

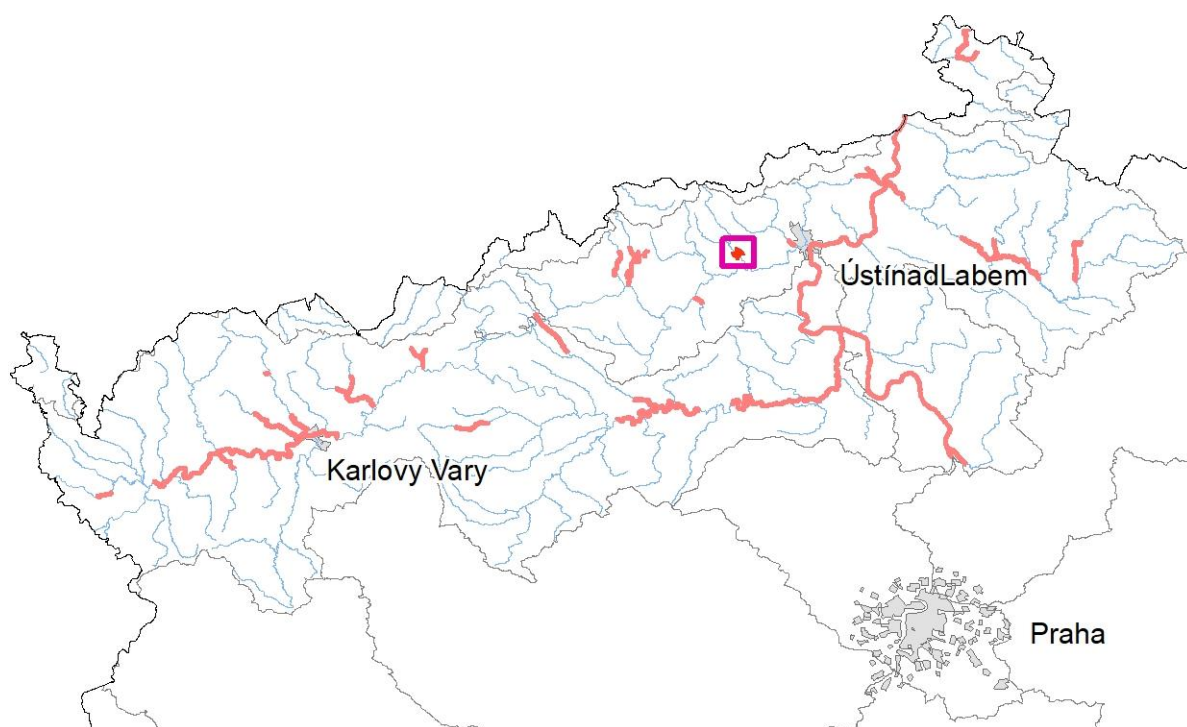


Analýza oblastí s významným povodňovým rizikem v povodí Ohře a podklady k Plánu pro zvládání povodňových rizik v povodí Labe

DÍLČÍ POVODÍ OHŘE, DOLNÍHO LABE A OSTATNÍCH PŘÍTOKŮ LABE

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

BYSTRICE – OHL 11-01 - Ř. KM 2,000 – 3,300



prosinec 2019

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

DÍLČÍ POVODÍ OHŘE, DOLNÍHO LABE A OSTATNÍCH PŘÍTOKŮ LABE

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

BYSTŘICE – OHL 11-01 - Ř. KM 2,000 – 3,300

Pořizovatel:



Povodí Ohře, státní podnik
Bezručova 4219
Chomutov
430 03

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



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



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



HYDROSOFT Veleslavín s.r.o.
U Sadu 13/62
Praha 6
162 00

Řešitel:



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



HYDROSOFIT Veleslavín s.r.o.
U Sadu 13/62
Praha 6
162 00

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)	9
3	Přehled podkladů	10
3.1	Topologická data	10
3.1.1	Vytvoření (aktualizace) DMT	10
3.1.2	Mapové podklady	10
3.1.3	Geodetické podklady	11
3.2	Hydrologická data	11
3.2.1	Hydrologické poměry a jejich interpretace ve výpočtovém modelu	12
Pro zpracování studie byly použity pouze základní hydrologické údaje ČHMÚ.		12
3.3	Místní šetření	12
3.4	Doplňující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura	12
3.5	Normy, zákony, vyhlášky	12
3.6	Vyhodnocení a příprava podkladů	13
4	Popis koncepčního modelu	14
4.1	Schematizace řešeného problému	14
4.2	Posouzení vlivu nestacionarity proudění	14
4.3	Způsob zadávání OP a PP	14
5	Popis numerického modelu	15
5.1	Použité programové vybavení	15
5.2	Vstupní data numerického modelu	15
5.2.1	Morfologie vodního toku a záplavového území	15
5.2.2	Drsnosti hlavního koryta a inundačních území	15
5.2.3	Hodnoty okrajových podmínek	16
5.2.4	Hodnoty počátečních podmínek	16
5.2.5	Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat	16
5.3	Popis kalibrace modelu	17
6	Výsledky	18
6.1	Výstupy z hydrodynamických modelů	18
6.2	Mapy povodňového nebezpečí	21
6.3	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	21

1 Základní údaje

1.1 Seznam zkratk a symbolů

V následující tabulce č. 1.1 jsou abecedně seřazeny všechny zkratky a symboly použité při zpracování části B, Technická zpráva – hydrodynamické modely a mapy povodňového nebezpečí.

