



OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

Pro vodu,
vzduch a přírodu

TVORBA MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK V OBLASTECH POVODÍ HORNÍ VLTAVY, BEROUNKY A DOLNÍ VLTAVY

DÍLČÍ POVODÍ DOLNÍ VLTAVY

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

VLTAVA - 10100001_2 - Ř. KM 130,900 – 137,100 (PV-1-2)



DUBEN 2013





OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

Pro vodu,
vzduch a přírodu

TVORBA MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK V OBLASTECH POVODÍ HORNÍ VLTAVY, BEROUNKY A DOLNÍ VLTAVY

DÍLČÍ POVODÍ DOLNÍ VLTAVY

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

VLTAVA - 10100001_2 - Ř. KM 130,900 – 137,100 (PV-1-2)

Pořizovatel:



Povodí Vltavy, státní podnik
Holečkova 8
Praha 5
150 24

Zhotovitel:



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



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



OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

Pro vodu,
vzduch a přírodu

Řešitel:



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

V PRAZE, DUBEN 2013.

Obsah:

1	Základní údaje	8
1.1	Seznam zkratk a symbolů	8
1.2	Cíle prací	8
1.3	Předmět práce	8
1.4	Postup zpracování a metoda řešení	8
2	Popis zájmového území	10
2.1	Všeobecné údaje	11
2.2	Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)	12
3	Přehled podkladů	14
3.1	Topologická data	14
3.1.1	Vytvoření (aktualizace) DMT	14
3.1.2	Mapové podklady	14
3.1.3	Geodetické podklady	15
3.2	Hydrologická data	15
3.3	Místní šetření	15
3.4	Doplňující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura	16
3.5	Normy, zákony, vyhlášky	16
3.6	Vyhodnocení a příprava podkladů	17
4	Popis koncepčního modelu	18
4.1	Schematizace řešeného problému	18
4.2	Posouzení vlivu nestacionarity proudění	18
4.3	Způsob zadávání OP a PP	18
5	Popis numerického modelu	19
5.1	Použité programové vybavení	19
5.2	Vstupní data numerického modelu	19
5.2.1	Morfologie vodního toku a záplavového území	19
5.2.2	Drsnosti hlavního koryta a inundačních území	20
5.2.3	Hodnoty okrajových podmínek	20
5.2.4	Hodnoty počátečních podmínek	20
5.2.5	Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat	20
5.3	Popis kalibrace modelu	21
6	Výstupy z modelu	22
6.1	Záplavové čáry pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	22
6.2	Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	22
6.3	Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	22
6.4	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	23

1 Základní údaje

1.1 Seznam zkratek a symbolů

Tabulka 1 – Seznam zkratek a symbolů

Zkratka	Vysvětlení
Bpv	Výškový systém Balt po vyrovnání
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
DMR5G	Digitální model reliéfu České republiky 5. generace
DMT	Digitální model terénu
DMR4G	Digitální model reliéfu České republiky 4. generace
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
S_JTSK	Souřadný systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
TPE	Technicko-provozní evidence
ZABAGED®	Základní báze geografických dat – digitální topografický model
ZM-10	Základní mapa 1 : 10 000
ZÚ	Záplavová území
VÚV TGM	Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, v.v.i.
1D model	Matematický model jednorozměrného proudění

1.2 Cíle prací

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

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

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

1.3 Předmět práce

Předmět práce zahrnuje tyto činnosti:

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

1.4 Postup zpracování a metoda řešení

Hydrologická data:

Pro účel studie byla zajištěna aktuální hydrologická data ČHMÚ (N-leté průtoky). Dále byla ke kalibračním účelům použita data z povodně 2002 a povodňové značky poskytnuté Povodím Vltavy, s.p.

Topologická data:

Pro potřeby 1D matematického modelu byl využit digitální model terénu (DMT) zájmového území. Tento model vznikl sloučením několika zdrojů topologických dat – digitálního modelu koryta Vltavy (geodetické zaměření, TPE, zaměření dna lodí), digitálního modelu přilehlé inundace (bodů DMR5G, TPE – říční mapa, geodetické zaměření).

Sestavení hydrodynamického modelu:

Původní model úseku Vltavy zpracovaný firmou Hydrossoft Velešlavín (2009) nebyl použit. Využilo se však geodetické zaměření části příčných profilů a inundace v podobě zpracované říční mapy a též zaměření části dna lodí. Propojením těchto podkladů s novým DMR5G byl sestaven celkový digitální model zájmového úseku toku. Na základě proložení navržených příčných profilů DMT, jejich propojením s výpočetní osou, zadáním významných objektů na toku (mosty, jezy) a dalších parametrů byl vytvořen výpočetní model.

