



Analýza oblastí s významným povodňovým rizikem v povodí Vltavy a podklady k Plánu pro zvládání povodňových rizik v povodí Labe

DÍLČÍ POVODÍ BEROUNKY

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

ÚHLAVA – BER 14_01 - Ř. KM 82,000 – 88,000



prosinec 2019

Analýza oblastí s významným povodňovým rizikem v povodí Vltavy a podklady k Plánu pro zvládání povodňových rizik v povodí Labe

DÍLČÍ POVODÍ DOLNÍ BEROUNKY

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

ÚHLAVA – BER 14_01 - Ř. KM 82,000 – 88,000

Pořizovatel:



Povodí Vltavy, státní podnik
Holečkova 3178/8
Praha 5 - Smíchov
150 00

Zhotovitel: Společnost „SHDP+DHI+VRV“, jejímiž společníky jsou



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



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



Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s.
Nábřeží 90/4
Praha 5
150 56

Řešitel:



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



České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební
Tháškova 7
Praha 6
166 29

V Praze, prosinec 2019

Obsah:

1	Základní údaje	7
1.1	Seznam zkratk a symbolů	7
1.2	Cíle prací.....	7
1.3	Postup zpracování a metoda řešení	7
2	Popis zájmového území	8
2.1	Všeobecné údaje	9
2.2	Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)	10
3	Přehled podkladů.....	11
3.1	Topologická data.....	11
3.1.1	Vytvoření (aktualizace) DMT	11
3.1.2	Mapové podklady.....	12
3.1.3	Geodetické podklady	12
3.2	Hydrologická data	12
3.3	Místní šetření	13
3.4	Doplňující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura.....	13
3.5	Normy, zákony, vyhlášky	14
3.6	Vyhodnocení a příprava podkladů	14
4	Popis koncepčního modelu	15
4.1	Schematizace řešeného problému.....	15
4.2	Posouzení vlivu nestacionarity proudění.....	15
4.3	Způsob zadávání OP a PP.....	15
5	Popis numerického modelu.....	16
5.1	Použité programové vybavení.....	16
5.2	Vstupní data numerického modelu.....	17
5.2.1	Morfologie vodního toku a záplavového území.....	17
5.2.2	Drsnosti hlavního koryta a inundačních území	18
5.2.3	Hodnoty okrajových podmínek	18
5.2.4	Hodnoty počátečních podmínek	19
5.2.5	Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat	19
5.3	Popis kalibrace modelu	20
6	Výsledky	22
6.1	Výstupy z hydrodynamických modelů	22
6.2	Mapy povodňového nebezpečí	27
6.3	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	27

1 Základní údaje

1.1 Seznam zkratk a symbolů

Tabulka 1 – Seznam zkratk 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
S-JTSK	Souřadný systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
ZABAGED®	Základní báze geografických dat – digitální topografický model
ZM-10	Základní mapa 1 : 10 000
ZÚ	Záplavová území
SOP	Studie odtokových poměrů
Dibavod	Digitální báze vodohospodářských dat
DKM	Digitální kilometráž
TPE	Technicko-provozní evidence
MVE	Malá vodní elektrárna
2D model	Matematický model dvourozměrného proudění

1.2 Cíle prací

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

- rozsah zaplavovaného území,
- hloubky vody v zaplavovaném území,
- rychlosti proudění vody v zaplavovaném území.

Uvedené charakteristiky povodně byly stanoveny na základě výstupů z hydrodynamických modelů a zpracovány do podoby map povodňového nebezpečí.

Kroky nezbytné k dosažení cíle:

- zajištění vstupních podkladů
- sestavení (aktualizace) hydrodynamických modelů a příslušné simulace;
- zpracování výsledků numerického modelování a vytvoření map povodňového nebezpečí (mapy rozlivů, hloubek a rychlostí).

Zpracování výpočtů hydrodynamickým modelem pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a vyhodnocení výsledků bylo realizováno v rámci studie "Stanovení rozsahu záplavových území Úhlavy ř. km 14,2 - 91,8" (ČVUT 2019), jejímž předmětem bylo zpracování hydrotechnických výpočtů a související dokumentace pro návrh stanovení záplavových území Úhlavy v celkovém rozsahu od jezu Štěnovice po hráz VD Nýrsko.

Doplňkové výpočty pro průtok Q_{500} byly realizovány stávajícím 2D numerickým modelem (ČVUT 2019) s nutnými rozšířeními a úpravami pro postižení rozsahu rozlivu pětisetleté povodně a zahrnují úseky toku ř. km 51,7 - 75 a 82 - 88. Dokumentace SOP "Stanovení rozsahu záplavových území Úhlavy ř. km 14,2 - 91,8" představuje primární podrobnou technickou dokumentaci k provedeným modelovým výpočtům, z níž dále uvedené kapitoly této zprávy vychází.

1.3 Postup zpracování a metoda řešení

Cílem studie je zpřesnění vyhodnocení rozsahu záplavových území formou 2D studie s využitím efektivní metody 3D modelování reliéfu terénu na základě nově dostupných dat z leteckého laserového skenování ve formě detailního digitálního modelu páté generace DMR5G. V souladu s potřebami objednatele byly hydrotechnické výpočty zpracovány pomocí metodiky dvourozměrného (2D) numerického modelování.

Aby bylo možné sestavit hydrodynamický model zvoleného úseku toku a vyhodnotit výstupy požadované objednatelem bylo zapotřebí shromáždit a prostudovat všechny dostupné podklady a doplnit je na základě místního šetření a podrobné terénní rekonoskace. Byla zpracována video a fotodokumentace zájmového území.

Po získání všech podkladů pro popis terénu a koryta toku v zájmovém území byl vytvořen digitální model terénu jakožto základ pro vytvoření modelu terénu ve dvourozměrném výpočetním modelu. Pro předpokládaný rozsah zaplavovaného území při největším požadovaném průtokovém stavu byl sestaven dvourozměrný hydrodynamický model proudění. Byly provedeny výpočty pro kalibrační průtoky, odpovídající pozorovaným povodňovým situacím a byla provedena kalibrace modelu. Výsledky výpočtů byly na závěr zpracovány do map povodňového nebezpečí (mapy rozlivů, hloubek a rychlostí) v požadovaných formátech a byly zhotoveny další požadované výstupy.

Provedené práce zahrnovaly následující činnosti:

- pořízení hydrologických podkladů
- převzetí a zpracování geodetických, hydrotechnických a dalších podkladů
- podrobný terénní průzkum toků, jejich inundačního území, povodňových značek, pořízení video a fotodokumentace
- převzetí kalibračních podkladů, vyhodnocené záplavové čáry pro pozorovanou povodeň
- návrh a zpracování jednorozměrného a dvourozměrného modelu zájmové oblasti
- zpracování a vyhodnocení hydrotechnických výpočtů pro simulace ustáleného nerovnoměrného proudění v zájmové oblasti pro ustálené průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , a Q_{500}
- zpracování rozsahu záplavového území na základě vypočtených hladin povodňových průtoků při průtocích Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , a Q_{500}
- vyhodnocení a zpracování map charakteristik proudění při průtocích Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , a Q_{500}

2 Popis zájmového území

Název toku: Úhlava

ID úseku IDVT CEVT: 10100025 4

Číslo hydrologického poradiu toku: 1-10-03-0120

Úsek toku: Bystřice nad Úhlavou - Stará Lhota

ř. km Dibavod 82,000 - 88,000 (ř. km TPE 84,170 - 90,510)

Úhlava pramení na Šumavě na západních svazích hory Pancíř v Železnorudské hornatině v nadmořské výšce 1110 m. Teče k severozápadu a vytváří hluboké Úhlavské údolí, které odděluje Královský hvozď a Pancířský hřbet. U Hamrů, kde se řeka stáčí k severu, vzdouvá její vody vodní nádrž Nýrsko. Přes Švihovskou vrchovinu teče do Plzeňské kotliny. Protéká přes Nýrsko, Janovice nad Úhlavou, okrajem Klatov, v blízkosti vodního hradu Švihov, Prešticemi, Štěnovicemi, Plzní a obcí Radobyčice, kde se v Doudlevcích vlévá zprava do řeky Radbuzy v nadmořské výšce 303 m. Délka Úhlavy činí 108,5 km.