Tab. č. 1.1 - Seznam zkratk a symbolů

Zkratka	Vysvětlení
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
DMT	Digitální model terénu
DOP	Dolní okrajová podmínka
DPI	Rozlišení dané počtem bodů na jeden palec (2,54 cm)
DMR 4G	Digitální model reliéfu 4. generace
DMR 5G	Digitální model reliéfu 5. generace
GIS	Geografické informační systémy
IDVT CEVT	Identifikátor vodního toku v Centrální evidenci vodních toků
SOP	Studie odtokových poměrů
LG	Limnigraf
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:

- rozsah záplavového území,
- hloubky vody v záplavovém území,
- rychlosti proudění vody v záplavovém území.

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

Kroky nezbytné k dosažení cíle:

- zajištění 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).

1.3 Postup zpracování a metoda řešení

Postup zpracování a metoda řešení zahrnuje tyto činnosti:

- Získání, soustředění a studium dostupných podkladů a jejich doplnění místním šetřením
- Příprava podkladů pro případné geodetické zaměření a jeho zadání
- Aktualizace nebo sestavení hydrodynamického modelu
- Hydraulické výpočty toku včetně objektů a inundačního území pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500}
- Prezentace v podobě map povodňového nebezpečí.

Výchozím podkladem pro zpracování studie byla data ze „Studie záplavového území toku Bystřice v ř. km 0,00 – 3,90“, provedené v lednu 2006 firmou Envisystem s.r.o.

Po prostudování poskytnutých dat byl proveden terénní průzkum s cílem zjistit, zda geodetické zaměření je dostatečné nebo bude třeba provést dodatečné zaměření. V průběhu terénního průzkumu byla pořízena nová fotodokumentace.

Na základě místního šetření bylo shledáno, že v předcházejících etapách nebyla dostatečně podrobně zaměřená pravobřežní hráz, která chrání Bystřany před povodněmi. Tato hráz vede od ČOV ř.km 2,100 až nad hřiště 2,950. V minulé etapě chyběla především informace o zavázání hráze nad terén. Z tohoto důvodu jsme nyní nechali celou 1 km dlouhou hráz podrobně zaměřit.

S ohledem na 5ti letou platnost hydrologických dat bylo nutné v zájmovém profilu hydrologická data (průtoky n-letých vod) vydávaných ČHMÚ nechat znovu ověřit. U ověřených dat byly shledány zásadní změny průtoků, což vedlo k rozhodnutí prezentovat grafické výstupy nad aktualizovanou ZM 10. Pro výpočet byla použita původní trať ze zaměření z roku 2006 avšak s jinými okrajovými podmínkami vycházejícími ze změn průtoků v zájmovém profilu.

Hydraulické výpočty vodního toku včetně objektů a inundačního území byly provedeny pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500} . Získané výsledky byly jako bodová informace dále zpracovány pomocí nástrojů GIS nad výše zmíněným mapovým podkladem. V místech které to vyžadovaly, došlo k rozšíření příčných profilů tak, aby přesahovaly průběh záplavy Q_{500} . Za pomoci vygenerovaných bodů z DMR 5G byly vytvořeny mapy hloubek a rychlostí. Dále nad mapovým podkladem a mapou hloubek došlo k vynesení záplavových čar Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500} .

Výsledky jsou prezentovány v podobě map povodňového nebezpečí v kapitole 6.

2 Popis zájmového území

Název vodního toku:	Bystřice
ID úseku IDVT CEVT:	10 100 315
Číslo hydrologického pořadí vodního toku:	1-14-01-0770-0-00 (Bystřice)
Úsek vodního toku:	2,00 – 3,30 ř. km
Významná vodní díla:	- - -
Významné přítoky:	Sviní potok, Nerudův potok

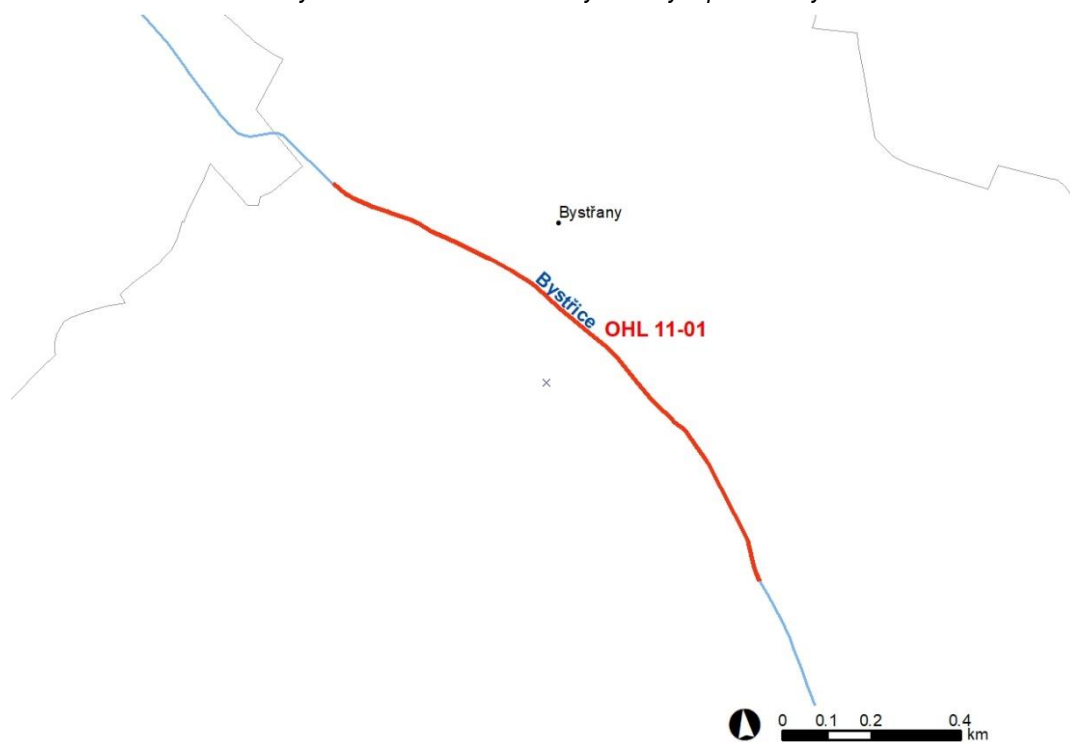
Zájmový úsek Bystřice se nalézá na území Milešovského bioregionu. Z geologického hlediska se koryto utvářelo v převážně deluviofluviálních písčitochlinitých sedimentech. Z hydrogeologického hlediska se v podloží vodního toku Bystřice nachází průlinový kolektor kvarterních fluviálních sedimentů s příměsí kamenů.

