

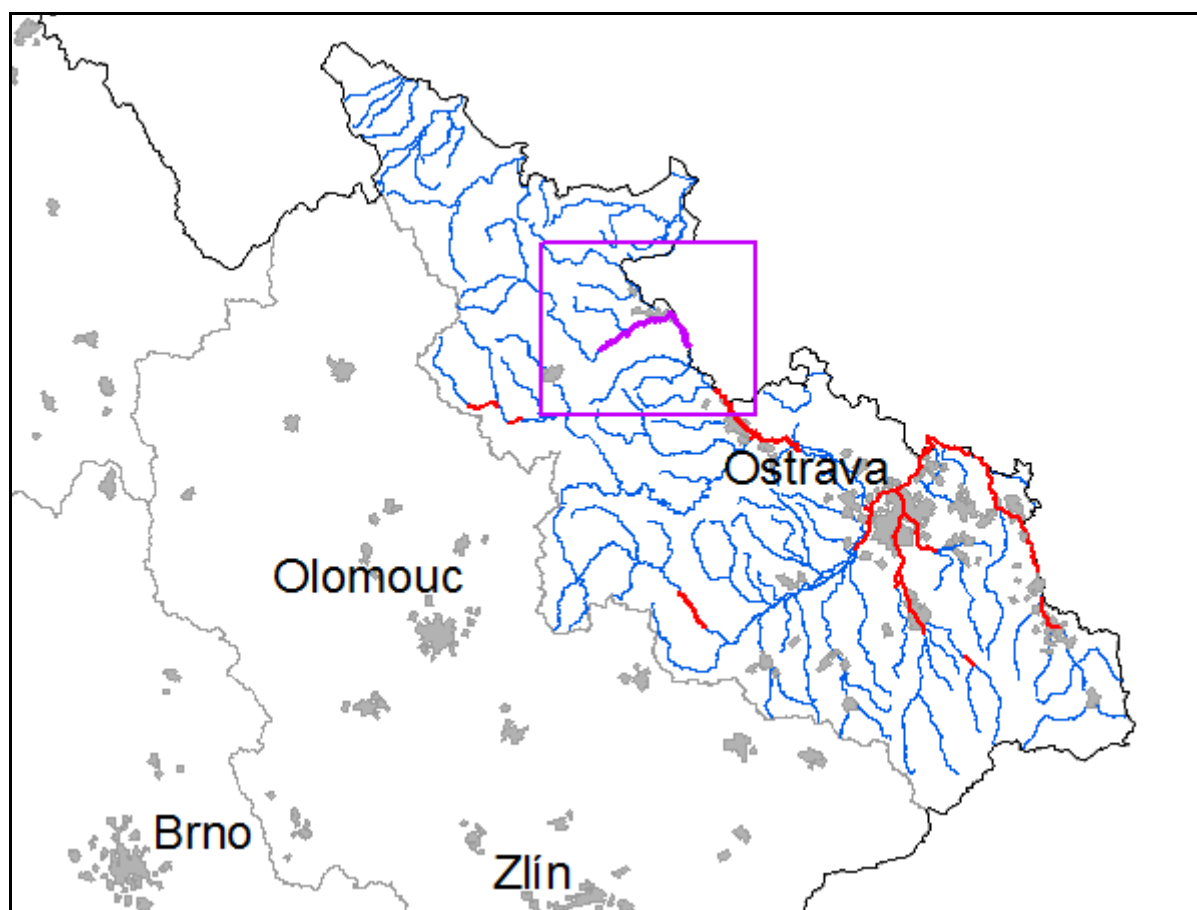


Studie vyhodnocení a zvládání povodňových rizik na řece Opavě (úsek Úvalno-Nové Heřminovy)

POVODÍ OPAVY

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

OPAVA – POD-13 - Ř. KM 58,850 – 85,000



PROSINEC 2012



OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

Pro vodu,
vzduch a přírodu

Studie vyhodnocení a zvládání povodňových rizik na řece Opavě (úsek Úvalno-Nové Heřminovy)

POVODÍ OPAVY

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

OPAVA – POD-13 - Ř. KM 58,850 – 85,000

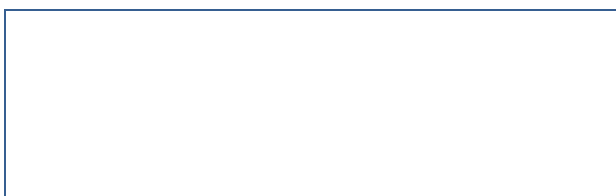
Pořizovatel:



ADRESA

Povodí Odry, státní podnik
Varenská 49
Ostrava, PSČ 701 26

Zhotovitel:



ADRESA

AQUATIS spol. s r. o.
Botanická 834/56
Brno, PSČ 602 00

Subdodavatel:



ADRESA

Pöyry Environment a.s.
Botanická 834/56
Brno, PSČ 602 00

Obsah:

1	Základní údaje	4
1.1	Seznam zkratk a symbolů	4
1.2	Cíle prací	4
1.3	Předmět práce	4
1.4	Postup zpracování a metoda řešení	4
2	Popis zájmového území	6
2.1	Všeobecné údaje	6
2.1.1	Stručný popis zájmového území	7
2.2	Průběhy historických povodní (největší známé povodně)	7
3	Přehled podkladů	9
3.1	Topografická data	9
3.1.1	Mapové podklady	9
3.1.2	Geodetické podklady	9
3.2	Hydrologická data	9
3.3	Místní šetření	10
3.4	Doplňující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura	10
3.5	Normy, zákony, vyhlášky	11
3.6	Vyhodnocení a příprava podkladů	12
4	Metodika tvorby modelu	13
4.1	Vytvoření digitálního modelu terénu (DMT)	13
4.2	Hydrodynamický model	13
4.3	Sestavení hydrodynamického modelu	15
4.3.1	Schematizace oblasti	15
4.3.2	Objekty na toku	16
4.3.3	Hydraulické drsnosti	17
4.3.4	Okrajové podmínky	18
4.3.5	Kalibrace a verifikace modelu	20
5	Výstupy z modelu	22
5.1	Záplavové čáry pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	22
5.2	Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	22
5.3	Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	22
5.4	Mapy povodňového nebezpečí pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	23
6	Přílohy	24
6.1	Psaný podélný profil	24
6.2	Fotodokumentace významných objektů	27
6.3	Posudek hydraulického výpočtu	48

1 Základní údaje

1.1 Seznam zkratk a symbolů

Tabulka 1 – Seznam zkratk a symbolů

Zkratka	Vysvětlení
DMT	Digitální model terénu
DOP	Dolní okrajová podmínka
FESWMS	Finite element surface-water modeling system
IDVT CEVT	Identifikátor vodního toku podle Centrální evidence vodních toků
RZM	Rastrová Základní mapa
S-JTSK	Souřadný systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
SMS	Surface-water modeling system
SOP	Studie odtokových poměrů
TPE	Technicko-provozní evidence
VM	Výpočtový model
ZÚ	Záplavové území

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 průběhu povodně a zpracování těchto údajů do podoby tzv. map povodňového nebezpečí. Ty budou sloužit následně jako podklad pro kvantifikaci rizika s využitím metod uvedených v „Metodice stanovování povodňových rizik a škod v záplavovém území“ [04].

1.3 Předmět práce

Práce bude zahrnovat tyto činnosti:

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

1.4 Postup zpracování a metoda řešení

Zpracování dokumentace proběhlo v následujícím postupu:

- V prvotních úkonech byly získány dostupné podklady (SOP, ZÚ, hydraulické posudky) doplněné místním šetřením posuzované lokality, které pomohly popsat zájmovou oblast pro stanovení rozsahu geodetického zaměření a předběžně určit charakter proudění.
- Příprava podkladů pro geodetické zaměření a jeho zadání.
- Pořízení a aktualizace hydrologických dat.
- Vytvoření digitálního modelu terénu (DMT).
- Sestavení dvourozměrného hydrodynamického modelu v programu SMS 10.0-FESWMS a podrobnější rekognoskace lokalit pro výpočtové modely.
- Testovací výpočty a hydraulické simulace pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500} .

- Presentace výsledků výpočtů v podobě map povodňového nebezpečí.
- Sestavení technické zprávy, verze standardizačního minima 13. 3. 2012 (datum stažení 28. 5. 2012) [36].
- Zajištění hydraulického posudku.

2 Popis zájmového území

Specifikace toku:

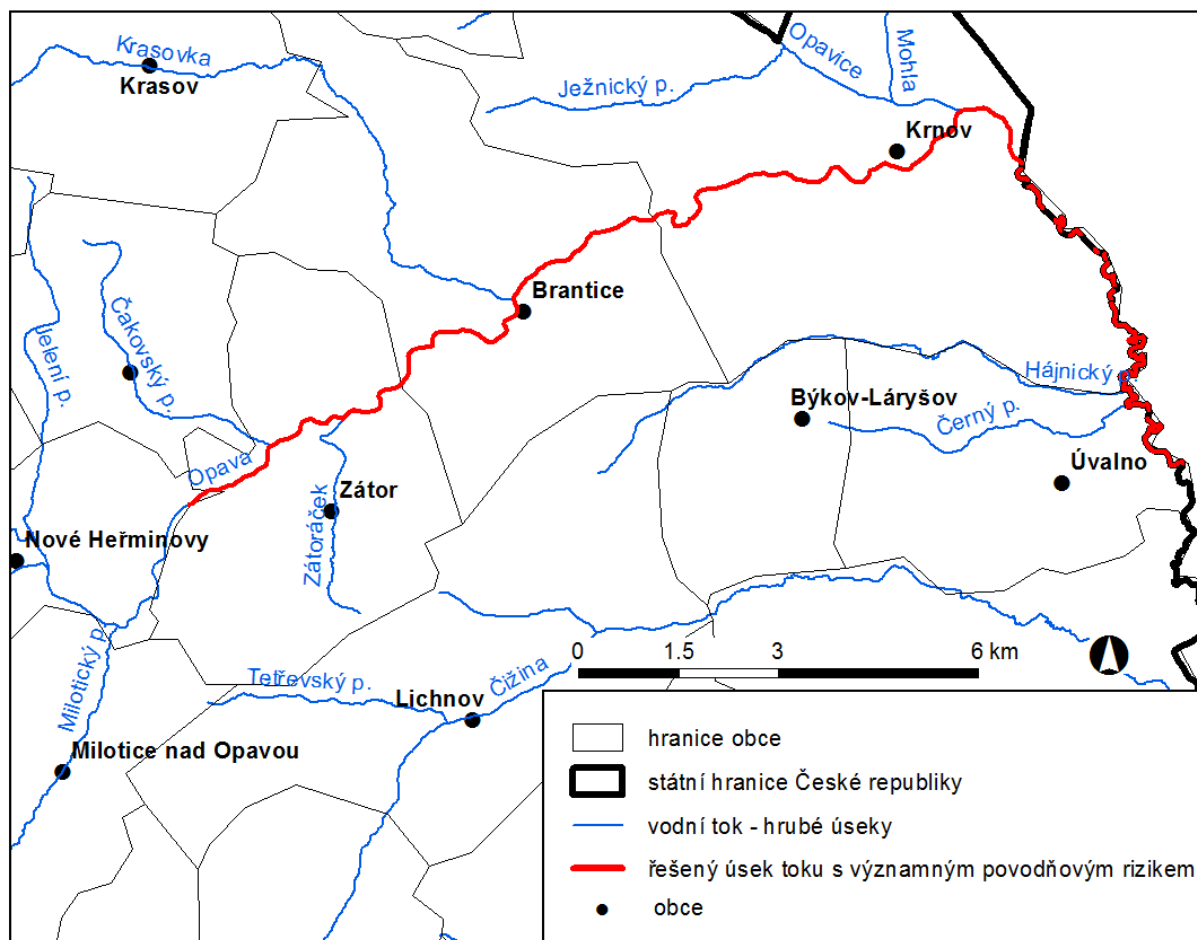
Název toku: Opava

ID úseku: 10100014_3, identifikátor vycházející z Centrální evidence vodních toků (IDVT CEVT)

Identifikátor oblasti s potenciálně významným rizikem: POD-13

Číslo hydrologického pořadí toku: 2-02-01-031, 2-02-01-033, 2-02-01-035, 2-02-01-037, 2-02-01-060, 2-02-01-062, 2-02-01-064

Obrázek 1 – Přehledná mapa řešeného území



2.1 Všeobecné údaje

Řešený úsek toku Opavy je dlouhý 26,244 km a je vymezen od silničního mostu v Úvalně ř. km 59,416 (TPE 58,850, podle JTSK X = 1074398,490 a Y = 505157,613) po profil předpokládané údolní nádrže v Nových Heřminovech v ř. km 85,660 (TPE 85,000, podle JTSK X = 1075000,265 a Y = 520085,412). Opava protéká obcemi Nové Heřminovy, Zátor, Brantice, Krnov a Úvalno včetně jejich místních částí v širokém záplavovém území s rozsáhlou zástavbou, mnoha průmyslovými podniky a významnou infrastrukturou. Úsek řeky Opavy od Krnova tvoří v délce cca 8 km státní hranice mezi Českou a Polskou republikou.

