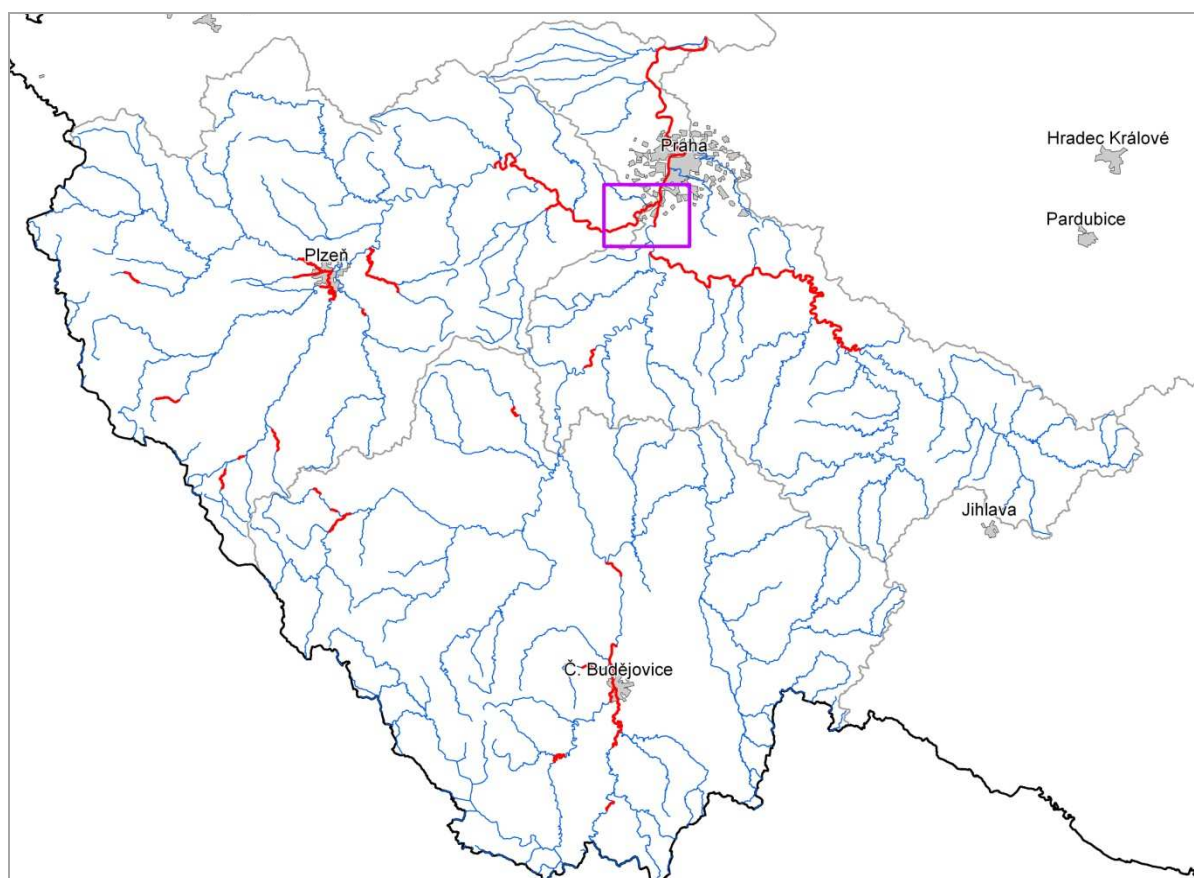


NÁZEV ZAKÁZKY

NÁZEV DÍLČÍHO POVODÍ ZPRACOVÁVANÉHO ÚSEKU TOKU

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

PRAHA – VLTAVA (10100001_1), BEROUNKA (10100011_1)



ČERVENEC 2011

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

DÍLČÍ POVODÍ DOLNÍ VLTAVY A DÍLČÍ POVODÍ BEROUNKY

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

PRAHA – VLTAVA (10100001_1), BEROUNKA (10100011_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

Obsah:

1	Základní údaje	7
1.1	Seznam zkratk a symbolů.....	7
1.2	Cíle prací.....	7
1.3	Předmět práce	7
1.4	Postup zpracování a metoda řešení	7
2	Popis zájmového území	7
2.1	Všeobecné údaje	7
2.1.1	Stručný popis zájmového území.....	8
2.2	Průběhy historických povodní (největší známé povodně).....	10
3	Přehled podkladů	11
3.1	Topologická data.....	11
3.1.1	Mapové podklady.....	11
3.1.2	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.....	12
3.5	Normy, zákony, vyhlášky	12
3.6	Vyhodnocení a příprava podkladů	12
4	Metodika tvorby modelu	13
4.1	Vytvoření (aktualizace) DMT	13
4.2	Hydrodynamický model.....	13
4.3	Sestavení hydrodynamického modelu	13
4.3.1	Schematizace oblasti.....	13
4.3.2	Objekty na toku.....	14
4.3.3	Hydraulické drsnosti	14
	Tab.1 - drsnostní součinitele, získané kalibrací na povodeň 8/ 2002	15
	Tab.2 - drsnostní součinitele, získané kalibrací na povodeň 4/2006	16
4.3.4	Okrajové podmínky.....	17
4.3.5	Kalibrace a verifikace modelu.....	18
5	Výstupy z modelu	Chyba! Záložka není definována.
5.1	Záplavové čáry pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	Chyba! Záložka není definována.
5.2	Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	Chyba! Záložka není definována.
5.3	Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	Chyba! Záložka není definována.
5.4	Mapa povodňového nebezpečí pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	Chyba! Záložka není definována.

