

---

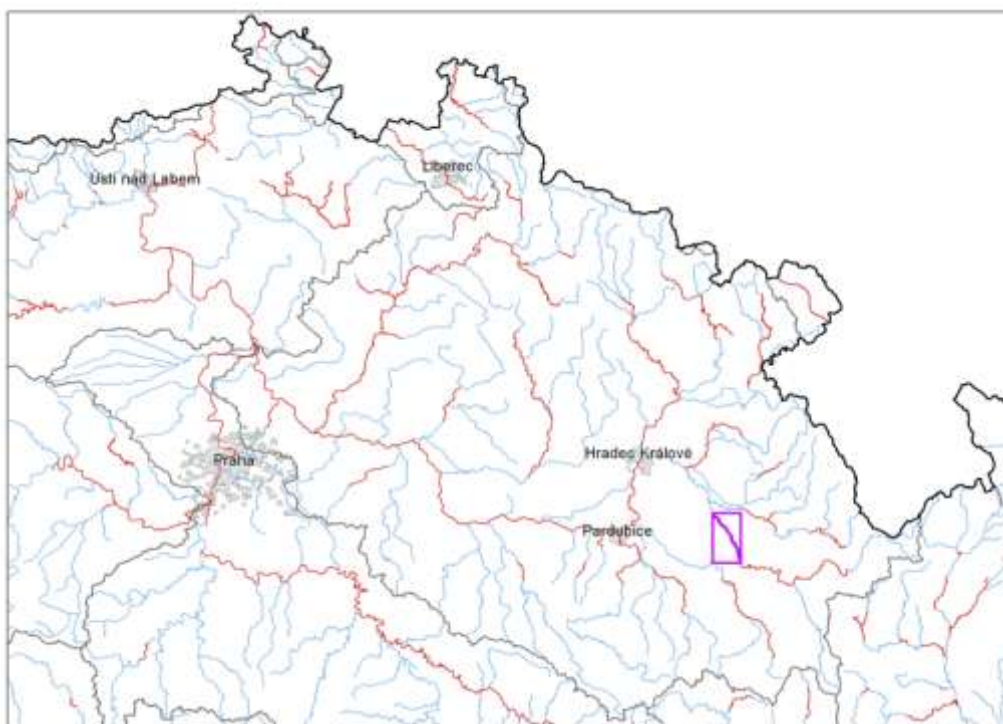
# TVORBA MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK V OBLASTI POVODÍ HORNÍHO A STŘEDNÍHO LABE A UCELENÉHO ÚSEKU DOLNÍHO LABE

DÍLČÍHO POVODÍ HORNÍHO A STŘEDNÍHO LABE

---

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

TICHÁ ORLICE - 10100023\_1 - Ř. KM 4,391 – 14,381



PROSINEC 2012

---

## 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>7</b>
2.1	Všeobecné údaje	9
2.2	Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)	9
<b>3</b>	<b>Přehled podkladů</b>	<b>11</b>
3.1	Topologická data	11
3.1.1	Vytvoření (aktualizace) DMT	11
3.1.2	Mapové podklady	11
3.1.3	Geodetické podklady	12
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
<b>4</b>	<b>Popis koncepčního modelu</b>	<b>14</b>
4.1	Schematizace řešeného problému	14
4.2	Posouzení vlivu nestacionarity proudění	14
4.3	Způsob zadávání OP a PP	14
<b>5</b>	<b>Popis numerického modelu</b>	<b>15</b>
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	16
5.2.3	Hodnoty okrajových podmínek	16
5.2.4	Hodnoty počátečních podmínek	16
5.2.5	Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat	16
5.3	Popis kalibrace modelu	17
<b>6</b>	<b>Výstupy z modelu</b>	<b>17</b>
6.1	Záplavové čáry pro průtoky $Q_5$ , $Q_{20}$ , $Q_{100}$ a $Q_{500}$	21
6.2	Hloubky pro průtoky $Q_5$ , $Q_{20}$ , $Q_{100}$ a $Q_{500}$	21
6.3	Rychlosti pro průtoky $Q_5$ , $Q_{20}$ , $Q_{100}$ a $Q_{500}$	21
6.4	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	22

<b>7</b>	<b>Aktivní zóna záplavového území .....</b>	<b>22</b>
7.1	Primární AZZU .....	22
7.2	Rozšíření AZZU .....	22
7.3	Stanovení aktivní zóny .....	23

## 1 Základní údaje

### 1.1 Seznam zkratek a symbolů

Tabulkač.1 – Seznam zkratek a symbolů

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

### 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 poskytnuté pořizovatelem. Jedná se o zaměření Tiché Orlice v rozsahu soutok – Choceň z roku 2010 od firmy GEOŠRAFO s.r.o.

