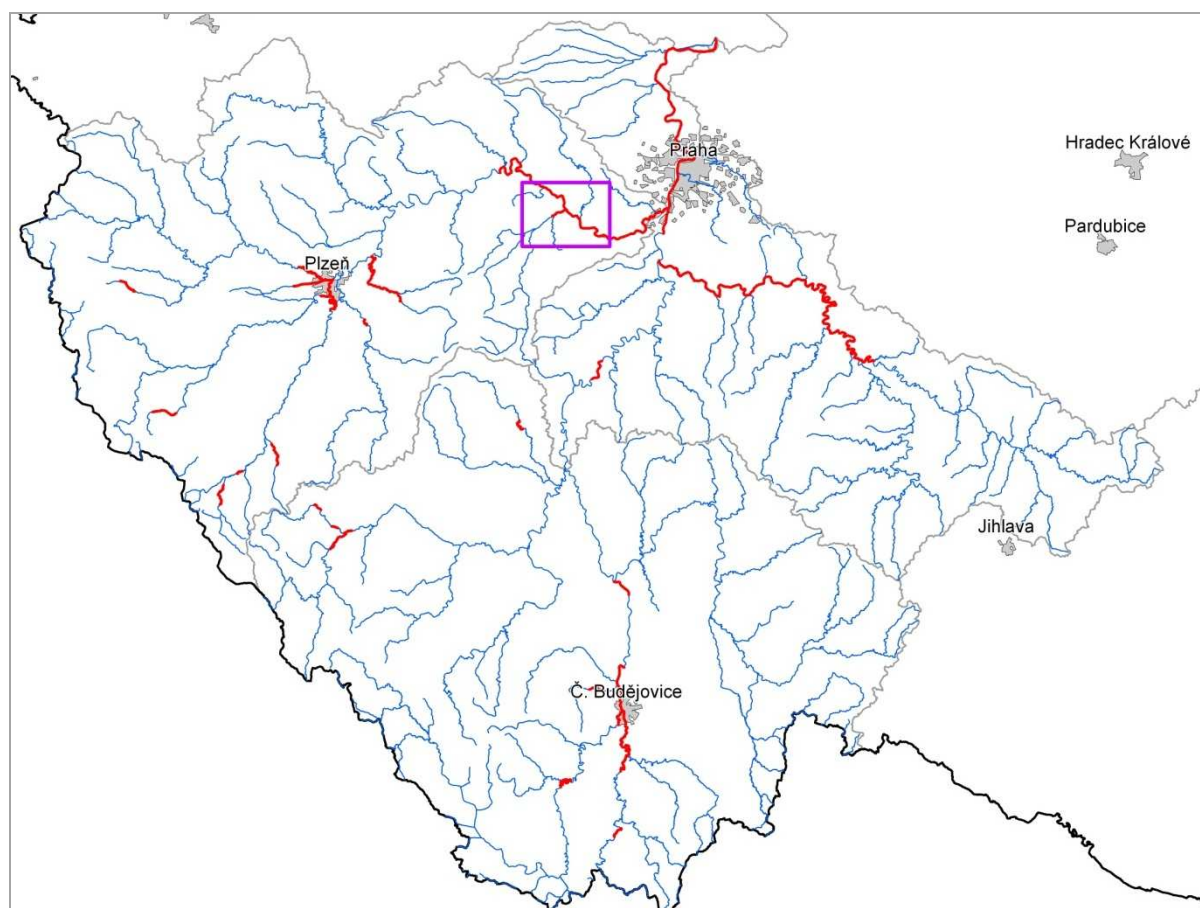


ZPRACOVÁNÍ MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK – PILOTNÍ PROJEKT V SOUTOKOVÝCH OBLASTECH

DÍLČÍ POVODÍ BEROUNKY

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

BEROUN – BEROUNKA (10100011_1), LITAVKA (10100052_1)





OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

Pro vodu,
vzduch a přírodu

ZPRACOVÁNÍ MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK – PILOTNÍ PROJEKT V SOUTOKOVÝCH OBLASTECH

DÍLČÍ POVODÍ BEROUNKY

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

BEROUNKA (10100011_1), LITAVKA (10100052_1)

Pořizovatel:



Povodí Vltavy, státní podnik
Holečkova 8
150 24 Praha 5

Zhotovitel:



DHI, a.s.
Na Vrších 5
100 00 Praha 10

Subdodavatelé:

V PRAZE, ČERVENEC 2011



OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

Pro vodu,
vzduch a přírodu

Obsah:

1	Základní údaje	9
1.1	Cíle prací	9
1.2	Předmět práce	9
1.3	Postup zpracování a metoda řešení	9
2	Popis zájmového území	9
2.1	Všeobecné údaje	9
2.1.1	Stručný popis zájmového území	9
2.2	Průběhy historických povodní (největší známé povodně)	10
3	Přehled podkladů	13
3.1	Topologická data	13
3.1.1	Mapové podklady	13
3.1.2	Geodetické podklady	13
3.2	Hydrologická data	13
3.3	Místní šetření	13
3.4	Doplňující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura	14
3.5	Normy, zákony, vyhlášky	14
3.6	Vyhodnocení a příprava podkladů	14
4	Metodika tvorby modelu	15
4.1	Vytvoření (aktualizace) DMT	15
4.2	Hydrodynamický modely	15
4.3	Sestavení hydrodynamického modelu – 2D	15
4.3.1	Schematizace oblasti	15
4.3.2	Objekty na toku	16
4.3.3	Hydraulické drsnosti	16
4.3.4	Okrajové podmínky	16
4.3.5	Kalibrace a verifikace modelu	17
4.4	Sestavení hydrodynamického modelu – 1D	20
4.4.1	Schematizace oblasti	20
4.4.2	Objekty na toku	21
4.4.3	Hydraulické drsnosti	21
4.4.4	Okrajové podmínky	21
4.4.5	Kalibrace a verifikace modelu	21
5	Výstupy z modelu	22
5.1	Záplavové čáry (rozlivy) 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	Mapa povodňového ohrožení pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	22
-----	--	----

1 Základní údaje

Tabulka – Seznam zkratk a symbolů

Zkratka	Vysvětlení
DMT	Digitální model terénu
SOP	Studie odtokových poměrů
ZÚ	Záplavová území
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
VÚV	Výzkumný ústav vodohospodářský
TIFF	Rastrový formát

1.1 Cíle prací

Cílem prací je poskytnout podklady pro zpracování map povodňového ohrožení v oblasti soutoku Berounky a Litavky a prokázat funkčnost navrhované metodiky zpracování map povodňového nebezpečí a povodňových rizik v soutokových oblastech různými technologiemi a jejich spojováním.

1.2 Předmět práce

Předmětem práce je výpočet povodňových stavů potřebných ke zpracování map povodňového nebezpečí a povodňových rizik dle metodiky MŽP a VÚV matematickými modely různých technologií

1.3 Postup zpracování a metoda řešení

2D model

Potřebné průtokové stavy byly spočítány na existujícím 2D povodňovém modelu Beroun dle vypracované metodiky zpracování map povodňového nebezpečí a povodňových rizik v soutokových oblastech.