1 Základní údaje

1.1 Seznam zkratk a symbolů

Tabulka – Seznam zkratk a symbolů

Zkratka	Vysvětlení
DMT	Digitální model terénu
SOP	Studie odtokových poměrů
ZÚ	Záplavová území
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
VÚV	Výzkumný ústav vodohospodářský

1.2 Cíle prací

Cílem prací je poskytnout podklady pro zpracování map povodňového ohrožení v oblasti soutoku Vltavy a Berounky

1.3 Předmět práce

Předmětem práce je výpočet povodňových stavů potřebných ke zpracování map povodňového nebezpečí a povodňových rizik dle metodiky MŽP a VÚV.

1.4 Postup zpracování a metoda řešení

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

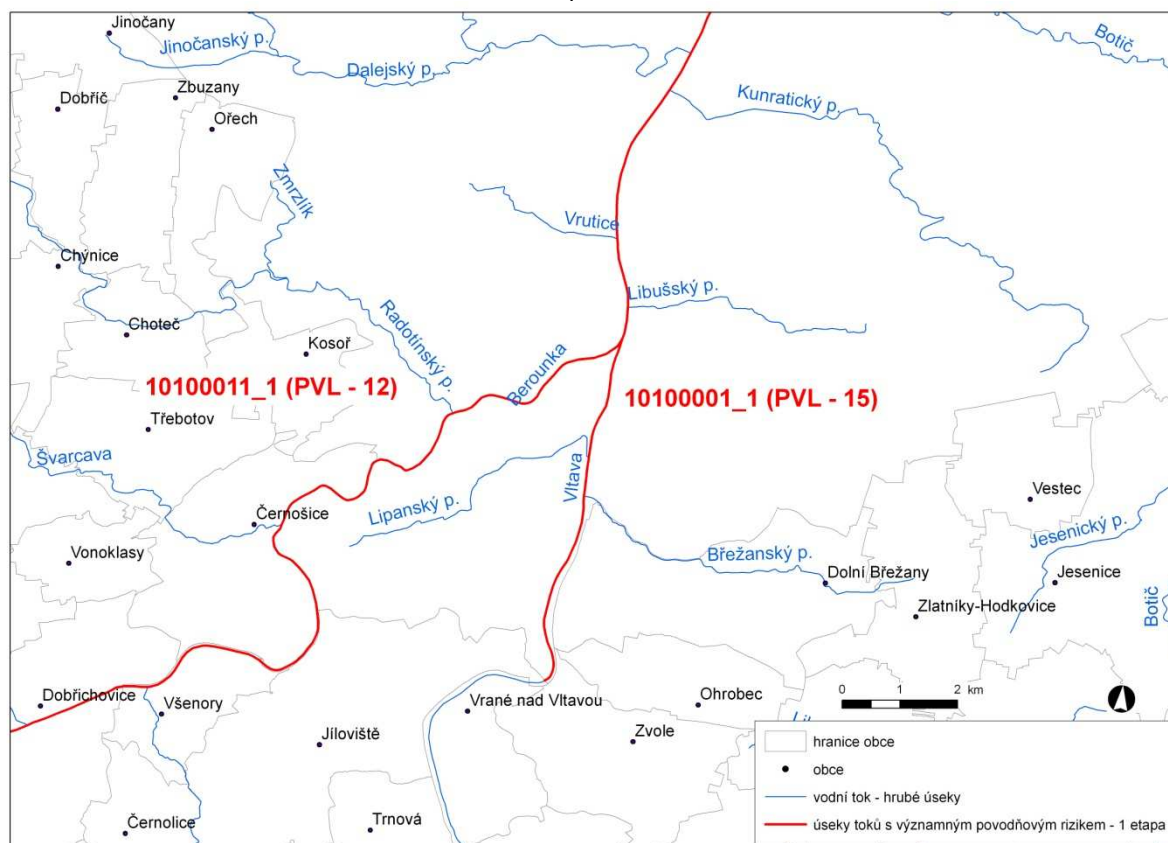
2 Popis zájmového území

2.1 Všeobecné údaje

Zájmovým územím je soutok řeky Vltavy 10100001_1 (PVL-15) a Berounky 10100011_1 (PVL-12) v území intravilánu Prahy.

Délka zpracovávaného úseku toku je na Vltavě od ř.km 39,35 nad obcí Roztoky u Prahy až po ř.km 70,0 na Vltavě pod přívozem ve Vraném nad Vltavou, na Berounce pak nad obcí Černošice v profilu skály Kazín cca v ř.km. 8,8.

