



OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

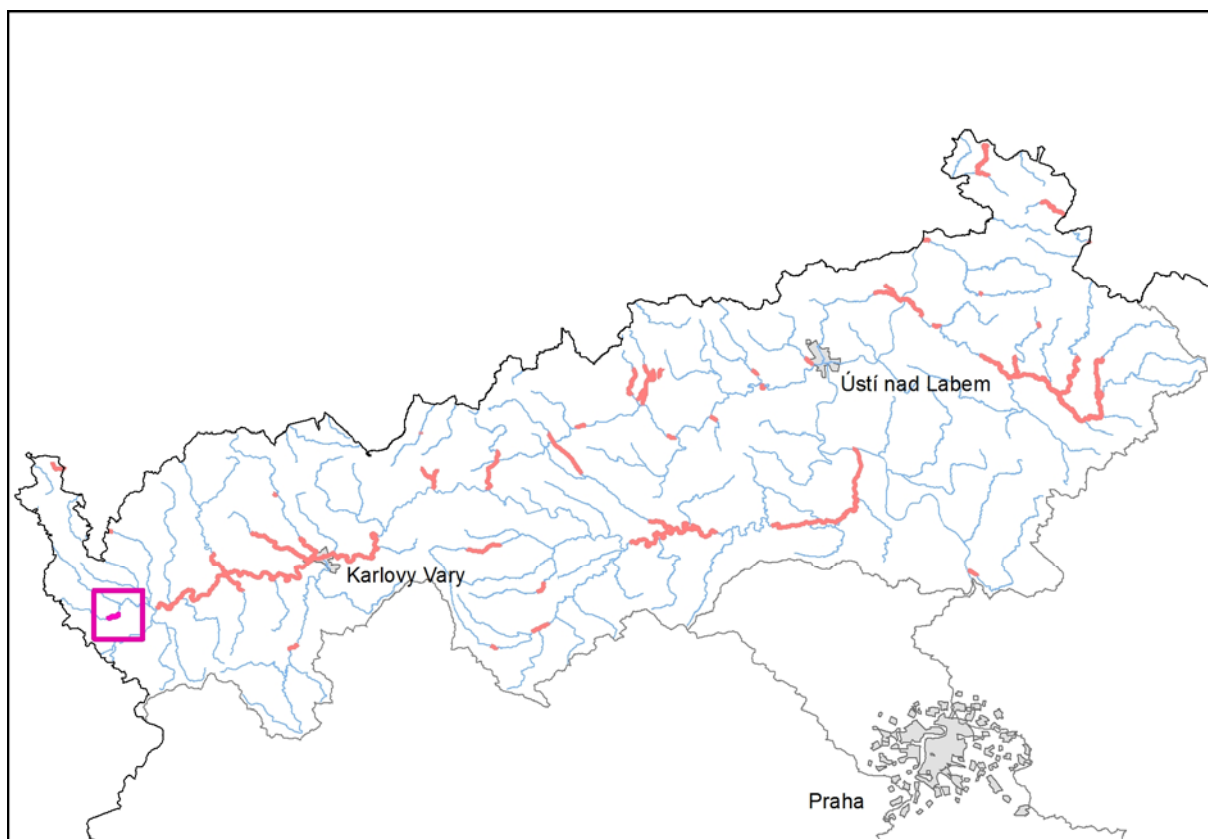
Pro vodu,
vzduch a přírodu

ZPRACOVÁNÍ MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK PRO OBLAST POVODÍ OHŘE A DOLNÍHO LABE

DÍLČÍ POVODÍ OHŘE, DOLNÍHO LABE A OSTATNÍCH PŘÍTOKŮ LABE

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

OHŘE – 10100004_4 - Ř. KM 238,800 – 241,100



listopad 2013



OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

Pro vodu,
vzduch a přírodu

ZPRACOVÁNÍ MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK PRO OBLAST POVODÍ OHŘE A DOLNÍHO LABE

DÍLČÍ POVODÍ OHŘE, DOLNÍHO LABE A OSTATNÍCH PŘÍTOKŮ LABE

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODEL Y A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

OHŘE – 10100004_4 - Ř. KM 238,800 – 241,100

Pořizovatel:



Povodí Ohře, státní podnik
Bezručova 4219
Chomutov
430 03

Zhotovitel: sdružení „HYDROPROJEKT + Hydrosoft + AZ Consult“



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



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



AZ Consult, spol. s r.o.
Klíšská 12
Ústí nad Labem
400 01



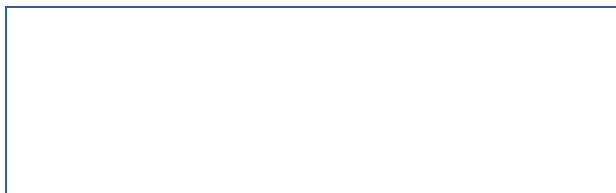
OPERAČNÍ PROGRAM
ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti

Pro vodu,
vzduch a přírodu

Řešitel:



Ing. Zdeněk Klíma
Pod Vinicí 322/29
Litoměřice
412 01



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

V Praze, listopad 2013

Obsah:

1	Základní údaje	7
1.1	Seznam zkratk a symbolů	7
1.2	Cíle prací	7
1.3	Předmět práce	7
1.4	Postup zpracování a metoda řešení	7
2	Popis zájmového území	9
2.1	Všeobecné údaje	10
2.2	Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)	11
3	Přehled podkladů	12
3.1	Topologická data	12
3.1.1	Vytvoření (aktualizace) DMT	12
3.1.2	Mapové podklady	12
3.1.3	Geodetické podklady	13
3.2	Hydrologická data	13
3.2.1	Hydrologické poměry a jejich interpretace ve výpočtovém modelu	14
3.3	Místní šetření	14
3.4	Doplňující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura	15
3.5	Normy, zákony, vyhlášky	15
3.6	Vyhodnocení a příprava podkladů	15
4	Popis koncepčního modelu	16
4.1	Schematizace řešeného problému	16
4.2	Posouzení vlivu nestacionarity proudění	16
4.3	Způsob zadávání OP a PP	16
5	Popis numerického modelu	17
5.1	Použité programové vybavení	17
5.2	Vstupní data numerického modelu	17
5.2.1	Morfologie vodního toku a záplavového území	17
5.2.2	Drsnosti hlavního koryta a inundačních území	18
5.2.3	Hodnoty okrajových podmínek	18
5.2.4	Hodnoty počátečních podmínek	19
5.2.5	Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat	19
5.3	Popis kalibrace modelu	19
6	Výstupy z modelu	20
6.1	Záplavové čáry pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	22
6.2	Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	22
6.3	Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	22
6.3.1	Bodová vrstva průměrných celoprofilových rychlostí	22
6.3.2	Plošné rozdělení rychlostí v inundaci	23

6.4	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	23
-----	---	----

1 Základní údaje

1.1 Seznam zkratek 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 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)
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:

- 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

Výchozím podkladem pro zpracování studie byla data ze „Studie záplavového území Ohře“, provedená v roce 1998 s aktualizací v roce 2007 podnikem Povodí Ohře, státní podnik.

Po prostudování poskytnutých dat byl proveden terénní průzkum. Požadavkem objednatele bylo provést znovu kompletní geodetické zaměření celého zájmového úseku vodního toku. Během terénního průzkumu byly tedy mimo jiné připravovány podklady pro geodetické práce, které bylo nutné podrobně zadat a průběžně kontrolovat.

Geodetické zaměření ani výpočetní trať z původní studie nebyly při stavbě modelu použity.

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 první řadě byly rozšířeny příčné profily tak, aby přesahovaly průběh záplavy Q_{500} , což bylo nezbytné pro tvorbu „Map hloubek“. Dále za pomoci vygenerovaných bodů z DMR 4G byly nad mapovým podkladem vyneseny průběhy záplavových čar a průběhy rychlostí. Průběhy obou typů čar byly upřesněny nad vytvořenou „Mapou hloubek“ z DMR 4G. Výsledky jsou prezentovány v podobě map povodňového nebezpečí v kapitole 6.