Hydraulické výpočty:

Byly provedeny pomocí HEC-RAS – matematického jednorozměrného modelu pro simulace proudění v otevřených korytech a inundačních územích. Výpočty byly provedeny pro průtokové stavy Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} , které byly zároveň horní okrajovou podmínkou modelu. Hodnoty významných přítoků byly dopočteny z dostupných podkladů a připojeny do modelu jako bodové zdroje. Jako dolní okrajová podmínka byla použita výška hladiny na VD Slapy.

Výsledky výpočtů:

Z výstupů simulací byly pro všechny průtokové stavy Q_N vygenerovány:

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

na základě kterých byly vytvořeny mapy povodňového nebezpečí.

2 Popis zájmového území

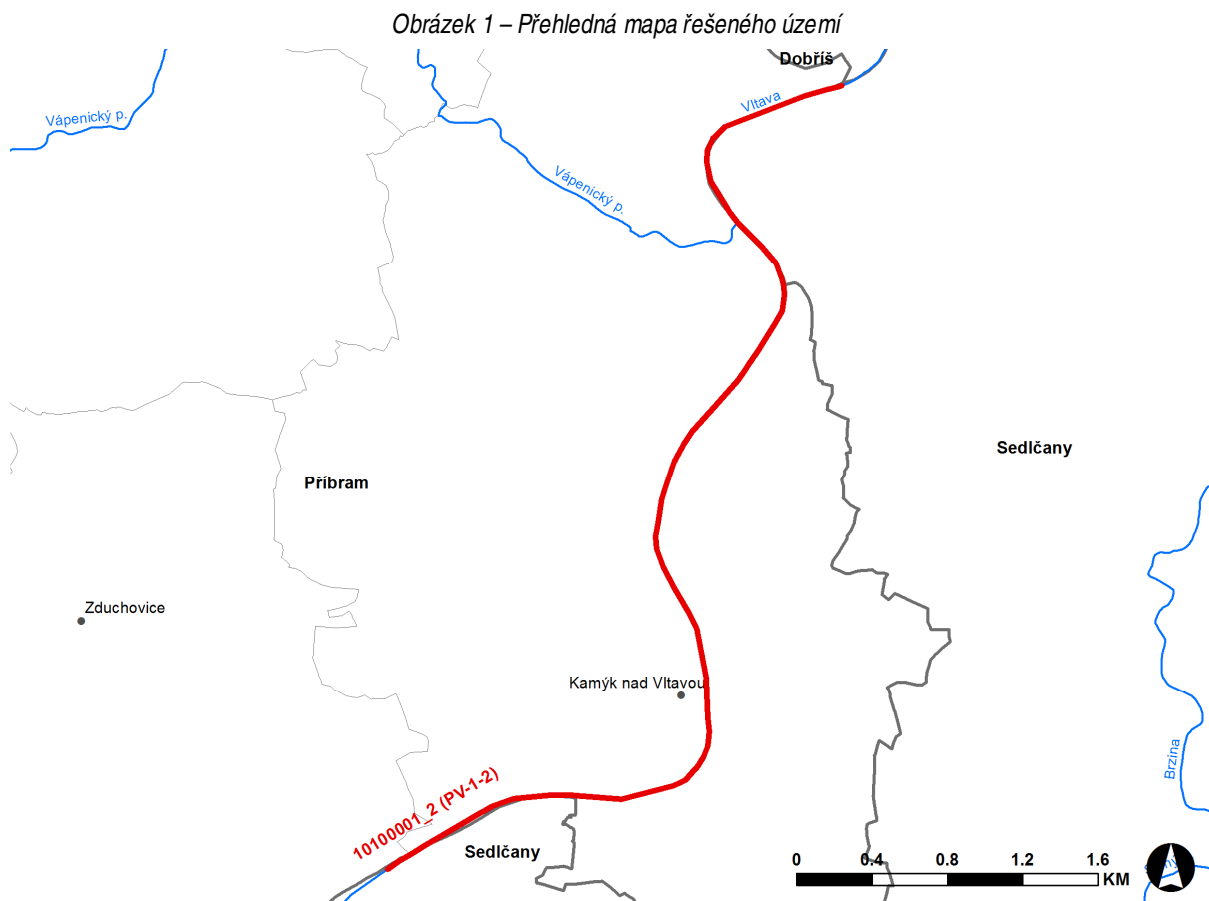
Název toku:	VLTAVA
ID úseku IDVT CEVT	10100001_2
Číslo hydrologického pořadí toku:	1-08-05-019, 1-08-05-023, 1-08-05-025
Říční kilometry začátku a konce úseku:	ř. km 130,9 – 137,1
Významná vodní díla:	VD Kamýk, VD Slapy
Významné přítoky:	-

Celý zájmový úsek toku je zařazen MŽP do databáze toků v oblastech s významným povodňovým rizikem (2009, I. etapa)