Přehledná mapa řešeného území



2.1.1 Stručný popis zájmového území

Popis zájmového území od Severu k Jihu, proti proudu řek:

severní hranice zájmového území je umístěna do km 39,35 říčního staničení nad obec Roztoky. Zde je údolí Vltavy sevřené, s úzkými inundačními územími, ohraničenými vysokými skalnatými svahy a zátopa při velkých povodních tu dosahuje značných hloubek. Od Roztok proti proudu vede řeka delším rovným úsekem, nad kterým následují dva oblouky, mezi kterými leží obec Sedlec. Ve prvním oblouku se inundace mírně rozšiřuje, nad ním naopak vysoké břehy vytváří soutěsku, ve které se řeka koncentruje do úzkého hrdla. Dále proti proudu se již Vltava rozšiřuje do širokého inundačního území v oblasti Trója, kde je rozdělena Císařským ostrovem na hlavní koryto a plavební kanál přes zdymadlo Podbaba. Na horním konci hlavního koryta vzdouvá vodu klapkový jez Trója, který je při vysokých vodních stavech zcela vyhrazen. Vedle jezu při pravém břehu je bývalá vorová propust, dnes sloužící jako umělý kanál pro vodní slalom. Zatímco jez je dostatečně kapacitní, koryto pod ním okolo ostrova se zužuje, dno se zdvihá a stává kamenitým, místy řeka tvoří přejeje a mělčiny. Břehy jsou zde místy porostlé hustým porostem, stromy a keři. Na Císařském ostrově se v jeho spodní části nalézá ústřední čistírna odpadních vod (ÚČOV), která je po obvodě ohrázována protipovodňovou hrází, projektovanou v době výstavby na cca Q_{100} . Proti ÚČOV se na pravém břehu nachází zoologická zahrada. Proti proudu Vltavy, jižně od zoologické zahrady na pravém břehu je relativně široká inundace Trojské kotliny, oddělená od řeky za úzkou bermou protipovodňovou hrází, na levém břehu je park Stromovka, oddělený od inundace tělesem dráhy, sloužícím jako součást protipovodňové ochrany.

Trojská kotlina končí silničním mostem Barikádníků, fakticky Nad ním řeka prochází relativně úzkým hrdlem, přemostěným mostem železniční přeložky. Pravý břeh řeky zde tvoří skály, na levém, holešovickém břehu, je šířka inundace omezena sklonem území a linií protipovodňové ochrany. Nad tímto hrdlem se údolí opět rozšiřuje v kotlinu Karlína a Libně na pravém a Holešovic na levém břehu. Na obou březích jsou po straně řeky vybudovány přístavy, přístav Holešovice na levém břehu a přístav Libeň na pravém. Zastavěné území Holešovic je chráněno linií protipovodňové ochrany, táhnoucí se relativně blízko řeky, Karlín pak je taktéž chráněn linií

protipovodňové ochrany, která je však vedena dále od řeky nejprve mezi oběma bazény přístavu Libeň a nad vysokým náspem Libeňského mosut, který kotlinu předěluje nad přístavem Libeň linie PPO vede územím Rohanského ostrova. Vlastní čtvrť Karlín leží v bývalém korytě řeky (koryto bylo do dnešní osy přesunuto přeložkou, dokončenou v r. 1928), s niveletou nižší než území blíže k řece a z tohoto důvodu se zde při zaplavení extrémní povodní vytváří „bazén“ s hloubkami okolo 5 m. Na horním konci úseku Karlín – Holešovice se nachází ostrov Štvanice, oddělující vlastní řeku od plavebního ramene s plavebními komorami. Řeka je při horním cípu ostrova přehrazena vysokým pevným Helmovským jezem, u jehož ostrovního konce leží malá vodní elektrárna Štvanice. Plavební rameno je pod komorami přehrazeno dvoudílným klapkovým uzávěrem. Řeku i ostrov přemostují ve spodní části železniční Negrelliho viadukt, přes horní část ostrova pak vede silniční Hlávkův most.

Nad Hlávkovým mostem již následuje vlastní centrum města. Řeka zde teče v nábrežních zdech a je přemostěna několika mosty za sebou. Nejvýznamnější z hydraulického hlediska je Karlův most, jež se svými úzkými mostními otvory a mohutnými pilíři způsobuje při vyšších povodních poměrně značné vzdutí. Nad Karlovým mostem je šikmý Staroměstský jez - starý, pevný jez s vorovou propustí. Nad ním následuje most Legií a nad ním lomený Štítkovský jez – taktéž pevný jez s vorovou propustí. Spád obou jezů překonává plavební komora Smíchov. Mezi jezy rozdělují řeku tři ostrovy; největší Střelecký ostrov, dlouhý úzký Dětský ostrov, oddělující plavební rameno s komorou Smíchov, a Slovanský ostrov při pravém břehu proti Národnímu divadlu. Z plavebního ramene nad komorou Smíchov odbočuje nejprve zatrubněním, posléze volným tokem náhon Čertovka, který teče níže položeným územím Kampy, nejprve parku a pak zástavbou, a vrací se zpět do Vltavy pod Karlovým mostem. Celé centrum města je chráněno po obou březích opět linií protipovodňové ochrany, zde většinou z mobilních prvků.

Nad Štítkovským jezem přemostují Vltavu nejprve Jiráskův, nad ním pak Palackého most . Následuje Železniční most, pod ním končí na levém, Smíchovském břehu řeky nábrežní zeď. Nad železničním mostem ústí vjezd do přístavu Smíchov, odděleného od řeky poloostrovem Císařská louka. Přístav slouží jako ochranný v době povodní, je zde vybudována překladní hrana pro sypké materiály, a též rozsáhlá sportovní část. Na pravém břehu řeky dominuje Vyšehradská skála, pod níž řeka dosahuje velkých hloubek. Nad Vyšehradskou skálou leží sportovní přístav Českého Yacht klubu, oddělený od řeky úzkým, vysokým náspem. Nad ním při pravém břehu leží v řece Veslařský ostrov, dále pak pokračuje řeka ve volných březích, po levém se zvýšeným náspem Strakonické ulice, na pravém břehu s areálem Žlutých lázní a Podolskou ulicí.

