

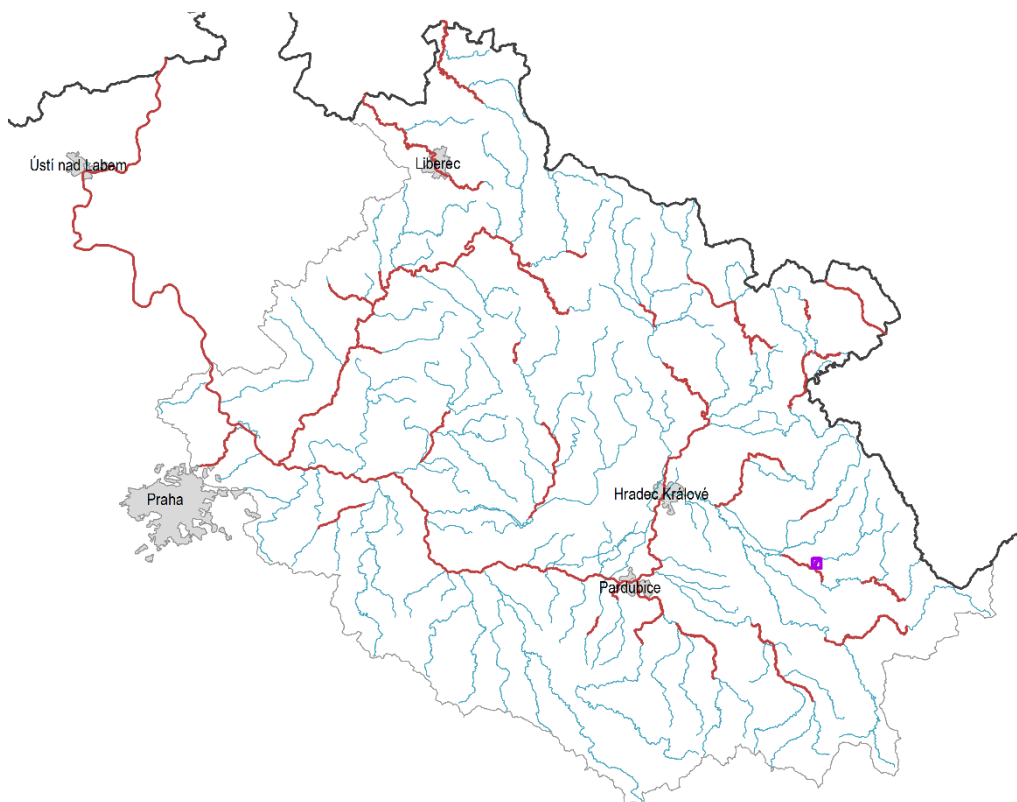


Analýza oblastí s významným povodňovým rizikem v územní působnosti státního podniku Povodí Labe včetně návrhů možných protipovodňových opatření (podklad k Plánu pro zvládání povodňových rizik v povodí Labe)

DÍLČÍHO POVODÍ HORNÍHO A STŘEDNÍHO LABE

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

ZDOBNICE (10100128) – HSL 20-01 - Ř. KM 0,000 – 3,000



listopad 2019

Analýza oblastí s významným povodňovým rizikem v územní působnosti státního podniku Povodí Labe včetně návrhů možných protipovodňových opatření (podklad k Plánu pro zvládání povodňových rizik v povodí Labe)

DÍLČÍHO POVODÍ HORNÍHO A STŘEDNÍHO LABE

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

ZDOBNICE (10100128) – HSL 20-01 - Ř. KM 0,000 – 3,000

Pořizovatel:



Povodí Labe, státní podnik
Víta Nejedlého 951
Hradec Králové
500 03

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



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



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



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

Řešitel:



Sweco Hydroprojekt a.s.

Táborská 31

Praha 4

140 16

V Praze, listopad 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	7
2.1	Všeobecné údaje	9
2.2	Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)	9
3	Přehled podkladů	9
3.1	Topologická data	11
3.1.1	Vytvoření (aktualizace) DMT	11
3.1.2	Mapové podklady	11
3.1.3	Geodetické podklady	11
3.2	Hydrologická data	12
3.3	Místní šetření	12
3.4	Doplňující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura	13
3.5	Normy, zákony, vyhlášky	13
3.6	Vyhodnocení a příprava podkladů	13
4	Popis koncepčního modelu	13
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	14
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	16
6	Výsledky	17
6.1	Výstupy z hydrodynamických modelů	17
6.2	Mapy povodňového nebezpečí	21
6.3	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	21