Vltava, která pramení na Šumavě v nadmořské výšce 1172 m n. m., do oblasti povodí Dolní Vltavy vstupuje Tábořskou a Benešovskou pahorkatinou a protéká hlubokým údolím, které vedlo k možnosti výstavby přehrad Vltavské kaskády. V úseku dolní Vltavy jsou vodní díla Orlík, Kamýk, Slapy, Štěchovice a Vrané, které tvoří Vltavskou kaskádu. VD Orlík bylo vybudováno v letech 1956-1966 a je svým objemem největší nádrží v ČR. Hlavním účelem VD Orlík je především akumulace vody pro nadlepšení průtoků na spodní části Vltavy a Labe, dále retenční prostor zajišťuje částečnou ochranu území pod přehradou a dále výroba elektrické energie. VD Kamýk bylo vystavěno v letech 1956 – 1962 a jeho účelem je vyrovnání špičkových odtoků z elektrárny Orlík a výroba špičkové elektrické energie. VD Slapy se nachází asi 40 km od Prahy v místě bývalých Svatojánských proudů. Stavba byla dokončena v roce 1955 a účelem VD je výroba špičkové vodní energie. VD Štěchovice bylo uvedeno do provozu v roce 1945 a jeho účelem je zejména vyrovnání odtoků z vodních elektráren Slapy a Orlík a výroba el. energie. VD Vrané bylo dokončeno v roce 1935 a jeho současným účelem je výroba el. energie. Největšími přítoky Vltavy jsou levostranná Kocába a pravostranný potok Mastník. Nejvýznamnějšími sídelními útvary v dílčím povodí jsou Příbram, Sedlčany a Dobřichovice.

Podklady:

Název toku	zdroj VÚV TGM, v.v.i.
ID úseku IDVT CEVT	zdroj Ministerstvo zemědělství
Číslo hydrologického pořadí toku	zdroj ČHMÚ
Úsek toku	zdroj Povodí Vltavy, s.p.
Významná vodní díla	zdroj ZM-10, Povodí Vltavy, s.p.
Významné přítoky	zdroj ZM-10



2.1 Všeobecné údaje

Posuzovaný úsek Vltavy byl určen od ř. km 130,90 (Nad obcí Kamýk) do ř. km 137,10 (konec KÚ Kamýk) dle kilometráže poskytnuté objednatelem studie a přesně vymezen zadanými souřadnicemi začátku a konce toku:

začátek:	x =	- 762068	y =	- 1091300
konec:	x =	- 760048	y =	- 1086573

Jediným větším sídelním celkem v zájmovém území je Kamýk nad Vltavou.

významným vodním dílem je VD Kamýk, jež byl vystavěn na konci vzdutí Slapského jezera. VD slouží k vyrovnávání špičkových odtoků z hydrocentrály Orlík, ale současně je rovněž využito k výrobě elektrické energie. Místo stavby bylo zvoleno přímo nad obcí téhož jména. První, kdo navrhl přehradní stupeň v tomto profilu byl v roce 1911 Dr. Ing. Radouš, který navrhoval hráz vysokou 20 m, hlavně s energetickým využitím. Příprava stavby přehrady Kamýk začala v roce 1951 vypracováním studie a následně úvodního projektu s několika variantami umístění hlavních objektů díla. Konečné rozhodnutí o umístění vodních děl Kamýk a Orlík a jejich vzájemné spolupráci, bylo pak dáno podrobným „Hydroenergetickým plánem Vltavy a dolního Labe“, vypracovaným v roce 1953. Po přípravném výzkumu geologických poměrů a provedení injekční clony byla v lednu 1957 zahájena vlastní stavba. Ta byla ukončena v roce 1961 dokončením montáže posledního hydrogenerátoru. Do plného provozu bylo dílo uvedeno až v roce 1966 v souvislosti s dokončením vodního díla Orlík. Přehradní těleso Kamýka tvoří přímá, tížná betonová hráz, celkové délky 158 m. Výška hráze nad základovou spárou činí 24,5 m. Korunový přepad je tvořen čtyřmi poli, jež jsou hrazeny segmentovými uzávěry. Elektrárna je situována při levém břehu a jsou v ní osazeny čtyři Kaplanovy turbíny. Při pravém břehu je umístěna plavební komora pro přepravu plavidel do 300t. Vedle ní po pravém břehu vede kolejová dráha, po které mohou být na speciálních vozících přepravována malá sportovní plavidla. Hlavním účelem přehrady je vyrovnání špičkových odtoků z elektrárny Orlík a využití průtoku a spádu k výrobě špičkové elektrické energie a k odběrům pitné a průmyslové vody. Délka

přehradního jezera je 9,92 km s plochou 195 ha a celkovým objemem 12,98 mil. m³ vody. Protože je Orlickou elektrárnou do Kamýckého jezera přiváděna téměř výhradně spodní, chladná a na kyslík chudá voda, je nádrž málo zarybněná, rekreačně slabě využitá a slouží tak kromě vyrovnávání průtoků zejména k plavebním účelům.