V lokalitě Nové Heřminovy – Krnov dochází k vyběžování od Q_2 až Q_5 . Území je zemědělsky využíváno (pastviny) a většina inundací se nachází na pravé straně údolí. Současná úroveň protipovodňové ochrany zájmového úseku nepřesahuje Q_{20} , jen v městské a průmyslové části Krnova je ochrana objektů zajištěna na Q_{50} , která je však vlivem vzdutí mostů a jezů snížena na Q_{20} . Významný přítok Opavice je ve městě Krnov kapacitní na Q_{100} . Od soutoku s Opavicí řeka v nivě přirozeně meandruje a je ohraničena ochrannými hrázemi. Odsazené

hráze jsou navrženy na ochranu proti 100-leté vodě. Ochrana Petrova rybníka proti jeho přelití je zajištěna bezpečnostním přelivem. Pod rybníkem nejsou polské hráze provázané a při velkých vodách jsou obtékány nebo zatápěny zpětným vzduším. Opava vybřežuje od Q_1 .

Tabulka 2 – Současný stupeň protipovodňové ochrany obcí

Obec	Stupeň ochrany Q_N
Nové Heřminovy	Q_{20}
Zátor – Loučky	Q_5
Brantice	Q_5
Kostelec – Krnov	Q_5
Krnov	Q_{20}
Krnov – Úvalno	$Q_{20} - Q_{50}$

V dokumentaci je použita říční kilometráž z podkladů studie [11], pro úseky ve studii nezohledněné je kilometráž rozšířena. U jednotlivých objektů (mosty, jezy) je uvedena kilometráž podle technicko-provozní evidence (TPE) správce povodí.

2.1.1 Stručný popis zájmového území

V úseku Nové Heřminovy – Krnov má řeka horský charakter, protéká hlubokým údolím, ve kterém vytváří četné peřeje. Pod Krnovem se údolí otevírá a řeka již teče nížinou. Jejimi přítoky jsou Čakovský potok, Zátoráček, Krasovka, Opavice, Hájnický potok a Černý potok. Jihovýchodním směrem od města Krnov je vodní dílo Petrův rybník.

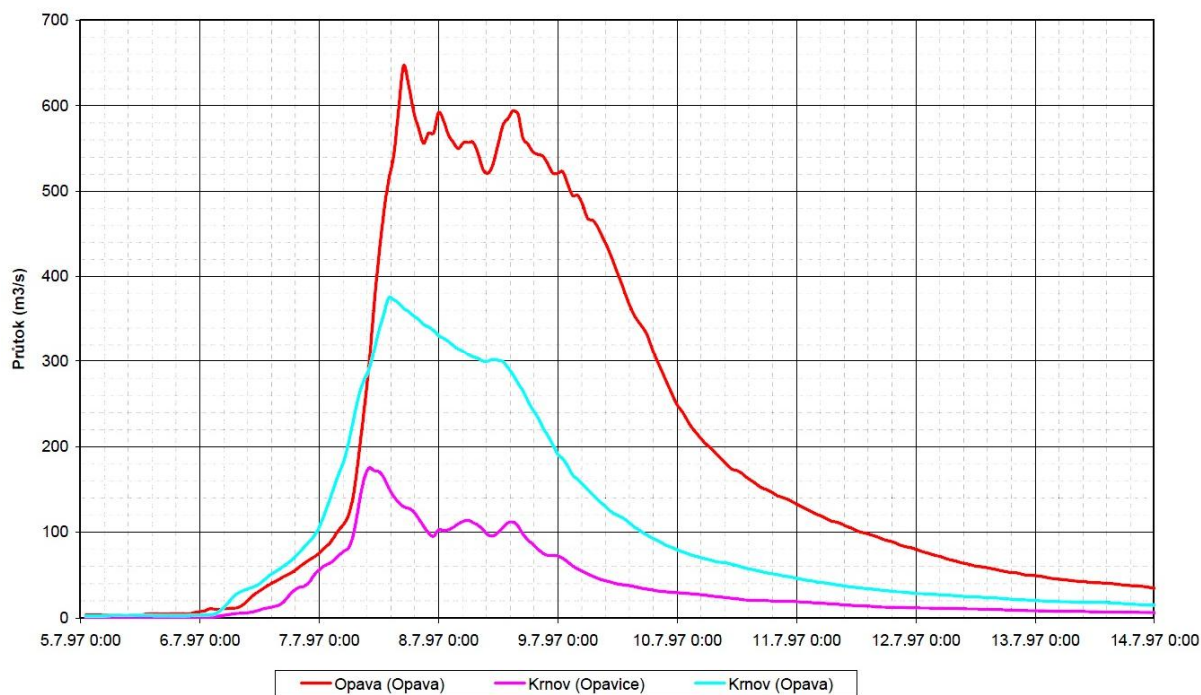
2.2 Průběhy historických povodní (největší známé povodně)

Největší zaznamenaná povodeň od roku 1895 na řece Opavě je datována k červenci 1997, kde způsobila značné škody, ale i ztráty na životech. Ke kulminaci došlo 7. 7. 1997 a ve městě Krnov nad soutokem s Opavicí bylo dosaženo $375 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, tj. cca Q_{500} . Limnigraf v centru Krnova zaznamenal vodní stav 453 cm [33], přičemž druhá největší povodeň dle vodního stavu (305 cm) byla v roce 1903. Mostní profily se v roce 1997 ukázaly jako nekapacitní a jejich zatarasením dřevní hmotou připlavenou z Jeseníků se záplava zvětšila. Zaplavení od Opavice ($175 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) bylo méně významné, avšak koryto řeky bylo silně poškozeno (nátrže, nánosy, likvidace původního opevnění). Došlo také k protržení hráze na pravém břehu Petrova rybníka, s následným zaplavením přilehlé části města a železniční trati Krnov – Opava. Hranice záplavového území obcí viz [19, 28].

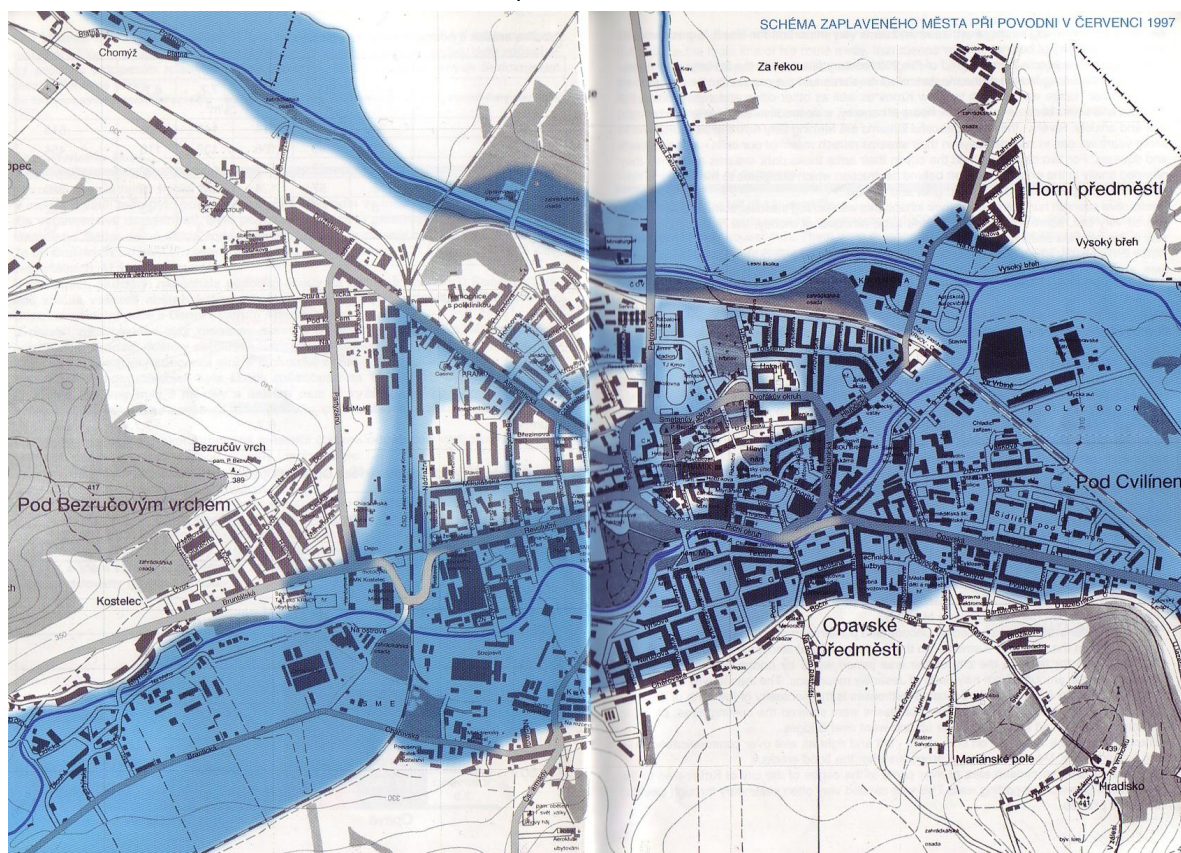
Obrázek 2 – Fotografie povodňové údalosti 1997, na levém obrázku je zachycen silniční most v Zátoru, na pravém zatopená ulice v Krnově [26, 27]



Obrázek 3 – Hydrogram průběhu povodně v červenci 1997 v povodí Opavy pro profily limnigrafů uvedených v legendě [22, 23, 24]



Obrázek 4 – Schéma zaplaveného města Krnov, červenec 1997



3 Přehled podkladů

Použité podklady pro zpracování studie byly čerpány z archivů zpracovatelů a správce toku. Hydrologická data byla poskytnuta Českým hydrometeorologickým ústavem - pobočkou v Ostravě.

3.1 Topografická data

Topografická 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 topografické podklady jsou popsány v následujících kapitolách.

3.1.1 Mapové podklady

- Rastrové základní mapy (RZM) 1:10 000.
- Ortofotomapy řešeného území [10] (rok pořízení 2011, velikost nejmenšího elementu ortofotomapy 5 cm).

3.1.2 Geodetické podklady

Řešená oblast o ploše cca 2300 ha byla geodeticky zmapována kombinací podrobného geodetického zaměření a stereofotogrammetrické metody v roce 2011 [07, 08]. Totální stanicí a soupravou GPS byli zaměřeny části údolní nivy, koryto toku a objekty. Pro výškopisné a polohopisné mapování stereofotogrammetrickou metodou bylo použito digitálních leteckých měřičských snímků pořízených kameou UltraCAMXp a přednáletové signalizace zaměřené v terénu. Mapování proběhlo dle metodického pokynu [03]. Stereofotogrammetrickou metodou byly zaměřeny následující prvky polohopisu a výškopisu:

- Podrobné body výškopisu, které jsou zaměřeny v pseudopravidelné síti s krokem 20 m až 30 m, podle lokální konfigurace terénu.
- Povinné spojnice (terénní hrany) s vzájemným převýšením dvou sousedních hran vyšším než 25 cm a delším než 20 m.
- Ploty tvořící překážku v proudění vody.
- Budovy bez rozlišení (budovy jsou zaměřeny po obvodě střešního pláště).
- Základní obrysy komunikací.

Modelované dno Petrova rybníka je lineárně interpolované z bodů ze zaměření po obvodě hráze.

Zaměřená data jsou v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém horizontu Balt po vyrovnání.

3.2 Hydrologická data

Použité hydrologické údaje [09, 17] jsou uvedeny v následující tabulce. Ve výpočtu byly uvažovány profily řeky Opavy.

