



OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

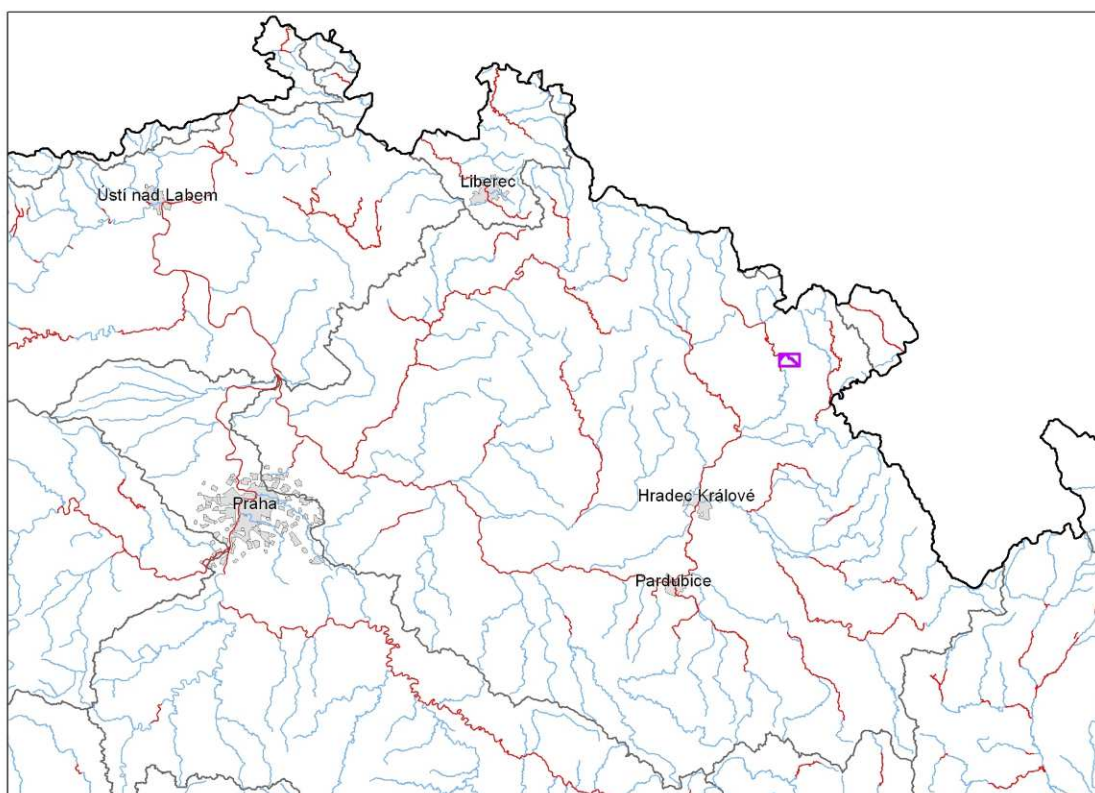
Pro vodu,
vzduch a přírodu

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

DÍLČÍ POVODÍ HORNÍ A STŘEDNÍ LABE

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

RTYŇKA - 10101242_1 - Ř. KM 0,000 - 7,500 (PL-23)



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 HORNÍ A STŘEDNÍ LABE

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

RTYŇKA - 10101242_1 - Ř. KM 0,000 - 7,500 (PL-23)

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:



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

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	9
2.1	Všeobecné údaje	10
2.2	Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)	10
3	Přehled podkladů	11
3.1	Topologická data	11
3.1.1	Vytvoření (aktualizace) DMT	11
3.1.2	Mapové podklady	11
3.1.3	Geodetické podklady	11
3.2	Hydrologická data	12
3.3	Místní šetření	12
3.4	Doplňující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura	13
3.5	Normy, zákony, vyhlášky	13
3.6	Vyhodnocení a příprava podkladů	13
4	Popis koncepčního modelu	14
4.1	Schematizace řešeného problému	14
4.2	Posouzení vlivu nestacionarity proudění	15
4.3	Způsob zadávání OP a PP	16
5	Popis numerického modelu	17
5.1	Použité programové vybavení	17
5.2	Vstupní data numerického modelu	17
5.2.1	Morfologie vodního toku a záplavového území	17
5.2.2	Drsnosti hlavního koryta a inundačních území	20
5.2.3	Hodnoty okrajových podmínek	20
5.2.4	Hodnoty počátečních podmínek	22
5.2.5	Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat	22
5.3	Popis kalibrace modelu	23
6	Výstupy z modelu	24
6.1	Záplavové čáry pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	24
6.2	Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	24
6.3	Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	24
6.4	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	25

1 Základní údaje

1.1 Seznam zkratek a symbolů

Tabulka – Seznam zkratek a symbolů

Zkratka	Vysvětlení
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
DMT	Digitální model terénu
JTSK	Souřadný systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
SOP	Studie odtokových poměrů
VÚV TGM	Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, v.v.i.
ZÚ	Záplavová území
RD	Realizační dokumentace (stavby)
MŘ	Manipulační řád
MVE	Malá vodní elektrárna
OP, PP	Okrajová podmínka, počáteční podmínka

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).

