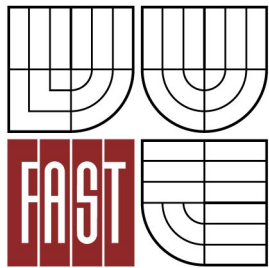




**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STAVEBNÍ**  
**ÚSTAV VODNÍCH STAVEB**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

**PROTIPOVODŇOVÁ OCHRANA**  
**HUSTOPEČE NAD BEČVOU**  
FLOOD PROTECTION OF HUSTOPEČE NAD BEČVOU

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
DIPLOMA THESIS

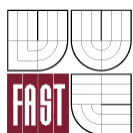
**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**BC. JAN JAUERNIG**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**doc. Ing. JAN JANDORA, Ph.D.**

BRNO 2016



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav vodních staveb

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Diplomant</b>	Bc. Jan Jauernig
<b>Název</b>	Protipovodňová ochrana Hustopeče nad Bečvou
<b>Vedoucí diplomové práce</b>	doc. Ing. Jan Jandora, Ph.D.
<b>Datum zadání diplomové práce</b>	31. 3. 2015
<b>Datum odevzdání diplomové práce</b>	15. 1. 2016
V Brně dne 31. 3. 2015	

.....  
prof. Ing. Jan Šulc, CSc.  
Vedoucí ústavu

.....  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## **Podklady a literatura**

Vyhláška MZe č. 590/2002 Sb., o technických požadavcích pro vodní díla, ve znění pozdějších předpisů.

TNV 75 2935 - Posuzování bezpečnosti vodních děl za povodní.

Loučský potok - Studie odtokových poměrů. Vodní díla - TBD a. s. 2010.

Projektová dokumentace "Hustopeče nad Bečvou retenční nádrž", Ing. Dr. Sukovitý. Brno 1982.

## **Zásady pro vypracování**

V rámci diplomové práce bude:

- vypracována studie odtokových poměrů povodí levostranného přítoku Loučského potoka,
- proveden návrh protipovodňových opatření Městyse Hustopeče nad Bečvou,
- přešetřena možnost umístění suché nádrže na katastr obce Hustopeče nad Bečvou.

Diplomová práce bude obsahovat následující kapitoly:

- Úvod.
- Účel a popis práce.
- Základní údaje a podklady.
- Použité matematické modely.
- Výpočty proudění vody a transformace povodňových vln nádrží.
- Návrh protipovodňových opatření.
- Závěr.

## **Struktura bakalářské/diplomové práce**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....  
doc. Ing. Jan Jandora, Ph.D.  
Vedoucí diplomové práce

**Abstrakt**

Diplomová práce se zabývá protipovodňovou ochranou Hustopečí nad Bečvou. Práce je rozdělena do tří základních částí. V první části jsou popsána data potřebná pro návrh protipovodňových opatření. V druhé části jsou popsány hydrotechnické výpočty a ve třetí části návrhy protipovodňové ochrany.

**Klíčová slova**

protipovodňová ochrana, transformace povodně, přítok, odtok z nádrže, povrchový odtok, kulminace, koryto, propustek, povodí, dílčí povodí

**Abstract**

This thesis deals with flood protection of the Hustopeče nad Bečvou. The work is divided into three parts. The first part describes the data necessary for the design of flood protection measures. The second part describes the hydrotechnical calculations and the third part describes proposals for flood protection.

**Keywords**

flood protection, transformation floods, inflow, outflow, surface runoff, culmination, channel, culvert, basin, sub-basin

### **Bibliografická citace VŠKP**

Bc. Jan Jauernig *Protipovodňová ochrana Hustopeče nad Bečvou*. Brno, 2016. 62 s., 74 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb. Vedoucí práce doc. Ing. Jan Jandora, Ph.D.

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 14.1.2016

.....  
podpis autora  
Bc. Jan Jauernig

### **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval doc. Ing. Janu Jandorovi, Ph.D. za jeho odborné připomínky a pomoc při řešení problému v průběhu zpracování práce.

Rád bych také poděkoval vedení firmy VODNÍ DÍLA - TBD a.s. za umožnění zpracování této diplomové práce v rámci brigády u této firmy, zvláště děkuji Ing. Jiřímu Petrovi za jeho pomoc a náměty při této práci.

Také děkuji svým rodičům za poskytnutí možnosti studia, za jejich podporu a motivaci.

## OBSAH

1	ÚVOD .....	4
2	ÚČEL A POPIS PRÁCE .....	5
3	ZÁKLADNÍ ÚDAJE .....	6
3.1	Zájmová lokalita .....	6
3.2	Geologické a hydrogeologické poměry .....	7
3.3	Hydrologické podklady .....	7
3.3.1	Hydrologické podklady pro návrh retenčních nádrží .....	8
3.3.2	Hydrologické podklady pro návrh svodných příkopů .....	10
3.4	Loučský potok a bezejmenný levostranný přítok .....	11
3.4.1	Kapacity jednotlivých příčných profilů .....	12
3.4.2	Kapacity objektů v zájmové lokalitě .....	19
3.4.3	Vyhodnocení kapacit koryt a objektů .....	28
4	POUŽITÉ MATEMATICKÉ MODEL Y A HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY .....	29
4.1	Transformace povodňové vlny retenční nádrží .....	29
4.1.1	Teoretická povodňová vlna – přítok do nádrží .....	29
4.1.2	Odtok z nádrže přes požerák .....	29
4.1.3	Odtok z nádrže bezpečnostním přelivem .....	31
4.1.4	Batygrafické čáry .....	32
4.2	Kapacita koryt a objektů v zájmové lokalitě .....	32
4.2.1	Kapacita koryt .....	32
4.2.2	Kapacita mostních objektů .....	33
4.2.3	Kapacita propustků .....	35



4.3	Odtok z ploch při přívalovém dešti .....	35
5	VÝPOČTY PROUDĚNÍ A TRANSFORMACE POVODŇOVÝCH VLN NÁDRŽÍ .....	36
5.1	Transformace povodňové vlny retenční nádrží .....	36
5.1.1	Teoretická povodňová vlna – přítok do nádrží .....	36
5.1.2	Odtok z nádrže přes požerák .....	37
5.1.3	Odtok z nádrže bezpečnostním přelivem .....	40
5.1.4	Celkový odtok z nádrží – hledaná funkce odtoku .....	42
5.1.5	Výsledný postup zpracování transformace .....	44
5.2	Kapacita koryt a objektů v zájmové lokalitě .....	45
5.2.1	Kapacita koryt .....	46
5.2.2	Kapacita mostních objektů .....	46
5.2.3	Kapacita propustků .....	46
5.3	Odtok z ploch při přívalovém dešti .....	46
6	NÁVRH PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ .....	48
6.1	Návrh retenční nádrže č. 1 .....	48
6.2	Návrh retenční nádrže č. 2 .....	49
6.3	Návrh retenční nádrže č. 3 .....	50
6.4	Návrh opatření na tocích v intravilánu obce .....	52
6.5	Návrh svodných koryt .....	52
6.5.1	Svodný příkop kolem stávající řady ovocného stromořadí .....	52
6.5.2	Ochranná hráz s příkopem v části „Stará Cihelna“ .....	53
6.5.3	Svodné koryto se zatravněným pásem .....	53
6.5.4	Úprava stávajícího příkopu s odvodem vody do soustavy rybníků .....	53
7	ZÁVĚR .....	54

8	SEZNAM PODKLADŮ A POUŽITÉ LITERATURY .....	55
9	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	57
10	SEZNAM PŘÍLOH .....	59
11	SEZNAM TABULEK .....	61
12	POUŽITÉ PROGRAMY .....	62

## 1 ÚVOD

V rámci diplomové práce byla řešena protipovodňová ochrana městyse Hustopeče nad Bečvou a to hlavně části nazývané „Stará cihelna“. Tato práce byla zpracována v návaznosti na studii odtokových poměrů Loučského potoka a návrh protipovodňových opatření městyse Hustopeče nad Bečvou vypracovanou v srpnu 2010 firmou TBD a. s. (dále v textu označována také jako: 1. etapa studie).

Po extrémních srážkách v roce 2009 se protrhla hráz již postavené retenční nádrže na Loučském potoce z důvodu nedostatečného nadimenzování bezpečnostního přelivu a následného přelití hráze. Protržením hráze retenční nádrže na Loučském potoce byla způsobena zvláštní povodeň s rozsahem zaplavení v Hustopečích větším, než při dosud známých povodních. Hladina vody při kulminaci zvláštní povodně byla téměř o dva metry výše než při povodni z roku 1997 [1]. Toto byl důvod pro požadavek od vedení městyse Hustopeče nad Bečvou na zpracování studie odtokových poměrů Loučského potoka a návrh protipovodňových opatření obce.

Studie vypracována firmou TBD a. s. ze srpna 2010 byla více zaměřena na Loučský potok a jeho přítok Vysocký potok, na kterýchžto dvou tocích i následně byly navrženy dvě retenční nádrže, s doporučujícími změnami obhospodařování ploch v okolí bezejmenného levostranného přítoku a se snahou těmito změnami o co největší zpomalení odtoku vody a její větší infiltrace [1]. Tyto změny nebyly dostačující a při intenzivních srážkách docházelo i nadále ke značnému smývání zeminy ze zemědělských ploch. Dále pak srážková voda s unášenou zeminou vnikala do intravilánu městyse a působila značné škody.

V rámci diplomové práce byly přepočteny transformace povodňových vln již navržených retenčních nádrží na tocích Loučský potok (retenční nádrž č. 1) a Vysocký potok (retenční nádrž č. 2) a byla navržena změna tvaru bezpečnostního přelivu u retenční nádrže na Loučském potoce. Dále byla navržena retenční nádrž na bezejmenném levostranném přítoku (retenční nádrž č. 3) a byl navržen systém svodných příkopů a koryt, který bude odvádět povrchovou vodu z dosahu zastavěné oblasti a to do rybníka Malý Křivoš.

Konečným výstupem bylo tedy navržení retenční nádrže na katastru městyse Hustopeče nad Bečvou a k této retenční nádrži příslušná technická dokumentace. Dále navržení soustavy svodných příkopů, také s příslušnou technickou dokumentací, hlavně se zakreslením všech nově navržených i původně navržených objektů do situace, viz přílohy.

## **2 ÚČEL A POPIS PRÁCE**

Práce byla provedena z důvodu zajištění protipovodňové ochrany Městyse Hustopeče nad Bečvou a to hlavně části zvané Stará cihelna, neboť ta je v oblasti ohrožené levostranným přítokem Loučského potoka. Tento přítok nebyl v původním návrhu z roku 2010 řešen.

Práce byla členěna do několika částí. Hlavními cíli bylo vypracování studie odtokových poměrů povodí levostranného přítoku Loučského potoka, dále byl proveden návrh protipovodňových opatření Městyse Hustopeče nad Bečvou. Nakonec byla prošetřena možnost umístění suché nádrže na katastru obce Hustopeče nad Bečvou.

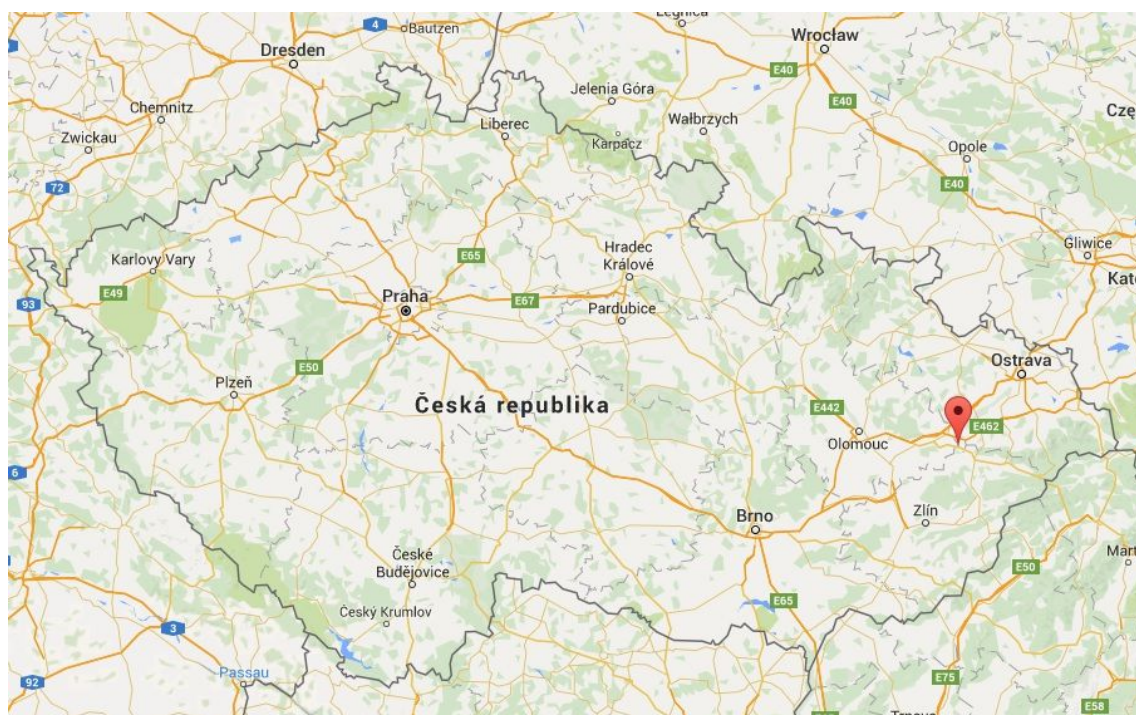
V rámci diplomové práce byly na stávající tzv. 1. etapě studii odtokových poměrů povodí Loučského potoka včetně návrhu protipovodňového opatření Městyse Hustopeče nad Bečvou provedeny změny, a to na návrhu bezpečnostního přelivu, z důvodu úpravy transformované povodňové vlny a další změny ovlivňující jak průběh transformací, tak bezpečnost retenčních nádrží.

### 3 ZÁKLADNÍ ÚDAJE

V této kapitole jsou popsány údaje týkající se zájmové lokality a základní údaje o odtokových poměrech. Tyto údaje, byly zjištěny jednak na základě místního šetření a také z některých zdrojů uvedených v seznamu použitých podkladů a literatury dle odkazů na zdroje.

#### 3.1 Zájmová lokalita

Městys Hustopeče nad Bečvou leží nejvýchodněji v Olomouckém kraji v oblasti Moravské brány viz obrázek č. 1, na hlavní cestě mezi městy Hranicemi a Valašským Meziříčím. Městys se nachází na pravém břehu řeky Bečvy v nadmořské výšce 275 m. Trvale zde žije 1740 obyvatel [2].

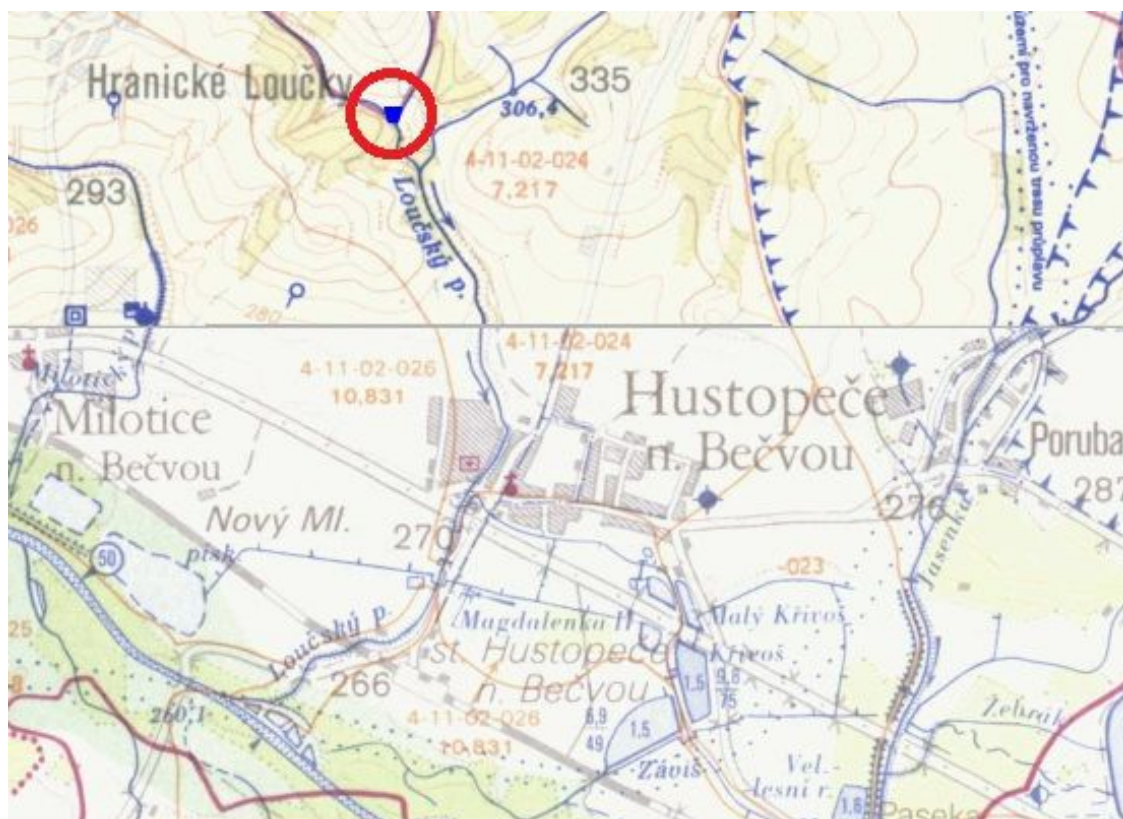


Obr. 1 Poloha městyse Hustopeče nad Bečvou v české republice [3]

Terén v okolí městyse a zájmové lokality je lehce zvlněný, povodí Loučského potoka je převážně mírně svažité až svažité. Nejbližší okolí Loučského a Vysockého potoka je převážně zalesněné listnatými lesy, v širším okolí se nacházejí plochy zemědělsky obdělávané [1]. Bezejmenný levostranný přítok je z části v intravilánu obce zatrubněn, střední část tohoto toku prochází zemědělsky obdělávanou plochou a okolí horní části toku je zalesněno.

Poněvadž je povodí Loučského potoka převážně zemědělsky obdělávaná půda ve svažitém terénu, má sklon k rychlé koncentraci spadlých srážek na toto povodí. Loučský potok následně tuto koncentrovanou srážkovou vodu odvádí intravilánem městyse Hustopeče nad Bečvou do toku Bečva [1].

Hráz protržené bývalé nádrže se nachází nad soutokem Loučského potoka s Vysokým potokem, viz obrázek č. 2.



Obr. 2 Loučský potok s vyznačením polohy protržené hráze bývalé retenční nádrže [4]

### 3.2 Geologické a hydrogeologické poměry

Z hlediska geomorfologie a geologie se území Mikroregion Hranicko nachází na rozhraní dvou geomorfologických provincií, a to Západních Karpat (70 %) a České Vysočiny (30%). Česká Vysočina je v území tvořena Krkonošsko – jesenickou subprovincií, Jesenickou oblastí a celkem Nízký Jeseník. Ten se dále dělí na podcelek Oderské vrchy (okrsek Boškovská vrchovina) a podcelek Vítkovská vrchovina (okrsek Potštátská vrchovina). Převažují zde hnědozemě na spraši, které směrem k východu navazují na luvizemě na sprašových hlínách a oglejené luvizemě. V nivě řeky Bečvy převažují typické fluvizemě a glejové fluvizemě. V nivách menších toků se nachází i pelické černice. Většina půd je jílovitá [1].