V horní části vodní tok prochází krajinou Krušných hor, kde si ponechává přírodní charakter. Od obce Dubí až po ústí do Bíliny protéká krajinou se silnými antropogenními vlivy, které se také odrážejí nejen v technických úpravách koryta, ale také v kvalitě vody, jejíž čistota odpovídá IV. třídě. Antropogenní vlivy se projeví napřímením vodního toku, navýšením břehů a opevněním koryta, ale také výstavbou železniční tratě a silničních staveb, které zasahují do inundačního území a překračují Bystřici mostními konstrukcemi.

Podklady:

- Název vodního toku - zdroj VÚV TGM
- ID úseku IDVT CEVT - zdroj Ministerstvo zemědělství
- Číslo hydrologického pořadí vodního toku - zdroj ČHMÚ
- Úsek vodního toku - zdroj Povodí Ohře, státní podnik
- Významná vodní díla - zdroj ZM10, ČÚZK
- Významné přítoky - zdroj ZM10, ČÚZK
- Souhrnná technická zpráva „Bystřice ř. km 0,0 – 3,9 studie záplavového území“, Envisystem s.r.o., leden 2006
- Wikipedie

Obrázek – Vymezení řešené oblasti s významným povodňovým rizikem



2.1 Všeobecné údaje

V rámci této studie byl posuzován vodní tok Bystřice v ř. km 2,00 – 3,30. Staničení bylo převzato z předchozí studie a odpovídá požadavku objednatele určujícím počátek a konec posuzovaného území.

Bystřice pramení jihozápadně od Cínovce ve výšce 860 m n. m. a ústí zleva do Bíliny u obce Kozlíky v nadmořské výšce 170 m n. m. Celková plocha povodí činí 70,6 km², délka vodního toku představuje asi 19,6 km. Celkově je vodní tok geograficky orientován od severozápadu k jihovýchodu.

V celém zájmovém úseku se jedná o napřímené opevněné lichoběžníkové koryto s kapacitou Q_{20} až Q_{50} .

Průměrný sklon dna celého úseku je rovnoměrný a činí 0,33 %.

Rychlost vody odpovídá sklonům a pohybuje se v rozmezí 1,7 m/s až 2,2 m/s, výjimečně překračuje 2,5 m/s.

Režim proudění je v celém úseku vodního toku říční.

2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

Na vodním toku pomocí limnigrafu LG Proboštov – 8,66 ř. km byly dosud zaznamenány tyto nejvyšší povodňové stavy, viz tabulka č. 2.1

Tab. č. 2.1 – Nejvyšší povodňové stavy LG Proboštov

historické povodně			
datum kulminace	Q	H	N - letost
dle nejvýše dosaženého vodního stavu	m ³ /s	cm	
27.03.2010	4,8	58	2-5
16.08.2010	4,5	56	2-5
15.01.2011	3,6	51	2-5

3 Přehled podkladů

V souladu s vyhláškou č. 79/2018 Sb. byly použity pro zpracování návrhu záplavového území tyto podklady. Pravidla pro citace podkladů se řídí dle ČSN ISO 690 (01 0197).

- Základní mapy 1 : 10 000 – digitální, rastrové – ZABAGED®, ČÚZK
- Výškopisná data DMR 5G, ČÚZK
- Geodetické zaměření – provedla firma GEMA
- Geodetické doměření – provedla firma Hydrossoft Veleslavín s.r.o., 03 / 2019
- Výsledky hydraulické výpočtu nerovnoměrným prouděním (program Hydrocheck), 2012
- Hydrologická data: N-leté průtoky – ČHMÚ Ústí nad Labem, 25.1.2012
- Hydrologická data: N-leté průtoky – ČHMÚ Ústí nad Labem, 19.6. 2019
- Podrobný terénní průzkum zpracovatele, uskutečněný v únoru 2012 zaměřený na zmapování stavu koryta a břehů se zřetelem na místní překážky a další relevantní faktory
- Zákon č. 254/2001 Sb. - o vodách
- Vyhláška MŽP 79/2018 Sb. – o způsobu a rozsahu zpracování návrhu a stanovování záplavových území

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

Digitální model terénu byl sestaven z Digitálního modelu reliéfu České republiky 5. generace DMR 5G - LSS od ČÚZK.

Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G) představuje zobrazení přirozeného nebo lidskou činností upraveného zemského povrchu v digitálním tvaru ve formě výšek diskretních bodů v nepravidelné trojúhelníkové síti (TIN) bodů o souřadnicích X,Y,H, kde H reprezentuje nadmořskou výšku ve výškovém referenčním systému Balt po vyrovnání (Bpv) s úplnou střední chybou výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu.

