

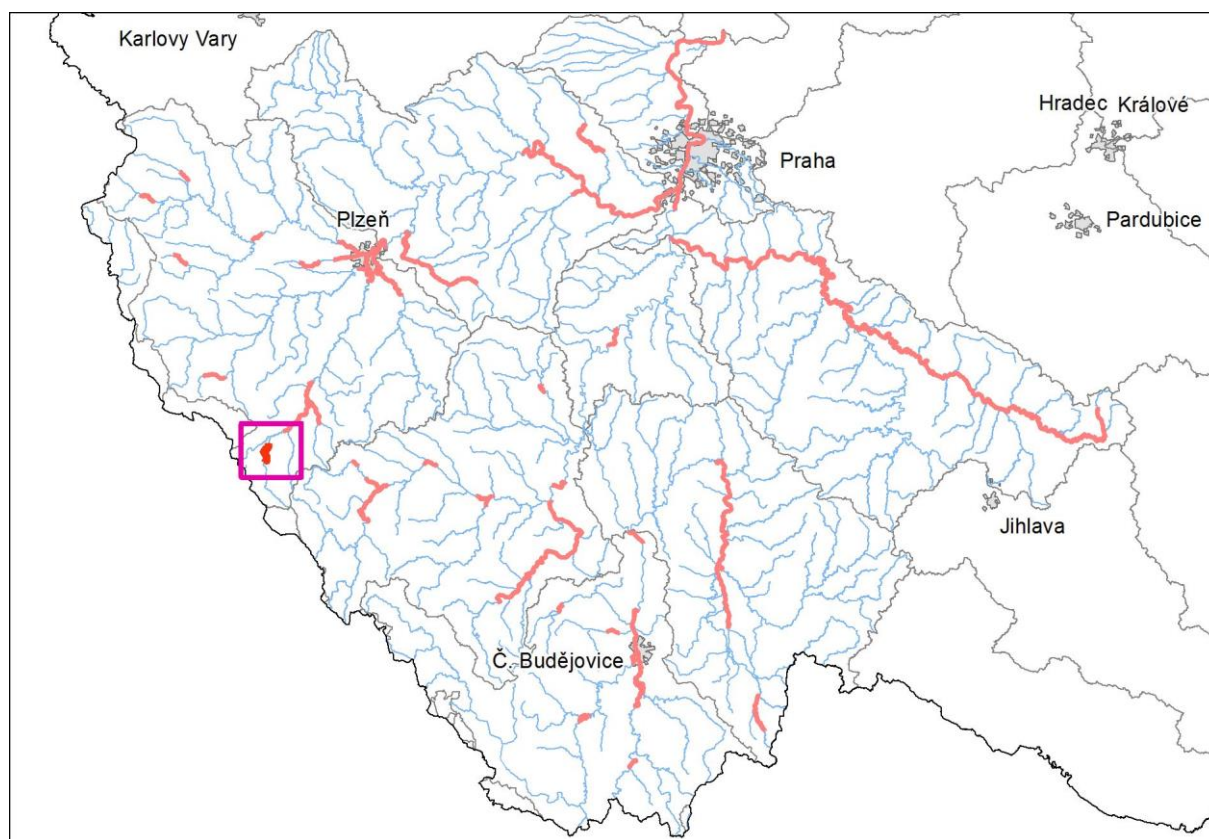


TVORBA MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK PRO OBLASTI POVODÍ HORNÍ VLTAVY, BEROUNKY A DOLNÍ VLTAVY

DÍLČÍ POVODÍ BEROUNKY

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

ÚHLAVA - 10100025_4 - Ř.KM 82 – 88



04. 2013



OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

Pro vodu,
vzduch a přírodu

TVORBA MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK PRO OBLASTI POVODÍ HORNÍ VLTAVY, BEROUNKY A DOLNÍ VLTAVY

DÍLČÍ POVODÍ BEROUNKY

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

ÚHLAVA - 10100025_4 - Ř.KM 82 - 88

Pořizovatel:



Povodí Vltavy, státní podnik
Holečkova 8
Praha 5
150 24

Zhotovitel: sdružení „DHI + HDP“



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:



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



ENVISYSTEM, s.r.o.
U Nikolajky 15/1085
Praha 5
150 00

V Praze, 04. 2013

Obsah:

1	Základní údaje	6
1.1	Seznam zkratk a symbolů	6
1.2	Cíle prací	6
1.3	Předmět práce	6
1.4	Postup zpracování a metoda řešení	6
2	Popis zájmového území	7
2.1	Všeobecné údaje	8
2.2	Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)	8
3	Přehled podkladů	9
3.1	Topologická data	9
3.1.1	Vytvoření (aktualizace) DMT	9
3.1.2	Mapové podklady	9
3.1.3	Geodetické podklady	10
3.2	Hydrologická data	11
3.2.1	Hydrologické poměry a jejich interpretace ve výpočtovém modelu	11
3.3	Místní šetření	11
3.4	Doplňující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura	11
3.5	Normy, zákony, vyhlášky	12
3.6	Vyhodnocení a příprava podkladů	12
4	Popis koncepčního modelu	13
4.1	Schematizace řešeného problému	13
4.2	Posouzení vlivu nestacionarity proudění	13
4.3	Způsob zadávání OP a PP	13
5	Popis numerického modelu	14
5.1	Použité programové vybavení	14
5.2	Vstupní data numerického modelu	14
5.2.1	Morfologie vodního toku a záplavového území	14
5.2.2	Drsnosti hlavního koryta a inundačních území	15
5.2.3	Hodnoty okrajových podmínek	15
5.2.4	Hodnoty počátečních podmínek	16
5.2.5	Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat	16
5.3	Popis kalibrace modelu	16
6	Výstupy z modelu	18
6.1	Záplavové čáry pro průtoky Q ₅ , Q ₂₀ , Q ₁₀₀ a Q ₅₀₀	20
6.2	Hloubky pro průtoky Q ₅ , Q ₂₀ , Q ₁₀₀ a Q ₅₀₀	21
6.3	Rychlosti pro průtoky Q ₅ , Q ₂₀ , Q ₁₀₀ a Q ₅₀₀	21
6.4	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	21

1 Základní údaje

1.1 Seznam zkratek a symbolů

V následující tabulce č.1 jsou abecedně seřazeny všechny zkratky a symboly použité při zpracování části B, Technická zpráva – hydrodynamické modely a mapy povodňového nebezpečí.