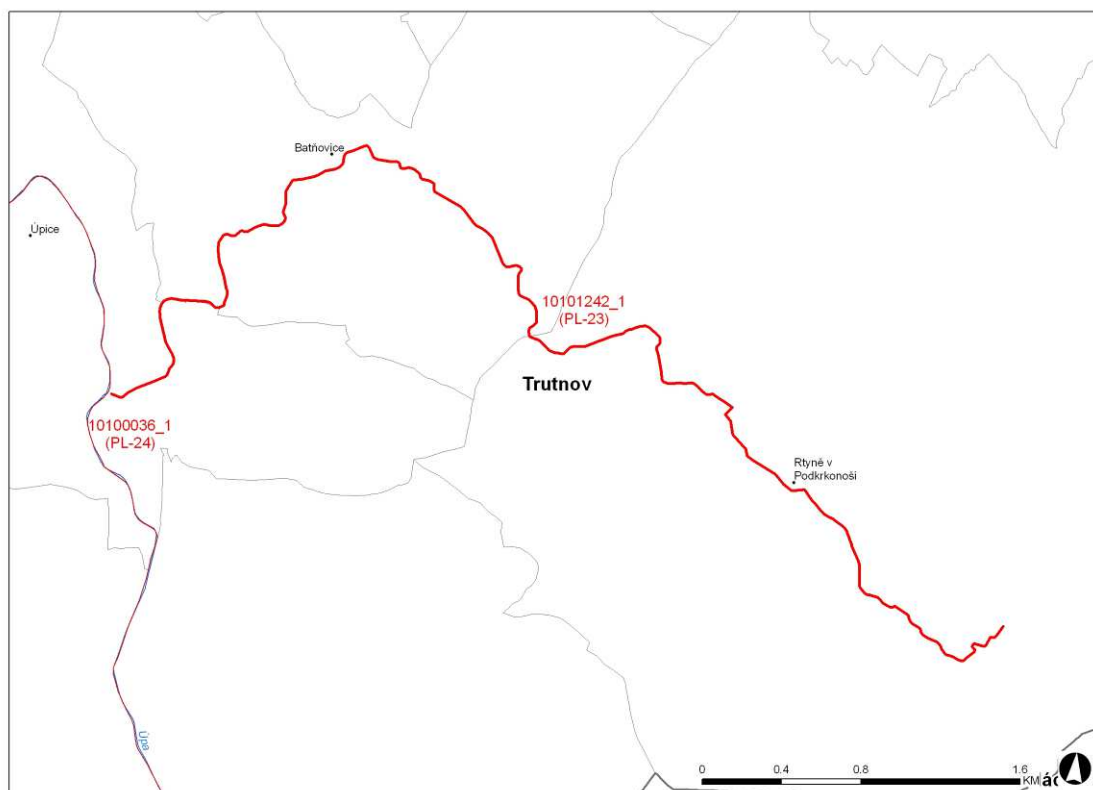
1.4 Postup zpracování a metoda řešení

Potřebné průtokové stavy byly řešeny na nově sestaveném matematického 1D modelu v zájmové oblasti. K řešení úlohy byl použit 1D model HEC-RAS (podrobněji viz kapitola 5.1).

2 Popis zájmového území

Název vodního toku:	Rtyňka
IDVT (CEVT):	10101242_1
Číslo hydrologického pořadí:	1-01-02-044 1-01-02-048
Začátek zájmového úseku:	ř.km 0,0 (ústí do Úpy 10100036_1)
Konec zájmového úseku:	ř.km 7,5
Významné přítoky:	Markoušovický potok (adm ř. km od 2.282) Mariánský p. (adm ř. km od 2.679) Petrovický potok (adm ř. km od 2.824) „nový tok“ (adm ř. km od 5.26) – konec zatrubnění Rtyňky

Obrázek – Přehledná mapa řešeného území



Výčet objektů uvádí kapitola 5.2.1, V zájmovém úseku Rtyňky se nenacházejí žádné údolní nádrže (vodní díla). Rtyňka protéká 2 malé vodní nádrže (Panský rybník – sypaná malá vodní nádrž a rybník „Kocourák“ – požární betonová nádrž).

Podklady:

Vrstvu a informace o navržených úsecích s významným povodňovým rizikem vlastní Ministerstvo životního prostředí. Názvy toků - spravuje VÚV TGM, v.v.i.; IDVT CEVT – spravuje Ministerstvo zemědělství. Říční kilometráž spravuje Povodí Labe, státní podnik.

2.1 Všeobecné údaje

Zájmového území je vymezeno kilometráží vodního toku (ř. km) 0,0 až 7,5. Jedná se o digitální říční kilometr (DKM), která byla poskytnuta podnikem Povodí Labe, státní podnik. Osa vodního toku byla aktualizována na základě situačního vedení Rtyňky, které lépe odpovídá realitě. Digitálně se takto délka se prodloužila o cca 5 m. Řešený úsek vodního toku prochází intravilánem Rtyně v Podkrkonoší, Batňovic a Úpice, kde ústí do řeky Úpy jako její levostranný přítok (viz kapitola 5.2.1).

2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

Nejsou k dispozici údaje o historických povodních.

3 Přehled podkladů

3.1 Topologická data

Hlavními topologickými daty byl digitální model terénu (DMT), který byl vytvořen z geodetického zaměření příčných profilů a objektů popisující koryto vodního toku a digitálního modelu reliéfu (DMR) popisujícího inundační území. Dalšími podklady vstupující do vytváření DMT byly projektové dokumentace, příp. skutečné zaměření již postavených staveb, které ovlivňují průtokové poměry. V jednom případě byla využita projektová dokumentace rekonstrukce křížení Rtyňky se silnicí II. třídy.

Mezi další důležité topologické podklady patří některé vrstvy z GIS, jako je vrstva budov získaná z vektorového ZABAGEDu příp. upravená za pomoci leteckých snímků.

3.1.1 Vytvoření (aktualizace) DMT

Digitální model terénu (DMT) byl vytvořen v softwaru ArcGIS a charakterizuje řešené území pomocí trojúhelníkové nepravidelné sítě (TIN). DMT v tomto formátu slouží pro sestavení geometrie hydrodynamického modelu. Pro vytváření map hloubek byl převeden do rastrového formátu s velikostí mřížky 2x2 metry.

Vstupní data pro vytvoření DMT byla v textovém formátu (DMR a geodetické zaměření). Geodetické zaměření bylo k dispozici dále ve formě grafické – podélné a příčné profily.

Digitální model terénu je v polohovém souřadném systému S-JTSK a výškovém systému Bpv.

3.1.2 Mapové podklady

Základní Mapa – rastrový mapový podklad byl využit pro tisky mapových atlasů v měřítku 1:10 000 v celém rozsahu zájmového území.

Ortofot snímky oblastí kolem vodních toků byly využity jako jeden ze zdrojů informací pro určování drsnostních charakteristik inundačních území. Tyto snímky byly k dispozici na celém řešeném úseku.

Vektorový ZABAGED sloužil k lokalizaci budov, které byly zadávány do hydrodynamického modelu.

Základní vodohospodářská mapa 1:50 000

Státní mapové dílo pro oblast vodního hospodářství.

zdroj: VÚV T.G.M. v.v.i. ve spolupráci se Zeměměřickým úřadem

datum zpracování: 1989

měřítko: 1 : 50 000

Základní mapa ČR 1:10 000

Základní státní mapové dílo obsahující polohopis (sídla, objekty, komunikace, vodstvo, porost, povrch půdy, atd.), výškopis (vrstevnice a terénní stupně) a popis.

zdroj: Zeměměřický úřad

datum zpracování: aktualizace 2009

měřítko: 1 : 10 000

3.1.3 Geodetické podklady

Pro popis inundačního území byl použit podklad DMR 5. generace, který vytváří a poskytuje ČÚZK.

Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G) představuje zobrazení přirozeného nebo lidskou činností upraveného zemského povrchu v digitálním tvaru ve formě výšek diskrétních bodů v nepravidelné trojúhelníkové síti (TIN) bodů o souřadnicích X, Y, Z, kde Z reprezentuje nadmořskou výšku ve výškovém

referenčním systémem Balt po vyrovnání (Bpv) s úplnou střední chybou výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu.

Pro popis koryta vodního toku bylo využito stávající geodetické zaměření z 9/2007 (ř. km 0,0 – 7,6). Toto zaměření bylo doplněno v několika profilech o nové geodetické zaměření z května 2012.

Veškeré geodetické podklady byly v polohovém souřadném systému S-JTSK a výškovém systému Bpv.