Model vznikl z dat pořízených metodou leteckého laserového skenování výškopisu území České republiky v letech 2009 až 2013. Dokončen byl k 30. 6. 2016 na celém území ČR.

3.1.2 Mapové podklady

Pro potřeby studie byla použita Základní mapa České republiky 1:10 000 (ZM 10) aktualizovaná Zeměměřickým úřadem. Jedná se o nejpodrobnější základní mapu středního měřítka.

ZM 10 obsahuje polohopis, výškopis a popis. Předmětem polohopisu jsou sídla a jednotlivé objekty, komunikace, vodstvo, hranice správních jednotek a katastrálních území (včetně územně technických jednotek), hranice chráněných území, body polohového a výškového bodového pole, porost a povrch půdy. Předmětem výškopisu je terénní reliéf zobrazený vrstevnicemi a terénními stupni. Popis mapy sestává z druhového označení objektů, standardizovaného geografického názvosloví, kót vrstevnic, výškových kót, rámových a mimorámových údajů. Obsahem mapových listů je i rovinná pravoúhlá souřadnicová síť a zeměpisná síť. Předměty obsahu mapy jsou znázorněny pouze na území České republiky. Míra generalizace polohopisu je na takové úrovni, že nedochází k rozsáhlejšímu spojování jednotlivých staveb do bloků a ke zjednodušování tvarů. Mapa tak poskytuje velmi podrobnou představu o zobrazovaném území.

Data ZM 10 se stavem aktualizace v roce 2009 a dříve byly odvozovány z vektorových výstupů, které vznikaly v průběhu tvorby vizualizací ZABAGED®. Jejich rasterizací a následnou transformací do souřadnicového systému S-JTSK vznikl obraz státního území, který byl strukturovaný po listech ZM 10. Dalším zpracováním byla pořízena barevná bežešvá rastrová mapa s barevnou hloubkou 4 bit, jednotnou barevnou paletou a hustotou 400

dpi. Z důvodu nižší kvality rozlišení těchto výstupů bylo v roce 2011 přistoupeno k nahrazení těchto souborů novými rastry, které vznikly přímým odvozením z tiskových podkladů ZM 10. Tyto rastry mají barevnou hloubku 24 bit a rozlišení 800 dpi. ZM 10 je distribuována ve formátu TIF po segmentech bezešvé mapy – čtvercích 2 x 2 km, se stranami rovnoběžnými se souřadnicovými osami S-JTSK. Kromě grafického umístovacího souboru je dodáván textový umístovací soubor TFW a to pro zobrazení S-JTSK / Krovak EN. Tento soubor obsahuje souřadnici levého horního rohu umístovacího čtverce a velikost pixlu v metrech pro dané rozlišení souboru. Předané soubory TIF mají rozlišení 6300 x 6300 (800 DPI).

3.1.3 Geodetické podklady

Při stavbě modelu bylo použito zaměření z původní studie provedené firmou GEMA, geodetické práce. Pro přesnější vynesení průběhu záplavových čar byla k dispozici data z leteckého snímkování DMR 5G, která poskytl Povodí Ohře, státní podnik.

Jak již bylo zmíněno v kapitole 1.3, nebyla v předcházejících etapách dostatečně podrobně zaměřená pravobřežní hráz, která chrání Bystřany před povodněmi. Tato hráz vede od ČOV ř.km 2,100 až nad hřiště 2,950. V minulé etapě chyběla především informace o zavázání hráze nad terén, a to jak nahoře nad hřištěm, tak dole nad ČOV. Z tohoto důvodu jsme nyní nechali celou 1 km dlouhou hráz podrobně zaměřit. Geodetické zaměření provedla společnost Hydrossoft Veleslavín s.r.o. v roce 2019.

Jiné výškopisné podklady nebyly pro zpracování studie k dispozici.

3.2 Hydrologická data

Název hydrologického profilu: ústí do Bíliny

Datum pořízení: 19.6.2019

Říční kilometr: 0,00 ř. km

Třída přesnosti dle ČSN 75 1400: IV.

Velikost plochy povodí k profilu: 69,62 km²

Číslo hydrologického povodí: 1-14-01-0770-0-00 (Bystřice)

N-leté průtoky: viz tabulka č. 3.1

N-leté průtoky porovnání: viz tabulka č. 3.2

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

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀	Třída přesnosti
Ústí do Bíliny	25.1.2010	0,00	11,6	28,7	71	104	IV.

Tab. č. 3.2 - Porovnání N-letých průtoků platných a z původní studie (Q_N) v m³.s⁻¹

Vodní tok	N-leté průtoky (Q_N) v m ³ .s ⁻¹								datum předání
	1	2	5	10	20	50	100	500	
Bystřice	2,31	3,55	6,98	11,3	17,3	28,9	42,8	65	30.1.2012
	3	4,6	9	14,7	22,5	37,7	55,8		2005
%	-23,0	-22,8	-22,4	-23,1	-23,1	-23,3	-23,3		

Vodní tok	N-leté průtoky (Q_N) v m ³ .s ⁻¹				datum předání
	5	20	100	500	
Bystřice	11,6	28,7	71	104	19.6.2019
Bystřice	6,98	17,3	42,8	65	30.1.2012
%	39,8	39,7	39,7	37,5	

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že hodnoty průtoků oproti původním hydrologickým datům jsou o cca 40% vyšší. Hodnoty v roce 2012 klesly o 20% proti roku 2005. Současný nárůst hodnot je tedy o cca 20% vyšší, než proti roku 2005. Z tohoto důvodu musel být celý model upraven a přepočteny hladiny všech povodňových stavů.