Tab. 1.1 Seznam zkratek a symbolů

Zkratka	Vysvětlení
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
DMT	Digitální model terénu
DOP	Dolní okrajová podmínka
DPI	Rozlišení dané počtem bodů na jeden palec (2,5 cm)
IDVT CEVT	Identifikátor vodního toku v Centrální evidenci vodních toků
SOP	Studie odtokových poměrů
TPE	Technickoprovozní evidence vodního toku
ZÚ	Záplavová území
ZM10	Základní mapa 1:10 000

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

Hydraulické výpočty navazují na dříve zpracovanou práci „Návrh na stanovení záplavového území Úhlavy; jez Štěnovice – hráz VD Nýrsko“ (Hydroexpert spol. s r.o., 2008). Výpočty na podkladě aktuálního podrobného modelu terénu a matematického 2D modelu proudění upřesňují rozsah záplavového území, rychlostní pole a rozdělení průtoků do jednotlivých částí území zaplavovaných za povodní.

Kapitola uvádí stručný popis postupu zpracování a popis metody řešení.

- Získání, soustředění a studium dostupných podkladů a jejich doplnění místním šetřením (viz kap. 3).
- Příprava podkladů pro geodetické zaměření a jeho zadání.
- Aktualizace nebo sestavení hydrodynamického modelu.
- Hydraulické výpočty toku včetně objektů a inundačního území.
Výpočty jsou provedeny pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500}
- Výsledky výpočtů jsou prezentovány v podobě map povodňového nebezpečí.

2 Popis zájmového území

Název vodního toku : Úhlava
ID (CEVT) : 10100432_4
Číslo hydrologického pořadí : 1-10-03-0120 (pod Žiznětickým potokem)
Začátek zájmového úseku : souřadnice: -846901.043, -1119801.066
ř. km 82 (dle zadání) ř. km 84,224 (staničení TPE)
(viz kap. 3.6) ř. km 84,214 (staničení 2D modelu)
Konec zájmového úseku : souřadnice: -846047.589, -1115435.987
ř. km 88 (dle zadání) ř. km 90,491 (staničení TPE)
ř. km 90,298 (staničení 2D modelu)
Významné přítoky: ne

Úhlava je řeka na jihozápadě České republiky s prameny na Šumavě. Celková rozloha povodí dosahuje 915,5 km² při délce řeky 108,5 km. Úhlava ústí zleva do řeky Radbuzy.

Místně je možné zájmový úsek přibližně určit územím obcí Bystřice nad Úhlavou, Nýrsko a Stará Lhota.

V zájmovém úseku Úhlavy se nevyskytují významná vodní díla (jezy jsou zmiňovány v kap. 5), ale hydrologický režim povodňových průtoků je silně ovlivňován provozem vodárenské vodní nádrže Nýrsko, která se významně podílí na transformaci povodňových vln v povodí Úhlavy.

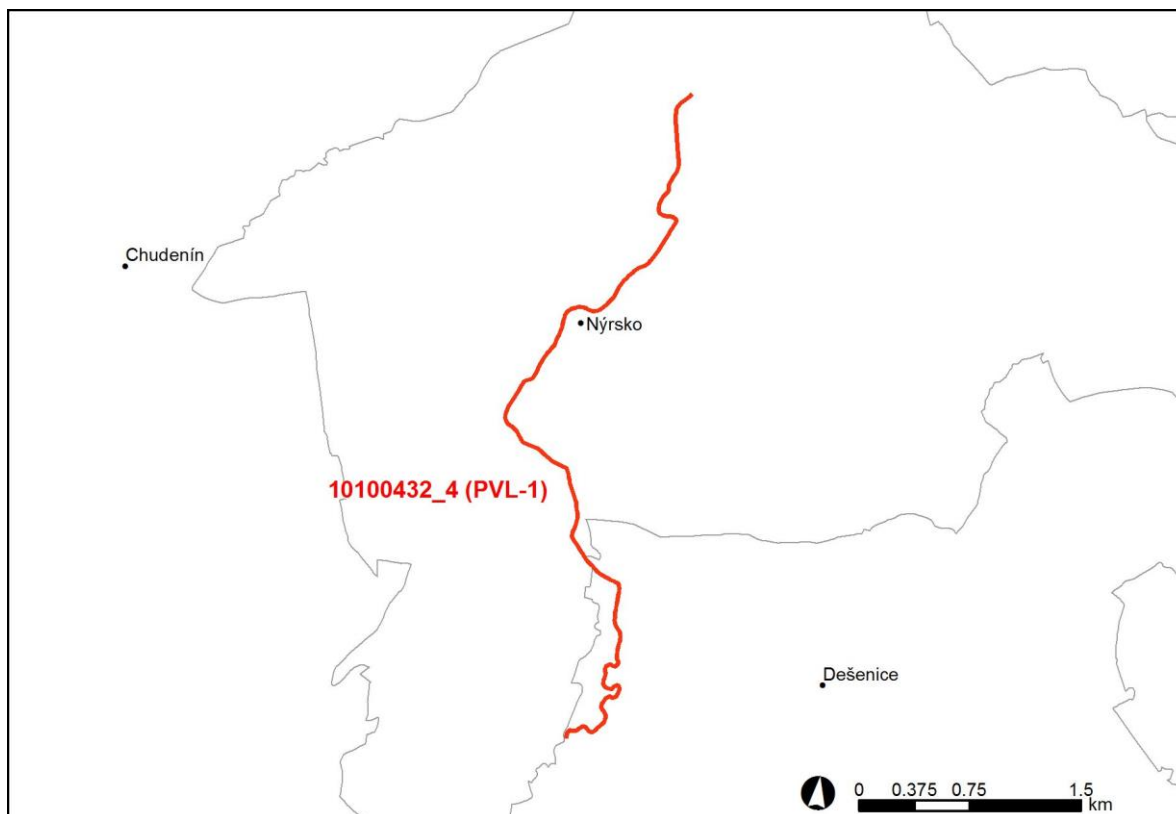
Podklady:

Vrstvu a informace o navržených úsecích s významným povodňovým rizikem vlastní Ministerstvo životního prostředí.

Názvy toků - spravuje VÚV TGM, v.v.i.; IDVT CEVT – spravuje Ministerstvo zemědělství.

Říční kilometráž spravuje Povodí Vltavy, státní podnik.

Obr. 2.1 Přehledná mapa řešeného území



2.1 Všeobecné údaje

Řeka **Úhlava** pramení na Šumavě na západních svazích hory Pancíř v nadmořské výšce 1110 m. Na horním toku má řeka ráz bystřiny s velkým spádem, postupně mohutní, zejména po spojení s potoky Zelenským, Černým a Bílým. Pod Zelenou Lhotou byla vybudována v roce 1969 nádrž Nýrsko, s 36 metry vysokou kamenitou hrází, zásobující pitnou vodou Plzeňsko a Domažlicko; v nádrži je vymezen retenční prostor.