2 Popis zájmového území

Název vodního toku: Ohře

ID úseku IDVT CEVT: 10100004_4

Číslo hydrologického pořadí vodního toku: 1-13-01-0140-0-00 (Ohře)

Úsek vodního toku: ř. km 238,8-241,1

Významná vodní díla: VD Skalka

Významné přítoky: Maškovský potok

Ohře (někdy také *Ohara*, *Oharka*, německy *Eger*) je řeka na severozápadě České republiky s prameny v Německu. Je dlouhá 316 km (z toho 246,55 km v České republice). Povodí má rozlohu 5614 km² (z toho 4601,05 km² v České republice).

Pramení v Bavorsku pod horou Schneeberg v přírodní rezervaci Smrčiny. Pramen se nachází blízko města Weißenstadt (asi 35 km od Chebu). Až do Kadaně protéká kopcovitou krajinou, po průtoku Nechranickou přehradou vytváří četné meandry. Po Vltavě je Ohře v Čechách druhým největším levostranným přítokem Labe, do kterého se vlévá v Litoměřicích.

Vysoký průtok má na jaře. Průměrný průtok u ústí činí 37,94 m³/s. Celý dolní vodní tok leží v oblasti, která má nejnižší hodnoty průměrných ročních srážkových úhrnů v Česku (méně než 500 mm).

Tab. č. 2.1 Vybraný hlásný profil

místo	říční km	plocha povodí	průměrný průtok (Qa)	stoletá voda (Q100)
Cheb (pod VD Skalka)	239,65	688,98 km ²	6,37 m ³ /s	282 m ³ /s

Na této části toku je možno nalézt přehradní nádrž Skalka (postavena v letech 1962–1964 s celkovou plochou 378 ha).

Podklady:

Název vodního toku - zdroj VÚV TGM, 2011

ID úseku IDVT CEVT - zdroj Ministerstvo zemědělství, 2011

Číslo hydrologického pořadí vodního toku - zdroj ČHMÚ, 2013

Úsek vodního toku - zdroj Povodí Ohře, státní podnik, 2011

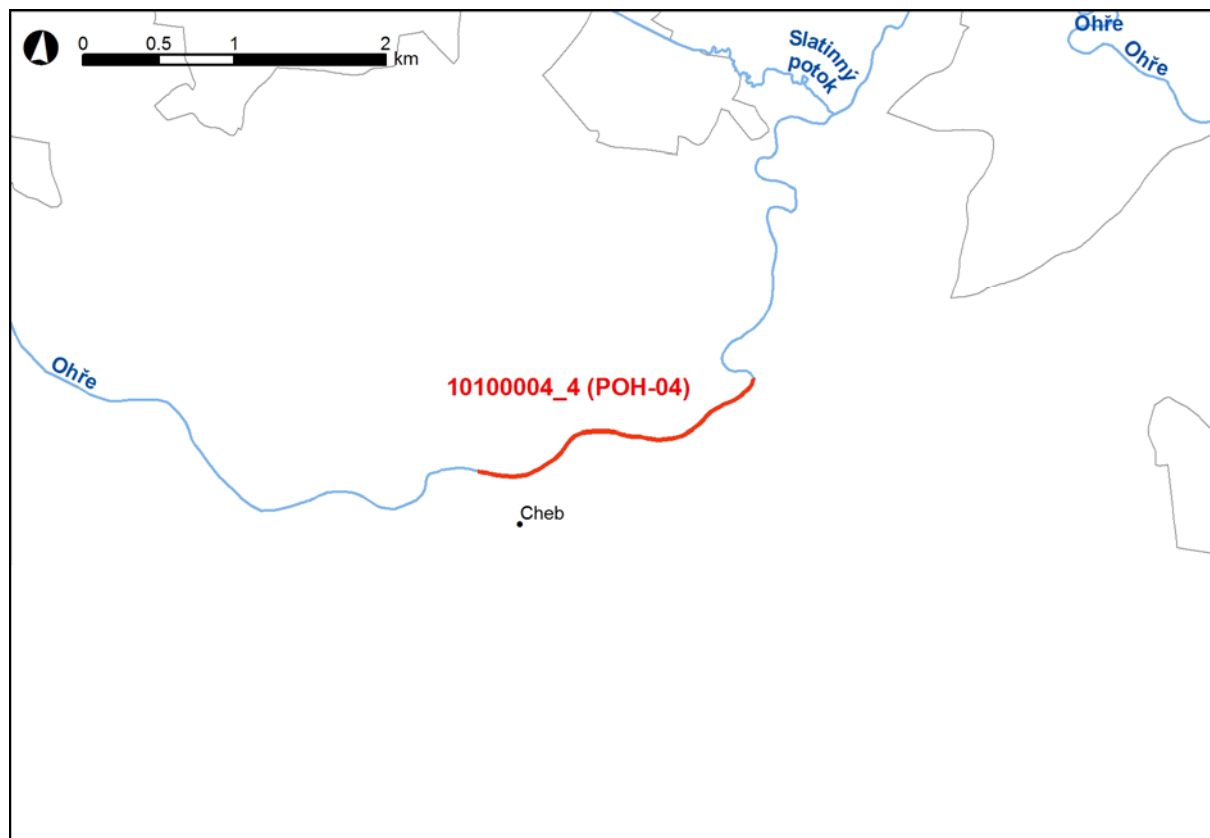
Významná vodní díla - zdroj ZM10, ČÚZK, 2012