3.2.1. Hydrologické poměry a jejich interpretace ve výpočtovém modelu

Pro zpracování studie byly použity pouze základní hydrologické údaje ČHMÚ.

3.3 Místní šetření

Místní šetření I. etapy proběhlo 2.2.2011 a byla zpracována podrobná fotodokumentace. Každá fotografie je časově a prostorově lokalizovaná. Součástí fotodokumentace jsou i fotky ze starších studií. Lokalizace starší fotodokumentace nebyla dodatečně prováděna, v některých případech ale byly i starší fotky lokalizované.

Místní šetření II. etapy proběhlo 22.9.2018. Cílem tohoto šetření bylo posouzení případných změn v zájmovém území proti I. etapě. Opět byla provedena podrobná fotodokumentace, ale pouze jako dokumentování změn či nových poznatků v území. Tato fotodokumentace je tedy doplňkem fotodokumentace předcházející.

Cílem místního šetření bylo:

- a) posouzení nutnosti doplňujícího geodetického zaměření. V případech rekonstrukcí objektů či vlastního koryta či jakékoliv změně v korytě či inundačním území bylo posuzováno, zadali je, nebo není potřeba provést nové zaměření. Výsledek šetření je popsán v kapitole 3.1.3 Geodetické podklady.
- b) posouzení drsnostních charakteristik, zejména v inundaci, kde se odtokové parametry mohly změnit novou výstavbou. Dále bylo potřeba určit drsnostní charakteristiky v území potenciálně zaplaveném povodní Q_{500} .
- c) posouzení morfologie terénu z pohledu průtoků Q_{500} . Bylo nutné rozhodnout, zdali bude nutné rozšiřovat profily původního modelu, či nikoliv. Ne vždy se celá inundace podílí na průtoku. Na základě průzkumu byly některé profily v době sestavování modelu, proti původní studii rozšiřovány z výškopisu DMR 4G.
- d) posouzení objektů z pohledu průtoků Q_{500} . Původní modely nepočítaly s tak velkým průtokem. Bylo tedy nutné posoudit průtokové parametry objektů i při této extrémní povodni. U některých objektů byly na základě pořízené fotodokumentace upraveny průtokové koeficienty či další parametry objektu, například rozsah zasahování mostovky do průtočného profilu.
- e) posouzení ohrožení záplavového území povodní. Tato část průzkumu měla za úkol pořídit fotodokumentaci ohrožených objektů v inundaci tak, aby později bylo možné rozhodovat, zda a v jakém rozsahu bude nemovitost ohrožena. Jedná se zde ale o doplňkovou informaci pro analýzy v GIS a v žádném případě se nejedná o evidenci a podrobnou dokumentaci jednotlivých objektů zasažených vodou.

Při stavbě modelu pak byla pořízená fotodokumentace významným nástrojem pro rozhodování kde a jak model upravovat.

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

V průběhu zpracování nebyly poskytnuty žádné další podklady.

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 hydroekologie
- [2] ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod.
- [3] Vyhláška MŽP 79/2018 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území.

3.6 Vyhodnocení a příprava podkladů

Poskytnuté podklady plně pokryly zájmové území. Část geodeticky zaměřených profilů musela být rozšířena, s ohledem na místy širší rozsah povodně Q_{500} . Pro rozšíření profilů bylo použito podkladu DMR 5G, jehož přesnost je pro potřeby modelu v částech inundačního území dostatečná.

4 Popis koncepčního modelu

Základním požadavkem na zpracování záplavových území je provádění výpočtů metodou ustáleného nerovnoměrného proudění. Pro tento typ výpočtů je vhodný program HYDROCHECK verze 5.X, který používáme.

Jedná se o programový prostředek vyvinutý společností Hydrosoft Velešlavín s.r.o. v devadesátých letech ve spolupráci s Podniky Povodí. Řeší ustálené nerovnoměrné proudění v otevřených neprizmatických korytech v režimových oblastech říčních i bystřinných. Základem řešení nerovnoměrného proudění je obecná metoda po úsecích. Významné objekty byly počítány funkcemi programu Hydrocheck jako objekty.

Program Hydrocheck verze 5.X je mimo jiné vhodným nástrojem pro posuzování aktivní zóny, či hodnocení map rizik, neboť umožňuje vyhodnocování svislicových rychlostí v příčném řezu. Díky tomu je možné vyhodnocovat rychlosti v inundaci a vytvářet mapu rychlostí jako plošnou informaci, nikoliv jen bodovou.

4.1 Schematizace řešeného problému

Schéma modelu je poměrně jednoduché. Koryto prochází prakticky v celém zájmovém úseku údolnicí a inundace není široká. Nebylo tedy nutné zpracovávat dílčí úseky vodního toku jako okružovou síť. Vzdálenosti příčných profilů v intravilánu jsou cca 50 m, v extravilánu cca 200 až 250 metrů, v místech, kde to bylo potřeba hustěji.

4.2 Posouzení vlivu nestacionarity proudění

Vliv nestacionarity je ve výpočtech zanedbán. Studie je zpracována metodou stacionárního nerovnoměrného proudění, což je v souladu s požadavky objednatele.

4.3 Způsob zadávání OP a PP

Jelikož se jedná o výpočet ustáleného rovnoměrného proudění v říčním korytě, zadává se okrajová podmínka v dolním výpočtovém profilu v podobě hladiny a průtoku. V místě významných přítoků, pro které jsou k dispozici hydrologické údaje, se zadává změna průtoku. Jiné okrajové ani počáteční podmínky výpočtu se nezadávají.