Řešený úsek zahrnuje cca šest říčních kilometrů Úhlavy, ve směru proti vodě začíná v obci Bystřice nad Úhlavou (část města Nýrsko) a končí pod obcí Stará Lhota. Téměř polovinu řešeného území zabírá město Nýrsko, jehož zastavěným územím řeka protéká a ohrožuje tak při povodňových situacích okolní objekty.

Koryto řeky má tvar lichoběžníka, dno je tvořeno šterkopískovými a kamenitými sedimenty. V zastavěné oblasti je koryto částečně upravené, břehy jsou v centrální části města Nýrsko tvořeny zdmi. Inundační území pod městem Nýrsko je široké, ploché, dosahuje šířky až jeden kilometr. Při extrémních povodňových stavech může v důsledku plochého tvaru terénu docházet k odtoku vody směrem k Chodské Úhlavě případně ke spojení rozlivů obou řek. V horní části řešeného úseku má koryto přirozený charakter, řeka meandruje širokou inundací, nad Nýrskem má inundační území šířku 200 až 400 m, povodněmi je ohroženo jen několik objektů v těsné blízkosti řeky.

Významná vodní díla:

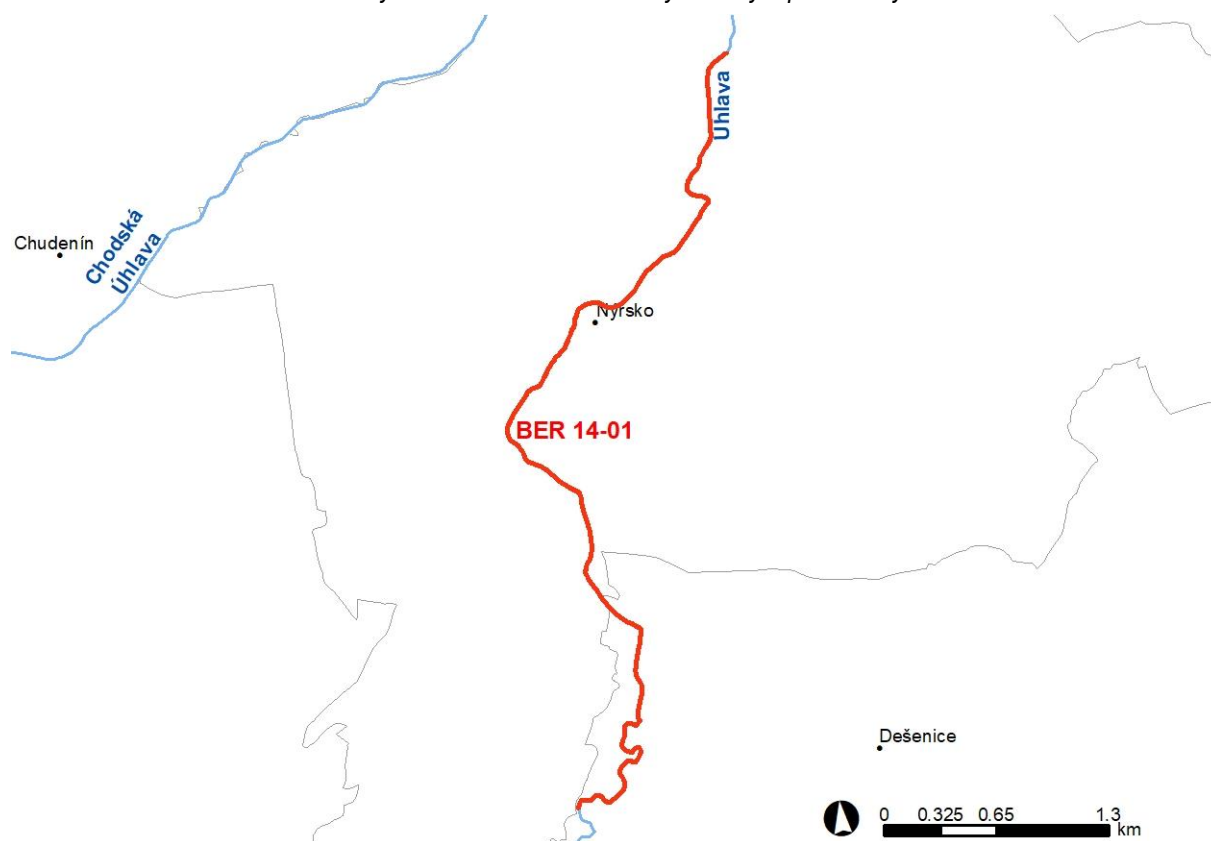
Na Úhlavě se nachází významné vodní dílo VD Nýrsko, které svým retenčním prostorem ovlivňuje povodňové průtoky v řešeném úseku toku. Ostatní objekty na toku představují běžné jezové a mostní konstrukce.

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
Popis toku	zdroj https://cs.wikipedia.org/

Obrázek 1 – Vymezení řešené oblasti s významným povodňovým rizikem



2.1 Všeobecné údaje

Zájmové území je vymezeno kilometrůž vodního toku ř. km 82,000 až 88,000. Jedná se o kilometrůž dle digitální báze vodohospodářských dat (Dibavod). Vlastní zpracování výpočtů a jejich dokumentace jsou vztaženy ke staničení dle platné technicko-provozní dokumentace (TPE), která byla poskytnuta podnikem Povodí Vltavy, státní podnik. Staničení použité v části B Technická zpráva – hydrodynamické modely je rovněž vztaženo k této kilometrůži. Rozsah modelovaného úseku odpovídá dle staničení TPE úseku ř. km 84,170 - 90,510. Situační schéma řešeného úseku toku je uvedeno v obrázku 1.

Řešený úsek toku je přesně vymezen zadanými souřadnicemi začátku a konce úseku toku:

začátek úseku: $X = -846\,901$; $Y = -1\,119\,801$
konec úseku: $X = -846\,047$; $Y = -1\,115\,435$

Řešený úsek ve směru proti vodě začíná nad rybníky v Bystřici nad Úhlavou, prochází centrální částí města Nýrsko, pokračuje okrajem obce Milence a končí pod obcí Stará Lhota.

Koryto Úhlavy má mimo zastavěné území tvar lichoběžníka, břehy jsou zarostlé hustou vegetací, kterou tvoří listnaté stromy, křoviny a vysoká tráva. V zastavěném území je koryto upravené, břehy jsou pokryté udržovaným travním porostem, v centrální části města Nýrsko břehy tvoří kamenné zdi, v okolí pohyblivého jezu Nýrsko I. koryto tvoří kyneta, bermy a svislé zdi.