Po prostudování poskytnutých dat byl proveden terénní průzkum s cílem zjistit, zda poskytnutý rozsah geodetického zaměření je aktuální a dostatečný pro hydraulické modelování 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 shledáno původní zaměření za dostatečné a nebylo nutné provést dodatečné zaměření.

Od ČHMÚ byla objednána aktuální hydrologická data (N-leté průtoky). Na žádost pořizovatele jsou pro výpočet použita ovlivněná hydrologická data pro scénáře  $Q_5$ ,  $Q_{20}$  a  $Q_{100}$ , která byla zpracována v souladu s Metodikou pro změnu N-letých průtoků vlivem protipovodňových opatření zpracovanou VUV TGM, v.v.i. Hodnoty průtoků  $Q_{500}$  byly použity od ČHMÚ.

### Sestavení hydraulického modelu.

Na řece Tiché Orlici jsou vymezeny 3 oblasti s potenciálně významným povodňovým rizikem a to v rozsahu od ř.km 5,0 až do ř.km 72,0. Tyto 3 oblasti na sebe navzájem navazují a jedná se konkrétně o úseky toků PL-16-1 ř.km 5,0 - 25,0, PL-16-2 ř.km 25,0 - 68,0 a PL-16-3 ř.km 68,0 - 72,0.

Hydraulické modely nebyly sestaveny přesně v rozsahu jednotlivých oblastí s potenciálně významným povodňovým rizikem, ale byly rozděleny na tři přibližně stejně dlouhé úseky, které byly voleny s ohledem na vhodné umístění horních okrajových podmínek a na umístění kalibračních značek. Celý řešený úsek Tiché Orlice, tj. od ř.km 5,0 do ř.km 72,0 je popsán třemi hydraulickými modely v těchto rozsazích:

úsek 1	Borohrádek - Choceň	ř.km 4,087 - řkm 30,356
úsek 2	Choceň - Černovír	ř.km 30,356 - ř.km 53,569
úsek 3	Černovír - Verměřovice	ř.km 53,569 - ř.km 71,403

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 dat letecké fotogrammetrie a bodů 5G, který byl zpřesněn o vymodelované dno koryta Tiché Orlice včetně objektů v korytě. Koryto Tiché Orlice 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. 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 ze znalostí 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: Tichá Orlice

ID úseku IDVT CEVT: 10100023\_1

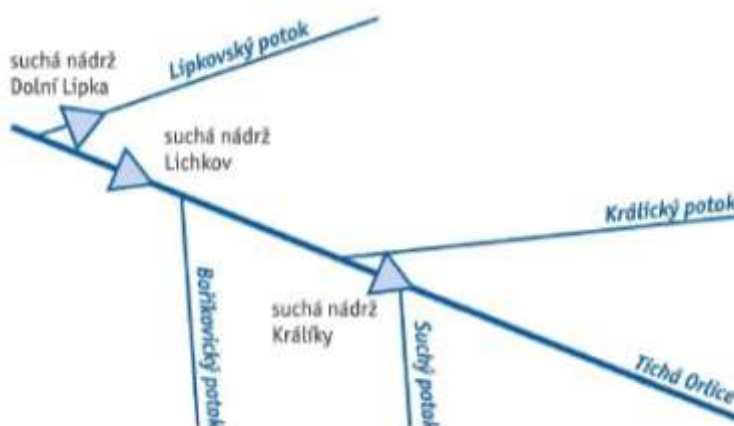
Číslo hydrologického pořadí toku: 1-02-02-075; 1-02-02-082; 1-02-02-077; 1-02-02-069; 1-02-02-083, 1-02-02-079; 1-02-02-080; 1-02-02-074; 1-02-02-081; 1-02-02-078; 1-02-02-073; 1-02-02-068; 1-02-02-066; 1-02-02-076; 1-02-02-065; 1-02-02-067

**Úsek toku: Borohrádek – Choceň ř.km 5,00 - 25,00**

Významná vodní díla:

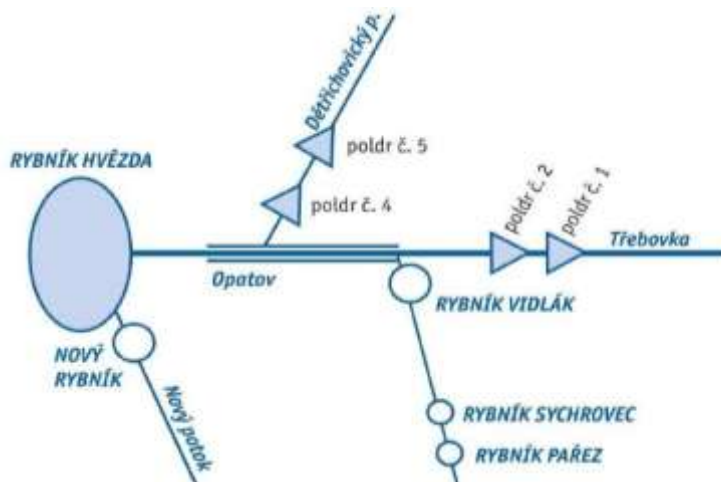
V řešeném úseku se nenacházejí žádná významná díla. Ale je zde nutné zmínit díla, která se nacházejí výše na toku. V horním povodí Tiché Orlice byly v roce 2007 dokončeny dvě suché nádrže, první na Tiché Orlici pod Králíky - suchá nádrž Králíky, a druhá na Lipkovském potoce před soutokem s Tichou Orlicí - suchá nádrž Dolní Lipka. Koncem sedmdesátých let 20. století byla na Tiché Orlici vybudována první suchá nádrž nad soutokem s Lipkovským potokem - suchá nádrž Lipkov.

Obrázek 1 – Soustava retenčních nádrží v povodí Tiché Orlice



V povodí Třebovky, která je jedním z hlavních přítoků Tiché Orlice, je v horní části povodí vybudována soustava suchých retenčních nádrží, které spolu s rybníkem Hvězda výrazně snižují povodňové průtoky.

Obrázek 2 – Soustava retenčních nádrží v povodí Třebovky



Významné přítoky: Čermná (levostranný přítok nad Čermnou nad Orlicí), Skořenický potok (pravostranný přítok nad Plchovicemi)

Popis zájmového území je převzat z knihy Po řekách krajinou a časem, kterou vydalo Povodí Labe, státní podnik.

Tichá Orlice je ze dvou zdrojnic řeky Orlice, pramení na západním svahu Jeřábu a teče západním směrem podhůřím Orlických hor k Mladkovu, kde se otáčí k jihu. Z Letohradu několikrát mění směr až k Chocni, kde se obrací na severozápad, a tímto směrem teče Třebechovickou tabulí, širokým a plochým údolím, až k soutoku s Divokou Orlicí u Albrechtic nad Orlicí.

Zájmové území tohoto úseku se rozkládá mezi Chocní a Borohrádkem. Pod Chocní se řece otevírá údolí široké až dva kilometry, obklopené nízkými písčitymi lavicemi a plné štěrkopísčitych náplavů, ve kterých Tichá Orlice vytváří typické meandry. V okolí řeky je zachováno několik odstavených ramen. Vesnice a osady v tomto říčním úseku byly zakládány v dostatečné vzdálenosti od řeky, až za hranici meandrového pásu, protože se Tichá Orlice z mělkého koryta často vylévá. Plchovice, první obec pod Chocní, která se rozkládá na pravém břehu Tiché Orlice, bývá často sužována povodněmi. V současné době se realizuje protipovodňová ochrana obce na Q100, která je tvořena kombinací železobetonové zdi a mobilního hrazení. Mezi Plchovicemi a Čičovou je dnes řeka lemována rozsáhlými chatovými osadami. Další obcí rozkládající se na obou březích Tiché Orlice je Čermná nad Orlicí. V obci se nachází válcový jez a limnigrafická stanice. Posledním městem v zájmovém území rozkládající se rovněž na obou březích řeky je město Borohrádek Nad Borohrádkem stojí velký jez s dlouhým mlýnským náhonem. Pod Borohrádkem se meandrový pás řeky rozšiřuje. Tichá Orlice mívá Žďár nad Orlicí. Poslední úsek cesty k soutoku se svou divočejší jmenovkyní lemují zbytky zazemněných meandrů z bývalých říčních ramen. Soutok Orlic nad Albrechticemi nad Orlicí je tichý a klidný.“

*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
Významná vodní díla:	zdroj ZM10, Soustava retenčních nádrží v povodí Tiché Orlice - Povodí Labe, státní podnik Soustava retenčních nádrží v povodí Třebovky - Povodí Labe, státní podnik
Významné přítoky:	zdroj ZM10
Popis zájmového území:	Po řekách krajinou a časem, Putování řekami ve správě Povodí Labe, státní podnik; Vydalo Povodí Labe, státní podnik ve spolupráci s vydavatelstvím GARAMON s.r.o.
Dotčené obce:	Čermná nad Orlicí, Borohrádek, Kostelecké Horky



## 2.1 Všeobecné údaje

V intravilánech měst a obcí je koryto zpravidla opevněné. V extravilánech se jedná o přirozené koryto vodního toku výrazně meandrující se širokými inundacemi. Podrobnější popis je uveden v kapitole výše.