5 Popis numerického modelu

5.1 Použité programové vybavení

Vlastní výpočty byly prováděny metodou ustáleného nerovnoměrného proudění v programu HYDROCHECK verze 5.X, který se osvědčil při výpočtech obdobných studií.

Základní výhodou programu HYDROCHECK verze 5.X je možnost rozdělení průtočného profilu na libovolné segmenty pomocí fiktivních svislic na vlastní koryto a přilehlé části inundace, ohraničené svislými rovinami, vedenými například v linii břehové hrany koryta. Jednotlivé části příčného profilu mají různou drsnost a s tím souvisí i různé rychlosti proudění a výsledná poloha hladiny vody v profilu. HYDROCHECK verze 5.X umožňuje zobrazit podrobné rozdělení rychlostí v příčném profilu tak i rozdělení aktivní zóny v příčném profilu.

Pro výpočty konsumpčních křivek významných objektů byl použit nástroj - výpočty objektů, který je nyní přímou součástí programu HYDROCHECK verze 5.X.

Kromě metody nerovnoměrného proudění bývá užíváno i nástrojů rovnoměrného proudění pro stanovení konzumpční křivky dolní okrajové podmínky.

Pro vynášení záplavových čar z vypočtených úrovní hladin do mapového podkladu je využíváno funkcí HYDROCHECKu verze 5.X, který generuje vypočtené průřezy hladin v profilech do mapy.

(z DMR 5G) pro příslušné N-leté vody polygon rozsahu zaplaveného území a rastrové mapy hloubek a rychlostí.

5.2 Vstupní data numerického modelu

Základem prací na studii je podrobný terénní průzkum. Na základě terénního průzkumu a kvalitní fotodokumentace jsou určeny drsnostní charakteristiky a později vynášeny záplavové čáry.

Podkladem pro práci bylo podrobné geodetické zaměření v rozsahu potřebném pro jednorozměrný matematický model, tedy příčné a údolní profily a veškeré objekty. Kromě toho byly pro vynášení záplavové čáry použity všechny měřené body v rámci geodetického zaměření.

Základním prvkem zadání je příčný profil - jeho geometrický tvar a rozměry, včetně součinitele drsnosti omočeného profilu.

Průtočný profil je možno rozdělit pomocí fiktivních svislic na vlastní koryto a přilehlé části inundace, ohraničené svislými rovinami, vedenými například v linii břehové hrany koryta. Jednotlivé části příčného profilu mají různou drsnost a s tím souvisí i různé rychlosti proudění a výsledná poloha hladiny vody v profilu.

Na základě fotodokumentace a poznámek získaných při rekognoscaci terénu byly voleny hodnoty Manningova drsnostního součinitele „n“ pro jednotlivé části omočeného profilu.

Kromě vytvoření geometrického modelu říční sítě včetně objektů je pro simulace nerovnoměrného proudění nutné zadat okrajové podmínky. Jedná se především o průtok a označení počátečního (popřípadě koncového) profilu, ve kterém má být průběh proudění řešen. Dále se zadává hladina v počátečním profilu, pokud není zvolen režim jejího automatického výpočtu z konzumpční křivky.

5.2.1 Morfologie vodního toku a záplavového území

Celé zájmové území, ř. km 1,662 až 3,165 je v intravilánu obce Bystřany. Levý břeh je tvořen významnou komunikací R63, která tvoří ochranu Bystřan před povodní. V místě podchodu pod touto komunikací (O11, ř. km 2,697) však není koryto na levém břehu dostatečně kapacitní a některé nemovitosti za komunikací mohou být při Q_{100} zaplaveny. Tento nedostatek by bylo možné řešit s velkou mírou bezpečnosti mobilním hrazením.

Pravý břeh je tvořen ochrannou hrází, za kterou je v dolní části Bystřan ČOV, v horní části pak průmyslový podnik. Tato hráz je kapacitní na Q_{20} až Q_{50} , při povodni větší bude průmyslový podnik i část ČOV zaplavena.

5.2.2 Drsnosti hlavního koryta a inundačních území

Program Hydrocheck verze 5.X umožňuje zadávání drsností nepřímo pomocí kódů, proto byl změněn způsob práce s drsnostmi. Dříve bylo jen velmi těžké měnit bodové drsnosti v profilech, z tohoto důvodu byly vyplňovány bodové drsnosti pouze mimo koryto a v korytě byla používána globální drsnost, kterou bylo možné v celém úseku trati snadno změnit.

Nyní byly vyplňovány všechny drsnosti v celém příčném profilu a snadná možnost korigovat drsnosti během výpočtu zůstává zachována.

Použité drsnosti jsou uvedeny v tabulkách 5.1 a 5.2. Podrobné informace o použitých drsnostech v příčných profilech najdete ve výpisu výpočtové trati.

Tab. č. 5.1 - Použité drsnosti dle Manninga v korytě

Popis	n
Beton v dobrém stavu	0,020
Beton starý	0,035
dlažba	0,025 - 0,045
tráva	0,035 - 0,045
keře	0,060 - 0,090

Tab. č. 5.2 - Použité drsnosti dle Manninga v inundačním území

Popis	n
silnice chodníky - asfalt, beton	0,020 - 0,025
cesta	0,035 - 0,040
louky, pole	0,035 - 0,045
stromy, keře	0,060 - 0,120
hustý porost	0,120 - 0,160
zahrady s ploty, zástavba	0,160 - 0,200 nebo vypuštěné z výpočtu

5.2.3 Hodnoty okrajových podmínek

Dolní okrajová podmínka byla stanovena v počátečním profilu řešeného úseku – P 34, ř. km 1,662., a to za předpokladu vytvoření rovnoměrného proudění, kdy je sklon čáry energie, vodní hladiny a toku totožný. Pro řešený úsek jsou k dispozici průtoky pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} . Hodnoty jsou uvedeny v následujících tabulkách č. 5.3a, 5.3b.