1 Základní údaje

1.1 Seznam zkratek a symbolů

Tabulka 1 – Seznam zkratek a symbolů

Zkratka	Vysvětlení
1D model	Matematický model jednorozměrného proudění
ADM	Administrativní kilometráž správce vodního toku
Bpv	Výškový systém Balt po vyrovnání
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
DMR5G	Digitální model reliéfu České republiky 5. generace
DMT	Digitální model terénu
GIS	Geografický informační systém
LGS	Limnigrafická stanice
PPO	Protipovodňová opatření
S_JTSK	Souřadný systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
SZU	Stanovení záplavových území
VÚV TGM	Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, v.v.i.
ZABAGED®	Základní báze geografických dat – digitální topografický model
ZM-10	Základní mapa 1 : 10 000
ZÚ	Záplavová území

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 Postup zpracování a metoda řešení

Výchozím podkladem pro sestavení hydrodynamického modelu je digitální model terénu toku a inundace, který byl vytvořen z DMR 5G a geodetického zaměření v podrobnosti požadované pro 1D hydraulický model.

Od ČHMÚ byla objednána aktuální hydrologická data (N-leté průtoky) ve 2 profilech (nad Merklovickým p. a pod Merklovickým p.).

Sestavení hydraulického modelu.

Na řece Zdobnice je vymezena 1 oblast s potenciálně významným povodňovým rizikem a to v rozsahu od ř.km 0,00 do ř.km 3,00. Hydraulický model byl sestaven ve větším rozsahu, než je řešený úsek z pohledu Map rizik a povodňových nebezpečí.

Hydraulické charakteristiky proudění v zájmové oblasti toku byly simulovány matematickým modelem HEC – RAS 5.0.6 včetně jeho nadstavby pro GIS GeoRAS.

Hlavním podkladem pro sestavení hydrodynamického modelu je digitální model terénu (DMT). DMT zájmové oblasti byl vytvořen z DMR 5G, který byl zpřesněn o vymodelované koryto včetně objektů na toku.

Koryto Zdobnice bylo vystaveno pomocí lineární interpolace zaměřených říčních příčných profilů s akceptováním směrového vedení toku. Již zmíněná nadstavba HEC-RAS GeoRAS, která je extensí ArcGIS vytváří z digitálního modelu terénu geometrický model terénu – dojde k vytvoření 3D říční sítě s 3D souřadnicemi, které jsou pak vstupem pro hydraulický model.

Příčné profily generované z geometrického modelu terénu byly voleny tak, aby v maximální možné míře postihovaly složitost proudění při povodni. Na základě poznatků z terénního šetření byly tvary některých příčných profilů ještě zpřesněny. Takto upravené profily byly dále vymezeny na aktivní a neaktivní zóny pro jednotlivé návrhové průtoky.

Drsnosti koryta jsou do řešení zahrnuty Manningovým součinitelem drsnosti n . Hodnoty lze zadávat v různých bodech příčného profilu, daná hodnota pak platí, až k bodu další změny hodnoty parametru n . Základní postup zavádí moduly průtoků pro pásy příčného profilu mezi místy změn hodnot zadávaných drsností, z dílčích hodnot modulů průtoků získává program hodnoty modulů průtoků pro levou a pravou inundaci. Tyto hodnoty pak přičítá k modulu průtoků vlastního koryta. Rozdělení průtoků bylo počítáno v dílčích pásech jak vlastního koryta, tak i obou inundací včetně stanovení rozdělení rychlostí. Model tedy poskytne, kromě dalších hydraulických charakteristik i charakteristiky rychlostního pole v hlavním korytě i v inundacích.

Jezové objekty a spádové stupně jsou počítány jako přepad přes obecné jezové těleso se zahrnutím součinitele zatopení na základě známé úrovně dolní vody, jež vzešla z výpočtu úseku pod objektem. Mostní objekty jsou počítány až do doby zahlcení jako vlastní profil koryta, po zahlcení jsou pak počítány jako objekty skládající se z kombinace výtoků vody otvorem a přepadu přes širokou korunu – přepad vody přes mostovku. I tyto objekty jsou uvažovány se správnou úrovní dolní vody vzešlou z výpočtu spodního úseku.

V takto sestavené výpočetní trati proběhl výpočet pro zadané povodňové scénáře – Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500} a pomocí RAS Mapperu byly vygenerovány záplavové čáry, které vznikly průnikem vypočtené hladiny v daném příčném profilu s terénem. Rozsah záplavových území byl poté ještě upravován s přihlédnutím na skutečný možný rozliv a znalosti terénního průzkumu.