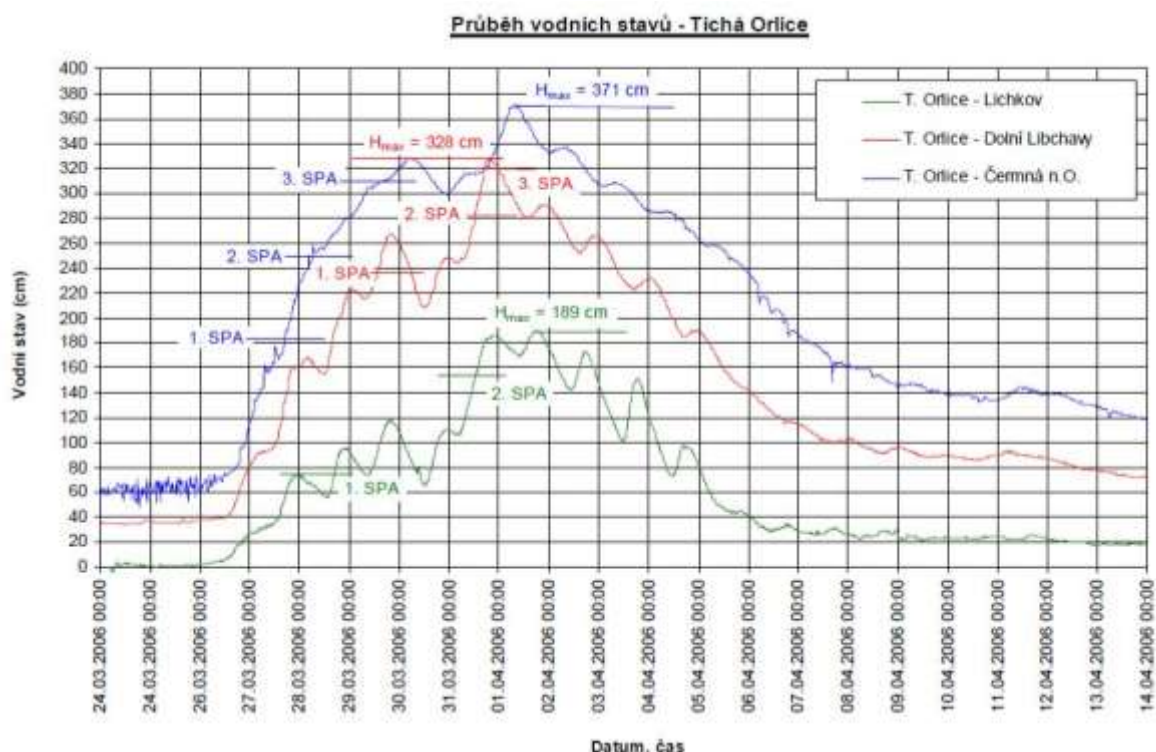
## 2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

Povodí řeky Tiché Orlice bylo z historických podkladů často sužováno povodněmi (letními z vydatných srážek – červen, červenec a při tání sněhu s deštěm – únor, březen).

Nejvýznamnější povodeň kulminovala v korytě Tiché Orlice v červenci 1997, která byla vyhodnocena jako větší než  $Q_{100}$ . V profilu limnigrafické stanice Čermná nad Orlicí na ř.km 11,00 byl 9.7.1997 zaznamenán vodní stav 481 cm a průtok  $250 \text{ m}^3/\text{s}$  (zdroj Závěrečná souhrnná zpráva o červencových povodních 1997 za ucelené povodí Labe).

Další významná povodeň proběhla v březnu 2006 způsobená táním sněhu. Z vyšších poloh bylo tání pozvolné a omezené. Daleko intenzivnější bylo ze středních a zejména nižších poloh. Tomu odpovídají i zaznamenané kulminace povodňového průtoku v měrných profilech na toku, jejichž dlouhodobá četnost výskytu se směrem po toku snižuje. V horním úseku v profilu Lichkov dosáhl kulminační průtok  $19 \text{ m}^3/\text{s}$  hodnoty  $Q_1$ , ve středním úseku v Dolních Libchavách byl kulminační průtok  $103 \text{ m}^3/\text{s}$  v rozmezí  $Q_5$  až  $Q_{10}$  a v dolním úseku toku v profilu Čermná nad Orlicí byl průtok  $171 \text{ m}^3/\text{s}$  již v úrovni  $Q_{20}$  -  $Q_{50}$ . Uvedené průtoky odpovídají vodním stavům, které znamenaly překročení 2. SPA v profilu Lichkov a 3. SPA v profilech Dolní Libchavy i Čermná nad Orlicí (zdroj Zpráva o povodni v březnu 2006 v oblasti povodí Horního a středního Labe a na vlastním toku Labe v oblasti povodí Ohře a Dolního Labe (24.3. – 13.4.2006))