### 3.3 Hydrologické podklady

Pro návrh protipovodňových opatření a zpracování diplomové práce v dostatečném rozsahu bylo zapotřebí dvou zdrojů hydrologických podkladů. Pro návrh retenčních nádrží to byla data z jednotlivých zájmových profilů, a to o *M*-denních a *N*-letých průtocích v těchto profilech. A pro návrh svodných příkopů chránících část obce „Stará cihelna“ před přívalovou srážkou byla zapotřebí data z publikace Intensity krátkodobých dešťů v povodích Labe, Odry a Moravy.



Je nutné dodat, že hydrologická data použitá pro návrh všech protipovodňových opatření jsou kategorizována do stupně přesnosti IV, což znamená nejnižší třídy přesnosti.

### 3.3.1 Hydrologické podklady pro návrh retenčních nádrží

Pro zpracování 1. Etapy studie byly od ČHMÚ poskytnuty základní návrhové hydrologické podklady. Data byla stanovená pro 2 profily, první z nich byla hráz původní protřžené Retenční nádrže jako profil „A“ a druhý profil byl určen pod soutokem Loučského potoka s bezejmenným levostranným potokem jako profil „B“. Hydrologické podklady pro profily „A“ a „B“, byly dodány od ČHMÚ, pobočka v Ostravě dne 26. 5. 2010.

Pro zpracování této diplomové práce, bylo zapotřebí k datům od ČHMÚ z 1. Etapy studie, přidat další hydrologické podklady a to takové, které se týkají pouze řešeného levostranného přítoku. Proto byly určeny další dva profily na řešeném přítoku, a to jeden těsně nad ústím do Loučského potoka a druhý v místě kde by mohl být uvažovaný hrázový profil v terénní údolnici ř. km. 1,300 bezejmenného levostranného přítoku. Tyto hydrologické podklady vydalo také ČHMÚ, pobočka Ostrava dne 28. 8. 2014.

Umístění profilů viz obrázek č. 3.

#### Profil A, profil retenční nádrže č. 1., viz příloha č. 35.:

- Hydrologické číslo 4-11-02-024
- Plocha povodí 2,34 km<sup>2</sup>
- Dlouhodobý průměrný roční úhrn srážek na povodí 705 mm
- Dlouhodobý průměrný průtok  $Q_a$  19 l/s
- Objem stoleté teoretické povodňové vlny  $W_{PV100}$  140 tis. m<sup>3</sup>

Tab. 1 N-leté průtoky  $Q_N$  ze dne 26.5.2010

Opakování (roky)	1	2	5	10	20	50	100
Průtok $Q_N$ [m <sup>3</sup> /s]	1,14	2,05	3,52	4,84	6,34	8,57	10,50

#### Profil B, pod soutokem levostranného přítoku v intravilánu obce, viz příloha č. 35.:

- Hydrologické číslo 4-11-02-024
- Plocha povodí 6,46 km<sup>2</sup>
- Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí 700 mm
- Dlouhodobý průměrný průtok  $Q_a$  49 l/s

Tab. 2 N-leté průtoky  $Q_N$  ze dne 26.5.2010

Opakování (roky)	1	2	5	10	20	50	100
Průtok $Q_N$ [m <sup>3</sup> /s]	2,25	4,10	6,88	9,20	11,7	15,30	18,20

Profil PF1, nad ústím do Loučského potoka, viz příloha č. 35:

- Hydrologické číslo 4-11-02-024
- Plocha povodí 1,41 km<sup>2</sup>
- Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí -
- Dlouhodobý průměrný průtok  $Q_a$  -

Tab. 3 N-leté průtoky  $Q_N$  ze dne 28.8.2014

Opakování (roky)	1	2	5	10	20	50	100
Průtok $Q_N$ [m <sup>3</sup> /s]	0,672	1,21	2,08	2,85	3,74	5,05	6,19

Profil PF2, pramenná část toku, viz příloha č. 35:

- Hydrologické číslo 4-11-02-024
- Plocha povodí 0,45 km<sup>2</sup>
- Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí -
- Dlouhodobý průměrný průtok  $Q_a$  -
- Objem povodňového průtoku  $W_{PV100}$  28 000 m<sup>3</sup>

Tab. 4 N-leté průtoky  $Q_N$  ze dne 28.8.2014

Opakování (roky)	1	2	5	10	20	50	100
Průtok $Q_N$ [m <sup>3</sup> /s]	0,288	0,517	0,888	1,22	1,60	2,16	2,65





Obr. 3 Umístění profilů jednotlivých hydrologických dat od ČHMÚ

### 3.3.2 Hydrologické podklady pro návrh svodných příkopů

Jak už bylo zmíněno, pro návrh svodných příkopů bylo využito dat z publikace Intensity krátkodobých dešťů v povodích Labe, Odry a Moravy od autora Ing. Trupla.

Z důvodu nejbližší geomorfologie území byla zvolena nejbližší stanice se zpracovanými hodnotami intenzity krátkodobých dešťů, a to stanice v Novém Jičíně.

Tab. 5 Vydatnosti náhradního blokového deště (dle Ing. Trupla) pro stanici Nový Jičín [5]

doba trvání deště $t$ [min]	vydatnost deště [ $l/(s \cdot ha)$ ] za dobu $t$ při periodicitě $N$						
	$N$						
	5	2	1	0,5	0,2	0,1	0,05
5	118,0	158,0	198,0	240,0	297,0	340,0	387,0
10	82,5	117,0	146,0	176,0	215,0	247,0	278,0
15	63,9	93,9	117,0	142,0	176,0	202,0	227,0
20	51,3	77,0	97,9	120,0	150,0	173,0	197,0
30	38,3	58,6	75,2	93,1	116,0	134,0	152,0
40	30,4	46,7	60,6	75,0	94,8	110,0	125,0
60	21,4	34,0	44,6	55,8	70,8	82,3	93,8
90	15,1	24,4	32,3	40,7	52,1	60,7	69,4
120	11,9	19,3	25,7	32,7	41,7	48,7	55,8

Tab. 6 Tabulka převádějící tab. č. 1 na hodnoty celkového úhrnu za dobu trvání deště [5]

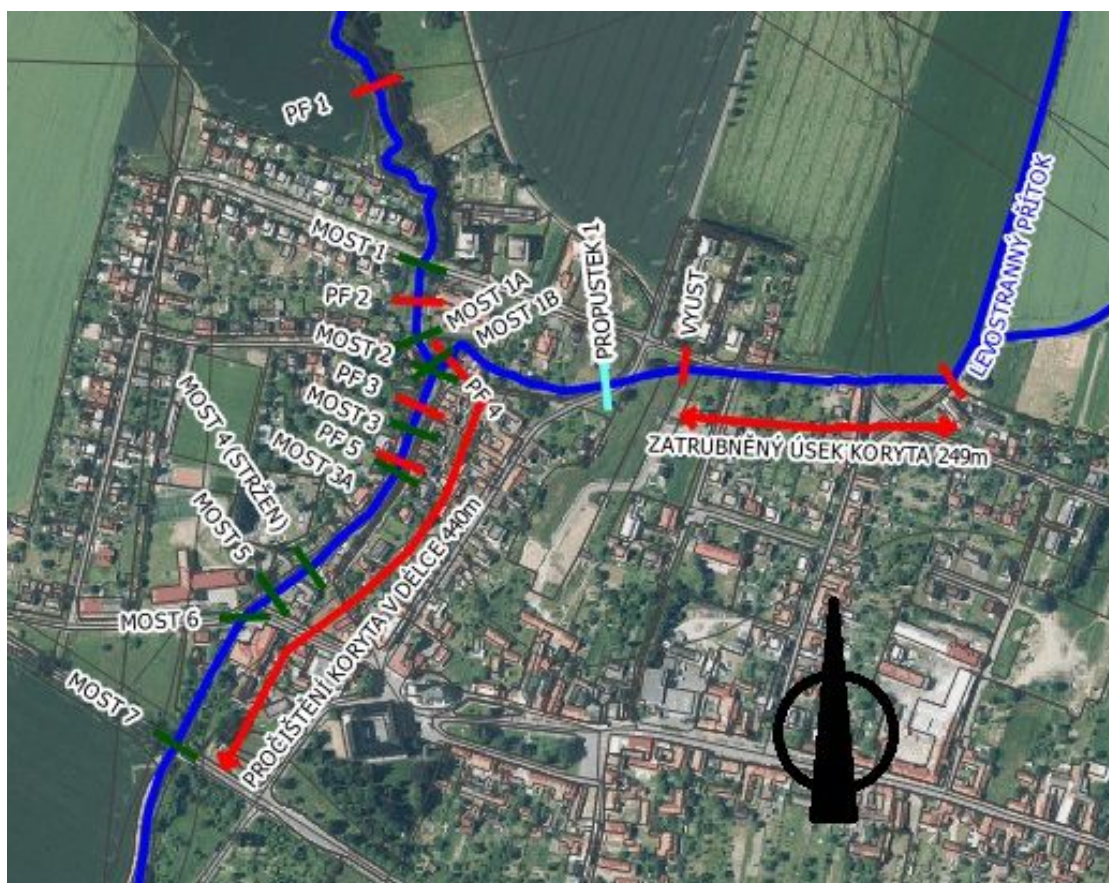
doba trvání deště $t$ [min]	celkový úhrn deště [mm] za dobu $t$ při periodicitě $N$						
	$N$						
	5	2	1	0,5	0,2	0,1	0,05
5	3,5	4,7	5,9	7,2	8,9	10,2	11,6
10	5,0	7,0	8,8	10,6	12,9	14,8	16,7
15	5,8	8,5	10,5	12,8	15,8	18,2	20,4
20	6,2	9,2	11,7	14,4	18,0	20,8	23,6
30	6,9	10,5	13,5	16,8	20,9	24,1	27,4
40	7,3	11,2	14,5	18,0	22,8	26,4	30,0
60	7,7	12,2	16,1	20,1	25,5	29,6	33,8
90	8,2	13,2	17,4	22,0	28,1	32,8	37,5
120	8,6	13,9	18,5	23,5	30,0	35,1	40,2

### 3.4 Loučský potok a bezejmenný levostranný přítok

Loučský potok je pravostranným přítokem řeky Bečvy v říčním kilometru 50,909. Říční kilometr 0,000 až 4,730 Loučského potoka náleží do území městyse Hustopeče nad Bečvou. Od soutoku s řekou Bečvou ř. km 0,000 až po ř. km. 1,410 protéká tok zemědělsky obdělávanou krajinou, břehové okolí v této části je porostlé stromy a keři. V ř. km 1,41 se nachází silniční most silnice E442 od tohoto mostu tok protéká zástavbou městyse Hustopeče nad Bečvou. V km 1,836 je silniční mostek, nad tímto mostkem

se zaústíje do Loučského potoka levostranný přítok. V ř. km 1,95 se nachází mostek ulice J. V. Choráze, od tohoto místa protéká nezastavěným územím mezi zemědělskými pozemky. Správcem vodního toku Loučský potok a celého jeho povodí je státní podnik Povodí Moravy [6], [1].

Levostranný přítok Loučského potoka, jak je vidět na obrázku č. 4, od soutoku s Loučským potokem po ř. km 0,257 je řešený levostranný přítok ve volném korytě v zástavbě městyse. Na ř. km 0,193 se nachází propustek. Mezi ř. km 0,257 a ř. km 0,506 je bezejmenný levostranný přítok zatrubněn. Od ř. km 0,506 po ř. km 1,427 tok prochází zemědělsky obdělávanou krajinou. V ř. km 0,547 je do řešeného bezejmenného toku zaústěn svodný příkop doprovázející polní cestu a v ř. km 1,070 se nachází profil PF 6, který byl zaměřen při rekognoskaci terénu a očíslovan v návaznosti na studii provedenou Vodními díly TBD a.s. Od ř. km 1,427 až po prameniště je tok v lesním porostu.



Obr. 4 Přehled zaměřených profilů, mostů a důležitých objektů v Hustopečích nad Bečvou [7]

#### 3.4.1 Kapacity jednotlivých příčných profilů

Na Loučském potoce a jeho levostranném přítoku bylo určeno několik příčných profilů v otevřeném korytě, jak v intravilánu městyse Hustopeče nad Bečvou, tak i mimo intravilán viz obrázek č. 4 a přílohy č. 3, 4, a 5. Na těchto profilech byla spočítána kapacita. Většina profilů byla převzata z 1. etapy studie a pouze přepočítána, nový profil byl ur-



čen na bezejmenném levostranném přítoku a to PF 6. Podrobný postup výpočtu kapacity koryt byl popsán v kapitole 4.

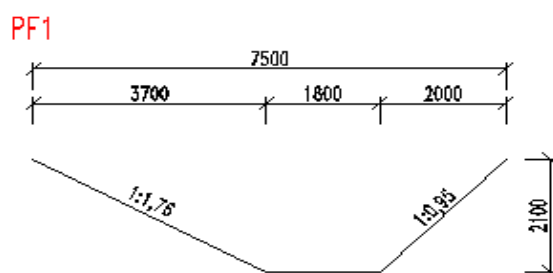
### Výpočtový profil PF1

Profil PF1 se nachází na Loučském potoce, a to v části mezi obcí a protrženou retenční nádrží, a to cca 50 m od poslední zástavby obce. Koryto toku v celé části od obce až po bývalou retenční nádrž je přírodního charakteru a je velmi hluboké, široké a nepravidelných tvarů, pravděpodobně z důvodu proběhnutí zvláštní povodně z protrhnuté retenční nádrže. Břehy koryta a údolní niva je silně zarostlá stromy, keři a travinami. V této části Loučského potoka, nad intravilánem obce, má tok možnost vybřežení do údolní nivy, a to bez škod na majetku [1].

V profilu PF1 byl hydraulickým výpočtem stanoven kapacitní průtok na hodnotu  $Q = 18.26 \text{ m}^3/\text{s}$  což znamená, že s dostatečnou rezervou asi  $6 \text{ m}^3/\text{s}$  tento profil převede i  $Q_{100}$ .



Obr. 5 Foto profilu PF1 [1]

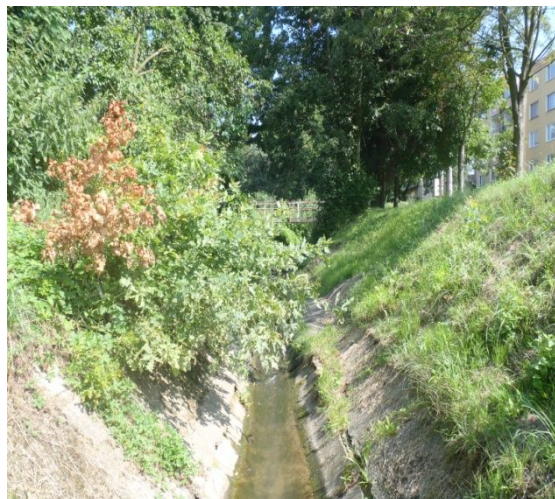


Obr. 6 Schéma profilu PF1

### Výpočtový profil PF2

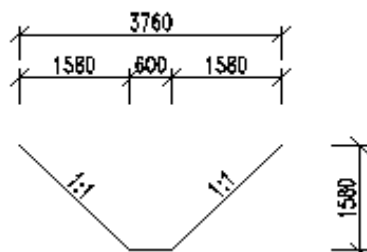
Profil PF2 se nachází v obci mezi ulicemi Chmelník a U hřiště. Koryto toku je v těchto místech lichoběžníkové se zpevněním kynety betonovými tvárnici. Svahy tohoto lichoběžníkového koryta jsou místy opevněny betonem a místy zatravněny. Levobřežní hráz je vyšší než pravý břeh. Tok je udržovaný s místy se vyskytujícími náletovými rostlinami. Při případném vybřežení vody v tomto úseku toku, by již způsobilo majetkové škody a ohrožení na zdraví a lidských životech [1].

V profilu PF2 byl hydraulickým výpočtem stanoven kapacitní průtok na hodnotu  $Q = 8,35 \text{ m}^3/\text{s}$ , což znamená, že tento úsek nepřevede netransformovaný průtok  $Q_{100}$ .



Obr. 7 Foto profilu PF2 [1]

PF2



Obr. 8 Schéma profilu PF2

### Výpočtový profil PF3

Je profil v intravilánu městyse za levostranným přítokem z ulice U hřiště. Koryto je obdélníkového profilu opevněné kamennou dlažbou. Takovýmto korytem s proměnnou hloubkou a šířkou pak prochází potok celým intravilánem městyse. Průtočný profil koryta je silně zanesen sedimenty (naměřená a odhadovaná mocnost cca 0,3 m i více) a zarostlý bujnou vegetací. Vybřežení vody v tomto úseku by již mělo za následek majetkové škody, ohrožení zdraví a lidských životů [1].

V profilu PF3 byla hydraulickým výpočtem určena kapacita koryta pro stávající stav, jakožto nepročištěný stav a pro pročištěný stav. Hodnoty kapacity vyšly následovně:

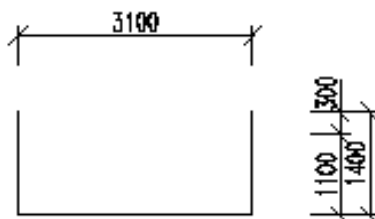
- Nepročištěné koryto  $Q = 5,23 \text{ m}^3/\text{s}$
- Pročištěné koryto  $Q = 8,16 \text{ m}^3/\text{s}$

Z hydraulického výpočtu tedy vyplývá, že tento úsek toku by nebyl schopen převést ne-transformovaný průtok  $Q_{100}$  bez škod na majetku.



Obr. 9 Foto profilu PF3 [1]

PF3



Obr. 10 Schéma profilu PF3

### Výpočtový profil PF5

Profil PF5 je rovněž v intravilánu městyse s obdélníkovým profilem a kamenným obkladem, avšak s rozdílnou hloubkou a šířkou než u profilu PF3. Průtočný profil koryta je silně zanesen sedimenty (naměřená a odhadovaná mocnost cca 0,3 m i více) a zarostlý bujnou vegetací. Vybřežení vody v tomto úseku by již mělo za následek majetkové škody, ohrožení zdraví a lidských životů [1].

V profilu PF5 byla hydraulickým výpočtem určena kapacita koryta pro stávající stav, jakožto nepročištěný stav a pro pročištěný stav. Hodnoty kapacity vyšly následovně:

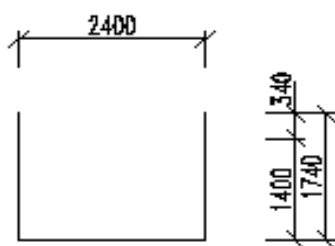
- Nepročištěné koryto  $Q = 5,59 \text{ m}^3/\text{s}$
- Pročištěné koryto  $Q = 8,09 \text{ m}^3/\text{s}$

Z hydraulického výpočtu tedy vyplývá, že tento úsek toku by nebyl schopen převést netransformovaný průtok  $Q_{100}$  bez škod na majetku.



Obr. 11 Foto profilu PF5 [1]

PF5



Obr. 12 Schéma profilu PF5

#### Výpočtový profil PF4

Profil PF4 se už nenachází na toku Loučský potok, ale na bezejmenném levostranném přítoku a to těsně nad soutokem s Loučským potokem. Tento profil je v intravilánu obce a při vyběžení by došlo ke škodám na majetku a k ohrožení na lidském zdraví a životech. V tomto profilu je koryto toku lichoběžníkové s opevněním břehů pomocí travního porostu, tok se v těchto místech blíží přírodnímu charakteru. Travní porost na březích je neudržovaný [1].

