořízena barevná bežešvá rastrová mapa s barevnou hloubkou 4 bit, jednoduchou barevnou paletou a hustotou 400 dpi. Z důvodu nižší kvality rozlišení těchto výstupů bylo v roce 2011 přistoupeno k nahrazení těchto souborů novými rastry, které vznikly přímým odvozením z tiskových podkladů ZM 10. Tyto rastry mají barevnou hloubku 24 bit a

rozlišení 800 dpi. Data ZM 10 se stavem aktualizace v roce 2010 a později jsou odvozovány přímo z postscriptových souborů nové technologické linky. Tyto soubory jsou službou aplikačního serveru rastrovány s rozlišením 800 dpi, barevnou hloubkou 8 bit a jednotnou barevnou paletou. Do doby pokrytí celého území ČR soubory z nové technologické linky budou uživatelům poskytovány vždy obě datové sady. Tvorbu a aktualizaci ZM 10 zajišťuje Zeměměřický úřad.

ZM 10 je distribuována ve formátu TIF po segmentech bežešvé mapy – čtvercích 2x2 km, se stranami rovnoběžnými se souřadnicovými osami S-JTSK. Kromě grafického umístovacího souboru je dodáván textový umístovací soubor TFW a to pro zobrazení S-JTSK / Krovak EN. Tento soubor obsahuje souřadnici levého horního rohu umístovacího čtverce a velikost pixelu v metrech pro dané rozlišení souboru. Předané soubory TIF mají rozlišení 3149x3149 (72DPI).

Nedílnou součástí při konstruování výpočetní sítě byly v r. 2004 – 2006 aktualizované ORTOFOTOMAPY ČR – čtverce 2,5 x 2,0 km ve formátu tif, se stranami rovnoběžnými se souřadnicovými osami S-JTSK. Kromě grafického umístovacího souboru je dodáván textový umístovací soubor TFW a to pro zobrazení S-JTSK / Krovak EN. Tento soubor obsahuje souřadnici levého horního rohu umístovacího čtverce a velikost pixelu v metrech pro dané rozlišení souboru. Předané soubory TIF mají velikost 2500x2000, rozlišení 96 x 96 DPI, hloubku barev 24 bit/pixel.

3.1.3 Geodetické podklady

Pro vytvoření DMT koryta toku bylo použito geodeticky zaměřených příčných profilů, které bylo provedeno v roce 2007 firmou Geošrafo s.r.o. pro potřeby Povodí Labe, státní podnik. Zaměření bylo provedeno v obci Řepov (ř.km 4,40 – 5,70).

Všechny souřadnice jsou v polohopisném systému S_JTSK a výškovém Bpv.

3.2 Hydrologická data

Hydrologická data byla objednána v profilech pro zadané povodňové scénáře Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500} .

Tabulka 2 - N-leté průtoky (Q_N) v $m^3 \cdot s^{-1}$

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Třída přesnosti
ř. km 6.0		6,00	23.6	42.1	71.0	109	III
ústí do Jizery		0,00	26.5	47.5	80.0	123	III

3.3 Místní šetření

Místní šetření bylo provedeno v listopadu 2011, při kterém byla pořízena aktuální fotodokumentace objektů na toku, významných částí toku, charakteru inundačního území a překážek v něm. Toto šetření bylo pro zpracovatele významné z hlediska stanovení drsnostních parametrů použitých v matematickém modelu.

Při místním šetření také proběhla kontrola stávajícího geodetického zaměření, jestli nedošlo ke změně mostních objektů, jestli jsou objekty zaměřené v potřebné míře pro sestavení hydraulického modelu, jestli jsou zaměřené objekty a stavby, které mohou významně ovlivňovat proudění atd. Na základě tohoto šetření bylo zjištěno, že stávající zaměření je nevyhovující a 7 příčných profilů a 2 objekty musí být doměřeny.

Charakter území:

V intravilánu obce je koryto zpravidla opevněné a v extravilánu obce je koryto převážně upravené. Na pravém břehu nad obcí Řepov ovlivňuje inundaci nový železniční val před železničním nádražím a trasa železnice vedena v náspu.