Obrázek 4 – Průběh vodních stavů na Tiché Orlici při povodni v roce 2006



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

Tabulka 2 – záznam max. povodní – LGS Čermná nad Orlicí

LGS Čermná nad Orlicí ř.km 11,00			
datum kulminace	Q [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	H [cm]	N - letost

09.07.1997	250	481	>100
01.04.2002	171	371	20-50

### 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 - ZAGAGED, poskytlo Povodí Labe, státní podnik.
- Výškopisná data získaná metodou letecké fotogrammetrie v přílehlém pásu vodního toku, která byla provedena firmou GEOREAL spol. s.r.o. v listopadu 2011
- Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G), ČÚZK, 2012
- Geodetické zaměření provedené firmou Geošrafo, s.r.o. v září 2010
- Hydrologická data: n-leté průtoky - ČHMÚ Hradec Králové, 2012
- Měrná křivka limnigrafické stanice Černá nad Orlicí, v platnosti od 1.3.2010
- Manipulační řády objektů na toku poskytnuté Povodím Labe, státní podnik
- Podrobný terénní průzkum zpracovatele, uskutečněný v listopadu 2011, zaměřený na zmapování stavu koryta, inundací a objektů na toku
- Tichá Orlice, Plchovice, Protipovodňová ochrana obce, zpracovalo Povodí Labe, státní podnik, srpen 2012
- Vyhláška MŽP 236/2002 Sb. – o způsobu a rozsahu zpracování návrhu a stanovování 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 DMR 5G, 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 zjednodušení 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 bezešvá 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 z roku 2010 zpracováno firmou Geošrafo s.r.o. pro potřeby Povodí Labe, státní podnik. Rozsah zaměření bylo provedeno od soutoku s Divokou Orlicí až po Choceň (ř.km 0,00 – 26,00).

Dalším podkladem pro tvorbu DMT byla použita data z letecké fotogrammetrie. Letecké snímování a vyhotovení leteckých měřičských snímků provedla firma GEODIS BRNO, spol. s.r.o. Letecké laserové skenování proběhlo v době s minimálním vegetačním pokryvem dne 19.12.2011 a v rozsahu od ř.km 6,970 až do konce řešeného úseku. Výsledkem snímování je mračno bodů ve čtvercové síti 2 x 2m, které je odfiltrované od budov a vegetace.

Pro území Borohrádku v rozsahu ř.km 4,0865 – 6,970 bylo pro DMT 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 s úplnou střední chybou výšky 0,14 m.

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

## 3.2 Hydrologická data

Hydrologická data byla objednána ČHMÚ v profilech uvedených v tabulce níže. Na žádost pořizovatele byly do výpočtu použity pro  $Q_5$  až  $Q_{100}$  hodnoty ovlivněných průtoků vlivem protipovodňových opatření v horním povodí Tiché Orlice a v povodí Třebovky. Takto přepočtená data byla předána v profilech Malá Čermná, pod Třebovkou, nad Třebovkou, pod Čermnou a nad Čermnou. Ve zbylých profilech byly hodnoty dopočteny. Hodnoty pro  $Q_{500}$  jsou z neovlivněné řady průtoků.

Tabulka 3 - 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
Malá Čermná		11,004	96,1	152,0	229,0	335,0	-

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 Tiché Orlice.

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 zjištěno, že stávající zaměření je vyhovující a že není potřeba provádět geodetické doměření.

#### **Charakter území:**

Koryto vodního toku je přirozené, v extravilánech silně meandrující. Břehy jsou většinou lemovány vzrostlými stromy, svahy jsou porostlé křovisky a hustými travinami, vyjma intravilánu, kde se jedná o udržovaný travní porost.

Inundační území je v intravilánu měst a obcí tvořeno budovami a objekty občanského, zemědělského a průmyslového charakteru, travními a ostatními volnými plochami (hřiště, parkoviště, parky). V blízkosti měst, obcí a vesnic se při březích Tiché Orlice nacházejí zahrádkářské kolonie a chatové osady. V extravilánu je ZÚ tvořeno rozlehlými poměrně rovinnými plochami – jedná se o zemědělsky obhospodařované pole, louky a lesní porost.