Dalším objektem v řece je Barrandovský most, nad nímž leží na pravém břehu bývalá ledárna pivovaru; dále proti proudu je pravý břeh s Bráníkem a Modřany nízký a plochý. Obytná část obou čtvrtí je od řeky oddělena náspem železniční a za ní tramvajové tratě, který plní též funkci protipovodňové ochrany. V řece leží nad Barrandovským mostem úzký umělý ostrov – pozůstatek hráze, oddělující záliv ledáren od řeky. Levý břeh je zvýšen náspem ulice Strakonická, za níž následují až k Malé Chuchli barrandovské skály. Pod obcí Malá Chuchle překračuje řeku a obě inundace železniční most. Pod železničním mostem je profil limnigrafu Malá Chuchle. Nad ním se údolí otvírá i po levé straně v kde leží mezi řekou a Strakonickou silnicí volné plochy skladové areály a hřiště, podél silnice pak následuje obec Velká Chuchle - zóna obytných domů a za silnicí dostihové závodiště. Hydraulicky významným objektem v tomto úseku je Modřanský jez, moderní pohyblivý jez s klapkovými uzávěry, plavební komorou při pravém a elektrárnou na levém břehu.

Nad Modřanským jezem již následuje soutok Vltavy s Berouňkou, v níž leží těsně nad ústím do Vltavy přístav Radotín, sloužící nyní jako překladiště sypkých substrátů. Okolí soutoku má charakter říční nivy, jež je zaplavována i při nižších povodních zhruba od úrovně Q1 . Nad soutokem s Berouňkou se údolí Vltavy uzavírá, pravý břeh má strmý, skalnatý charakter, levý je zpočátku až k Zbraslavi povlnný, za obcí se taktéž zdvihá. Tento charakter mají břehy až ke konci modelu na řece Vltavě pod přívozem ve Vraném nad Vltavou. Jediným hydraulicky významným objektem v tomto úseku je Zbraslavský most, který překonává řeku jediným obloukem bez pilířů v řece (resp. v kynetě) - má pouze břehové pilíře a pilíře v inundaci.

Řeka Berouňka k soutoku s Vltavou naopak přitéká meandry širokou údolní nivou od obce Černošice, kde ji přehrazuje šikmý pevný jez. Nad obcí se údolí u skály Kazín poněkud uzavírá, proto je zde umístěna horní okrajová podmínka modelu.

2.2 Průběhy historických povodní (největší známé povodně)

Největší zaznamenanou povodní byla povodeň v srpnu 2002, která byla se svým průtokem 5160 m³/s v profilu Malá Chuchle pod soutokem Vltavy a Berounky (3000 m³/s z Vltavy a 2160 m³/s z Berounky) těsně pod hranicí Q₅₀₀.

3 Přehled podkladů

3.1 Topologická data

Pro zpracování studie byl použit model terénu ve stavu, v jakém byl vytvořen pro studie „Podklad pro aktualizaci záplavových území hl. města Prahy 2010“, resp. „Operační mapy rozlivu Vltavy a Berounky na území hl. města Prahy pro různé povodňové průtoky 2009“.

Základem terénních dat modelu je digitální model terénu, zahrnující i koryto řek a vodohospodářské objekty, jež je od roku 2004 kontinuálně doplňován a aktualizován dostupnými daty zaměření terénu záplavového území, stejně jako novými zaměřeními koryt řek, ať již geodetickými či za pomoci vyměřovacích plavidel. Model, používaný pro 2D povodňový model Prahy, je koncipován pro výhledový stav dle územního plánu, a pro účely operačních map rozlivu 2009 a stanovení záplavových území 2010 byl modifikován s několika výjimkami do současného stavu. To znamená, že oproti současnému stavu obsahuje pouze stavby těch etap protipovodňové ochrany, jež jsou v současné době oproti původním plánům ještě ve výstavbě, a 2 stavby, spojené se systémem protipovodňové ochrany, jež jsou ve vyšším stadiu projektové přípravy:

- Nový most Troja, jež nahrazuje v modelu současný provizorní tramvajový most
- Část komplexu Prague Marina na poloostrově Holešovického přístavu, jež bude chráněna individuální protipovodňovou ochranou

Dále obsahuje dvě linie protipovodňové ochrany, jež jsou součástí územního plánu, práce na nich nebyly započaty, avšak hydraulické poměry ovlivňují nepatrně a lukrativnost jimi chráněných pozemků je tak velká, že jejich realizace je téměř jistá:

- Prostor bývalé paroplavby mezi železničním mostem a Smíchovskou pláží
- Prostor za tratí nad železniční stanicí Modřany

Do modelu 2009 byla oproti minulé verzi dodána tato významná data:

- Digitální model terénu nivy Berounky mezi Mokropsy a Jezem Modřany – pochází z ortofotogrammetrického zaměření firmy GeoReal pro PVL závod Berounka z r. 2009
- Pozemní zaměření MČ Radotín od Útvaru rozvoje hl. m. Prahy, odboru prostorových informací
- Zaměření stavebních a terénních změn v prostoru nového Rohanského nábřeží
- Zaměření stavebních a terénních změn prostoru přístavu Holešovice – projekt Prague Marina
- Zaměření koryta Vltavy – říční rameno Troja, 2009
- Zaměření koryta Berounky mezi Radotínem a soutokem s Vltavou, ŘVC 2009
- Zaměření jezu Černošice a okolí, Hydroprojekt CZ a.s. 2009

3.1.1 Mapové podklady

Jako hlavní mapový podklad pro tvorbu modelu byly použity:

- Jednotná digitální mapa Prahy (JDMP), udržovaná ÚRM MHMP
- Letecké ortofotomapy z roku 2009, taktéž poskytnuté ÚRM MHMP.

3.1.2 Geodetické podklady

Viz Topologická data

3.2 Hydrologická data

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
Vltava nad soutokem s Berouňkou	18. 4. 2006		1300	1970	2870		II
Berouňka nad soutokem s Vltavou	18. 4. 2006		627	1020	1580		II
Vltava pod soutokem s Berouňkou	2006		1770	2720	4030		II
Vltava nad soutokem s Berouňkou	27.6.2011					3900	Neuved.
Berouňka nad soutokem s Vltavou	27.6.2011					2270	Neuved.
Vltava pod soutokem s Berouňkou	27.6.2011					5530	Neuved.

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

Pro vypracování studie byl použit 2D hydrodynamický model Prahy ve stavu, v jakém byl aktualizován pro studii „Podklad pro aktualizaci záplavových území hl. města Prahy 2010“, resp. „Operační mapy rozlivu Vltavy a Berounky na území hl. města Prahy pro různé povodňové průtoky 2009“.

Pro simulaci byl použit program MIKE 21 C pracující metodou konečných diferencí s křivočarou výpočetní sítí.

Úroveň hardwaru v současné době již dovoluje modelovat celé záplavové území Prahy jedním modelem, který nyní zahrnuje říční úsek od ř.km 39,35 nad obcí Roztoky u Prahy až po ř.km 70,0 na Vltavě pod přívozem ve Vraném nad Vltavou, na Berounce pak nad obcí Černošice v profilu skály Kazín v ř.km. cca 9,7.

Hustota sítě je v centru města 2 – 3 m (místy i menší), v některých vzdálenějších místech inundačního území, které jsou méně členité a průtokově méně významné, je původní vzdálenost mezi body 5 – 9 m.

Celá výpočetní síť má rozměry 3218 na 306 bodů, celkem tedy 984 708 výpočetních bodů.

4.1 Vytvoření (aktualizace) DMT

Pro aktualizaci záplavových území byl použit terén modelu ve stavu, v jakém byl vytvořen pro studii „Operační mapy rozlivu Vltavy a Berounky na území hl. města Prahy pro různé povodňové průtoky 2009“. Základem je digitální model terénu Atlas, zahrnující i koryto řek a vodohospodářské objekty, jež je od roku 2004 kontinuálně doplňován a aktualizován dostupnými daty zaměření terénu záplavového území, stejně jako novými zaměřeními koryt řek, ať již geodetickými či za pomoci vyměřovacích plavidel.

4.2 Hydrodynamický model

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 půdorysné výpočetní sítě. Tento model pracuje v neekvidistantní 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. Neekvidistantní 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“).

4.3 Sestavení hydrodynamického modelu

4.3.1 Schematizace oblasti

Nad digitálním modelem terénu byla postavena neekvidistantní 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, v okolí objektů a v centru města je výpočetní síť zahuštěna až na prostorový krok 1 m, v některých vzdálenějších místech inundačního území, které jsou méně členité a průtokově méně významné, je vzdálenost mezi body 5 – 9 m.

Celá výpočetní síť má rozměry 3218 na 306 bodů, celkem tedy 984 708 výpočetních bodů.

Domy a bloky domů byly modelovány rovněž pomocí zvýšení terénu; ploty, zahrádky a jiné překážky podobného charakteru byly simulovány pruhy zvýšené hydraulické drsnosti.

4.3.2 Objekty na toku

Objekty jsou řešeny různou metodikou - mosty byly převážně simulovány zvýšeným terénem v místě polohy jejich pilířů, jako prvek vystihující jejich zvýšený hydraulický odpor při zdvižené hladině, byly použity pruhy zvýšené drsnosti. Jejich hodnota byla stanovena individuálně podle tvaru, klenutí a výšky mostních otvorů jednotlivých mostů.

Jezy byly modelovány jako přelivné hrany reálným zvýšením terénu. Byla jim věnována zvláštní pozornost, neboť objekty jako takové dle klasických empirických hydraulických vztahů 2D software použitého typu přímo neřeší – je nutno vždy použít navíc vhodných druhů schematizace.

Oba klapkové jezy, Troja i Modřany, byly v souladu s manipulačním řádem počítány jako zcela vyhrazené, stejně tak jako dvoudílný klapkový uzávěr plavebního ramene vedle komor Štvanice byl (zcela se sklápí od 1500 m³/s).