Rozsah záplavového území je stanoven dle platné vyhlášky Ministerstva životního prostředí č. 236/2002 Sb. pro nerovnoměrné ustálené proudění, což znamená, že nezohledňuje délku trvání povodně ani objem povodňové vlny. Proto i v místech širokých rozlivů hladina odpovídá stanovenému průtoku a tedy nezohledňují transformaci povodňové vlny, ke které může dojít.

Z dosažených výsledků byly pro všechny průtokové stavy Q_N vygenerovány:

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

na základě kterých byly vytvořeny mapy povodňového nebezpečí.

2 Popis zájmového území

Název toku: Zdobnice

ID úseku IDVT CEVT: 10100128

Číslo hydrologického pořadí toku: 1-02-01-049

Úsek toku: Vamberk ř.km 0,00 - 3,00 (rozsah modelu ř.km 0,000 – 4,314)

Významná vodní díla: V povodí Zdobnice nejsou významná vodní díla, která by ovlivnila významněji průběh povodní.

Zdobnice je pravostranný přítok Divoké Orlice, do které se vlévá mezi Zámělí a Doudleby nad Orlicí v nadmořské výšce cca 284 m n.m. Pramení v Orlických horách pod Velkou Deštnou (1115 m n.m.) ve výšce 1029m n.m. Protéká střídavě jižním a jihozápadním směrem a v řešeném úseku protéká městem Vamberk.

Podklady:

Název toku: zdroj VÚV TGM

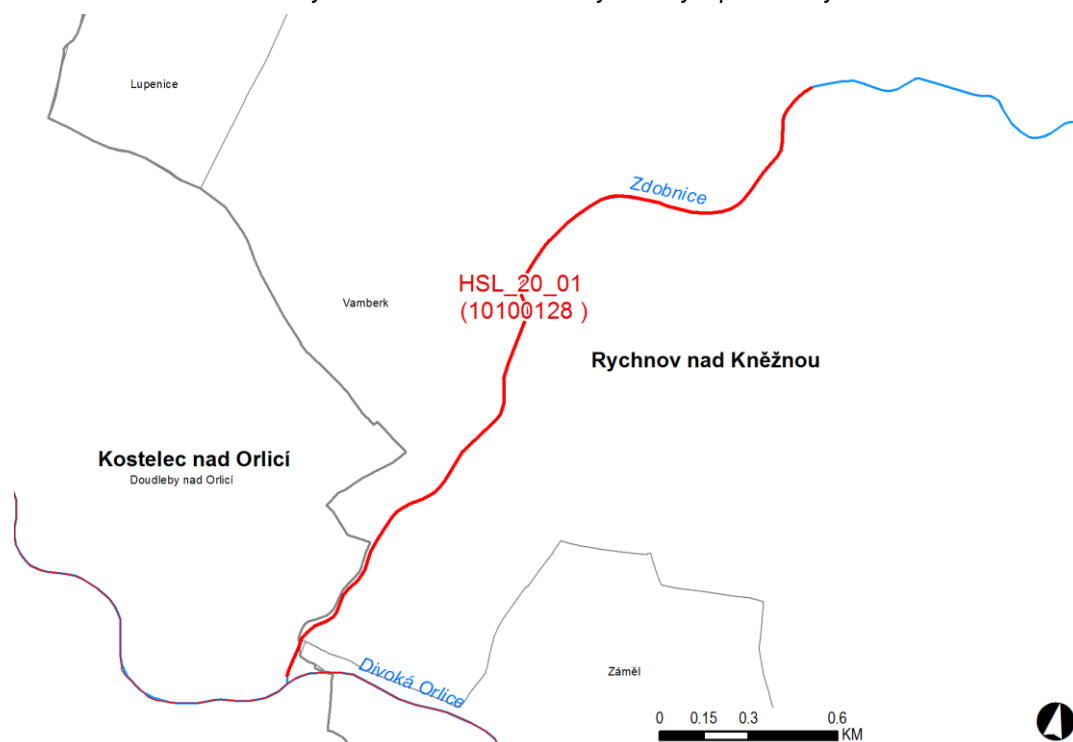
ID úseku IDVT CEVT: - zdroj Ministerstvo zemědělství