3.4 Doplnující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura

3.5 Normy, zákony, vyhlášky

Postupy zpracování studie byly v souladu s níže uvedenými dokumenty v jejich platném znění:

- [1] ČSN 75 0110 Vodní hospodářství – Terminologie hydrologie a hydroekologie
- [2] ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod.
- [3] Vyhláška MŽP 236/2002 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území.
- [4] Vyhláška č. 470/2001 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků.
- [5] Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.

3.6 Vyhodnocení a příprava podkladů

Poskytnuté topologické a hydrologické podklady plně pokryly zájmové území.

4 Popis koncepčního modelu

Základním požadavkem na zpracování záplavových území je provádění výpočtů metodou ustáleného nerovnoměrného proudění. Pro tento typ výpočtů byl zvolen program HEC RAS 4.1.0 včetně jeho nadstavby pro ARCGIS GeoRAS.

4.1 Schematizace řešeného problému

Schéma modelu je v souladu se SZÚ jednorozměrné (1D). Vzhledem k charakteru toku byla schematizace provedena tak, že příčné profily byly vymezeny na aktivní a neaktivní zóny pro jednotlivé návrhové průtoky. Vzdálenost příčných řezů je nepravidelná a jejich umístění je zaměřeno primárně na charakteristická místa toku, náhlé změny profilu toku, objekty na toku apod. V místech s prizmatickým korytem nebo neměnicí se tratí je vzdálenost řezů větší, v případě objektů nebo náhlých změn tvarů koryta jsou řezy zahuštěny. Takto provedená schematizace je naprosto dostatečná a danému toku a účelu odpovídající.

4.2 Posouzení vlivu nestacionarity proudění

Vliv nestacionarity proudění je ve výpočtech zanedbán a výpočty jsou zpracovány metodou ustáleného nerovnoměrného proudění v souladu s požadavky objednatele.

4.3 Způsob zadávání OP a PP

Jedná se o výpočet nerovnoměrného ustáleného proudění v otevřeném korytě. Do výpočetního modelu se tak zadává okrajová podmínka v dolním výpočtovém profilu v podobě hladiny, v horním výpočtovém profilu v podobě průtoku. V místě významných přítoků, pro které jsou k dispozici hydrologické údaje, se zadává změna průtoku. Jiné okrajové ani počáteční podmínky výpočtu se nezadávají.

Vnitřními podmínkami jsou pak údaje o drsnostních charakteristikách a ztrátových součinitelích.

5 Popis numerického modelu

5.1 Použité programové vybavení

Výpočty byly prováděny metodou ustáleného nerovnoměrného proudění v programu HEC – RAS 4.1.0 včetně jeho nadstavby v GIS GeoRAS.

Základní verze modelu hladinového režimu v otevřených korytech HEC-RAS, (River Analysis System) je jedním z produktů, které v oblasti hydrologie a hydrauliky vyvinul Hydrologic Engineering Center US Army Corps of Engineers. V roce 2000 byl dokončen vývoj nové verze programu, do které byl zařazen model neustáleného proudění HEC-UNET, dnes již ve verzi 4.1.0. Model umožňuje řešení stromových i okružních sítí přirozených otevřených koryt včetně příčných a podélných objektů na toku. Internetová adresa pro další informace je:

<http://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/>

Program umožňuje výpočet nerovnoměrného proudění v otevřených korytech, v ustáleném i v neustáleném režimu. Je integrovaným prostředkem, který umožňuje interaktivní provoz, obsahuje moduly hydraulické analýzy, obsluhy datové báze, vizualizaci vstupních dat i výsledků. Významné jsou jeho možnosti výpočtu objektů na toku, příčných i podélných staveb. Umožňuje numerickou simulaci stromových sítí, bifurkací a okružních říčních systémů. Jako produkt federálního rozsahu, je standardním prostředkem pro plánování, návrh a protipovodňovou ochranu ve Spojených státech.

Základní verze programu HEC-RAS je vyvinuta armádou Spojených států jako federální institucí a je volně šířena po Internetu Nadstavba HEC-GeoRAS je rovněž volně šiřitelná.