2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

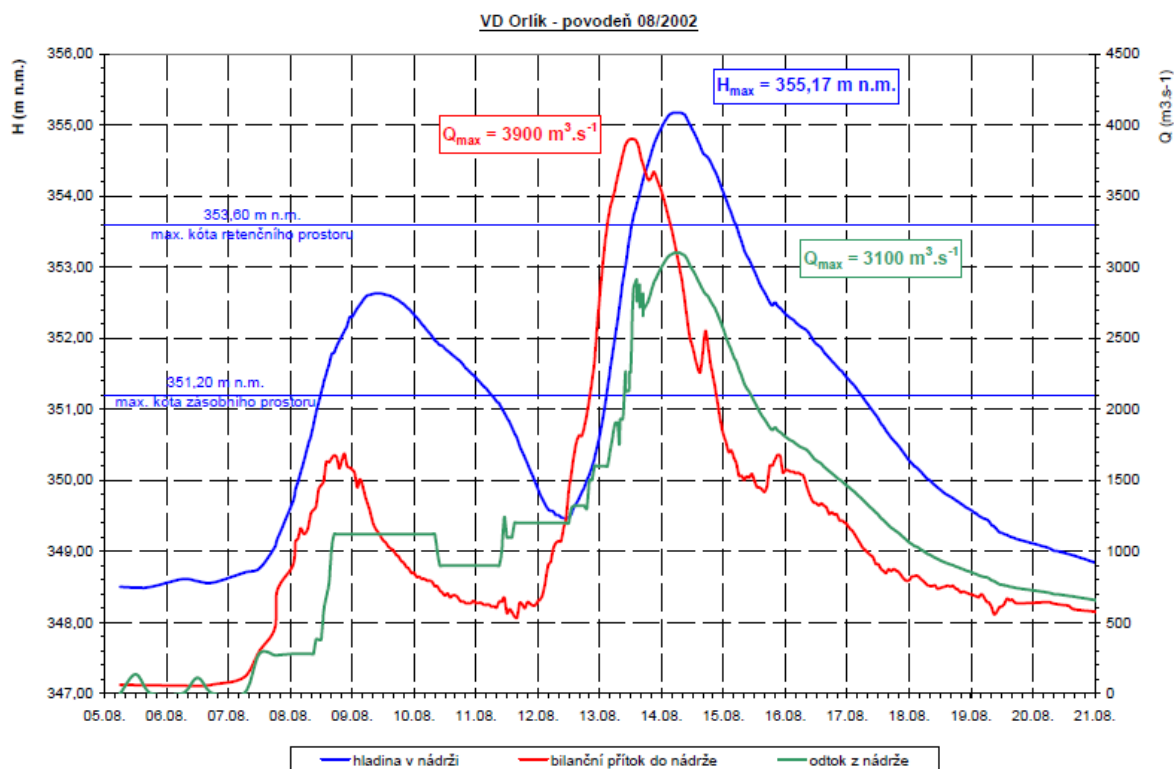
V minulosti došlo na Vltavě několikrát k velkým povodním, které způsobily škody v inundačních územích. Mezi zdokumentované historické povodně patří velké vody ze srpna 2002 a z března 2006.

Tabulka 2 – Historické povodně

Rok	Stanice	Průtok (m ³ /s)
2002	Pod VD Orlík	3100 (odhad)
2006	Pod VD Orlík	1100