Číslo hydrologického pořadí toku: zdroj ČHMÚ

Úsek toku: zdroj Povodí Labe, státní podnik

Významné přítoky: zdroj ZM10

Obrázek 1 – Vymezení řešené oblasti s významným povodňovým rizikem



2.1 Všeobecné údaje

Posuzovaný úsek toku Zdobnice byl určen od ř.km 0,00 do ř.km 3,00 dle kilometráže poskytnuté pořizovatelem a přesně vymezen zadanými souřadnicemi S JTSK začátku a konce toku:

začátek úseku: $X = -610\,986,13$ $Y = -1\,057\,682,27$

konec úseku: $X = -609\,216,93$ $Y = -1\,055\,693,34$

Staničení uvedené ve výpočetním modelu a použité při zpracování map povodňového nebezpečí bylo v řešeném úseku přepočteno podle skutečné délky osy vodního toku. Pro tento daný úsek byl sestaven model od ř.km 0,000 až do ř.km 4,314. Rozsah modelu zohledňuje celé území města Vamberk.

V intravilánu města Vamberk je koryto vedeno v nábrežních zdech a v extravilánu pod Vamberkem je napřímené upravené stabilizované dlažbou a kaskádou nízkých stupňů a prahů.

2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

2.3 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

V povodí Zdobnice se nachází jedna limnigrafická stanice a to na ř.km 11,50 ve Slatině nad Zdobnicí. Měření v tomto profilu je provozováno od roku 1911 na vodočtu a od roku 1954 v limnigrafické stanici.

Následující tabulka uvádí nejvýznamnější povodně, tak jak byly zaznamenány příslušnou limnigrafickou stanicí.

Tabulka 2 – záznam max. povodní – LGS Slatina nad Zdobnicí

LGS Slatina nad Zdobnicí ř.km 11,50			
datum kulminace	Q [m³/s]	H [cm]	N - letost
30.5.1941	-	240	-
8.2.1946		200	

14.8.1948		196	
8.7.1997	21,4	144	> 1
9.3.2000	43,6	183	> 5
12.2.2002	46,1	187	> 5
19.3.2005	15,2	125	½-1
31.3.2006	23,5	148	> 1

3 Přehled podkladů

V souladu s vyhláškou č. 79/2018 Sb. byly použity pro zpracování návrhu záplavového území tyto podklady.

- Tvorba map povodňového nebezpečí a povodňových rizik v oblasti povodí Horního a středního Labe a uceleného úseku Dolního Labe, prosinec 2012
- Základní mapy 1:10 000 – digitální, rastrové - ZAGAGED, poskytlo Povodí Labe, státní podnik.
- Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G), ČÚZK, 2017
- Geodetické zaměření provedené firmou Geošrafo, s.r.o. v září 2004
- Geodetické zaměření provedené firmou GEFOS a.s. v květnu 2012
- Hydrologická data: n-leté průtoky - ČHMÚ Hradec Králové, 2019
- Plán oblasti povodí Horního a středního Labe, Povodí Labe, státní podnik
- Podrobný terénní průzkum zpracovatele, uskutečněný v listopadu 2011, zaměřený na zmapování stavu koryta, inundací a objektů na toku
- Zákon č. 254/2001 Sb. - o vodách
- Vyhláška MŽP 79/2018 Sb. – o způsobu a rozsahu zpracování návrhu a stanovování záplavových území
- TNV: 75 2931 - Povodňové plány, 75 2102 - Úpravy potoků, 75 2103 - Úpravy řek, 75 2932 – Navrhování záplavových území
- Metadata poskytnutá Zeměměřičským ústavem k aktuální verzi ZM 10

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) a geodetického zaměření. DMT zájmového území se skládá z DMT koryta vodního toku a DMT inundačního území. DMT koryta vodního toku bylo vymodelováno pomocí lineární interpolace zaměřených příčných profilů s akceptováním směrového vedení toku. Vytvoření a složení DMT proběhlo v softwaru společnosti ESRI v ArcGIS pomocí extenze 3D Analyst. Trojúhelníková síť (TIN) DMT se rovněž převedla na georeferencovaný TIF o velikosti pixlu 2 m x 2 m.

3.1.2 Mapové podklady

Pro potřeby studie byla použita Základní mapa České republiky 1:10 000 (ZM 10). 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. Data ZM 10 se stavem aktualizace v roce 2010 a později jsou odvozovány přímo z postscriptových souborů nové technologické linky. Tyto soubory jsou službou aplikačního serveru rastrovány s rozlišením 800 dpi, barevnou hloubkou 8 bit a jednotnou barevnou paletou. Do doby pokrytí celého území ČR soubory z nové technologické linky budou uživatelům poskytovány vždy obě datové sady. Tvorbu a aktualizaci ZM 10 zajišťuje Zeměměřický úřad.