1D model

Potřebné průtokové stavy byly řešeny na nově sestaveném povodňovém 1D modelu v zájmové oblasti soutoku Litavky a Berounky.

2 Popis zájmového území

2.1 Všeobecné údaje

2.1.1 Stručný popis zájmového území

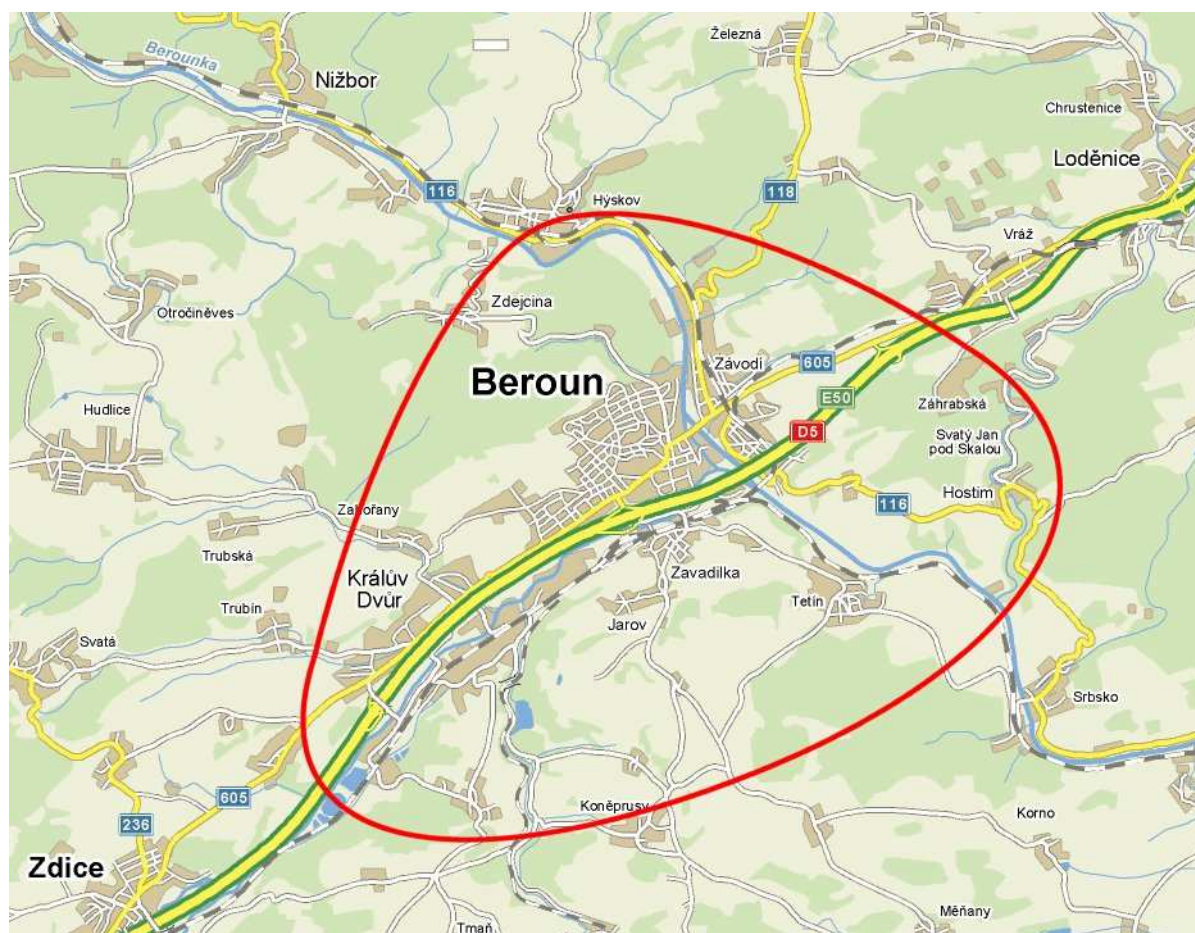
Zájmová oblast studie je vymezena říční sítí toků Berounky a Litavky, které se nacházejí v oblasti Berounské aglomerace.

Řeka Berounka (č.h.p.1-10-04-002) vzniká soutokem Mže a Radbuzy v Plzni ve výšce 298 m n. m. a ústí v Praze zleva do Vltavy ve výšce 188 m n. m. Délka toku je 138,9 km, plocha povodí 8861 km² a průměrný průtok u ústí činí 36 m³/s. Berounka je významný vodní tok.

Litavka (č. h. p. 1-11-04-001) pramení severovýchodně od obce Nepomuk ve výšce 765 m n. m. a ústí zprava do Berounky v Berouně ve výšce cca 218 m n. m. Délka toku je 54,6 km, plocha povodí 629,4 km² a průměrný průtok u ústí je 2,71 m³/s. Litavka je významný vodní tok.

V rámci této studie byly řešeny tyto úseky výše uvedených toků:

- Berounka od obce Hýskov po soutok s Loděnicí,
- Litavka od obce Popovice po ústí do Berounky
- Náhon Berounky v Berouně v celé své délce.



2.2 Průběhy historických povodní (největší známé povodně)

Povodeň 8/2002

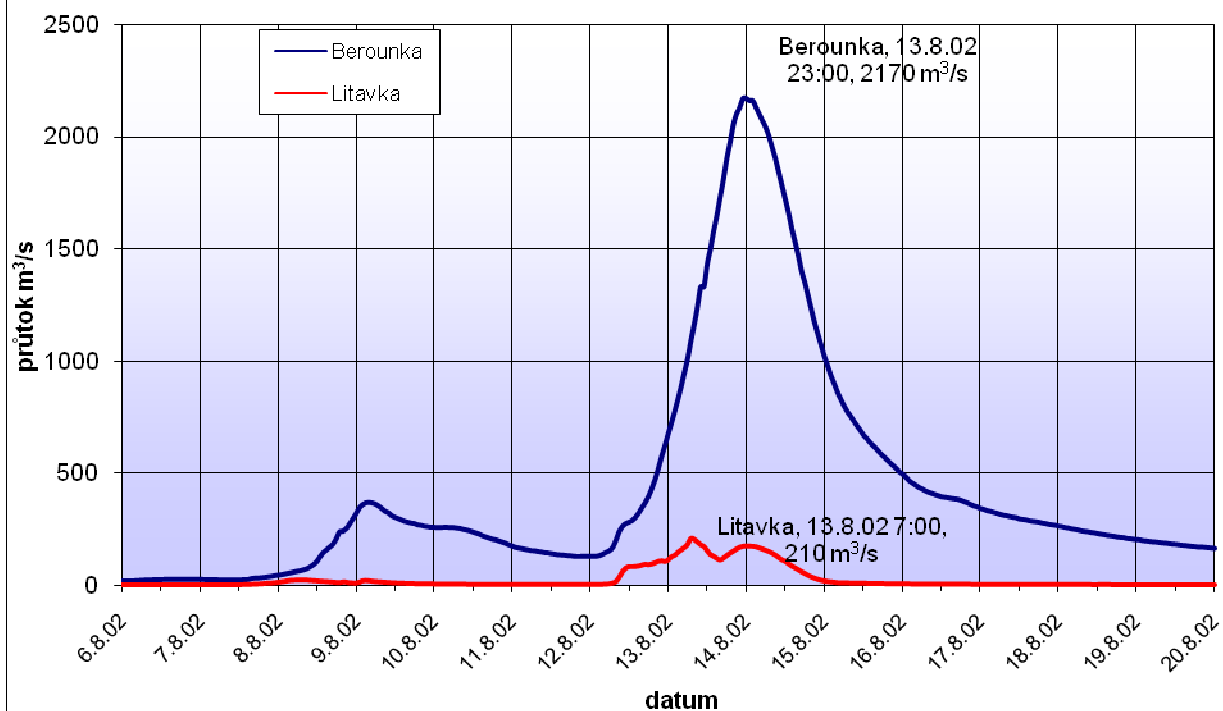
Zpracovatel měl k dispozici hydrogramy povodně 8/2002 v limnigrafických stanicích:

- Beroun na řece Berounce pod soutokem s Litavkou,
- Beroun na řece Litavce nad soutokem s Berounkou,

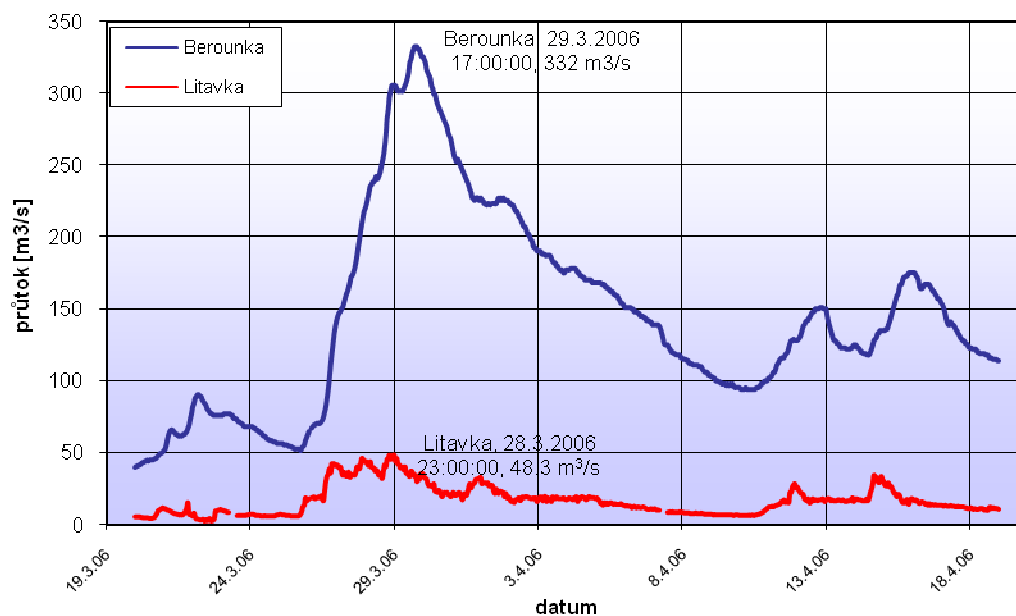
Zvýšené průtoky 3/2006 a 5/2006

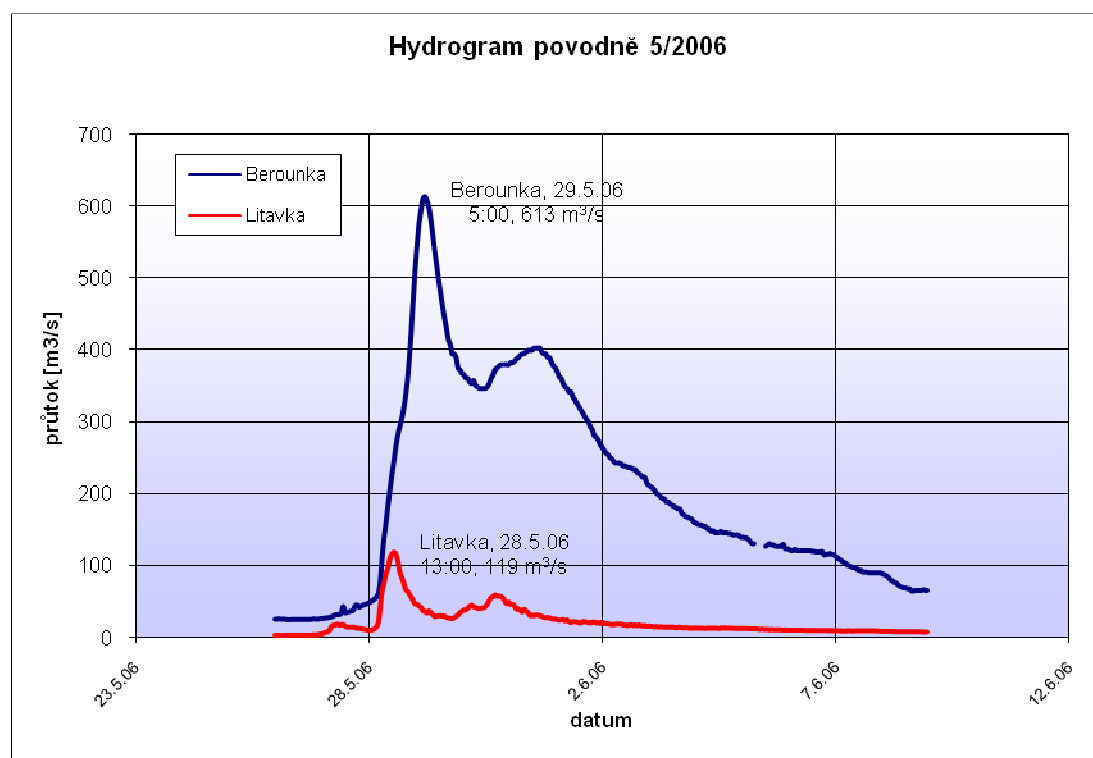
Dalším podkladem byla data z povodňových průtoků, které odpovídaly přibližně Q_1 (pro 3/2006) a Q_5 (pro 5/2006) na Berounce. Bezprostředně po těchto povodních byly zpracovatelem zaznamenány maximální dosažené vodní stavy podél toku Berounky pro účely následné kalibrace matematického modelu. Hydrogramy těchto povodní jsou znázorněny na následujících obrázcích

Hydrogramy povodně 8/2002 v limnigrafických profilech - ČHMU



Hydrogram povodně 3/2006





3 Přehled podkladů

3.1 Topologická data

Hlavními topologickými daty pro studii byl digitální model terénu (DMT), geodetické zaměření příčných profilů a objektů jednotlivých řek v zájmovém území, mapové podklady a zaměření staveb, které ovlivňují odtokové poměry.

Mezi další důležité topologické podklady patří některé vrstvy z GIS, jako jsou vrstva budov vytvořená za pomoci leteckých snímků, digitální mapa města, vrstva adresných bodů atd.

3.1.1 Mapové podklady

ZABAGED II – tento rastrový mapový podklad byl využit pro tisky výstupů záplavových čar v měřítku 1:10 000 v celém rozsahu zájmového území.