V tomto profilu byla hydraulickým výpočtem určena kapacita koryta na  $Q = 1,43 \text{ m}^3/\text{s}$  z čehož vyplývá, že netransformovaný průtok  $Q_{100}$  ani transformovaný průtok  $Q_{100}$  není koryto schopno převést.

Při pročištění koryta by stále jeho kapacita nebyla dostačující pro převedení transformovaného průtoku  $Q_{100}$ . Proto by bylo třeba koryto prohloubit na hloubku 0,9 metru a z lichoběžníkového tvaru změnit na obdélník. Tím by vzniklo koryto o rozměrech 0,9 m x 2 m, opevněné kamennými či betonovými zídками. Toto nové koryto vzhledem

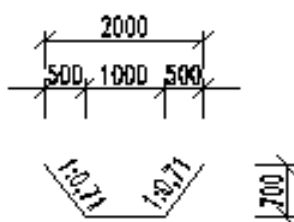


k zvětšenému profilu a snížené drsnosti bude mít dostatečnou kapacitu  $Q = 3,84 \text{ m}^3/\text{s}$ , to znamená, že převede i transformované  $Q_{100}$ .



Obr. 13 Foto profilu PF4 [1]

PF4



Obr. 14 Schéma profilu PF4 stávající stav

### Výpočtový profil PF6

Profil PF6 je umístěn na svodnici z údolnice pod zájmovou lokalitou vhodnou pro umístění retenční nádrže č. 3. Příkop je lichoběžníkového profilu a z důvodu neudržování je celý profil zarostl vegetací. Touto vegetací je značně zpomalen průtok vody. Voda zde může vyběžít do okolí bez větší újmy na majetku, poněvadž tato část toku prochází zemědělsky obdělávanou částí území mimo intravilán.

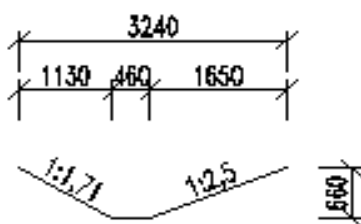
V tomto profilu byla hydraulickým výpočtem stanovena kapacita koryta na  $Q = 0,9 \text{ m}^3/\text{s}$ , což je méně než netransformovaný průtok  $Q_{100}$ , čili tento průtok koryto v profilu PF6 není schopno převést, při provedení návrhu retenční nádrže bude však toto koryto dostačující. Stanovená průtočná kapacita je uvažována za předpokladu, že bude koryto udržováno sečením.





Obr. 15 Foto profilu PF6

PF6

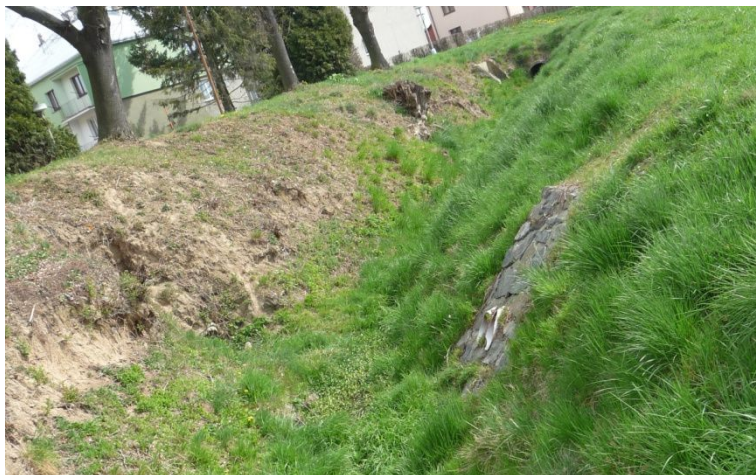


Obr. 16 Schéma profilu PF6

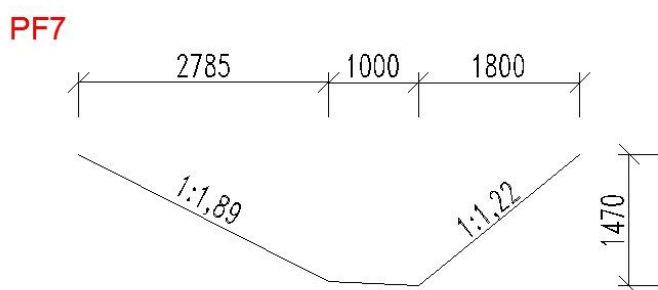
### Výpočtový profil PF7

Profil PF7 se nachází v intravilánu městyse a to na úseku mezi Propustkem 1 a vyústěním zatravněné části levostranného přítoku. Tento úsek koryta je lichoběžníkového tvaru se zatravněnými svahy i ve dně profilu převládá rostoucí vegetace, poněvadž průtok tímto profilem je po většinu roku nulový. Vegetace je pravidelně udržována.

V tomto profilu byla hydraulickým výpočtem stanovena kapacita koryta na  $Q = 17,27 \text{ m}^3/\text{s}$ , což splňuje s dostatečnou rezervou nároky na převedení transformovaného i netransformovaného  $Q_{100}$ .



Obr. 17 Foto profilu PF7



Obr. 18 Schéma profilu PF7

### 3.4.2 Kapacity objektů v zájmové lokalitě

Na Loučském potoce a jeho levostranném přítoku bylo určeno také několik objektů, u kterých bylo třeba hydraulickým výpočtem určit kapacitní průtoky. Na Loučském potoce to bylo několik mostů a na bezejmenném levostranném přítoku jeden propustek pod silnicí z Hustopečí nad Bečvou do obce Vysoká a zatrubněná část toku. Dalšími objekty je propustek pod silnicí z Hustopečí nad Bečvou do obce Poruba, kudy bude při intenzivních srážkách odváděna voda z oblasti ohrožující část městyse „Stará cihelna“ a propustek převádějící vodu do rybníku Malý Křivoš pod ulicí Dlouhá. Podrobný popis způsobu výpočtu kapacitních průtoků na toku byl popsán v kapitole 4.

#### Most 1

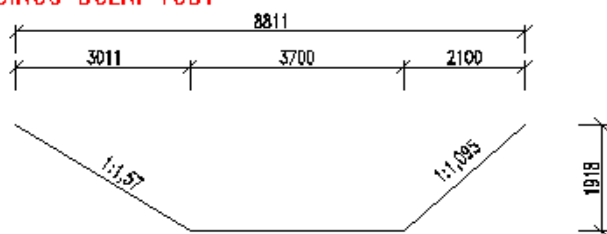
Most 1 je most v Hustopečích nad Bečvou mezi ulicemi Chmelník a J. V. Choráze, nad příčným profilem PF2. Koryto toku v místě mostu je lichoběžníkové, tento most je tvořen železobetonovou konstrukcí s železobetonovou mostovkou. Hydraulicky se u tohoto mostu jedná o proudění ovlivněné dolní vodou [1].

U tohoto mostu byla hydraulickým výpočtem stanovena kapacita na  $Q_{kap.} = 21,1 \text{ m}^3/\text{s}$ , tento kapacitní průtok je vyšší než samotná kapacita koryta v tomto místě. To znamená, že tento objekt je plně kapacitní pro převedení  $Q_{100}$  a není zapotřebí dalšími úpravami průtok zvyšovat.



Obr. 19 Foto objektu Most1 [1]

**MOST 1 – OVLIVNĚNÉ PROUDĚNÍ  
HLADINOU DOLNÍ VODY**



Obr. 20 Schéma profilu koryta v místě Mostu1 pro ovlivněné proudění hl. dolní vody

### Most 1A

Most 1A je tak jako most 1 poblíž profilu PF2, je to železobetonová lávka v intravilánu obce poblíž ulice U hřiště. Koryto toku v tomto místě je lichoběžníkové. U této lávky, tak jak u Mostu 1 se hydraulicky jedná o proudění ovlivněné dolní vodou [1].

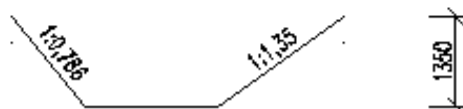
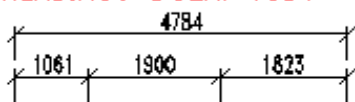
U mostu 1A byla hydraulickým výpočtem stanovena kapacita na  $Q_{kap.} = 6,19 \text{ m}^3/\text{s}$ , což je nedostatečný kapacitní průtok jednak pro převedení netransformovaného  $Q_{100}$ , ale jak se dále ukáže, také transformovaného průtoku  $Q_{100}$ . U tohoto mostu není možné koryto pročistit či prohloubit, aby byla zvýšena kapacita. Proto by bylo vhodné celou konstrukci této lávky zvednout a to minimálně o 0,1 metru, tím se kapacita zvýší dostatečně pro převedení transformovaného průtoku.





Obr. 21 Foto objektu Most 1A [1]

**MOST 1a - OVLIVNĚNÉ PROUDĚNÍ  
HLADINOU DOLNÍ VODY**



Obr. 22 Schéma profilu koryta v místě mostu 1A pro ovlivněné proudění hl. dolní vody

### Most 1B

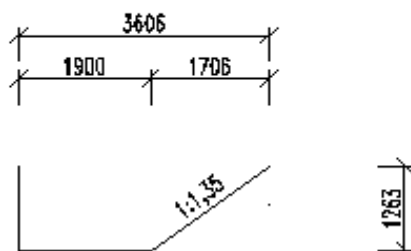
Most 1B je také poblíž profilu PF3, je to železobetonová lávka v intravilánu obce poblíž ulice U hřiště. Koryto toku v tomto místě je lichoběžníkové. U této lávky, tak jak u mostu 1 se hydraulicky jedná o proudění ovlivněné dolní vodou [1].

U mostu 1B byla hydraulickým výpočtem stanovena kapacita na  $Q_{kap.} = 4,09 \text{ m}^3/\text{s}$ , což je nedostatečný kapacitní průtok jednak pro převedení netransformovaného  $Q_{100}$ , ale jak se dále ukáže, také transformovaného průtoku  $Q_{100}$ . Ani u tohoto mostu stejně jako u mostu 1A není možné koryto pročistit či prohloubit, případně jen mírně, aby byla zvýšena kapacita. Proto by bylo vhodné celou konstrukci této lávky zvednout a to minimálně o 0,15 metru, tím se kapacita zvýší dostatečně pro převedení transformovaného průtoku.



Obr. 23 Foto objektu Most 1B [1]

**MOST 1B - OVLIVNĚNÉ PROUDĚNÍ  
HLADINOU DOLNÍ VODY**



Obr. 24 Schéma profilu koryta v místě mostu 1B pro ovlivněné proudění hl. dolní vody

### Most 2

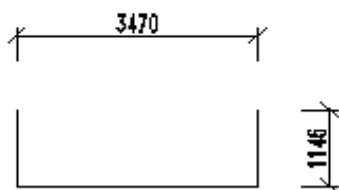
Most 2 je most v intravilánu obce poblíž příčného profilu PF3. Koryto toku v místě mostu je obdélníkové, tento most je tvořen železobetonovou konstrukcí. Hydraulicky se u tohoto mostu jedná o proudění ovlivněné dolní vodou [1].

U mostu 1B byla hydraulickým výpočtem stanovena kapacita na  $Q_{kap.} = 5,7 \text{ m}^3/\text{s}$ , což je nedostatečný kapacitní průtok jednak pro převedení netransformovaného  $Q_{100}$ , ale jak se dále ukáže, také transformovaného průtoku  $Q_{100}$ . Vedení obce bude tento most rekonstruovat a mostovka by měla být zvednuta. V tomto případě by stačilo pročistit koryto od sedimentů, které jsou v tomto místě mocnosti až 0,3 metru a tím zvýšit průtočnou kapacitu koryta. Nebo druhým řešením by bylo, zvednout mostovku o minimálně 0,1 metru. Tím by kapacita objektu byla dostačující pro transformovaný  $Q_{100}$ .



Obr. 25 Foto objektu Most 2 [1]

**MOST 2 – OVLIVNĚNÉ PROUDĚNÍ  
HLADINOU DOLNÍ VODY**



Obr. 26 Schéma profilu koryta v místě mostu 2 pro ovlivněné proudění hl. dolní vody

### Most 3

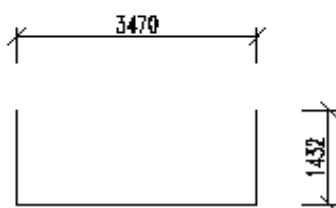
Most 3 je lávka mezi ulicemi Potoční a Na hrázi v intravilánu obce, nachází se mezi profily PF3 a PF4. Koryto toku v tomto místě je obdélníkové. U této lávky se hydraulicky taktéž jedná o proudění ovlivněné dolní vodou [1].

U mostu 3 byla hydraulickým výpočtem stanovena kapacita na  $Q_{kap.} = 7,15 \text{ m}^3/\text{s}$ , což je nedostatečný kapacitní průtok jednak pro převedení netransformovaného  $Q_{100}$ , ale jak se dále ukáže, také transformovaného průtoku  $Q_{100}$ . U tohoto objektu, by však pro dostatečné zvýšení kapacity stačilo pročištění dna koryta. Mocnost sedimentů v tomto místě je 0,2 až 0,3 metru. Tím by kapacita objektu byla dostačující i pro transformovaný  $Q_{100}$ .



Obr. 27 Foto objektu Most 3 [1]

### MOST 3 – OVLIVNĚNÉ PROUDĚNÍ HLADINOU DOLNÍ VODY



Obr. 28 Schéma profilu koryta v místě mostu 3 pro ovlivněné proudění hl. dolní vody

#### Most 3A

Most 3A je další lávkou mezi ulicemi Potoční a Na hrázi v intravilánu obce, poblíž příčného profilu koryta PF5. Koryto toku v tomto místě je obdélníkové. U této lávky se hydraulicky taktéž jedná o proudění ovlivněné dolní vodou [1].

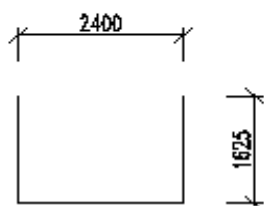
U mostu 3 byla hydraulickým výpočtem stanovena kapacita na  $Q_{kap.} = 5,42 \text{ m}^3/\text{s}$ , což je nedostatečný kapacitní průtok jednak pro převedení netransformovaného  $Q_{100}$ , ale jak se dále ukáže, také transformovaného průtoku  $Q_{100}$ . U tohoto objektu, by však pro dostatečné zvýšení kapacity postačilo pročištění dna koryta. Mocnost sedimentů v tomto místě je 0,2 až 0,3 metru. Tím by kapacita objektu byla dostačující i pro transformovaný  $Q_{100}$ .





Obr. 29 Foto objektu Most 3A [1]

### MOST 3a – OVLIVNĚNÉ PROUDĚNÍ HLADINOU DOLNÍ VODY



Obr. 30 Schéma profilu koryta v místě mostu 3A pro ovlivněné proudění hl. dolní vody

### Most 7

Most 7 je silniční most v na hlavním tahu Hranice na Moravě – Valašské Meziříčí. Koryto toku v místě mostu je lichoběžníkové, tento most je tvořen železobetonovou konstrukcí s železobetonovou mostovkou. Hydraulicky se u tohoto mostu jedná o proudění ovlivněné dolní vodou [1].

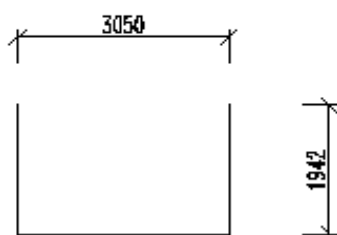
U mostu 7 byla hydraulickým výpočtem stanovena kapacita na  $Q_{kap.} = 9,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , což je dostatečně kapacitní průtok pro převedení transformovaného  $Q_{100}$ . U tohoto mostu, tedy není zapotřebí žádných stavebních ani jiných úprav.





Obr. 31 Foto objektu Most 7 [1]

### MOST 7 – OVLIVNĚNÉ PROUDĚNÍ HLADINOU DOLNÍ VODY



Obr. 32 Schéma profilu koryta v místě mostu 7 pro ovlivněné proudění hl. dolní vody

#### Zatrubnění levostranného přítoku

Levostranný přítok Loučského potoka je v části intravilánu městyse i zatrubněn a to v délce 249 metrů. Zatrubnění začíná zároveň s intravilánem městyse. Na vtoku je průměr betonového zatrubnění 0,7 metru a na výtoku 1 metr s podélným sklonem cca 1,3%.

Kapacita tohoto potrubí na vtoku objektu byla hydraulickým výpočtem určena na  $Q=0,68 \text{ m}^3/\text{s}$ , tento průtok je vyšší než transformovaný průtok  $Q_{100}$  v tomto místě s předpokladem, že část vody by byla odváděna svodnými příkopy do rybníku Malý Křivoš.

### Propustek 1

Tento propustek se nachází na levostranném přítoku v intravilánu městyse pod silnicí z Hustopečí nad Bečvou do obce Vysoká. Tímto propustkem bude po provedení návrhových opatření protékat transformovaný průtok  $Q_{100} = 1,43 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Orientačně byl stanoven kapacitní průtok tohoto propustku na  $Q = 2,73 \text{ m}^3/\text{s}$ , více v kapitole 5.



Obr. 33 Foto objektu Propustek 1

### Propustek 2 a Propustek 3

Tyto propustky budou sloužit při převedení vody z intenzivní srážky z oblasti nad částí městyse „Stará cihelna“ až do rybníku Malý Křivoš. Průtok vody způsobené intenzivní srážkou je určen na  $Q_{max} = 5,02 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Nyní tyto propustky nejsou dostatečně kapacitní pro převedení tohoto průtoku, jejich kapacita se blíží k polovině požadované kapacity, proto je třeba navrhnout dle výpočtu i v těchto místech dostatečně kapacitní propustky a to jako propustky složené ze dvou kruhových betonových potrubí  $DN 1 \text{ m}$ . Po tomto rozšíření bylo výpočtem stanoveno, že jejich kapacita bude  $6,64 \text{ m}^3/\text{s}$ , což je dostačující.



Obr. 34 Foto objektu Propustek 2

### 3.4.3 Vyhodnocení kapacit koryt a objektů

Z výsledných kapacit koryt bylo zjištěno, na jaký průtok by bylo třeba transformovat netransformované  $Q_{100}$ . Omezujícími parametry jsou průtoky koryt. Kde v intravilánu obce na toku Loučský potok je koryto v případě pročištění a údržby schopno převést průtok asi  $8,0 \text{ m}^3/\text{s}$  a více [1].

Jak bylo při vypracování této diplomové práce zjištěno, koryto levostranného přítoku Loučského potoka v části PF4, to je od zaústění po propustek 1, není schopno převést transformovaný průtok z povodí levostranného přítoku a bylo by vhodné zvýšit kapacitu koryta a to prohloubením a změnou tvaru a hydraulických vlastností koryta.

Dle posouzení objektů na toku Loučský potok bylo zjištěno, že většina objektů ve stávajícím stavu nemá dostatečnou průtočnou kapacitu a je třeba tuto kapacitu zvýšit pročištěním koryta, či zvednutím mostovky, nebo i kombinací těchto opatření [1].