5.2 Vstupní data numerického modelu

Hlavním podkladem pro generování vstupů pro HEC – RAS je geometrický model terénu, tj. 3D říční síť s 3D souřadnicemi, které jsou vygenerované pomocí GeoRasu z digitálního modelu terénu v TIN., podrobnější popis, viz výše.

5.2.1 Morfologie vodního toku a záplavového území

Charakter toku byl již podrobně popsán v kap. 3.3 Místní šetření.

Jezové objekty a spádové stupně jsou počítány jako přepad přes obecné jezové těleso se zahrnutím součinitele zatopení na základě známé úrovně dolní vody, jež vzešla z výpočtu úseku pod objektem. Mostní objekty jsou počítány až do doby zahlcení jako vlastní profil koryta, po zahlcení jsou pak počítány jako objekty skládající se z kombinace výtoky vody otvorem a přepadu přes širokou korunu – přepad vody přes mostovku. I tyto objekty jsou uvažovány se správnou úrovní dolní vody vzešlou z výpočtu spodního úseku. Při výpočtu se jeden objekt skládá minimálně ze dvou profilů a to profilu pod objektem, jež slouží pro správné určení dolní vody těsně pod objektem a dále z profilu objektu, jež je uvažován v místě jeho návodní strany, často bývají tyto profily doplněny i profilem nad objektem, jež je umístěn cca 2 – 5 m nad návodní hranou objektu.

Výpis objektů na toku je uváděn ve směru po proudu a je použita administrativní kilometráž správce vodního toku. (toto staničení nesouhlasí se staničením hydraulického modelu)

AKM 4,365	Řepov-cestní
AKM 5,180	Řepov-silniční
AKM 6,660	Kolomuty-silniční

5.2.2 Drsnosti hlavního koryta a inundačních území

Drsnostní charakteristiky použité ve výpočetním modelu jsou zadány pomocí Manningova drsnostního součinitele. Hydraulické drsnosti jsou zadávány v jednotlivých příčných řezech a to v odlišných hodnotách jak pro jednotlivé části inundací, tak i pro jednotlivé části koryta, na základě již výše uvedené pořízené fotodokumentace a rekognoskace terénu. Vliv vegetace je do výpočtů zahrnut vždy v nejméně příznivé situaci, to znamená při plném vegetačním období.

Tabulka 3 - Použité drsnosti dle Manninga v korytě

Popis	n
beton	0,020 – 0,035
dlažba	0,025 – 0,045
tráva	0,035 – 0,045
keře	0,060 – 0,090

Tabulka 4 - Použité drsnosti dle Manninga v inundaci

Popis	n
silnice, chodníky – asfalt, beton	0,020 – 0,025
louky, pole	0,035 – 0,045
stromy, keře	0,060 – 0,120
hustý porost	0,120 - 0,160
zahrady s ploty, zástavba	0,160 – 0,200 nebo vypuštěné z výpočtu

5.2.3 Hodnoty okrajových podmínek

Horní okrajové podmínky tvoří N-leté průtoky v místě významných přítoků. Dolní okrajové podmínky pro jednotlivé průtokové scénáře jsou zadány hladinou, jejíž určení vychází z rovnoměrného proudění na základě známého sklonu dna.

Tabulka 5 - N-leté povodňové průtoky uvažované při hydraulickém řešení

Popis úseku	Úsek toku (ř.km)	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀	Poznámka
od silničního mostu v Kolomutech	6,683 – 3,148	23,6	42,1	71	109	
od soutoku se Zalužanskou vodotečí	3,148 – 0,000	26,5	47,5	80	123	

Tabulka 6 – Hladiny v m.n.m pro dolní okrajovou podmínku

Popis úseku	Úsek toku (ř.km)	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀	Poznámka
ústí do Jizery	0,000	203,28	204,61	205,27	206,11	

5.2.4 Hodnoty počátečních podmínek

Výpočet byl řešen pomocí ustáleného proudění.