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

datum pořízení: aktualizace 2012

výškový systém: Balt p.v.

souřadnicový systém: JTSK

pořizovatel zaměření: ČÚZK

Geodetické zaměření příčných profilů koryta (pro modelaci dna koryta) a objektů

datum pořízení: 2008, 2012 (doměrek)

výškový systém: Balt p.v.

souřadnicový systém: JTSK

pořizovatel zaměření: Povodí Labe, státní podnik

3.2 Hydrologická data

Hydrologická data, standardní N-leté vody doplněné o Q_{500} , byla objednána od ČHMÚ ve vybraných profilech. Tyto průtoky představují okrajové podmínky hydrodynamického modelu.

Tabulka - 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
Rtyně, konec zatrubnění	19.12.2011	6.263	7.1	11.7	18.3	27.5	IV
nad ústím Markoušovického potoka	19.12.2011	2.874	12.4	20.4	31.8	48.5	III
ústí do Úpy	19.12.2011	0.000	15	24.6	38.4	59.1	III

3.3 Místní šetření

Místnímu šetření předcházelo podrobné seznámení s veškerými získanými podklady. Zejména se jednalo o stávající geodetické zaměření popř. i další podklady (studie odtokových poměrů, projektové dokumentace). Dále proběhla schůzka s úsekovým technikem s představením stávajících podkladů a konzultací o jejich aktuálnosti příp. doplněním o podklady a informace, které nebyly doposud získány.

S těmito informacemi a podklady bylo provedeno v řešené lokalitě místní šetření předmětného vodního toku a přilehlého inundačního území. Byla vytvořena fotodokumentace objektů a provedena základní představa schematizace hydraulického modelu na základě předpokládaného proudění vody v řece a inundačním území. Při zjištění nedostatečnosti/neaktuálnosti geodetických podkladů byla v terénu vytipována lokalizace zadání dalších geodetických prací.

Místní šetření bylo provedeno dne 25. 10, 28. 10 a 14. 10. 2011.

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

Při zpracování DMT i hydrodynamického modelu byly dále využity tyto podklady:

- Rtyň – průtah (2. stavba): stavba propustku na silnici II/567 (km 1,058). STRADA HK spol. s r.o., 9/2011. Poskytla SÚS Královehradeckého kraje, příspěvková organizace.
- Návrh MŘ pro vodní nádrž „Kocourák“. Poskytl obecní úřad Rtyň v Podkrkonší (MŘ neaktuální, v době zpracování projektu probíhá jeho aktualizace).
- Návrh MŘ pro vodní nádrž „Pančák“ (Panský rybník). Poskytl obecní úřad Rtyň v Podkrkonší (MŘ neaktuální, v době zpracování projektu probíhá jeho aktualizace).
- Rtyňka – Rtyň – ústí do Úpy, hydrodynamický model HEC-RAS (poskytl pořizovatel)

Údaje o použitém hydrodynamickém modelu lze najít v dokumentaci, která je přímo implementována do tohoto softwaru (HEC-RAS 4.1 – viz dále kap. 5.1):

- HEC-RAS, River analysis system user's manual, version 4.1, Brunner G. W., CEIWR-HEC, 2010
- HEC-RAS, River analysis system hydraulic reference manual, version 4.1, Brunner G. W., 2010

3.5 Normy, zákony, vyhlášky

Postupy zpracování jsou v souladu s následujícími dokumenty v jejich platném znění:

1. Zákon 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu
2. Zákon 254/2001 Sb., o vodách
3. Vyhláška 470/2001 Sb., seznam významných vodních toků
4. ČSN 73 2103 Úpravy řek
5. ČSN 75 0120. Vodní hospodářství - Terminologie hydrotechniky
6. ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod
7. TNV 75 2910 Manipulační řady vodních děl na vodních tocích
8. TNV 75 2931 Povodňové plány

3.6 Vyhodnocení a příprava podkladů

Původní zaměření, které je v rozsahu celého řešeného úseku (koryta), je stále aktuální a bylo doplněno pouze o doměření koryta v několika málo lokalitách, kde byly zjištěny změny (nové nebo zjevně rekonstruované objekty). Všechny dostupné podklady byly pro sestavení DMT a hydrodynamického modelu dostačující.

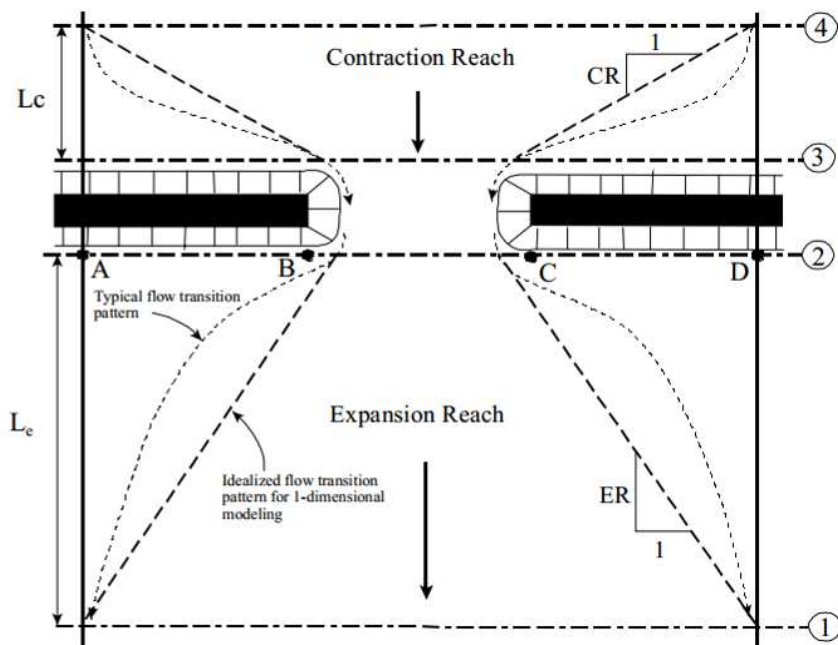
4 Popis koncepčního modelu

Pro hydraulické výpočty je použit matematický 1D model proudění. Model je podrobně popsán ve výše uvedené dokumentaci (HEC-RAS *user's manual*, *hydraulic reference manual*)