Objekty na levostranném přítoku mají dostatečnou průtočnou kapacitu pro převedení návrhových transformovaných průtoků  $Q_{100}$ . Dále propustky, které budou dle návrhu převádět vodu pod komunikacemi až do rybníka Malý Křivoš, mají nedostatečnou průtočnou kapacitu a je třeba navrhnout změnu těchto dvou objektů, tak aby převedly požadovaný průtok.

## 4 POUŽITÉ MATEMATICKÉ MODELY A HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

### 4.1 Transformace povodňové vlny retenční nádrží

Transformace povodňové vlny byla zpracována na základním podkladu a to znalosti přítoku vody do nádrže a odtoku vody z nádrže a tím změny objemu vody v nádrži viz rovnice (1) [8]. Příklad i odtok jsou závislé na čase. Funkce přítoku i odtoku tedy nebylo možno analyticky popsat a jejich hodnoty byly spočítány pro jednotlivé dostatečně malé časové úseky na základě změny zatopeného objemu, plochy a výšky hladiny v nádrži vlivem přítoku povodňové vlny a s tím spojené změny odtoku z nádrže [8].

$$Q_p(t) - Q_o(V(t)) = \frac{dV(t)}{dt} \quad (1)$$

$Q_p(t)$  -přítok vody do nádrže závislý na čase

$Q_o(V(t))$ -odtok vody z nádrže závislý na čase

$\frac{dV(t)}{dt}$  -okamžitá změna objemu v nádrži

#### 4.1.1 Teoretická povodňová vlna – přítok do nádrží

Průběh teoretické povodňové vlny byl získán od ČHMÚ a to pro retenční nádrž č. 3 a z práce Studie odtokových poměrů Loučského potoka a návrh protipovodňových opatření městyse Hustopeče nad Bečvou zpracovanou firmou Vodní díla TBD a.s. a to pro retenční nádrže č. 1 a č. 2.

#### 4.1.2 Odtok z nádrže přes požerák

Odtok z nádrže je závislý na čase a to jak se v čase mění hladina vody, mění se i způsob odtékání vody z nádrže. A to z důvodu typu navržených funkčních objektů u retenčních nádrží. Jako funkční objekty na retenčních nádržích byly navrženy požeráky a korunový či boční bezpečnostní přeliv dle možností u každé retenční nádrže.

Při plnění retenčních nádrží je několik jevů, které bylo třeba zohlednit při výpočtu odtoků z nádrží přes požerák. A to následující:

- a) Výtok zúženým otvorem spodní výpusti jak o volné hladině, tak v tlakovém režimu
  - Pro výtok o volné hladině byla použita Chézyho rovnice a to do úrovně hloubky vody u výtoku  $h$  menší než  $1,2D$  průměru výtokového potrubí viz rovnice (2) a (3) [9]:

$$v = C\sqrt{Ri}, \quad (2)$$

$$Q = vS, \quad (3)$$

kde  $Q$  je průtok profilem závislý na rychlosti  $v$  a ploše zatopeného profilu  $S$ . Rychlost  $v$  je funkce závislá na Chézyho rychlostním součiniteli  $C$ , hydraulickém poloměru  $R$  a sklonu čáry energie  $i$ .

Rychlostní součinitel  $C$  byl použit dle Manninga viz rovnice (4) [9]:

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}, \quad (4)$$

kde  $n$  je drsnostní součinitel.

- Pro výtok v tlakovém režimu a to od úrovně hloubky vody u výtoku  $h$  menší než  $1,2D$  průměru výtokového potrubí, bylo použito vztahů pro výtok otvorem ve svislé stěně dle rovnice (5) [9]:

$$Q = \mu S \sqrt{2g(H_h - H_T)}, \quad (5)$$

kde  $Q$  je průtok závislý na výtokovém součiniteli  $\mu$ , ploše otvoru spodní výpusti  $S$  a rychlostní výšce. Rychlostní výška je hlavně závislá na změně hladiny vody v nádrži označené jako  $H_h$ , neboť gravitační zrychlení  $g$  a nadmořská výška osy spodní výpusti  $H_T$  se nemění.

Výtokový součinitel  $\mu$  byl odvozen dle Bernoulliho viz vztah (6):

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \sum \xi + \sum \lambda \frac{L}{D}}}, \quad (6)$$

kde  $\sum \xi$  vyjadřuje všechny ztráty na vtoku určené jako konstanta 0,5 [-],  $\sum \lambda$  vyjadřuje všechny ztráty po délce potrubí třením,  $L$  je délka zúžené části spodní výpusti a  $D$  je průměr zúžené části spodní výpusti.

Součinitel tření  $\lambda$  vyjadřující ztráty po délce byl odvozen z Nikuradsova vztahu (7):

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \log \frac{3,7D}{\Delta}, \quad (7)$$

kde  $\Delta$  je absolutní drsnost a  $D$  je průměr zúžené části spodní výpusti.

#### b) Přepad přes ostrohranný přeliv v požeráku

Ač přeliv v požeráku nebývá tvarem přímo ostrohranný, bylo při výpočtu předpokládáno, že se přeliv v požeráku velice blíží k ostrohrannému přelivu a tento stav byl idealizován.

Pro stanovení přepadového množství přes přeliv byl použit vztah (8) [9]:

$$Q = mb \sqrt{2g} (H_h - H_p)^{1,5}, \quad (8)$$

kde  $Q$  je přepadové množství,  $m$  je Bazinův součinitel přepadu,  $b$  je délka přelivné hrany,  $g$  je gravitační zrychlení,  $H_h$  je nadmořská výška hladiny,  $H_p$  je nadmořská výška přelivné hrany.

Bazinův součinitel přepadu byl stanoven dle (9) [9]:

$$m = \left( 0,405 + \frac{0,003}{(H_h - H_p)} \right) \left[ 1 + 0,55 \left( \frac{(H_h - H_p)}{(H_h - H_p) + s_1} \right)^2 \right], \quad (9)$$

kde  $s_1$  je výška přelivné hrany od dna v nádrži.

Jako hodnota odtoku pro jednotlivé nadmořské výšky hladin v nádržích přes požerák byla volena nejnižší hodnota z těchto možností. Za požeráky byla navržena dostatečně kapacitní odpadní potrubí, aby v nich za každé situace probíhalo proudění o volné hladině.

Při dosažení bezpečnostního přelivu byl následně přičten k odtoku přes požerák i odtok bezpečnostním přelivem.

#### 4.1.3 Odtok z nádrže bezpečnostním přelivem

Bezpečnostní přelivy, byly řešeny jako přeliv s obdélníkovým příčným profilem o šířce přelivné hrany  $t$ . Neb platí, interval pro  $t$  viz níže, pak bylo u výpočtu postupováno jako při přepadu přes jezová tělesa dle podmínky (10) [9]:

$$0,66h < t < 2h. \quad (10)$$

Při předpokladu, že přítoková rychlost je nulová a proto i rychlostní výška je nulová, byl výpočet přepadového množství přes bezpečnostní přeliv zjištěn dle (11) [9]:

$$Q = \sigma_z \sigma_s m b_0 \sqrt{2g} (H_h - H_p)^{1,5}, \quad (11)$$

kde  $Q$  je přepadové množství,  $\sigma_z$  je součinitel zatopení,  $\sigma_s$  je součinitel šikmosti,  $m$  je součinitel přepadu,  $b_0$  je délka přelivné hrany zkrácena o boční kontrakce,  $g$  je gravitační zrychlení,  $H_h$  je nadmořská výška hladiny a  $H_p$  je nadmořská výška přelivné hrany. Neb se při výpočtu vždy jednalo o dokonalý přepad a s úhlem  $\alpha$  rovným  $90^\circ$ , pak  $\sigma_z$  součinitel zatopení a  $\sigma_s$  součinitel šikmosti jsou rovny jedné.

Délka přelivné hrany zkrácena o boční kontrakce byla zjištěna dle (12) [9]:

$$b_0 = b - 0,1n\xi(H_h - H_p), \quad (12)$$

kde  $b$  je celková délka přelivné hrany,  $n$  je počet výskytu kontrakcí,  $\xi$  je součinitel boční kontrakce nabývající hodnot 0,4 až 1,0 dle tvaru bočního pilíře. Pro výpočty v diplomové práci byla zvolena hodnota  $\xi = 1,0$  poněvadž boční pilíře bezpečnostního přelivu jsou pravoúhlé.

Součinitel přepadu  $m$  pro výpočet přepadu přes bezpečnostní přeliv byl volen z následující tabulky.

Tab. 7 Součinitel přepadu  $m$  dle poměru  $t/h$

$t/h$	1/2	2/3	1	2	3
$m$	0,42	0,41	0,37	0,33	0,32

#### 4.1.4 Batygrafické čáry

Pro zpracování transformace povodňové vlny je zapotřebí také znalost batygrafických čar. Batygrafické čáry jsou čáry zatopených ploch a objemů, tzn.: Vyjadřují v závislosti na hloubce vody v nádrži objem jaký je nádrž pro tuto hloubku vody schopna pojmout a plochu vodní hladiny v této úrovni. Dá se říci, že plocha i objem v nádrži jsou funkcí nadmořské výšky.

Plochy byly ručně odečteny z podrobných situací jednotlivých retenčních nádrží na základě plochy uzavírající vrstevnice a hrázový profil a objemy následně vypočítány z ploch dle (13) a (14) [8]:

$$V_{i+1} = V_i + \Delta V_{i+1}, \quad (13)$$

$$\Delta V_{i+1} = \frac{(S_i + S_{i+1})}{2} (H_{i+1} - H_i), \quad (14)$$

kde  $V_{i+1}$  je hodnota objemu vody, kterou je nádrž schopna zadržet při hladině vody na úrovni nadmořské výšky  $H_{i+1}$ . Dále  $\Delta V_{i+1}$  vyjadřuje velikost objemu vody mezi úrovněmi hladin  $H_i$  a  $H_{i+1}$ .  $S_i$  je plocha vodní hladiny na úrovni  $H_i$  a  $S_{i+1}$  je plocha hladiny na úrovni hladiny  $H_{i+1}$ .

Při znalosti teoretické povodňové vlny, odtoků z nádrží a batygrafických čar, bylo možné zpracovat průběh transformace povodňové vlny na základě změny objemu vody v nádržích dle rozdílných přítoků a odtoků.

## 4.2 Kapacita koryt a objektů v zájmové lokalitě

V následujících třech částech bylo popsáno, jakým způsobem se postupovalo při výpočtu kapacity předem vytipovaných úseků koryt, dále mostních objektů a propustků.

### 4.2.1 Kapacita koryt

Kapacita koryt byla počítána jako rovnoměrné proudění vody v otevřených korytech. Byla využita Chézyho rovnice (15) a (16) [9]:

$$v = C\sqrt{Ri}, \quad (15)$$

$$Q = vS, \quad (16)$$

kde  $Q$  je průtok profilem závislý na rychlosti  $v$  a ploše zatopeného profilu  $S$ . Rychlost  $v$  je funkce závislá na Chézyho rychlostním součiniteli  $C$ , hydraulickém poloměru  $R$  a sklonu čáry energie  $i$ .

Hydraulický poloměr  $R$  je dle (17) [9]:

$$R = \frac{S}{O} \quad (17)$$

kde  $O$  je omočený obvod.

Rychlostní součinitel  $C$  byl použit dle Manninga viz rovnice (18):

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}, \quad (18)$$

kde  $n$  je drsnostní součinitel.

#### 4.2.2 Kapacita mostních objektů

Při výpočtu kapacity mostních objektů, bylo třeba rozlišit, zda se jedná o ovlivněné proudění hladinou dolní vody, nebo o neovlivněné proudění hladinou dolní vody.

##### a) Proudění ovlivněné hladinou dolní vody

Pokud platí následující vztah (19) [9], pak se jedná o proudění ovlivněné hladinou dolní vody:

$$h_d < \kappa E, \quad (19)$$

kde  $E$  je energetická výška v profilu před mostem a  $\kappa$  je součinitel pro výpočet mostů.

Proudění bylo řešeno použitím Bernouliho rovnice pro profil před mostem dle rovnice (20) [9]:

$$E = h + \frac{\alpha v_0^2}{2g}, \quad (20)$$

proudění za vtokem bylo řešeno také pomocí Bernouliho rovnice dle (21) [9]:

$$E = h_\sigma + \frac{Q^2}{2g\varphi^2 S_\sigma^2}, \quad (21)$$

kde  $v_0$  je přítoková rychlost a  $\varphi$  rychlostní součinitel.

Vzdutí způsobené mostem bylo zjištěno dle (2) [9]:

$$H = h - h_h = E - \frac{\alpha v_0^2}{2g} - h_h, \quad (22)$$

kde  $h_h$  je původní nevzdutá hloubka před mostem.



Průtok mostem byl zjištěn dle (23) [9]:

$$Q = \varphi S_{\sigma} \sqrt{2g(E - h_{\sigma})}, \quad (23)$$

kde plocha  $S_{\sigma}$  je funkce závislá na světlé šířce mostního profilu  $b$  a hloubce  $h_{\sigma}$ .

b) Proudění neovlivněné hladinou dolní vody

Pokud platí následující vztah (24) [9], pak se jedná o proudění neovlivněné hladinou dolní vody:

$$h_d > \kappa E, \quad (24)$$

Pro zjištění průtoku pod mostem byl použit vztah dokonalého přepadu přes širokou korunu viz (25) [9]:

$$Q = mb\sqrt{2g}E^{3/2}, \quad (25)$$

kde  $m$  je součinitel přepadu.

Energetická výška přepadu byla zjištěna na základě rovnice (26) [9]:

$$E = \left( \frac{Q}{mb\sqrt{2g}} \right)^{2/3}. \quad (26)$$

Vzdutí mostem bylo stanoveno stejně jako u proudění ovlivněného dolní vodou dle rovnice (22).

Tab. 8 Součinitelé pro výpočet proudění mostními profily [7]

typ	Plynulé boční připojení			Boční křídla zaoblená			Boční křídla šikmá			Boční křídla pravouhlá		
	$\phi$	$\kappa$	$m$	$\phi$	$\kappa$	$m$	$\phi$	$\kappa$	$m$	$\phi$	$\kappa$	$m$
A	0.96	0.72	0.36	0.95	0.73	0.36	0.95	0.74	0.36	0.94	0.75	0.35
B	0.94	0.75	0.35	0.93	0.76	0.35	0.92	0.78	0.34	0.91	0.79	0.33
C	0.91	0.79	0.33	0.90	0.81	0.32	0.88	0.83	0.30	0.87	0.85	0.28
D	0.90	0.81	0.32	0.88	0.83	0.30	0.87	0.85	0.29	0.86	0.87	0.27
E	0.85	0.88	0.26	0.83	0.91	0.23	0.81	0.93	0.20	0.79	0.95	0.16

A – dno mostu je v úrovni dna přítokového koryta

B - ve dně mostu je práh se zaoblenou vstupní hranou

C - ve dně mostu je práh se zkosenou vstupní hranou

D - ve dně mostu je práh s pravouhlou vstupní hranou

E - ve dně je práh s pravouhlou vstupní hranou (nepříznivé podm., nerovný povrch)

#### 4.2.3 Kapacita propustků

U propustků nacházejících se v zájmové lokalitě se jedná o kruhové betonové propustky se součinitelem drsnosti  $n = 0,013$ . Proto byl kapacitní průtok pro netlakový režim určen pomocí vztahu (27) [10]:

$$Q_D = 24D^{8/3}\sqrt{I_0}, \quad (27)$$

kde  $Q_D$  je kapacitní průtok při netlakovém režimu,  $D$  je průměr kruhového propustku a  $I_0$  je sklon dna propustku.

Pro proudění s volnou hladinou potom platí vztah (28) [10]:

$$Q < Q_D, \quad (28)$$

kde  $Q$  je návrhový průtok.

#### 4.3 Odtok z ploch při přivalovém dešti

Pro návrh svodných koryt bylo třeba znát, jak velký odtok z těchto ploch bude odtékat při návrhovém krátkodobém intenzivním dešti. Tento odtok byl zjištěn dle rovnic uvedených níže (29), (30) a (31) [11]:

$$Q = q_s S, \quad (29)$$

kde  $Q$  je hledaný odtok z ploch,  $q_s$  je specifický odtok a  $S$  je velikost plochy,

$$q_s = i_s \Psi_s, \quad (30)$$

kde  $i_s$  je intenzita krátkodobého deště a  $\Psi_s$  je srážkoodtokový součinitel, tento součinitel, byl zjištěn dle dvou autorů a to W.C.Hooda a O. Hartela, z nichž byl pak vybrán horší stav,

$$i_s = \frac{H_s}{t_s}, \quad (31)$$

kde  $H_s$  je celkový úhrn návrhového deště a  $t_s$  je doba návrhového deště.

Po zjištění odtoků z ploch byla pak následně navržnuta svodná koryta a posouzena dle výpočtu kapacity koryt.

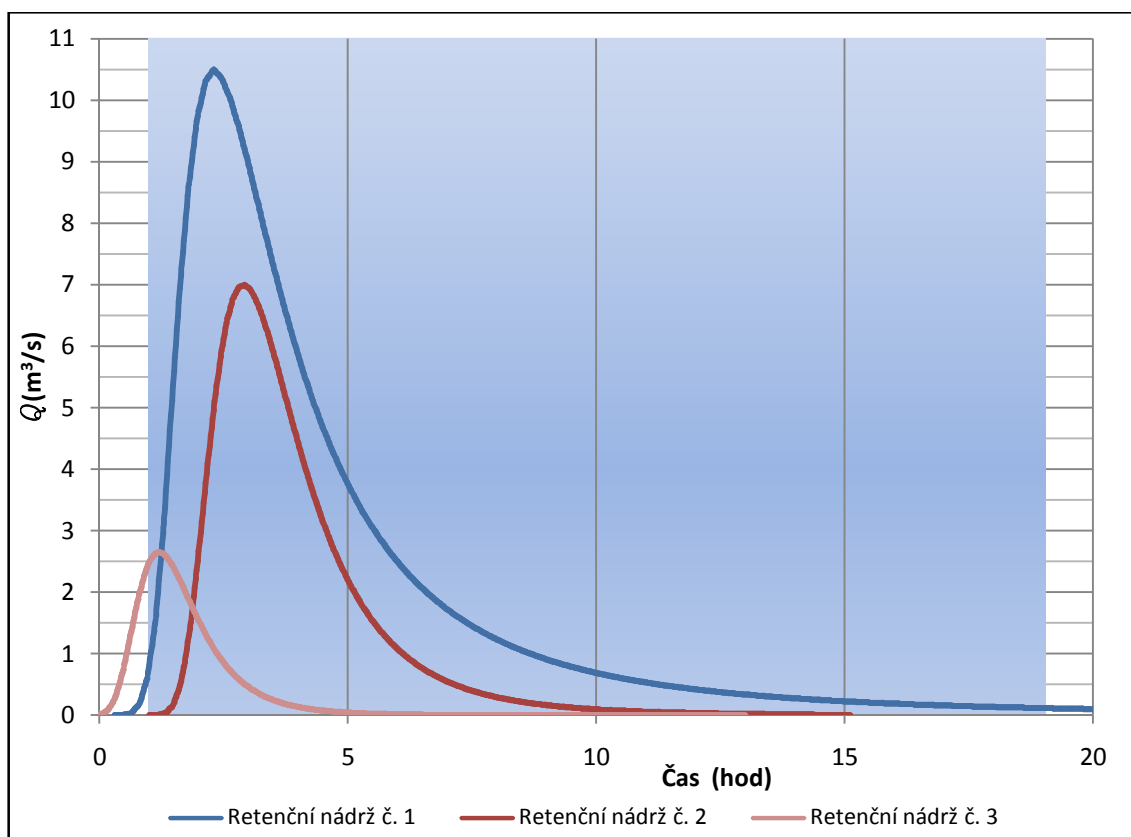
## 5 VÝPOČTY PROUDĚNÍ A TRANSFORMACE POVODŇOVÝCH VLN NÁDRŽÍ

### 5.1 Transformace povodňové vlny retenční nádrží

Pro výpočet transformace povodňové vlny, bylo nutné nejdříve zpracovat všechny části potřebné dle Rov.: 1. Přítok vychází z podkladů od ČHMÚ a z 1. Etapy studie, jako průběh teoretické povodňové vlny, kde je přítok  $Q_p$  závislý na čase  $t$ . Funkce odtoku vody z nádrže je funkce závislá na změně objemu vody v nádrži  $V$  a s tím spojenou změnou nadmořské výšky hladiny v nádrži  $H_h$  v čase  $t$ . Kombinací odtoku  $Q_o$  z funkčních objektů u retenční nádrže jako je požerák, či bezpečnostní přeliv, byla získána výsledná funkce odtoku vyjádřená jako průběh  $Q_o$  v závislosti na  $H_h$ .