Pod nádrží se údolí rozšiřuje a zmírňuje se podélný sklon, který je korigován nízkými jezy.

2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

Na toku v řešeném úseku byl v měrném profilu Stará Lhota zaznamenan nejvyšší povodňový stav z roku 2002; pro informaci jsou přiloženy i další profily pod zájmovým úsekem:

Tab. 2.1 Největší zaznamenaná povodeň na Úhlavě

LG	ř.km	historické povodně				
		datum kulminace	Q	H	N - let	data k dispozici
		dle nejvýše dosaženého vodního stavu	m ³ /s	cm		
Stará Lhota	91,7	13.08.2002 00	42,4	180	> 20	ano
Klatovy - Tajanov	64,3	13.08.2002 06	159	362	200-500	ano
Štěnovice	12,9	13.08.2002 12	398	513	1000	ano

Stopy po letní povodni r. 2002 podrobně vyhodnotil podnik povodí Vltavy, který pro zpřesnění záplavové čáry vybral klíčová místa, kde následně nechal osadit a geodeticky zaměřit značky velkých vod. Kulminační průtok – odtok z VD Nýrsko byl vyhodnocen pouze hodnotou 50 m³/s, přibližně korespondující s dvacetiletou povodní.

Tab. 2.2 Zaměřené hladiny povodně 2002 Povodím Vltavy, státní podnik; neovlivněné překážkami proudu

Lokalita	Název	Staničení ř.km (TPE)	Přibližné umístění značky	Hladina (m n.m.)
Bystřice nad Úhlavou	UHL_L_043	84,556	100 m pod lávkou	440,47
Nýrsko	UHL_L_058	87,810	20 m nad jezem – pod LB hrázkou	463,49
Milence	UHL_L_038	89,441	70 m pod mostem na LB	476,73
Milence	UHL_P_037	89,498	5 m nad mostem na PB	477,04

Tab. 2.3 Zaměřené hladiny povodně 2002 Povodím Vltavy, státní podnik; ovlivněné například zachyceným splávím na lávce, pozdním vyhrazením jezu apod. dle Zprávy o povodni (2002)

Lokalita	Název	Staničení ř.km (TPE)	Přibližné umístění značky	Hladina (m n.m.)
Nýrsko	UHL_P_056	86,630	50 m pod jezem	454,22
Nýrsko	UHL_P_042	86,660	30 m pod jezem (na stromě)	454,63
Nýrsko	UHL_L_041	86,727	25 m nad jezem (na stromě)	455,71
Nýrsko	UHL_P_040	87,571	MVE na náhonu	460,63
Nýrsko	UHL_L_039	87,788	10 m nad jezem – na LB hrázce	464,17

Je zřejmé, že na základě těchto sporadických údajů nelze přistoupit k podrobné kalibraci modelu, nicméně pro informativní ověření věrohodnosti výsledků výpočtů je možné (viz kap 5.3) alespoň „bodové“ ověření v zaznamenaných profilech dle tabulky 2.2.

3 Přehled podkladů

Ke zpracování hydrodynamického modelu byl využit *Digitální model reliéfu ČR 5. generace* (DMR 5G) (Výškopisná data DMR 5G, copyright ČÚZK, MO ČR, MZe ČR, 2012), doplněný o geodetické zaměření objektů a příčných profilů koryta, dále letecké snímkování a mapové podklady spolu s místním šetřením. Hydrologická data povodňových průtoků vypracoval ČHMÚ, zpracované studie a archivní data o průchodu povodní poskytl správce Povodí Vltavy.

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

Pro vytvoření modelu terénu 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 [*Technická zpráva k digitálnímu modelu reliéfu 5. generace* (DMR 5G), Zeměměřický úřad, 2012].

DMR 5G byl zpřesněn o 3D křivky hladiny, břehů, objektů a popř. další potřebné hrany popisující břehy a přilehlé území ve vzdálenosti 10 m od břehové hrany. Výsledné 3D křivky definují směrové a výškové vedení hran v okolí toku, přičemž výškové vedení zejména v zakrytých prostorech vegetací navazuje na geodetické zaměření příčných profilů. Dno Úhlavy bylo modelováno pomocí lineární interpolace zaměřených příčných profilů s akceptováním směrového vedení toku. Výsledný digitální model terénu zájmového území Úhlavy byl sestaven z výše zmíněných částí.

Použité softwarové prostředky:

ArcGIS, Esri
Autocad Civil 3D 2011, Autodesk
Surface water modeling system (SMS) s modelem FESWMS Flo2DH, v. 9.2

Používaný formát vstupních dat

textový soubor XYZ (DMR 5G)
3D křivka DWG (hrany koryta, dna a objekty)

Formát výsledného DMT (rozlíšení):

nepravidelná trojúhelníková resp. čtyřúhelníková síť (vytvořená programem SMS) s rozlišením $500 \div 20\,000$ bodů (uzlů) / 1 km^2 v závislosti na členitosti terénu a lokalizaci objektů na toku, průměrně 60 000 bodů (uzlů) na 1 km vodního toku.

Polohopisný a výškový systém:

souřadnicový systém: JTSK
výškový systém: Balt p.v.

3.1.2 Mapové podklady

Pro získání základních informací o zájmovém území, jeho geologických poměrech i historickém kontextu využití území byly použity následující mapové podklady.