4.1 Schematizace řešeného problému

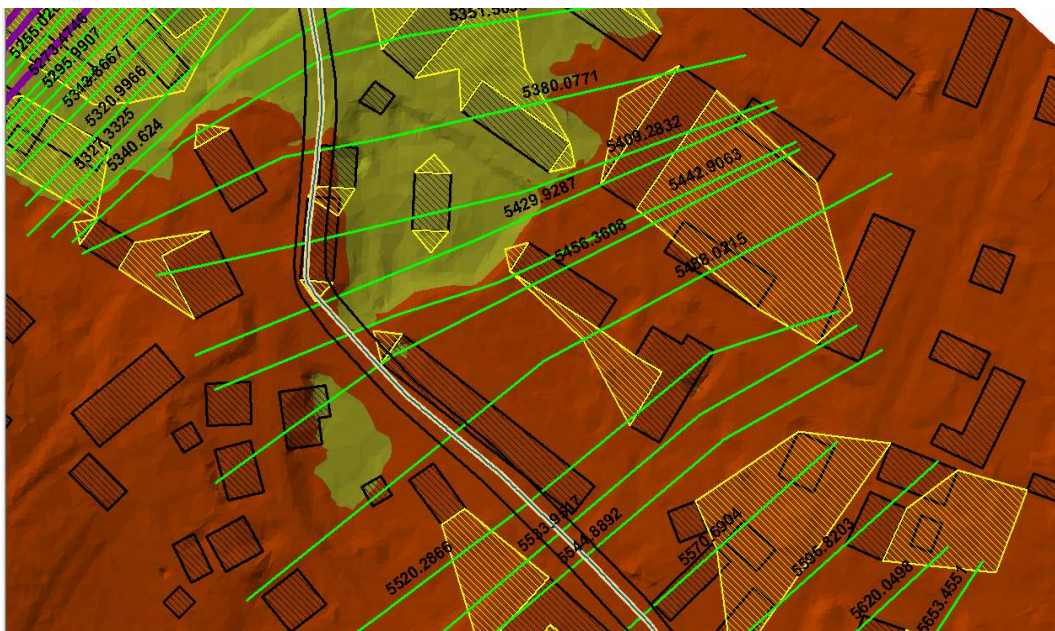
Zájmové území je schematizováno příčnými profily, které jsou vedeny kolmo na předpokládanou proudnici (obecně jsou křivočaré). Model byl sestaven jako 1D. Na řešeném úseku km 0,0 – 7,5 (7,5 km) bylo sestaveno celkem 394 příčných řezů, průměrná vzdálenost mezi řezy je 19 m. V blízkosti objektů je vzdálenost řezů nižší a naopak v místech povolna se měnícího toku vyšší. Model dále sestává z 60 mostních objektů (mosty, lávky), 9 spádových objektů (stupně, stavidla na 2 rybnících, malé jezy) a 1 významného bočního objektu („*lateral structure*“) – zatrubnění vodního toku v délce 640 m. Mostní objekty (*bridges*) a spádové objekty (*inline structures*) jsou v případě jejich kolmého křížení (resp. malé šikmosti) definovány profily kolmo na směr předpokládaného proudění. Tyto objekty jsou zpravidla sestaveny z celkem 4 příčných řezů (viz níže obrázek popř. výše uvedená dokumentace k modelu). V případě několika mostů (DKM ř. km 4.4324, 1.5296, 1.1297, 0.3272, které kříží vodní tok šikmo, a které byly zaměřeny rovnoběžně s podélnou osou mostu) bylo třeba použít mírně odlišný přístup k zadání objektů (problematiku popisuje např. výše uvedený HEC-RAS *hydraulic reference manual* na str. 5-30). Obecně je třeba definovat profil objektu stejně jako v běžných případech – kolmo na směr proudění. Protože tyto mosty jsou geometricky jednoduchá (pouze mostovka), byla průtočná plocha do modelu zadána přepočtem šířky mostu tak, aby tato odpovídala kolmému průmětu na předpokládaný směr proudění vody (v modelu je část šikmého průtočného řezu „ucpán“). Další možností je využít tzv. funkce skew (funkce ale „zešikmý“ i průřez v inundaci, to je nevhodná).

Obrázek – Schématické zobrazení objektů (mosty, spádové objekty) 4 příčnými profily



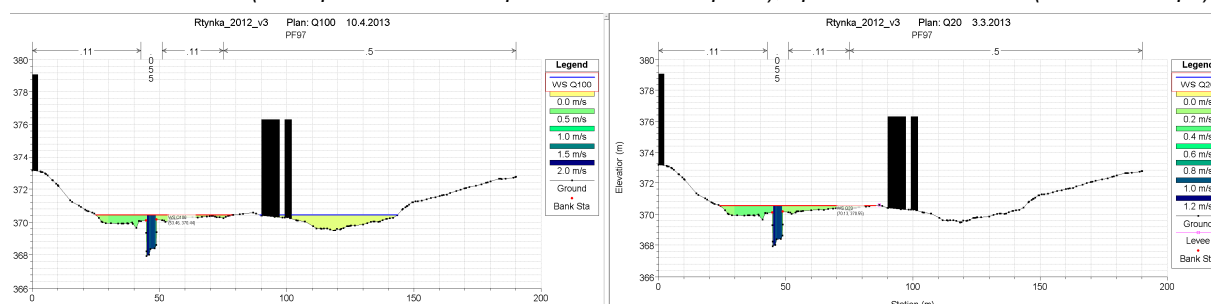
Pevné překážky (budovy) byly schematizovány v nástavbě GIS „GEORAS“ jako tzv. „block obstructions“ a byly převzaty z vektorových vrstev ZABAGED. Byly vytypovány plochy (subjektivně), ve kterých sice dojde k rozlivu, ale ve kterých se předpokládá příspěvek k rychlostem ve směru proudění blízký nule nebo nulový – tzv. „ineffective flow areas“. Oba tyto objekty ukazuje níže obrázek (Černě s pruhovanou výplní: „blocked obstructions“. Žlutě s pruhovanou výplní „ineffective areas“).

Obrázek – Schématická 1D modelu v prostředí GIS, nástavba GEO-RAS



Některé úseky je s ohledem na morfologii terénu (silniční násypy v souběhu i křížící vodní tok, hustá zástavba, sklon území směrem od vodního toku) velmi obtížné modelovat 1D modelem (popř. i 1D+ modelem). V případě Rtyňky se jedná o jeden případ – pravá inundace poblíž a pod rybníkem Kocourák DKM cca 4,7 – 5,0). Vlivem schématické tak může dojít v krátkých úsecích k situaci, kdy hladina např. pro Q_{20} vychází výše než hladina pro Q_{100} . Zatímco v případě Q_{20} je hladina „držena“ pomocí tzv. levee v korytě, ve vyšších scénářích voda obtéká násyp silnice (dochází k tzv. „divided flow“). – viz níže obrázek.

Obrázek – vlevo Q_{100} (rozliv/proudění i za násypem silnice I/14 - Úpická), vpravo Q_{20} bez rozlivů (levee na násypu)



V některých případech (zpravidla pod nebo v blízkosti objektů) pak dochází k lokálnímu vzrůstu hladiny z důvodu rozdílné rychlostní výšky, popř. i vodního skoku (jev obvyklý zejména pod spádovými objekty). Čára energie je však ve všech případech spojitá klesající.

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

Modelové výpočty ustáleného nerovnoměrného proudění vyžadují zadání okrajových podmínek v dolním výpočtovém profilu (říční proudění) popř. horním výpočtovém profilu (bystřinné proudění) některým z volitelných způsobů (známá hladina vody, kritická hloubka, hloubka rovnoměrného proudění, konsumční křivka).

Jako okrajová podmínka ve spodním profilu (ústí do Úpy) byla zadána hladina vody (výsledek souběžně řešeným hydraulickým 1D modelem toku Úpy, do kterého Rtyňka ústí), v horním profilu (DKM 7,5) byla jako okrajová podmínka zadána hloubka rovnoměrného proudění při sklonu 3,1 %.