#### 5.1.1 Teoretická povodňová vlna – přítok do nádrží

Průběh teoretických povodňových vln k jednotlivým nádržím lze nalézt v příloze č. 21 a v příloze č. 35, nebo také viz obrázek č. 35.



Obr. 35 Průběh teoretických netransformovaných 100-letých povodňových vln

Základní údaje 100-letých povodňových vln pro jednotlivé retenční nádrže

Retenční nádrž č. 1:

- Objem teoretické povodňové vlny  $W_{PV100}$  140 000 m<sup>3</sup>
- Maximální průtok  $Q_{100max}$  10,5 m<sup>3</sup>/s

Retenční nádrž č. 2:

- Objem teoretické povodňové vlny  $W_{PV100}$  64 000 m<sup>3</sup>
- Maximální průtok  $Q_{100max}$  7,0 m<sup>3</sup>/s

Retenční nádrž č. 3:

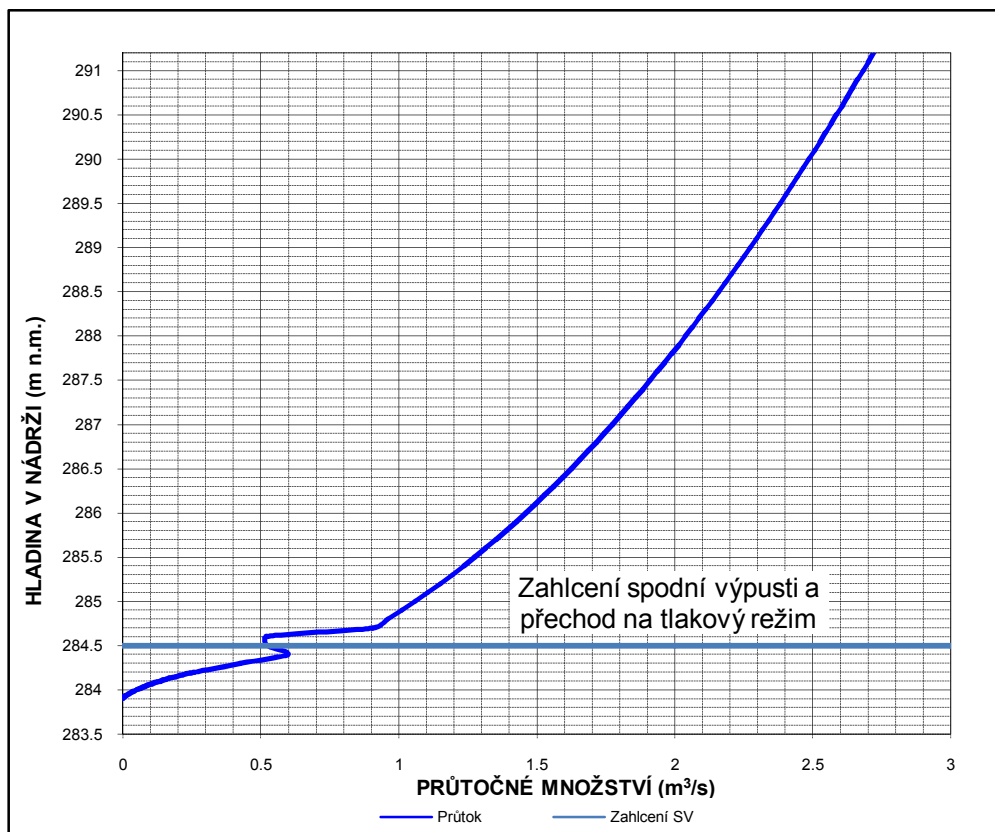
- Objem teoretické povodňové vlny  $W_{PV100}$  28 000 m<sup>3</sup>
- Maximální průtok  $Q_{100max}$  2,65 m<sup>3</sup>/s

#### 5.1.2 Odtok z nádrže přes požerák

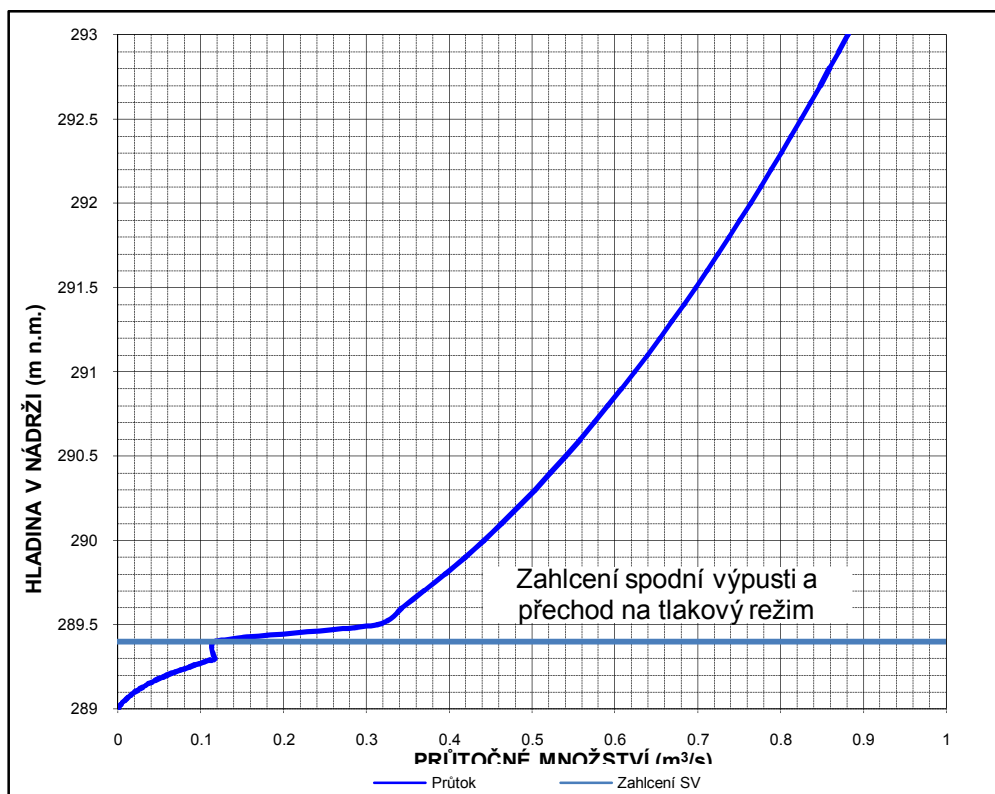
a) Výtok zúženým otvorem spodní výpusti jak o volné hladině, tak v tlakovém režimu

- Pro výtok o volné hladině byla použita Chézyho rovnice dle podmínek a rovnic uvedených v kapitole 4. Viz vztahy (2), (3), (4).
- Pro výtok v tlakovém režimu byl použit postup dle podmínek a rovnic uvedených v kapitole 4. Viz vztahy (5), (6), (7).

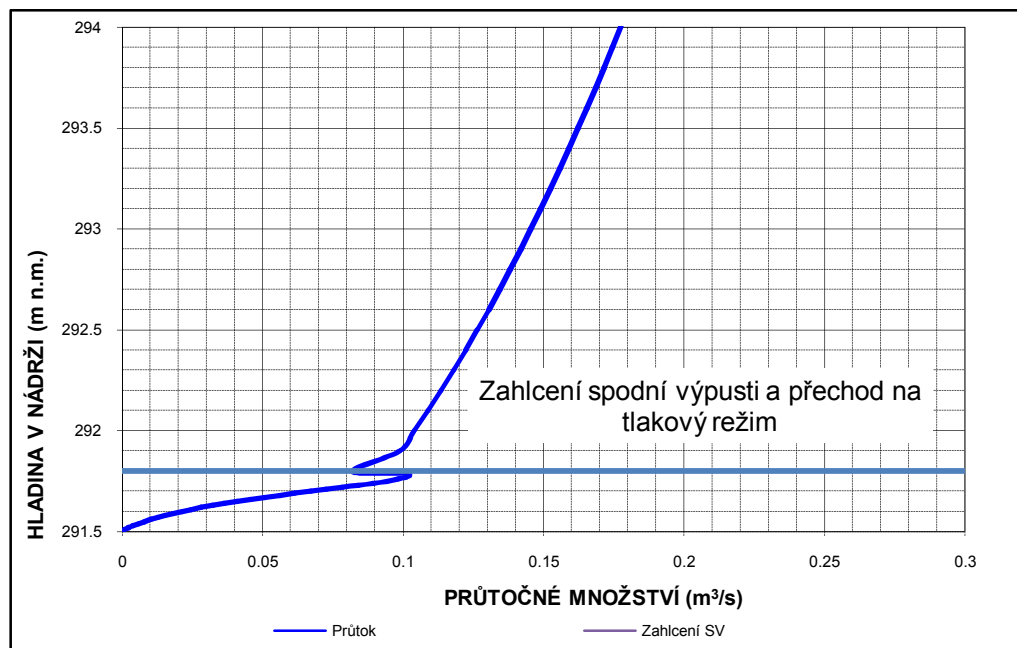
Výtok zúženým otvorem spodní výpusti byl u všech retenční nádrží zpracován do grafu znázorňující závislost průtočného množství spodních výpustí na hladině v nádrži viz obrázky č. 36, 37, 38.



Obr. 36 Měrná křivka zúženého otvoru spodní výpusti retenční nádrže č. 1



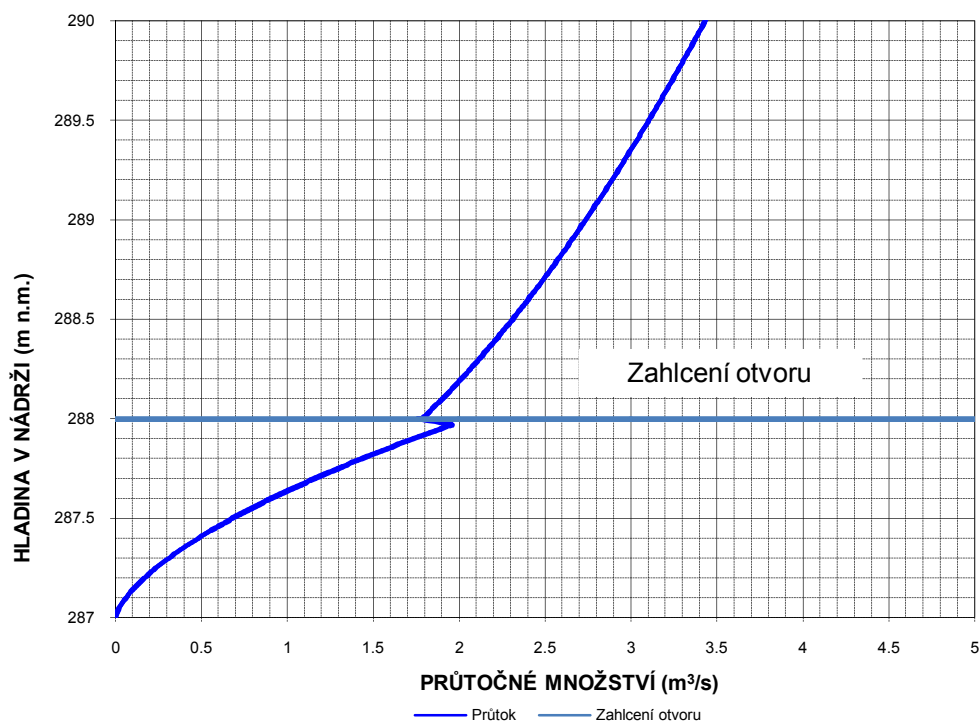
Obr. 37 Měrná křivka zúženého otvoru spodní výpusti retenční nádrže č. 2



Obr. 38 Měrná křivka zúženého otvoru spodní výpusti retenční nádrže č. 3

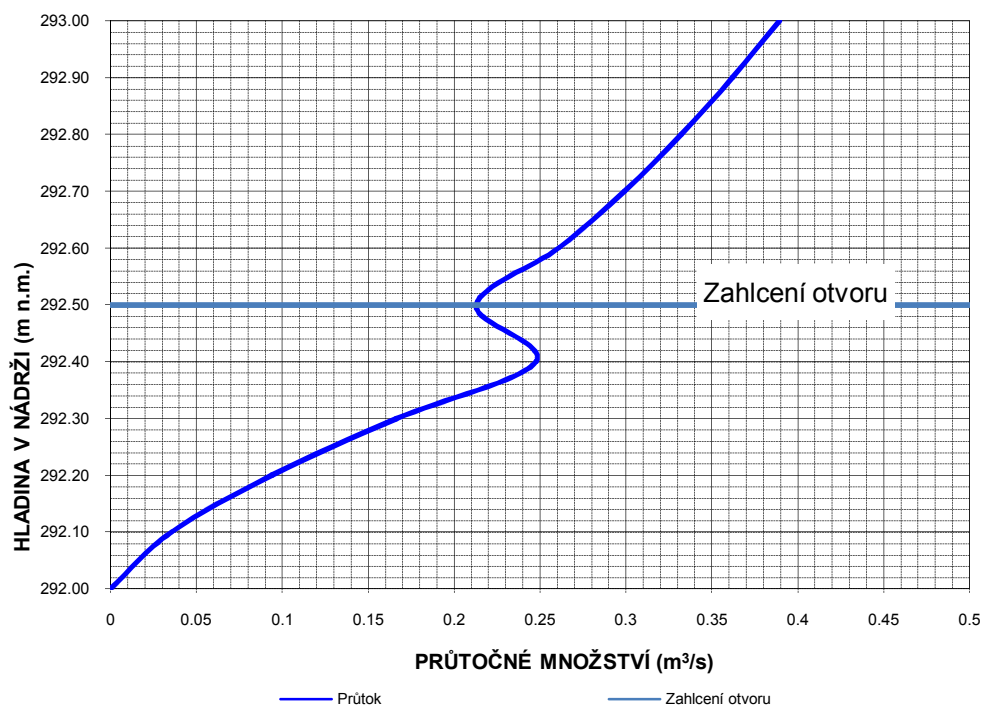
b) Přepad přes ostrohranný přeliv v požeráku

Při výpočtu měrné křivky přepadů u požeráků, bylo postupováno dle kapitoly 4. Viz rovnice (8) a (9) a po zahlcení otvoru dle rovnic (5), (6) a (7). Výsledné měrné křivky průtočného množství závislého na nadmožské výšce hladin je viz obrázky č. (39), (40), (41).