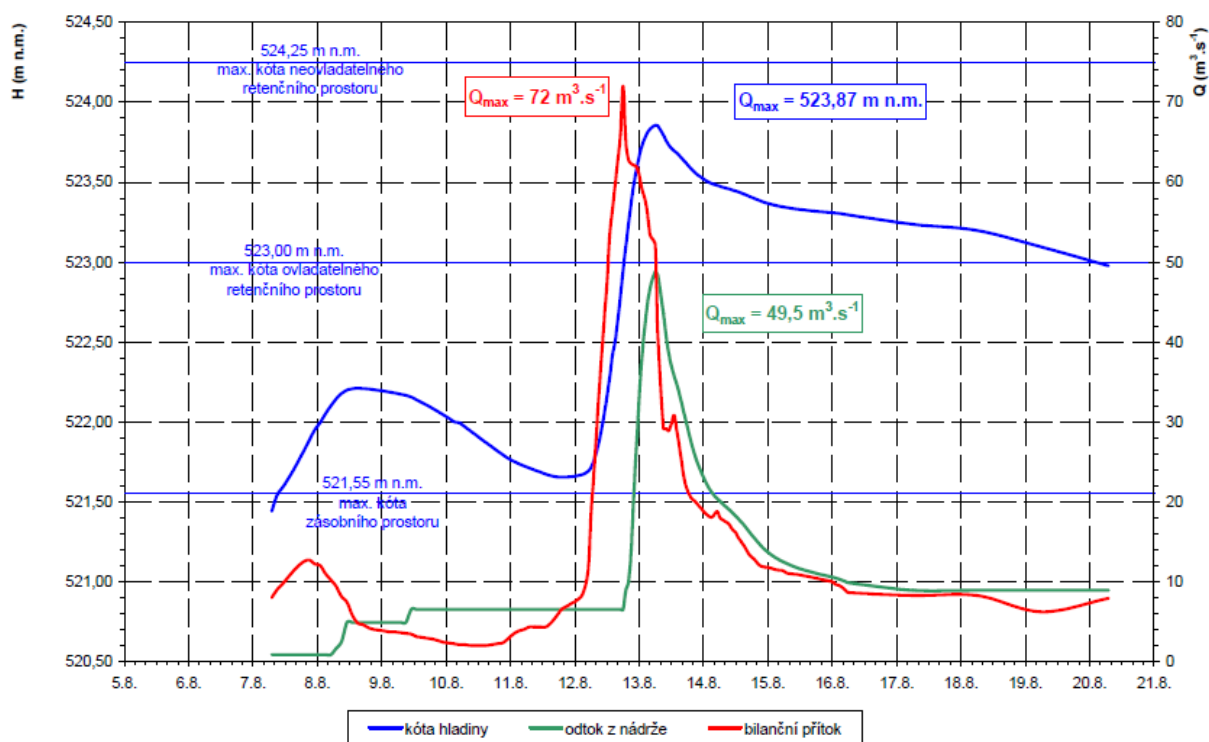
Inundační území je ploché, mimo zastavěná území je využíváno jako louky a pole. V místě jezových staveb se od koryta oddělují poměrně dlouhé náhony, které mohou komplikovat hydraulické poměry při povodňových situacích. Pod jezem Bystřice II. se mezi náhonem a řekou nachází zahrádkářská kolonie s chatami, hustou vegetací a ploty. Zástavbu ve městě tvoří rodinné domy se zahradami a ploty, obytné budovy a průmyslové podniky.

V řešeném úseku se na toku vyskytuje pět jezů, z toho dva jsou pohyblivé (stavidlové - Bystřice II. a Nýrsko I.), jeden stupeň a 12 mostních objektů.

2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

Nejvýznamnější povodeň na Úhlavě proběhla v srpnu roku 2002. Informace o kulminačních průtocích povodně 2002 uvádí výsledná zpráva o projektu Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002 (VÚV TGM a ČHMÚ, 2003). Na celém řešeném toku Úhlavy jsou k dispozici tři údaje o vyhodnoceném kulminačním průtoku, a to v profilu LGS Štěnovice ($398 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$), v profilu LGS Klatovy - Tajanov ($159 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$) a pod VD Nýrsko ($50 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$).

Obrázek 2 – Průběh průtoků při povodni v srpnu na VD Nýrsko (zdroj dat Povodí Vltavy)



Pro profil LGS Klatovy odpovídá kulminační průtok průtoku s dobou opakování 200-500 let, kulminační průtok v Nýrsku odpovídá přibližně dvacetileté až padesátileté vodě.

Pro uvedenou povodeň jsou k dispozici zaměřené povodňové značky, jejich souhrn je uveden v části 5.3 zprávy, která je věnována kalibraci modelu.

3 Přehled podkladů

Hydrologické podklady:

- Hodnoty N-letých průtoků (ČHMÚ, 2017)
- hodnoty průtoků Q_{500} (data ČHMÚ prostřednictvím Povodí Vltavy, 2019)

Topologické podklady:

- DMT (FSv ČVUT, 2019)
- DMR5G (ČÚZK, a.s., 2017)
- ORTOFOTO v digitální podobě (online geoportál ČÚZK)
- ZABAGED v digitální podobě (ČÚZK, 2017)

Další podklady:

- Říční kilometráž (Povodí Vltavy, s. p.)
- Osa toku (Povodí Vltavy, s. p.)
- Povodňový model (FSv ČVUT, 2019)
- Kalibrační podklady – povodňové značky a průtoky pro povodeň ze srpna 2002 (Povodí Vltavy, s. p., ČHMÚ)
- Fotodokumentace a odborné poznatky z terénního šetření (FSv ČVUT 2017, 2018)
- Zaměření TPE (Povodí Vltavy, s. p.)
- Zaměření břehových hran a dna koryta, (Povodí Vltavy, Geodis Brno, spol. s r.o., 2013)
- SOP Stanovení rozsahu záplavových území Úhlavy ř. km 14,2 - 91,8 (FSv ČVUT, 2019)

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

Hlavními topologickými daty pro tvorbu modelu byl digitální model terénu (DMT), který byl vytvořen z geodetického zaměření příčných profilů a objektů popisující koryto vodního toku a digitálního modelu reliéfu (DMR5G) popisujícího inundační území.

Použité numerické modely vycházejí při popisu koryta řeky ze zaměření údolních a objektových profilů na toku Úhlavy, pořízených v rámci zaměření pro technickoprovozní evidenci toků (TPE) v kombinaci se zaměřením břehových hran a dna koryta (Povodí Vltavy, státní podnik, Geodis Brno, spol. s r.o., 2013).

Pro modelování inundačního území při tvorbě modelu a pro konstrukci záplavových čar byla využita data digitálního modelu terénu pořízeného na základě leteckého snímkování metodou laserscanningu. Jednalo se o data digitálního modelu reliéfu páté generace (DMR5G). Digitální model reliéfu DMR 5G má podobu nepravidelné sítě výškových bodů (TIN) s deklarovanou úplnou střední chybou výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu. Data DMR5G byla v případě potřeby selektivně kombinována s daty z pozemního měření k upřesnění průběhu významných terénních hran (násypy komunikací apod.). Obdobně bylo zapotřebí postupovat v případě modelování koryta toku z podkladů TPE, neboť vodou zatopené oblasti nejsou součástí vyhodnocení DMR5G.

Dno toku bylo vymodelováno pomocí lineární interpolace ze zaměřených příčných profilů s akceptováním směrového vedení toku. K tomuto kroku byl použit preprocesor 2D modelu PREFAST. Trojúhelníková síť (TIN) DMT se rovněž převedla na georeferencovaný rastr s velikostí pixelu 2m x 2m.

Tvorba DMT probíhala v prostředí preprocesoru PREFAST, který je součástí použitého 2D numerického modelu a pracuje jako nadstavba grafického editoru BricsCAD.

Všechny souřadnice DMT jsou v polohopisném systému S-JTSK a výškovém Bpv.

3.1.2 Mapové podklady

Použité mapové podklady vycházejí 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 bezesvé 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.

Mapové podklady pro účely vykreslení výstupů řešení SOP Stanovení rozsahu záplavových území Úhlavy ř. km 14,2 - 91,8 (FSv ČVUT, 2019) poskytl objednatel, jednalo se o podklad pro vykreslení záplavových čar a výsledků 2D simulací v podobě rastrových map ZABAGED® v měřítku 1 : 10 000 v digitální podobě (ČÚZK, 2017).

Nedílnou součástí při konstruování výpočetní sítě byla aktuální ortofotomapa (online geoportál ČÚZK). Ortofoto snímky oblastí kolem vodních toků byly využity jako jeden ze zdrojů informací pro určování hydraulických charakteristik (drsností) inundačních území.

Všechny souřadnice jsou v polohopisném systému S-JTSK.

3.1.3 Geodetické podklady

Pro popis inundačního území byl poskytnut digitální model reliéfu 5. generace (DMR 5G) zpracovaný ČÚZK v roce 2016.

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

datum pořízení: aktualizace 2016

výškový systém: Balt p.v.

souřadnicový systém: JTSK

pořizovatel zaměření: ČÚZK

Pro popis koryta vodního toku bylo využito stávající geodetické zaměření příčných profilů Úhlavy pro TPE. Zpracovatelem zaměření bylo sdružení firem Ing. Lubor Pekarský - geodetická kancelář PGK a Jaroslav Touš – Geoplan Plzeň, měření bylo provedeno v období duben až prosinec 2004. Kromě příčných profilů toku byly využity i další podklady z TPE v podobě výkresů objektů a jejich fotodokumentace, podélných profilů a situačních plánů. Aktualizace modelu tvaru koryta byla provedena s využitím nového zaměření břehových hran a dna v patách svahů a v ose toku, pořízeným v roce 2013 (Povodí Vltavy, státní podnik, Geodis Brno, spol. s r.o.).