V místech významných přítoků se zadává pouze změna průtoků. Hydrologickou rozvahou byla shledána vhodnost podrobnějšího zadání změn průtoků (vedle dat obdržенých od ČHMÚ). Na základě hydrologické analogie okrajové podmínky dopočteny, viz podrobněji kapitola 5.2.3.

5 Popis numerického modelu

5.1 Použité programové vybavení

Pro výpočet byl použit matematický program vyvinutý americkým hydrologickým centrem (Hydrologic Engineering Center- HEC), který spadá pod tým inženýrů institutu vodních zdrojů (Institute for Water Resources - IWR) americké armády. Slouží k jednorozměrnému matematickému modelování říčních systémů (River Analysis Systém - RAS). První verze HEC- RAS 1.0 byla uvedena v červenci roku 1995. Nejnovější verze je v současnosti HEC- RAS 4.1.

Předpoklady výpočtu

- Průtok vody v řece je buď nerovnoměrný ustálený anebo nerovnoměrný neustálený.
- Proudění je pozvolna měnící se. Nedochází k náhlým změnám v příčném průřezu.
- K náhlé změně průřezu může dojít pouze v objektech, jako jsou jezy, mosty nebo propustky
- Sklon řeky je menší než $i = 0,1$
- Proudění je jednorozměrné, proud vody má směr vždy kolmý na zadaný příčný profil.

Uživatelské manuály

- HEC-RAS River Analysis System - User's Manual, US Army Corps of Engineers (Hydrologic Engineers Center), January 2010
- HEC-RAS River Analysis System – Hydraulic Reference Manual, US Army Corps of Engineers (Hydrologic Engineers Center), January 2010
- HEC-GeoRAS Geospatial River Analysis System - User's Manual, US Army Corps of Engineers (Hydrologic Engineers Center), January 2010

5.2 Vstupní data numerického modelu

Numerický model proudění je definován příčnými profilem nad digitálním modelem terénu, ze kterého si odečítá geometrii. Příčné profiley jsou rozděleny na pravou a levou inundaci a samotné koryto vodního toku, kde jsou pro tyto tři části určeny drsnostní charakteristiky v podobě Manningova součinitele v závislosti charakteru a využití území a materiálu dna. Hodnoty Manningova součinitele drsnosti pro jednotlivé dílčí části profilů byly stanoveny na základě mapových podkladů, fotodokumentace, rekognoskace terénu a odborné literatury.

Hydrologická data se přebírají z údajů ČHMÚ (viz kap. 3.2) jako okrajové podmínky výpočtu v profilech, kde dochází ke změně průtoků.

V okrajových výpočtových profilech je okrajová podmínka zadána známou hladinou (ústí do Úpy) resp. hloubkou rovnoměrného proudění (horní profil, viz kap. 4.3).

5.2.1 Morfologie vodního toku a záplavového území

Koryto vodního toku Rtyňky v řešeném úseku (7,5 km, téměř celá délka vodního toku) až na několik úseků územím ovlivněným antropogenní činností (zastavěné území). Obce/města nacházející se na řešeném úseku:

- Rtyň v Podkrkonoší
- Batňovice
- Úpice

Nezastavěným územím Úpa protéká v podstatě pouze v krátkém úseku mezi Úpíci a Batňovicemi. Obec Batňovice a Rtyň v Podkrkonoší spolu bezprostředně sousedí. Vodní tok má v horní a střední části charakter drobného vodního toku (neopevněné popř. místně opevněné koryto). V dolním úseku (Úpice a konec Batňovic) je

koryto tvrdě regulováno formou obdélníkového betonem (popř. kamenným zdivem) opevněného kapacitního profilu. V této podobě ústí i do řeky Úpy (v jejím AMK ř. km 32.043).

Výpočet je proveden za předpokladu zachování volného průtočného profilu mostů.

Objekty jsou popisovány dle geodetického zaměření z roku 2007 + číslo příslušného příčného profilu. Aplikace GISyPoNET pro tento vodní tok objekty neeviduje. V ojedinělých případech byly zadány do modelu též méně významné objekty, zaměřené pouze v podélném profilu (lávky) a některé z těchto nevýznamných objektů (typu „fošna přes potok“) nebyly do modelu zahrnuty.

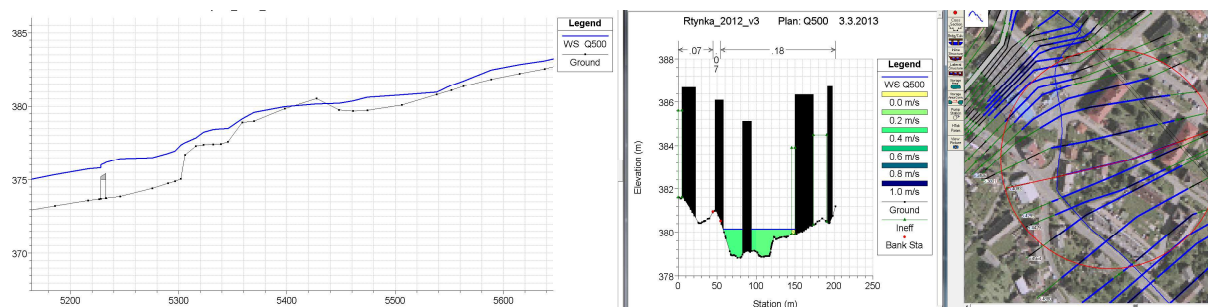
STANIČENÍ	NÁZEV (číslo fotografie)
0.087	BETONOVÝ SILNIČNÍ MOST V ÚPICI (F 1)
0.229	BETONOVÝ SILNIČNÍ MOST V ÚPICI (F 2)
0.327	BETONOVÝ SILNIČNÍ MOST V ÚPICI (F 3)
0.480	KAMENNÝ JEZ V ÚPICI (F 5)
0.797	BETONOVÝ SILNIČNÍ MOST V ÚPICI (F 6)
1.130	BETONOVÝ SILNIČNÍ MOST BATŇOVICE (F 7)
1.530	SILNIČNÍ BETONOVÝ MOST V BATŇOVICÍCH (F 9)
1.640	ŽELEZOBETONOVÝ MOST V BATŇOVICÍCH (F 10)
1.845	BETONOVÝ MOST V BATŇOVICÍCH (F 13)
1.968	BETONOVÝ SILNIČNÍ MOST V BATŇOVICÍCH (F 14)
2.071	DŘEVĚNÁ LÁVKA V BATŇOVICÍCH (F 16)
2.270	JEZ V BATŇOVICÍCH - 2. SPÁDOVÝ STUPEŇ (F 19)
2.273	BETONOVÁ LÁVKA NAD JEZEM V BATŇOVICÍCH A 1. SPÁDOVÝ STUPEŇ (F19)
2.288	BETONOVÝ SILNIČNÍ MOST V BATŇOVICÍCH (F 21)
2.407	BETONOVÝ SILNIČNÍ MOST V BATŇOVICÍCH (F 23)
2.758	BETONOVÝ SILNIČNÍ MOST V BATŇOVICÍCH (F 25)
2.816	BETONOVÝ MOSTEK V BATŇOVICÍCH (F 26)
3.001	BETONOVÝ SILNIČNÍ MOST V BATŇOVICÍCH (F 30)
3.050	BETONOVÝ MOSTEK V BATŇOVICÍCH (F 31)
3.122	ŽELEZODŘEVĚNÁ LÁVKA V BATŇOVICÍCH (F 32)
3.230	BETONOVÝ SILNIČNÍ MOSTEK (F 33)
3.248	ŽELEZOBETONOVÁ LÁVKA V BATŇOVICÍCH (F 34)
3.439	BETONOVÝ SILNIČNÍ MOST V BATŇOVICÍCH (F 36)
3.581	BETONOVÝ SILNIČNÍ MOST V BATŇOVICÍCH (F 37)
3.726	BETONOVÝ SILNIČNÍ MOST V BATŇOVICÍCH (F 40)
3.819	ŽELEZOBETONOVÁ LÁVKA V BATŇOVICÍCH (F 41)
3.862	ŽELEZOBETONOVÁ LÁVKA V BATŇOVICÍCH (F 42)
3.961	ŽELEZODŘEVĚNÝ MOSTEK V BATŇOVICÍCH (F 44)
4.078	BETONOVÝ SILNIČNÍ MOST VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 45)
4.151	BETONOVÝ SILNIČNÍ MOST VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 46)
4.316	BETONOVÝ SILNIČNÍ MOST VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 52)
4.432	BETONOVÝ SILNIČNÍ MOST VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 54)
4.479	BETONOVÝ SILNIČNÍ MOST VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 55)
4.482	PRÁH/STUPEŇ VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F A)
4.575	BETONOVÝ SILNIČNÍ MOST VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 57)
4.688	BETONOVÝ SILNIČNÍ MOST VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 59)
4.809	ŽELEZOBETONOVÁ LÁVKA VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 62)
4.827	JEZ VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 63)
4.918	BETONOVÝ SILNIČNÍ MOST VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 64)
4.956	DŘEVĚNÁ LÁVKA SE STAVIDLY NA RYBNÍKU ('KOCOURÁK') VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 65, 66)
5.025	ŽELEZOBETONOVÁ LÁVKA VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 67)
5.065	ŽELEZOBETONOVÁ LÁVKA VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 68)