Tabulka 3 - 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
Opava – přehradní profil	26. 8. 2011	85,660	65,6	121	206	-	II.
Čakovský potok – ústí do Opavy	26. 8. 2011	0,020	3,56	7,04	12,5	-	III.
Opava – pod Čakovským potokem	26. 8. 2011	84,000	66,2	122	209	-	II.
Zátoráček – Ústí do Opavy	26. 8. 2011	0,020	3,62	7,15	12,7	-	IV.
Opava – pod Zátoráčkem	26. 8. 2011	83,076	67,5	124	211	-	II.
Krasovka – ústí do Opavy	26. 8. 2011	0,020	9,11	19,7	39,4	-	III.

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀	Třída přesnosti
Opava pod Krasovkou	30. 10. 2008	78,600	67,4	126	221	-	II.
Opava – nad Opavicí	26. 8. 2011	68,880	69,9	130	226	357	II.
Opavice – ústí do Opavy	26. 8. 2011	0,020	39,4	73	129	207	II.
Opava pod Opavicí	26. 8. 2011	69,760	100	182	309	475	II.
Opava nad Čížinou	30. 10. 2008	54,700	105	190	324	-	II.

3.3 Místní šetření

Terénní průzkum proběhl ve dvou etapách. První etapa rekognoskace z 1. 7. 2011 byla zaměřena na prvotní průzkum řešené lokality s cílem prošetřit oblast pro stanovení potřebného rozsahu geodetického zaměření a předběžně určit charakter proudění. Prošetřen také byl charakter území ve vazbě na zastavěnost, výrazné překážky a druh vegetačního pokryvu. Z průzkumu byla pořízena fotodokumentace. Druhá etapa z 29. 3. 2012 průzkumu lokality výpočtových modelů (viz kapitola 4.3) byla podrobněji zaměřena na objekty ovlivňující proudění jako např. propustky, mosty, ploty, náhony. Během průzkumu byly od místních obyvatel získány informace o průběhu a rozsahu povodně 1997 a byla pořízena fotodokumentace objektů (příloha 6.2).

Během místního šetření byly získány tyto neoficiální informace týkající se povodně 1997:

- Na fotbalovém hřišti v Krnově hloubka vody do půl popelnice, voda v šatnách.
- Voda nedostoupila k nemocnici v Krnově, hladina v Opavici dosahovala do úrovně kolejnice.
- Hloubka vody u vstupní haly vlakového nádraží v Krnově byla 0,1 m.

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

- [01] Zadávací dokumentace k veřejné zakázce, podle zákona č. 137/2006 Sb., o veřejných zakázkách. Studie vyhodnocení a zvládání povodňových rizik na řece Opavě, úsek Úvalno – Nové Heřminovy. Zadavatel: Povodí Odry, s.p., Varenská 49, 701 26 Ostrava 1. Ostrava, 2010.
- [02] Posílení rizikové analýzy a stanovení aktivních zón v českém vodním hospodářství. Ministerstvo zemědělství ČR, květen 2004.
- [03] Metodický pokyn č.j.: 28181/2005-16000 k zadávání fotogrammetrických činností pro potřeby vymezování záplavových území. Ministerstvo životního prostředí. Praha, listopad 2005.
- [04] Metodika stanovování povodňových rizik a škod v záplavovém území. Ministerstvo životního prostředí. Brno, prosinec 2008.
- [05] Metodika tvorby map povodňových nebezpečí a povodňových rizik. Ministerstvo životního prostředí, březen 2012.
- [06] Sdělení ZP17/2011 odboru ochrany vod MŽP o aktualizaci Metodiky tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik. 2011.
- [07] Geodetické zaměření řeky Opavy v úseku Nové Heřminovy – Úvalno, Pöyry Environment, a.s., AQUATIS, spol. s r.o.
- [08] Zaměření digitálního modelu terénu řeky Opavy v úseku Heřminovy – Úvalno. Geodis, září 2011.
- [09] Hydrologické údaje povrchových vod, značka P11005428/571. ČHMÚ, září 2011.
- [10] Studie vyhodnocení a zvládání povodňových rizik na řece Opavě (úsek Úvalno-Nové Heřminovy). Podkladová část. AQUATIS, spol. s r.o., září 2011.
- [11] Studie záplavového území a protipovodňových opatření na řece Opavě km 36,5 – 69,0. AQUATIS a.s., listopad 2002.

- [12] Návrh záplavového území na řece Opavě v ř. km 81,0 – 111,0. AQUATIS a.s., listopad 2003.
- [13] Studie odtokových poměrů Opavice přes město Krnov km 0,0 – 3,1. AQUATIS a.s., březen 2001.
- [14] Urbanisticko-hyrotechnická studie zkapacitnění řeky Opavy přes město Krnov km 69,051 – 78,319. AQUATIS a.s., listopad 2001.
- [15] Řeka Opava pod Krnovem, výpočet průběhu hladin km 66,5 - 69,4. AQUATIS a.s., leden 2001.
- [16] 2D numerický model proudění vody v záplavovém území řeky Opavy mezi městem Krnov a Hajnickým potokem. VUT FAST LVV, červen 2008, Brno.
- [17] Opatření na horní Opavě, příprava akce v období 2008 – 2010. Investiční záměr. Návrh technického řešení úprav na tocích pro jednotlivé stavební objekty. Pöyry Environment, a.s., 2009.
- [18] Transformované povodňové snímky. Povodeň 1997, Opava. AQUATIS a.s., 1998.
- [19] Stanovené hranice záplavového území Opavy pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a hranice záplavového území pro nejvyšší zaznamenanou povodeň 1997. Povodí Odry.
- [20] Studie menší nádrže Nové Heřminovy v kombinaci s dalšími opatřeními v povodí horního toku řeky Opavy. Studie, Pöyry Environment, a.s., prosinec 2007.
- [21] Rekonstrukce Petrova rybníka – bezpečnostní přeliv. Dokumentace skutečného provedení. Lesostavby Frýdek-Místek, 2011.
- [22] Urbanisticko-hyrotechnická studie zkapacitnění řeky Opavy přes zástavbu města Krnova. Hydrologické údaje řeky Opavy. Studie. Aquatis, březen 2002.
- [23] Současné přístupy k řešení protipovodňové ochrany na příkladu povodí horní Opavy. Langhammer, J., Šobr, M., Vaněk, T.
- [24] Ochrana před povodněmi v povodí horní Opavy. Rešeršní studie. Praha: MZe. 2004.
- [25] Hodnotící zpráva o územích nedostatečně chráněných před povodněmi v oblasti povodí Odry. Povodí Odry, státní podnik. Ostrava, listopad 2005.
- [26] Oficiální stránky města Krnova. www.krnov.cz (ověřený přístup 9. 11. 2012).
- [27] Oficiální stránky obce Zátor. www.zator.cz (ověřený přístup 9. 11. 2012).
- [28] Digitální báze vodohospodářských dat. www.dibavod.cz (ověřený přístup 12. 11. 2012).
- [29] User's Manual for FESWMS Flo2DH. Two-dimensional Depth-averaged Flow and Sediment Transport Model. Froelich, D. Release 3. September 2002. FHWA-RD03-053.
- [30] <http://web.utk.edu/~btschant/manning%20n/index.html> (ověřený přístup 14. 11. 2012).
- [31] <https://sites.google.com/site/katalogdrsnosti/home> (ověřený přístup 14. 11. 2012).
- [32] Parametrická studie vlivu stupně drsnosti záplavového území na výšku ochranných hrází. Diplomová práce, Roušar, L., 118 str. Brno, 2011.
- [33] Evidenční list hlásného profilu č. 271, tok Opava, limnigrafická stanice Krnov. Aktualizace březen 2006.
- [34] Evidenční list hlásného profilu č. 272, tok Opavice, limnigrafická stanice Krnov. Aktualizace březen 2006.
- [35] Fotodokumentace povodně 1997 a situace širších vztahů Teplárny Krnov. Dalkia, Kaňová, M.
- [36] Povodňový informační systém. www.povis.cz (ověřený přístup 28. 11. 2012).

3.5 Normy, zákony, vyhlášky

- [51] ČSN 75 0110 Vodní hospodářství – Terminologie hydrologie a hydroekologie
- [52] ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod.
- [53] TNV 75 2102 Úpravy potoků.
- [54] TNV 75 2103 Úpravy řek.
- [55] ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže.
- [56] TNV 75 2415 Suché nádrže.
- [57] TNV 75 2910 Manipulační řady vodních děl na vodních tocích.

- [58] TNV 75 2931 Povodňové plány.
- [59] Zákon č. 240/2000 Sb. o krizovém řízení a změně některých zákonů (krizový zákon).
- [60] Nařízení vlády č. 462/2000 Sb., k provedení §27 odst. 8 a §28 odst. 5 zákona č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon).
- [61] Vyhláška MŽP 236/2002 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území.
- [62] Vyhláška č. 470/2001 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků.
- [63] Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.

3.6 Vyhodnocení a příprava podkladů

Podklady byly seříděny a analyzovány. Pro potřeby 2D numerického modelování jsou vstupní data velmi podrobná. Zaměření dvou hran s výškovým rozdílem 25 cm, výškový rozdíl komunikace a chodníku, nemusí být topografií při diskretizaci náhradní oblasti vystihnuto. Zájmová lokalita je polohopisem, výškopisem a hydrologickými daty dostatečně pokryta. Podrobnost ortofotomap je pro určení druhu pokryvu vynikající, lze stanovit počet šablon střešní krytiny rodinného domu. *N*-leté průtoky řeky Opavy jsou ve II. třídě přesnosti a jejich směrodatná chyba pro průtok větší než Q_{20} je 30 % [52].

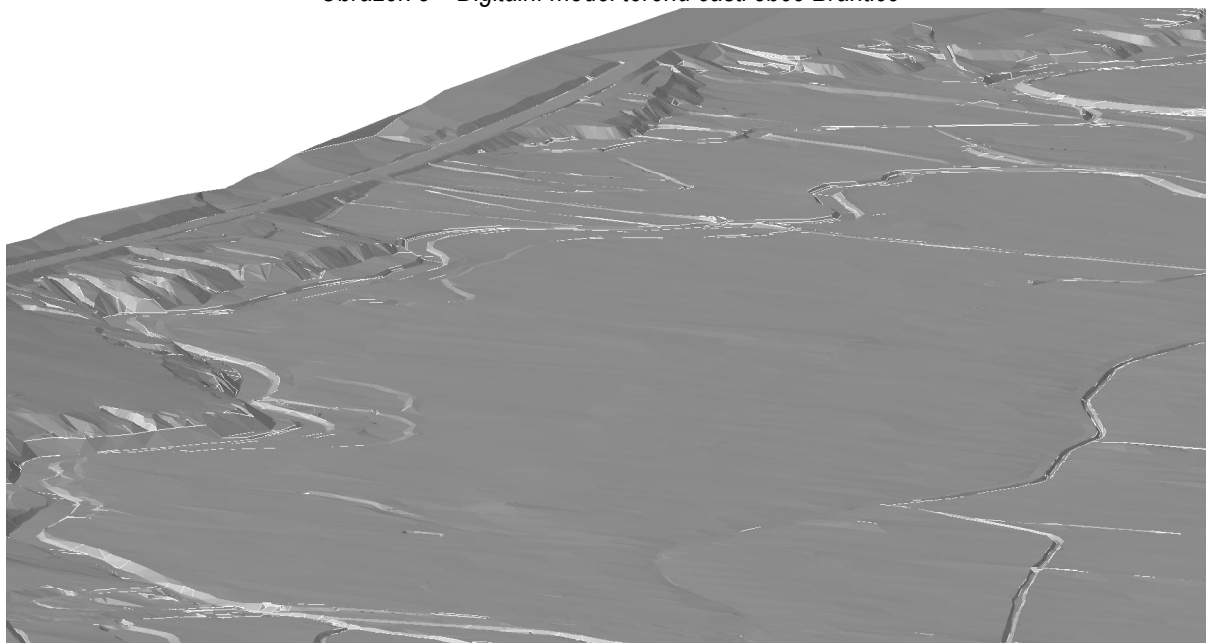
4 Metodika tvorby modelu

Proudění v zájmovém území bylo simulováno 2D numerickým programem SMS-FESWMS 10.0. Charakter území naznačuje, že 1D přístup výpočtu by byl pro stanovení rychlostí nebo hloubek nedostačující (rozsáhlé inundační prostory, časté dělení proudu). Sestavení hydrodynamického modelu je popsáno v následujících kapitolách.