Základní vodohospodářská mapa 1:50 000

Státní mapové dílo pro oblast vodního hospodářství.
zdroj: VÚV T.G.M., v.v.i. ve spolupráci se Zeměměřickým úřadem
datum zpracování: 1989

měřítko: 1 : 50 000

Geologická a hydrogeologická mapa 1 : 50 000

Mapy znázorňující geologickou stavbu i stavbu zemské kůry a informace o typu, charakteru a geometrii hydrogeologického prostředí.

zdroj: Česká geologická služba

datum zpracování: 1998

měřítko: 1 : 50 000

Základní mapa ČR 1:10 000

Základní státní mapové dílo obsahující polohopis (sídla, objekty, komunikace, vodstvo, porost, povrch půdy, atd.), výškopis (vrstevnice a terénní stupně) a popis.

zdroj: Zeměměřický úřad

datum zpracování: aktualizace 2009

měřítko: 1 : 10 000

Ortofoto České republiky

Sada periodicky aktualizovaných barevných ortofot v rozměrech a kladu mapových listů Státní mapy 1:5 000 .

zdroj: Zeměměřický úřad

datum zpracování: aktualizace 2011

měřítko: 1 : 5 000

Historické mapy I. a II. vojenského mapování, Stablní katastr

I. vojenské mapování – josefské: 1764-1768 a 1780-1783 (rektifikace), měř.: 1 : 28 800

II. vojenské mapování – Františkovo: 1836-1852, měř.: 1 : 28 800

Stablní katastr: 1826-1843, měř.: 1 : 2 880

zdroj: Laboratoř geoinformatiky UJEP – <http://oldmaps.geolab.cz>; Ústřední archiv zeměměřictví a katastru

3.1.3 Geodetické podklady

Základním podkladem je Digitální model reliéfu ČR 5. generace (DMR 5G), doplněný o geodetické zaměření objektů a příčných profilů koryta, poskytnutý Povodím Vltavy, státní podnik.

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

datum pořízení: aktualizace 2012

výškový systém: Balt p.v.

souřadnicový systém: JTSK

pořizovatel zaměření: Zeměměřický úřad

Geodetické zaměření příčných profilů (pro modelaci dna koryta) a objektů

datum pořízení: 2013

výškový systém: Balt p.v.

souřadnicový systém: JTSK

příčné profily v úseku Úhlavy, ř.km 84,2 – 90,5

pořizovatel zaměření: Povodí Vltavy, státní podnik, Geodis Brno, spol. s r.o.

Dalším výškopisným podkladem byla Technickoprovozní evidence vodního toku z roku 2011.

3.2 Hydrologická data

Hydrologická data vypracoval ČHMÚ v roce 2012.

Název vodního toku : Úhlava
ID (CEVT) : 10 100 432_4

hydrologický profil: Úhlava – pod Žiznětickým potokem ř. km: 85,79
číslo hydrologického pořadí: 1-10-03-0120
plocha povodí: 109,91 km²

Tab. 3.1 Úhlava - N-leté průtoky (Q_N) v m³.s⁻¹

Hydrologický profil	Datum porřízení	Říční kilometr	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀	Třída přesnosti
Úhlava – pod Žiznětickým potokem	2012	85,79	26,0	45,3	75,7	116	II. ¹⁾

¹⁾ třída přesnosti II. – střední kvadratická chyba pro h. údaje :
Q₁ až Q₁₀ 20 %
Q₂₀ až Q₁₀₀ 30 %

3.2.1. Hydrologické poměry a jejich interpretace ve výpočtovém modelu

Pro zpracování studie byly použity základní hydrologické údaje ČHMÚ pro profil „pod Žiznětickým potokem“ pro celý zájmový úsek od ř.km 84,224 do ř.km 91,491. Toto zjednodušení lze akceptovat, neboť v tomto úseku ústí do Úhlavy pouze dva potoky – Žiznětický a Dešenický s plochou povodí 13 a 7 km². Zvýšení průtoku v Úhlavě těmito přítoky s řádově odlišnými délkami dílčích povodí a tím i dob koncentrace – vzhledem k třídě přesnosti hydrologických dat (chyba 20-30 %) – je zcela zanedbatelné.

3.3 Místní šetření

Terénní průzkum a místní šetření spojené s pořízením fotodokumentace území a objektů proběhlo v letech 2012 a 2013.

fotodokumentace

fotodokumentace zájmového území, Hydroprojekt, 2012
fotodokumentace objektů na toku, TPE, Geomining, 2011

terénní šetření a konzultace

rekognoskace terénu, Envisystem, 2013

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

Pro řešení úsek předal správce Povodí Vltavy další podklady – zpracované studie a archivní údaje o povodňových situacích.

TPE – Technickoprovozní evidence vodního toku

Situace, podélný profil, příčné a údolní profily, objekty.
zpracovatel: Geomining, a.s.
datum zpracování: 2011

Návrh na stanovení záplavového území Úhlavy; jez Štěnovice – hráz VD Nýrsko

Záplavové čáry a charakteristiky proudění (Q₅, Q₂₀, Q₁₀₀), příčné profily, psaný podélný profil.
zpracovatel: Hydroexpert spol. s r.o.

datum zpracování: 2008

údaje o historických povodních :

Souhrnná zpráva o povodni v srpnu 2002 za Povodí Vltavy, státní podnik, 2003

Literatura :

Brázdil, R. a kol. 2005. Historické a současné povodně v České republice. Masarykova univerzita v Brně, Český hydrometeorologický ústav v Praze.

Mays, L.,W. 1999. Hydraulic Design Handbook, New York: McGraw–Hill, 1024 pp.

3.5 Normy, zákony, vyhlášky

Postupy zpracování jsou v souladu s následujícími dokumenty v jejich platném znění :

- [1] ČSN 75 0110 Vodní hospodářství – Terminologie hydrologie a hydroekologie.
- [2] ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod.
- [3] TNV 75 2102 Úpravy potoků.
- [4] TNV 75 2103 Úpravy řek.
- [5] ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže.
- [6] TNV 75 2415 Suché nádrže.
- [7] TNV 75 2910 Manipulační řady vodních děl na vodních tocích.
- [8] TNV 75 2931 Povodňové plány.
- [9] Zákon č. 240/2000 Sb. o krizovém řízení a změně některých zákonů (krizový zákon).
- [10] Nařízení vlády č. 462/2000 Sb., k provedení §27 odst. 8 a §28 odst. 5 zákona č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon).
- [11] Vyhláška MŽP 236/2002 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území.
- [12] Vyhláška č. 178/2012 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků.
- [13] Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny ve znění pozdějších předpisů.
- [14] Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách (vodní zákon) ve znění pozdějších předpisů.
- [15] Nařízení vlády ČR č. 100/1999 Sb., o ochraně před povodněmi.
- [16] Vyhláška č. 590/2002 o technických požadavcích pro vodní díla.

3.6 Vyhodnocení a příprava podkladů

Poskytnuté údaje dostatečně popisují zájmový úsek Úhlavy s přilehlým záplavovým územím, přesnost modelu terénu je pro účely matematického modelování proudění dostatečná. Říční kilometráž byla nastavena ve výchozím počátečním bodu definovaným souřadnicemi a blízkým říčním kilometrem 84,000 dle TPE. Směrem proti proudu pak postupuje kilometráž modelu podle staničení určené aktuálním zaměřením koryta (maximální odchylka od kilometráže TPE dosahuje na zájmovém úseku asi 0,19 km při přibližné délce úseku 6 km) tak, aby říční kilometráž v zájmovém úseku korespondovala s aktualizovaným modelem terénu DMR 5G.