Všechny souřadnice měřičských podkladů i výsledného DMT jsou v polohopisném systému S-JTSK a výškovém systému Bpv.

3.2 Hydrologická data

Hydrologická data pro základní studii SOP představovala standardní N-leté vody Q_5 až Q_{100} . Data byla objednána od ČHMÚ ve vybraných profilech. Profily byly zvoleny tak, aby svou polohou vystihovaly místa, kde v rámci zájmového úseku dochází k podstatným změnám průtoku (nad a pod významnými přítoky). Přehled použitých údajů pro N-leté průtoky pro zde dokumentovaný úsek toku uvádí tabulka 2.

Pro účely dopočtu průtokového stavu Q_{500} byla po dohodě s objednatelem aplikována hydrologická data z předchozí etapy tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik poskytnutá objednatelem na základě ověření platnosti hydrologických dat Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} v dílčím povodí Horní Vltavy, dílčím povodí Berounky a dílčím povodí Dolní Vltavy pro daný účel ze strany ČHMÚ. Data použitá pro modelování Q_{500} jsou uvedena v tabulce 3.

Tabulka 2 - 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
LGS Stará Lhota	2017	91,412	22,7	39,4	66,0		I.
Zrušená LGS město Nýrsko	2017	86,960	25,1	43,7	73,2		II.

Tabulka 3 - Ověřené 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 Žíznětickým potokem	2012	85,790	26	45,2	75,7	116,0	II.

3.3 Místní šetření

Místnímu šetření předcházelo podrobné seznámení s veškerými získanými podklady. Zejména se jednalo o stávající geodetické zaměření. Dále proběhly konzultace s pracovníky Povodí Vltavy, s. p. za účelem zhodnocení aktuálnosti stávajících podkladů a získání doporučení na příp. doplnění o podklady týkajících se aktuálních změn v území.

Po provedení analýzy dostupných podkladů bylo provedeno v řešené lokalitě podrobné místní šetření jak vlastního toku, tak přilehlého inundačního území. Vycházet bylo možno z podrobné rekognoskace území provedené v roce 2007 v rámci studie SOP [2] s využitím tehdy pořízené foto a videodokumentace. Další podrobná rekognoskace, fotodokumentace a videodokumentace zájmového území byla v rozsahu celého modelovaného úseku toku provedena zpracovatelem v říjnu 2017 pro SOP [1]. Při jejím průběhu byl sledován charakter koryta a inundačního území a byl kladen důraz především na změny, které se v mezidobí v zájmovém území odehrály. Předmětem rekognoskace bylo především zhodnocení změn koryta a terénu inundací.

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

Jako doplňující podklady byly využity výsledky studií a projektové dokumentace:

- [1] Stanovení rozsahu záplavových území Úhlavy ř. km 14,2 - 91,8. FSv ČVUT, 2019
- [2] Návrh na stanovení záplavového území Úhlavy. Hydro Expert s.r.o., 2008
- [3] Tvorba map povodňového nebezpečí a povodňových rizik pro oblasti povodí Horní Vltavy, Berounky a Dolní Vltavy. Technická zpráva - hydrodynamické modely a mapy povodňového nebezpečí, Úhlava - 10100025_4 - ř. km 82 - 88. Sweco Hydroprojekt a.s., Envisystem s.r.o., 2013
- [4] Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002, VÚV TGM, ČHMÚ, 2003
- [5] Zpráva o povodni správce vodních toků v dílčích povodích Horní Vltavy, Berounky a dolní Vltavy. Povodí Vltavy, 2013
- [6] TPE vodního toku Úhlava. Povodí Vltavy, 2004
- [7] Soubory povodňových značek pro historickou povodeň 2002

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 řady 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.

3.6 Vyhodnocení a příprava podkladů

Poskytnuté topologické a hydrologické podklady plně pokryly zájmové území.

Původní zaměření koryta a objektů, které je k dispozici v rozsahu celého řešeného úseku, je stále aktuální. Podklady dostupné pro sestavení numerického modelu proudění vody byly pro daný účel zpracování map povodňového nebezpečí a povodňových rizik postačující.

4 Popis koncepčního modelu

V souladu s účelem studie byly hydrotechnické výpočty zpracovány pomocí metodiky dvourozměrného (2D) numerického modelování.

4.1 Schematizace řešeného problému

Pro podrobné vyšetření proudových poměrů a hydraulických podmínek průchodu povodně korytem Úhlavy a přilehlým inundačním územím byl v souladu se zadáním sestaven detailní dvourozměrný model. Použitý model FAST2D je založen na metodě konečných objemů.

S ohledem na značnou členitost zájmového území a nutnost podrobně vystihnout zástavbu a jednotlivé terénní tvary (násypy komunikací, meandrující koryto vodního toku, vedlejší vodoteče apod.) bylo zapotřebí přistoupit k aplikaci modelu s relativně velmi vysokým rozlišením (zhruba 2 x 2 metry) a tedy i vysokým počtem výpočetních buněk.

S ohledem na hardwarové nároky takto detailního modelování pak ovšem nebylo možné modelovat zájmové území jako jeden celek pomocí jediného modelu, nýbrž bylo zapotřebí použít na sebe navazující modely dílčí i s ohledem na různorodost a nepravidelnost modelované topologie zájmového území.

Výstupní a vstupní hranice jednotlivých vytvořených dílčích modelů jsou vedeny vždy zhruba kolmo na podélnou osu inundačního území a vždy přednostně v úseku s relativně úzkým inundačním územím bez zástavby a pokud možno s přímou trasou vodního toku, tj. v úsecích s převážně jednorozměrným charakterem proudění. Vzájemná vazba mezi dílčími modely je vesměs realizována na společných hranicích, kdy vstupní hranice modelu níže ležícího koresponduje s výstupní hranicí modelu ležícího výše proti proudu. Na rozhraní mezi modely byl v potřebných případech navržen dílčí překryv mezi sousedními modely s cílem eliminovat vliv volby polohy rozhraní na výsledky řešení na společné hranici.

4.2 Posouzení vlivu nestacionarity proudění

Vliv nestacionarity proudění byl pro běžné průtokové vlny přirozeného charakteru považován za zanedbatelný a je ve výpočtech zanedbán. Výpočty jsou zpracovány metodou ustáleného proudění v souladu s požadavky objednatele a metodikou pro stanovování ZÚ.

4.3 Způsob zadávání OP a PP

Na vstupní hranici 2D modelu byl zadáván celkový přítok do modelované oblasti, rozložení měrného průtoku podél hranice bylo modelováno v závislosti na hloubce.

Dolní okrajová podmínka byla zadána jako konstantní výška hladiny odpovídající příslušnému průtokovému stavu. Údaje o polohách hladin jednotlivých průtoků byly převzaty z řešení níže ležícího úseku toku.

Počáteční podmínka se nezadává, vzhledem k tomu, že výpočty se provádějí pro ustálené proudění.

5 Popis numerického modelu

5.1 Použité programové vybavení

Pro dvourozměrné numerické modelování byl použit model FAST2D, který umožňuje podrobné numerické modelování povodňových situací v reálných geometrických podmínkách otevřených koryt a inundačních územích včetně urbanizovaných oblastí. Aktuální verze modelu (Valenta, 2004) koncepčně vychází z původní verze modelu vyvinutého v Institutu pro hydrodynamiku univerzity Karlsruhe, který uvádějí Wenka a Valenta (1991).

Matematický základ modelu představuje soustava svisle integrovaných Reynoldsových rovnic, která bývá v odborné literatuře někdy označována jako 'shallow water equations' (rovnice mělké vody). Řídící rovnice proudění je řešena numericky metodou konečných objemů, která tvoří přechod mezi metodou sítí a metodou konečných prvků. Princip metody vychází ze skutečnosti, že parciální diferenciální rovnice popisující řešený fyzikální jev, vyjadřují bilanci sledované veličiny v nekonečně malém objemu. Řešená oblast je nejprve rozdělena na malé podoblasti – konečné objemy – čtyřúhelníkového tvaru. Na rozdíl od přímé diskretizace, používané v metodě sítí, jsou řešené diferenciální rovnice nejprve v každém konečném objemu formálně integrovány a převedeny na integrály po hranicích konečného objemu. Od požadavku splnění bilance v nekonečně malém objemu se tak přechází k požadavku jejího splnění v konečném objemu, tedy v makroskopickém měřítku.