4.1 Vytvoření digitálního modelu terénu (DMT)

DMT je sestaven z geodeticky zaměřeného koryta doplněného ve zbylé části výškopisem a polohopisem stereofotogrammetrické metody. Data před spojením byla zkontrolována a následně spojena v prostředí Microstationu. Se zakomponováním povinných hran byl DMT sestaven v Autocad Civil 3D 2012 a výsledný povrch byl vyexportován do formátu DWG 2012 a XML. DMT je referencován v souřadném systému S-JTSK a výškovém horizontu Balt po vyrovnání.

Obrázek 5 – Digitální model terénu části obce Brantice



4.2 Hydrodynamický model

Výpočtový program SMS-FESWMS 10.0 (Surface Modelling System) je prostředek určený především k modelování 2D přibližně horizontálního proudění s volnou hladinou. Jedná se o komplexní nástroj, který umožňuje vytvářet a upravovat síť (Mesh modul, Map modul a Scatter modul), provádět výpočty proudění pomocí některého z modelů založených na 2D přístupu, zpracovávat, vyhodnocovat a prezentovat výsledky. Řešení hydrodynamických rovnic je založeno na metodě konečných prvků. Výpočtové jádro FESWMS (Finite Element Surface-Water Modeling System) řeší 2D neustálené proudění s volnou hladinou za předpokladu, že svislá složka rychlosti je v porovnání se složkami v podélném i příčném směru zanedbatelná.

Teoreticky se vychází z obecných trojrozměrných rovnic vyjadřujících zákony zachování hybnosti (pohybové rovnice) a hmotnosti (rovnice spojitosti). Z trojrozměrných na dvourozměrné rovnice se přejde středováním rychlosti po svislici, za předpokladu, že pohyb ve svislém směru je zanedbatelný v porovnání s vodorovným pohybem. Nejvýznamnější řídicí rovnice 2D proudění jsou:

$$\text{Rovnice spojitosti: } \frac{\partial Z_h}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = q_m.$$

Pohybové rovnice:

$$\frac{\partial q_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\beta \frac{q_x^2}{h} + \frac{gh^2}{2} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\beta \frac{q_x q_y}{h} \right) + gh \frac{\partial Z_d}{\partial x} + \frac{h}{\rho} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \Omega q_y + \frac{1}{\rho} \left[\tau_{dx} - \tau_{hx} - \frac{\partial(h\tau_{xx})}{\partial x} - \frac{\partial(h\tau_{xy})}{\partial y} \right] = 0,$$

$$\frac{\partial q_y}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\beta \frac{q_x q_y}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\beta \frac{q_y^2}{h} + \frac{gh^2}{2} \right) + gh \frac{\partial Z_d}{\partial y} + \frac{h}{\rho} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \Omega q_x + \frac{1}{\rho} \left[\tau_{dy} - \tau_{hy} - \frac{\partial(h\tau_{xy})}{\partial x} - \frac{\partial(h\tau_{yy})}{\partial y} \right] = 0.$$

Způsob výpočtu Reynoldsových napětí: Bousinesq – princip turbulentní viskozity:

$$\tau_{xx} = \rho \nu_t \left(2 \frac{\partial v_x}{\partial x} \right); \tau_{xy} = \tau_{yx} = \rho \nu_t \left(\frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial x} \right); \tau_{yy} = \rho \nu_t \left(2 \frac{\partial v_y}{\partial y} \right).$$

Výpočet turbulentní viskozity podle Smagorinského:

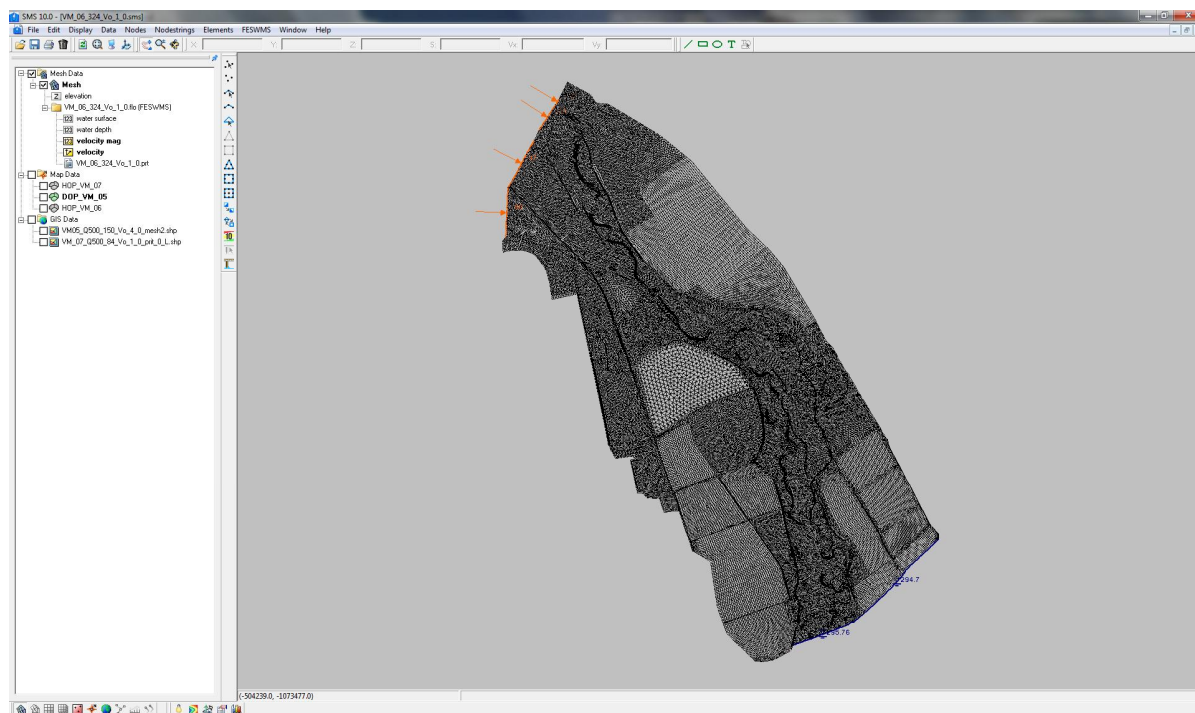
$$\nu_t = \nu_{t0} + c_1 \nu_* h + c_2 |J| \sqrt{\left(\frac{\partial v_x}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v_y}{\partial y} \right)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial x} \right)^2}.$$

Vliv tření o omezený obvod:

$$\tau_{zx} = \rho \frac{gn^2}{h^{1/3}} \sqrt{1 + \left(\frac{\partial Z_d}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial Z_d}{\partial y} \right)^2} \frac{q_x \sqrt{q_x^2 + q_y^2}}{h^2},$$

$$\tau_{zy} = \rho \frac{gn^2}{h^{1/3}} \sqrt{1 + \left(\frac{\partial Z_d}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial Z_d}{\partial y} \right)^2} \frac{q_y \sqrt{q_x^2 + q_y^2}}{h^2}.$$

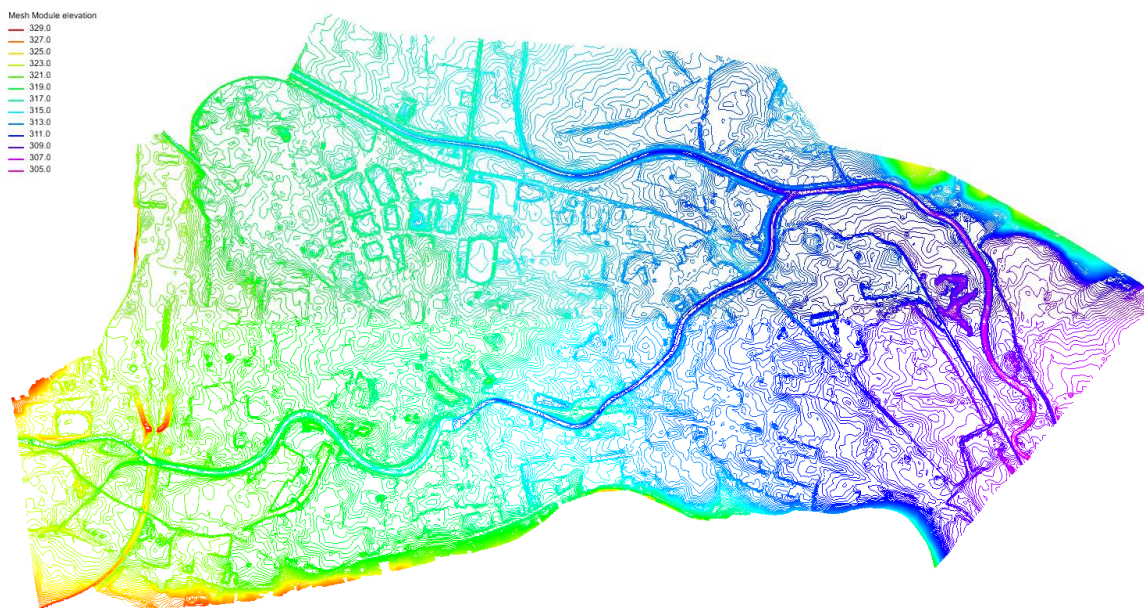
Obrázek 6 – Prostředí programu SMS 10.0 se zobrazením náhradní oblasti východní části Krnova, Petrova rybníka a zadanými okrajovými podmínkami



4.3 Sestavení hydrodynamického modelu

Topografie řešené oblasti byla vytvořena načtením bodového pole z DMT do modulu Scatter a následně body byly triangulovány. Použitá verze programu neumožňuje zahrnutí povinných hran, proto vytvořený povrch musel být manuálně upraven podle načteného polohopisu. Tento postup poukázal na chyby původního DMT, které byly manuálně upraveny. Diskretizace náhradní oblasti je řešena v modelu Map, kde je zájmové území rozděleno na makroprvky, pro které jsou definovány součinitele drsnosti, způsob výpočtu turbulentní viskozity, přidělení výškových souřadnic nebo tvar konečného prvku. Drsnost území (pole, ulice) byla specifikována z místního šetření a ortofotomap. Tvary konečných prvků byly použity čtyřúhelníkové i trojúhelníkové s geometrickými kritérii popsanými v [29].

Obrázek 7 – Topografie řešené oblasti města Krnov



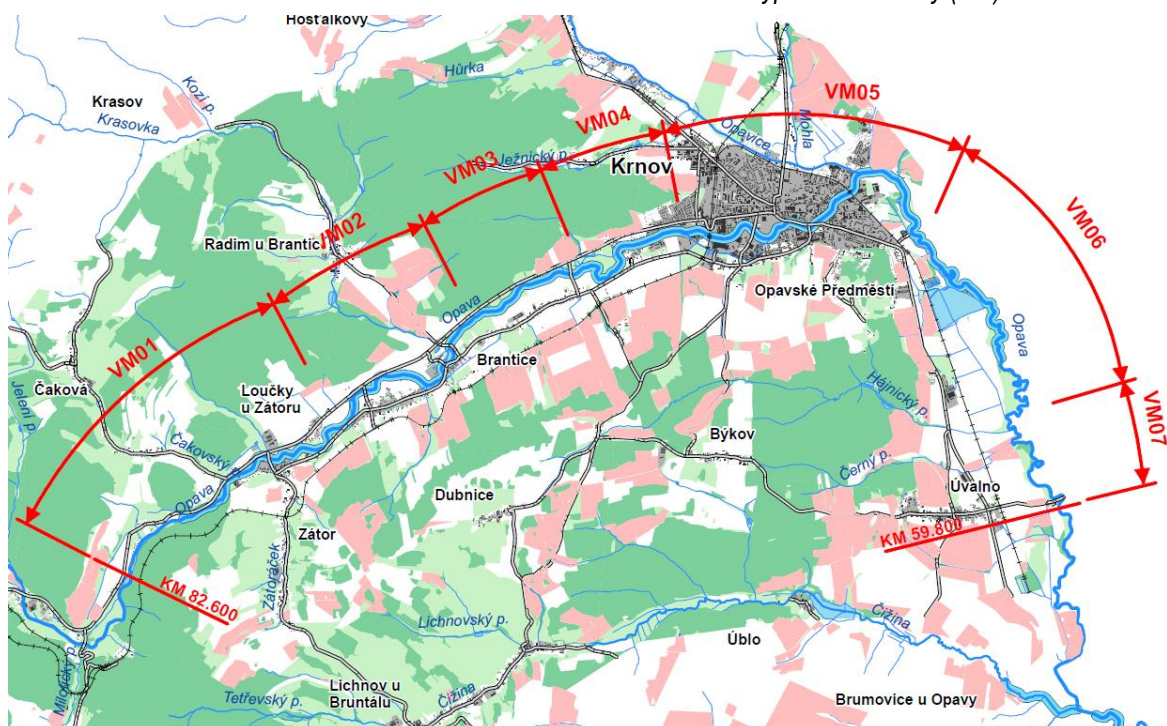
4.3.1 Schematizace oblasti

Pro urychlení výpočetních prací, zmenšení objemu dat a z důvodu omezení programu byl model rozdělen na dílčí modely, tzv. výpočtové. Rozdělení výpočtových modelů (VM) je znázorněno na obrázku 8. Sousední modely byly dostatečně překryty alespoň o šířku inundace, což vedlo k odstranění vlivů okrajových podmínek. Každý VM byl rozdělen na 2 dílčí VM, kde prvním byly řešeny průtoky Q_{100} a Q_{500} , u druhého se zmenšenou oblastí Q_{20} a Q_5 . Nejdlejší strana konečného prvku byla do 5 % celkové šířky rozlivu. Svahy a koryto bylo pro vyjádření rychlostního pole popsáno detailněji.