Významné přítoky - zdroj ZM10, ČÚZK, 2012

Souhrnná technická zpráva „Studie záplavového území Ohře“, Povodí Ohře, státní podnik, 1998 s aktualizací v roce 2007

Wikipedie

Obr. 1 – Přehledná mapa řešeného území



2.1 Všeobecné údaje

Řeka Ohře (Eger) pramení na úbočí hory Schneeberg v Bavorsku jihozápadně od obce Weizenstadt v nadmořské výšce 752 m n.m. Na české území vtéká u obce Pomezná. Délka celého vodního toku Ohře je 300.2 km, plocha celého povodí je 5613.7 km². Ohře ústí do Labe v Litoměřicích.

V celé své délce si řeka zachovává převážně severovýchodní směr, odvodňuje Krušné hory a také severní oblast Doupovských hor.

Horní část vodního toku od Chebu má nížinný charakter. Řeka zde většinou meandruje otevřenou krajinou bez lesů mezi lukami a poli v převážně hlinitém až písčitém korytě. Šíře řeky dosahuje 10 - 15 m, šířka inundačního území je v některých místech i přes 1 km. Pod Kynšperkem n. O. se krajina náhle mění a řeka vstupuje do hlubšího zalesněného údolí a písčité dno je vystřídáno šterkopískovým a kamenitým.

Pod Sokolovem řeka obtéká ostrým obloukem Loket a hned za městem se zařezává do malebného údolí Svatošských skal. Před Karlovými Vary vtéká Ohře do široké kotliny, proud se zpomaluje a u Doubí přechází v dočasné malé tíšiny.

Ohře ve střední části od Karlových Varů opět teče údolím lemovaným lesy, proud se zrychluje, v korytě přibývají kameny a přes četné peřeje, z nichž nejznámější je peřej Hubertus, řeka obtéká masív Doupovských hor. Peřeji neubývá ani u lázní Kyselka a u Radošova. Pod Velichovem se svahy údolí zvolna snižují a z řeky se otevírá výhled na okolní vrchy sopečného původu. Zde se šířka koryta již pohybuje od 20 do 30 m.

Okolí řeky má rozmanitý charakter. Od Chebu ke Kynšperku řeka mírně proudí odlesněnou krajinou mezi loukami. Meandry s krátkými lagunami lemují křovinaté porosty a stromy.

Od Kynšperka se řeka zařezává do údolí s hustými porosty smíšených lesů, které místy ustupují loukám. Přírodní charakter okolí řeky se mění již u obce Tisová, kde se na pravém břehu objevuje stejnojmenná tepelná elektrárna. Odtud přes Sokolov až ke Královskému Poříčí je krajina poznamenána průmyslovou činností a důlní

těžbou v sokolovské pánvi. U Lokte Ohře vstupuje působivým údolím do jedné z nejcennějších oblastí Poohří - CHKO Slavkovský les, kde protéká jejím severním okrajem.

V další části vodního toku Ohře, od karlovarské kotliny až ke Klášterci n. O. obklopují břehy řeky z větší části opět smíšené lesy se smrky, buky, lípami a jilmy. Velmi cenné je území tvořené kaňonovitým údolím Ohře mezi Radošovem a Kadaní s přílehlými svahy Krušných hor.