5.2.5 Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat

Každý výpočetní model je vždy schematizací skutečnosti. Chyba výsledných vypočtených charakteristik proudění (úroveň hladin, hloubky, rychlosti) je dána superpozicí chyb dat a procesů vstupujících do celého systému. Míra nejistoty tak plyne především z chybných vstupních dat (nedostatečně popsaná topologie území a koryta, chyby v zaměření a zpracování geodetických dat, špatný odhad drsnostních charakteristik a hydraulických odporů, chyby/nejistoty v hydrologických datech).

5.3 Popis kalibrace modelu

Model nebyl kalibrován, neboť nejsou k dispozici kalibrační značky.

6 Výstupy z modelu

Hlavním výstupem z matematického modelu je psaný podélný profil, jež je zpracován pro všechny průtokové epizody a jež je hlavním nástrojem pro tvorbu záplavových čar. Psaný podélný profil kromě vypočtené úrovně hladiny obsahuje i informaci o výšce dna (nejhlubší dno) a je doplněn o poznámku, upřesňující umístění daného příčného řezu.

Tabulka 7 – Psaný podélný profil

Staničení [km]	Úroveň dna [m n.m.]	Q ₅ [m³/s]	H ₅ [m n.m.]	Q ₂₀ [m³/s]	H ₂₀ [m n.m.]	Q ₁₀₀ [m³/s]	H ₁₀₀ [m n.m.]	Q ₅₀₀ [m³/s]	H ₅₀₀ [m n.m.]	Poznámka
0.103	200.6	26.50	203.28	47.50	204.61	80.00	205.27	123.00	206.11	
0.220	200.9	26.50	203.32	47.50	204.63	80.00	205.29	123.00	206.18	
0.225										most v Mladé Boleslavi jev_ID: 400049063 AKM: 0,260
0.227	200.9	26.50	203.33	47.50	204.65	80.00	205.31	123.00	206.19	
0.281	200.8	26.50	203.42	47.50	204.67	80.00	205.33	123.00	206.20	
0.365	201.6								206.26	
0.370										siln. most v Mladé Boleslavi jev_ID: 400049064 AKM: 0,410
0.379	201.6	26.50	203.51	47.50	204.75	80.00	205.53	123.00	206.41	
0.462	201.7	26.50	203.67	47.50	204.85	80.00	205.62	123.00	206.45	
0.574	202.1	26.50	203.89	47.50	205.00	80.00	205.83	123.00	206.67	
0.575										siln. most v Mladé Boleslavi jev_ID: 400049065 AKM: 0,615
0.581	202.1	26.50	203.91	47.50	205.05	80.00	205.87	123.00	206.70	
0.640	202.4	26.50	204.05	47.50	205.11	80.00	205.86	123.00	206.60	
0.650										siln. most v Mladé Boleslavi jev_ID: 400049067 AKM: 0,690
0.655	202.4	26.50	204.11	47.50	205.19	80.00	206.19	123.00	207.65	
0.715	202.4	26.50	204.27	47.50	205.28	80.00	206.30	123.00	207.69	
0.767	202.7	26.50	204.41	47.50	205.41	80.00	206.55	123.00	207.85	
0.770										lávka v Mladé Boleslavi jev_ID: 400049068 AKM: 0,790
0.771	202.7	26.50	204.44	47.50	205.48	80.00	206.54	123.00	207.83	
0.803	202.6	26.50	204.56	47.50	205.53	80.00	206.52	123.00	207.80	
0.845	202.7	26.50	204.69	47.50	205.62	80.00	206.54	123.00	207.82	
0.845										lávka v Mladé Boleslavi jev_ID: 400049069 AKM: 0,870
0.850	202.7	26.50	204.72	47.50	205.74	80.00	206.66	123.00	207.80	
0.992	202.8	26.50	205.12	47.50	206.14	80.00	207.08	123.00	208.15	
1.126	203.3	26.50	205.28	47.50	206.25	80.00	207.24	123.00	208.39	
1.128										most v Mladé Boleslavi jev_ID: 400049070 AKM: 1,165
1.133	203.3	26.50	205.29	47.50	206.36	80.00	207.33	123.00	208.46	
1.191	203.0	26.50	205.37	47.50	206.42	80.00	207.31	123.00	208.45	
1.240	203.6	26.50	205.46	47.50	206.47	80.00	207.33	123.00	208.36	
1.242										most v Mladé Boleslavi jev_ID: 400049071 AKM: 1,270