Ortofotosnímky oblastí kolem vodních toků byly využity jako mapový podklad a jako zdroj informací pro určování drsnostních charakteristik záplavových území. Tyto snímky byly k dispozici na celém řešeném úseku Berounky a na části toku Litavky.

Katastrální mapa – byla použita jako mapový podklad pro výstupy dvourozměrných modelů v katastrálním území města Beroun.

Říční mapa sloužila k orientaci v oblasti koryta Berounky a Litavky a k přesné lokalizaci objektů na toku.

3.1.2 Geodetické podklady

Geodetické zaměření Berounky v zájmovém území včetně kompletní TPE zpracovala v roce 2003 fy. Gefos a.s. a byla k dispozici v její digitální i tištěné podobě. Zaměření a kompletní TPE toku Litavky v zájmovém území zpracovala v roce 2005 fy. Hrdlička spol. s r.o. a také byla k dispozici v digitální i tištěné podobě.

V průběhu tvorby modelu v r. 2006 bylo objednáno geodetické doměření dna náhonu v úseku mezi jezem na Berounce a soutokem náhonu s Litavkou. Toto geodetické doměření provedla fy. Sdružení GPS v srpnu 2006.

Další potřebná zpřesnění terénu byla operativně doplňována vlastními geodetickými pracemi zpracovatele.

3.2 Hydrologická data

Hlavními hydrologickými daty pro studii byly údaje o N-letých vodách ve vybraných profilech, hydrogramy povodně 8/2002 a hydrogram zvýšených průtoků Berounkou z 3/2006 a 5/2006.

N-leté vody byly pořízeny ve vybraných profilech. V **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** jsou údaje v limnigrafických stanicích, které poskytlo ČHMÚ 15. 8. 2006 pro účely studie.

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

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Třída přesnosti
Berounka nad Litavkou	15. 8. 2006, 27.6.2011		582	943	1456	2080	III
Berounka limn. stanice Beroun	15. 8. 2006, 27.6.2011		615	1004	1563	2245	II
Berounka pod Loděnicí	15. 8. 2006, 27.6.2011		647	1032	1571	2255	III
Litavka ústí do Berounky	15. 8. 2006, 27.6.2011		100	190	327	505	III
Litavka pod Červeným potokem	15. 8. 2006, 27.6.2011		82.3	162	297	488	III

3.3 Místní šetření

Zkušební projekt – u oficiálního zpracování bude naplněno dle standardizačního minima

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

Zkušební projekt – u oficiálního zpracování bude naplněno dle standardizačního minima

3.5 Normy, zákony, vyhlášky

Zkušební projekt – u oficiálního zpracování bude naplněno dle standardizačního minima

3.6 Vyhodnocení a příprava podkladů

Zkušební projekt – u oficiálního zpracování bude naplněno dle standardizačního minima

4 Metodika tvorby modelu

4.1 Vytvoření (aktualizace) DMT

Základním podkladem pro tvorbu 1D a 2D modelů je **digitální model terénu** zájmového území. Digitální model terénu, poskytnutý v rámci topologických podkladů byl pro stavbu 1D a 2D modelu dále upravován. Na základě dokumentace objektů byly doplněny a zpřesněny tvary objektů (zejména jez včetně propusti a náhon) a byla doplněna koryta říční sítě. Vzhledem k velmi proměnnému zakřivení toku v zájmovém území bylo třeba měřené příčné profily koryta toku doplnit interpolovanými příčnými profily tak, aby bylo možné detailně popsat prostorový tvar koryta v celém zájmovém území.

4.2 Hydrodynamický modely

4.3 Sestavení hydrodynamického modelu – 2D

Pro výpočet byl použit model MIKE 21C (DHI), který je založen na řešení Saint-Venantových diferenciálních rovnic (rovnice kontinuity a rovnice zachování hybnosti) metodou konečných diferencí v jednotlivých bodech púdorysné výpočetní sítě. Tento model pracuje v neekvidistanční křivočaré síti; tzn. že jeho výpočetní síť lze, na rozdíl od pravoúhlých (obdélníkových) sítí, přizpůsobit tvaru území a tak omezit počet bodů a tím i velikost výpočetní matice. Neekvidistanční síť dále umožňuje zahuštění výpočetních bodů (tj. zmenšení velikosti výpočetních „buněk“) v oblastech, kde je třeba podrobněji modelovat reliéf terénu (např. objekty na toku), resp. v oblastech, kde požadujeme velmi detailní znalost výsledků. Obdobně umožňuje tento přístup popsat rozsáhlá inundační území s jednodušším prouděním úměrně řidší výpočetní sítí (sítí s větší velikostí výpočetních „buněk“).

Výstupem modelu MIKE 21C jsou primárně tyto charakteristiky proudění:

- hodnoty úrovní hladiny vody,
- vektory rychlostí (tj. směr a velikost vektorů rychlostí, které je možno vyjádřit pomocí velikosti podélné a příčné složky vektorů rychlostí)

Ve všech výpočetních bodech zájmové oblasti a pro všechny počítané časové kroky. 2D model tak dává reálnou představu o zakřivené ploše hladiny v celém zájmovém území, i o rozdělení rychlostí a průtoků v celé oblasti.

Charakteristiky proudění ovlivňuje především reliéf terénu (tvar koryta, inundačního území, sklonové poměry) a odpory proudění (drsnost a tvarové odpory – zúžení resp. rozšíření průtočného profilu, oblouky, obtékání překážek, proudění přes objekty, apod.). Velkou pozornost je proto třeba věnovat přípravě souboru s geometrickými daty pro 2D model, neboť tento soubor v sobě obsahuje jak vlastní reliéf terénu, tak i veškerá data pro výpočet tvarových odporů

4.3.1 Schematizace oblasti

Nad digitálním modelem terénu byla postavena neekvidistanční křivočará výpočetní síť pro modelovanou oblast. Výpočetní síť byla svým křivočarým tvarem a proměnnou velikostí prostorového kroku (X a Y) přizpůsobena tvaru zájmového území a důležitosti jednotlivých částí simulované oblasti. V oblasti koryta, břehů a v okolí objektů je výpočetní síť zahuštěna až na prostorový krok 1 m, v oblastech zástavby (městská sídla) až na 3 m, v rozlehlých inundačních oblastech byl ponechán maximální prostorový krok do 8 m.

Púdorysná síť se protнула s digitálním modelem terénu a vytvořil se soubor popisující tvar terénu, tzv. batymetrický soubor. V tomto souboru byly zkontrolovány břehové hrany toků, liniové stavby, hrázky apod. a bylo provedeno doplnění o schematizaci jezů, mostů a budov v záplavovém území.

Rozsah sítě modelu Beroun je 1 089 x 1 186 bodů, to znamená 1 291 554 výpočetních bodů.