ZM 10 je distribuována ve formátu TIF po segmentech bežešvé mapy – čtvercích 2x2 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 pixelu v metrech pro dané rozlišení souboru. Předané soubory TIF mají rozlišení 3149x3149 (72DPI).

Nedílnou součástí při konstruování výpočetní sítě byly ORTOFOTOMAPY ČR– čtverce 2,5 x 2,0 km ve formátu tif, 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 pixelu v metrech pro dané rozlišení souboru. Předané soubory TIF mají velikost 2500x2000, rozlišení 96 x 96 DPI, hloubku barev 24 bit/pixel.

3.1.3 Geodetické podklady

Pro vytvoření DMT koryta toku bylo použito geodeticky zaměřených příčných profilů, které bylo provedeno v roce 2004 firmou Geošrafo s.r.o. pro potřeby Povodí Labe, státní podnik a v roce 2012 firmou GEFOS a.s. pro potřeby tohoto projektu.

Dalším podkladem pro tvorbu DMT na celém řešeném úseku, bylo použito DMR 5G od ČÚZK, který 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.

Všechny souřadnice jsou v polohopisném systému S_JTSK a výškovém Bpv.

3.2 Hydrologická data

Hydrologická data byla převzata z projektu „Tvorba map povodňového nebezpečí a povodňových rizik pro oblasti povodí Horního a středního Labe a uceleného úseku dolního Labe“, která byla pořízena od ČHMÚ v rámci 1. cyklu. V rámci prací na druhém cyklu tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik byla provedena revize hydrologických dat, přičemž k žádné změně nedošlo.

Tabulka 3 - N-leté průtoky (Q_N) v $m^3.s^{-1}$

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Třída přesnosti
Nad Merklovickým p.	2012 revize 2019	1,7	52,0	87,6	143	212	II
Pod Merklovickým p.	2012 revize 2019	1,7	52,8	88,8	145	214	II

Třída přesnosti dle ČSN 75 1400

3.3 Místní šetření

Místní šetření bylo provedeno v rámci prvního cyklu v listopadu 2011, při kterém byla pořízena fotodokumentace objektů na toku, významných částí toku, charakteru inundačního území a překážek v něm. Toto šetření bylo pro zpracovatele významné z hlediska stanovení drsnostních parametrů použitých v matematickém modelu a dále pro kontrolu velkých příčných a podélných hrází, valů a náspů v DMT záplavového území Zdobnice.

Charakter území:

Koryto vodního toku je upravené v intravilánu Vamberka vedené v nábrežních zdech, v extravilánech stabilizované dlažbou prahy a stupni. Břehy jsou většinou lemovány vzrostlými stromy, svahy jsou porostlé křovisky a hustými travinami, vyjma intravilánu.

Inundační území je v intravilánu měst a obcí tvořeno budovami a objekty občanského a průmyslového charakteru, travními a ostatními volnými plochami (hřiště, parkoviště, parky). V extravilánu nad městem se nachází komplex venkovního koupaliště, fotbalových hřišť. Pod Vamberkem se v inundačním území na pravém břehu nachází čistírna odpadních vod. V dolní části je záplavové území tvořeno rozlehlým poměrně rovinatým územím přerušeným napříč náspem železniční tratí Týniště nad Orlicí Letohrad.

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

Geodetické zaměření okolí ČOV Vamberk, poskytlo Povodí Labe, státní podnik

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 topologické a hydrologické podklady plně pokryly zájmové území.

4 Popis koncepčního modelu

Základním požadavkem na zpracování záplavových území je provádění výpočtů metodou ustáleného nerovnoměrného proudění. Pro tento typ výpočtů byl zvolen program HEC RAS 5.0.6 včetně jeho nadstavby pro ARCGIS GeoRAS.

4.1 Schematizace řešeného problému

Schéma modelu je v souladu se SZÚ jednorozměrné (1D). Vzhledem k charakteru toku, které je v extravilánech doprovázené širokými plochými inundacemi, byla schematizace provedena tak, že příčné profily byly vymezeny na aktivní a neaktivní zóny pro jednotlivé návrhové průtoky. Vzdálenost příčných řezů je nepravidelná a jejich umístění je zaměřeno primárně na charakteristická místa toku, náhlé změny profilu toku, objekty na toku apod. V místech s prizmatickým korytem nebo neměnicí se tratí je vzdálenost řezů větší, v případě objektů nebo náhlých změn tvarů koryta jsou řezy zahuštěny. Takto provedená schematizace je naprosto dostatečná a danému toku a účelu odpovídající.

