

---

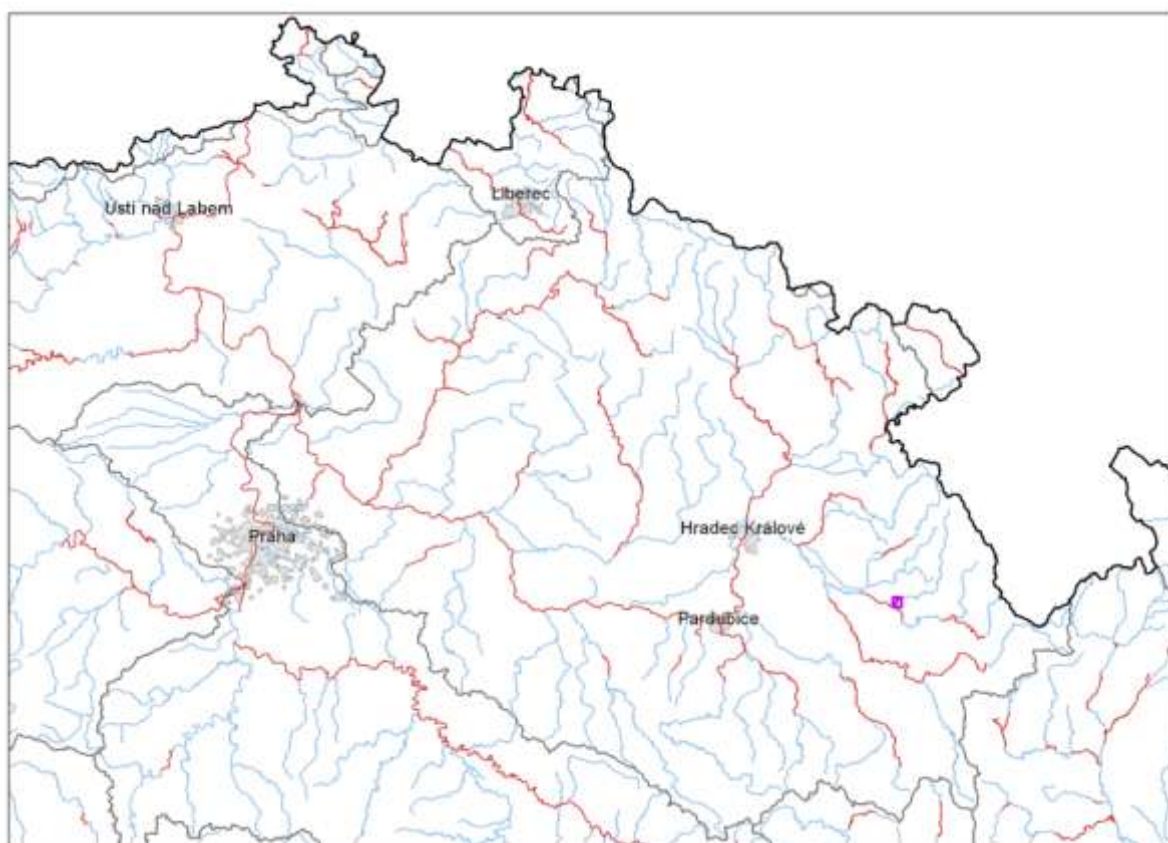
# TVORBA MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK V OBLASTI POVODÍ HORNÍHO A STŘEDNÍHO LABE A UCELENÉHO ÚSEKU DOLNÍHO LABE

DÍLČÍHO POVODÍ HORNÍHO A STŘEDNÍHO LABE

---

## B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

ZDOBNICE - 10100128\_1 - Ř. KM 0,000 - 3,799



PROSINEC 2012



---

# TVORBA MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK V OBLASTI POVODÍ HORNÍHO A STŘEDNÍHO LABE A UCELENÉHO ÚSEKU DOLNÍHO LABE