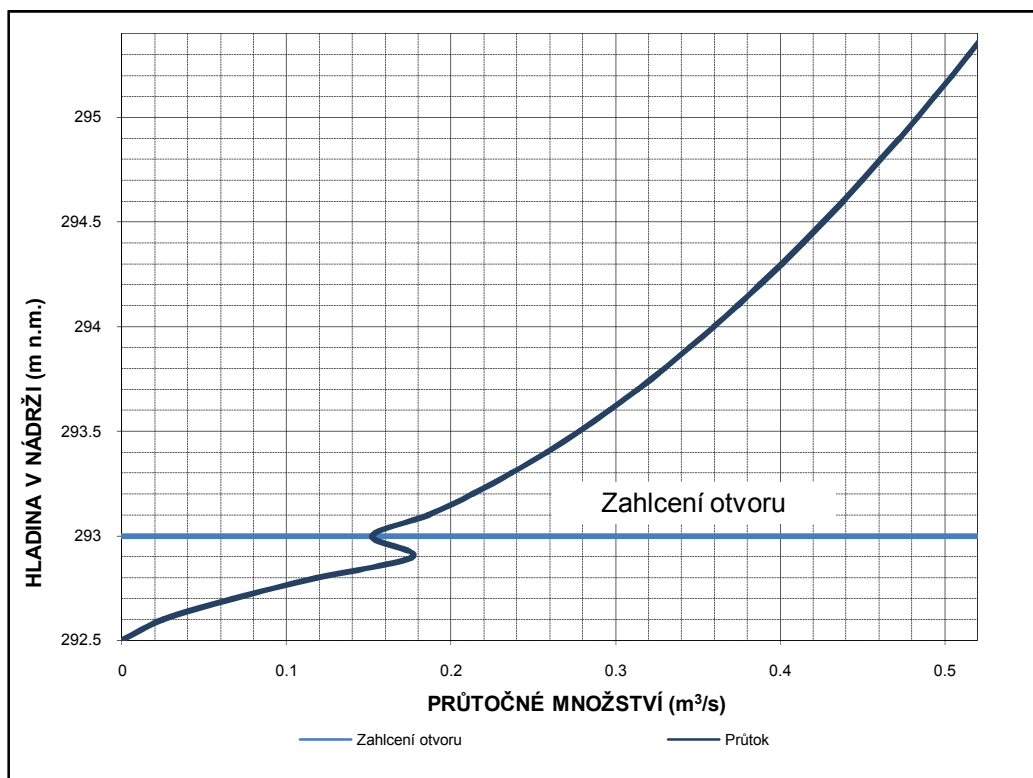


Obr. 39 Měrná křivka přelivu požeráku retenční nádrže č. 1





Obr. 40 Měrná křivka přelivu požeráku retenční nádrž č. 2

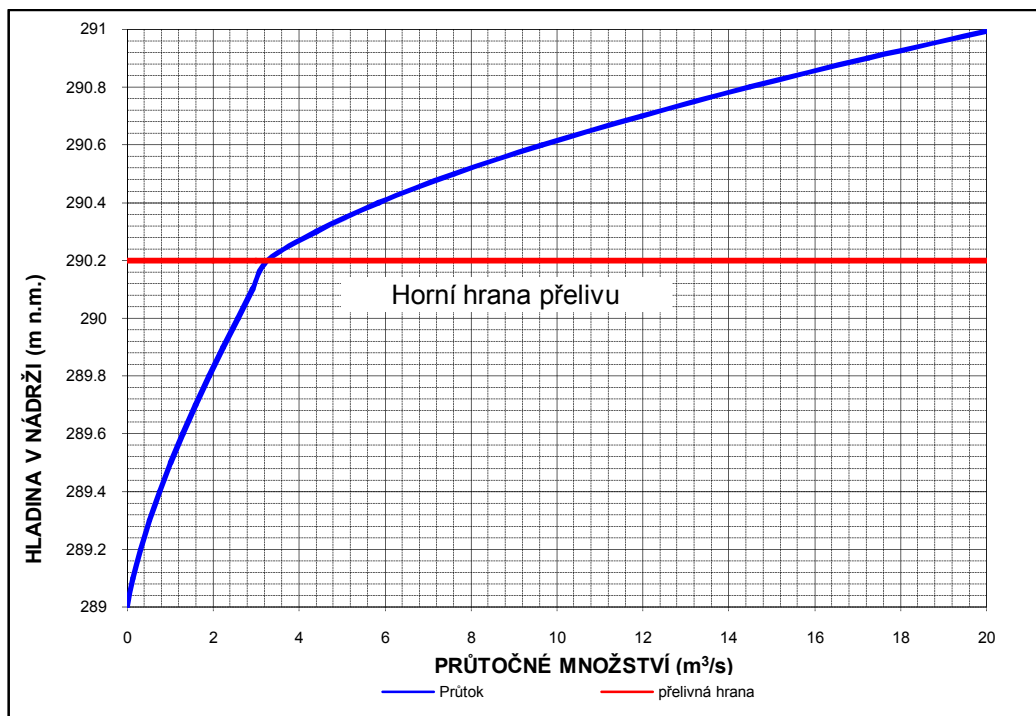


Obr. 41 Měrná křivka přelivu požeráku retenční nádrž č. 3

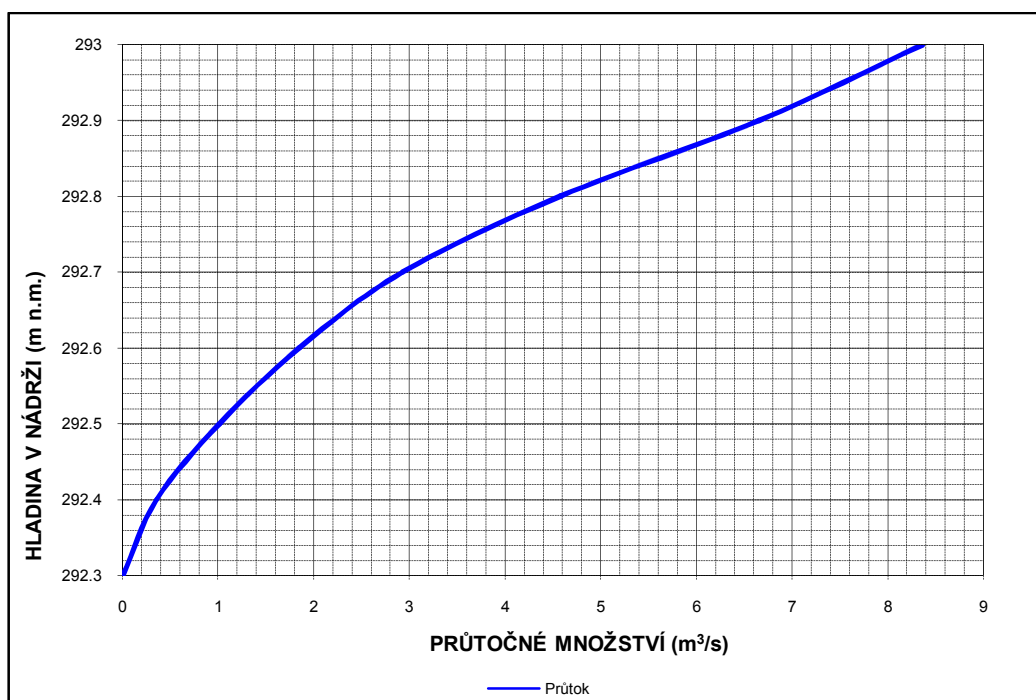
### 5.1.3 Odtok z nádrže bezpečnostním přelivem

U všech třech retenčních nádrží byly navrženy boční bezpečnostní přelivy, a proto u výpočtu mohlo být postupováno stejně dle postupu v kapitole 4. Pro postup byly využi-

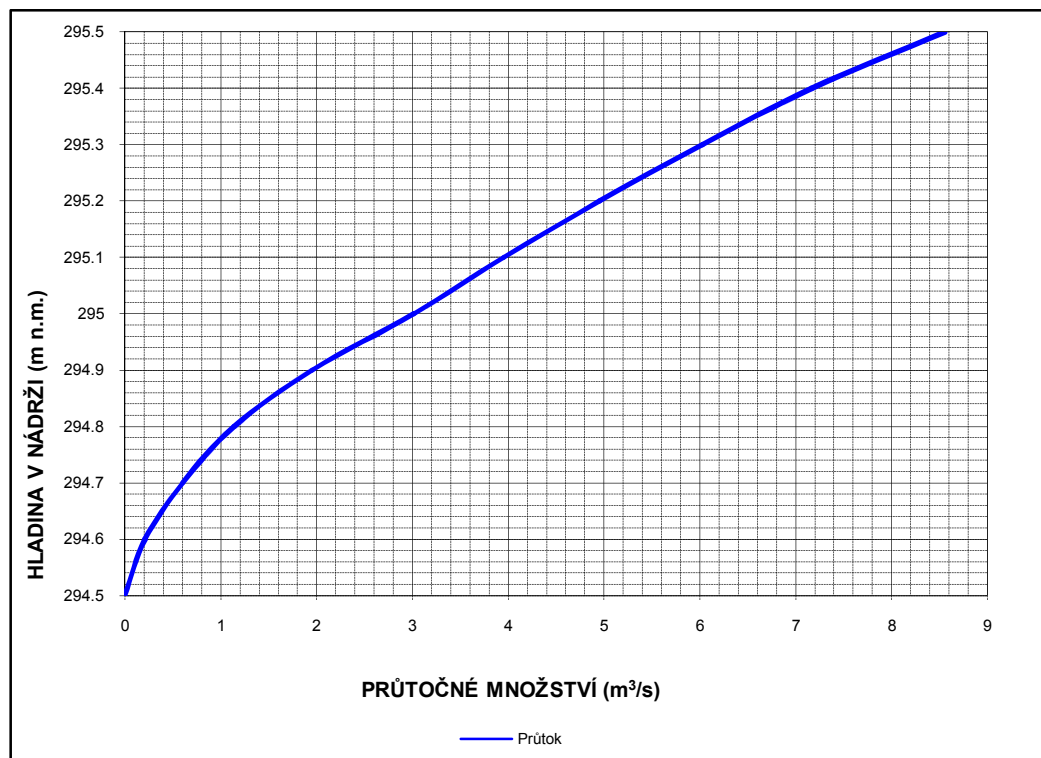
ty rovnice (11), (12), (13), součinitel  $m$  byl iterován dle tab. č. 7. Pro všechny tři retenční nádrže byly zpracovány měrné křivky bezpečnostních přelivů viz obrázky č. 42, 43, 44.



Obr. 42 Měrná křivka bezpečnostního přelivu retenční nádrž č. 1



Obr. 43 Měrná křivka bezpečnostního přelivu retenční nádrž č. 2

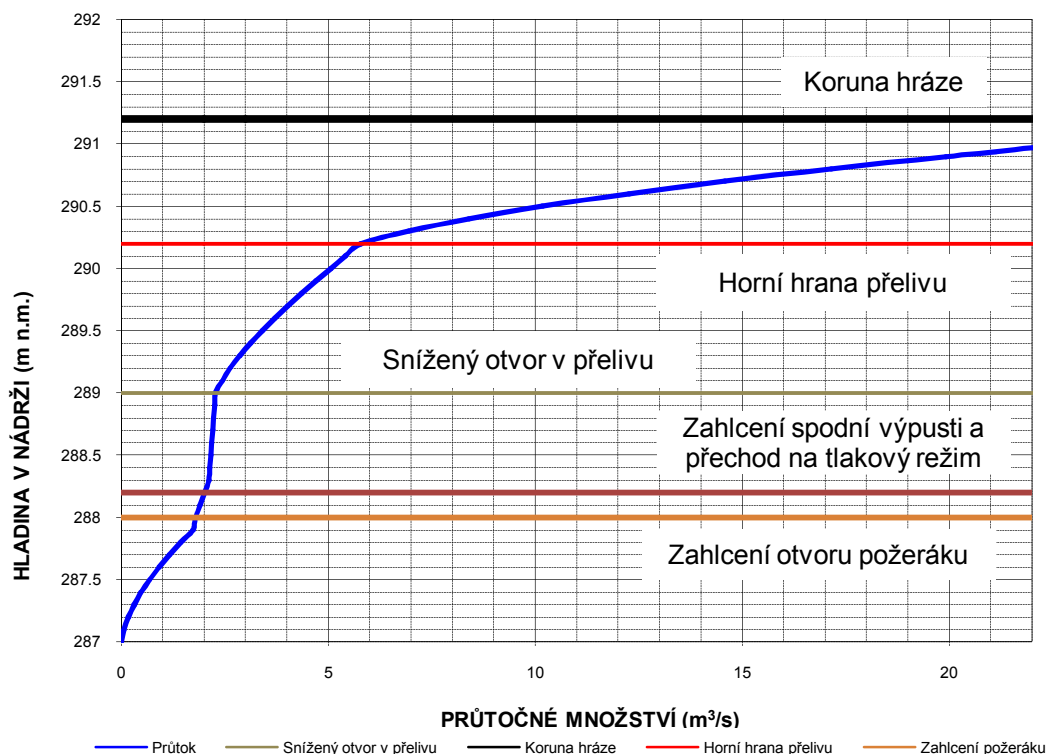


Obr. 44 Měrná křivka bezpečnostního přelivu retenční nádrž č. 3

#### 5.1.4 Celkový odtok z nádrží – hledaná funkce odtoku

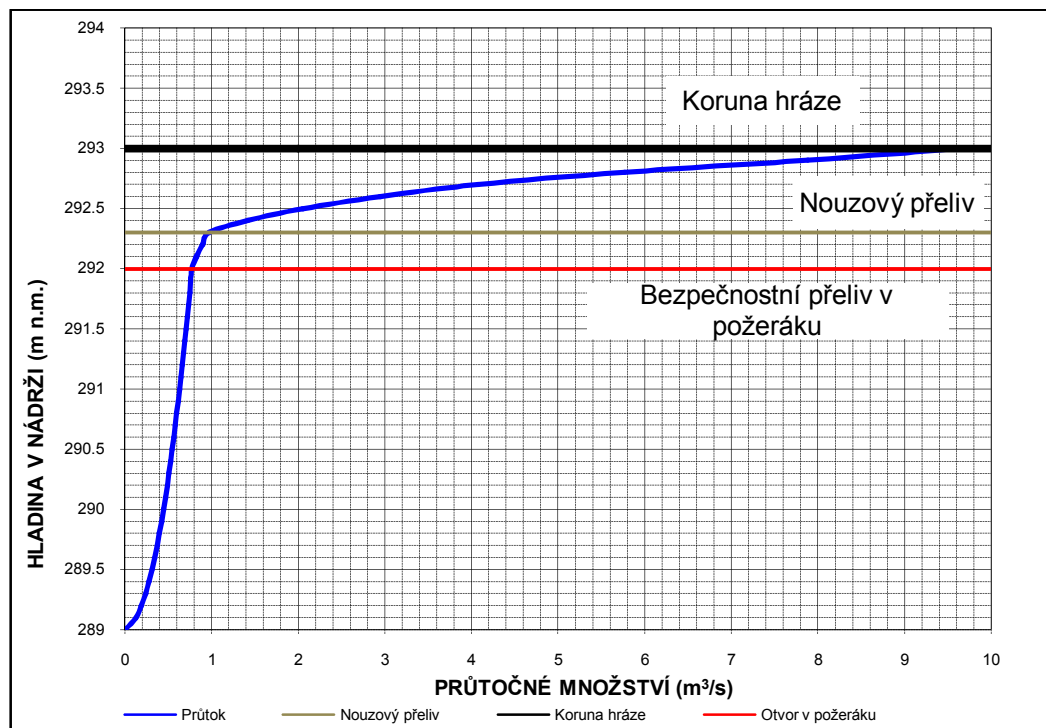
Celkové měrné křivky odtoku, byly zjištěny na základě kombinace jednotlivých měrných křivek funkčních objektů navržených s retenčními nádržemi.

U retenční nádrže č. 1 bylo třeba zohlednit, do jaké nadmořské výšky hladiny v nádrži se bude řídit měrnou křivkou požerákového přelivu a od kdy se bude řídit měrnou křivkou spodní výpusti. Tyto dvě měrné křivky byly proloženy a bráno z nich bylo jejich minimum. Od dosažení přelivné hrany bezpečnostního přelivu hladinou vody v nádrži byla k minimum od prvních dvou měrných křivek přičtena měrná křivka bezpečnostního přelivu. Viz příloha č. 29 a obrázek č. 45.



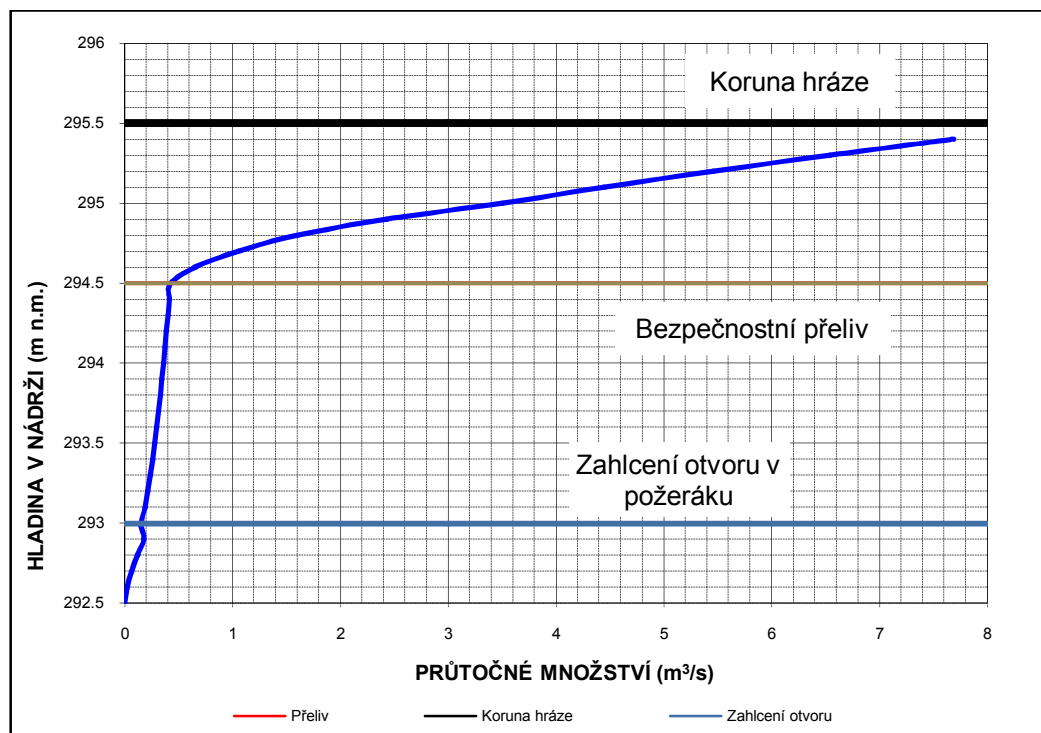
Obr. 45 Výsledná funkce odtoku pro retenční nádrž č. 1

U retenční nádrže č. 2 byla kombinace měrných křivek odtoku funkčními objekty snazší. Výsledná funkce odtoku byla vytvořena součtem měrných křivek spodní výpusti, požerákového přelivu a bezpečnostního přelivu. Viz příloha č. 30 a obrázek č. 46.



Obr. 46 Výsledná funkce odtoku pro retenční nádrž č. 2

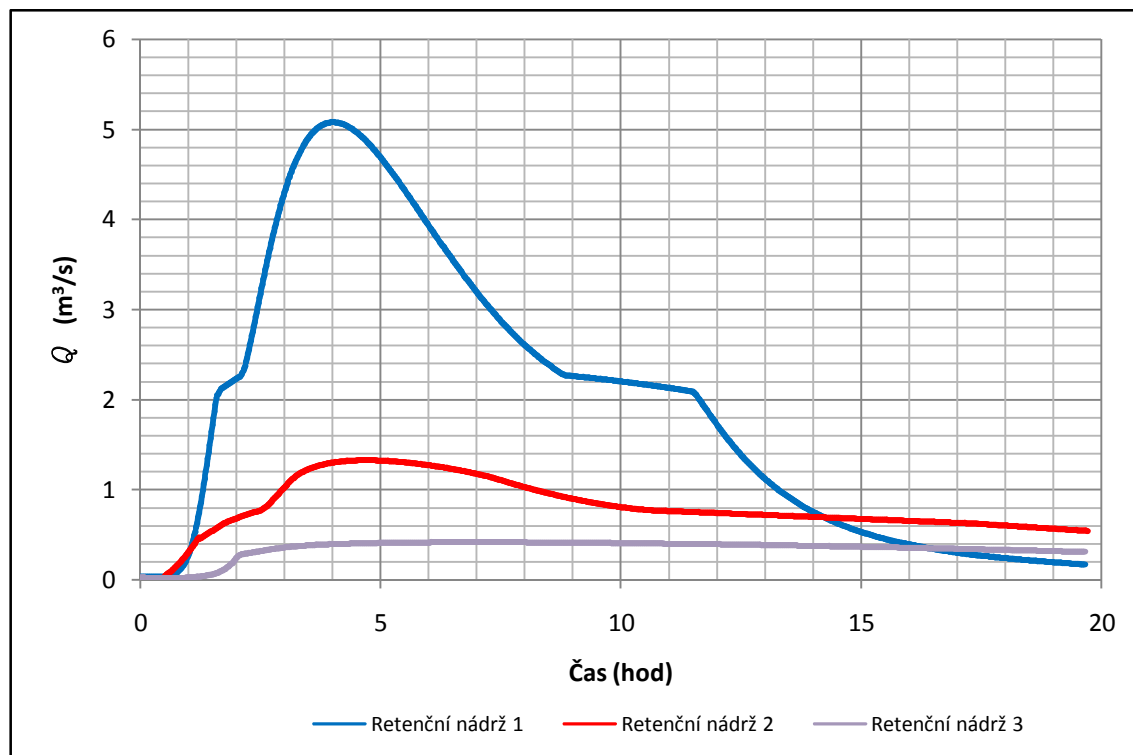
U retenční nádrže č. 3 pro výslednou měrnou křivku odtoku byly zkombinovány pouze měrné křivky dvou funkčních objektů a to požerákového přelivu a bezpečnostního přelivu. Měrná křivka spodní výpusti nebyla do funkce odtoku zahrnuta, neb byla v požeráku navrhována pro případné vypuštění objemu vody stálého nadržení. Viz příloha č. 31 a obrázek č. 47.



Obr. 47 Výsledná funkce odtoku pro retenční nádrž č. 3

### 5.1.5 Výsledný postup zpracování transformace

Při znalosti funkce přítoku, odtoku a batygrafických čar, bylo možné zjištěná data zadat do programu NÁDRŽE. Tento program na základě vstupních dat, vyexportoval textový dokument, ve kterém dle nastaveného časového kroku, podle rovnice (1), vymodeloval průběh transformace retenční nádrží. Tento krok byl proveden pro všechny tři retenční nádrže. Výsledný průběh transformovaných povodňových vln viz příloha č. 28 a obrázek č. 48.