Sklon zájmového úseku je rovnoměrný. Celkový průměrný sklon zájmového úseku je 0,12 ‰. Rychlost vody odpovídá sklonu a pohybuje se mezi 1,5 až 2,0 m/s. Režim proudění je v celém zájmovém úseku vodního toku říční.

2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

Na vodním toku byly pomocí limnigrafu LG VD Skalka – 239,6 ř.km dosud zaznamenány tyto nejvyšší povodňové stavy viz tab. č. 2.

Tab. č. 2.2 Nejvyšší povodňové stavy LG VD Skalka

Profil	Vodní tok	CHP	Nejvyšší vodní stav	datum
VD Skalka	Ohře	1-13-01-014	318 cm	6.2.1980
			300 cm	29.5.2006
			288 cm	6.1.1982
			269 cm	3.1.2003
			259 cm	25.12.1967
			252 cm	2.2.1987
			242 cm	13.1.2005
			239 cm	6.12.1966
			236 cm	2.4.1988
			228 cm	22.8.1970
			222 cm	13.8.1984
			195 cm	3.8.1901
			179 cm	23.10.1986
			169 cm	1.7.1975
			153 cm	9.5.1978
			152 cm	1.7.1966

3 Přehled podkladů

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

- Základní mapy 1 : 10 000 – digitální, rastrové – ZABAGED®, poskytlo Povodí Ohře, státní podnik, 2012
- Výškopisná data DMR 4G, copyright ČÚZK, MO ČR, MZe ČR, 2010
- Geodetické zaměření – příčné profily, podélný profil, provedla firma Hydrossoft Veleslavín, 2011
- Výsledky hydraulické výpočtu nerovnoměrným prouděním (program Hydrocheck), 2012
- Hydrologická data: N-leté průtoky – ČHMÚ Plzeň 15.6.2011
- Hydrologické poměry ČSSR III. díl, HMÚ Praha, 1970
- Podrobný terénní průzkum zpracovatele, uskutečněný v srpnu až září 2011 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 236/2002 Sb. – o způsobu a rozsahu zpracování návrhu a stanovování záplavových území
- Geomorfologie Českých zemí, Jaromír Demek a kol., AC, 1965
- Vyšší geomorfologické jednotky České republiky, Český úřad zeměměřický a katastrální, Praha, 1996
- Metadata poskytnutá Zeměměřickým ústavem k aktuální verzi ZM 10, 2012
- Atlas podnebí ČSSR, ČHMÚ
- Wikipedie

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 4. generace DMR 4G od ČÚZK. Sestavení DMT proběhlo v softwaru společnosti ESRI v ArcGIS pomocí extenze 3D Analyst. DMT byl vygenerován ve formátu ESRI tin, který se převedl do formátu georeferencovaný tif s velikostí pixelu 2m x 2m.

3.1.2 Mapové podklady

Pro potřeby studie byla vybrána Základní mapa České republiky 1:10 000 (ZM 10) aktualizovaná Zeměměřickým úřadem v roce 2011. Jedná se o nejpodrobnější základní mapu středního měřítko.

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 pixlu v metrech pro dané rozlišení souboru. Předané soubory TIF mají rozlišení 3149x3149 (72DPI).

3.1.3 Geodetické podklady

Jak již bylo zmíněno v kapitole 1.4. bylo nutné provést úplně nové geodetické zaměření celé trati. Toto geodetické zaměření prováděla společnost Hydrossoft Velešavlín s.r.o. v průběhu srpna až listopadu 2011. Pro přesnější vynesení průběhu záplavových čar byla k dispozici data z leteckého snímkování DMR 4G, která poskytlo Povodí Ohře, státní podnik.

Jiné výškopisné podklady nebyly pro zpracování studie k dispozici.