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

Povodí Labe, státní podnik poskytl zpracovateli manipulační řády těchto vodních děl na toku: jez Borohrádek, jez Čermná, jez Čičová, jez Korunka, jez Újezd u Chocně.

Pro obec Plchovice, kde v současné době probíhá stavba protipovodňové ochrany, Povodí Labe, státní podnik poskytl situační vedení PPO, příčné a podélné řezy PPO.

### **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 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 Tiché Orlice poměrně významný. V úseku Choceň – Borohrádek dochází k vyběžování při  $Q_5$ ; při vyšších povodňových průtocích jsou zaplavována rozsáhlá inundační území, která samozřejmě mají vliv na transformaci povodňové vlny.

Výše uvedená úvaha je však vzhledem k řešené úloze irelevantní. Hydrologická data ČHMÚ (N-leté průtoky) jsou výsledkem metod, které se nezabývají postupem povodňové vlny daným územím, její transformací. Hydrologické metody pro stanovení N-letých průtoků vycházejí z pravděpodobnostních analýz dlouhodobých řad pozorovaných vodních stavů (a z nich odvozených průtoků) v konkrétních profilech na toku, bez vazby na průběh (nestacionaritu) té povodňové události v zájmovém území.

Použitá hydrologická data N-leté průtoky ( $Q_5 - Q_{100}$ ) jsou ovlivněna transformačním účinkem soustavou retenčních nádrží v horním povodí Tiché Orlice a v povodí Třebovky.

### 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 proti proudu a je použita administrativní kilometráž správce vodního toku (toto staničení nesouhlasí se staničením hydraulického modelu).

ADM ř.km 6,0	silniční most Borohrádek
ADM ř.km 8,376	jez Borohrádek
ADM ř.km 9,726	most
ADM ř.km 11,06	silniční most Čermná
ADM ř.km 11,445	jez Čermná
ADM ř.km 12,73	silniční most Čičová
ADM ř.km 13,658	jez Čičová

### 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 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 <sub>5</sub>	Q <sub>20</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>500</sub>	Poznámka
pod Borohrádkem až k zaústění Skořenického potoka	4,086 - 20,623	96,1	152,0	229,0	335,0	

Tabulka 7 - 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
pod Borohrádkem	4,086	253,03	253,13	253,36	253,55	

### 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 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

Hydraulický model byl kalibrován na dosud největší povodňovou událost na Tiché Orlicí a to na povodeň z července 1997, která byla vyhodnocena jako větší než Q100. Průtok ve stanici Čermná nad Orlicí byl vyhodnocen hodnotou 250 m<sup>3</sup>/s.

Tabulka 8 - Kalibrace modelu

ř. km	Lokalizace kalibračního bodu	Výška srovnávací hladiny (m n. m.)	Výška vypočítané hladiny (m n. m.)	Rozdíl (m)
5,958	Borohrádek – přečerpávací stanice na ČOV	256,48	256,37	- 0,11
6,262	Borohrádek – silniční most	257,16	257,14	- 0,02
11,027	Čermná nad Orlicí – měrná křivka	261,48	261,61	+ 0,13
11,039	Čermná nad Orlicí – pekařství čp.126	262,05	261,93	- 0,12
13,337	Čičová – mlýn Korunka	265,96	265,92	- 0,04

### 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

Staničení [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
4,391	249,10	96,1	253,64	152,0	253,73	229,0	253,98	335,0	254,20	
4,727	249,31	96,1	254,17	152,0	254,25	229,0	254,52	335,0	254,79	
4,852	249,42	96,1	254,32	152,0	254,41	229,0	254,70	335,0	254,99	
5,017	249,55	96,1	254,46	152,0	254,57	229,0	254,87	335,0	255,18	
5,129	250,63	96,1	254,57	152,0	254,68	229,0	254,99	335,0	255,31	
5,317	250,29	96,1	254,75	152,0	254,97	229,0	255,32	335,0	255,70	
5,463	251,12	96,1	254,90	152,0	255,20	229,0	255,60	335,0	256,05	
5,749	251,33	96,1	255,22	152,0	255,53	229,0	255,96	335,0	256,46	
5,815	251,12	96,1	255,28	152,0	255,59	229,0	256,02	335,0	256,53	
5,905	250,90	96,1	255,38	152,0	255,72	229,0	256,16	335,0	256,63	
5,939	250,81	96,1	255,39	152,0	255,73	229,0	256,17	335,0	256,66	
5,958	250,83	96,1	255,42	152,0	255,80	229,0	256,27	335,0	256,75	
6,049	250,69	96,1	255,54	152,0	256,00	229,0	256,52	335,0	257,02	
6,128	251,20	96,1	255,64	152,0	256,13	229,0	256,68	335,0	257,10	
6,230	251,43	96,1	255,76	152,0	256,30	229,0	256,89	335,0	257,18	
6,262	251,32	96,1	255,81	152,0	256,38	229,0	256,99	335,0	257,20	
6,271										ŽB most Borohrádek jev_ID:400043726 AKM: 6,202 (F2)
6,272	251,32	96,1	255,82	152,0	256,39	229,0	257,01	335,0	257,21	
6,284	251,06	96,1	255,83	152,0	256,41	229,0	257,12	335,0	257,21	
6,402	251,71	96,1	255,94	152,0	256,54	229,0	257,20	335,0	257,27	
6,513	251,88	96,1	256,02	152,0	256,60	229,0	257,25	335,0	257,32	
6,685	251,89	96,1	256,17	152,0	256,71	229,0	257,35	335,0	257,46	
6,798	252,15	96,1	256,24	152,0	256,79	229,0	257,43	335,0	257,59	