Tab. č. 5.3a - N-leté povodňové průtoky uvažované při hydraulickém řešení

profil DOP/ N- leté průtoky Q_N	Úsek toku (km od - do)	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Poznámka
P34, ř. km 1,662	1,662-3,165	11,6	28,7	71	104	

Tab. č. 5.3b - hladiny pro N-leté povodňové průtoky

profil DOP / hladiny pro Q_N	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Poznámka
P34, ř. km 1,662	183,56	184,17	184,95	185,38	

5.2.4 Hodnoty počátečních podmínek

Jak již bylo řečeno dříve, počáteční podmínky se v případě ustáleného nerovnoměrného proudění nezadávají.

5.2.5 Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat

Vstupní data byla pro zpracování studie dostatečná.

5.3 Popis kalibrace modelu

Pro kalibraci modelu nebyly k dispozici žádné povodňové značky.

6 Výsledky

6.1 Výstupy z hydrodynamických modelů

Jedním z hlavních výstupů z matematického modelu je psaný podélný profil, jež je zpracován pro všechny průtokové epizody a jež je hlavním nástrojem pro tvorbu záplavových čar. Psaný podélný profil kromě vypočtené úrovně hladiny obsahuje i informaci o výšce dna (nejhlubší dno) a je doplněn o poznámku, upřesňující umístění daného příčného řezu.

Tab. č. 6.1 - Tabulka – Psaný podélný profil

Staničení [km]	Úroveň dna [m n. n.]	H ₅ [m n. n.]	Q ₅ [m³/s]	H ₂₀ [m n. n.]	Q ₂₀ [m³/s]	H ₁₀₀ [m n. n.]	Q ₁₀₀ [m³/s]	H ₅₀₀ [m n. n.]	Q ₅₀₀ [m³/s]	Poznámka
1,662	182,22	183,56	11,6	184,17	28,7	184,95	71	185,38	104	P 34
1,726	182,95	184,17	11,6	184,79	28,7	186,47	71	186,65	104	U 6 - O 7 návodní - Most
1,734	182,92	184,21	11,6	184,84	28,7	186,52	71	186,75	104	O 7k
1,756	182,84	184,30	11,6	184,96	28,7	186,60	71	186,87	104	O 8
1,830	182,88	184,50	11,6	185,20	28,7	186,69	71	186,99	104	P 35
1,878	182,98	184,64	11,6	185,36	28,7	186,73	71	187,04	104	P 36
1,928	183,21	184,78	11,6	185,51	28,7	186,76	71	187,07	104	U 7-P37
1,983	183,31	184,96	11,6	185,69	28,7	186,81	71	187,12	104	P 38
2,042	183,57	185,16	11,6	185,92	28,7	186,87	71	187,18	104	P 39
2,093	183,71	185,32	11,6	186,10	28,7	186,94	71	187,26	104	P 40
2,145	183,86	185,52	11,6	186,23	28,7	186,94	71	187,26	104	P 41
2,189	184,02	185,65	11,6	186,38	28,7	187,17	71	187,55	104	O 9 - produktovod-povodní
2,190	184,02	185,65	11,6	186,38	28,7	187,19	71	187,59	104	O 9 - produktovod-návodní
2,236	184,13	185,78	11,6	186,55	28,7	187,61	71	188,20	104	P 42
2,281	184,24	185,88	11,6	186,68	28,7	187,75	71	188,32	104	P 43
2,334	184,45	185,99	11,6	186,80	28,7	187,91	71	188,49	104	P 44
2,384	184,59	186,12	11,6	186,94	28,7	188,07	71	188,65	104	P 45
2,433	184,76	186,26	11,6	187,07	28,7	188,25	71	188,81	104	P 46
2,483	184,90	186,41	11,6	187,23	28,7	188,42	71	189,05	104	P 47
2,530	185,15	186,54	11,6	187,35	28,7	188,54	71	189,14	104	P 48
2,577	185,27	186,66	11,6	187,48	28,7	188,69	71	189,30	104	P 49
2,614	185,24	186,80	11,6	187,66	28,7	188,99	71	189,70	104	O 10
2,660	185,39	186,93	11,6	187,78	28,7	189,17	71	189,87	104	P 50
2,697	185,62	187,03	11,6	187,86	28,7	189,46	71	190,24	104	O 11 - Most
2,704	185,70	187,05	11,6	187,92	28,7	189,46	71	190,24	104	O 12 - stupeň ve dně -dolní
2,704	186,06	187,05	11,6	187,92	28,7	189,46	71	190,24	104	O 12 - stupeň ve dně -návodní
2,748	185,91	187,52	11,6	188,22	28,7	189,65	71	190,43	104	P 51