Všechny plavební komory byly modelovány s uzavřenými horními a otevřenými dolními vraty, protipovodňová uzávěra nad komorou Smíchov byla taktéž modelována jako uzavřená.

4.3.3 Hydraulické drsnosti

Povrch terénu, tj. i pokrytí vegetací, je v hydraulických modelech simulováno pomocí tzv. koeficientů hydraulické drsnosti, které se stanovují kalibrací, tedy jakýmsi „seřizemím“ modelu pomocí známé povodně a zaznamenaných značek hladin. Pro modelování byly použity 2 sady hydraulických drsností:

- hydraulické drsnosti získané rekalicací v rámci aktualizace povodňového modelu v roce 2004. Tehdy se při zpracování aktuálních zaměření řeky po povodni objevily poměrně velké změny v kótě dna, o kterých se lze právem domnívat, že k nim došlo již při kulminaci povodně. Metrové rozdíly v kótě dna řeky ovlivňují hladinu v řádu desítek centimetrů, přičemž bylo nutno rekalibrovat model pro rekonstrukci stavu ze srpna 2002. Rekalibrace proběhla pouze pomocí drsnostních součinitelů v jednotlivých úsecích dna řeky, inundační území zůstalo nezměněno. Rozdíly v drsnostech pro jednotlivé úseky jsou způsobeny rozdílným typem usazených dnových sedimentů. Koeficienty hydraulických drsností použité po kalibraci pro jednotlivé drsnostní typy, jsou uvedeny v tabulce Tab.1 spolu s rozdělením pro jednotlivé říční úseky.
- hydraulické drsnosti, získané kalibrací na povodeň z jara 2006 (Tab.2). Vzhledem k tomu, že se jednalo o nízký, převážně korytový průtok, byly modifikovány pouze hodnoty Manningova součinitele pouze jednotlivé říční úseky, spolu s úpravou náhradních drsností na jezech.

MIKE 21C pracuje s modifikovaným Manningovým součinitelem drsnosti N, který je inverzní hodnotou obvykle užívaného součinitele n ($N=1/n$). V tabulce jsou proto pro přehlednost uvedeny obě hodnoty.

Tab.1 - drsnostní součinitele, získané kalibrací na povodeň 8/ 2002

typ č.	popis povrchu	N	n
0	Nespecifikovaná území	28,57	0,035
1	Hladké plochy, ulice, volná prostranství	33,33	0,030
2	Nízká, sekaná tráva	28,57	0,035
3	Nesekaná tráva	22,22	0,045
4	Řídké stromy	16,67	0,060
5	Husté stromy	13,33	0,075
6	Technické stavby I.	14,29	0,070
7	Technické stavby II.	10,00	0,100
8	Řídké, propustné ploty	11,11	0,090
9	Husté, nepropustné ploty	5,00	0,200
10	Keře	10,00	0,100
11	Řeka – dle úseků:		
	<i>Roztoky – Trója</i>	27,78	0,036
	<i>Trója – Hlávkův most</i>	30,30	0,033
	<i>Hlávkův most – Štefánikův most</i>	33,90	0,0295
	<i>Štefánikův most – Karlův most</i>	30,30	0,025
	<i>Karlův most – Barrandovský most</i>	33,90	0,0295
	<i>Barrandovský most – Malá Chuchle</i>	27,03	0,037
	<i>Malá Chuchle – Modřanský jez</i>	25,00	0,040
	<i>Modřanský jez – Vrané, Černošice (Berounka)</i>	27,03	0,037
12	Řeka, kamenité dno (peřejnatý úsek Trója)	18,18	0,055

Tab.2 - drsnostní součinitele, získané kalibrací na povodeň 4/2006

typ č.	popis povrchu	N	n
0	Nespecifikovaná území	28,57	0,035
1	Hladké plochy, ulice, volná prostranství	33,33	0,030
2	Nízká, sekaná tráva	28,57	0,035
3	Nesekaná tráva	22,22	0,045
4	Řídké stromy	16,67	0,060
5	Husté stromy	13,33	0,075
6	Technické stavby I.	14,29	0,070
7	Technické stavby II.	10,00	0,100
8	Řídké, propustné ploty	11,11	0,090
9	Husté, nepropustné ploty	5,00	0,200
10	Keře	10,00	0,100
11	Řeka – dle úseků:		
	<i>Roztoky – Trója</i>	27,78	0,036
	<i>Šítkovský jez-Trója</i>	33,90	0,0295
	<i>Modřanský jez – Šítkovský jez</i>	37,04	0,027
	<i>Vrané - Modřanský jez</i>	38,46	0,026
	<i>Radotín – soutok s Vltavou</i>	38,46	0,026
	<i>Černošice (Berounka)-Radotín</i>	34,48	0,029
12	Řeka, kamenité dno (peřejnatý úsek Trója)	25,00	0.040

4.3.4 Okrajové podmínky

Spodní okrajová podmínka modelu je umístěna v profilu ř.km 39,35 Roztoky–Brnky. Hladiny na SOP byly stanoveny podle konzumpční křivky (závislosti hladiny na průtoku), zkonstruované na základě dat z monitoringu horní hladiny na jezu Klecany, výsledků 1D modelu Klecany-Mělník a zaznamenaných značek při velkých vodách.