Staničení [km]	Úroveň dna [m n.m.]	Q ₅ [m³/s]	H ₅ [m n.m.]	Q ₂₀ [m³/s]	H ₂₀ [m n.m.]	Q ₁₀₀ [m³/s]	H ₁₀₀ [m n.m.]	Q ₅₀₀ [m³/s]	H ₅₀₀ [m n.m.]	Poznámka
1.246	203.6	26.50	205.49	47.50	206.50	80.00	207.40	123.00	208.58	
1.292	203.4	26.50	205.57	47.50	206.63	80.00	207.61	123.00	208.83	
1.368	203.6	26.50	205.65	47.50	206.66	80.00	207.63	123.00	208.84	
1.440	203.8	26.50	205.80	47.50	206.73	80.00	207.66	123.00	208.86	
1.595	204.2	26.50	206.16	47.50	206.82	80.00	207.71	123.00	208.88	
1.596										lávka v parku v Mladé Boleslavi jev_ID: 400049072 AKM: 1,610
1.599	204.2	26.50	206.20	47.50	206.84	80.00	207.72	123.00	208.89	
1.651	204.1	26.50	206.32	47.50	206.92	80.00	207.75	123.00	208.90	
1.691	204.5	26.50	206.24	47.50	206.86	80.00	207.72	123.00	208.88	stupeň v parku v Mladé Boleslavi jev_ID: 400108707 AKM: 1,710
1.693										lávka v parku v Mladé Boleslavi jev_ID: 400108697 AKM: 1,710
1.695	204.5	26.50	206.31	47.50	206.92	80.00	207.74	123.00	208.89	
1.771	204.4	26.50	206.50	47.50	207.05	80.00	207.81	123.00	208.93	
1.993	204.8	26.50	206.82	47.50	207.31	80.00	208.01	123.00	209.04	
2.120	205.3								209.19	stupeň v parku v Mladé Boleslavi jev_ID: 400108706 AKM: 2,130
2.121										lávka v parku v Mladé Boleslavi jev_ID: 400108698 AKM: 2,135
2.123	205.3	26.50	207.41	47.50	207.66	80.00	208.25	123.00	209.20	
2.209	205.3	26.50	207.50	47.50	207.79	80.00	208.34	123.00	209.24	
2.295	205.4	26.50	207.51	47.50	207.77	80.00	208.24	123.00	209.07	stupeň v parku v Mladé Boleslavi jev_ID: 400108705 AKM: 2,290
2.300										siln. most v Mladé Boleslavi jev_ID: 400049074 AKM: 2,305
2.311	205.4	26.50	207.56	47.50	207.90	80.00	208.52	123.00	209.53	
2.552	205.3	26.50	207.76	47.50	208.24	80.00	208.95	123.00	209.91	
2.760	205.8	26.50	207.83	47.50	208.33	80.00	209.04	123.00	210.00	
2.761										lávka v Mladé Bloeslavi jev_ID: 400049075 AKM: 2,780
2.763	205.8	26.50	207.85	47.50	208.48	80.00	209.06	123.00	210.01	
2.940	205.7	26.50	208.14	47.50	208.70	80.00	209.27	123.00	210.12	
3.149	205.8	26.50	208.29	47.50	208.82	80.00	209.38	123.00	210.20	
3.357	207.1	23.60	208.21	42.10	208.69	71.00	209.17	109.00	210.00	
3.360										daln. most v Mladé Boleslavi jev_ID: 400049079 AKM: 3,390
3.391	207.1	23.60	208.58	42.10	209.06	71.00	209.62	109.00	210.25	
3.544	206.4	23.60	208.94	42.10	209.44	71.00	210.01	109.00	210.63	
3.647	206.4	23.60	209.01	42.10	209.48	71.00	210.04	109.00	210.63	

TVORBA MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK V OBLASTI POVODÍ HORNÍHO A STŘEDNÍHO LABE A UCELENÉHO ÚSEKU DOLNÍHO LABE
B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