4.2 Posouzení vlivu nestacionarity proudění

Použitá metodika výpočtu charakteristik proudění nepočítá s vlivem neustáleného proudění na odtokové poměry (v souladu s Metodikou zpracování SZÚ).

Pokud bychom chtěli tuto otázku vůbec diskutovat (přímo nesouvisí s řešenou úlohou!), je třeba uvést, že vliv nestacionarity je v daném úseku Zdobnice poměrně nevýznamný až na dolní část úseku pod Vamberkem, kde se Zdobnice při průtocích nad Q_{20} vybířežuje do široké zatrávněné nivy.

4.3 Způsob zadávání OP a PP

Jedná se o výpočet nerovnoměrného ustáleného proudění v otevřeném korytě. Do výpočetního modelu se tak zadává okrajová podmínka v dolním výpočtovém profilu v podobě hladiny, v horním výpočtovém profilu v podobě průtoků. V místě významných přítoků, pro které jsou k dispozici hydrologické údaje, se zadává změna průtoků. Jiné okrajové ani počáteční podmínky výpočtu se nezadávají.

Vnitřními podmínkami jsou pak údaje o drsnostních charakteristikách a ztrátových součinitelích.

5 Popis numerického modelu

5.1 Použité programové vybavení

Výpočty byly prováděny metodou ustáleného nerovnoměrného proudění v programu HEC – RAS 5.0 včetně jeho nadstavby v GIS GeoRAS.

Základní verze modelu hladinového režimu v otevřených korytech HEC-RAS, (River Analysis System) je jedním z produktů, které v oblasti hydrologie a hydrauliky vyvinul Hydrologic Engineering Center US Army Corps of Engineers

Program umožňuje výpočet nerovnoměrného proudění v otevřených korytech, v ustáleném i v neustáleném režimu. Je integrovaným prostředkem, který umožňuje interaktivní provoz, obsahuje moduly hydraulické analýzy, obsluhy datové báze, vizualizaci vstupních dat i výsledků. Významné jsou jeho možnosti výpočtu objektů na toku, příčných i podélných staveb. Umožňuje numerickou simulaci stromových sítí, bifurkací a okružních říčních systémů. Jako produkt federálního rozsahu, je standardním prostředkem pro plánování, návrh a protipovodňovou ochranu ve Spojených státech.

Základní verze programu HEC-RAS je vyvinuta armádou Spojených států jako federální institucí a je volně šířena po Internetu Nadstavba HEC-GeoRAS je rovněž volně šiřitelná.

5.2 Vstupní data numerického modelu

Hlavním podkladem pro sestavení hydrodynamického modelu je geometrický model terénu, tj. 3D říční síť s 3D souřadnicemi, které jsou vygenerované z digitálního modelu terénu v TIN.

5.2.1 Morfologie vodního toku a záplavového území

Charakter toku byl již podrobně popsán v kap. 3.3 Místní šetření.

Jezové objekty a spádové stupně jsou počítány jako přepad přes obecné jezové těleso se zahrnutím součinitele zatopení na základě známé úrovně dolní vody, jež vzešla z výpočtu úseku pod objektem. Mostní objekty jsou počítány až do doby zahlcení jako vlastní profil koryta, po zahlcení jsou pak počítány jako objekty skládající se z kombinace výtoku vody otvorem a přepadu přes širokou korunu – přepad vody přes mostovku. I tyto objekty jsou uvažovány se správnou úrovní dolní vody vzešlou z výpočtu spodního úseku. Při výpočtu se jeden objekt skládá minimálně ze dvou profilů a to profilu pod objektem, jež slouží pro správné určení dolní vody těsně pod objektem a dále z profilu objektu, jež je uvažován v místě jeho návodní strany, často bývají tyto profily doplněny i profilem nad objektem, jež je umístěn cca 2 – 5 m nad návodní hranou objektu.

Výpis objektů na toku je uváděn ve směru po proudu a je použita administrativní kilometráž správce vodního toku. (toto staničení nesouhlasí se staničením hydraulického modelu)