Předmětem řešení je celkem pět neznámých veličin, definovaných ve středu každého konečného objemu – dvě složky průměrných svislicových rychlostí u a v , poloha hladiny h , turbulentní kinetická energie k a disipace ε . Těchto pět neznámých je určováno jako řešení soustavy pěti nelineárních parciálních diferenciálních rovnic – dvou pohybových rovnic, rovnice kontinuity a přenosových rovnic pro k a ε .

Při praktické aplikaci modelu je řešená oblast nejprve pokryta křivočarou výpočetní sítí, která je zadávána pomocí souřadnic x a y rohových uzlů jednotlivých konečných objemů. Při konstrukci sítě je přitom vhodné využít možností dané metody a hlavní linie sítě přizpůsobit obrysům hranic a eventuálně významným vnitřním překážkám uvnitř modelované oblasti, jakými jsou například příčné a podélné usměrňovací stavby, linie významné zástavby, linie oddělující oblasti s různými drsnostmi dna (terénu), atd. V další fázi je třeba doplnit souřadnice konečných objemů o informaci o nadmořské výšce terénu ve všech bodech výpočetní sítě a vytvořit tak digitální model terénu. Pro každý konečný objem je dále třeba definovat odpovídající hodnotu součinitele drsnosti podle charakteru dna, resp. povrchu zaplavovaného terénu. Plošné rozložení drsností a odhad jejich velikosti je předmětem kalibrace modelu.

Na hranicích (vnějších i vnitřních) zvolené řešené oblasti je nutné zadat příslušné okrajové podmínky. Model umožňuje použít na jednotlivých částech hranice následující typy okrajových podmínek:

- zadání rychlostního profilu včetně směrů proudění,
- zadání rozdělení průtoků podél vstupního profilu,
- zadání polohy hladiny,
- zadání parametrů turbulence,
- zadání nepropustné hranice s uvažováním tření,
- zadání nepropustné hranice bez tření (ev. zadání osy symetrie).

Výsledkem numerické simulace jsou složky rychlostí proudění a poloha hladiny spolu s charakteristikami turbulence proudění ve středech všech konečných objemů v řešené oblasti. Dostupná grafická vyhodnocení výsledků zahrnují výstupy v podobě tématických map hladin, hloubek a rychlostí či vyhodnocení proudových poměrů ve formě proudnic a vektorových polí rychlostí proudění vody.

Literatura:

Valenta, P., (2004): Dvourozměrné numerické modelování proudění vody v otevřených korytech a inundačních územích. Habilitační práce, ČVUT v Praze.

Wenka, T., Valenta, P., 1991. Entwicklung und Austesten einer tiefengemittelten Version des FAST-2D Computer Programms. Bericht Nr. 671. Karlsruhe: Institut für Hydromechanik, TU Karlsruhe.

5.2 Vstupní data numerického modelu

Základní vstupní data modelu FAST2D zahrnují:

- geometrická data definující výpočetní síť,
- geometrická data popisující morfologii terénu,
- data definující obtékané překážky proudění (budovy, hráze, násypy komunikací),
- rozložení parametrů drsnosti povrchu území,
- okrajové podmínky.

5.2.1 Morfologie vodního toku a záplavového území

Ve značné části řešeného úseku vodní tok protéká zastavěnou oblastí. V této části je koryto řeky částečně upraveno, v některých úsecích má lichoběžníkový tvar s udržovanými břehy, pokrytými travním porostem, v centrální části města břehy tvoří kamenné zdi. Mimo zastavěné území jsou břehy koryta zarostlé hustým křovinatým porostem. Inundační území je mimo zastavěnou oblast využíváno jako louky a pole. V zastavěné oblasti se vyskytují obytné a průmyslové budovy, které jsou v numerickém modelu zohledněny jako neprůtočné překážky.

Tvar koryta byl pro vytvoření digitálního modelu toku sestaven na základě geodeticky zaměřených příčných profilů a v místech objektů profilů objektových.

Při definování morfologie terénu se vycházelo z dostupných topologických a geodetických podkladů, využit byl digitální model reliéfu 5. generace, geodetická data z pozemního zaměření a data popisující objekty na toku. Použitá data jsou podrobně specifikována v kap. 3.

V řešeném úseku se vyskytuje řada objektů, jejich přehled je uveden v tabulce 4. V numerickém modelu jsou objekty modelovány jednak svou geometrií obdobně jako tvar koryta v kombinaci s vnitřní okrajovou podmínkou specifikující zvýšené ztráty v důsledku detailů nepostižitelných rozlišením geometrie 2D modelu (tvar pilířů, křídel apod.). Při specifikaci vnitřních okrajových podmínek se vycházelo z výsledků řešení 1D modelem HEC RAS, který má velmi podrobně propracovanou metodiku modelování řady různých typů objektů (zejména propustků a mostů) a jejich kombinací.

Tabulka 4 – Přehled objektů na toku

Název profilu	ř. km TPE	vyhrazení / zahrazení Jez / MVE
Lávka Bystřice I.	84,256	
Most Bystřice	84,669	
Lávka Bystřice II.	85,062	
Jez Bystřice II.	85,243	jez vyhrazen
Most Nýrsko I.	85,701	
Lávka Nýrsko I.	86,160	
Most Nýrsko II.	86,497	
Jez Nýrsko I.	86,682	jez vyhrazen
Most Nýrsko III.	86,891	
Lávka Nýrsko II.	87,117	
Lávka Nýrsko III.	87,566	
Stupeň Nýrsko	87,638	

Název profilu	ř. km TPE	vyhrazení / zahrazení Jez / MVE
Jez Nýrsko II.	87,778	
Lávka Nýrsko IV.	88,244	
Jez Milence I.	88,768	
Jez Milence II.	89,314	
Most Milence	89,493	

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. Hodnoty tohoto parametru byly odhadnuty na základě odborné literatury a dále upřesněny v průběhu kalibrace modelu. Hodnoty byly upraveny tak, aby výpočet pro kalibrační stavy poskytoval výšku hladiny odpovídající naměřeným povodňovým značkám. Prostorové rozložení hodnot součinitele drsnosti bylo zadáváno na základě provedené terénní rekognoskace a s využitím ortofotografií.

Přehledně jsou rozsahy součinitele drsnosti pro jednotlivé typy povrchu uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 5 – Rozsahy součinitele drsnosti pro různé typy povrchu

Charakter území	Manningův drsnostní součinitel n
koryto řeky	0,04 – 0,06
louky, pole	0,06 – 0,10
hustá vegetace	0,11 - 0,14
udržované travnaté plochy (hřiště)	0,045
hladké plochy, silnice	0,03 - 0,04
řídý stromový porost	0,08
zahrady s ploty	0,14 - 0,16

5.2.3 Hodnoty okrajových podmínek

Při hydrotechnických výpočtech byly numerické modely zatěžovány průtoky v souladu s údaji o N-letých průtocích dle ČHMÚ s případným dalším rozčleněním podle dílčích ploch povodí. Použité průtokové stavy uvádí tabulka 6. U přítoků je jako místo změny průtoku uváděno zjednodušeně staničení soutoku, skutečná poloha příslušné části hranice s okrajovou podmínkou však v zadání ve 2D modelu odpovídá reálné situaci.

Tabulka 6 - N-leté povodňové průtoky uvažované při hydraulickém řešení

Název úseku vodního toku / N - leté průtoky Q_N	Úsek toku (ř. km od - do)	Q_5 (m ³ /s)	Q_{20} (m ³ /s)	Q_{100} (m ³ /s)	Q_{500} (m ³ /s)
Bystřice nad Úhlavou - pod Žíznětickým potokem	84,170 – 85,790	26,0	45,3	76,0	118,0
nad Žíznětickým p. – pod Dešenickým potokem	85,790 – 89,315	25,0	44,0	73,0	113,0
nad Dešenickým potokem – Stará Lhota	89,315 – 90,512	23,0	39,0	66,0	108,0

Dolní okrajové podmínky byly převzaty z navazujícího úseku modelovaného ve 2D pro říční km 84,170. Převzaté úrovně hladin jsou uvedeny v tabulce níže.