Obr. 48 Průběh transformovaných povodňových vln

Základní údaje k transformacím 100-letých povodňových vln pro jednotlivé retenční nádrže

Retenční nádrž č. 1:

- Objem vody v nádrži při transformaci  $Q_{100}$  64 687 m<sup>3</sup>
- Maximální transformovaný průtok  $Q_{100tra}$  5,1 m<sup>3</sup>/s

Retenční nádrž č. 2:

- Objem vody v nádrži při transformaci  $Q_{100}$  37 554 m<sup>3</sup>
- Maximální transformovaný průtok  $Q_{100tra}$  1,0 m<sup>3</sup>/s

Retenční nádrž č. 3:

- Objem vody v nádrži při transformaci  $Q_{100}$  20 305 m<sup>3</sup>
- Maximální transformovaný průtok  $Q_{100tra}$  0,42 m<sup>3</sup>/s

## 5.2 Kapacita koryt a objektů v zájmové lokalitě

Při výpočtu kapacity koryt a objektů v zájmové lokalitě bylo postupováno dle postupu a rovnic uvedených v kapitole 4. Podrobněji v následujících částech.



### 5.2.1 Kapacita koryt

Pro výpočet kapacity koryt byly využity rovnice č. (16) až (19). Pro tyto výpočty byl využit tabulkový procesor Microsoft Excel.

Toky byly rozděleny na úseky se stejnými vlastnostmi a to přibližně stejný tvar, podélný sklon, drsnost a další. Pro výpočet kapacity byla pak vybrána geometrie v nejmenším příčném profilu na vybraném úseku.

Výsledné kapacity koryt viz příloha č. 19.

### 5.2.2 Kapacita mostních objektů

Při výpočtu kapacity mostních objektů bylo postupováno dle rovnic (19) až (23) z kapitoly 4 části Kapacita mostních objektů a dále byly využity i rovnice (24) až (26) z části Kapacita koryt.

Výpočet kapacity mostních objektů byl u každého objektu rozdělen na dvě části, a to nejen na výpočet proudění ovlivněného a neovlivněného dolní vodou, ale také na výpočet přímo v mostním profilu a pak ihned za mostním profilem v korytě za mostem. Principiálně byla kapacita přímo v mostním profilu počítána pomocí upravených rovnic (19) až (26) a v korytě těsně za mostem dle rovnic (16) až (19). Dále byla u těchto dvou částí snaha o vzájemné přiblížení kapacitních průtoků přímo pod mostem a v korytě za mostem na tak blízkou hodnotu, aby jejich rozdíl byl roven téměř nule. Tohoto přiblížení bylo dosaženo změnou hloubky v mostním profilu  $h$  pro zjišťování hodnoty kapacity objektu neovlivněné hladinou dolní vody a změnou hloubky v korytě za mostem  $h_d$  pro zjišťování hodnoty kapacity objektu ovlivněné dolní hladinou vody. Pro přiblížení byl využit softwarový nástroj řešitel. Výchozí hodnoty  $h$  a  $h_d$  byly rovny vzdálenosti dna od spodní hrany mostní konstrukce.

### 5.2.3 Kapacita propustků

Propustky v zájmové lokalitě byly spočítány a také navrhнутy dle vztahů (27) a (28). Jejich výsledné kapacity jsou, viz příloha č. 20.

## 5.3 Odtok z ploch při přivalovém dešti

Základním údajem pro zjištění odtoku z ploch byla hodnota celkového úhrnu krátkodobého deště  $H_s$ , z čehož vyplývá intenzita krátkodobého deště  $i_s$ . Hodnoty  $H_s$  a  $i_s$  byly zjištěny viz tabulky č. (5), (6) a to pro 15-ti minutovou srážku se 100-letým opakováním.

Dále pak bylo zapotřebí určit srážkoodtokové součinitele  $\Psi_s$  a to dle dvou autorů a to W. C. Hooda a O. Hartela. Následně byl vybrán srážkoodtokový součinitel s vyšší hodnotou.

Po zjištění srážkoodtokových součinitelů byly pro jednotlivé plochy stanoveny specifické průtoky  $q_s$  a to dle vztahu (30). A následně pomocí vztahu (29) byly zjištěny hodnoty odtoku z ploch při krátkodobém intenzivním dešti  $Q$ .

Výsledné hodnoty včetně schéma rozdělení oblasti na jednotlivé plochy viz příloha č. 34.

Při znalosti odtoků z plochy, byla dále navržena svodná koryta, kterážto budou odvádět srážkovou vodu mimo dosah intravilánu. Při návrhu a posouzení těchto koryt bylo postupováno dle kapitoly 4. a to části Kapacita koryt. Výsledné návrhy s vypočítanými kapacitami viz přílohy č. 25, 26 a 27.

## 6 NÁVRH PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ

Oblast ohrožující městys Hustopeče nad Bečvou byla rozdělena na několik menších povodí (viz příloha č. 2), z kterýchž to při intenzivní srážce odtéká voda do Loučského potoka, kde dojde ke koncentraci průtoků a výsledný průtok vyběřeží do intravilánu městyse a způsobí značné škody.

Díky návrhu retenčních nádrží č. 1 a č. 2 v 1. etapě studie firmou TBD a.s., na kterých bylo v rámci této diplomové práce provedeno několik změn a díky návrhu retenční nádrže č. 3 a svodných příkopů, jež byly nově navrhnuty v této diplomové práci, bylo dosaženo toho, že výsledný koncentrovaný transformovaný průtok nevyběřeží do intravilánu. Podmínkou ovšem je, aby všechny navržené objekty byly udržovány a nejen ty, ale také stávající koryta toků a to se taktéž týká objektů na tocích.

### 6.1 Návrh retenční nádrže č. 1

Retenční nádrž č. 1 byla navržena již v 1. etapě studie, a však při zpracování této diplomové práce bylo třeba provést několik změn na tomto návrhu. Retenční nádrž č. 1 byla umístěna do stejného profilu jako původní protržená retenční nádrž.

Základním vstupem pro návrh retenční nádrže č. 1 byla data od ČHMÚ viz příloha č. 35, a to maximální netransformovaný průtok  $Q_{100} = 10,5 \text{ m}^3/\text{s}$  a objem teoretické povodňové vlny  $W_{PV100} = 140\,000 \text{ m}^3$ . Požadavkem pro návrh této retenční nádrže byl nízký transformovaný průtok z nádrže při povodni a zvýšení bezpečnosti oproti původní protržené retenční nádrži optimálním navržením dostatečně kapacitních bezpečnostních prvků.

Základní parametry navržené retenční nádrže č. 1:

- kóta koruny hráze	291,20 m n. m.
- kóta nejnižšího dna	284,00 m n. m.
- výška hráze	7,20 m
- bezpečnostní přeliv - snížený otvor 1,2 x 1,5 m	289,00 m n. m.
- hrana přelivu	290,20 m n. m.
- maximální hladina	290,68 m n. m.
- hladina při kulminaci $Q_{100}$	290,00 m n. m.
- maximální objem	84 100 $\text{m}^3$
- retenční objem	73 705 $\text{m}^3$
- maximální zatopená plocha	3,03 ha
- spodní výpust	1 x DN 800, zúžení na 600
- otvor v požeráku	1 x 1 m
- kóta osy spodní výpusti	284,20 m n. m.
- max. odtok	5,1 $\text{m}^3/\text{s}$
- čas kulminace	cca 4 h

Další parametry viz příloha č. 32.

Změn vůči návrhu retenční nádrže č. 1 v 1. etapě studie je několik:

- kóta hrany otvoru požeráku byla snížena na 287,00 m n. m., tím byla snížena i hladina stálého nadržení a zvýšen retenční objem,
- bezpečnostní přeliv a odpadní koryto bylo upraveno tak, aby jejich osy byly v jedné přímce viz příloha č. 6, tím je dosaženo toho, že v odpadním korytě nevznikne žádný ohyb, který by mohl zapříčinit vylití vody z odpadního koryta a způsobit tak poruchu na objektu retenční nádrže,
- návrh původního sníženého otvoru rozměrů 3 x 0,5 m na kótě 289,00 m n. m., byl změněn na snížení přelivné hrany v délce 1,5 m o 1,2 m níže, to znamená až na kótu 289,00 m n. m.

Tyto změny u retenční nádrže č. 1 byly navrženy vůči první studii z důvodu zvýšení bezpečnosti retenční nádrže a snížení transformovaného průtoku.

Retenční nádrž č. 1 s provedenými změnami v rámci této diplomové práce byla navržena tak, aby 100-letá povodňová vlna byla bezpečně transformována a aby maximální odtok z nádrže v případě souběhu kulminací z ostatních navržených objektů byl dostatečně malý. Vzhledem k zvýšení hráze retenční nádrže o 1,2 m a rozšíření zátopy vůči původní protržené nádrži byly vypracovány přílohy č. 11 a 15 pro budoucí majetkové vyrovnání s majiteli pozemků.

Bezpečnostní přeliv byl navržen délky 12 m na úrovni 290,20 m n. m., což je dostačující pro bezpečné převedení  $Q_{100}$  přes přeliv aniž by došlo k přelití hráze či k jejímu poškození. U přelivné hrany bylo navrženo snížení v délce 1,5 m na kótu 289,00 m n. m., čímž byl vytvořen výřez šířky 1,5 m a výšky 1,2 m.

Celkové řešení nádrže bylo zpracováno tak, aby při povodni nádrž transformovala z počátku pouze přes objekt požeráku a až by hladina vody vystoupala na úroveň sníženého otvoru v přelivné hraně, pak by byla voda převáděna i tímto otvorem. Při návrhu bylo předpokládáno, že bezpečnostním přelivem nebude při transformaci 100-leté povodňové vlny odtékat voda přes celou délku přelivné hrany, ale pouze sníženým otvorem. Až při situaci, kdy by byla povodeň vyšší  $N$ -letosti než je 100-letá, nebo v případě, že proběhnou dvě návrhové povodně v těsném intervalu za sebou, nebo pokud bude poškozen požerák a nebude schopen převádět vodu, poté by byl průtok převáděn v celé délce bezpečnostního přelivu.

V oblasti návrhu nové retenční nádrže č. 1 vede vysoké napětí a tím se budoucí stavba nachází v ochranném pásmu. Před zahájením prací by bylo třeba přeložit toto vysoké napětí, aby stavbou nebylo zasaženo toto ochranné pásmo.

## 6.2 Návrh retenční nádrže č. 2

Retenční nádrž č. 2 byla navržena již v 1. etapě studie na přítoku Loučského potoka, a to na Vysockém potoce. Tato nádrž byla navržena na příhodném místě v údolí s vhodně

svažitým terénem pro zavázání hráze do terénu. V tomto místě byl určen průtok  $Q_{100} = 7,0 \text{ m}^3/\text{s}$  [1].

Základní parametry retenční nádrže č. 2:

- kóta koruny hráze	293,00 m n.m.
- kóta nejnižšího dna	289,00 m n.m.
- výška hráze	4,0 m
- bezpečnostní přeliv - boční nouzový dl. 8,0 m	292,50 m n.m.
- v požeráku – otvor 0,6 x 0,4 m	292,00 m n.m.
- maximální hladina	292,29 m n.m.
- maximální objem	37 554 m <sup>3</sup>
- retenční objem	37 554 m <sup>3</sup>
- maximální zatopená plocha	2,30 ha
- spodní výpust od požeráku	1 x DN 800
- spodní výpust vtok do požeráku	1 x DN 400
- kóta osy spodní výpusti	289,00 m n.m.
- max. odtok	1,00 m <sup>3</sup> /s
- čas kulminace	cca 5 h

Další parametry viz příloha č. 32.

Na tomto návrhu retenční nádrže byla provedena pouze jedna změna oproti původnímu návrhu v 1. etapě studie. Nouzový bezpečnostní přeliv byl změněn z korunového nouzového bezpečnostního přelivu na boční o délce přelivné hrany 8,0 m. Tím byly navýšeny náklady na budoucí výstavbu této retenční nádrže, ale také byla zvýšena bezpečnost této retenční nádrže.

Tato retenční nádrž byla jediná navržena jako suchá. Byla navržena tak, že zachytí prakticky celý objem  $PV_{100}$  z levostranného přítoku (Vysocký potok). Po celou dobu transformace odtéká z nádrže odtok nižší než  $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$  až v kulminaci je odtok roven  $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$ . Kulminace nastane cca 5 h po počátku povodňového průtoku. Čím bylo dosaženo toho, že při nejhorší situaci souběhu kulminací ze všech tří retenčních nádrží bude stále kapacita toků po provedení navržených úprav dostačující [1].

Před začátkem provedení výstavby retenční nádrže č. 2 je třeba vyřešit majetkové poměry z hlediska majitelů pozemků, na nichž se retenční nádrž a zátopa v době povodně bude nacházet dle příloh č. 12. a 16.

### 6.3 Návrh retenční nádrže č. 3

Oblast Levostranného přítoku, na kterém byla retenční nádrž č. 3 navržena, je převážně zemědělsky obdělávaná a mírně svažitá, ideální místo pro návrh této retenční nádrže bylo po rekognoskaci terénu určeno přibližně v ř. km 1,420. V tomto místě je nejideálněji tvarované údolí levostranného přítoku pro zavázání hráze do terénu.

Tato retenční nádrž byla navržena se stálou zvodní. Návrh hráze je na zemědělské ploše, tedy zátopa stálého nadržení i retenčního prostoru zasahuje zemědělsky obdělávané plochy. Plochy, na které zasahuje retenční zátopa, však mohou být stále využívány k obdělávání, ovšem v době kdy nebude nádrž plnit protipovodňovou funkci.

Hladina stálého nadržení v nádrži bude v průběhu roku kolísat vzhledem k tomu, že tok nemá celoročně stálý průtok. Toto kolísání ovlivní přítok, výpar a průsak přes zemní těleso hráze.

Dle požadavků byla hráz s korunou hráze navržena tak, aby byla pojízdná motorovými vozidly a tak mohla tvořit pokračování polní cesty.

V místě navržené retenční nádrže č. 3 a její zátopy se nachází šachta s armaturami a potrubími vodovodního řadu. Tento řad je veden z čerpací stanice v Porubě do vodojemu nad Hustopečemi nad Bečvou. Tuto šachtu a vodovodní potrubí bude nutné přeložit.

Pro profil hráze byl stanoven od ČHMÚ 100-letý průtok  $2,65 \text{ m}^3/\text{s}$  a objem povodňové vlny  $W_{PV100} = 28\,000 \text{ m}^3$ .

Základní parametry retenční nádrže č. 3:

- kóta koruny hráze	295,50 m n.m.
- kóta nejnižšího dna	291,20 m n.m.
- výška hráze	4,3 m
- boční bezpečnostní přeliv dl. 4,8 m	294,50 m n.m.
- maximální hladina	295,00 m n.m.
- maximální objem	29 930 m <sup>3</sup>
- retenční objem	27 017 m <sup>3</sup>
- maximální zatopená plocha	1,84 ha
- spodní výpust od požeráku	1 x DN 800
- spodní výpust vtok do požeráku	DN 300
- kóta osy spodní výpusti	291,35 m n.m.
- max. odtok	0,42 m <sup>3</sup> /s

Další parametry viz příloha č. 32.

Stávající příkop, jehož kapacita byla spočítána dle PF 6 na  $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$ , vede od okraje intravilánu až po profil navržené retenční nádrže č. 3 a bude odvádět odtok z této nádrže. Příkop u okraje zástavby končí a dál pokračuje zatrubnění, jehož kapacita byla vypočítána na  $0,68 \text{ m}^3/\text{s}$ , což je dostatečná kapacita pro převedení odtoku z nádrže a z ploch mezi retenční nádrží a zatrubněným úsekem. Odtok z části ploch nad „Starou cihelnou“ bude muset být odváděn navrženými svodnými koryty do povodí toku Mřenka více v části 6.5 Návrh svodných koryt. V ř. km 0,193 bezejmenného toku se nachází propustek 1, kapacita tohoto propustku je  $2,73 \text{ m}^3/\text{s}$  což je dostatečná kapacita pro převedení odtoku z retenční nádrže včetně odtoku z ploch spadajících do povodí k profilu propust-



ku. Až koryto mezi propustkem a zaústěním levostranného přítoku do Loučského potoka není dostatečně kapacitní, byla však navržena úprava viz kapitola 6.4 Návrh opatření na tocích v intravilánu obce.

Před začátkem provedení výstavby retenční nádrže č. 3 je třeba vyřešit majetkové poměry z hlediska majitelů pozemků, na nichž se retenční nádrž a zátopa v době povodně bude nacházet dle příloh č. 13. a 17.

#### **6.4 Návrh opatření na tocích v intravilánu obce**

Převážně na toku Loučského potoka a bezejmenného levostranného přítoku nebylo třeba navrhovat žádné zásadní úpravy. Pouze jak bylo zmíněno v kapitolách 3.4.1 a 3.4.2 bylo doporučeno v některých místech upravit geometrii koryta, zvednout mostovku a v celé délce toku Loučský potok v intravilánu městyse pročistit koryto [1].

Nejzásadnější změna byla navržena u bezejmenného přítoku v intravilánu městyse od jeho soutoku s Loučským potokem až po propustek 1 a to jeho prohloubení na 0,9 m a změna jeho příčného profilu z lichoběžníku na obdélník a tím by byla zajištěna dostatečná kapacita této části toku.

#### **6.5 Návrh svodných koryt**

Oblast návrhu svodných koryt je výhradně zemědělsky obdělávána, ve svažitém území. Nyní při intenzivní srážce je ze zemědělských ploch unášen humus a ten se srážkovou vodou bez překážky pokračuje do intravilánu městyse. Proto viz přílohová dokumentace bylo navrženo několik svodných koryt, které odkloní odtok z ploch mimo intravilán do povodí toku Mřenky, a to ho až do rybníku Malý Křivoš.

Odtoky z ploch do svodných koryt byly vypočítány dle kapitol 4.3 a 5.3 a zpracovány v příloze č. 34 na základě intenzity krátkodobého 15 – ti minutového deště se stoletým opakováním. Tato návrhová srážka je vyšší intenzity než srážka z níž vycházelo ČHMÚ u hydrologických údajů, tudíž svodná koryta budou svou kapacitou dostačující i pro tuto srážku.

V oblasti byla navržena následující ochranná opatření:

- Svodný příkop kolem stávající řady ovocného stromořadí
- Ochranná hráz s příkopem v části „Stará Cihelna“
- Svodné koryto se zatravněným pásem
- Úprava stávajícího příkopu s odvodem vody do soustavy rybníků

##### *6.5.1 Svodný příkop kolem stávající řady ovocného stromořadí*

Tento svodný příkop dle přílohy č. 9 byl navržen v již stávajícím zeleném pásu s ovocným stromořadím, vedoucím k nejuvýchodnější části zástavby městyse. Při návrhu bylo také zohledněno, že podél tohoto zeleného pásu se již nachází zanesený a vegetací

značně zarostlý příkop v délce 509 m. Tento stávající příkop by bylo vhodné pročistit a zvětšit na profil viz příloha č. 26. Byl navržen až na kapacitu  $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Svodný příkop dále zaústíuje do svodného koryta viz příloha č. 9.

#### 6.5.2 Ochranná hráz s příkopem v části „Stará Cihelna“

Návrh této ochranné hráze s příkopem byl dle přílohy č. 9 umístěn tak, že chrání největší část intravilánu z navržených svodných koryt před srážkovou vodou stékající z polí. Představený příkop byl navržen už od příkopu u polní cesty, tím bude odlehčovat bezjmennému přítoku Loučského potoka a snižovat kulminační průtok.