Tabulka 4 – Základní parametry jednotlivých výpočtových modelů pro Q_{500} a Q_{100}

Označení výpočtového modelu	Zahrnuté obce	Počet prvků	Počet bodů
VM01	Loučky	32 786	96 961
VM02	Brantice	42 618	116 039
VM03	Brantice – Kostelec	49 511	116 984
VM04	Kostelec – Krnov	53 082	128 445
VM05	Krnov	146 188	328 341
VM06	Krnov – Branice (Úvalno)	99 373	231 636
VM07	Branice (Úvalno)	65 347	150 712

Obrázek 8 – Schéma rozdělení řešené oblasti na výpočtové modely (VM)



4.3.2 Objekty na toku

Zahrnuty byly všechny násypy liniových staveb, ploty, zdi, budovy, významné propustky, mosty, pokud to bylo možné tak i podezdívky plotů. Pro částečně průtočné ploty (pletivo tvořené neprůtočnými plechy s otvorem nad základovou zídkou) byla podle interní analýzy zpracovatele předpokládána zvýšená hodnota drsnosti v závislosti na hloubce vody. Pečlivá pozornost byla věnována možným vstupním branám a zdem kolem budov a areálů. Odpor objektů menších než 2 m x 2 m (kůlny) byl vyjádřen zvýšeným součinitelem drsnosti. Jezová tělesa a spádové stupně byly modelovány dvourozměrně. Počáteční úroveň hladiny Petrova rybníka odpovídá jeho dnu ze studie [16]. Manipulace na jezích se nepředpokládá, hradící konstrukce jsou vyhrazeny. Uzávěry na náhonech a malých vodních elektrárnách jsou uzavřeny. Tlakové proudění ve významných propustcích a mostech bylo simulováno 1D přístupem. Výčet mostů s uvedením úrovně dolní a horní mostovky je v následující tabulce, fotodokumentace viz příloha 6.2.

K významnému pohybu sedimentů nebo transportu unášených předmětů dochází v celém řešeném úseku, což má vliv zejména na nekapacitní mosty na toku, které jsou vyznačeny v mapách povodňového nebezpečí (mapy úrovně hladin) při jednotlivých povodňových scénářích. V příloze 6.1 Psaný podélný profil jsou uvedeny hladiny před mostními profily červenou barvu tučným řezem písma, jedná se o mosty, které nepřevědou vypočtenou hladinu s převýšením 0,5 m.

Tabulka 5 – Výčet mostů v řešeném úseku

Objekt	Staničení [ř. km]	Staničení [TPE]	Dolní mostovka [m n. m.]	Horní mostovka [m n. m.]
Silniční most v Branici (Úvalno)	59,416	58,850	290,80	291,70
Železniční most v Krnově	70,190	69,415	313,57	314,50
Silniční most v Krnově, ul. U jatek	70,416	69,650	313,18	314,22
Silniční most v Krnově, ul. Opavská	70,895	70,130	314,67	316,10
Silniční most v Krnově, ul. Opavská	71,000	70,230	315,75	317,49

Objekt	Staničení [ř. km]	Staničení [TPE]	Dolní mostovka [m n. m.]	Horní mostovka [m n. m.]
Silniční most v Krnově, ul. Sokolovská	71,112	70,350	314,83	316,59
Silniční most v Krnově, ul. Svatováclavská	71,544	70,770	316,76	317,75
Silniční most v Krnově, ul. Čsl. armády	72,215	71,450	319,83	320,66
Silniční most v Krnově, ul. Vrchlického	72,761	72,000	321,59	322,27
Železniční most v Krnově	73,068	72,310	323,06	324,69
Silniční most v Krnově, ul. Na ostrově	73,125	72,370	322,52	324,29
Silniční most v Kostelci, ul. Mlýnská	74,268	73,510	328,05	329,15
Ocelová lávka v Kostelci	74,689	73,930	329,64	329,89
Silniční most v Kostelci	76,114	75,400	335,75	336,46
Silniční most v Branticích	78,602	77,890	345,29	346,06
Silniční most v Branticích	78,897	78,180	345,67	346,39
Silniční most v Branticích	79,000	78,290	346,45	347,91
Silniční most v Loučkách	80,777	80,050	355,70	356,03
Silniční most v Loučkách	81,796	81,140	359,10	359,60
Pěší lávka v Loučkách	82,791	82,150	362,58	363,08
Silniční most v Loučkách	83,155	82,510	365,20	366,00
Silniční most v Loučkách	83,868	83,250	367,26	368,14

4.3.3 Hydraulické drsnosti

Součinitele drsnosti byly zadávány proměnné po hloubce a pro charaktery území jsou popsány v tabulce 6. Stanovení jejich hodnot bylo na základě studií řeky Opavy (kalibrovaných i nekalibrovaných) [11, 12, 13, 14, 15, 16], drsnostních katalogů [30, 31], rešerše [32] a vlastních zkušeností.

Tabulka 6 – Ohodnocení povrchů součinitelem drsnosti

Název	Popis	Součinitel drsnosti
Inundační území		
<i>trávník</i>	Udržovaný travní porost dvakrát ročně sekaný.	0,035
<i>pole</i>	Plošný osev nízko rostoucích rostlin např. obiloviny.	0,040
<i>louka</i>	Pastviny jednou ročně sekané.	0,045
<i>zahrada</i>	Záhony s ojedinělými stromy a průtočnými ploty.	0,050
<i>park</i>	Travní pokryv dvakrát ročně sekaný s řídce rozmístěnými stromy a keři.	0,055
<i>sad</i>	Travní pokryv jednou ročně sekaný s řadově rozmístěnými stromy či keři.	0,060

<i>les_řidký</i>	Les s dominantním pásmem stromovým a bylinným.	0,070
<i>křovina</i>	Souvislý porost z jednotlivých keřů případně s řídce rozmístěnými stromy.	0,080
<i>les_hustý</i>	Les se všemi pásmy (bylinné, keřové, stromové).	0,100
Název	Popis	Součinitel drsnosti
<i>les_lužní</i>	Lesní porost se všemi pásmy vegetace, přírodní porost s minimem zásahů člověka.	0,140
Koryto a trvale zatopené plochy		
<i>voda</i>	Trvale zatopené plochy (rybníky, tůně atd.).	0,015
<i>kanál</i>	Zarostlý kanál či odstavené zarostlé rameno.	0,090
<i>kyněta_svah</i>	Opevnění či tvar svahu udává stupeň drsnosti.	Pozn. 1
<i>kyněta_dno</i>	Zahrnuje dno kynety a štěrkové lavice - jesepy, zrnitost udává stupeň drsnosti. Vyšší ze Stricklera či Müllera; při pohybu splavenin dle Camennen.	Pozn. 2
Umělé povrchy		
<i>beton</i>	Betonový povrch běžného provedení.	0,016
<i>živice</i>	Silnice.	0,016
<i>cesta</i>	Polní a lesní cesty.	0,025
<i>štěrk</i>	Neurovnané pohozy.	0,038
<i>kameny</i>	Neurovnané záhozy.	0,050
<i>ulice</i>	Živičné plochy s chodníky, překážky proudění v podobě automobilů, zábradlí, stromů, laviček, sloupů.	0,050
<i>balvany</i>	Neurovnané balvanité skluzy.	0,060
<i>zástavba</i>	Plocha s objekty, které nelze popsat výpočtovou sítí (objekt < 2,5 m x 2,5 m).	0,250

Poznámka 1: Analogicky dle částí tabulky popisující umělé povrchy, a přirozené povrchy (inundační území).

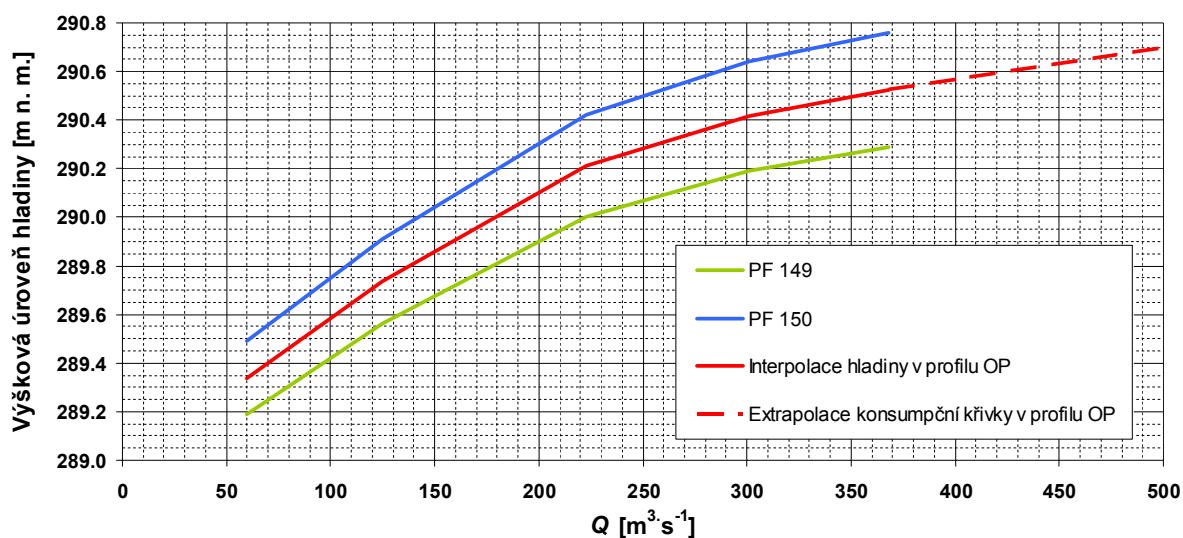
Poznámka 2: Vyšší hodnota stanovená metodikou dle Stricklera a Müllera; při pohybu splavenin dle Camennen.

4.3.4 Okrajové podmínky

Horní okrajové podmínky v podobě průtoků byly zadány podle hydrologických profilů (kap. 3.2), kde souběh povodňových vln Opavy a významných přítoků byl určen tak, že průtok pro přítok byl stanoven z rozdílu průtoků Opavy nad a pod soutokem. Pro povodňový scénář Q_{500} nebyly uvažovány žádné přítoky kromě Krasovky a Opavice, přičemž hodnota 500-letého průtoky pro Krasovku byla poměrově odhadnuta k N-letým průtokům. Dělení průtoků v korytě a inundacích bylo určeno z předchozího VM. Proudění bylo simulováno ustáleně.

V prvním kroku za dolní okrajové podmínky (DOP) byly voleny úrovně hladin z následujícího VM, který byl předem rozpočítán pro dané průtoky. To umožnilo zadat více OP, kde DOP je pro VM07 umístěna za silničním tělesem v Úvalně a úroveň hladiny je interpolována z profilů PF 149 a PF 150 ze studie [11]. Pro průtok Q_{500} je odhadnut trend konsumpční křivky znázorněné na obrázku 9. Ve druhém kroku byly DOP změněny tak, aby v místě napojení VM byly dosaženy stejné hranice rozlivů, úrovní hladin a rychlosti proudu. Proto uvedené hodnoty DOP se nemusí zvyšovat s hodnotou průtoky a záleží, jak daleko byly modely od DOP napojeny. Dostatečným překrytím VM byl odstraněn vliv OP.