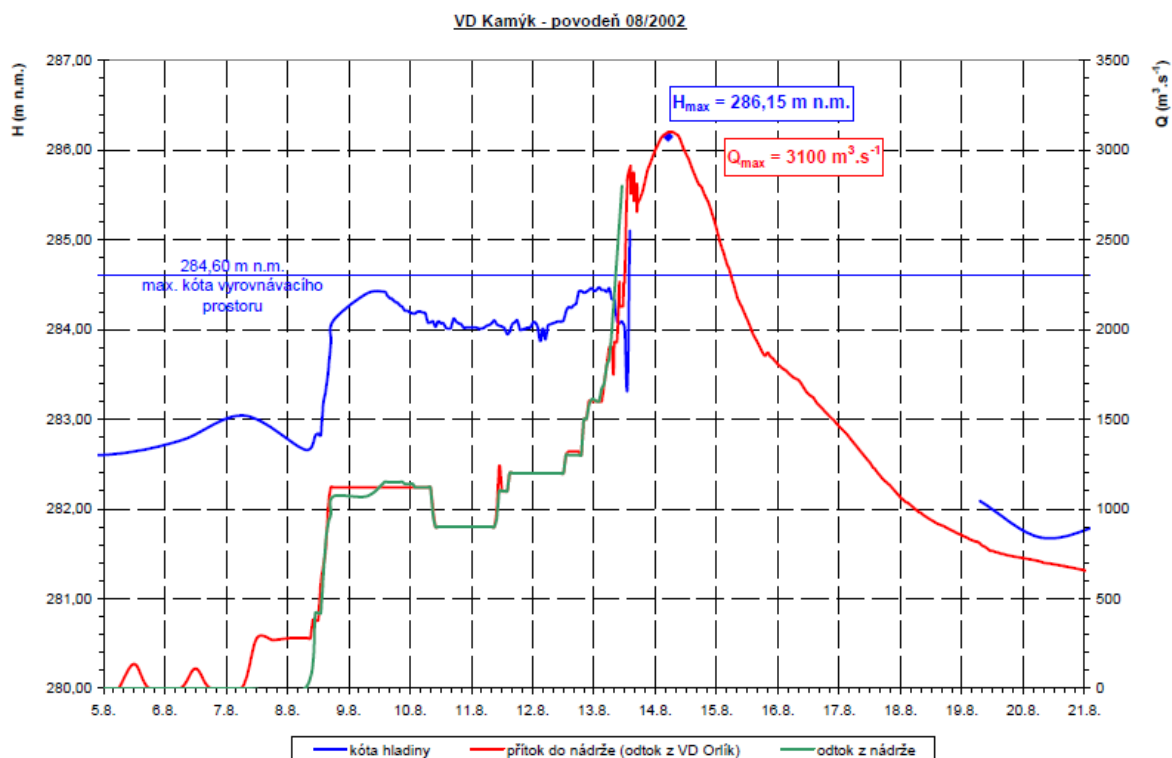
Obrázek 2 – Průběh povodně 2002 - VD Orlík

Souhrnná zpráva o povodni v srpnu 2002 za Povodí Vltavy, státní podnik



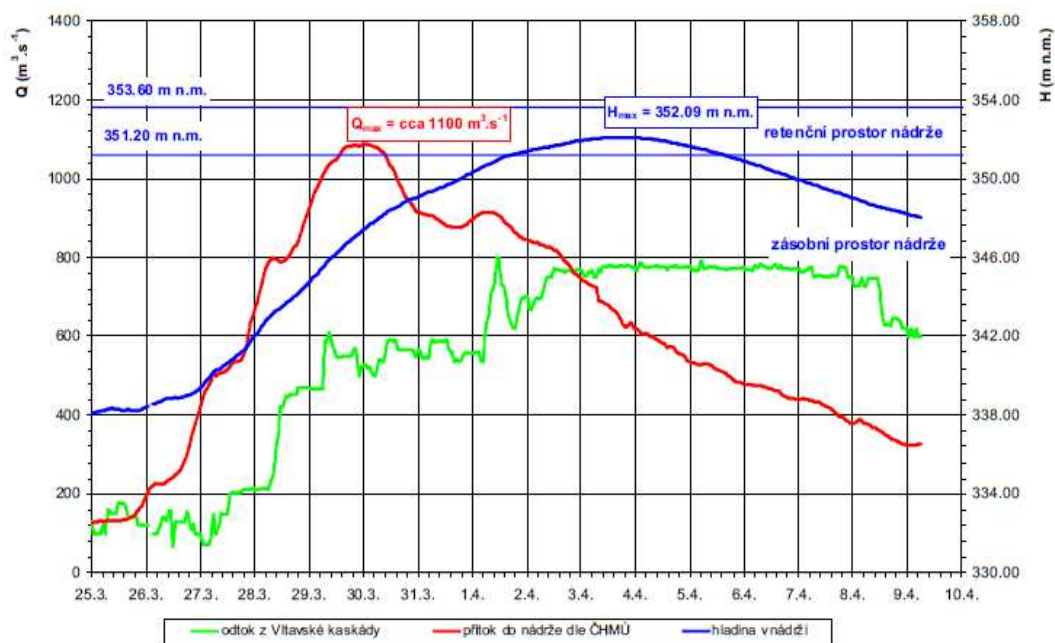
Obrázek 3 – Průběh povodně 2002 - VD Kamýk

Souhrnná zpráva o povodni v srpnu 2002 za Povodí Vltavy, státní podnik



Obrázek 4 – Průběh povodně 2006 - VD Orlík

VD Orlík - povodeň březen - duben 2006



3 Přehled podkladů

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

Hydrologické podklady:

- Hodnoty N-letých průtoků (ČHMÚ, 2012)

Topologické podklady:

- DMT (DHI, a.s. 2012)
- DMR5G (ČZÚK, a.s., 2011 - 2012)
- DMR4G (ČZÚK, a.s., 2011-2012)
- ORTOFOTO v digitální podobě (geoportál CENIA)
- ZABAGED v digitální podobě (Povodí Vltavy, s.p.)