3.2 Hydrologická data

Název hydrologického profilu: VD Skalka

Datum pořízení: 15.6.2011

Říční kilometr: 239,6 ř. km

Třída přesnosti dle ČSN 75 1400:

Velikost plochy povodí k profilu: 688,98 km²

Číslo hydrologického povodí: 1-13-01-0140-0-00 (Ohře)

N-leté průtoky: viz tabulka č. 3.1

N-leté průtoky porovnání: viz tabulka č. 3.2

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

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀	Třída přesnosti
VD Skalka	15.6.2011	239,6	136	200	282	373	

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

Vodní tok	N-leté průtoky (QN) v m ³ .s ⁻¹								datum předání
	1	2	5	10	20	50	100	500	
Ohře	71,4	96,8	136	166	200	246	282	373	15.6.2011
	70	95	133	163	196	241	277		červen 2006
%	2,00	1,89	2,26	1,84	2,04	2,07	1,81		

Z výše uvedené tabulky vyplývá (žlutě vyznačeno zvýšení průtoku), že hodnoty průtoků oproti původním hydrologickým datům vzrostly v průměru o 2 %, což samo o sobě by nebylo důvodem ke změně prezentace nad aktuálním rastrem. Hlavním důvodem bylo zcela nové zaměření tratě. Všechny záplavové čáry byly tedy vyneseny nad aktuálním rastrem spolu s novým zaměřením.

3.2.1. Hydrologické poměry a jejich interpretace ve výpočtovém modelu

Pro zpracování studie byly použity základní hydrologické údaje ČHMÚ. V souladu s podmínkami zadání provedl řešitel zpřesnění hydraulických výpočtů vložením profilů se změnami hydrologických údajů viz tab. č. 5. Tato data byla získána interpolací z výše uvedených údajů ČHMÚ podle dílčích ploch povodí. Uvedené údaje velkých vod byly uplatněny ve výpočtovém modelu prostřednictvím tzv. hodnot delta Q (dále jen dQ). Hodnoty delta Q jsou rozdíly příslušných průtoků v jednotlivých uvedených profilech a reprezentují tedy úbytky průtoků v nich. Tyto změny průtoků jsou uvedeny v psaném podélném profilu a jsou součástí výpočtového modelu Hydrocheck.

Tab. č. 3.3 Rekapitulace rozdělení hydrologických dat ve výpočtovém modelu

zdroj	Profil	od - do	N-leté průtoky (Q_N) v $m^3.s^{-1}$							
		ř.km	1	2	5	10	20	50	100	500
Q	VD Skalka	236,800 – 237,614	71,4	96,8	136	166	200	246	282	373
dQ ₁	nad Maškovským p.	237,614 – 238,880	70,1	95,1	133	163	196	242	277	366

V tomto případě byly interpolací získány hodnoty pro N-leté průtoky v profilu „nad Maškovským p.“, hodnoty v profilu „VD Skalka“ jsou základní hydrologické údaje ČHMÚ.

3.3 Místní šetření

Místní šetření probíhalo v srpnu až září 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.

Cílem místního šetření bylo:

- 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.
- posouzení drsnostních charakteristik. Cílem průzkumu bylo mimo jiné i 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} .
- posouzení morfologie terénu z pohledu průtoku Q_{500} . Bylo nutné rozhodnout, zdali bude nutné rozšiřovat profily původního modelu, či nikoliv. Ne vždy se celá se inundace podílí na průtoku. Na základě průzkumu byly některé profily v době sestavování modelu, proti původní studii rozšiřovány z výškopisu DMR 4G.
- posouzení objektů z pohledu průtoku 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.
- posouzení ohrožení zaplavovaného 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 Doplnující 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] ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže.
- [4] Zákon č. 240/2000 Sb. o krizovém řízení a změně některých zákonů (krizový zákon).
- [5] 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).
- [6] Vyhláška MŽP 236/2002 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území.
- [7] Vyhláška č. 178/2012 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků.
- [8] Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.

3.6 Vyhodnocení a příprava podkladů

Poskytnuté podklady plně pokryly zájmové území. Původní profily musely být místy rozšířeny, protože v původní studii nebyl řešen průtok Q_{500} . Pro rozšíření profilů bylo použito podkladu DMR 4G, jehož přesnost je pro potřeby modelu v okrajových částech inundace 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 Hydrossoft Veleslavín 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 nerovnoměrného 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 průsečíky hladin v profilech do mapy.

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 a aktivní zóna.

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 a aktivní zóny použity všechny měřené body v rámci TPE.

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 výsledné poloha hladiny vody v profilu.