Zájmové území modelu pokrývá celé území definované zadáním studie což je tedy úsek toku Berounky od říčního kilometru 30,8 u soutoku s Loděnicí přes město Beroun až po prudký směrový oblouk těsně pod obcí Hýskov tj. po ř.km 38,2. Tok Litavky byl do 2D modelu zahrnut od soutoku s Berounkou (ř. km 0,00) směrem proti toku až nad obec Popovice tj. ř.km 7,0. Matematický model řeší celkem 7,4 km Berounky a 7,0 km Litavky

v rozsahu záplavy z povodně 8/2002 s přesahem, což umožňuje matematický model využít i pro studie větších povodní než byla kalibrační povodeň 8/2002.

4.3.2 Objekty na toku

2D model: Jezy byly schematizovány odpovídajícím tvarem terénu včetně propusti a náhonu (viz úpravy digitálního modelu terénu), výška přelivné hrany a pevných částí byla schematizována z výše uvedených topologických podkladů.

Mosty byly s ohledem na velikost prostorového kroku schematizovány zvýšeným terénem v oblasti pilířů a koeficienty náhradních drsností.

4.3.3 Hydraulické drsnosti

Pro 2D matematický model Berounka byly zpracovány detailní mapy typu území se stejnými odporovými charakteristikami tzv. mapy drsností. V rámci kalibrace části Berounka byly nastaveny odpovídající hodnoty drsností pro jednotlivé typy území tak, aby došlo k co nejlepší shodě vypočtených hodnot s naměřenými daty. Výsledné hodnoty drsností z kalibrace části Berounka byly analogicky použity také pro část Litavka.

Typ	Charakteristika typové oblasti	n (min)	n (stř)	n (max)
1	Hladké plochy, ulice, volná prostranství	0,030	0,032	0,038
2	Nízká tráva	0,035	0,040	0,055
3	Vysoká tráva	0,045	0,055	0,070
4	Řídký lesní porost	0,060	0,075	0,090
5	Hustý lesní porost	0,075	0,100	0,160
6	Technické stavby I	0,070	0,105	0,120
7	Technické stavby II	0,100	0,150	0,156
8	Řídké propustné plochy	0,090	0,135	0,140
9	Husté, téměř nepropustné ploty	0,200	0,200	0,215
10	Keřovité porosty	0,095	0,140	0,200
11	Řeka	0,038	0,043	0,048
12	Řeka - kamení, zarostlé koryto	0,055	0,056	0,058
13	Koleje	0,055	0,058	0,060

4.3.4 Okrajové podmínky

Na zkalibrovaném 2D modelu Beroun byly provedeny výpočty ustálených zatěžovacích stavů pro Q_1 , Q_2 , Q_5 , Q_{10} , Q_{20} , Q_{50} , Q_{100} a Q_{2002} a hydrodynamický výpočet průběhu povodně 8/2002.

Obdobně jako tomu bylo u 1D modelu, pro každý zatěžovací stav bylo třeba zadat horní okrajové podmínky ve formě průtoků na horních okrajích matematického modelu, eventuálně zadat přítoky jako bodový vstup do modelu. Dolní okrajová podmínka byla zadána ve formě úrovně hladiny v profilu pod ústím Loděnice do Berounky.

Vzhledem k složitosti říční sítě zájmové oblasti bylo třeba každý N -letý průtok počítat dvěma simulacemi.

Na tomto místě je třeba vysvětlit tvorbu zatěžovacích stavů pro jednotlivé řeky. V případě, že matematický model řeší soutok dvou řek, například řeky A a jejího přítoku řeky B, jsou k dispozici údaje o N -letých vodách pro řeku A nad soutokem a pod soutokem s řekou B a pro řeku B nad soutokem. V případě, že součet Q_{100} v řece A a Q_{100} v řece B dá dohromady Q_{100} pod soutokem je vše v pořádku a tento případ lze počítat jednou jedinou simulací. Tento případ však není v praxi příliš častý a většinou je Q_{100} pod soutokem menší než prostý součet Q_{100} na obou přítocích nad soutokem. Potom je třeba v jednom výpočtu řeku A zatížit průtokem Q_{100} a řeku B takovým průtokem, aby pod soutokem byl průtok odpovídající Q_{100} pod soutokem a v druhém výpočtu zatížit průtokem

Q_{100} řeku B a doplněk do Q_{100} pod soutokem počítat řekou A. Z takto provedených simulací se poté zohledňují vždy vyšší hodnoty, tzv. obálková metoda používaná z důvodu bezpečnosti.

V případě modelu Beroun bylo třeba každý N-letý průtok počítat dvěma zatěžovacími stavy.

Jako horní okrajové podmínky byly použity hodnoty průtoků v jednotlivých horních hraničních profilech na Berounce a na Litavce. Dolní okrajová podmínka byla definována hladinou vody v dolním uzávěrovém profilu Berounka – pod soutokem s Loděnicí, které vyšly z dřívějších výsledků delšího 1D modelu. Použité hodnoty okrajových podmínek jsou uvedeny v tabulkách **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** - **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

Profil	Zatěžovací stavy pro Q_n z Berounky [m³/s]			
	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}
Berounka pod Hýskovem	582	943	1 456	2080
Litavka nad Popovicemi	33	61	107	165
Loděnice	32	28	8	10

Zatěžovací stavy 2D modelu Beroun - Berounka

Profil	Zatěžovací stavy pro Q_n z Litavky [m³/s]			
	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}
Berounka pod Hýskovým	515	814	1 236	1740
Litavka nad Popovicemi	100	190	327	505
Loděnice	32	28	8	10

Zatěžovací stavy 2D modelu Beroun - Litavka

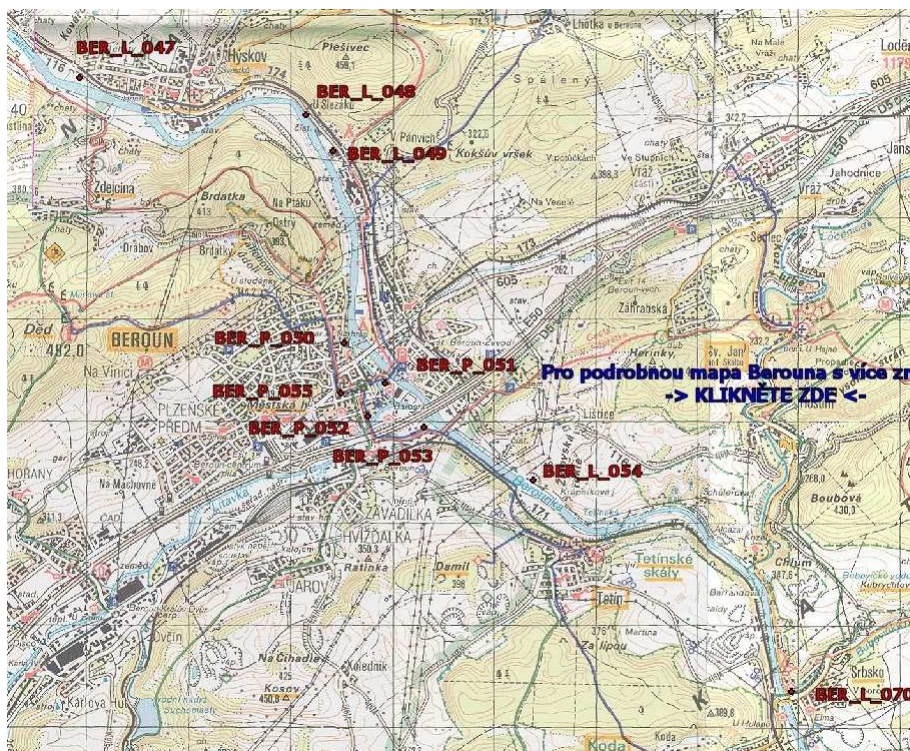
Profil	Dolní okrajová podmínka [m n.m.]			
	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}
Berounka pod Loděnicí	215,45	216,5	217,79	219,58