Další podklady:

- Říční kilometráž (digitální, Povodí Vltavy, s.p.)
- Osa toku (digitální, Povodí Vltavy, s.p.)
- Záplavové čáry, model (Hydrosoft Veleslavín, s.r.o., 2009)
- Kalibrační podklady – Q-h křivky měrných profilů (Povodí Vltavy, s.p., ČHMÚ)
- Fotodokumentace a odborné poznatky z terénního šetření (VRV, a. s. 2012)

3.1 Topologická data

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

3.1.1 Vytvoření (aktualizace) DMT

DMT je prostorová plocha, která více nebo méně zdařile (podle kvality zadání) kopíruje skutečný (zaměřený) nebo projektovaný terén. Vzniká na základě zadaných 3D bodů. Pro vytvoření modelu byl použit Digitální model reliéfu ČR 5. generace (DMR 5G), který představuje zobrazení přirozeného nebo lidskou činností upraveného zemského povrchu v digitálním tvaru ve formě výšek diskrétních bodů v nepravidelné trojúhelníkové síti (TIN) bodů o souřadnicích X, Y, H s úplnou střední chybou výšky 0,14 m. V místech kde nebyl DMR 5G dostupný, byl použit DMR 4G. Dno toku bylo vymodelováno pomocí lineární interpolace zaměřených příčných profilů a dna lodí s akceptováním směrového vedení toku. V části území nebylo dno koryta zaměřeno a musel být použit starší podklad – příčné profily z předchozího TPE. Vzhledem k tomu, že tato část už patří do vzdutí VD Slapy, není to pro model rozhodující. Výsledný digitální model terénu zájmového území byl sestaven z výše zmíněných částí s využitím software ArcGIS. Trojúhelníková síť (tin) DMT se rovněž převedla na georeferencovaný tiff s velikostí pixelu 2m x 2m. Zhotovitelem této části bylo VRV, a.s., (2012).

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

3.1.2 Mapové podklady

Bylo využito informací ze základní báze geografických dat ZABAGED®, což je digitální geografický model území České republiky (ČR) na úrovni podrobnosti Základní mapy ČR 1:10 000 (ZM 10). ZABAGED® je součástí informačního systému zeměměřictví a patří mezi informační systémy veřejné správy. Je vedena v podobě bezešvé databáze pro celé území ČR v centralizovaném informačním systému spravovaném Zeměměřickým úřadem. Polohopisná část ZABAGED® obsahuje dvourozměrně vedené (2D) prostorové informace a popisné

informace o sídlech, komunikacích, rozvodných sítích a produktovodech, vodstvu, územních jednotkách a chráněných územích, vegetaci a povrchu, terénním reliéfu.

Nedílnou součástí při konstruování výpočetní sítě byla aktuální ortofotomapa CENIA (což je česká informační služba MŽP).

Všechny souřadnice jsou v polohopisném systému S_JTSK.

3.1.3 Geodetické podklady

Jak bylo uvedeno v předchozí kapitole, koryto řeky bylo v DMT vymodelováno z geodeticky zaměřených příčných profilů. V roce 2009 bylo provedeno firmou Hrdlička, s.r.o. zaměření podrobného bodového pole pro vykreslení říční mapy Vltavy. Dále byly zaměřeny podrobné body pro vykreslení veškerých objektů na řece. Zájmové území bylo určeno od hráze VD Kamýk (ř.km. 130,9) po přítok Jindrovského potoka (ř.km 137,1). Jednotlivé profily byly zadavatelem v průměrné vzdálenosti 50 - 100 m a dále voleny v místech terénních hrázek, jezů, stupínků a mostů. Body v profilech jsou voleny dle cílového použití, tj. pro hydrotechnické výpočty. Kódování charakteristických bodů v řezech bylo prováděno v terénu při měření a poté verifikováno i v grafické podobě. Na celém úseku se dále zaměřovali větší přítoky, vtoky a náhony.

Pořizovatelem zaměření je Povodí Vltavy, s.p.

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

3.2 Hydrologická data

Do matematického modelu byla použita data z následně uvedených profilů:

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
Pod VD Orlík	2012	144,65	954	1472	2175	3050	II

3.3 Místní šetření

Terénní průzkum se uskutečnil 7.8.2012 a zahrnoval celý řešený úsek toku. Během terénního průzkumu byla pořízena fotodokumentace (celkem 104 fotografií) opatřená souřadnicemi GPS a směry focení (azimuty) jednotlivých fotografií.