ADM ř.km 0,17 most železniční Doudleby - Žamberk

ADM ř.km 0,215 most cestní

ADM ř.km 1,542 most cestní mostek

ADM ř.km 1,8 jez Vamberk

ADM ř.km 1,805 most silniční most betonový - Ostrava - Praha

ADM ř.km 2,258 most železobetonový o dvou polích u železáren

ADM ř.km 2,35 most cestní lávka s železnou konstrukcí

ADM ř.km 2,58 most železobetonový

ADM ř.km 2,87 jez ESAB

ADM ř.km 2,895 most železniční - Doudleby n.O, - Rokytnice

ADM ř.km 3,24 most lávka pro pěší

ADM ř.km 3,81 most silniční - Vamberk - Peklo n.Z,

5.2.2 Drsnosti hlavního koryta a inundačních území

Drsnostní charakteristiky použité ve výpočetním modelu jsou zadány pomocí Manningova drsnostního součinitele v jednotlivých příčných řezech a to v odlišných hodnotách jak pro jednotlivé části inundací, tak i pro jednotlivé části koryta, na základě již výše uvedené pořízené fotodokumentace a rekognoskace terénu. Vliv vegetace je do výpočtů zahrnut vždy v nejméně příznivé situaci, to znamená při plném vegetačním období.

Tabulka 4 - Použité drsnosti dle Manninga v korytě

Popis	n
beton	0,020 – 0,035
dlažba	0,025 – 0,045
tráva	0,035 – 0,045
keře	0,060 – 0,090

Tabulka 5- Použité drsnosti dle Manninga v inundaci

Popis	n
silnice, chodníky – asfalt, beton	0,020 – 0,025
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

Horní okrajové podmínky tvoří N-leté průtoky v místě významných přítoků. Dolní okrajové podmínky pro jednotlivé průtokové scénáře jsou zadány hladinou, jejíž určení vychází z rovnoměrného proudění na základě známého sklonu dna.

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

Popis úseku	Úsek toku (ř.km)	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀	Poznámka
Nad Merklovickým potokem	1,702 – 4,314	52,0	87,6	143	212	-
Pod Merklovickým potokem	0,000 – 1,702	52,8	88,8	145	214	-
ústí do Divoké Orlice	0,000	286.59	287.10	287.42	287.67	dolní okrajová podmínka (m n.m.)

5.2.4 Hodnoty počátečních podmínek

Výpočet byl řešen pomocí ustáleného proudění.

5.2.5 Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat

Každý výpočetní model je vždy schematizací skutečnosti. Chyba výsledných vypočtených charakteristik proudění (úrovně hladin, hloubky, rychlosti) je dána superpozicí chyb dat a procesů vstupujících do celého systému. Míra nejistoty tak plyne především z chybných vstupních dat (nedostatečně popsána topologie území a koryta, chyby v zaměření a zpracování geodetických dat, špatný odhad drsnostních charakteristik a hydraulických odporů, chyby/nejistoty v hydrologických datech).

5.3 Popis kalibrace modelu

Na Zdobnici nebyly zaznamenány významné povodňové události, a tedy také nejsou k dispozici žádné kalibrační značky.

6 Výsledky

6.1 Výstupy z hydrodynamických modelů

Hlavním výstupem 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.

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

Tabulka 7 – 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
0,002	284,23	52,8	286,59	88,8	287,1	145	287,42	214	287,67	PF 1
0,114	284,98	52,8	287,22	88,8	287,7	145	288,03	214	288,27	PF 2
0,120	285,00	52,8	287,27	88,8	287,74	145	288,07	214	288,3	PF 3
0,126										ŽELEZNIČNÍ MOST MNÍŠEK JEV_ID: 400106742 AKM: 0.17 (F1)
0,126	285,21	52,8	287,31	88,8	287,79	145	288,18	214	288,52	PF 3
0,176	285,29	52,8	287,54	88,8	288,07	145	288,6	214	289,14	PF 4
0,182										MOSTEK SIL DEZOLÁTNÍ JEV_ID: 400106743 AKM: 0.215 (F2)
0,182	285,31	52,8	287,58	88,8	288,08	145	288,62	214	289,16	PF 4
0,458	286,77	52,8	288,93	88,8	289,24	145	289,47	214	290	PF 5
0,764	288,73	52,8	290,94	88,8	291,56	145	292	214	292,13	PF 6
0,890	289,38	52,8	291,76	88,8	292,24	145	292,47	214	292,77	zaměřen 2012 obchvat
1,066	290,42	52,8	292,5	88,8	293,09	145	293,59	214	293,87	PF 7
1,334	291,33	52,8	293,85	88,8	294,48	145	295,06	214	295,52	PF 8
1,494	292,29	52,8	294,9	88,8	295,56	145	296,18	214	296,64	PF 9
1,568	292,79	52,8	295,31	88,8	296	145	296,64	214	297,19	PF 10
1,574	292,85	52,8	295,33	88,8	296	145	296,62	214	297,18	PF 11
1,584										MOST ŽLB VAMBERK VARETEX JEV_ID: 400106744 AKM: 1.542 (F3)
1,584	292,87	52,8	295,4	88,8	296,11	145	296,91	214	297,45	PF 11
1,702	293,33	52,8	296	88,8	296,68	145	297,36	214	297,88	PF 12
1,743	293,80	52	296,19	87,6	296,83	143	297,43	212	297,9	pod mostem vložený
1,761	295,44	52	296,17	87,6	296,86	143	297,51	212	298,03	PF 13
1,772										MOST SILNIČNÍ 3X KLEMB 1864 JEV_ID: 400106745 AKM: 1.805 (F4)
1,772	295,44	52	296,54	87,6	297	143	297,65	212	298,31	PF 13