Zatěžovací stavy 2D modelu Beroun – dolní okrajová podmínka

4.3.5 Kalibrace a verifikace modelu

Kalibrace 2D modelu proběhla na základě průtokových hydrogramů a zaznamenaných maximálních hladin za povodně 8/2002 a zaměřených povodňových značek z povodní 3/2006 a 5/2006. Jelikož zaměřené povodňové značky (kalibrační body) byly k dispozici pouze podél toku Berounky a v centru Berouna byl pro účely kalibrace matematický model rozdělen na část zahrnující Berounku a část zahrnující Litavku.

Pro 2D matematický model Berounka byly nejdříve zpracovány detailní mapy typu území se stejnými odporovými charakteristikami tzv. mapy drsností. V rámci kalibrace části Berounka byly nastaveny odpovídající hodnoty drsností pro jednotlivé typy území tak, aby došlo k co nejlepšší shodě vypočtených hodnot s naměřenými daty. Výsledné hodnoty drsností z kalibrace části Berounka byly analogicky použity také pro část Litavka.

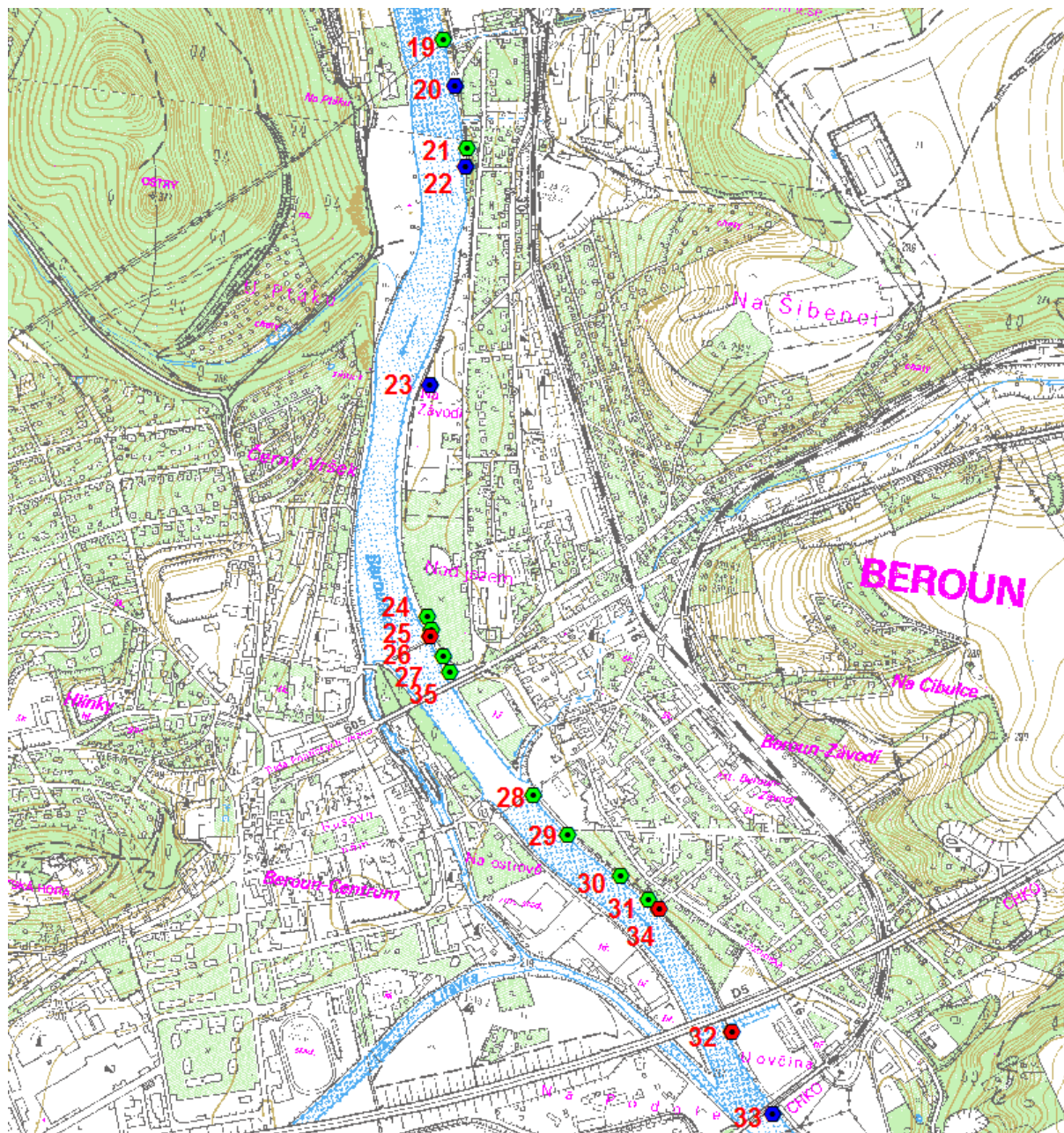


Umístění kalibračních značek povodně 8/2002 pro 2D model Beroun

číslo značky	Za Hýskovem	začátek Berouna	ČOV	nad jezem	zimní stadion	obchodní akademie	soutok	budova muzea	restaurace Alena	Městský úřad
	BER_L_048	BER_L_049	BER_L_054	BER_P_050	BER_P_051	BER_P_052	BER_P_053	BER_P_055	JS1	JS2
použitá hladina vody 8/2002	224.21	223.56	221.11	222.47	221.95	221.67	221.76	221.75	221.86	221.8
vypočtená hladina - model	224.215	223.67	221.02	222.419	222.015	221.913	221.652	221.96	221.956	221.961
rozdíl hladin model - měření	0.005	0.111	-0.088	-0.049	0.068	0.243	-0.108	0.21	0.096	0.161
Popis použitých kalibračních značek										
BER_L_048	Cca 600 m za Hýskovem směrem na Beroun - rýska na opěrné zdi. Voda sahala 0,15 m nad zídku.									
BER_L_049	Začátek Berouna ve směru od Hýskova, areál firmy Bemont, mezi silnicí a řekou. 1,54 m nad zemí.									
BER_L_054	Státek za ČOV; dřevěný kolík v úrovni terénu označený oranžovou barvou. Přístup po polní cestě, odbočující ze silnice Beroun - Hostim za podjezdem pod dálnicí.									
BER_P_050	Beroun - centrum, za objektem Českého Telecomu; rýska na budově patřící do areálu bývalého pivovaru. 1,06 m nad zemí.									
BER_P_051	Beroun - centrum, u lávky na autobusové nádraží; zbořený dům vedle č.p. 687, 0,87 m nad soklem.									
BER_P_052	Beroun - centrum, u Obchodní akademie (bázen), u lávky pro pěší přes Litavku; hřeb v kmeni stromu, 1,68 m nad zemí									
BER_P_053	U ŽM; červená rýska na plechové hale firmy LIMEX, 2,74 m nad betonovou patkou. Přístup po panelové cestě mezi plotem nádraží a dálnicí.									
BER_P_055	Budova muzea na náměstí; červená rýska na zdi muzea, 1,86 m nad zemí a 0,75 m pod značkou povodně z 25.5.1872.									
JS1	Osazená povodňová značka na zdi restaurace Alena na Husovo náměstí									
JS2	Povodňová značka na vstupu do radnice města Beroun z Husovo náměstí									