## DÍLČÍHO POVODÍ HORNÍHO A STŘEDNÍHO LABE

---

### Obsah:

<b>1</b>	<b>Základní údaje</b> .....	<b>4</b>
1.1	Seznam zkratk a symbolů .....	4
1.2	Cíle prací.....	4
1.3	Předmět práce .....	4
1.4	Postup zpracování a metoda řešení .....	4
<b>2</b>	<b>Popis zájmového území</b> .....	<b>6</b>
2.1	Všeobecné údaje .....	7
2.2	Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně) .....	7
<b>3</b>	<b>Přehled podkladů</b> .....	<b>8</b>
3.1	Topologická data.....	8
3.1.1	Vytvoření (aktualizace) DMT .....	8
3.1.2	Mapové podklady.....	8
3.1.3	Geodetické podklady .....	9
3.2	Hydrologická data .....	9
3.3	Místní šetření .....	9
3.4	Doplňující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura.....	10
3.5	Normy, zákony, vyhlášky .....	10
3.6	Vyhodnocení a příprava podkladů .....	10
<b>4</b>	<b>Popis koncepčního modelu</b> .....	<b>11</b>
4.1	Schematizace řešeného problému.....	11
4.2	Posouzení vlivu nestacionarity proudění.....	11
4.3	Způsob zadávání OP a PP.....	11
<b>5</b>	<b>Popis numerického modelu</b> .....	<b>12</b>
5.1	Použité programové vybavení.....	12
5.2	Vstupní data numerického modelu.....	12
5.2.1	Morfologie vodního toku a záplavového území.....	12
5.2.2	Drsnosti hlavního koryta a inundačních území .....	13
5.2.3	Hodnoty okrajových podmínek .....	13

5.2.4	Hodnoty počátečních podmínek .....	13
5.2.5	Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat .....	14
5.3	Popis kalibrace modelu .....	14
<b>6</b>	<b>Výstupy z modelu .....</b>	<b>14</b>
6.1	Záplavové čáry pro průtoky $Q_5$ , $Q_{20}$ , $Q_{100}$ a $Q_{500}$ .....	17
6.2	Hloubky pro průtoky $Q_5$ , $Q_{20}$ , $Q_{100}$ a $Q_{500}$ .....	17
6.3	Rychlosti pro průtoky $Q_5$ , $Q_{20}$ , $Q_{100}$ a $Q_{500}$ .....	17
6.4	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů .....	18
<b>7</b>	<b>Aktivní zóna záplavového území .....</b>	<b>18</b>
7.1	Primární AZZU .....	18
7.2	Rozšíření AZZU .....	18
7.3	Stanovení aktivní zóny.....	19

## 1 Základní údaje

### 1.1 Seznam zkratk a symbolů

Tabulkač.1 – Seznam zkratk a symbolů

Zkratka	Vysvětlení
1D model	Matematický model jednorozměrného proudění
AKM	Administrativní kilometráž Povodí Labe, státní podnik
Bpv	Výškový systém Balt po vyrovnání
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
DMT	Digitální model terénu
GIS	Geografický informační systém
PPO	Protipovodňová opatření
S_JTSK	Souřadný systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
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 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 při zajišťování vstupů pro sestavení hydraulického modelu bylo geodetické zaměření, které bylo poskytnuto pořizovatelem. Jedná se o zaměření Zdobnice z roku 2004 od firmy GEOŠRAFO s.r.o.

Po prostudování poskytnutých dat byl proveden terénní průzkum s cílem zjistit, zda poskytnutý rozsah geodetického zaměření je dostatečný pro hydraulické modelování a aktuální nebo bude třeba provést dodatečné zaměření. V průběhu terénního průzkumu byla pořízena nová fotodokumentace všech objektů na toku a vybraných profilů. Na základě místního šetření bylo původní zaměření rozšířeno a aktualizováno společností GEFOS a.s. z 5/2012. Dále byla použita letecká fotogrammetrie od společnosti GEOREAL, spol. s r.o. Letecké snímkování proběhlo v době s minimálním vegetačním pokryvem a to dne 12.11.2011. Digitální model terénu byl vytvořen pomocí letecké digitální fotogrammetrie, pomocí stereoskopického vyhodnocení byla vyhodnocena mřížka bodů a charakteristické povinné hrany terénu.

Od ČHMU 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 do ř.km 3.

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 4.1.0 včetně jeho nadstavby pro GIS GeoRAS.