4 Popis koncepčního modelu

Pro hydraulické výpočty je použit matematický 2D model proudění, založený na metodě konečných prvků.

4.1 Schematizace řešeného problému

Zájmové území je schematizováno nepravidelnou trojúhelníkovou nebo čtyřúhelníkovou sítí, generovanou programem SMS nad modelem terénu doplněného o hrany koryta a objekty. Ve výpočtech je účelově použito rozlišení $500 \div 20\,000$ bodů (uzlů) na km^2 – v závislosti na členitosti terénu a objektů.

4.2 Posouzení vlivu nestacionarity proudění

Povodňové vlny v zájmovém úseku jsou ovlivňovány provozem nádrže VD Nýrsko, nicméně jejich podrobné vyhodnocení není (vzhledem k omezenému výskytu povodňových situací) k dispozici. Podle vyhodnocení průběhu povodňové vlny na Úhlavě v roce 2002 odpovídal odtok - transformovaný nádrží VD Nýrsko - hodnotě $Q = 50 \text{ m}^3/\text{s}$ a v profilu Stará Lhota byla uvedena hodnota průtoku $42,4 \text{ m}^3/\text{s}$, tedy přibližně dvacetiletý průtok (Povodí Vltavy, státní podnik., 2003).

Vliv nestacionarity proudění byl zanedbán a pro hydraulické výpočty byl použit model ustáleného nerovnoměrného proudění v souladu s požadavky objednatele.

Údaje N-letých průtoků zpracoval ČHMÚ (viz kap. 3.2) v roce 2012 a to ve třídě přesnosti II. Výpočty je proto nutné vnímat k dané hodnotě průtoku a nikoliv k označení N-letosti výskytu, ačkoliv je v této práci takové označení formálně uváděno.

Vliv časového průběhu zaplavování terénních depresí (lokalita Pod Mezí, ř.km 85,6) průsaky násypem komunikace nebo propustky je zanedbán a prostor je přiřazen k záplavovému území. Vystavené hladiny v depresích pak korespondují s hladinou záplavového území.

4.3 Způsob zadávání OP a PP

Modelové výpočty ustáleného nerovnoměrného proudění vyžadují zadání okrajové podmínky v dolním výpočtovém profilu formou hodnot úrovně hladin a průtoků; další okrajové podmínky nebo počáteční podmínky model nevyžaduje.

5 Popis numerického modelu

5.1 Použité programové vybavení

Pro hydraulické výpočty je použit matematický 2D model proudění, založený na metodě konečných prvků, který řeší průměrné svislicové rychlosti v nepravidelné síti bodů. Výstupem z modelu jsou vektory svislicových rychlostí, hloubky a hladiny v jednotlivých bodech, které se následně přebírají pro modelová hodnocení povodňového nebezpečí a rizik.

Tab. 5.1 Použitý matematický 2D model proudění

Autor	David C. Froehlich
Název	FESWMS Flo2DH, v. 9.2 <i>Two-dimensional Depth-averaged Flow and Sediment Transport model</i>
Organizace	University of Kentucky Research Foundation 211 Kinkead Hall; Lexington, Kentucky 40506-0057
Uživatelský manuál	U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration; FHWA-RD-03-053 (2002)

5.2 Vstupní data numerického modelu

Numerický model proudění je definován nad digitálním modelem terénu (v síti bodů) s hranami koryta a objekty, kde jsou jednotlivým plochám – v závislosti nad jejich charakterem a využití – přiřazeny součinitele drsnosti. Hodnoty Manningova součinitele drsnosti pro jednotlivé dílčí plochy byly stanoveny na základě mapových podkladů, fotodokumentace a rekognoskace terénu.

Hydrologická data se přebírají z údajů ČHMÚ (viz kap. 3.2) jako okrajová podmínka výpočtu. V dolním výpočtovém profilu je okrajová podmínka úrovně hladin stanovena výpočtem nerovnoměrného proudění od profilu pevného kamenného jezu Bystřice v ř.km 83,7.

5.2.1 Morfologie vodního toku a záplavového území

V zájmovém úseku vytvořila Úhlava koryto ve vlastních štěrkových až kamenitých náplavech. Šířka koryta v březích se pohybuje v rozpětí 7–30 m, šířka ploché údolní nivy dosahuje 100 až 900 m. Kapacita koryta dosahuje přibližně průtoku asi pětileté až dvacetileté vody, v intravilánu až stoleté.

Rozsah záplavového území je předurčen morfologií údolí s plochou nivou, kdy rozsah rozlivů po překročení kapacity lokálně ohrázaného koryta se již výrazně nemění. Hloubky v korytě obvykle dosahují za průchodu povodňového průtoku Q_{500} hodnot 3–4 m, ale vzájemné rozdíly mezi úrovní příslušných hladin průtoků Q_{20} a Q_{500} se pohybují přibližně v pásmu do jednoho metru. Charakter proudění mimo spádové stupně odpovídá říčnímu režimu, průběhy hladin povodňových průtoků jsou ovlivňovány nejen jezy, ale také jednotlivými mosty nebo lávkami, jejichž vliv se s nárůstem průtoků zvýrazňuje. V plochém území mezi obcí Nýrsko a Bystřice n.Ú. je hranice výpočtového modelu levobřežního záplavového území vedena souběžně s hranicí zástavby a přibližně rozvodnicí mezi Úhlavou a jejím přítokem Chodskou Úhlavou.

Jezy a stupně v zájmovém území (ř.km dle TPE a matematického 2D modelu):

označení - TPE	ř.km - TPE	ř.km - mat. 2D model	popis
jez Bystřice II.	85,243	85,211	stavidlový
jez Nýrsko I.	86,682	86,621	stavidlový
stupeň Nýrsko	87,638	87,561	práh ve dně
jez Nýrsko II.	87,778	87,700	pevný
jez Milence I.	88,768	88,678	balvanitý, pobožený
jez Milence II.	89,314	89,213	pevný s nástavky

Mosty a lávky v zájmovém území (ř.km dle TPE a matematického 2D modelu):

označení - TPE	ř.km - TPE	ř.km - mat. 2D model
lávka Bystřice I.	84,256	84,243
most Bystřice	84,669	84,653
lávka Bystřice II.	85,062	85,038
most Nýrsko I.	85,701	85,652
lávka Nýrsko I.	86,160	86,107
most Nýrsko II.	86,497	86,438
most Nýrsko III.	86,891	86,830
lávka Nýrsko II.	87,117	87,051
lávka Nýrsko III.	87,566	87,489
lávka Nýrsko IV.	88,244	88,155
most Milence	89,493	89,372

Výpočet je proveden za předpokladu zachování volného průtočného profilu mostů a také modelového geometrického tvaru ochranných hrázek podél koryta, bez uvažování jejich potenciálního porušení. Rovněž se předpokládá – díky retenčnímu účinku VD Nýrsko a výrazné transformaci povodňové vlny - včasná manipulace s pohyblivými uzávěry jezů a preventivní nasazení techniky k odstraňování splávů na objektech v korytě.