V průběhu povodní 3/2006 a 5/2006 byla provedena měrná kampaň pro zaznamenání maximálních dosažených hladin při menších povodních. Oba průtoky jsou v podstatě korytovými průtoky a proto byly použity pouze pro kalibraci korytové části matematického modelu. V průběhu obou povodní bylo zafixováno relativně velké množství povodňových značek na levém břehu Berounky. Jelikož obě tyto kampaně proběhly v předstihu, ale

jejich geodetické zaměření probíhalo až následně s větším časovým odstupem, nepodařilo se již některé z těchto značek rekonstruovat. Přesto bylo k dispozici relativně velké množství kalibračních bodů, které byly rozděleny na body „nad jezem v Berouně“ a na body „pod jezem v Berouně“.



Celkem bylo lokalizováno 17 míst z nichž byly zaměřeny 3 značky pro povodeň 3/2006 (zbytek značek byl bohužel smyt větší povodní 5/2006 – především značky v části Berounky nad jezem) a 12 značek pro povodeň 5/2006. V následující tabulce **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** jsou uvedeny čísla povodňových značek, jim odpovídající hodnota zaměřené hladiny, vypočítané hladiny a rozdíly výpočtu a měření pro povodeň 3/2006 a v tabulce **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** je to samé pro povodeň 5/2006.

Povodeň 3/2006			
Číslo kalibrační značky	Č. 32	Č. 33	Č. 34
Zaměřená hladina	216.96	216.81	217.05
Hladina z modelu	216.799	216.682	216.968
Rozdíl mezi modelem a měřením	-0.16	-0.13	-0.08

Seznam kalibračních značek a výsledky kalibrace pro povodeň 3/2006

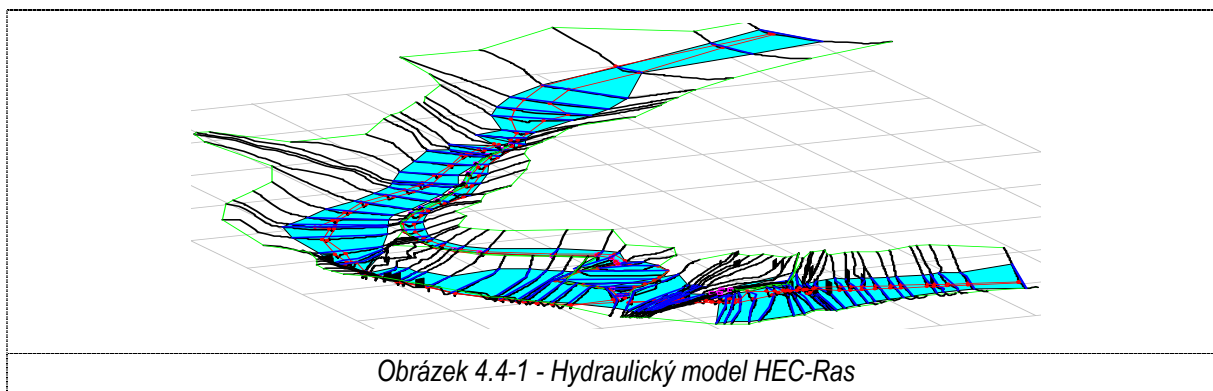
Povodeň 5/2006												
Číslo kalibrační značky	nad jezem					pod jezem						
	Č. 19	Č. 20	Č. 21	Č. 22	Č. 23	Č. 27	Č. 28	Č. 29	Č. 30	Č. 31	Č. 33	Č. 35
Zaměřená hladina	220.11	220.15	219.91	219.94	219.63	218.44	218.32	217.91	218.37	218.32	217.70	218.62
Hladina z modelu	220.11	220.01	219.93	219.90	219.52	218.66	218.39	218.34	218.31	218.28	217.84	218.60
Kalibrační rozdíly	0.00	-0.14	0.02	-0.05	-0.10	0.22	0.07	0.42	-0.06	-0.04	0.14	-0.01

Seznam kalibračních značek a výsledky kalibrace pro povodeň 5/2006

Z výsledků kalibrace lze konstatovat, že bylo dosaženo dobré shody mezi matematickým modelem a skutečností a že takto nakalibrovaný matematický model může být použit pro další výpočty v rámci řešení tohoto projektu s odhadovanou chybou cca 5 – 10 cm

4.4 Sestavení hydrodynamického modelu – 1D

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.



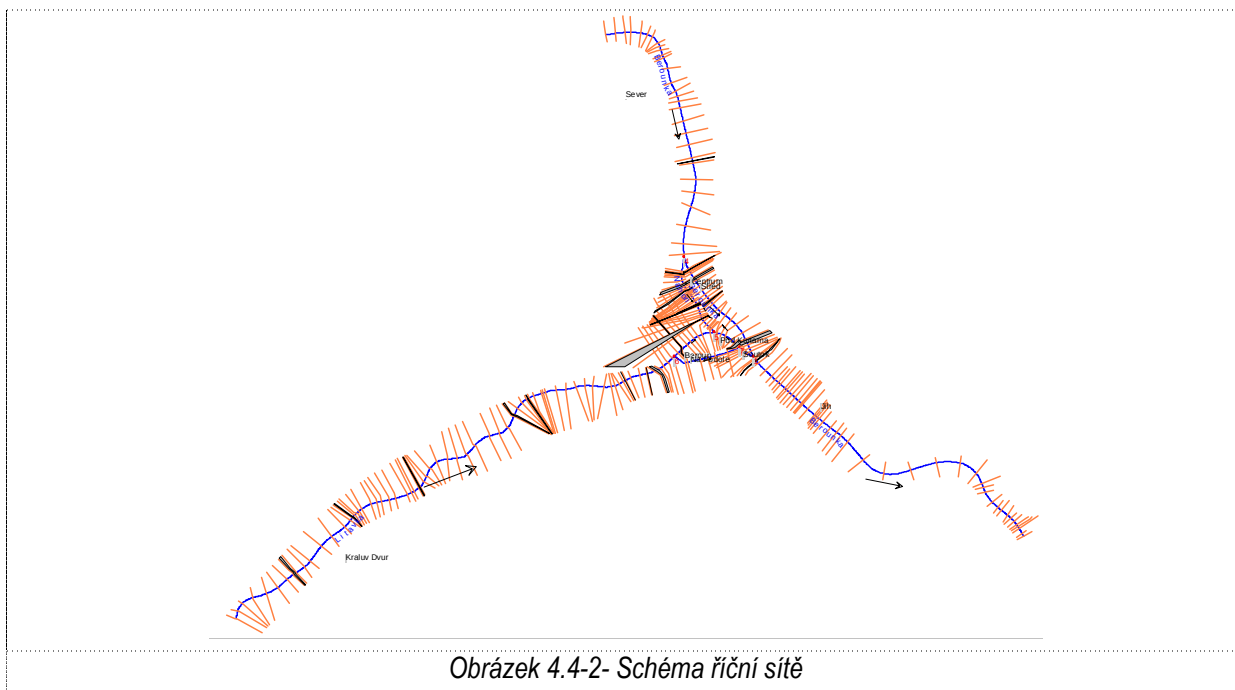
Předpoklady výpočtu:

- 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.