Horní okrajové podmínky jsou dvě:

- Vltava ř.km 70 pod přívozem Vrané n.V.
- Berounka ř.km 9,7, Černošice-Kazín

V souladu s hlavním cílem této studie – vypracováním metodiky výpočtu a zpracování map ohrožení území byl systém průtokových okrajových podmínek určen takto:

- patřičný n-letý průtok z Vltavy (profil Vrané), který se doplňuje z Berounky (profil Černošice-Kazín) takovým průtokem, aby součet odpovídal příslušnému n-letému průtoku pod soutokem, tedy v profilu LGS Malá Chuchle.
- patřičný n-letý průtok z Berounky (profil Černošice-Kazín), který se doplňuje z Vltavy (profil Vrané) takovým průtokem, aby společný průtok odpovídal příslušnému n-letému průtoku pod soutokem, tedy v profilu LGS Malá Chuchle.

Q _n	Q Chuchle (m ³ /s)	SOP hladina ř. km 39 Roztoky-Brnky (m n.m. Bpv)	Q _n z Vltavy		Q _n z Berounky	
			Q _n Vltava (m ³ /s)	Q Berounka (m ³ /s)	Q _n Berounka (m ³ /s)	Q Vltava (m ³ /s)
Q ₅	1770	178.44	1300	470	627	1143
Q ₂₀	2720	180.65	1970	750	1020	1700
Q ₁₀₀	4020	182.92	2870	1150	1580	2440
Q ₅₀₀	5530	185.23	3900	1630	2270	3260

4.3.5 Kalibrace a verifikace modelu

Povodeň v srpnu 2002 přinesla naprosto unikátní možnost zkalibrovat model na hladiny extrémně vysoké povodně. Množství zaznamenaných kulminačních značek je značné. Bohužel zdaleka ne všechny jsou plně věrohodné. Za věrohodné mohou být považovány pouze ty z nich, které byly spolehlivě zaznamenány známou osobou přímo během kulminace povodně, popřípadě ty, které byly zaznamenány těsně po kulminaci v místech, odcloněných od pulsačních a vlnových jevů. Zpracovatel měl pro tyto účely k dispozici soubor značek, zaznamenaných přímo svými pracovníky, a dále sériiznaček, zaznamenaných pracovníky Povodí Vltavy, či jiných podniků (Metro).

Z těchto značek a z průběžných výpočtů byly mimo jiné odvozovány pravděpodobné jevy v inundačním území.

Několik z nich stojí za zmínku: kupříkladu značky nad Císařským ostrovem dávaly tušit, že právě cosi v prostoru ostrova má poměrně velký vliv na vzduší v oblasti jezu Trója. Až po obhlídce v terénu po povodni bylo však patrné, že drstnostní součinitel hustých, křovinatých porostů v horní části ostrova, ucpaných plávim, bude nutno rapidně zvýšit. Totéž platilo pro zahrádkářskou kolonii na ostrově. Stejný jev způsobily ucpané porosty poloostrovů Libeňského a Holešovického přístavu a okolí Libeňského mostu pro vzduší v oblasti mezi Libeňským mostem a Štvanicí.

Rovněž tak při ověřování rozdělení průtoků do Berounky a Vltavy nad soutokem jsme přikročili k rekognoskaci terénu a studiu fotografií z doby zpracování modelu zdrže jezu Modřany. Z nich, a z následujících pokusů bylo jasně patrné, že v úzké inundaci Vltavy mezi soutokem a obcí Vrané, kde byly za povodně velmi vysoké rychlosti proudu, hrály značnou roli husté, křovinaté břehové porosty. Také jejich drsnost byla zpočátku evidentně podcena a bylo ji nutno zvýšit na reálnou úroveň.

Všechny tyto jevy byly zkoumány velmi pečlivě sériemi pokusných výpočtů, doplňovaných prohlídkami v terénu a zaměřováním značek v kritických místech, jelikož většina z nich byly v době zpracování modelu pouze fixována.

Celkově byla kalibrace na spolehlivé značky statisticky velmi úspěšná. Hlavně díky zmíněné znalosti nestandardních jevů se podařilo dodržet v souboru vybraných spolehlivých značek průměrný absolutní rozdíl 5 cm, a na cca 88 % značek rozdíl do 10 cm.