Hydraulické charakteristiky proudění v zájmové oblasti toku byly simulovány matematickým modelem HEC – RAS 4.1.0 včetně jeho nadstavby pro GIS GeoRAS.

Hlavním podkladem pro generování vstupů pro HEC – RAS je digitální model terénu (DMT) ve formátu TIN. DMT zájmové oblasti byl sestaven z DMT - letecké fotogrammetrie, který byl zpřesněn o vymodelované dno koryta Zdobnice včetně objektů v korytě. Koryto Zdobnice bylo vystaveno mocí 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. Po importu do HEC – RAS proběhlo další upřesňování tvarů některých profilů podle poznatků z terénního průzkumu. 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 průtoku pro pásy příčného profilu mezi místy změn hodnot zadávaných drsností, Z dílčích hodnot modulů průtoku získává program hodnoty modulů průtoku pro levou a pravou inundaci. Tyto hodnoty pak přičítá k modulu průtoku 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 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.

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\_1

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

**Úsek toku: Vamberk ř.km 0,00 - 3,799 (rozsah modelu ř.km 0,000 – 4,314)**

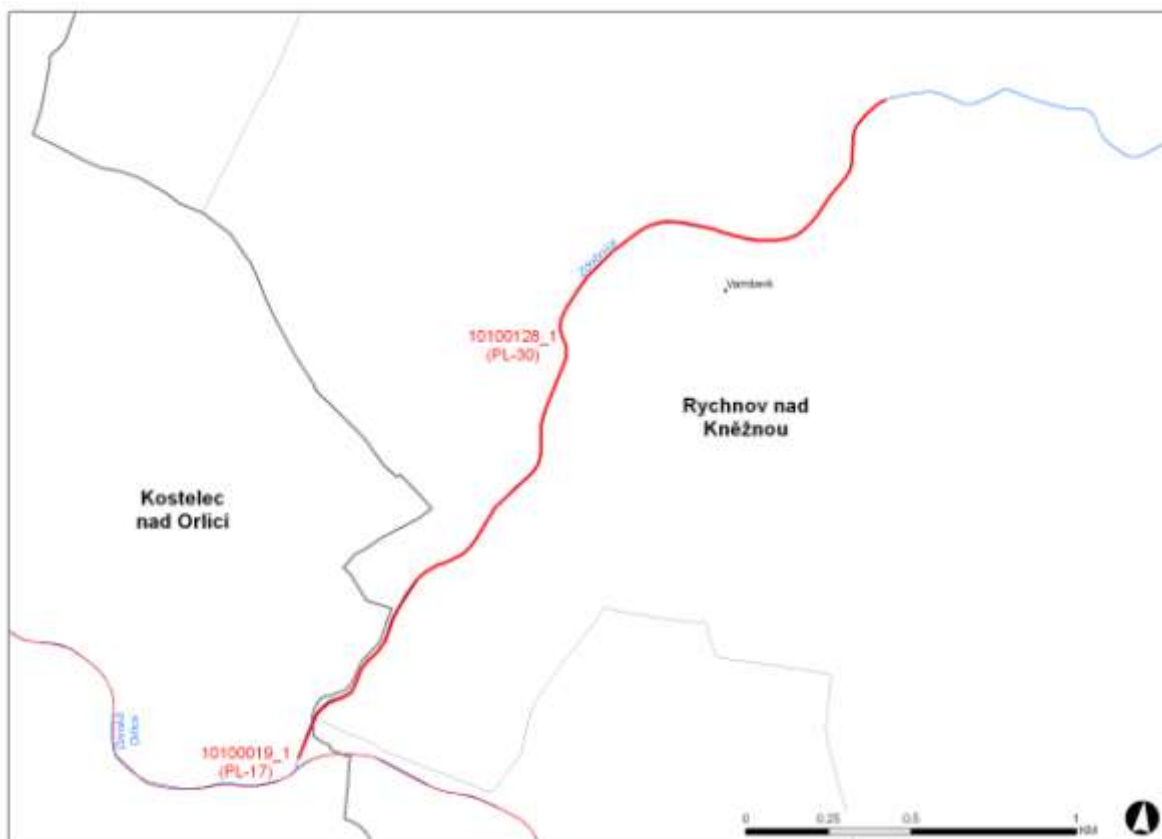
Významná vodní díla: V povodí Zdobnice nejsou významná vodní díla, která by ovlivnila významněji průběh povodní.