Tabulka 7 – Hodnoty dolní okrajové podmínky

Dolní okrajová podmínka	ř. km	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀	Poznámka
úroveň hladiny [m n. m.]	84,170	437,87	438,71	438,89	439,07	

Při určování vnitřních okrajových podmínek (hydrotechnické objekty) se vycházelo z výsledků přípravných výpočtů pomocí 1D modelu. U pohyblivých jezů se vycházelo z příslušných manipulačních řádů, při modelovaných povodňových průtocích byly uzávěry vesměs uvažovány již zcela vyhrazené. O způsobu manipulace se zařízením na náhonech nebyly žádné podrobnější informace známy, kanály byly uvažovány jako otevřené se zadáním překážky proudění v místě využití spádu (vodní elektrárny apod.).

Z hlediska řešení soutoků bylo u přítoků postupováno standardním postupem tak, že byl uvažován N-letý stav na Úhlavě nad a pod přítokem. To znamená, že modelované povodňové stavy na Úhlavě neřeší povodně na samotných přítocích (u přítoků nejsou průtoky stejných N-letostí uvažovány). Povodňové stavy na přítocích musí být řešeny samostatně v rámci navazujících studií odtokových poměrů pro dané přítoky.

5.2.4 Hodnoty počátečních podmínek

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

5.2.5 Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat

Nejistoty vyplývající z přesnosti a úplnosti vstupních dat lze vztáhnout k několika zdrojům zahrnujícím geometrická, hydrologická a kalibrační data.

Modelový geometrický popis inundačního území vychází z dat digitálního modelu reliéfu 5. generace, který je možné v současnosti považovat za nejpodrobnější dostupný popis tvaru reliéfu. Nejistoty řešení zde vyplývají z možných nepřesností výškopisu digitálního modelu reliéfu, kdy zhotovitel DMR 5G uvádí úplnou střední chybu výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu. Jakkoli se uvedené chyby jeví poměrně malé, mohou v rámci modelu i relativně významně ovlivnit výsledky řešení, pokud například v plochem území rozhodují o přelíti či nepřelíti terénních hran.

Model DMR5G obecně nezachycuje tvar terénu pod hladinou vody a k modelování koryt vodních toků je nutné vycházet z dat pozemních geodetických měření, poskytovaných obvykle v podobě sad příčných profilů. Přesnost výškopisu jednotlivých měřičských bodů je z hlediska přesnosti u klasických měřičských prací dostatečná, zdroje nejistot potenciálně vznikají z přílišné schematizace při idealizaci tvaru příčného profilu geodetem a na základě nedostatečné hustoty příčných profilů, nepostizení bathymetrie malých méně významných koryt, náhonů a dalších vodních útvarů, apod.

Geometrické podklady poskytnuté objednatelem SOP pro sestavení numerického modelu proudění vody byly pro daný účel zpracování návrhu ZÚ a následně map povodňového nebezpečí a povodňových rizik postačující. Použití výsledků pro jiné účely (zejména návrhy protipovodňových opatření a další činnosti opírající se o konkrétní úroveň hladin) by vyžadovalo cílené upřesnění vstupních podkladů a samotného výpočetního modelu v zájmových oblastech.

Zdrojem nejistot jsou dále hydrologická data, která jsou podkladem pro zadávání modelových situací řešených numerickým modelem. Zde použité hydrologická data spadají do tříd I. a II., pro které se uvádí procentuální vyjádření odhadu střední kvadratické chyby velikostí průtoků hodnotami 15 % a 30 %.

Nejistoty související s odhadem charakteristik drsnosti lze omezit za předpokladu existence kalibračních dat, jejichž kvalita souvisí s přesností a podrobností určení kulminačních průtoků historických povodní i samotných povodňových značek. V daném případě byly pro účely kalibrace k dispozici povodňové značky povodně 2002,

kteří však s ohledem na jejich malou četnost a dílčí nesoulad s dalšími informacemi představovaly pro kalibraci poměrně nejistý podklad.

5.3 Popis kalibrace modelu

Numerické modely byly kalibrovány s využitím povodňových značek povodně ze srpna 2002, které poskytli objednatel ze svých archivních materiálů.

Informace o kulminačních průtocích povodně 2002 byly čerpány z výsledné zprávy o projektu Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002. Na celém řešeném toku Úhlavy byly bohužel k dispozici jen tři údaje o vyhodnoceném kulminačním průtoku, a to v profilu LGS Štěnovice ($398 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$), v profilu LGS Klatovy - Tajanov ($159 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$) a pod VD Nýrsko ($50 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$). Průtoky v mezilehlých profilech a pod významnějšími přítoky bylo možno pouze odhadnout na základě interpolace s přihlédnutím k dílčím plochám povodí.

Modelované území bylo na základě mapových podkladů, leteckých snímků a terénního průzkumu rozděleno na dílčí podoblasti, charakterizované různými typy povrchu a charakteristikami drsnosti. Celkem bylo použito v jednotlivých modelech vždy 10 až 15 charakteristických typů povrchu. Vhodnost zvolených součinitelů drsnosti byla ověřena pomocí simulace povodně s kulminačním průtokem odpovídajícím svou velikostí kulminačnímu průtoku povodně v roce 2002 a následného porovnání výsledků s dostupnými údaji o povodňových značkách.

Vyhodnocené difference mezi vypočtenou a pozorovanou polohou hladiny v řešeném úseku pro takto určený průtokový stav jsou uvedeny v tabulce 7.

Tabulka 7 - Kalibrace modelu

Lokalita	Název	Staničení	Umístění značky	značka	výpočet	rozdíl
		ř. km TPE		[m n.m.]	[m n.m.]	[m]
Bystřice nad Úhlavou	UHL_L_043	84,556	100 m pod lávkou na LB	440,47	440,77	0,30
Nýrsko	UHL_P_056	86,630	50 m pod pohyblivým jezem na PB	454,22	453,29	vyřazena
Nýrsko	UHL_P_042	86,660	30 m pod jezem na stromě	454,63	453,31	vyřazena
Nýrsko	UHL_L_041	86,727	25 m nad jezem na stromě na LB	455,71	454,78	vyřazena
Nýrsko	UHL_P_040	87,571	na domku MVE na kanále	460,63	460,65	0,02
Nýrsko	UHL_L_058	87,810	20 m nad jezem pod LB hrázkou	463,49	463,36	-0,13
Nýrsko	UHL_L_039	87,788	10 m nad jezem na LB hrázce	464,17	463,00	vyřazena
Milence	UHL_L_038	89,441	na LB 70 m pod mostem	476,73	476,81	0,08
Milence	UHL_P_037	89,498	na PB 5 m nad mostem	477,04	477,07	0,03

U některých značek jsou patrné významné rozdíly mezi vypočtenými hodnotami a výškou povodňové značky. Tyto rozdíly byly zjištěny již v rámci předchozí SOP z roku 2008 [2] a novými výpočty v rámci SOP [1] byly pro tytéž povodňové značky znovu potvrzeny. Úroveň těchto značek nebylo ve výpočtech možné dosáhnout jakoukoli fyzikálně zdůvodnitelnou volbou parametrů modelu (drsností) a to ani v jednorozměrném, ani dvourozměrném modelu. Na základě zhodnocení a rozboru celkového průběhu hladiny v podélném profilu a případných doplňkových informací bylo přistoupeno obdobně jako v předchozí studii k jejich vyřazení.