Tuto hráz s příkopem bude nutné po každé větší srážce pročistit, protože se v něm bude usazovat část humusu unášeného z polí. Pokud se nebude tento usazený materiál z příkopu odstraňovat, nemůže být zajištěna navržená průtočná kapacita  $4,1 \text{ m}^3/\text{s}$ .

#### 6.5.3 Svodné koryto se zatravněným pásem

Toto svodné koryto bylo navrženo jako hlavní svodný prvek svodných koryt a příkopů. Koryto bylo navrženo v délce 510 m, s celkovou šířkou zatravněné bermy 10 m a kinety šířky 1,5 m, na kapacitní průtok  $6,3 \text{ m}^3/\text{s}$ . Tento návrh je dostačující pro převedení návrhového průtoku  $5,0 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Svodné koryto bude třeba udržovat, aby byla jeho kapacita stále dostačující na návrhový průtok, hlavně odstraňovat usazený materiál po průběhu významné srážky. Bylo by však možné v zatravněné bermě vysázet ovocné stromy či křoviny, které by měly být udržovány v takovém stavu, aby ne příliš snižovali kapacitu koryta.

#### 6.5.4 Úprava stávajícího příkopu s odvodem vody do soustavy rybníků

Od silničního propustku na silnici Hustopeče nad Bečvou – Poruba pokračuje stávající odpadní příkop, tento příkop ve stávajícím stavu není dostatečně kapacitní, a proto byl navržen nový tvar příkopu dle přílohy č. 27.1. Základní tvar koryta z lichoběžníku byl v návrhu změněn na obdélník šířky 2 m a hloubky 1,5 m, toto koryto bylo voleno dle velikosti pozemku, na kterém se nyní nachází stávající koryto, tak aby se svými rozměry stále dalo umístit pouze na tento pozemek. V případě změny návrhu koryta na přírodě blízké řešení by bylo třeba řešit majetkové vztahy.

Tento příkop vede mezi dvěma propustky jeden na silnici Hustopeče nad Bečvou - Poruba převádějící vodu ze svodného koryta se zatravněným pásem do stávajícího příkopu a druhý na ulici Dlouhá přepouštějící vodu do rybníka Malý Křivoš. Tyto dva propustky nejsou dostačující svojí kapacitou na převedení návrhového průtoku  $5,0 \text{ m}^3/\text{s}$ . Proto bylo navrženo umístit, místo jednoho potrubí propustku, dvě betonová potrubí DN 1000 o kapacitě  $6,64 \text{ m}^3/\text{s}$  viz příloha č. 20.

Před začátkem provedení návrhu svodných koryt je třeba vyřešit majetkové poměry z hlediska majitelů pozemků, na nichž se svodná koryta budou nacházet viz přílohy č. 14 a 18.

## 7 ZÁVĚR

V této diplomové práci byla vypracována studie odtokových poměrů povodí levostranného přítoku Loučského potoka a proveden návrh protipovodňových opatření městyse Hustopeče nad Bečvou. V rámci návrhu protipovodňových opatření byla také přehledně možná umístění suché nádrže na katastr obce Hustopeče nad Bečvou a to v povodí bezejmenného levostranného přítoku.

Pro protipovodňovou ochranu městyse Hustopeče nad Bečvou byly navrženy tři retenční nádrže a systém svodných koryt. Retenční nádrž č. 1 byla navržena na Loučském potoce v místě původní protržené retenční nádrže, retenční nádrž č. 2 byla navržena na Vysokém potoce a retenční nádrž č. 3 byla navržena na bezejmenném levostranném přítoku Loučského potoka. Systém svodných koryt byl navržen nad východní částí městyse.

Při návrhu bylo uvažováno tak, aby retenční nádrže co nejvíce transformovali kulminační průtoky návrhových povodňových vln tak, aby při nejhorším scénáři souběhu kulminací transformovaných vln došlo k neškodnému průběhu tokem v intravilánu městyse. Při návrhu bylo také počítáno s tím, že navržený systém koryt, zabráňující vniknutí vody z intenzivní srážky do intravilánu obce, bude odvádět část průtoku mimo povodí levostranného přítoku a tím pomůže snížit kulminační průtok v tomto toku a následně i v Loučském potoce.

V návrhu byla také posouzena kapacita částí toků v intravilánu městyse a následné doporučení údržby a změn v geometrii toků a tím by byla dosažena dostatečná kapacita toků v intravilánu městyse.

Výstupem byly hydraulické výpočty jednotlivých objektů na retenčních nádržích, jejich průtočné kapacity a na základě těchto kapacit a průběhů povodňových vln vymodelovány průběhy transformací povodňových vln v nádržích č. 1, 2 a 3. Hydraulické výpočty kapacit jednotlivých profilů a objektů na tocích. Hydrologické údaje pro stanovení odtoků z ploch do systému svodných koryt a s tím spojený další výstup, a to hydraulické výpočty navržených svodných koryt. Všechny navržené prvky protipovodňové ochrany Hustopeče nad Bečvou byly zakresleny do celkových a podrobných situací a do katastrálních map. Výstupy byly vypracovány včetně výpisů dotčených parcel u jednotlivých ochranných prvků.

---

Bc. Jan Jauernig

## 8 SEZNAM PODKLADŮ A POUŽITÉ LITERATURY

- [1] **VODNÍ DÍLA – TBD a.s.** *Studie odtokových poměrů Loučského potoka a návrh protipovodňových opatření městyse Hustopeče nad Bečvou.* srpen 2010.
- [2] **Úřad městyse.** Hustopeče nad Bečvou. *Historie města.* [Online] <http://www.ihustopece.cz/mestys/historie/>.
- [3] **Google map.** Družicové snímky daného území. [Online] [www.maps.google.cz/maps](http://www.maps.google.cz/maps).
- [4] **AKVA-KART, spol. s.r.o. , Praha.** Vodohospodářská mapa, M 1:50 000. Praha : Český úřad zeměměřický a katastrální, 1998.
- [5] **TRUPL, J.** *Intensita krátkodobých dešťů v povodích Labe, Odry a Moravy.* Praha-Podbaba : Výzkumný ústav vodohospodářský, 1958.
- [6] **ENVIPARTNER s.r.o.** Elektronický digitální povodňový portál. *Povodňový plán městyse Hustopeče nad Bečvou.* [Online] [http://www.edpp.cz/hnb\\_hydrologicke-udaje/](http://www.edpp.cz/hnb_hydrologicke-udaje/).
- [7] **Český úřad zeměměřický a katastrální.** Ortofoto WMS služba. [Online] [http://geoportal.cuzk.cz/WMS\\_ORTOFOTO\\_PUB/WMSservice.aspx](http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ORTOFOTO_PUB/WMSservice.aspx).
- [8] **STARÝ, M.** *Nádrže a vodohospodářské soustavy.* Brno : Vysoké učení technické v Brně, 1990.
- [9] **JANDORA, J. a ŠULC, J.** *HYDRAULIKA MODUL 01.* Brno : Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, duben 2007.
- [10] **Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, v.v.i; BALVÍN, P.; GABRIEL, P.; BOUŠKA, P.; HAVLÍK, A.;** *Hydrotechnické posouzení mostních objektů na vodních tocích.* Praha : Ministerstvo dopravy, 2009.
- [11] **DUB, O.; NĚMEC, J.** *Hydrologie.* Praha : Nakladatelství technické literatury n. p., 1969.
- [12] Fotodokumentace a zaměření objektů na toku, korytě toku a poškozené nádrže v rámci místního šetření zhotovitele. 8.4.2014.
- [13] **ČHMÚ.** Hydrologické údaje povrchových vod podle ČSN 75 1400 pro Loučský potok (č.h.p. 4-11-02-0241) – profil k.ú. Hustopeče nad Bečvou, soutok levostranného přítoku s Loučským potokem v intravilánu městyse a nový hrázový profil v oblasti „Pod Košíčkami“. 2010, 2014.
- [14] **SUKOVITÝ, A.** Projektová dokumentace „Hustopeče nad Bečvou retenční nádrž“. Brno : Dr. Ing. Sukovitý, 1982.

- 
- [15] **JANDORA, J.** *Tabulky z hydrauliky*. Brno : VUT, 2001.
- [16] **VOZÁKOVÁ, J.** *starostka městyse Hustopeče nad Bečvou*. Fotodokumentace povodní od místních občanů. 2009.
- [17] **Český úřad zeměměřický a katastru**. Digitální geografický model území České republiky. *ZABAGED, poloho-pisný a výškopisný popis daného území*. [Online] 2014. <http://geoportal.cuzk.cz>.
- [18] **Mapové služby Portálu veřejné zprávy České republiky**. [Online] [www.portal.gov.cz](http://www.portal.gov.cz).
- [19] **Státní správa zeměměřičství a katastru**. Katastr nemovitostí České republiky. [Online] 2014. [www.cuzk.cz](http://www.cuzk.cz).
- [20] **ŘÍHA, J.; SEDLÁČEK, M.; SMRŽ, P.; VESELÝ, R.; ŽATECKÝ, S.** *Návrh a realizace suchých nádrží z pohledu technickobezpečnostního dohledu*. Praha : Ministerstvo životního prostředí, 2014.
- [21] **ČSN 75 2935**. *Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních*. leden 2014.
- [22] **Vyhláška MZe. č. 590/2002 Sb.** *o technických požadavcích pro vodní díla, ve znění pozdějších předpisů*. 2002.

## 9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Poloha městyse Hustopeče nad Bečvou v české republice [3] .....	6
Obr. 2 Loučský potok s vyznačením polohy protržené hráze bývalé retenční nádrže [4] 7	
Obr. 3 Umístění profilů jednotlivých hydrologických dat od ČHMÚ .....	10
Obr. 4 Přehled zaměřených profilů, mostů a důležitých objektů v Hustopečích nad Bečvou [7].....	12
Obr. 5 Foto profilu PF1 [1] .....	13
Obr. 6 Schéma profilu PF1 .....	13
Obr. 7 Foto profilu PF2 [1] .....	14
Obr. 8 Schéma profilu PF2 .....	14
Obr. 9 Foto profilu PF3 [1] .....	15
Obr. 10 Schéma profilu PF3 .....	15
Obr. 11 Foto profilu PF5 [1] .....	16
Obr. 12 Schéma profilu PF5 .....	16
Obr. 13 Foto profilu PF4 [1] .....	17
Obr. 14 Schéma profilu PF4 stávající stav .....	17
Obr. 15 Foto profilu PF6 .....	18
Obr. 16 Schéma profilu PF6 .....	18
Obr. 17 Foto profilu PF7 .....	19
Obr. 18 Schéma profilu PF7 .....	19
Obr. 19 Foto objektu Most1 [1].....	20
Obr. 20 Schéma profilu koryta v místě Mostu1 pro ovlivněné proudění hl. dolní vody 20	
Obr. 21 Foto objektu Most 1A [1] .....	21
Obr. 22 Schéma profilu koryta v místě mostu 1A pro ovlivněné proudění hl. dolní vody .....	21
Obr. 23 Foto objektu Most 1B [1] .....	22
Obr. 24 Schéma profilu koryta v místě mostu 1B pro ovlivněné proudění hl. dolní vody .....	22
Obr. 25 Foto objektu Most 2 [1].....	23
Obr. 26 Schéma profilu koryta v místě mostu 2 pro ovlivněné proudění hl. dolní vody 23	
Obr. 27 Foto objektu Most 3 [1].....	24
Obr. 28 Schéma profilu koryta v místě mostu 3 pro ovlivněné proudění hl. dolní vody 24	
Obr. 29 Foto objektu Most 3A [1] .....	25
Obr. 30 Schéma profilu koryta v místě mostu 3A pro ovlivněné proudění hl. dolní vody .....	25
Obr. 31 Foto objektu Most 7 [1].....	26
Obr. 32 Schéma profilu koryta v místě mostu 7 pro ovlivněné proudění hl. dolní vody 26	
Obr. 33 Foto objektu Propustek 1 .....	27
Obr. 34 Foto objektu Propustek 2 .....	28
Obr. 35 Průběh teoretických netransformovaných 100-letých povodňových vln .....	36
Obr. 36 Měrná křivka zúženého otvoru spodní výpusti retenční nádrže č. 1 .....	38
Obr. 37 Měrná křivka zúženého otvoru spodní výpusti retenční nádrže č. 2 .....	38



---

Obr. 38 Měrná křivka zúženého otvoru spodní výpusti retenční nádrže č. 3.....	39
Obr. 39 Měrná křivka přelivu požeráku retenční nádrž č. 1 .....	39
Obr. 40 Měrná křivka přelivu požeráku retenční nádrž č. 2 .....	40
Obr. 41 Měrná křivka přelivu požeráku retenční nádrž č. 3 .....	40
Obr. 42 Měrná křivka bezpečnostního přelivu retenční nádrž č. 1.....	41
Obr. 43 Měrná křivka bezpečnostního přelivu retenční nádrž č. 2.....	41
Obr. 44 Měrná křivka bezpečnostního přelivu retenční nádrž č. 3.....	42
Obr. 45 Výsledná funkce odtoku pro retenční nádrž č. 1 .....	43
Obr. 46 Výsledná funkce odtoku pro retenční nádrž č. 2 .....	43
Obr. 47 Výsledná funkce odtoku pro retenční nádrž č. 3 .....	44
Obr. 48 Průběh transformovaných povodňových vln .....	45

## 10 SEZNAM PŘÍLOH

1. Přehledná situace 1 : 50 000
2. Přehledná situace – dílčí povodí Loučského potoka 1 : 20 000
3. Celková situace zájmového území 1 : 10 000
4. Celková situace zájmového území na podkladě územního plánu 1 : 10 000
5. Celková situace zájmového území na podkladě ortofotomapy 1 : 10 000
6. Podrobná situace – retenční nádrž č.1; 1: 1 000
7. Podrobná situace – retenční nádrž č.2; 1: 1 000
8. Podrobná situace – retenční nádrž č.3; 1: 1 000
9. Podrobná situace – ochranná opatření v povodí levostranného přítoku Loučského potoka; 1: 2 500
10. Podrobná situace – retenční nádrž č.1 – porovnání stávajícího a návrhového stavu 1: 1 000
11. Katastrální mapa na podkladě ortofotomapy – retenční nádrž č.1; 1 : 1 000
12. Katastrální mapa na podkladě ortofotomapy – retenční nádrž č.2; 1 : 1 000
13. Katastrální mapa na podkladě ortofotomapy – retenční nádrž č.3; 1 : 1 000
14. Katastrální mapa na podkladě ortofotomapy – ochranná opatření v povodí levostranného přítoku Loučského potoka; 1 : 2 500
15. Výpis dotčených parcel – retenční nádrž č.1
16. Výpis dotčených parcel – retenční nádrž č.2
17. Výpis dotčených parcel – retenční nádrž č.3
18. Výpis dotčených parcel – ochranná opatření v povodí levostranného přítoku Loučského potoka
19. Hydraulický výpočet – průtočná kapacita koryta v charakteristických profilech – tab. + foto
20. Hydraulický výpočet – průtočná kapacita objektů – tab. + foto
21. Průběh netransformovaných povodňových vln Q100 jednotlivých povodí Loučského potoka – graf

22. Hydraulický výpočet – transformace povodně Q100 v profilu retenční nádrže č.1 – graf
23. Hydraulický výpočet – transformace povodně Q100 v profilu retenční nádrže č.2 - graf
24. Hydraulický výpočet – transformace povodně Q100 v profilu retenční nádrže č.3 – graf
25. Hydraulický výpočet – ochranná opatření v povodí levostranného přítoku Loučského potoka - základní návrhové parametry ochranné hráze s příkopem
26. Hydraulický výpočet – ochranná opatření v povodí levostranného přítoku Loučského potoka - základní návrhové parametry svodného příkopu
27. Hydraulický výpočet – ochranná opatření v povodí levostranného přítoku Loučského potoka - základní návrhové parametry svodného koryta a odpadního koryta
28. Hydraulický výpočet - součtové čáry transformovaných povodňových vln  $Q_{100}$  – graf
29. Hydraulický výpočet – součtová čára odtoku (spodní výpust, požerák, bezpečnostní přeliv) z retenční nádrže č.1 – tab. + graf
30. Hydraulický výpočet – součtová čára odtoku (spodní výpust, nouzový bezpečnostní přeliv) z retenční nádrže č.2 – tab. + graf
31. Hydraulický výpočet – součtová čára odtoku (spodní výpust, požerák, bezpečnostní přeliv) z retenční nádrže č.3 – tab. + graf
32. Přehled základních návrhových parametrů nádrží a jiných ochranných prvků – tab.
33. Fotodokumentace
34. Hydrologické údaje – stanovení odtoků z ploch pomocí intenzity krátkodobých dešťů v povodích ( $P = 0,01$ ;  $t = 15$  min)
35. Hydrologické údaje ČHMÚ

## 11 SEZNAM TABULEK

Tab. 1 $N$ -leté průtoky $Q_N$ ze dne 26.5.2010 .....	8
Tab. 2 $N$ -leté průtoky $Q_N$ ze dne 26.5.2010 .....	9
Tab. 3 $N$ -leté průtoky $Q_N$ ze dne 28.8.2014 .....	9
Tab. 4 $N$ -leté průtoky $Q_N$ ze dne 28.8.2014 .....	9
Tab. 5 Vydutnosti náhradního blokového deště (dle Ing. Trupla) pro stanici Nový Jičín [5] .....	11
Tab. 6 Tabulka převádějící tab. č. 1 na hodnoty celkového úhrnu za dobu trvání deště [5] .....	11
Tab. 7 Součinitel přepadu $m$ dle poměru $t/h$ .....	32
Tab. 8 Součinitelé pro výpočet proudění mostními profily [7] .....	34

## 12 POUŽITÉ PROGRAMY

- NÁDRŽE

Program, jehož autorem je Doc. Ing. Jan Jandora Ph.D., slouží k zpracování transformace povodňové vlny a nejen k tomu, ale také k namodelování průběhu odtoku z nádrže při porušení. K této diplomové práci byl však využit pouze pro zjištění průběhu transformace povodňové vlny.

- Microsoft Word

Je textový procesor od společnosti Microsoft, tento procesor slouží k práci s textem, jakož to k úpravě textu, tvorbě textu a další. V Microsoft Word byla zpracována textová část diplomové práce.

- Microsoft Excel

Je tabulkový procesor od společnosti Microsoft, pro tuto diplomovou práci byl využit pro všechny výpočty, pro tvorbu grafů v přílohách a pro přípravu dat do programu NÁDRŽE.

- QGIS

Software QGIS Desktop se řadí mezi programy v oboru geoinformační technologie. Pomocí tohoto programu se dají jednoduše tvořit mapy, ale nejen to. Má mnoho nástaveb, díky kterým umožňuje například editaci vrstev v mapě, prohlížení metadat, online připojení k mapám přes WMS službu i nástroje pro prostorovou analýzu.

Jeho výhodou vůči jiným softwarům je hlavně cena, jeho používání i v komerčním úseku je zdarma.

- AutoCAD

Je velice rozšířená softwarová aplikace společnosti CAD, s její pomocí byly při zpracování této diplomové práce vytvořeny schémata příčných profilů a body naměřeny v terénu pomocí GPS převedeny do \*.dwg souboru.