4.4.1 Schematizace oblasti

Hydraulický model je tvořen říční sítí, která charakterizuje proudění vody v korytě a přilehlému záplavovému území. Výpočetní schéma takto tvořeno okružovou a částečně větvenou sítí a odpovídá jeden a půl rozměrnému modelu.

Zájmové území modelu pokrývá celé území definované zadáním studie což je tedy úsek toku Berounky od říčního kilometru 30,8 u soutoku s Loděnicí přes město Beroun až po prudký směrový oblouk těsně pod obcí Hýskov tj. po ř.km 38,2. Tok Litavky byl do 2D modelu zahrnut od soutoku s Berouňkou (ř. km 0,00) směrem proti toku až nad obec Popovice tj. ř.km 7.0. Matematický model řeší celkem 7,4 km Berounky a 7,0 km Litavky v rozsahu záplavy z povodně 8/2002 s přesahem, což umožňuje matematický model využít i pro studie větších povodní než byla kalibrační povodeň 8/2002.



Obrázek 4.4-2- Schéma říční sítě

4.4.2 Objekty na toku

Jezy byly schematizovány pomocí objektu (Inline Structure) umožňující výpočet pomocí rovnice přepadu. Mosty a propustky byly schematizovány pomocí objektu (Bridge) umožňující vymodelovat přesný tvar mostního objektu včetně mostovky a pilířů. Objekt je schopen zohlednit pomocí součinitelů tvar pilířů, mostovky, je schopen počítat v tlakovém režimu proudění a s rovnicí přepadu.

4.4.3 Hydraulické drsnosti

Hydraulické drsnosti byly použity obdobně, jako je popsáno v kapitole 4.3.3 Hydraulické drsnosti.

4.4.4 Okrajové podmínky

Okrajové podmínky byly použity obdobně, jako je popsáno v kapitole 4.3.4 Okrajové podmínky.

4.4.5 Kalibrace a verifikace modelu

Kalibrace a verifikace byla provedena obdobně, jako je popsáno v kapitole 4.3.5 Kalibrace a verifikace modelu.

5 Výstupy z modelu

2D model – primární výstupy Mike 21C jsou georeferencované tiffy, pro záplavové čáry byly tyto transformovány za pomoci nástrojů ESRI na polygony a vyhlazeny.

1D model – základním výstupem z modelu HEC – Ras, sestaveným nad DMT jsou georeferencované tiffy o zvolené velikosti pixelu, polygony záplavových čar a bodové rychlosti v místech výpočetních příčných profilů.

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

Rozlivy pro jednotlivé Q_n vznikly jako polygonová obálka záplav obou výpočetních stavů, tedy Q_n z Berounky s dopočtem průtoku z Litavky a Q_n z Litavky a dopočet z Berounky. Hranice polygonů byly vyhlazeny nástroji prostředí ESRI ArcGIS, polygony byly vyplněny barvami dle kapitoly 7.2 – Mapy pro odbornou veřejnost „Metodiky tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik“.

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

Mapy hloubek vznikly jako rastrová mapa obálky maximálních hodnot hloubek obou výpočetních stavů, tedy Q_n z Berounky a dopočet z Litavky a Q_n z Litavky a dopočet z Berounky. Obálka maximálních hodnot – maximální hloubka v každém bodě výpočetní sítě – byla vytvořena nástrojem pro kombinaci výsledků hydrodynamického modelu přímo v prostředí DHI softwaru. V prostředí ESRI Arc Gis pak byly odpovídajícím barvám dle kapitoly 7.2 – Mapy pro odbornou veřejnost – přiděleny atributy rozsahu hloubek podle odpovídající škály.

Výstupem z modelu HEC – Ras je mapa hloubek pro zvolený zatěžovací scénář. Následně byly v prostředí ESRI Arc Gis tyto mapy hloubek spojeny a vytvořeny maxima vždy z obou variant výpočtu pro zvolený zatěžovací scénář.

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

Mapy rychlostí byly vytvořeny, podobně jako mapy hloubek, jako rastrová mapa obálky maximálních hodnot hloubek obou výpočetních stavů, tedy Q_n z Berounky a dopočet z Litavky a Q_n z Litavky a dopočet z Berounky. Obálku maximálních hodnot v případě rychlostí vytváří skalární hodnoty maximálních rychlostí v každém bodě výpočetní sítě, zkombinované opět nástrojem pro kombinaci výsledků hydrodynamického modelu přímo v prostředí DHI softwaru.

Výsledkem této metody je tedy pouze skalární matice, resp. mapa rychlostních maxim, u které ovšem nelze vytvořit vzhledem ke kombinaci dvou rychlostních stavů smysluplné vektorové pole.

V prostředí ESRI Arc Gis pak byly odpovídajícím barvám dle kapitoly 7.2 – Mapy pro odbornou veřejnost – přiděleny atributy rozsahu rychlostí podle odpovídající škály.

Bodové rychlosti pro 1D model byli vytvořeny pomocí nástroje Ras Mapper, který umožňuje vytvoření rastru rychlostí z vypočítaných bodových rychlostí. Následně byly v prostředí ESRI Arc Gis tyto mapy rychlostí spojeny a vytvořeny maxima vždy z obou variant výpočtu pro zvolený zatěžovací scénář. Z této mapy rychlostí byly převzaty hodnoty maximálních rychlostí (pixelu) do jednotlivých bodů rychlostí v místech výpočetních profilů, které jsou výsledně prezentovány.

5.4 Mapa povodňového ohrožení pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}

Mapa povodňového ohrožení je ve formátu ESRI polygonů jednotlivých zón. Byla vytvořena podle výpočtu dle „Metodiky tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik“ nejprve v prostředí DHI software ve formátu 2D výsledkového souboru, poté vyexportována jako georeferencovaný tiff a převedena na polygony. Postup výpočtu v soutokových oblastech je stejný jako inundačním území jedné řeky, pouze počet map ohrožení, ze kterých se vybírá výsledná obálka maxim, je dvojnásobný.

Mapa povodňového ohrožení pro 1D model byla vytvořena v prostředí ESRI Arc Gis matematickými operacemi nad rastrama hloubek a rychlostí, dle „Metodiky tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik“.