Obrázek 9 – Konsumpční křivka pro profil DOP Úvalno



Tabulka 7 – Hodnoty horních a dolních okrajových podmínek výpočetních modelů

Výpočetní model	Povodňový scénář	Dělení průtoku [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	DOP pro napojení modelů [m n. m.]
VM01	Q_5	67,5	356,46
	Q_{20}	124	357,08
	Q_{100}	211	357,34
	Q_{500}	337	357,45 – koryto, 358,49 – LB inundace
VM02	Q_5	69,9 (67,5 – koryto, 2,4 – Krasovka)	341,84
	Q_{20}	130 (124 – koryto, 6 – Krasovka)	342,43
	Q_{100}	226 (211 – koryto, 15 – Krasovka)	342,66
	Q_{500}	357 (337 – koryto, 20 – Krasovka)	342,62
VM03	Q_5	69,9	332,70
	Q_{20}	130 (126 – Opava, 4 – PB inundace)	332,80
	Q_{100}	226 (213,5 – koryto, 12,5 – PB inundace)	333,00
	Q_{500}	357 (228,4 – Opava, 104,2 – inundace střed, 9,2 – silnice, 7 – za silnicí, 8,1 – PB inundace)	333,35
VM04	Q_5	69,9 (40,5 – Opava, 6,1 – LB inundace, 13,7 – inundace střed, 9,6 – PB za silnicí)	320,07
	Q_{20}	130 (44,9 – Opava, 6,8 – LB inundace, 64 – inundace střed, 14,3 – PB za silnicí)	320,35
	Q_{100}	226	321,56
	Q_{500}	357	323,12

Výpočetní model	Povodňový scénář	Dělení průtoku [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	DOP [m n. m.]
VM05	Q_5	100 (69,9 – Opava, 30,1 – Opavice)	307,84 – 307,61 (proměnné)
	Q_{20}	182 (130 – koryto, 52 – Opavice)	308,17 – 307,80 (proměnné)
	Q_{100}	309 (226 – koryto, 83 – Opavice)	308,33 – 308,13 koryto (proměnné), 307,60 – 307,80 PB inundace (proměnné)
	Q_{500}	475 (357 – koryto, 118 – Opavice)	308,34 – koryto
VM06	Q_5	100	295,50 – koryto
	Q_{20}	182	295,69 – 296,00 koryto (proměnné), 295,00 – LB inundace (Polsko)
	Q_{100}	309 (125 – Opava, 102 – inundace Opavy, 30 – PB inundace, 52 – město)	295,64 – 295,97 koryto (proměnné), 294,70 – 295,40 LB inundace (Polsko)
	Q_{500}	475 (145 – Opava, 153 – inundace Opavy, 80 – PB inundace, 97 – město)	295,76 – 296,15 koryto (proměnné), 295,80 – LB inundace (Polsko)
VM07	Q_5	105 (93 – koryto, 5 – Hájnický a Černý potok, 7 – PB inundace)	289,56
	Q_{20}	190 (152,1 – koryto, 8 – Hájnický a Černý potok, 14,2 – LB inundace, 15,7 – PB inundace)	290,05
	Q_{100}	324 (217 – koryto, 15 – Hájnický a Černý potok, 30 – LB inundace, 62 – PB inundace)	290,45
	Q_{500}	475 (253 – koryto, 45 – LB inundace, 177 – PB inundace)	290,67

Poznámka: Pojem koryto se rozumí profil Opavy a její inundace.

4.3.5 Kalibrace a verifikace modelu

Verifikace modelu proběhla porovnáním dostupných úrovní hladin a hranic rozlivů povodňové události 1997 s vypočtenými. Povodňové značky uvedené ve studiích nebo zjištěné z místního šetření jsou platné pouze pro oblast Krnova. Pro obce Zátor, Brantice nebo Kostelec jsou k dispozici hranice rozlivů [19, 28].

Pro Krnov lze konstatovat velmi dobrou shodu v rozdílu úrovní hladin, rozdíl je do 0,15 m, přičemž ve dvou profilech byly rozdíly v hladinách do 0,40 m. Ačkoliv průtok v Krnově byl v roce 1997 o $18 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ větší než modelovaný, lze tento průtok přibližně současně Q_{500} .

O povodni 1997 se uvádí, že zvýšená koncentrace dřevní hmoty snížila průtočnost mostních objektů a zpětným vzduťm zvětšila rozliv. Hranice vypočtených a simulovaných rozlivů se od sebe liší. V Loučkách u Zátoru je vypočítaný rozliv ve srovnání s povodní 1997 větší, způsobený přelitím silnice a prouděním za ní až do profilu propustky a snížené úrovně komunikace. V lokalitě pod Krnovem je vypočítaná hladina o 0,07 m nižší a dochází zde k přelévání levobřežní hráze a proudění v zářezu železnice u Petrova rybníka. Vypočítané rozlivy při menších průtokových stavech jsou větší než výchozí rozlivy, zejména při Q_{20} v Branticích. Proud je veden pravobřežním příkopem podél silnice a je stahován do koryta až v Kostelci.

Pro celý model lze konstatovat, že vypočítané rozlivy jsou nejvíce ovlivněné liniovými stavbami, budovami a v menší míře propustky a příkopy, které ve výpočtových modelech byly zahrnuty.

Tabulka 8 – Povodňové značky a informace z povodně 1997, Opava, průtok cca Q_{500}

Ř. km	Místo povodňové značky – popis umístění	Výška zaměřené hladiny (m n. m.)	Výška vypočítané hladiny (m n. m.)	Rozdíl (m)
68,161	Krnov – Opavské předměstí, pravý břeh PF 6 [11]	308,74	308,67	+ 0,07
70,242	Krnov – Horní předměstí, na pravém břehu nad železničním mostem [14]	312,85	313,27	- 0,42
70,889	Krnov – Horní, limnigraf [33]	315,53	315,55	- 0,02
72,274	Teplárna Krnov, Dalkia [35] Na levém břehu dosahovala hladina vody za plotem u budovy strojní údržby 105 cm. Na pravém břehu dosahovala hladina vody u garáží buldozerů 130 cm.	PB – 320,84 LB – 320,49	PB – 320,85 LB – 320,34	- 0,01 + 0,15
74,305	Krnov – Horní předměstí, na pravém břehu nad silničním mostem [14]	328,76	328,40	+ 0,36
1,680	Krnov, Opavice limnigraf [34]	317,28	317,27	+ 0,01
Informace získané během místního šetření				
	Na fotbalovém hřišti v Krnově hloubka vody do půl popelnice, voda v šatnách. Vypočtená hloubka 0,5 m.			
	Voda nedostoupila k nemocnici v Krnově, hladina v Opavici dosahovala do úrovně kolejnice.			
	Hloubka vody u vstupní haly vlakového nádraží v Krnově byla 0,1 m. Vypočtená hloubka 0,14 m.			

5 Výstupy z modelu

Výstupy jsou dokládány ve formě dvourozměrných polí posuzovaných veličin pokrývajících řešenou oblast, v jednotlivých uzlech modelu jsou doloženy tyto proměnné:

- Úroveň hladiny.
- Hloubka vody.
- Svislicová rychlost.

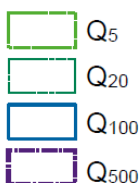
Hodnoty veličin jsou pro řešené průtoky zpracovány v grafickém zobrazení map záplavových čar, map povodňového nebezpečí, map úrovní hladin, datových polí (*.txt) a psaného podélného profilu dokládáných v tištěné podobě nebo na přiloženém DVD. Pro mapy úrovní hladin je použita proměnná barevná škála s výškovým rozdílem intervalu zobrazení 0,5 m. Psaný podélný profil je v příloze 6.1.

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

Záplavové čáry jsou křivky odpovídající průsečnicím hladin vody se zemským povrchem při zaplavení území povodní a jsou zobrazeny jako doprovodné informace pro jednotlivé průtoky na Základní rastrové mapě v měřítku 1:10 000. V mapách jsou vykresleny jako linie specifikované metodikou [05].

Obrázek 10 – Linie hranic rozlivů pro jednotlivé průtoky

Záplavové čáry

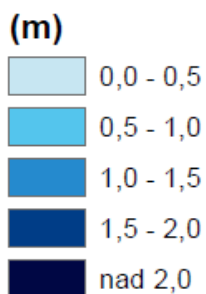


5.2 Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}

Hloubky vody z numerického programu jsou zobrazeny pro jednotlivé průtoky s velikostí jednoho pixelu rastru 1 m. Rozdělení intervalů hloubek a jejich barevná definice je v mapách vykreslena podle metodiky [05].

Obrázek 11 – Definice barev a intervalů hloubek

Hloubky



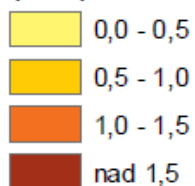
5.3 Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}

Svislicové rychlosti vody jsou zobrazeny pro jednotlivé průtoky s velikostí jednoho pixelu rastru 1 m. Rozdělení intervalů rychlostí a jejich barevná definice je v mapách vykreslena podle metodiky [05].

Obrázek 12 – Definice barev a intervalů rychlostí

Rychlosti

(m/s)



5.4 Mapy povodňového nebezpečí pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}

Charakteristiky povodně specifikující povodňové nebezpečí jako hloubka a rychlost proudu jsou v mapách povodňového nebezpečí vykresleny pro povodňové scénáře Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} , kde hranice rozlivů jsou doprovoděny informacemi pro příslušné scénáře. Obrysy budov uvažovaných v numerickém modelu jsou zobrazeny bez linie. Charakteristiky jsou podloženy RZM v odstínu šedé a vyobrazená proměnná má velikost pixelu 1 m.

6 Přílohy

6.1 Psaný podélný profil

Objekt	Ř. km	TPE	Výšky hladin (m n. m.) pro scénáře:			
			Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀
Silniční most v Branici (Úvalno)	59,416	58,850	290,12	290,32	290,67	290,84
	59,500		290,37	290,65	290,98	291,12
	60,000		291,47	291,71	291,96	292,11
	60,500		292,41	292,53	292,68	292,79
	61,000		293,25	293,38	293,53	293,64
Jezový objekt nad Branicemi	61,046	60,485	293,43	293,58	293,76	293,88
	61,500		294,28	294,41	294,57	294,72
	62,000		295,27	295,43	295,64	295,82
	62,500		296,08	296,24	296,36	296,49
	63,000		296,68	296,75	296,82	296,89
	63,500		297,45	297,52	297,57	297,62
	64,000		298,17	298,27	298,34	298,38
	64,500		298,94	299,10	299,21	299,28
	65,000		299,73	299,92	299,98	300,07
	65,500		300,80	301,06	301,17	301,31
	66,000		301,84	302,16	302,33	302,52
Jezový objekt u Petrova rybníka	66,475	65,464	303,45	303,61	303,76	303,89
	66,500		303,47	303,68	303,85	303,93
	67,000		304,67	304,89	305,08	305,23
Jezové těleso u ulice Papírový Mlýn	67,303	66,540	305,72	305,98	306,15	306,33
	67,500		306,33	306,56	306,75	306,94
	68,000		307,53	307,87	307,98	308,21
	68,500		308,70	308,79	309,03	309,29
	69,000		309,86	310,32	310,50	310,64
	69,500		311,10	311,62	311,70	311,79
	70,000		311,78	312,69	312,86	313,02
Železniční most v Krnově	70,190	69,415	312,01	312,82	313,17	313,41
Silniční most v Krnově. ul. U jatek	70,416	69,650	312,55	313,15	313,74	313,98
	70,500		312,77	313,36	314,04	314,30
Silniční most v Krnově. ul. Opavská	70,895	70,130	313,37	313,70	315,26	315,58
Silniční most v Krnově. ul. Opavská	71,000	70,230	314,01	314,32	315,89	316,42
Silniční most v Krnově. ul. Sokolovská	71,112	70,350	314,61	314,79	316,22	316,83
	71,500		315,35	315,77	317,05	317,66
Silniční most v Krnově. ul. Svatováclavská	71,544	70,770	315,82	316,22	317,69	318,20
Jezové těleso v Krnově	71,647	70,880	316,78	317,15	318,02	318,45
	72,000		317,87	318,27	318,83	319,00
Silniční most v Krnově. ul. Čsl. armády	72,215	71,450	319,03	319,43	320,27	320,75