TVORBA MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK V OBLASTI POVODÍ HORNÍHO A STŘEDNÍHO LABE A UCELENÉHO ÚSEKU DOLNÍHO LABE  
 B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

Staničení [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
6,847	252,23	96,1	256,28	152,0	256,83	229,0	257,48	335,0	257,68	
7,060	252,16	96,1	256,35	152,0	256,96	229,0	257,59	335,0	257,84	
7,157	252,40	96,1	256,46	152,0	257,03	229,0	257,64	335,0	257,91	
7,453	252,88	96,1	256,68	152,0	257,17	229,0	257,74	335,0	258,05	
7,565	252,98	96,1	256,76	152,0	257,23	229,0	257,79	335,0	258,11	
8,146	253,23	96,1	257,18	152,0	257,60	229,0	258,10	335,0	258,46	
8,302	253,68	96,1	257,28	152,0	257,70	229,0	258,19	335,0	258,54	
8,399	253,96	96,1	257,41	152,0	257,81	229,0	258,29	335,0	258,60	
8,466	253,66	96,1	257,49	152,0	257,89	229,0	258,36	335,0	258,64	
8,508										stavidlový jez Borohrádek jev_ID:400043730 AKM: 8,376 (F3)
8,524	255,43	96,1	257,79	152,0	257,89	229,0	258,36	335,0	258,64	
8,745	255,43	96,1	258,42	152,0	258,50	229,0	258,86	335,0	258,96	
9,018	255,75	96,1	258,81	152,0	258,95	229,0	259,32	335,0	259,39	
9,188	255,92	96,1	258,99	152,0	259,18	229,0	259,53	335,0	259,72	
9,399	256,06	96,1	259,19	152,0	259,41	229,0	259,75	335,0	259,98	
9,915	255,90	96,1	259,67	152,0	259,93	229,0	260,27	335,0	260,49	
9,916										most ocelový Borohrádek jev_ID:400043738 AKM: 9,720 (F4)
9,917	255,90	96,1	259,70	152,0	259,95	229,0	260,28	335,0	260,51	
10,157	256,72	96,1	259,91	152,0	260,17	229,0	260,51	335,0	260,76	
10,457	256,89	96,1	260,20	152,0	260,48	229,0	260,80	335,0	261,05	
10,757	256,62	96,1	260,60	152,0	260,92	229,0	261,18	335,0	261,40	
10,992	256,94	96,1	260,90	152,0	261,26	229,0	261,54	335,0	261,85	
11,027	257,00	96,1	260,92	152,0	261,28	229,0	261,54	335,0	261,88	
11,038										sil. most Černná nad Orlicí jev_ID:400043740 AKM: 11,062 (F5,6)

TVORBA MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK V OBLASTI POVODÍ HORNÍHO A STŘEDNÍHO LABE A UCELENÉHO ÚSEKU DOLNÍHO LABE  
 B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