5.190	BETONOVÝ SILNIČNÍ MOST VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 69)
5.917	ZATRUBNĚNÍ POTOKA VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 78)
5.982	ŽELEZOBETONOVÝ MOST VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 79)
6.021	BETONOVÝ MOSTEK VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 81)
6.088	BETONOVÝ MOSTEK VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 82)
6.120	BETONOVÝ MOSTEK VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 83)
6.170	DŘEVĚNÁ LÁVKA VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (PF D2)
6.264	ŽELEZODŘEVĚNÁ LÁVKA VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 89) DŘEVĚNÁ LÁVKA SE STAVIDLY NA RYBNÍCE (PANSKÝ RYBNÍK) VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 90, 91)
6.286	
6.410	BETONOVÝ SILNIČNÍ MOST VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 92)
6.617	BETONOVÝ MOSTEK VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 94)
6.626	ŽELEZODŘEVĚNÁ LÁVKA VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 95)
6.729	BETONOVÁ LÁVKA VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 97)
6.736	ŽELEZOBETONOVÁ LÁVKA VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 98)
6.771	ŽELEZOBETONOVÁ LÁVKA VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 100)
6.784	BETONOVÝ MOSTEK VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 101)
6.804	OCELOVÁ LÁVKA VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F D1)
6.853	DŘEVĚNÁ LÁVKA VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 102)
6.906	BETONOVÝ MOSTEK VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 103)
6.952	BETONOVÝ MOST VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 104)
6.956	BETONOVÝ MOSTEK VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 105)
6.996	ŽELEZNÁ LÁVKA SE STAVIDLEM VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 109)
7.064	BETONOVÝ SILNIČNÍ MOST VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 110)
7.170	BETONOVÝ SILNIČNÍ MOST VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F111)
7.275	PROJEKTOVANÝ BETONOVÝ SILNIČNÍ PROPUSTEK DN 1600 (DLE SÚS)
7.288	BETONOVÝ MOSTEK VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F 114)
7.374	NÁDRŽKA NA PARC. P.Č. 686
7.428	BETONOVÝ PROPUSTEK VE RTYNI V PODKRKONOŠÍ (F115)

Mezi km 5,9165 – 5,255 je vodní tok zatrubněn (km 5,9165 propustek průměru 1,45 m dle zaměření). V modelu je tato situace řešena formou tzv. „lateral structure“. Kapacita propustku je nedostatečná již při $N = 5$ let. Průtoky, které již propustek není schopen převést, jsou vedeny zastavěným územím v předpokládaném (odhadnutém) směru proudění. To se projevuje v ostatních přílohách (psaný podélný profil, kreslený podélný profil) takto:

- V psaném podélném profilu je příslušný průtok pro každý scénář ponížen o kapacitu propustku DN 1,45 m (vzhledem k v kapitole 5.2.3 uvedeným okrajovým podmínkám),
- větší nejistota vypočtených hladin a souvisejících veličin. Členité ploché území se zástavbou není možné 1D modelem, který je charakterizován řezy, dostatečně spolehlivě popsat.
- v kresleném podélném profilu je koryto popsáno dnem v ose. Osa byla v tomto úseku vedena pokud možno po silnici(ích). V tomto úseku se nedá mluvit o korytu. V úseku cca 5,5 – 5,38 se proudění přesune oproti předpokladům mimo „koryto“ (do pravé „inundace“). Tímto vzniká situace, že dno (terén v ose) je výš, než hladina vody (zejména Q_5).
- obdobná je situace i v psaném podélném profilu (zde je vynášeno nejhlubší dno v rámci v HEC-RAS definovaných břehových hran.
- Situaci naznačuje následující obrázek

Obrázek – Zatrubněný úsek Rtyňky ve Rtyni v Podkrkonoší



5.2.2 Drsnosti hlavního koryta a inundačních území

Hydraulická drsnost je v modelu zadávána pomocí Manningova drsnostního součinitele. Tento součinitel je jeden z faktorů, který ovlivňuje výslednou výšku hladiny a představuje jednu z charakteristik popisující terén a odpor prostředí. Pro potřeby výpočtu byly hodnoty drsnostních součinitelů odhadnuty dle odborné literatury a z podobnosti jiných toků. Drsnostní součinitel ovlivňuje více faktorů, mimo jiné např. sezonalita (vliv vegetace), transport sedimentů, údržba vodního toku apod. Minimální a maximální hodnota součinitele se ve stejném úseku může v průběhu času i významně měnit. Pro vodohospodářskou úlohu tohoto typu (stanovení průběhu hladin a rozsah záplavového území) je bezpečnější volit hodnoty n spíše při horním intervalu (tomu odpovídá vyšší hladina a větší rozlivy), kdy se předpokládá větší odpor koryta proti proudění (např. vegetace v letním období představuje vyšší odpory, přičemž právě letní povodně jsou v našich podmínkách nejčastější a většinou je při nich dosaženo nejvyšších kulminačních průtoků).