Objekt	Ř. km	TPE	Výšky hladin (m n. m.) pro scénáře:			
			Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀
Stupeň v Krnově	72,392	71,610	319,63	319,94	321,03	321,53
	72,500		319,81	320,16	321,20	321,68
Silniční most v Krnově. ul. Vrchlického	72,761	72,000	320,19	320,72	321,80	322,45
	73,000		320,69	321,27	322,47	323,45
Železniční most v Krnově	73,068	72,310	321,08	321,64	322,84	323,94
Silniční most v Krnově ul. Na ostrově	73,125	72,370	321,17	322,08	323,16	324,27
	73,500		322,94	323,35	324,78	325,00
Jezové těleso v Kostelci	73,575	72,820	323,52	324,07	325,17	325,40
	74,000		325,28	326,02	326,86	327,25
Silniční most v Kostelci. ul. Mlýnská	74,268	73,510	326,16	326,88	327,68	328,17
	74,500		327,02	327,46	328,29	328,86
Ocelová lávka v Kostelci	74,689	73,930	328,02	328,50	328,97	329,86
	75,000		330,36	330,52	330,66	330,77
	75,500		332,45	332,72	333,04	333,28
	76,000		334,35	334,38	334,40	334,45
Silniční most v Kostelci	76,114	75,400	334,87	335,00	335,03	335,14
	76,500		336,37	336,48	336,57	336,65
	77,000		337,95	338,22	338,36	338,46
	77,500		339,90	340,36	340,54	340,83
	78,000		341,84	342,32	342,38	342,78
	78,500		343,07	344,18	344,57	344,92
Silniční most v Branticích	78,602	77,890	343,36	344,43	344,91	345,37
Silniční most v Branticích	78,897	78,180	345,36	345,96	346,53	346,74
Silniční most v Branticích	79,000	78,290	345,81	346,54	346,89	347,32
Jezové těleso v Branticích	79,052	78,340	346,36	346,79	347,28	347,54
	79,500		348,24	348,54	348,71	348,88
	80,000		350,25	350,51	350,66	350,83
	80,500		351,89	352,54	352,85	353,15
Silniční most v Loučkách	80,777	80,050	353,81	354,26	354,46	354,70
	81,000		354,22	354,70	354,97	355,28
	81,500		356,33	356,88	357,01	357,22
Jezový objekt v Loučkách u Zátoru	81,720	81,100	357,15	357,54	357,60	358,03
Silniční most v Loučkách	81,796	81,140	357,57	358,16	358,35	358,63
	82,000		358,93	359,15	359,43	359,65
	82,500		360,75	361,40	361,62	361,84
Pěší lávka v Loučkách	82,791	82,150	361,97	362,70	363,04	363,35
	83,000		363,14	363,54	363,85	364,14
Silniční most v Loučkách	83,155	82,510	363,77	364,33	364,67	364,93
	83,500		365,12	365,64	365,95	366,27
Silniční most v Loučkách	83,868	83,250	366,39	367,08	368,01	368,14
	84,000		367,51	367,90	368,39	368,98
	84,500		369,75	370,47	370,98	371,46

Objekt	Ř. km	TPE	Výšky hladin (m n. m.) pro scénáře:			
			Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀
Stupeň ve dně	84,559	83,940	370,03	370,84	371,16	371,55
	85,000		372,06	372,60	372,94	373,35
	85,500		374,09	374,93	375,37	375,67
	85,660		376,30	377,07	377,56	377,89

6.2 Fotodokumentace významných objektů

Obrázek 13 – Silniční most v Branici (Úvalno), foceno proti proudu (TPE 58,85)



Obrázek 14 – Pohled z komunikace na českou stranu, obec Úvalno. Za inundačním mostem je viditelné snížení komunikace vytvářející za povodně jeden z hlavních proudů



Obrázek 15 – Pohled proti proudu na jezový objekt nad Branícemi (TPE 60,485) [11]



Obrázek 16 – Pohled proti proudu na jezový objekt u Petrova rybníka (TPE 65,464)



Obrázek 17 – Pohled z koruny hráze Petrova rybníka na bezpečnostní přeliv



Obrázek 18 – Pohled z pravé hráze Petrova rybníka na železniční trať s příkopy, během větších průtoků tvoří vedlejší proud



Obrázek 19 – Pohled proti proudu na jezové těleso u ulice Papírový Mlýn (TPE 66,54). V pozadí na pravo polská hráz



Obrázek 20 – Soutok Opavy a Opavice, pohled po proudu



Obrázek 21 – Pohled ze železničního mostu v Krnově směrem k Petrově rybníku. Proud vody je usměrněn podél tělesa



Obrázek 22 – Pohled po proudu na železniční most v Krnově (TPE 69,415)



Obrázek 23 – Pohled po proudu na silniční most v Krnově (TPE 69,650), ulice U jatek



Obrázek 24 – Pohled po proudu na nýtovaný silniční most v Krnově (TPE 70,13), ulice Opavská. Za mostem na pravém břehu je umístěna limnigrafická stanice Krnov



Obrázek 25 – Pohled po proudu na silniční most v Krnově (TPE 70,23), ulice Opavská



Obrázek 26 – Pohled na plot tvořící překážku proudu, v pozadí obchodní dům Kaufland



Obrázek 27 – Pohled proti proudu na silniční most v Krnově (TPE 70,35), ulice Sokolovská



Obrázek 28 – Pohled po proudu na silniční most v Krnově (TPE 70,77), ulice Svatováclavská



Obrázek 29 – Pohled proti proudu na jezové těleso v Krnově (TPE 70,88)



Obrázek 30 – Pohled po proudu na silniční most v Krnově (TPE 71,45), ulice Čsl. armády



Obrázek 31 – Pohled po proudu na podpěrný pilíř a stupeň v Krnově, na levém břehu neprůtočný plot s podezdívkou teplárny Krnov (TPE 71,61)



Obrázek 32 – Pohled po proudu na silniční most v Krnově (TPE 72,00), ulice Vrchlického



Obrázek 33 – Pohled na podjezd železnice v Krnově, ulice Brantická-Chářovská, významné nátokové okno



Obrázek 34 – Pohled na propustek převádějící vodu do náhonu Chářovského parku, významné nátokové okno



Obrázek 35 – Pohled po proudu na železniční most v Krnově (TPE 72,31)



Obrázek 36 – Pohled proti proudu na silniční most v Krnově (TPE 72,37), ulice Na Ostrově



Obrázek 37 – Pohled proti proudu na jezové těleso a odběrný objekt v Kostelci (TPE 72,820)



Obrázek 38 – Pohled po proudu na silniční most v Kostelci (TPE 73,51), ulice Mlýnská



Obrázek 39 – Pohled proti proudu na ocelovou lávku v Kostelci (TPE 73,93)



Obrázek 40 – Pohled po proudu na silniční most v Kostelci (TPE 75,40)



Obrázek 41 – Zaústění LB přítok Krasovky



Obrázek 42 – Pohled po proudu na silniční most v Branticích (TPE 77,89)



Obrázek 43 – Pohled proti proudu na silniční most u kostela v Branticích (TPE 78,18)



Obrázek 44 – Pohled proti proudu na silniční most v Branticích (TPE 78,29), v pozadí zámek Brantice



Obrázek 45 – Pohled proti proudu na jezové těleso, štěrkovou propust a náhon, v pozadí zámek Brantice (TPE 78,34)



Obrázek 46 – Pohled proti proudu na silniční most v Loučkách (TPE 80,05)



Obrázek 47 – Pohled na silnici I/45 v Branticích z levého břehu u silničního mostu (TPE 80,05). Výšková úroveň komunikace je o něco málo převýšená oproti okolnímu terénu, při Q_{500} byla přelita



Obrázek 48 – Pohled proti proudu na jezový objekt v Loučkách u Zátoru (TPE 81,10)



Obrázek 49 – Pohled proti proudu na silniční most v Loučkách u Zátoru (TPE 81,14)



Obrázek 50 – Pohled po proudu na pěší lávku v Loučkách u Zátoru (TPE 82,15)



Obrázek 51 – Pohled proti proudu na silniční most v Loučkách u Zátoru (TPE 82,51)



Obrázek 52 – Pohled proti proudu na silniční most v Loučkách u Zátoru (TPE 83,25)



Obrázek 53 – Pohled proti proudu na stupeň (TPE 83,94)



6.3 Posudek hydraulického výpočtu



OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

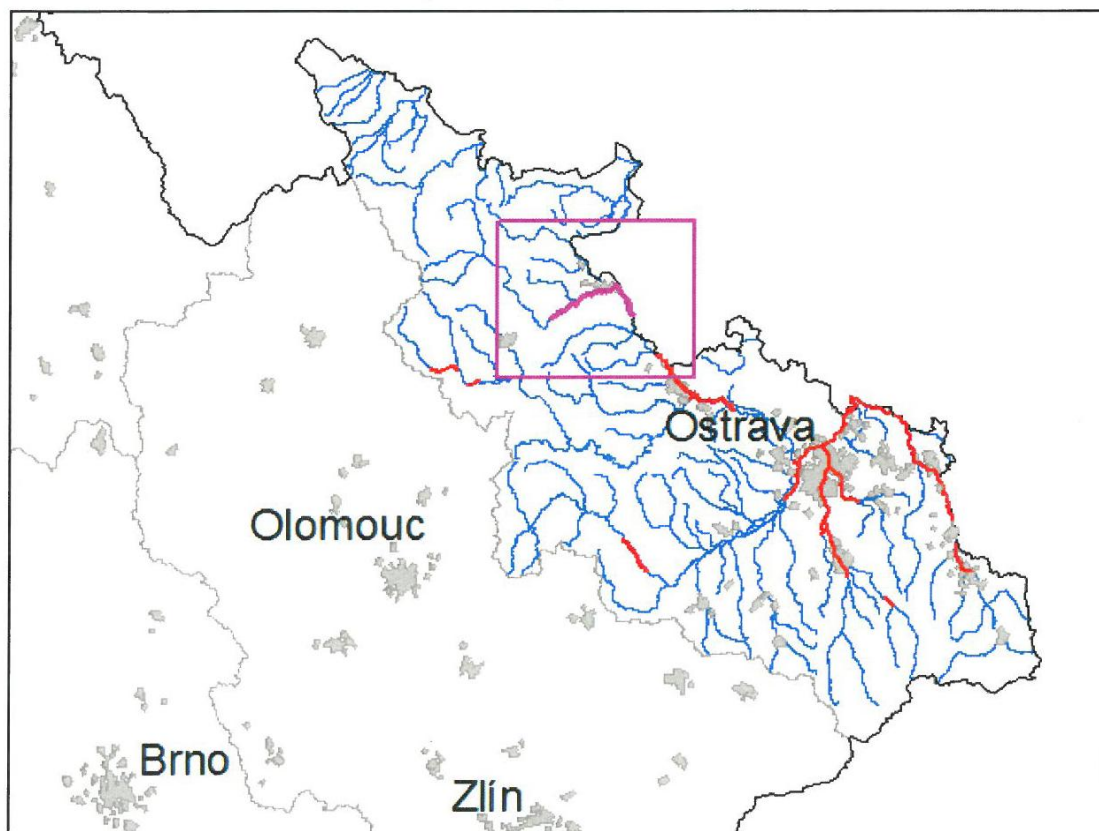
Pro vodu,
vzduch a přírodu

Studie vyhodnocení a zvládání povodňových rizik na řece Opavě (úsek Úvalno-Nové Heřminovy)

POVODÍ OPAVY

6.3 POSUDEK HYDRAULICKÉHO VÝPOČTU

OPAVA – POD-13 - Ř. KM 58,850 – 85,000



Prosinec 2012





OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

Pro vodu,
vzduch a přírodu

Studie vyhodnocení a zvládání povodňových rizik na řece Opavě (úsek Úvalno-Nové Heřminovy)

POVODÍ OPAVY

6.3 POSUDEK HYDRAULICKÉHO VÝPOČTU

OPAVA – POD-13 - Ř. KM 58,850 – 85,000

Pořizovatel:



Povodí Odry, státní podnik
Varenská 49
701 26 Ostrava

Zhotovitel:



Pöyry Environment a.s.
Botanická 834/56
602 00 Brno

Zpracovatel posudku:



Vysoké učení technické v Brně
Fakulta stavební
Veveří 331/95
602 00 Brno

Posudek zpracoval:

Ing. Zbyněk Zachoval, Ph.D.