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

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
1,804	294,81	52	296,74	87,6	297,14	143	297,64	212	298,27	Profil PL30 102
1,942	295,01	52	297,51	87,6	298,24	143	299,1	212	299,84	PF 14
2,092	295,51	52	297,91	87,6	298,7	143	299,6	212	300,4	PF 15
2,116										JEZ VAMBERK I JEV_ID: 400339255 AKM: 2,15 (F5)
2,116	297,62	52	299,52	87,6	299,97	143	300,55	212	301,13	PF 16
2,185	297,95	52	300,01	87,6	300,49	143	301,03	212	301,57	PF 17
2,190										LÁVKA JEV_ID: 400106747 AKM: 2.258 (F6)
2,190	297,97	52	300,04	87,6	300,54	143	301,28	212	302,16	PF 17
2,279	298,21	52	300,44	87,6	301,05	143	301,84	212	302,58	PF 18
2,282										POTRUBNÍ LÁVKA JEV_ID: 400106748 AKM: 2.35 (F7, F8)
2,282	298,21	52	300,45	87,6	301,11	143	301,97	212	302,7	PF 18
2,462	299,18	52	301,16	87,6	301,86	143	302,55	212	303,21	PF 19
2,547	299,08	52	301,66	87,6	302,27	143	302,92	212	303,56	PF 20
2,552										MOSTEK U ESAB JEV_ID: 400 106749 AKM: 2.58 (F10)
2,552	299,08	52	301,72	87,6	302,5	143	303,49	212	303,76	PF 20
2,806	300,24	52	302,75	87,6	303,51	143	304,25	212	304,76	PF 21
2,842										JEZ VAMBERK II JEV_ID: 400144035 AKM: 2.87 (F11)
2,842	302,11	52	304	87,6	304,6	143	304,89	212	305,43	PF 22
2,869	302,60	52	304,72	87,6	305,03	143	305,31	212	305,48	PF 23
2,874										MOST ŽELEZNIČNÍ VAMBERK JEV_ID: 400107202 AKM 2.895 (F12)
2,874	302,62	52	304,76	87,6	305,09	143	305,47	212	306,09	PF 23
2,908	302,63	52	304,95	87,6	305,45	143	306,09	212	306,89	PF 24
3,082	304,22	52	305,74	87,6	306,19	143	306,74	212	307,36	PF 25

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

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
3,244	304,23	52	306,73	87,6	307,25	143	307,87	212	308,47	PF 26
3,480	305,74	52	308,03	87,6	308,53	143	309,03	212	309,53	PF 27
3,790	308,41	52	310,58	87,6	311,07	143	311,47	212	311,88	PF 28
3,799	308,50	52	310,63	87,6	311,09	143	311,24	212	312,63	PF 29
3,810										MOST SIL. PEKLO JEV_ID: 400107204 AKM: 3.81 (F16)
3,810	308,66	52	310,77	87,6	311,31	143	312,59	212	313,02	
4,070	310,33	52	312,63	87,6	313,35	143	313,78	212	314,08	
4,314	312,38	52	314,4	87,6	314,94	143	315,29	212	315,69	

6.2 Mapy povodňového nebezpečí

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

Tabulka 8 – Dotčené správní území obcí maximálním rozlivem

Kód ORP	Název ORP	Kód ICOB	Název obce
6580	Rychnov nad Kněžnou	576883	Vamberk
6575	Kostelec nad Orlicí	576301	Doudleby nad Orlicí
		576921	Záměl

Mapa povodňového nebezpečí zobrazují rozsah zaplaveného 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 vyloučit 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 pixelu 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

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 nezřídka v rozmezí $\pm 40 - 60\%$ dle uvedené třídy přesnosti. Dalším již zmíněným faktorem, s nímž model nepočítá, je množství plavenin, které postupují 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 SZÚ, 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 profilem v příčném řezu, naopak chybný odhad drsnosti byt v řádu desítek procent se ve volné trati dramaticky neprojeví.