Na základě fotodokumentace a poznámek získaných při rekognoskaci 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

ř. km 236,800 až 237,650 profily P01 až P06M – Cheb pod železničním mostem

Pod železničním mostem v Chebu je kapacita koryta Q_1 až Q_2 a již při Q_5 zde dochází k širokým rozlivům. ČOV je mimo dosah Q_{100} a její ochrana je s rezervou na povodeň větší. Přímou pod mostem na pravém břehu je několik nemovitostí na okraji záplavy Q_{100} , ale neměly by být při této povodni významně ohroženy.

ř. km 237,650 až 238,515 profily P06M až P16M – Centrum města

Kapacita koryta v centru města je na Q_{100} . Teprve při průtoku větším dojde k zaplavení průmyslové zóny na pravém břehu.

ř. km 238,515 až 238,880 profily P16M až P20M – Nad silničním mostem P16M

Na levém břehu, těsně nad mostem P16M je krátký úsek ve kterém dojde k rozlivu Q_{100} a ohrožení jedné nemovitosti. Ve zbytku úseku je koryto na Q_{100} kapacitní.

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 – P01, ř. km 236,80. Pro řešený úsek jsou k dispozici průtoky pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} . Jejich hodnoty jsou v následující tabulce č. 5.3. Hladiny k nim byly určeny z výsledků původní studie a lze je odečíst z výsledného výpočtového modelu.

Tab. č. 5.3 *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
profil P01, ř. km 236,80	20.064 –21.033	136	200	282	373	

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, ani jiné údaje.

6 Výstupy z modelu

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), úroveň levého a pravého břehu (břehová hrana) a dále úroveň spodní hrany mostovky mostních objektů. Profil je doplněn o poznámku, upřesňující umístění daného příčného řezu.

Psaný podélný profil je uveden na následující stránce.

Tab. č. 6.1 Hladiny N-letých průtoků

Profil	ř.km objektů	Kóta dna	Levý břeh	Pravý břeh	Z ₅	Q ₅	Z ₂₀	Q ₂₀	Z ₁₀₀	Q ₁₀₀	Z ₅₀₀	Q ₅₀₀	Kóta mostovky	Popis objektu
	[km]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m³/s]	[m n.m.]	[m³/s]	[m n.m.]	[m³/s]	[m n.m.]	[m³/s]	[m n.m.]	
P01	236,800	426,70	428,67	429,59	429,65	136,0	429,94	200,0	430,26	282,0	430,61	373,0		
P02	237,182	426,81	429,78	429,98	430,36	136,0	430,62	200,0	430,89	282,0	431,13	373,0		
P03	237,390	426,80	430,23	430,10	430,80	136,0	431,07	200,0	431,37	282,0	431,63	373,0		
P04	237,478	426,72	430,53	430,17	430,89	136,0	431,17	200,0	431,47	282,0	431,74	373,0		
P05	237,640	428,12	432,42	430,91	431,11	133,0	431,42	196,0	431,73	277,0	432,02	366,0		
P06M	237,650	427,88	432,12	432,93	431,11	133,0	431,42	196,0	431,73	277,0	432,02	366,0	440,00	Železniční most
P07	237,670	428,22	431,59	432,58	431,12	133,0	431,42	196,0	431,74	277,0	432,03	366,0		
P08	237,750	427,97	430,35	431,34	431,19	133,0	431,54	196,0	431,91	277,0	432,26	366,0		
P09	237,830	427,71	431,95	431,62	431,31	133,0	431,73	196,0	432,19	277,0	432,63	366,0		
P10J	237,860	428,79	435,49	435,48	431,39	133,0	431,80	196,0	432,26	277,0	432,65	366,0	435,46	Pevný jez s lávkou
P10Jh	237,870	428,83	432,77	432,23	431,44	133,0	431,86	196,0	432,33	277,0	432,73	366,0		
P11	237,900	428,94	432,88	432,34	431,60	133,0	432,04	196,0	432,53	277,0	432,95	366,0		
P12	238,010	428,85	432,95	431,98	431,65	133,0	432,10	196,0	432,59	277,0	433,01	366,0		
P13	238,140	428,84	434,27	432,49	431,68	133,0	432,14	196,0	432,65	277,0	433,08	366,0		
P14	238,338	428,96	432,65	432,41	431,79	133,0	432,26	196,0	432,76	277,0	433,17	366,0		
P15	238,480	429,00	432,65	432,97	431,92	133,0	432,41	196,0	432,93	277,0	433,36	366,0		
P16M	238,515	428,98	435,37	435,40	431,96	133,0	432,47	196,0	433,03	277,0	433,53	366,0		Silniční most
P17	238,525	428,97	432,12	432,38	431,96	133,0	432,47	196,0	433,03	277,0	433,53	366,0		
P18	238,620	428,80	432,50	430,92	432,05	133,0	432,59	196,0	433,17	277,0	433,67	366,0		
P19	238,770	429,41	435,08	432,52	432,13	133,0	432,66	196,0	433,21	277,0	433,69	366,0		
P20M	238,875	429,33	435,53	435,60	432,24	133,0	432,82	196,0	433,42	277,0	433,97	366,0		Silniční most
P21	238,880	429,33	435,23	435,10	432,24	133,0	432,82	196,0	433,42	277,0	433,97	366,0		