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

Dne 3.8.2012 proběhla na Povodí Vltavy, státní podnik - závod Dolní Vltava v Praze konzultace s úsekovým technikem pí. Bártovou (tel: 602 167 477, email bartova@pvl.cz). Úsekový technik poskytl tyto podklady a informace:

- Zastaralá technicko-provozní evidence (TPE)
- Pro řešení úsek je zpracován hydraulický model včetně zaměření (Hydrosoft Veleslavín, 2009).

Postupně byla shromážděna tato data:

- Výstupy hydraulického modelu z roku 2009
- Podklad pro původní model - nové TPE - Říční mapa a objekty na toku, podrobné body, příčné profily
- Povodňové značky z povodně v srpnu 2002
- Záplavové území Q100

3.5 Normy, zákony, vyhlášky

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

- [1] ČSN 75 0110 Vodní hospodářství – Terminologie hydrologie a hydro ekologie.
- [2] ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod.
- [3] TNV 75 2910 Manipulační řády vodních děl na vodních tocích.
- [4] TNV 75 2931 Povodňové plány.
- [5] Vyhláška MŽP 236/2002 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území.

- [6] Vyhláška č. 470/2001 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků.
- [7] Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.

U uvedených zákonů, nařízení a vyhlášek se předpokládá jejich platné znění.

3.6 Vyhodnocení a příprava podkladů

Poskytnuté topologické a hydrologické podklady plně pokryly zájmové území kromě spodního úseku dna koryta, kde musely být použity příčné profily původního TPE.

4 Popis koncepčního modelu

Vzhledem k poměrné sevřenosti koryta Vltavy byl zvolen jako nejvhodnější 1D model. Model je postaven jako nevětvený, sestavený z údolních profilů.

4.1 Schematizace řešeného problému

Zájmový úsek toku tvoří meandrující koryto Vltavy o šíři kolem 100m. Tok je dobře ohraničen okolním terénem (hlubší údolí), proto nebylo zapotřebí použít větvenou výpočetní síť. Vzdálenost profilů je cca 50 – 150 metrů. V případě přítomnosti objektů na toku je vzdálenost podstatně kratší, aby došlo k dobrému popsání situace. Celkový počet příčných profilů na cca 7 km dlouhém úseku je 93.

V modelu jsou celkem pouze 2 objekty - mosty, zadané do modelu rovněž profilem.

4.2 Posouzení vlivu nestacionarity proudění

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

4.3 Způsob zadávání OP a PP

Horní okrajové podmínky - byly zadány na vstupu do výpočetní sítě v ř. km 130,9 a byly použity příslušné N leté průtoky. Do modelu nebyl zanesen žádný významný přítok.

Dolní okrajové podmínky – byly zadána hladina na VD Slapy při odpovídajícím N-letém průtoku.

Počáteční podmínky – nejsou modelem vyžadovány.

5 Popis numerického modelu

5.1 Použité programové vybavení

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

Předpoklady výpočtu

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

Uživatelské manuály

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

5.2 Vstupní data numerického modelu

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

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

V dolním výpočtovém profilu je okrajová podmínka úrovně hladin stanovena jako vzdutí VN Slapy.

5.2.1 Morfologie vodního toku a záplavového území

Zájemový úsek Vltavy lze popsat jako dolní tok s technickými úpravami. Převážná část úseku má zpevněné břehy dlažbou, dno je miskovitého tvaru. Koryto protéká hlubším údolím se skalnatými stěnami, v rozšířených místech se nachází zástavba v podobě obcí či chatových oblastí.

Manipulace na ovladatelných jezích či přehradách byla do modelu zadána dle manipulačních řádů jednotlivých jezů. Výpočet je proveden za předpokladu zachování volného průtočného profilu mostů a také modelového geometrického tvaru ochranných hrázek podél koryta, bez uvažování jejich potenciálního porušení.

Mosty jsou v modelu zadány profilem.

Tabulka 4 – Přehled objektů na toku

Název profilu	ř. km
Silniční most Kamýk nad Vltavou	133,638
Silniční most Vestec, Hrachov	128,922

5.2.2 Drsnosti hlavního koryta a inundačních území

Hydraulická drsnost je v modelu zadávána pomocí Manningova drsnostního součinitele. Tento součinitel je jeden z faktorů, který ovlivňuje výslednou výšku hladiny a představuje jednu z charakteristik popisující terén a odpor prostředí. Pro potřeby výpočtu byly hodnoty drsnostních součinitelů odvozeny z podobnosti jiných toků, kde je tento součinitel znám a lze tedy předpokládat i v námi řešeném území. V úsecích, kde jsou k dispozici kalibrační povodňové značky, byla výsledná drsnost upravena dle těchto bodů tak, aby pro známý průtok byla dosažena známá zaměřená hladina. Přehledně jsou jednotlivé drsnostní součinitele uvedeny v následující tabulce.