Jednalo se o relativně vysoký počet značek (4 značky) v oblasti Nýrska, které vykazují vysoké odchylky kolem 1 metru, přičemž většina jich je lokalizována přímo v Nýrsku. Vzhledem k uvedenému byly při zpracování studie roce 2008 provedeny konzultace s pracovníky MÚ Nýrsko, kteří se osobně účastnili záchranných akcí při povodni

2002 a to po celou dobu povodně i v nočních hodinách. Z těchto konzultací vyplynulo, že uváděné úrovně tří značek v okolí jezu Nýrsko jsou v rozporu s očitým pozorováním v průběhu povodně, kdy přes vážné obavy ve skutečnosti nedošlo k vyběžení vody z koryta nad či pod jezem a k proudění vody v souběžných komunikacích (k čemuž by při platnosti daných značek nutně muselo dojít). Připravená protipovodňová opatření (pytle s pískem) zde ani nebylo nutné instalovat (s výjimkou lokální prohlubně u jezu na levém břehu). S přihlédnutím k výše uvedenému nebyly dotčené značky při hodnocení kalibrace, obdobně jako ve studiích [1], [2] a [3] dále uvažovány.

Výsledky kalibračních výpočtů lze s přihlédnutím k výše uvedenému považovat za vyhovující.

6 Výsledky

6.1 Výstupy z hydrodynamických modelů

Výstupem z 2D hydrodynamického modelu jsou hydraulické charakteristiky proudění modelovaných průtokových scénářů spočítané v síti výpočetních buněk. Výstupy zpracované postprocesorem modelu představují georeferencovanou rastrovou mapu v požadovaném měřítku a formátu. Obsahují kromě základní informace o rozsahu záplavy i detailní informace o rozložení charakteristik proudění vody v zájmovém území. Tyto mapy znázorňují prostorové rozložení jednotlivých hydraulických veličin získaných jako výstupy dvourozměrného numerického modelování a umožňují širší využití získaných informací.

Obvyklá sestava grafického vyhodnocení simulačních výsledků zahrnuje následující přehledné tematické mapy charakteristik proudění:

- úrovně hladiny vody,
- hloubky vody,
- průměrné svislicové rychlosti proudění.

Pro sestavení map povodňového nebezpečí jsou základním výstupem z hydraulických modelů mapa hloubek a mapa rychlostí.

K interpretaci výsledků je zapotřebí zásadně přistupovat s ohledem na rozlišení modelu a podrobnost vstupních dat. Typickým příkladem jsou menší kanály a náhony, které nelze ani při zde použitém vysokém rozlišení 2D modelu (rastr 2 x 2 metry) definovat s odpovídající přesností. V těchto případech mohou mít výsledky pouze informativní charakter a vyhodnocení charakteristik proudění se vzhledem k rozlišení modelu může lišit od skutečnosti. Ani vyhodnocení hloubek v rybnících a jiných nádržích nelze považovat za reprezentativní vzhledem k tomu, že digitální model DMR5G obecně nezachycuje tvar terénu pod hladinou vody a k modelování bathymetrie těchto místních vodních útvarů nejsou k dispozici potřebná data.

Výsledky výpočtů (vypočtené úrovně hladin při uvažovaných průtocích) byly rovněž vyhodnoceny přehledně v podobě psaného podélného profilu (tabulka 9). Vyhodnocení výsledků je zde vztaženo k administrativnímu staničení podle dokumentace pro TPE vodního toku Úhlavy dle geodetického zaměření z roku 2004 (viz použité podklady).

Je třeba upozornit na skutečnost, že uváděné výšky hladin v psaném podélném profilu jsou hodnotami platnými pouze pro osu vodního toku. V místech se složitějšími podmínkami proudění mohou být výšky hladin ve větších vzdálenostech od koryta odlišné a pro jejich detailnější hodnocení je proto vhodnější vycházet z výsledků 2D modelování v podobě mapových výstupů.

Tabulka 8 – Psaný podélný profil

Staničení [km]	Úroveň dna [m n. n.]	Q ₅ [m³/s]	H ₅ [m n. n.]	Q ₂₀ [m³/s]	H ₂₀ [m n. n.]	Q ₁₀₀ [m³/s]	H ₁₀₀ [m n. n.]	Q ₅₀₀ [m³/s]	H ₅₀₀ [m n. n.]	Poznámka
84,250	436,92	26,00	438,80	45,30	439,05	76,00	439,28	118,00	439,45	
		LÁVKA BYSTŘICE I.								
84,257	436,92	26,00	438,85	45,30	439,12	76,00	439,39	118,00	439,66	
84,430	437,52	26,00	439,63	45,30	439,94	76,00	440,20	118,00	440,33	P224
84,664	438,72	26,00	440,68	45,30	440,95	76,00	441,33	118,00	441,48	
		MOST BYSTŘICE								
84,674	438,74	26,00	440,73	45,30	440,99	76,00	441,38	118,00	441,69	P3_M84,674
84,833	438,28	26,00	441,63	45,30	441,71	76,00	442,12	118,00	442,29	P225
85,061	440,55	26,00	442,69	45,30	442,83	76,00	443,30	118,00	443,41	
		LÁVKA BYSTŘICE II.								
85,066	440,38	26,00	442,72	45,30	442,97	76,00	443,46	118,00	443,75	P4_L_85,066_Byst
85,239	440,15	26,00	443,49	45,30	443,97	76,00	444,30	118,00	444,45	
		JEZ BYSTŘICE II.								
85,250	444,43	26,00	445,82	45,30	446,07	76,00	446,19	118,00	446,41	
85,254	443,50	26,00	445,83	45,30	446,08	76,00	446,21	118,00	446,42	P5_J_85,254
85,398	444,17	26,00	446,27	45,30	446,58	76,00	446,73	118,00	446,85	P226
85,689	444,98	26,00	447,51	45,30	447,87	76,00	448,11	118,00	448,18	
		MOST NÝRSKO I.								
85,705	444,98	26,00	447,65	45,30	448,11	76,00	448,38	118,00	448,60	
85,839	446,14	25,00	448,51	44,00	448,83	73,00	449,05	113,00	449,08	P227
86,010	447,23	25,00	449,42	44,00	449,82	73,00	450,12	113,00	450,14	P228
86,158	447,75	25,00	450,02	44,00	450,52	73,00	450,89	113,00	450,93	
		LÁVKA NÝRSKO I.								

Staničení [km]	Úroveň dna [m n. n.]	Q ₅ [m³/s]	H ₅ [m n. n.]	Q ₂₀ [m³/s]	H ₂₀ [m n. n.]	Q ₁₀₀ [m³/s]	H ₁₀₀ [m n. n.]	Q ₅₀₀ [m³/s]	H ₅₀₀ [m n. n.]	Poznámka
86,162	447,75	25,00	450,06	44,00	450,60	73,00	451,01	113,00	451,11	
86,250	448,32	25,00	450,56	44,00	451,16	73,00	451,60	113,00	451,66	P229
86,385	448,92	25,00	451,05	44,00	451,71	73,00	452,27	113,00	452,29	P230
86,490	449,50	25,00	451,46	44,00	452,17	73,00	452,81	113,00	452,83	
		MOST NÝRSKO II.								
86,505	449,57	25,00	451,56	44,00	452,32	73,00	453,32	113,00	453,95	
86,549	449,78	25,00	451,79	44,00	452,55	73,00	453,52	113,00	454,08	P231
86,681	450,03	25,00	452,18	44,00	452,94	73,00	453,85	113,00	454,37	
		JEZ NÝRSKO I.								
86,683	452,44	25,00	453,53	44,00	454,30	73,00	454,56	113,00	455,49	
86,784	453,10	25,00	454,14	44,00	454,63	73,00	455,02	113,00	455,63	P232
86,885	453,13	25,00	455,08	44,00	455,63	73,00	456,24	113,00	456,60	
		MOST NÝRSKO III.								
86,897	453,17	25,00	455,15	44,00	455,72	73,00	456,53	113,00	457,35	
87,014	453,81	25,00	455,82	44,00	456,48	73,00	457,26	113,00	457,80	P233
87,112	453,88	25,00	456,41	44,00	457,10	73,00	457,84	113,00	458,27	
		LÁVKA NÝRSKO II.								
87,118	453,88	25,00	456,51	44,00	457,25	73,00	458,07	113,00	458,65	
87,218	455,10	25,00	457,26	44,00	457,97	73,00	458,69	113,00	459,14	P234
87,314	455,24	25,00	457,77	44,00	458,48	73,00	459,14	113,00	459,60	P235
87,474	456,72	25,00	458,59	44,00	459,34	73,00	460,07	113,00	460,58	P236
87,565	456,92	25,00	459,07	44,00	459,77	73,00	460,51	113,00	461,09	
		LÁVKA NÝRSKO III.								
87,568	456,92	25,00	459,12	44,00	459,84	73,00	460,62	113,00	461,25	