Staničení [km]	Úroveň dna [m n. n.]	H ₅ [m n. n.]	Q ₅ [m ³ /s]	H ₂₀ [m n. n.]	Q ₂₀ [m ³ /s]	H ₁₀₀ [m n. n.]	Q ₁₀₀ [m ³ /s]	H ₅₀₀ [m n. n.]	Q ₅₀₀ [m ³ /s]	Poznámka
2,799	186,25	187,76	11,6	188,51	28,7	189,83	71	190,59	104	P 52
2,849	186,53	188,00	11,6	188,76	28,7	189,98	71	190,72	104	P 53
2,909	186,79	188,35	11,6	189,19	28,7	190,29	71	190,93	104	P 54
2,948	186,95	188,56	11,6	189,40	28,7	190,54	71	191,15	104	U 9 - O13 potrubí d220 povodní
2,987	187,00	188,68	11,6	189,49	28,7	190,61	71	191,19	104	P 55
3,020	187,28	188,78	11,6	189,59	28,7	190,65	71	191,22	104	P 56
3,054	187,44	188,89	11,6	189,66	28,7	190,67	71	191,23	104	O 14 - Dálniční most
3,080	187,57	188,97	11,6	189,68	28,7	190,68	71	191,24	104	P 57
3,105	187,65	189,16	11,6	189,88	28,7	190,70	71	191,24	104	O 15 povodní
3,117	187,65	189,17	11,6	189,91	28,7	190,77	71	191,56	104	O 15 - Most
3,165	187,74	189,33	11,6	190,07	28,7	191,07	71	191,78	104	P 58

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 6.2– Dotčené správní území obcí maximálním rozlivem

Kód ORP	Název ORP	Kód ICOB	Název obce
16600	Teplice	567442	Teplice
		567477	Bystřany

Mapa povodňového nebezpečí zobrazuje rozsah záplavového území, hloubky a rychlosti proudění.

Záplavové čáry jsou vyneseny na podkladě rastrové Základní mapy ČR v měřítku 1:10 000. Zakreslení záplavových čar, zejména mimo zaměřené příčné profily, zahrnuje nepřesnosti použité mapy. Snahou vyladit nepřesnosti je užití bodového pole z DMT mimo zaměřené příčné profily. Při posouzení konkrétního místa je tedy rozhodující kóta hladiny odvozená z podélného profilu a skutečná nadmořská výška terénu posuzovaného místa.

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

Informace o rychlosti proudění vody v korytě a v inundačním území u jednorozměrného modelu jsou známy 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 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

Záplavové čáry byly vyneseny na podkladě rastrové Základní mapy ČR v měřítku 1 : 10 000. Zakreslení záplavových čar, zejména mimo zaměřené příčné profily, zahrnuje nepřesnosti použité mapy. Snahou vyladit nepřesnosti je užití bodového pole z DMT mimo zaměřené příčné profily. Při posouzení konkrétního místa je tedy rozhodující kóta hladiny odvozená z podélného profilu a skutečná nadmořská výška terénu posuzovaného místa.

Při aplikaci výsledků výpočtu je nutno si uvědomit, že přírodní třírozměrný v čase proměnný děj je popisován stacionárním jednorozměrným matematickým modelem s použitím mnoha zjednodušujících předpokladů a odhadů. Přesnost výpočtu je limitována zejména hustotou příčných profilů použitých k výpočtu a odhadem drsnostního součinitele.

Hodnoty úrovně hladin získané interpolací mezi jednotlivými výpočtovými příčnými profilem nemusí odpovídat skutečnosti.

Nejsou zde postiženy jevy běžně se vyskytující při povodních - hladina v inundaci nemusí být v jednom příčném profilu stejná jako v korytě, v obloucích dochází k příčnému převýšení hladiny, hladina je rozvlákněná, atd.

Výpočet je proveden pro ideální stav koryta. Není započítáno ucpání průtočného profilu plaveným materiálem, které hrozí zejména v mostních profilech. Vliv na proudění má i sezónní stav vegetačního pokryvu.

Výsledky tohoto výpočtu nejsou neměnné. Může dojít ke změnám vlivem zpřesnění topografických podkladů, změny hydrologických údajů, použitím přesnějších výpočetních modelů, nebo vlivem změn v průtočném profilu vodního toku.

Jak bylo uvedeno výše, výpočetní model 1D je vždy schematizací skutečnosti. Hlavní míra nejistoty však neplyne ze špatného odhadu drsnostních charakteristik, nebo nedostatečně popsané topologie území a koryta, ale ze

vstupních průtokových dat, jejichž přesnost je neznámá v rozmezí $\pm 40 - 60\%$ dle uvedené třídy přesnosti. Dalším již zmíněným faktorem, s nímž model nepočítá, je množství plavenin, které postupují vodním tokem při povodni, ať už se jedná například o ledové kry nebo antropogenní materiál či dřevní hmotu. Tyto plaveniny, pak zejména v prostoru objektů mohou způsobit naprosto převratné změny průtočného profilu (částečné nebo úplné ucpání), které pak mají na průběh hladiny zásadní vliv.

Pokud však odhlédneme od nejistot způsobených nepřesnými hydrologickými daty a budeme vztahovat rozsah záplavového území ke konkrétnímu průtoku (a nikoliv k deklarované četnosti povodně) a budeme postupovat v souladu s Metodikou stanovení ZÚ, tedy výpočet bez plavenin, můžeme konstatovat, že vypovídací schopnost modelu je značně vysoká. Největší ovlivnění hladin nastává v místech objektů, jejichž nesprávné posouzení, či špatně provedený výpočet ve vztahu k zatopení dolní vodou, má na úroveň hladiny zásadní vliv. Poměrně významné je i ovlivnění výpočtu chybně umístěnými dílčími profily v příčném řezu, naopak chybný odhad drsnosti byt' v řádu desítek procent se ve volné trati dramaticky neprojeví.