Brno, prosinec 2012

Obsah:

1	Cíle a předmět posudku	4
2	Popis zájmového území	4
3	Zhodnocení relevantnosti vstupních podkladů	4
3.1	Topografická data	4
3.1.1	Mapové podklady	4
3.1.2	Geodetické podklady	4
3.2	Hydrologická data	5
3.3	Místní šetření	5
3.4	Doplňující podklady	5
3.5	Normy, zákony, vyhlášky	5
3.6	Vyhodnocení a příprava podkladů	5
4	Metodika tvorby modelu	5
4.1	Vytvoření digitálního modelu terénu	5
4.2	Hydrodynamický model	5
4.3	Sestavení hydrodynamického modelu	6
4.3.1	Schematizace oblasti	6
4.3.2	Objekty na toku	6
4.3.3	Hydraulické drsnosti	6
4.3.4	Okrajové podmínky	6
4.3.5	Kalibrace a verifikace	6
5	Výstupy z modelu	6
5.1	Záplavové čáry pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	7
5.2	Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	7
5.3	Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	7
6	Přílohy	7
7	Závěry a doporučení	7

1 Cíle a předmět posudku

Zpracování map povodňového nebezpečí ve smyslu Směrnice 2007/60/ES vyžaduje jednotný způsob vyhodnocení charakteristik průběhu povodni, jako jsou rozsah záplavy, hloubka a rychlost proudění vody. Vzhledem ke značnému rozsahu prací na území celé České republiky lze při realizaci požadavků Směrnice 2007/60/ES očekávat značný počet zpracovatelů jak hydraulické části (mapy povodňového nebezpečí), tak vlastní rizikové analýzy (mapy rizika).

Ukazuje se jako potřebné, hospodárné a efektivní „ošetřit“ mezistupeň mezi hydraulickým řešením (a jeho výstupy) a mezi využitím výsledků při procesu hodnocení rizika. Toto je provedeno prostřednictvím „Posudku hydraulických výpočtů“ zpracovaného vybranými odbornými subjekty. Posudek je realizován ve dvou etapách:

1. Etapa zahrnuje hodnocení úplnosti zajištěných podkladů a návrh koncepčního modelu. Koncepčním modelem se rozumí formulace vstupních předpokladů s jejich zdůvodněním, schematizace řešeného problému v návaznosti na vymezené cíle s ohledem na numerický model použitý k výpočtu a s přihlédnutím k následnému zpracování map nebezpečí a rizika.
2. Etapa je zaměřena na posouzení numerického řešení a dále na zhodnocení věcné správnosti a úplnosti výstupů řešení.

Dokládán je posudek po uzavření druhé etapy posuzování.

Struktura posudku odpovídá předepsanému obsahu technické zprávy hydraulického výpočtu (příloha B). Práce zahrnuje především tyto činnosti:

- studium podkladů,
- účasti na jednáních,
- kontrola výpočtů,
- vyhotovení posudku.

Cílem posudku je stručně zhodnotit úplnost a relevantnost použitých podkladů, adekvátnost koncepčního modelu, použitelnost numerického modelu, kvalitu hydraulických výpočtů a věcnou správnost a úplnost výsledků při kulminačních průtocích Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500} pro tvorbu map povodňového nebezpečí (záplavových čar, hloubek a rychlostí, doplněné zde o mapy úrovně hladiny) pro úsek na vodním toku Opava označený POD-13 - Ř. KM 58,850 – 85,000.

Předkládaný posudek je v členění předložené Technické zprávy, která je vyhotovena dle verze standardizačního minima k 13. 3. 2012 (staženo 28. 5. 2012).

2 Popis zájmového území

Popis zájmového území je proveden stručně, úplně a věcně. Je pospaný současný stav ochrany území a historické povodně. Pro povodeň v roce 1997 je vyobrazeno schéma zaplaveného území.

3 Zhodnocení relevantnosti vstupních podkladů

3.1 Topografická data

3.1.1 Mapové podklady

Mapové podklady jsou relevantní a úplně pro použití. Podrobnost ortofotomap je nadstandardní.

3.1.2 Geodetické podklady

Geodetické podklady jsou svým rozsahem vyhovující, podrobností a přesností nadstandardní, plně použitelné pro další práce.

3.2 Hydrologická data

Hydrologická data jsou aktuální a úplná v profilech dostatečně popisujících změny průtoku po délce toku. Nadstandardně jsou uvedena hydrologická data přítoků, což umožňuje lépe pochopit chování proudění v síti toků a ty zahrnout do výpočtu.

Ve zprávě jsou uvedeny hydrogramy povodně v červenci 1997 (cca Q_{500}) ve dvou profilech na Opavě a v jednom na Opavici, která je nejvýznamnějším přítokem v zájmovém úseku. Souběh povodňových vln nevytváří anomálie, které by bylo třeba zahrnout do výpočtu.

Starší hydrologická data nejsou uvedena, pro výpočty jsou použita aktuální.

Vzhledem k tomu, že hydrologické údaje o průtocích jsou ve II. třídě přesnosti, je přesnost relativně velká a nejistota ve stanovení nebude dominantně ovlivňovat výsledky, ale je třeba zdůraznit, že to bude jeden z hlavních zdrojů nejistot.

3.3 Místní šetření

Rozsah a počet místních šetření odpovídá požadavkům na zpracování numerického modelu. Během šetření byly získány informace použitelné pro jeho vyhotovení a kalibraci.

Nebyl nalezen žádný nesoulad s vyhotoveným DMT.

3.4 Doplnující podklady

Mezi doplňujícími podklady jsou uvedeny všechny relevantní podklady použité pro zpracování technické zprávy. Doplnující podklady umožnily získání kalibračních dat především z dříve provedených studií a hlásných profilů, informací o objektech a technické a provozní informace. Jsou zde uvedeny i pokyny a metodiky pro zpracování.

3.5 Normy, zákony, vyhlášky

Jsou uvedeny normy, zákony a vyhlášky, podle kterých zpracovatel postupoval.

3.6 Vyhodnocení a příprava podkladů

Z hlediska plošného pokrytí zájmové oblasti jsou podkladová data vyhovující, jsou aktuální a úplná a není třeba je dále upravovat, aktualizovat ani doplňovat. Jejich kvalita je v popisu topografie a využití území nadstandardní.

4 Metodika tvorby modelu

Zvolená koncepce řešení „2D model ustáleného proudění za průtoků Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500} “ je pro danou lokalitu, podkladová data, požadavky na zpracování a vyhodnocení vyhovující.

4.1 Vytvoření digitálního modelu terénu

Digitální model terénu (DMT) má rozsah větší než předpokládaný rozsah zaplaveného území při největším posuzovaném průtoku, což je přibližně rozsah za povodně v roce 1997, tedy rozsah modelu je vyhovující. Jeho způsob sestavení odpovídá požadavkům pro maximalizaci přesnosti a věrohodnosti popisu území jako podkladu pro numerický model proudění. DMT zahrnuje i všechny objekty na toku a není třeba další výkresové dokumentace pro jeho doplnění.

4.2 Hydrodynamický model

Pro sestavení numerického modelu řešícího výše uvedené 2D ustálené proudění je použit softwarový prostředek, který umožňuje toto proudění s odpovídající přesností simulovat. Uvedeny jsou i relevantní řídicí rovnice, které jsou při řešení použity.

4.3 Sestavení hydrodynamického modelu

Postup sestavení modelu využívá paralelizace pracovních postupů zvyšující efektivitu práce a využití specialistů na dílčí práce, což vede k minimalizaci chyb a jednotnosti koncipování numerických modelů. Uvedený postup je pro sestavení modelu vhodný.

4.3.1 Schematizace oblasti

Vzhledem k rozsahu zpracovávaného území a požadavkům na přesnost zpracování je proudění v území popsáno překrývajícími se dílčími modely (7 dílčích modelů), jejichž výsledky jsou při vyhodnocení výstupních dat sloučeny. Uvedený postup je akceptovatelný za splnění podmínek existence stejných výsledků v linii přibližně kolmé na směr proudění v oblasti překryvu. Volba rozsahu dílčích modelů a jejich vzájemných překryvů (o šířku zaplaveného území) uvedené podmínky s vysokou pravděpodobností umožňuje splnit. Zpracovatelem byly nalezeny.

4.3.2 Objekty na toku

Do výpočtu byly přímo zakomponovány všechny významné objekty (budovy, jezy, mosty, spádové stupně, propustky) i nadstandardně méně významné objekty (ploty, budovy s alespoň jedním z půdorysných rozměrů větším než 2 m). Méně významné objekty byly do výpočtu zahrnuty nepřímo zvýšením drsnosti. Uvedený způsob zadání je velmi pracný, ale umožňuje proudění v oblasti řešit velmi věrohodně.

4.3.3 Hydraulické drsnosti

Součinitele drsnosti byly v modelu zadány dle využití území z dlouhodobě upravované tabulky vzniklé na základě odborných publikací, databází a kalibrovaných simulací proudění při dřívějších studiích. Proměnnost drsnosti s hloubkou lépe vystihuje chování drsnosti při proudění (rostliny – polehnutí, deformace povrchu – dnové útvary atd.). Drsnost území je popsána detailně a tabulka s drsnostmi je plně použitelná.

4.3.4 Okrajové podmínky

Pro všechny dílčí modely byl použit jednotný koncept zadávání okrajových podmínek. Horními okrajovými podmínkami byly průtoky a dolními okrajovými podmínkami byly úrovně hladiny. Dělení průtoku pro zadání horních okrajových podmínek je vyhovující, hodnoty přítoků jsou rozdílem průtoků mezi horním a dolním profilem oblasti stanovené poměrově dle hydrologických dat. Dolní okrajové podmínky jsou zadány na základě výpočtu proudění v níže položeném modelu. Dolní okrajová podmínka pro nejnižší položený model byla stanovena z jednorozměrného výpočtu. Uvedený způsob zadávání okrajových podmínek je vyhovující.

4.3.5 Kalibrace a verifikace

Kalibrace byla provedena plošně na zaznamenaný rozsah povodně v roce 1997, která odpovídala přibližně Q_{500} . Podkladem pro kalibraci byly i zaznamenané úrovně hladiny při kulminaci povodně v témže roce, které jsou k dispozici především ve městě Krnov. Dalším podkladem jsou slovní vyjádření místních obyvatel o rozsahu a velikosti zaplaveného území.

Některá kalibrační data o úrovni hladiny byla v rozporu s rozlivem, což se promítlo ve dvou místech do zvýšeného rozdílu vypočítané a pozorované (změřené) hladiny.

Nejsou uvedena žádná kalibrační data pro menší průtoky.

Model lze považovat v rámci rozsahu dat a jejich věrohodnosti za kalibrovaný.

5 Výstupy z modelu

Výstupy z modelu zahrnují úroveň hladiny, hloubku a svislicovou rychlost. Pro další zpracování jsou úplné.

Výstupy z modelů jsou sloučeny a je možné je použít pro vyhotovení map nebezpečí.

Použité škály a jejich barevná stupnice jsou odpovídající požadavkům na vizualizaci výstupních dat.

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

Záplavové čáry jsou vyneseny na základě výsledků z výpočtů správně. V místě objektů, které je přerušují, je pro jejich vykreslení použita lineární interpolace.

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

Mapy hloubek jsou vyneseny z výsledků výpočtů také správně, objekty jsou obtékané, a proto je v daných místech nulová hloubka.

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

Rychlosti jsou vyneseny z výsledků výpočtů také správně, objekty jsou obtékané, a proto je v daných místech nulová rychlost.

6 Přílohy

Psaný podélný profil je úplný.

Fotodokumentace podává základní pohled na řešenou oblast s důrazem na objekty na toku.

7 Závěry a doporučení

Konstatuji, že použité podklady jsou úplné a relevantní, koncepce modelu je adekvátní daným podmínkám, numerické modely jsou plně použitelné, hydraulické výpočty byly provedeny kvalitně a věcně správně, výsledky při kulminačních průtocích Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500} jsou dle dostupných znalostí a možností věrohodné a úplné. Mapy povodňového nebezpečí (mapy záplavových čar, hloubek a rychlostí, doplněné zde o mapy úrovně hladiny) pro úsek na vodním toku Opava označený POD-13 - Ř. KM 58,850 – 85,000 jsou vyhovující pro následné zpracování map povodňového ohrožení a rizika.

V Brně dne 19. 12. 2012



Ing. Zbyněk Zachoval, Ph.D.

zpracovatel posudku



prof. Ing. Jan Šulc, CSc.

vedoucí Ústavu vodních staveb