Staničení [km]	Úroveň dna [m n. n.]	Q ₅ [m³/s]	H ₅ [m n. n.]	Q ₂₀ [m³/s]	H ₂₀ [m n. n.]	Q ₁₀₀ [m³/s]	H ₁₀₀ [m n. n.]	Q ₅₀₀ [m³/s]	H ₅₀₀ [m n. n.]	Poznámka
87,637	457,68	25,00	459,70	44,00	460,38	73,00	461,09	113,00	461,81	
		STUPEŇ NÝRSKO								
87,639	459,24	25,00	460,35	44,00	460,72	73,00	461,12	113,00	461,89	
87,694	459,03	25,00	460,90	44,00	461,42	73,00	461,99	113,00	462,48	P237
87,775	459,60	25,00	461,41	44,00	462,01	73,00	462,61	113,00	463,07	
		JEZ NÝRSKO II.								
87,779	461,88	25,00	462,87	44,00	463,17	73,00	463,53	113,00	463,88	
88,105	462,71	25,00	464,72	44,00	465,34	73,00	465,87	113,00	466,28	P238
88,237	463,78	25,00	465,53	44,00	466,10	73,00	466,66	113,00	467,10	P6_L_88,237
88,242	463,87	25,00	465,54	44,00	466,09	73,00	466,66	113,00	467,13	
		LÁVKA NÝRSKO IV.								
88,245	463,87	25,00	465,57	44,00	466,13	73,00	466,70	113,00	467,31	
88,429	465,88	25,00	468,02	44,00	468,52	73,00	468,84	113,00	469,07	P239
88,632	467,80	25,00	469,84	44,00	470,36	73,00	470,66	113,00	470,87	P240
88,766	469,18	25,00	470,90	44,00	471,26	73,00	471,53	113,00	471,71	
		JEZ MILENICE I.								
88,777	469,62	25,00	471,37	44,00	471,58	73,00	471,79	113,00	472,08	P7_J88,777
88,993	470,53	25,00	472,71	44,00	472,91	73,00	473,14	113,00	473,36	P241
89,299	472,50	25,00	474,13	44,00	474,63	73,00	475,18	113,00	475,65	
		JEZ MILENICE II.								
89,315	475,01	25,00	476,10	44,00	476,26	73,00	476,40	113,00	476,55	
89,490	475,17	23,00	476,79	39,00	476,87	66,00	477,01	108,00	477,18	
		MOST MILENICE								
89,498	475,02	23,00	476,86	39,00	477,03	66,00	477,18	108,00	477,37	P8_M89,498

Staničení [km]	Úroveň dna [m n. n.]	Q ₅ [m ³ /s]	H ₅ [m n. n.]	Q ₂₀ [m ³ /s]	H ₂₀ [m n. n.]	Q ₁₀₀ [m ³ /s]	H ₁₀₀ [m n. n.]	Q ₅₀₀ [m ³ /s]	H ₅₀₀ [m n. n.]	Poznámka
89,853	476,88	23,00	478,26	39,00	478,31	66,00	478,39	108,00	478,50	P242
90,131	477,85	23,00	479,80	39,00	479,92	66,00	480,07	108,00	480,25	P243
90,484	480,00	23,00	481,80	39,00	481,96	66,00	482,16	108,00	482,39	P244

6.2 Mapy povodňového nebezpečí

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

Tabulka 10 – Dotčené správní území obcí maximálním rozlivem

Kód ORP	Název ORP	Kód ICOB	Název obce
06579	Klatovy	556041	Dešenice
		556831	Nýrsko

Mapy povodňového nebezpečí zobrazují rozsah zaplaveného území, hloubky a rychlosti proudění.

Záplavové čáry byly vyneseny na podkladě rastrové Základní mapy ČR v měřítku 1:10 000. Vzhledem k použití 2D hydraulického modelu vychází zakreslení záplavových čar z vypočtených hydraulických charakteristik v rámci výpočetní sítě, a to pro jednotlivé průtokové scénáře. Nepřesnost tak vychází především z úrovně detailu a způsobu schematizace výpočetní sítě a zejména pak vlastní nepřesnosti digitálního modelu terénu vytvořeného primárně na podkladě mračna bodů z leteckého laserového snímkování.

Hloubka byla vypočtena jako rozdíl digitálního modelu hladiny a digitálního modelu terénu. Výsledkem je potom rastr hloubek o velikosti pixelu 2 m x 2 m. Mapa hloubek se následně ořízla záplavovou čarou pro daný scénář.

Informace o rychlosti proudění vody v korytě a v inundačním území u dvourozměrného modelu jsou známy ve všech výpočetních bodech.

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

6.3 Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů

Teoretické výstupy získané pomocí numerického modelu jsou obecně zatíženy nejistotami, které souvisejí s přijatými předpoklady a zjednodušeními, s metodou řešení a zejména s přesností vstupních dat. Při interpretaci výsledků je tedy třeba brát tyto nejistoty v úvahu, zejména tehdy, kdy neexistují dostatečné kalibrační podklady a model není možné spolehlivě kalibrovat.

Řešení ovlivňuje například již přesnost digitálního modelu terénu a dále přijatá modelová aproximace, přesnost hydrologických dat, nejistoty v určení povodňových značek, kulminačních průtoků historických povodní a dalších vstupních dat, tak jak byly podrobněji diskutovány v kapitolách 5.2.5 a 6.1.

Další nejistoty ve stanovení polohy hladiny vyplývají z nahodilosti jevů, které při průchodu povodně nastávají. Předmětem řešení není posouzení bezpečnosti existujících vodních děl a modelování průtokových stavů souvisejících s jejich poruchami. Numerické řešení neuvažuje dynamické vlivy proudění, předpokládá se volný průtok mostními objekty, které mohou být při povodni zaneseny plávim apod. Zejména v souvislosti s případným omezením průtočnosti objektů na toku částečným či úplným ucpáním, resp. v souvislosti s porušením hrází a jiných objektů, mohou hladiny dosáhnout vyšších úrovní, než ukazují výsledky teoretických výpočtů.

Vyhodnocené charakteristiky proudění je třeba chápat jako průměrné hodnoty při daném simulovaném kulminačním stavu. To znamená, že nelze vyloučit lokální překročení vyčíslených hodnot (zejména hloubek nebo rychlostí) například v důsledku lokálních depresí, lokálních koncentrací proudu a obdobných geometrických detailů či jevů pod hranicí rozlišení modelu, či v důsledku některých dalších modelem nepostižitelných jevů (třírozměrné efekty proudění v místech hydrotechnických objektů, při obtékání hran překážek, při omezení průtočnosti objektů, nestacionární jevy při plnění inundačního území, při destrukci lokálních překážek, plotů apod.).

Vyhodnocené úrovně hladiny a záplavové čáry se týkají přímé záplavy od toku Úhlavy, další rozlivy vznikající v zájmové oblasti na ostatních přirozených tocích (přítoky) a umělých vodotečích (náhonech a rybnících) nejsou předmětem detailního řešení. U náhonů s možností nátoky vody je třeba počítat s tím, že při povodňových situacích může po vyčerpání jejich kapacity docházet k vyběžení vody a k zaplavení terénu bez přímé souvislosti se zde vyhodnocenými hladinami v korytě a inundačním území Úhlavy. Skutečný rozsah záplavy zde bude

záviset na konkrétních průtokových a kapacitních podmínkách dané vodoteče. Stejně nejistoty a závěry platí i pro teoreticky možné přelítí hrází některých rybníků, které se při vysokých povodňových stavech stávají součástí záplavy.

Výsledky výpočtů jsou využitelné především pro primární účel studie – vymezení záplavového území a zpracování map povodňového nebezpečí a povodňových rizik. Použití výsledků pro jiné účely (zejména návrhy protipovodňových opatření a další činnosti opírající se o konkrétní úrovně hladin) není vhodné bez dalšího doplnění a upřesnění vstupních podkladů a samotného výpočetního modelu v rozsahu zájmových lokalit.