Staničení [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
11,039	257,00	96,1	260,94	152,0	261,31	229,0	261,60	335,0	262,04	
11,092	256,92	96,1	261,01	152,0	261,48	229,0	261,89	335,0	262,36	
11,267	257,14	96,1	261,19	152,0	261,65	229,0	262,05	335,0	262,50	
11,412	257,88	96,1	261,33	152,0	261,82	229,0	262,21	335,0	262,65	
11,422										jez válcový Čermná nad Orlicí jev_id:400043741 AKM: 11,445 (F7)
11,432	258,55	96,1	261,73	152,0	261,85	229,0	262,25	335,0	262,65	
11,717	259,35	96,1	262,29	152,0	262,32	229,0	262,71	335,0	263,18	
12,202	259,74	96,1	262,95	152,0	263,47	229,0	263,69	335,0	263,80	
12,517	259,87	96,1	263,41	152,0	263,92	229,0	264,21	335,0	264,38	
12,692	259,82	96,1	263,69	152,0	264,16	229,0	264,49	335,0	264,72	
12,737	259,81	96,1	263,77	152,0	264,19	229,0	264,51	335,0	264,74	
12,742										most sil. Čičová jev_ID:400043746 AKM: 12,730 (F9)
12,743	259,81	96,1	263,79	152,0	264,23	229,0	264,56	335,0	264,89	
12,779	259,86	96,1	263,80	152,0	264,31	229,0	264,72	335,0	265,10	
13,137	260,24	96,1	264,58	152,0	265,02	229,0	265,43	335,0	265,81	
13,338	260,94	96,1	265,04	152,0	265,42	229,0	265,80	335,0	266,15	
13,432	261,27	96,1	265,20	152,0	265,54	229,0	265,91	335,0	266,25	
13,642	262,46	96,1	265,44	152,0	265,90	229,0	266,29	335,0	266,56	
13,662	264,20	96,1	265,49	152,0	266,09	229,0	266,45	335,0	266,66	vakový jez mlýna Korunka jev_ID:400284765 AKM: 13,645 (F10,11)
13,687	263,55	96,1	265,95	152,0	266,24	229,0	266,54	335,0	266,72	
13,907	262,92	96,1	266,34	152,0	266,63	229,0	266,93	335,0	267,10	
14,232	262,90	96,1	266,75	152,0	267,05	229,0	267,36	335,0	267,65	
14,417	263,09	96,1	266,96	152,0	267,31	229,0	267,64	335,0	267,95	

## 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 rozvláňená, 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 územích obcí uvedené v následující tabulce.

Tabulka 10 – Dotčené správní území obcí maximálním rozlivem

Kód ORP	Název ORP	Kód ICOB	Název obce
5208	Kostelec nad Orlicí	576131	Borohrádek
		576191	Čermná nad Orlicí
		576387	Kostelecké Horky

## 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 nezdědká 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 ucpaní), 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:

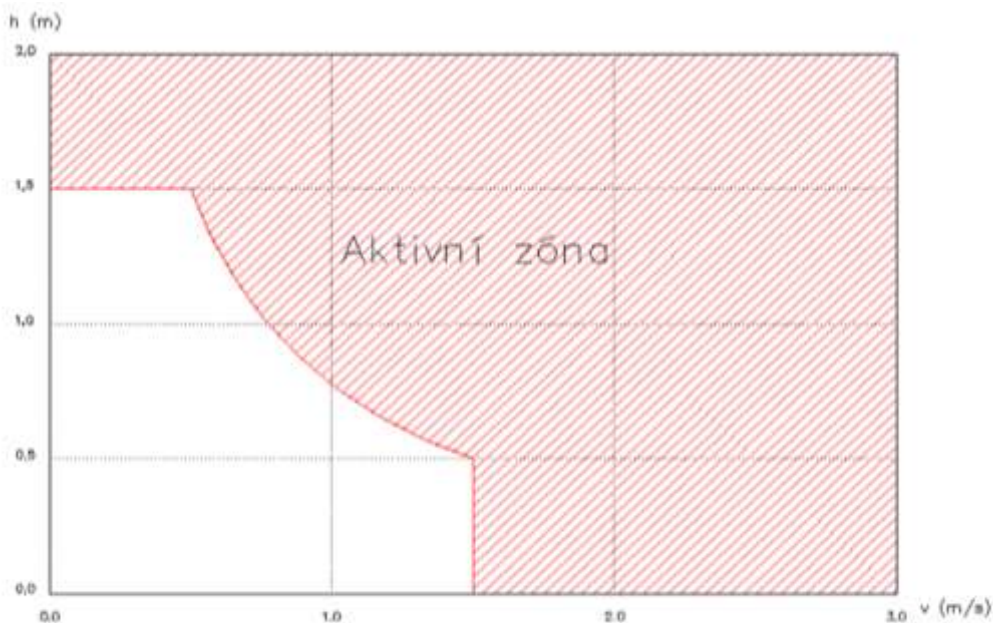
- A) Stanovení rozšířené AZZU podle záplavových území,
- B) Stanovení rozšířené AZZU podle parametrů proudění,
- C) Stanovení rozšířené AZZU podle rozdělení měrných průtoků,
- D) Stanovení rozšířené AZZU detailní 2D studií.

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.