Staničení [km]	Úroveň dna [m n.m.]	Q ₅ [m³/s]	H ₅ [m n.m.]	Q ₂₀ [m³/s]	H ₂₀ [m n.m.]	Q ₁₀₀ [m³/s]	H ₁₀₀ [m n.m.]	Q ₅₀₀ [m³/s]	H ₅₀₀ [m n.m.]	Poznámka
3.753	206.6	23.60	209.07	42.10	209.51	71.00	210.05	109.00	210.62	
3.856	206.8	23.60	209.24	42.10	209.70	71.00	210.25	109.00	210.83	
4.026	206.7	23.60	209.35	42.10	209.78	71.00	210.30	109.00	210.88	
4.132	206.9	23.60	209.44	42.10	209.88	71.00	210.33	109.00	210.89	
4.251	207.1	23.60	209.47	42.10	209.91	71.00	210.36	109.00	210.90	
4.344	207.4	23.60	209.48	42.10	209.88	71.00	210.28	109.00	210.84	
4.345										mostek u Vodíc jev_ID: 400049082 AKM: 4,365
4.350	207.4	23.60	209.49	42.10	209.92	71.00	210.39	109.00	210.93	
4.401	207.3	23.60	209.56	42.10	210.05	71.00	210.57	109.00	211.06	
4.554	207.3	23.60	209.66	42.10	210.12	71.00	210.63	109.00	211.11	
4.715	207.2	23.60	209.76	42.10	210.18	71.00	210.68	109.00	211.16	
4.853	207.3	23.60	209.92	42.10	210.31	71.00	210.77	109.00	211.23	
4.904	207.3	23.60	209.98	42.10	210.38	71.00	210.83	109.00	211.30	
5.006	207.7	23.60	210.02	42.10	210.41	71.00	210.86	109.00	211.32	
5.036	207.6	23.60	210.04	42.10	210.42	71.00	210.87	109.00	211.33	
5.098	208.0	23.60	210.08	42.10	210.44	71.00	210.88	109.00	211.34	
5.191	208.3	23.60	210.13	42.10	210.42	71.00	210.65	109.00	210.45	
5.195										siln. most v Řepově jev_ID: 400049083 AKM: 5,180 (F2)
5.201	208.3	23.60	210.16	42.10	210.52	71.00	211.04	109.00	211.75	
5.223	208.2	23.60	210.29	42.10	210.75	71.00	211.38	109.00	212.13	
5.296	208.1	23.60	210.35	42.10	210.80	71.00	211.42	109.00	212.16	
5.383	207.8	23.60	210.41	42.10	210.86	71.00	211.46	109.00	212.18	
5.489	208.1	23.60	210.44	42.10	210.80	71.00	211.35	109.00	212.15	
5.539	208.4	23.60	210.66	42.10	211.13	71.00	211.69	109.00	212.29	
5.640	208.5	23.60	210.70	42.10	211.16	71.00	211.71	109.00	212.30	
5.782	208.4	23.60	210.76	42.10	211.19	71.00	211.73	109.00	212.31	
5.892	208.6	23.60	210.82	42.10	211.24	71.00	211.75	109.00	212.33	
6.420	208.9	23.60	211.33	42.10	211.56	71.00	211.92	109.00	212.41	
6.675	209.7	23.60	211.53	42.10	211.69	71.00	211.49	109.00	212.15	
6.680										siln. most v Kolomutech jev_ID: 400049088 AKM: 6,660
6.684	209.7	23.60	211.56	42.10	211.79	71.00	211.90	109.00	213.09	

6.1 Záplavové čáry pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}

Z vypočítaných úrovní hladiny v jednotlivých profilech byl interpretován průběh záplavové čáry. Z tohoto znázornění a z průběhu hladin v podélném profilu je patrný rozsah zatápených ploch a objektů. Dále se tímto způsobem zjistí překážky průtoku, které působí patrné vzdutí hladiny, jejichž odstraněním nebo rekonstrukcí je možno rozsah zátop redukovat.