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

Z vypočítaných úrovní hladiny v jednotlivých profilech byl interpretován průběh záplavové čáry. Z tohoto znázornění a z průběhu hladin v podélném profilu je patrný rozsah zatápných ploch a objektů. Dále se tímto způsobem zjistí překážky průtoku, které působí patrné vzdutí hladiny, jejichž odstraněním nebo rekonstrukcí je možno rozsah zátop redukovat.

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 vylidminovat 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 výpočtem 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 profily 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 rozvlněná, 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.

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

Tab. č. 6.2 Dotčené správní území obcí maximálním rozlivem

Kód ORP	Název ORP	Kód ICOB	Název obce
4102	Cheb	554481	Cheb

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

Určení hloubek pro jednotlivé povodňové scénáře je provedeno v prostředí ArcGIS, jako rozdíl digitálního modelu hladiny a digitálního modelu terénu. Digitální model hladiny byl vytvořen lineární interpolací hladin mezi jednotlivými příčnými profily, které byly převzaty z hydraulického modelu. Výsledkem je rastr hloubek o velikosti pixlu 2 m x 2 m. Mapa hloubek se následně ořízne záplavovou čarou pro daný scénář.

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

Pro hodnocení rizik vznikly ve studii dva samostatné výstupy vypočtených rychlostí a to vrstva bodová a plošná. Bodová vrstva slouží pro zobrazení v mapě rychlostí jako informace o průměrné celoprofilové rychlosti. Tato informace je však pro hodnocení rizik bezcenná, proto vznikla vrstva plošného rozdělení rychlostí. Ta pak bude použita pro další hodnocení.

6.3.1 Bodová vrstva průměrných celoprofilových rychlostí

Při výpočtu nerovnoměrného proudění byly z výpočetního programu Hydrocheck exportovány pro jednotlivé profily a jednotlivé průtokové epizody průměrné celoprofilové rychlosti. Takto získaná hodnota rychlosti pak byla v GIS přiřazena jako bodová informace průsečíku daného příčného řezu a osy vodního toku. Pro každý profil a

jednu průtokovou epizodu tak byla získána informace o rychlosti, celkem tedy pro každý profil 4 hodnoty rychlosti ($Q_5 - Q_{500}$).

6.3.2 Plošné rozdělení rychlostí v inundaci

Program Hydrocheck pracuje se svislicovými rychlostmi a dokáže do mapy zobrazit rozdělení rychlostí v příčném řezu. Pokud umístění a hustota příčných řezů dostatečně popisuje záplavové území, lze poměrně přesně určit i plošné rozdělení rychlostí v inundaci zvláště, když je při posuzování k dispozici mapa hloubek. Plošné rozdělení rychlostí vychází z těchto předpokladů:

- nezajímá nás rychlost v korytě, ale pouze v inundaci
- pro hodnocení rizik nás nezajímá rychlost menší než 1 m/s
- rychlost je rozdělena po 0,5 m/s na kategorie 1,0 až 1,5 - 1,5 až 2,0 atd.

Na základě těchto předpokladů byly nad mapou vykresleny polygony rychlostí větších než 1 m/s. Tato plošná vrstva je podkladem pro další hodnocení rizik.

6.4 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 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 byť v řádu desítek procent se ve volné trati dramaticky neprojeví.