5.2.2 Drsnosti hlavního koryta a inundačních území

Koryto Úhlavy je zahlobbeno ve vlastních štěrkových až kamenitých náplavech, na březích se vyskytují vzrostlé stromy, navazující pozemky inundačního území jsou zemědělsky využívány převážně jako pole a pastviny, zatímco zástavba v údolní nivě je jen sporadická s výjimkou koryta v Nýrsku, kde protíná vlastní město.

Odhad drsnosti dna koryta vychází z archivních křivek zrnitosti zpracovaných ve VÚV TGM (Malíšek A., převzato z Hydroprojekt, 1979), hodnoty drsnosti břehů a navazujících ploch jsou stanoveny z tabulkových hodnot podle využití území (Mays, 1999) v letním období. Na březích se vyskytují vysoké traviny a vzrostlé stromy, na navazujících plochách převažuje zemědělské obhospodařování – pole a pastviny. Materiál dna koryta je tvořen nesoudržnými zeminami – štěrkem až kameny (zjištěné velikosti středního zrna 10–77 mm; velikost 90% zrna 50–160 mm; hodnoty citovány podle výsledků Malíška, VÚV TGM).

Tab. 5.2 Součinitele drsnosti (podle Mays, 1999)

profil	Popis		Součinitel drsnosti
koryto	dno	hrubý štěrk	0,027 (0,022–0,04)
		balvany	0,050 (0,045–0,06)
	udržované břehy	keře	0,038 – 0,050
		stromy	0,040 – 0,050
		beton	0,02 (0,018 – 0,022)
inundační území	polní plodiny – pro hloubku vody < výška vegetace ¹⁾		0,05 – 0,10
	zralé polní plodiny ¹⁾		0,030 – 0,050
	křoviny a stromy		0,035 – 0,080
	hustě zarostlé plochy – vrby v létě		0,10 – 0,20

Legenda : ¹⁾ pro hloubku vody ≤ 0,5 m – n = 0,055; pro hloubku ≥ 0,5 m – n = 0,045; (mezilehlé hodnoty jsou automaticky programem lineárně interpolovány)

5.2.3 Hodnoty okrajových podmínek

Výchozí hladiny vybraných povodňových průtoků pro 2D model jsou vypočteny jednorozměrným modelem HEC-RAS v úseku pod Bystřickým jezem s nastavenou podmínkou v podjezí rovnoměrného proudění s vyrovnaným podélným sklonem koryta 0,5 %. Takto vypočtené hladiny (pro Q_5 ; Q_{20} ; Q_{100} ; Q_{500}) v profilu ř.km 83,71 určují jediné okrajové podmínky výpočtů hladin pro celý zájmový úsek.

Tab. 5.3 *N-leté povodňové průtoky a hladiny uvažované při hydraulickém řešení 2D modelu*

Úsek název vodního toku / N- leté průtoky Q_N	profil	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}
Úhlava nad Bystřickým jezem	ř.km 83,71	26,0	45,3	75,7	116
hladina [m n.m.]		436,38	436,43	436,46	436,5

5.2.4 Hodnoty počátečních podmínek

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

5.2.5 Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat

Z hlediska potenciálních nejistot a úplnosti vstupních dat lze konstatovat, že geometrická data (model terénu) dostatečně popisují zájmový úsek Úhlavy i s přilehlým záplavovým územím. Nicméně možnost ověření vypočtených průběhů hladin podle záznamů historických povodní je zúžena jen na zaměření hladin letní povodně 2002, s pouze přibližným údajem kulminačního průtoku odpovídajícím maximálnímu odtoku z VD Nýrsko.

5.3 Popis kalibrace modelu

Možnosti kalibrace modelu jsou velmi omezené (viz kap. 2.2). K dispozici jsou zaměřené stopy po letní povodni z roku 2002 (Povodí Vltavy).

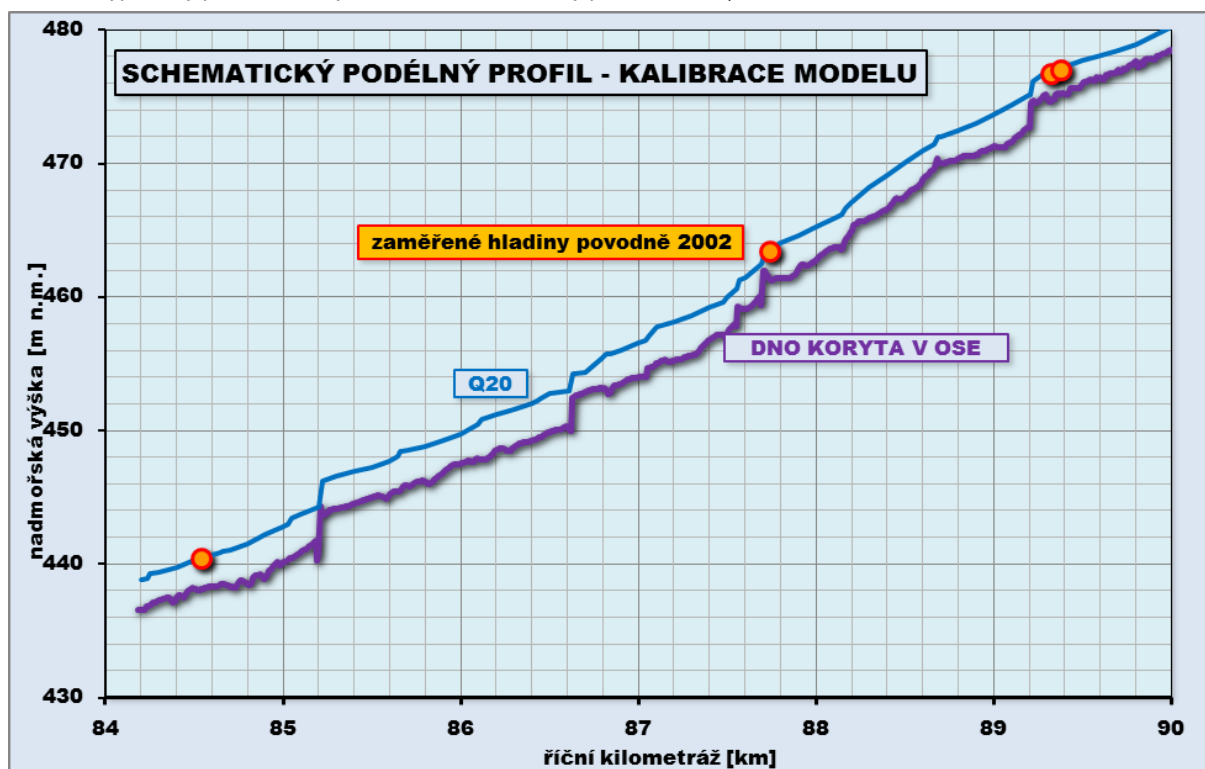
Je zřejmé, že na základě těchto sporadických údajů nelze přistoupit k přímé kalibraci modelu, nicméně pro informativní ověření věrohodnosti výsledků výpočtů je možné alespoň vizuálně porovnat „souběh“ vypočtených hladin (Q_5 ; Q_{100} ; Q_{500}) s trendem úrovně hladin archivního záznamu.