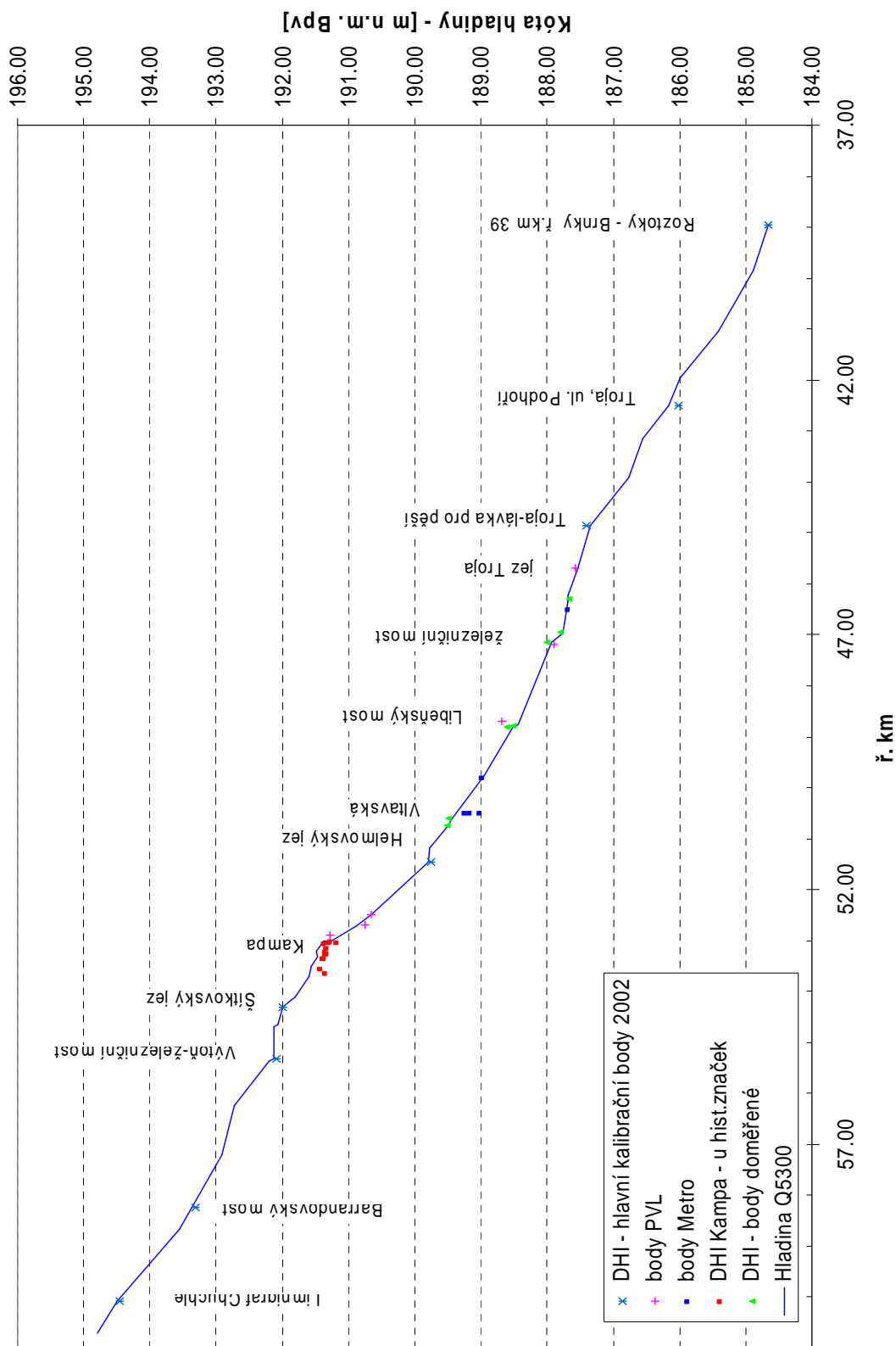
Grafy na následujících stránkách ukazují úspěšnost kalibrace a shodu vypočtené hladiny se zaznamenanými značkami v obou částech modelu. Pochopitelně větší množství značek bylo k dispozici v oblasti centra Prahy, Holešovic a Karlína. Zde jsou pro názornost uvedeny takřka všechny značky, které byly k dispozici, i když mnohé z nich byly brány pouze jako doplňující informace.

Další příležitost ke sběru dat se naskytlá při **povodni na jaře 2006**, kdy průtok dosáhl hodnot kolem 1400 m³/s v limnigrafickém profilu Malá Chuchle. Během povodně bylo pořízeno množství fotodokumentace, dat z vodočtů a automatických radarových stanic a bylo umístěno taktéž množství značek na území Prahy i pod Prahou. V rámci prací na této studii byly z již později zpracovaných hydrologických dat určeny nejvhodnější časové úseky pro kalibraci s maximálně ustáleným průtokem a vybrané značky pak byly v rámci prací popsány a zaměřeny. Pro lepší kontrolu byly rovněž použity data Povodí Vltavy s.p. z monitoringu hladin na vodních dílech, a značky zaměřené při první vlně povodně 2002.

V rámci kalibrace bylo postupně provedeno celkem 23 simulací, během nichž se skutečně ukázalo, že s hodnoty Manningových koeficientů hydraulických drsností bude třeba pro tento průtok výrazně snížit oproti kalibraci podvodně 8/2002 s přibližně čtyřnásobným průtokem, a nakonec bylo dosaženo velmi dobré shody se zaměřenými značkami.

Výsledkem kalibrace je tedy druhá sada hydraulických drsností pro nízké průtoky, doplňující dřívější sadu pro vysoké povodňové průtoky. V oblasti středních průtoků jsme řešili kompromis použitím sady vyšších drsností při nižším koeficientu turbulentní viskozity, což je další parametr, jež se používá pro schematizaci turbulence, které nemohou modely tzv. středního měřítká vzhledem k prostorovému kroku výpočetní sítě v řádu metrů popsat.

Kalibrace 2D modelu Praha na průtok $Q=5300 \text{ m}^3/\text{s}$
 úsek Roztoky - Malá Chuchle



5 Výstupy z modelu

Primární výstupy Mike 21C jsou georeferencované tiffy, pro záplavové čáry byly tyto transformovány za pomoci nástrojů ESRI na polygony a vyhlazeny.

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.

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.

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.