Záplavové čáry jsou vyneseny na podkladě rastrové Základní mapy ČR v měřítku 1:10 000. Zakreslení záplavových čar, zejména mimo zaměřené příčné profily, zahrnuje nepřesnosti použité mapy. Snahou vyliditovat nepřesnosti je užití bodového pole z DMT mimo zaměřené příčné profily. Při posouzení konkrétního místa je tedy rozhodující kóta hladiny odvozená z podélného profilu a skutečná nadmořská výška terénu posuzovaného místa.

Při aplikaci výsledků výpočtu je nutno si uvědomit, že přírodní třírozměrný v čase proměnný děj je popisován stacionárním jednorozměrným matematickým výpočtem s použitím mnoha zjednodušujících předpokladů a odhadů. Přesnost výpočtu je limitována zejména hustotou příčných profilů použitých k výpočtu a odhadem drsnostního součinitele.

Hodnoty úrovně hladin získané interpolací mezi jednotlivými výpočtovými příčnými profily nemusí odpovídat skutečnosti.

Nejsou zde postiženy jevy běžně se vyskytující při povodních - hladina v inundaci nemusí být v jednom příčném profilu stejná jako v korytě, v obloucích dochází k příčnému převýšení hladiny, hladina je rozvlněná, atd.

Výpočet je proveden pro ideální stav koryta. Není započítáno ucpání průtočného profilu plaveným materiálem, které hrozí zejména v mostních profilech. Vliv na proudění má i sezónní stav vegetačního pokryvu, při výpočtu bylo uvažováno s vegetací v plném vegetačním období.

Výsledky tohoto výpočtu nejsou neměnné. Může dojít ke změnám vlivem zpřesnění topografických podkladů, změny hydrologických údajů, použitím přesnějších výpočetních modelů, nebo vlivem změn v průtočném profilu toku.

Výčet obcí dotčených maximálním rozlivem při Q_{500} :

Řepov

6.2 Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}

Určení hloubek pro jednotlivé povodňové scénáře je provedeno v HEC-RAS pomocí nadstavby GeoRAS, která je extensí ArcGIS. Hloubka je vypočtena jako rozdíl digitálního modelu hladiny a digitálního modelu terénu. Výsledkem je rastr hloubek o velikosti pixelu 2 m x 2 m. Mapa hloubek se následně ořízne záplavovou čarou pro daný scénář.

6.3 Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}

Při výpočtu nerovnoměrného proudění byly z výpočetního programu HEC-RAS exportovány pro jednotlivé profily a jednotlivé průtokové epizody průměrné průřezové rychlosti pro koryto a pravou a levou inundaci. Takto získané hodnoty rychlostí pak byly v GIS přiřazeny jako bodová informace daného příčného řezu.

6.4 Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů

Jak bylo uvedeno výše, výpočetní model 1D je vždy schematizací skutečnosti. Hlavní míra nejistoty však neplyne ze špatného odhadu drsnostních charakteristik, nebo nedostatečně popsané topologie území a koryta, ale ze vstupních průtokových dat, jejichž přesnost je nezdídka v rozmezí $\pm 40 - 60\%$ dle uvedené třídy přesnosti. Dalším již zmíněným faktorem, s ním model nepočítá, je množství plavenin, které postupují tokem při povodni, ať už se jedná například o ledové kry nebo antropogenní materiál či dřevní hmotu. Tyto plaveniny, pak zejména v prostoru objektů mohou způsobit naprosto převratné změny průtočného profilu (částečné nebo úplné ucpání), které pak mají na průběh hladiny zásadní vliv.

Pokud však odhlédneme od nejistot způsobených nepřesnými hydrologickými daty a budeme vztahovat rozsah záplavového území ke konkrétnímu průtoku (a nikoliv k deklarované četnosti povodně) a budeme postupovat v souladu s Metodikou stanovení SZÚ, tedy výpočet bez plavenin, můžeme konstatovat, že vypovídací schopnost modelu je značně vysoká. Největší ovlivnění hladin nastává v místech objektů, jejichž nesprávné posouzení, či špatně provedený výpočet ve vztahu k zatopení dolní vodou, má na úroveň hladiny zásadní vliv. Poměrně významné je i ovlivnění výpočtu chybně umístěnými dílčími profily v příčném řezu, naopak chybný odhad drsnosti byt' v řádu desítek procent se ve volné trati dramaticky neprojeví.