Přehledně jsou jednotlivé drsnostní součinitele uvedeny následující tabulce. V případě opevněného koryta se předpokládá pouze opevnění břehů, údaje o souvislém opevnění dna (dlažbou nebo betonem) nejsou známy.

Charakter území	Manningův drsnostní součinitel n
Koryto: oba břehy opevněny (beton, kamenné zdivo, kamenná dlažba)	0,035 – 0,04
Koryto: jeden břeh opevněn (beton, kamenné zdivo, kamenná dlažba)	0,04 – 0,045
Koryto bez opevnění	0,05 - 0,06
Inundace: znatelný vliv blízké komunikace	0,05 – 0,1
Inundace: louky popř. pole	0,1
Inundace: rozptýlená zástavba	0,15
Inundace: zástavba hustá	0,2 – 0,3

Výše uvedené součinitele platí pro scénář povodně $N = 500$. Pro ostatní řešené scénáře $N = 5, 20, 100$ byly součinitele drsnosti zvýšeny o 10 %.

5.2.3 Hodnoty okrajových podmínek

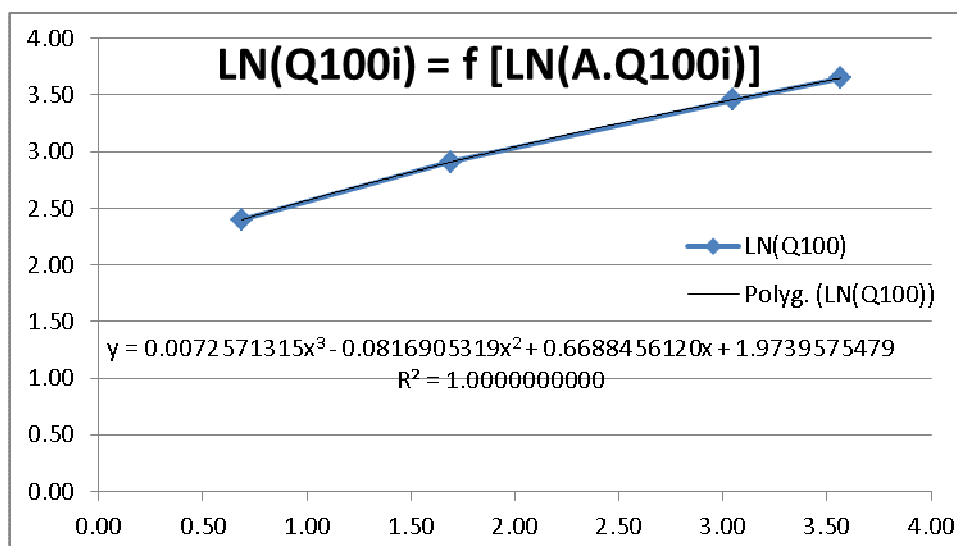
Okrajové podmínky (průtoky) jsou zadány v místech s výrazně měnícími hydrologickými poměry v místech významných přítoků. Základem jsou data obdržena od ČHMÚ. Pro pozvolnější změny těchto okrajových podmínek byly v několika profilech hodnoty průtoků dopočítány na základě hydrologické analogie. V horním

úseku jsou použita data převzatá z poskytnutého modelu HEC-RAS, hodnoty N-letých průtoků jsou zde obdobné s daty použitými v PD na rekonstrukci propustku (viz kapitola 3.4).

Interpolace mezilehlých profilů byla provedena na základě známých hodnot dle ČHMÚ. Postup odvození průtoků v mezilehlých profilech bylo provedeno na základě tohoto postupu:

1. Vytipování potřebných profilů pro „zahuštění“ a z mapových podkladů zjištění plochy povodí k těmto profilům (A_i)
2. Sestavení funkční závislosti $LN(Q_{100,i}) = f[LN(A_i)]$, kde $Q_{100,i}$ je známý průtok Q_{100} v profilu i , A_i je známá plocha povodí v profilu i (v kterém je známý průtok Q_{100})
3. Proložení diskrétních bodů spojitou křivkou známé rovnice,
4. Odlogaritmováním zjištění Q_{100} v hledaných profilech dle bodu 1
5. Dopočtení ostatních N – letých průtoků v těchto profilech. poměry N – letých průtoků k průtoku Q_{100} jsou ve všech profilech prakticky stejné.

Obrázek – Grafická závislost logaritmů Q_{100} a A (plochy)



Tabulka – Odvození N-letých průtoků ve 3 dalších profilech

Závěr. profil i (1,3,6,7 - známá data, 2, 4, 5 hledané)	A_i	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	staničení RAS**
1 Rtně - křížení se silnicí Rtně - Horní Kostelec	1.99	4.30	7.00	11.00	16.53*	7.4741 - 7.2165
Poměr Q_N/Q_{100}		0.391	0.636	1.000		
3 Rtně, konec zatrubnění	5.43	7.10	11.70	18.30	27.50	6.2631 - 5.2622
Poměr Q_N/Q_{100}		0.388	0.639	1.000	1.503	
6 nad ústím Markoušovického potoka	21.09	12.40	20.40	31.80	48.50	2.874 - 2.3204
Poměr Q_N/Q_{100}		0.390	0.642	1.000	1.525	
7 ústí do Úpy	35.25	15.00	24.60	38.40	59.10	2.3204 - 0
Poměr Q_N/Q_{100}		0.391	0.641	1.000	1.539	
2 profil Panského rybníka	3.9	6.1	10.0	15.7	23.5	7.2165 - 6.2631

4 nad bezejmenným potokem (Žabinec)	8.5	8.7	14.3	22.2	33.9	5.2622 - 4.1332
5 nad Petrovickým potokem	11.3	9.7	16.0	25.0	38.1	4.1332 - 2.8740

* Hodnota dopočtena na základu obdobných poměrů ve známých 3 profilech.