Vypočtený průběh hladin (viz obr. 5.1) pro průtok Q_{20} nevykazuje v podélném profilu systematický nárůst nebo pokles hodnot oproti zaměřeným hodnotám hladiny povodně z roku 2002. Vypočtené průběhy hladin lze tedy považovat za věrohodné a použít model pro další hodnocení.

Tab. 5.4 *Povodeň 2002 – hladiny zaměřené správcem vodního toku a hladina při Q_{20} vypočítaná 2D mat. modelem*

Lokalita	Název	Staničení ř.km		Přibližné umístění značky	Hladina (m n.m.)	
		dle: TPE	model		povodeň	model
Bystřice nad Úhlavou	UHL_L_043	84,556	84,535	100 m pod lávkou	440,47	440,43
Nýrsko	UHL_L_058	87,810	87,740	20 m nad jezem – pod LB hrázkou	463,49	463,20
Milence	UHL_L_038	89,441	89,324	70 m pod mostem na LB	476,73	476,90
Milence	UHL_P_037	89,498	89,375	5 m nad mostem na PB	477,04	477,30

Obr. 5.1 Vypočtený průběh hladiny Q_{20} a zaměřené hladiny povodně 2002)



6 Výstupy z modelu

Výstupem hydraulického modelu je nepravidelná podrobná síť bodů s hodnotami rychlostí, hloubek a hladin (říční kilometráž odpovídá 2D modelu).

Tab. 6.1 Hladiny N-letých průtoků (N-leté průtoky viz tab. 6.2)

ř.km	dno	H ₅ [m n.m.]	H ₂₀ [m n.m.]	H ₁₀₀ [m n.m.]	H ₅₀₀ [m n.m.]
84.200	436.63	438.63	438.83	439.03	439.21
lávka Bystřice I ř.km 84.243	84.233	436.77	438.73	438.94	439.30
	84.253	436.93	439.08	439.31	439.61
84.300	437.23	439.15	439.38	439.57	439.71
84.400	437.41	439.55	439.77	440.00	440.21
84.500	438.14	439.91	440.28	440.55	440.76
84.600	438.30	440.21	440.70	441.05	441.24
most Bystřice I ř.km 84.653	84.643	438.38	440.82	441.26	441.40
	84.663	438.51	440.96	441.52	441.71
84.700	438.31	440.86	441.08	441.67	441.85
84.800	438.49	441.29	441.49	442.14	442.32
84.900	438.92	441.92	442.25	442.69	442.95
85.000	440.12	442.39	442.81	443.27	443.57
lávka Bystřice II ř.km 85,038	85.028	440.25	442.96	443.45	443.75
	85.048	440.37	443.10	444.05	444.25
85.100	440.88	443.31	443.73	444.24	444.44
jez Bystřice II ř.km 85,211	85.200	440.79	443.98	444.62	444.84
	85.221	443.71	446.00	446.45	446.70
85.300	444.11	446.18	446.59	446.81	447.06
85.400	444.48	446.48	446.94	447.23	447.42
85.500	444.96	446.83	447.23	447.42	447.57
85.600	445.22	447.39	447.74	447.81	447.99
most Nýrsko I ř.km 85,652	85.642	445.41	447.54	448.10	448.23
	85.662	445.48	447.65	448.39	448.78
85.700	445.82	447.82	448.49	448.69	448.90
85.800	446.15	448.38	448.77	449.00	449.21
85.900	446.82	449.10	449.26	449.55	449.78
86.000	447.48	449.61	449.72	450.09	450.36
lávka Nýrsko I ř.km 86,107	86.100	447.84	449.98	450.45	451.00
	86.117	447.82	450.14	450.79	451.25
86.200	448.53	450.44	451.20	451.43	451.73
86.300	448.77	450.83	451.55	451.87	452.18
86.400	449.19	451.47	452.08	452.31	453.34