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 – Přehledná mapa řešeného území



Dotčené obce: Doudleby nad Orlicí, Vamberk

## 2.1 Všeobecné údaje

Posuzovaný úsek toku Zdobnice byl určen od ř.km 0,00 do ř.km 3,799 dle kilometráže poskytnuté pořizovatelem a přesně vymezen zadanými souřadnicemi S JTSK začátku a konce toku:

začátek úseku: X = 610 986; Y = 1 057 682

konec úseku: X = 609 216; Y = 1 055 693

**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 nábřežních 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)

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 [m <sup>3</sup> /s]	H [cm]	N - letost
30.5.1941	-	240	-
8.2.1946		200	
14.8.1948		196	
12.2.2002	46,1	187	> 5
9.3.2000	43,6	183	> 5
31.3.2006	23,5	148	> 1
8.7.1997	21,4	144	> 1

### 3 Přehled podkladů

V souladu s vyhláškou č. 236/2002 Sb. byly použity pro zpracování návrhu záplavového území tyto podklady.

- Základní mapy 1:10 000 – digitální, rastrové - ZAGAGED, poskytlo Povodí Labe, státní podnik.
- Výškopisná data získaná metodou letecké fotogrammetrie, která byla provedena firmou GEOREAL, spol. s r.o. v listopadu 2011
- 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, 2012
- 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. 257/2001 Sb. - o vodách
- Vyhláška MŽP 236/2002 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 letecké fotogrammetrie 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.

**Všechny souřadnice DMT jsou v polohopisném systému S\_JTSK a výškovém systému Bpv.**

##### 3.1.2 Mapové podklady

Pro potřeby studie byla použita Základní mapa České republiky 1:10 000 (ZM 10) aktualizovaná Zeměměřičským 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 pravouhlá 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 v r. 2004 – 2006 aktualizované 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 byla použita metoda letecké fotogrammetrie. Letecké snímkování a vyhotovení leteckých měřičských snímků provedla firma GEOREAL, spol. s r.o. Letecké snímkování proběhlo v době s minimálním vegetačním pokryvem a to dne 12.11.2011. Digitální model terénu byl vytvořen pomocí letecké digitální fotogrammetrie, pomocí stereoskopického vyhodnocení byla vyhodnocena mřížka bodů a charakteristické povinné hrany terénu.

**Všechny souřadnice jsou v polohopisném systému S\_JTSK a výškovém Bpv.**

## 3.2 Hydrologická data

Hydrologická data byla objednána od pobočky ČHMÚ Hradec Králové v profilech uvedených v tabulce níže.

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

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

Třída přesnosti dle ČSN 75 1400

## 3.3 Místní šetření

Místní šetření bylo provedeno v listopadu 2011, při kterém byla pořízena aktuální 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.

Při místním šetření také proběhla kontrola stávajícího geodetického zaměření, jestli nedošlo ke změně mostních objektů, jestli jsou objekty zaměřené v potřebné míře pro sestavení hydraulického modelu, jestli jsou zaměřené objekty a stavby, které mohou významně ovlivňovat proudění atd. Na základě tohoto bylo zajištěno geodetické doměření případně aktualizace zaměření.

### **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 rovinným územím přerušným 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 236/2002 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území.
- [4] Vyhláška č. 470/2001 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků.

### **3.6 Vyhodnocení a příprava podkladů**

Poskytnuté topologické a hydrologické podklady plně pokryly zájmové území.