** Staničení převzato z modelu HEC-RAS (přesnost na 0,0001 nemá smysl)

Tabulka – Výsledné N-leté povodňové průtoky uvažované při hydraulickém řešení

Úsek Rtyňky / N- leté průtoky Q_N	Úsek toku (km** od - do)	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Poznámka
Začátek řešeného úseku - křížení se silnicí Rtyně - Horní Kostelec	7.4741 - 7.2165	4.30	7.00	11.00	16.53	Profil převzatý z RAS, hodnoty ověřen (PD rekonstrukce)
křížení se silnicí Rtyně - Horní Kostelec – Panský rybník	7.2165 - 6.2631	6.1	10.0	15.7	23.5	odvozený profil
Panský rybník – konec zatrubnění	6.2631 - 5.2622	7.10	11.70	18.30	27.50	
Konec zatrubnění - nad bezejmenným potokem (Žabinec)	5.2622 - 4.1332	8.7	14.3	22.2	33.9	odvozený profil
nad bezejmenným potokem (Žabinec) - nad Petrovickým potokem	4.1332 - 2.8740	9.7	16.0	25.0	38.1	odvozený profil
nad Petrovickým potokem - nad ústím Markoušovického potoka	2.874 - 2.3204	12.40	20.40	31.80	48.50	
nad ústím Markoušovického potoka - ústí do Úpy	2.3204 - 0	15.00	24.60	38.40	59.10	

** Staničení převzato z modelu HEC-RAS (přesnost na 0,0001 nemá smysl)

Zadání horní a dolní okrajové podmínky na začátku a konci modelu je popsáno v kapitole 4.3.

5.2.4 Hodnoty počátečních podmínek

Pro hydraulické výpočty je použit model ustáleného proudění, počáteční podmínky pak nejsou zadávány.

5.2.5 Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat

Pro zpracování zadání skládající se ze sestavení DMT a vytvoření matematického modelu byly veškeré dostupné podklady dostačující.

Nicméně je nutné vzít v úvahu přesnosti použitých podkladů a jejich interpretace. Samotná geodetická data v podobě polohové a výškově umístěných bodů mají svou danou přesnost a hodnoty mezi nimi jsou výsledky určité interpolace, kde může docházet k nejistotám.

Další z nejistot, ke kterým může docházet, je fakt, že se řešené území schematizuje pomocí příčných profilů, ve kterých probíhá výpočet, a výsledky jsou dále interpretovány plošně pomocí interpolace.

Určitou míru nejistoty rovněž představuje hodnota součinitele drsnosti n , který je funkcí mnoha proměnných a spolehlivěji jej lze určit pouze měřením in-situ.

Konečně rovněž koncepce řešení 1D modelem, aproximace reálného složitějšího proudění matematickým modelem při zadaných vstupech představuje další nejistotu výstupů

5.3 Popis kalibrace modelu

Na řešeném území se nenachází žádné povodňové značky, popř. limnigrafické profily, na které by bylo možno model kalibrovat.

6 Výstupy z modelu

Výstupem z hydrodynamického modelu jsou hydraulické charakteristiky proudění modelovaných průtokových scénářů spočítané v jednotlivých příčných profilech. Lze je prezentovat tabelární nebo grafickou formou v podobě podélných a příčných profilů, bodového pole rychlostí a map hloubek. Pro sestavení map povodňového nebezpečí jsou základním výstupem z hydraulických modelů mapa hloubek a mapa rychlostí. Mapové výstupy představují georeferencovanou rastrovou mapu v požadovaném měřítku a formátu.

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

Záplavové čáry tvoří obalovou křivku záplavovému území resp. mapám hloubek. Zobrazují maximální rozsah povodně pro daný průtok. Jsou zobrazeny v jedné mapě pro všechny povodňové scénáře. Tím je umožněno snadné porovnání rozsahu povodní. Záplavové čáry jsou zobrazeny na podkladě Základní rastrové mapy ČR v měřítku 1:5 000.

Analýzou průniku maximálního rozlivu (při průtoku Q_{500}) a správních území byly zajištěny informace o následujících dotčených správních územích obcí uvedené v následující tabulce.

Tabulka – Dotčené správní území obcí maximálním rozlivem

Kód ORP	Název ORP	Kód ICOB	Název obce
16902	Trutnov	579041	Batňovice
		579637	Rtyně v Podkrkonoší
		579777	Úpice
		579785	Velké Svatoňovice*

* okrajové dotčení – rozliv pod rybníkem Podháj, cca 20 m²

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

Mapa hloubek vznikne odečtením vypočítané úrovně hladiny a sestaveného digitálního modelu terénu. V barevné škále zobrazuje názorně hloubku vody při povodni v záplavovém území a upozorňuje na rizikové oblasti s vysokými hloubkami vody. Výsledný rastr ve formátu .tif o velikosti pixelu 2 x 2 m obsahuje informace o hloubce vody pro každý pixel. Pro přehledné znázornění hloubek v tištěné podobě je výsledná hloubka vody rozdělena do kategorií s pevně zvoleným rozsahem hloubky (znázorněno v legendě mapového výstupu). Mapa hloubek je zobrazena na podkladě Základní rastrové mapy ČR v měřítku 1:5 000.

Nad mapu hloubek jsou zobrazeny bodové rychlosti proudění ve všech výpočetních profilech (viz kapitola 6.3).

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

Informace o rychlostech proudění vody v korytě a v inundačním území jsou u jednorozměrného modelu známy pouze ve výpočetních profilech. Po provedení výpočtu a získání úrovně vodní hladiny v profilu je možné dopočítat rozdělení rychlostí v korytě a levé i pravé inundaci. Rychlosti jsou prezentovány pomocí vhodně distribuovaných bodů na příčných profilech. Distribuce bodů je závislá na velikosti vodního toku (koryta toku) a rozsahu záplavového území. V korytě vodního toku musí být vždy umístěn alespoň jeden bod charakterizující rychlost proudění v korytě.

Výsledné zobrazení rychlostí je součástí mapy hloubek, kdy informace o rychlosti spolu s hloubkou vody dávají názornou představu o charakteru nebezpečí při povodni v pozorovaném úseku.

6.4 Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů

Nejistoty mohou vstupovat do výpočtů a dále do výsledků v každé dílčí fázi zpracování. Jedná se zejména o nejistoty hydrologických dat, geodetických dat, zpracování digitálního modelu terénu, schematizace řešeného území hydrodynamickým modelem, přesnost hydrodynamického modelu, drsnosti povrchů, kalibrační značky, kulminační průtoky historických povodní (jsou-li k dispozici, není tento případ) atd.

V případě malých vodních toků, což je i případ minimálně horní části Rtyňky, další nepřesnost představuje požadované rozlišení výsledných rastrů (pixel 2 x 2 m). Má-li koryto cca 1 m, potom jsou výsledné hodnoty zprůměrovány a ve výsledných zobrazeních dochází k určitým nepřesnostem, v krajním případě se pixely s extrémní hodnotou nachází na popř. i za břehovou hranou a zprůměrováním hloubky (rychlosti) na břehu a v korytě dochází ke ztrátě informace o extrémních hodnotách.

Podobně i strmé resp. kolmé stěny mohou představovat určitý problém v interpretaci rastrových dat, zejména pokud rastry nemají v jednotlivých scénářích jednotně nastavenou polohu rastru vůči pixelům (metodika toto striktně nevyžaduje).

Způsob zpracování vycházel z použití nejmodernějších a nejaktuálnějších vstupních podkladů, hydrodynamických modelů, metod zpracování hydrodynamických modelů a prezentace jejich výsledků s cílem minimalizovat nejistoty ve výsledcích výpočtů.