ř.km		dno	H ₅ [m n.m.]	H ₂₀ [m n.m.]	H ₁₀₀ [m n.m.]	H ₅₀₀ [m n.m.]
most Nýrsko II ř.km 86,438	86.428	449.31	451.84	452.20	452.64	453.79
	86.448	449.45	451.93	452.37	452.79	454.07
	86.500	449.85	452.18	452.80	453.47	454.44
	86.600	450.16	452.41	452.99	453.74	454.58
jez Nýrsko I ř.km 86,621	86.611	450.04	452.42	453.00	453.77	454.63
	86.631	452.45	453.71	454.25	454.95	455.65
	86.700	452.86	453.89	454.36	455.01	455.69
	86.800	453.11	454.74	455.44	455.61	457.00
most Nýrsko III ř.km 86,830	86.820	452.93	454.93	455.69	456.06	457.26
	86.840	452.79	454.99	455.75	456.44	457.40
	86.900	453.45	455.72	456.05	456.86	457.65
	87.000	453.95	456.28	456.57	457.38	458.07
lávka Nýrsko II ř.km 87,051	87.041	454.03	456.43	456.71	457.60	458.23
	87.061	454.67	456.70	457.16	458.13	458.50
	87.100	454.98	456.91	457.73	458.41	458.78
	87.200	455.22	457.39	458.12	458.76	459.14
	87.300	455.59	457.85	458.59	459.34	459.75
	87.400	456.80	458.55	459.26	459.92	460.38
lávka Nýrsko III ř.km 87,489	87.479	457.11	458.90	459.65	460.38	460.82
	87.500	457.33	459.22	459.95	460.85	461.07
stupeň Nýrsko ř.km 87,561	87.551	457.79	459.89	460.59	461.15	461.49
	87.571	459.13	460.59	461.27	461.54	461.82
	87.600	459.06	460.82	461.50	461.94	462.33
jez Nýrsko II ř.km 87,700	87.690	459.38	461.90	462.43	462.78	463.01
	87.710	461.93	462.70	463.10	463.38	463.57
	87.800	461.38	463.37	464.04	464.17	464.46
	87.900	462.07	464.15	464.64	464.92	465.25
	88.000	462.73	464.87	465.22	465.62	466.01
	88.100	463.68	465.54	465.87	466.27	466.68
lávka Nýrsko IV ř.km 88,155	88.145	463.48	465.75	466.20	466.63	467.22
	88.165	464.17	466.01	466.65	467.16	467.35
	88.200	465.01	466.48	467.07	467.43	467.76
	88.300	465.88	467.75	468.16	468.50	468.71
	88.400	466.52	468.54	469.10	469.52	469.72
	88.500	467.51	469.26	470.02	470.43	470.54
	88.600	468.75	470.24	470.98	471.10	471.35
jez Milence I ř.km 88,678	88.668	469.53	470.82	471.48	471.61	471.78
	88.688	470.36	471.78	471.97	472.17	472.27
	88.700	469.94	471.87	471.99	472.19	472.30
	88.800	470.32	472.29	472.46	472.64	472.72

ř.km	dno	H ₅ [m n.m.]	H ₂₀ [m n.m.]	H ₁₀₀ [m n.m.]	H ₅₀₀ [m n.m.]
88.900	470.58	472.75	473.05	473.31	473.33
89.000	471.26	473.25	473.66	473.97	474.28
89.100	471.58	473.75	474.43	474.67	474.96
89.200	472.62	474.48	475.16	475.55	475.74
jez Milence II ř.km 89,213	89.203	472.62	474.34	475.14	475.54
	89.223	474.70	476.15	476.19	476.23
89.300	474.90	476.68	476.85	477.00	477.14
most Milence ř.km 89,372	89.362	475.23	476.82	477.07	477.19
	89.382	475.26	477.17	477.25	477.40
89.400	475.19	477.25	477.29	477.33	477.48
89.500	475.94	477.55	477.72	478.03	478.20
89.600	476.42	477.92	478.10	478.15	478.27
89.700	477.03	478.37	478.43	478.48	478.57
89.800	477.63	478.92	478.94	479.04	479.16
89.900	477.69	479.57	479.60	479.75	479.86
90.000	478.41	480.06	480.19	480.37	480.63
90.100	479.07	480.63	480.67	480.86	481.10
90.200	479.73	481.24	481.30	481.42	481.68
90.300	480.17	481.79	481.84	481.98	482.28

Tab. 6.2 Průtoky Úhlavy : N-leté průtoky (Q_N)

Hydrologický profil		N-leté průtoky (Q _N) [m ³ .s ⁻¹]			
ř.km	Název	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀
85,79	Úhlava – pod Žíznětickým potokem	26,0	45,3	75,7	116,0

6.1 Záplavové čáry pro průtoky Q₅, Q₂₀, Q₁₀₀ a Q₅₀₀

Záplavové čáry jsou určovány jako průsečnice hladin příslušných průtoků s terénem modelu. Ve vykreslených mapách byla eliminována ohraničení drobných lokálních vyvýšenin terénu uvnitř zaplaveného území, které jsou nad příslušnou hladinou převýšeny o méně, než činí jedna třetina maximální chyby (0,56 m) pro ornou půdu – tj. asi 0,2 m.

Naopak k vnitřní ploše ohraničené záplavovou čarou Úhlavy byly dodatečně přidruženy i blízké terénní deprese (vně záplavové plochy Úhlavy), kam může voda odvodňovacími kanály, propustky komunikace nebo propustným prostředím násypů prosakovat a prohlubně zaplavit. V levobřežním plochem záplavovém území mezi obcí Nýrsko a Bystřice nad Úhlavou je vykreslena záplavová čára mělkého povrchového proudění podél hranice zástavby a podél idealizované rozvodnice mezi Úhlavou a jejími přítoky (včetně Chodské Úhlavy), zaústěnými až níže pod zájmovým výpočtovým úsekem.

Obce potenciálně dotčené maximálním rozlivem povodňového průtoky Q₅₀₀ :

ORP Nýrsko : Bystřice nad Úhlavou, Nýrsko, Milence, Stará Lhota

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

Hloubky vody příslušných průtoků jsou přímo vypočteny v jednotlivých bodech generované sítě bodů (uzlů). V mapách povodňového nebezpečí jsou pak hloubky znázorňovány jako polygony podle dosažení nebo překročení hodnot 0,5; 1,0 a 1,5 m.

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

Svislicové rychlosti proudění jsou přímo vypočteny v jednotlivých bodech generované sítě bodů (uzlů). V mapách povodňového nebezpečí jsou pak rychlosti vykreslovány jako polygony podle dosažení nebo překročení hodnot 0,5; 1,0 a 1,5 m/s.

6.4 Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů

Nejistoty ve výsledcích výpočtu vyplývají především z přesnosti hydrologických údajů Úhlavy (řazených do II. třídy, tj. se střední chybou ± 20 až 30 %) a nutnou schematizací 2D modelu s omezenou možností kalibrace; dále pak určením drsnosti, která se mění v průběhu roku v závislosti na stavu koryta, vegetace a využívání ploch záplavového území.

K nejistotám také náleží přesnost digitálního modelu terénu na plochách porostlých vegetací, kde potenciální snížená úroveň může lokálně výsledky vychýlit – například při dosažení koruny ochranných hrázek, nebo v plochých rozsáhlých územích.

Výpočty vycházejí z předpokladu zachování volného průtočného profilu mostů a také zachování současného geometrického tvaru koryta i ochranných hrázek – bez uvažování jejich potenciálního porušení. Rovněž se ve výpočtu nepředpokládá pohyb splavenin, výskyt ledových jevů nebo změny ve využití území. Tyto předpoklady však nemusí být vždy splněny a pak může být realita odlišná od výsledku modelových výpočtů.