## 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 4.1.0 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 prismatickým 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  $Q_{20}$  vybřežuje do široké zatravněné 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 průtoku. V místě významných přítoků, pro které jsou k dispozici hydrologické údaje, se zadává změna průtoku. 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 4.1.0 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. V roce 2000 byl dokončen vývoj nové verze programu, do které byl zařazen model neustáleného proudění HEC-UNET, dnes již ve verzi 4.1.0. Model umožňuje řešení stromových i okružních sítí přirozených otevřených koryt včetně příčných a podélných objektů na toku. Internetová adresa pro další informace je:

<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>

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 generování vstupů pro HEC – RAS je geometrický model terénu, tj. 3D říční síť s 3D souřadnicemi, které jsou vygenerované pomocí GeoRasu z digitálního modelu terénu v TIN., podrobnější popis, viz výše.

#### 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. Hydraulické drsnosti jsou zadávány 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 - 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 - 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 na základě úrovně hladiny v recipientu..

Tabulka - N-leté povodňové průtoky uvažované při hydraulickém řešení

Popis úseku	Úsek toku (ř.km)	Q <sub>5</sub>	Q <sub>20</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>500</sub>	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	-

Tabulka – Hladiny v m n.m pro dolní okrajovou podmínku

Popis úseku	Úsek toku (ř.km)	Q <sub>5</sub>	Q <sub>20</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>500</sub>	Poznámka
Soutok Zdobnice a Divoké Orlice	0,000	286,19	286,77	287,14	287,46	-

### 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 (úroveň hladin, hloubky, rychlosti) je dána superpozicí chyb dat a procesů vstupujících do celého systému. Míra nejistoty tak plyne především z chybných vstupních dat (nedostatečně popsaná 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 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) a je doplněn o poznámku, upřesňující umístění daného příčného řezu.

Tabulka 9 – Psaný podélný profil

ř.km	Úroveň dna [m n.m.]	Q <sub>5</sub> [m <sup>3</sup> /s]	H <sub>5</sub> [m n.m.]	Q <sub>20</sub> [m <sup>3</sup> /s]	H <sub>20</sub> [m n.m.]	Q <sub>100</sub> [m <sup>3</sup> /s]	H <sub>100</sub> [m n.m.]	Q <sub>500</sub> [m <sup>3</sup> /s]	H <sub>500</sub> [m n.m.]	Poznámka
0,002	284,23	52,8	286,58	88,8	287,07	145	287,33	214	287,57	
0,114	284,98	52,8	287,22	88,8	287,67	145	287,95	214	288,18	
0,120	285,00	52,8	287,27	88,8	287,70	145	287,97	214	288,17	
0,126	<b>ŽELEZNIČNÍ MOST MNÍŠEK JEV_ID: 400106742 AKM: 0,17 (F1)</b>									
0,126	285,21	52,8	287,31	88,8	287,76	145	288,11	214	288,49	
0,176	285,29	52,8	287,54	88,8	288,05	145	288,55	214	289,11	
0,182	<b>MOSTEK SIL DEZOLÁTNÍ JEV_ID: 400106743 AKM: 0,215 (F2)</b>									
0,182	285,31	52,8	287,58	88,8	288,07	145	288,58	214	289,13	
0,458	286,77	52,8	288,87	88,8	289,09	145	289,29	214	290,02	
0,764	288,73	52,8	290,90	88,8	291,58	145	292,04	214	292,14	
0,890	289,38	52,8	291,72	88,8	292,25	145	292,50	214	292,81	
1,066	290,42	52,8	292,49	88,8	293,10	145	293,56	214	293,85	
1,334	291,33	52,8	293,80	88,8	294,48	145	295,06	214	295,52	
1,494	292,29	52,8	294,80	88,8	295,50	145	296,11	214	296,57	
1,568	292,79	52,8	295,25	88,8	295,94	145	296,59	214	297,14	
1,574	292,85	52,8	295,27	88,8	295,95	145	296,55	214	297,11	
1,584	<b>MOST ŽLB VAMBERK VARETEX JEV_ID: 400106744 AKM: 1,542 (F3)</b>									
1,584	292,87	52,8	295,35	88,8	296,05	145	296,88	214	297,42	
1,702	293,33	52,8	295,99	88,8	296,67	145	297,37	214	297,88	
1,743	293,80	52	296,23	87,6	296,87	143	297,46	212	297,94	
1,761	295,44	52	296,17	87,6	296,90	143	297,51	212	298,01	
1,772	<b>MOST SILNIČNÍ 3X KLEMBA 1864 JEV_ID: 400106745 AKM: 1,805 (F4)</b>									
1,772	295,44	52	296,54	87,6	297,03	143	297,65	212	298,29	
1,804	294,81	52	296,74	87,6	297,15	143	297,64	212	298,26	
1,942	295,01	52	297,52	87,6	298,26	143	299,10	212	299,81	
2,092	295,51	52	297,92	87,6	298,72	143	299,59	212	300,37	