Tabulka - Hodnoty použitých součinitelů drsnosti

Charakter území	Manningův drsnostní součinitel n
koryto řeky	0,025 – 0,04
louky, pole	0,05 – 0,06
zalesněné území	0,06 – 0,07
zastavěné území (započtena plocha budov)	0,065 - 0,08

5.2.3 Hodnoty okrajových podmínek

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

Úsek název vodního toku / N - leté průtoky Q_N	Úsek toku (km od - do)	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Poznámka
Vltava	130,9 – 137,1	954	1472	2175	3050	-

Jako dolní okrajová podmínka byla uvažována maximální hladina na VD Slapy tj. 270,6 m.n.m. Vzhledem k tomu, že se jedná o maximální hladinu, je model na straně bezpečnosti.

5.2.4 Hodnoty počátečních podmínek

Počáteční podmínky – kóty hladin ve všech profilech výpočetní sítě byly odvozeny z výsledků dříve provedených výpočtů ustáleného proudění a použity ve formě hotstartu.

5.2.5 Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat

Každý výpočetní model je vždy schematizací skutečnosti. Chyba výsledných vypočtených charakteristik proudění (úroveň hladin, hloubky, rychlosti) je dána superpozicí chyb dat a procesů vstupujících do celého systému. Míra nejistoty tak plyne především z chybných vstupních dat (nedostatečně popsaná topologie území a koryta, chyby

v zaměření a zpracování geodetických dat, špatný odhad drsnostních charakteristik a hydraulických odporů, chyby/nejistoty v hydrologických datech).

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

5.3 Popis kalibrace modelu

Kalibrace modelu byla provedena pomocí série kalibračních výpočtů, při kterých byly upravovány hodnoty součinitelů drsnosti v celé ploše modelu tak, aby při shodných průtocích (povodeň 2002) bylo dosaženo uspokojivé shody mezi vypočtenými a zaměřenými průběhy hladin, resp. povodňovými značkami hladin.

Tabulka 6 - Kalibrace modelu

Ř. km	Lokalizace kalibračního bodu	Výška srovnávací hladiny (m n. m.)	Výška vypočítané hladiny (m n. m.)	Rozdíl (m)
144,150	Kamýk nad Vltavou - průmyslový objekt na parc.č.360 firmy Spálenský - výroba dřevěných lišt	275.78	275,64	-0,14
144.243	Objekt ČOV Kamýk n. Vlt.	275.86	275,78	-0,08
144,478	Kamýk nad Vltavou - objekt hasičské zbrojnice č.p.36	276.03	275,82	-0,27
144,716	Kamýk nad Vltavou - objekt č.p.193 na parc.č. 423 - budova Jednoty	275.91	275,93	+0,02
144,800	Kamýk nad Vltavou - objekt - budova místního úřadu	275.86	275,95	+0,09
144,817	Kamýk nad Vltavou - budova č.p.25 pension Bílý dům u Knížků	276.07	275,96	-0,08
145,220	Kamýk nad Vltavou - objekt RD č.p. 68	276.15	276,37	+0,22

Obrázek 5 – Kalibrace modelu

6 Výstupy z modelu

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

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

Záplavové čáry tvoří obalovou křivku záplavovému území resp. mapám hloubek. Zobrazují maximální rozsah povodně pro daný průtok. Jsou zobrazeny v jedné mapě pro všechny povodňové scénáře. Tím je umožněno snadné porovnání rozsahu povodní. Záplavové čáry jsou zobrazeny na podkladě Základní rastrové mapy ČR v měřítku 1:10 000.

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

Tabulka – Dotčené správní území obcí maximálním rozlivem

Kód ORP	Název ORP	Kód ICOB	Název obce
13542	Příbram	540439	Kamýk nad Vltavou
14653	Sedlčany	541397	Svatý Jan
02796	Dobříš	540285	Hřimězdice

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

Mapa hloubek vznikne odečtením vypočítané úrovně hladiny a sestaveného digitálního modelu terénu. V barevné škále zobrazuje názorně hloubku vody při povodni v záplavovém území a upozorňuje na rizikové oblasti s vysokými hloubkami vody. Výsledný rastr ve formátu .tif o velikosti pixelu 2 x 2 m obsahuje informace o hloubce vody pro každý pixel. Pro přehledné znázornění hloubek v tištěné podobě je výsledná hloubka vody rozdělena do kategorií s pevně zvoleným rozsahem hloubky (znázorněno v legendě mapového výstupu). Mapa hloubek je zobrazena na podkladě Základní rastrové mapy ČR v měřítku 1:10 000.

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

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

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

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

6.4 Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů

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

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