ř.km	Úroveň dna [m n.m.]	Q <sub>5</sub> [m <sup>3</sup> /s]	H <sub>5</sub> [m n.m.]	Q <sub>20</sub> [m <sup>3</sup> /s]	H <sub>20</sub> [m n.m.]	Q <sub>100</sub> [m <sup>3</sup> /s]	H <sub>100</sub> [m n.m.]	Q <sub>500</sub> [m <sup>3</sup> /s]	H <sub>500</sub> [m n.m.]	Poznámka
2,116	<b>JEZ VAMBERK I JEV_ID: 400339255 AKM: 2,15 (F5)</b>									
2,116	297,62	52	299,52	87,6	299,96	143	300,54	212	301,10	
2,185	297,95	52	300,01	87,6	300,49	143	301,02	212	301,55	
2,190	<b>LÁVKA JEV_ID: 400106747 AKM: 2,258 (F6)</b>									
2,190	297,97	52	300,04	87,6	300,53	143	301,27	212	302,17	
2,279	298,21	52	300,44	87,6	301,05	143	301,84	212	302,59	
2,282	<b>POTRUBNÍ LÁVKA JEV_ID: 400106748 AKM: 2,35 (F7, F8)</b>									
2,282	298,21	52	300,45	87,6	301,11	143	301,96	212	302,69	
2,462	299,18	52	301,17	87,6	301,86	143	302,54	212	303,21	
2,547	299,08	52	301,67	87,6	302,27	143	302,92	212	303,56	
2,552	<b>MOSTEK U ESAB JEV_ID: 400 106749 AKM: 2,58 (F10)</b>									
2,552	299,08	52	301,72	87,6	302,50	143	303,49	212	303,76	
2,806	300,24	52	302,76	87,6	303,51	143	304,26	212	304,75	
2,842	<b>JEZ VAMBERK II JEV_ID: 400144035 AKM: 2,87 (F11)</b>									
2,842	302,11	52	304,16	87,6	304,45	143	304,93	212	305,27	
2,869	302,60	52	304,60	87,6	304,85	143	305,07	212	305,48	
2,874	<b>MOST ŽELEZNIČNÍ VAMBERK JEV_ID: 400107202 AKM 2,895 (F12)</b>									
2,874	302,62	52	304,65	87,6	304,95	143	305,37	212	306,09	
2,908	302,63	52	304,88	87,6	305,38	143	306,05	212	306,89	
3,082	304,22	52	305,72	87,6	306,17	143	306,70	212	307,34	
3,244	304,23	52	306,70	87,6	307,21	143	307,84	212	308,46	
3,480	305,74	52	308,04	87,6	308,50	143	309,00	212	309,52	
3,790	308,41	52	310,55	87,6	311,03	143	311,34	212	311,72	
3,799	308,50	52	310,59	87,6	311,02	143	311,23	212	312,62	
3,810	<b>MOST SIL, PEKLO JEV_ID: 400107204 AKM: 3,81 (F16)</b>									



## 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 zatápených ploch a objektů. Dále se tímto způsobem zjistí překážky průtoku, které působí patrné vzduť hladiny, jejichž odstraněním nebo rekonstrukcí je možno rozsah zátop redukovat.

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 vyliditovat 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, při výpočtu bylo uvažováno s vegetací v plném vegetačním období.

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 toku.

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

Tabulka – 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

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

Určení hloubek pro jednotlivé povodňové scénáře je provedeno v HEC-RAS pomocí nadstavby GeoRAS, která je extensí ArcGIS. 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.

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

Při výpočtu nerovnoměrného proudění byly z výpočetního programu HEC-RAS exportovány pro jednotlivé profily a jednotlivé průtokové epizody průměrné průřezové rychlosti pro koryto a pravou a levou inundaci. Takto získané hodnoty rychlostí pak byly v GIS přiřazeny jako bodová informace daného příčného řezu.

## 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 neznámá 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 profily v příčném řezu, naopak chybný odhad drsnosti byt v řádu desítek procent se ve volné trati dramaticky neprojeví.

## 7 Aktivní zóna záplavového území

Aktivní zóna záplavového území (dále též „AZZU“) je definována Vyhláškou Ministerstva životního prostředí č. 236/2002 Sb., „o způsobu a rozsahu zpracování návrhu a stanovování záplavových území“ jako „území v zastavěných územích obcí a v územích určených k zástavbě podle územních plánů, jež při povodni odvádí rozhodující část celkového průtoku, a tak bezprostředně ohrožuje život, zdraví a majetek lidí“.

Aktivní zóna se podle této vyhlášky stanovuje pro ustálený průtok odpovídající  $Q_{100}$ .

Stanovení AZZU se tedy stává velmi účinným preventivním nástrojem pro snížení povodňových škod. Zbývající část záplavového území mimo aktivní zónu, se nepodílí výraznou měrou na přímém provádění povodňových průtoků, ale při vyšších povodňových stavech je povodni zasažena. Pro tuto oblast vodní zákon neukládá žádná omezení, ale vodoprávní úřad může stanovit omezující podmínky pro její využívání a rozvoj.

### 7.1 Primární AZZU

Metodika stanovení primárních AZZU vychází ze základních zákonitostí proudění vody v otevřených korytech za podmínek ustáleného nerovnoměrného proudění a ze základních pravidel řešení ochrany před povodněmi. Primární AZZU lze definovat dle několika pravidel, která jsou platná obecně.

- Primární AZZU je vždy vlastní koryto hlavního toku v šířce definované břehovými hranami (nejedná se o definici koryta ve smyslu zákona o vodách).
- Všechny vedlejší paralelní permanentní vodoteče, derivační, či jiné kanály a zaústění přítoků hlavního toku jsou vždy definované jako primární AZZU v šířce určené břehovými hranami.
- V případě, že se jedná o tok ohrázený příbřežními hrázemi chránícími před povodněmi dimenzovanými na  $Q_{100}$ , jsou tyto hráze současně hranicí AZZU.
- Linie existujícího průběžného mobilního hrzení podél toku s kapacitou na  $Q_{100}$  tvoří hranici AZZU.

### 7.2 Rozšíření AZZU

S přihlédnutím k tomu, že lze odlišit mnoho typů toků a jejich niv s rozlišnou charakteristikou inundačních území a poměrů proudění vody v nich, není možné stanovit jednotnou metodiku stanovení AZZU pro všechny tyto říční

typy. Na základě analýzy nejběžnějších typů toků, které se vyskytují v ČR, byly definovány čtyři základní přístupy řešení AZZU:

- A) Stanovení rozšířené AZZU podle záplavových území,
- B) Stanovení rozšířené AZZU podle parametrů proudění,
- C) Stanovení rozšířené AZZU podle rozdělení měrných průtoků,
- D) Stanovení rozšířené AZZU detailní 2D studií.

Každý vodní tok, pro který se vymezuje AZZU, je nutno klasifikovat a zvolit pro něj jeden nebo kombinaci z doporučených výpočetních postupů.

### 7.3 Stanovení aktivní zóny

Vymezení aktivní zóny záplavového území bylo zhotoveno na základě kombinace přístupu stanovení podle záplavového území dvacetileté vody a závislosti na součinu hloubky a rychlosti vody při stoletém průtoku.

Závislost AZZU na součinu hloubky a rychlosti nejlépe vystihuje následující graf sestavený dle Finka – Bewicka. Aktivní zóna představuje oblast proudění při  $Q_{100}$ , když hloubka vody je rovna nebo větší 1,5 m, rychlost vody je rovna nebo větší 1,5 m/s, nebo součin těchto dvou veličin je větší nebo roven 0,75.



Obr. 1 Stanovení aktivní zóny záplavového území v závislosti na hloubce a rychlosti proudění podle Finka a Bewicka.