

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství



## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

# **Studie rekonstrukce rybníka na Úsobském potoce u obce Chválkov**

Autor: Veronika Krejčová

Vedoucí práce: Ing. Václav David, Ph. D.

PRAHA, 2020

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Krejčová Jméno: Veronika Osobní číslo: 469093  
Zadávací katedra: Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství (K143)  
Studijní program: (B3651) Stavební inženýrství  
Studijní obor: (3647R015) Vodní hospodářství a vodní stavby

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Studie rekonstrukce rybníka na Úsobském potoce u obce Chválkov  
Název bakalářské práce anglicky: Study of the reconstruction of a small water reservoir on Úsobský brook by the village Chválkov

#### Pokyny pro vypracování:

Zpracujte studii rekonstrukce malé vodní nádrže na toku Úsobského potoka v katastrálním území Chválkov (okr. Havlíčkův Brod). V rámci studie se zaměřte na celkovou rekonstrukci včetně odbahnění, úpravy tělesa hráze a funkčních objektů. Navrhněte jednotlivé varianty řešení a tu, která bude nejvhodnější podrobněji rozpracujte. Návrh doplněte potřebnými výpočty a výkresovou dokumentací.

#### Seznam doporučené literatury:

Vrána K., Beran, J. Rybníky a účelové nádrže. ČVUT v Praze, 2008  
Vrána K., Rybníky a účelové nádrže - příklady. ČVUT v Praze, 1998  
ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže, Praha, 2011  
ČSN 75 2935 Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních, Praha, 2014.  
David V. a kol. Výstavba a obnova malých vodních nádrží v lesních porostech - vybrané aspekty. ČVUT v Praze, 2019.

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Václav David, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 25.2.2020 Termín odevzdání bakalářské práce: 17.5.2020  
*Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku*

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

25.2.2020  
Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

**Čestné prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Studie rekonstrukce rybníka na Úsobském potoce u obce Chválkov“ vypracovala samostatně a s použitím uvedené literatury a pramenů.

V Praze, dne 24.5.2020

.....

Veronika Krejčová

**Poděkování:**

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Václavu Davidovi, Ph. D. za odborné vedení práce a cenné rady, které mi pomohly tuto práci zkompletovat.

Název práce: **Studie rekonstrukce rybníka na Úsobském potoce u obce Chválkov**

Autor: Veronika Krejčová

Obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

Druh práce: Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Václav David Ph.D.

Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství K143

Fakulta stavební, ČVUT v Praze

**Abstrakt:** Tato bakalářská práce se zabývá tématem rekonstrukce malé vodní nádrže na toku Úsobského potoka v katastrálním území Chválkov. Studie se zaměřuje na celkovou rekonstrukci včetně odbahnění, úpravy tělesa hráze a funkčních objektů. Součástí této práce je návrh jednotlivých variant řešení a vhodnější varianta je podrobněji zpracována. Součástí studie jsou výkresy možné rekonstrukce a výpočty návrhových průtoků. Podkladem studie bylo zaměření daného území a návrhové průtoky ČHMÚ.

**Klíčová slova:** malá vodní nádrž, rekonstrukce objektů, návrhové průtoky

Title: **Study of the reconstruction of a small water reservoir on Úsobecký brook by the village Chválkov**

Author: Veronika Krejčová

Branch: Water management and water constructions

Document type: Bachelor's thesis

Thesis advisor: Ing. Václav David Ph.D.

The Department of Landscape water conservation

Faculty of Civil Engineering, CTU in Prague

Abstract: This bachelor's thesis deals with the topic of a small water reservoir on Úsobecký brook by the village Chválkov. The study focuses on complete reconstruction including sediment removal and restoration of the dam a functional objects. This study includes variety of solutions and the most suitable one is processed in more detail. The study includes technical drawings and hydrological calculations. The study is based on the survey of the location and data from hydrometeorological institute.

Key words: small water reservoir, object reconstruction, design flow

## Obsah:

1. ÚVOD.....	- 9 -
1.1. Cíl práce.....	- 9 -
1.2. Podklady.....	- 9 -
1.2.1. M-denní průtoky.....	- 9 -
1.2.2. N-leté průtoky.....	- 10 -
1.3. Lokace nádrže .....	- 11 -
2. VARIANTY ŘEŠENÍ .....	- 12 -
2.1. Nádrž průtočná .....	- 12 -
2.1.1. Výhody .....	- 12 -
2.1.2. Nevýhody .....	- 12 -
2.2. Nádrž neprůtočná .....	- 12 -
2.2.1. Obtokové koryto.....	- 12 -
2.2.2. Výhody .....	- 14 -
2.2.3. Nevýhody .....	- 14 -
2.3. Porovnání řešení.....	- 14 -
3. REKONSTRUKCE NÁDRŽE.....	- 16 -
3.1. Majetkoprávní vztahy.....	- 16 -
3.2. Příprava území .....	- 16 -
3.3. Nádrž .....	- 17 -
3.3.1. Funkce .....	- 17 -
3.3.2. Odbahnění.....	- 18 -
3.4. Hráz .....	- 18 -
3.5. Výpustné zařízení.....	- 19 -
3.6. Bezpečnostní přeliv.....	- 19 -
4. VÝPOČTY.....	- 21 -
4.1. Charakteristické čáry nádrže .....	- 21 -
4.2. Roční bilance .....	- 22 -
4.2.1. Roční přítok do nádrže.....	- 22 -
4.2.2. Roční odtok z nádrže.....	- 23 -
4.2.3. Celkový roční výpar.....	- 24 -
4.2.4. Celkový roční průsak.....	- 25 -
4.2.5. Bilance .....	- 26 -
4.3. Bezpečnostní přeliv.....	- 27 -
4.4. Odpadní potrubí a koryto.....	- 28 -
4.4.1. Návrh světlosti odpadního potrubí .....	- 28 -

4.4.2. Návrh odpadního koryta .....	- 29 -
5. ZÁVĚR .....	- 30 -
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	- 31 -
SEZNAM OBRÁZKŮ .....	- 32 -
SEZNAM TABULEK .....	- 32 -
SEZNAM PŘÍLOH .....	- 32 -



# 1. ÚVOD

## 1.1. Cíl práce

Cílem práce je navrhnout různá řešení rekonstrukce rybníka na Úsobském potoce včetně odbahnění, úpravy tělesa hráze a funkčních objektů. Součástí této práce je návrh jednotlivých variant řešení a vhodnější varianta je podrobněji zpracována. Součástí studie jsou výkresy možné rekonstrukce, výpočty průtoků a navrhovaných objektů.

## 1.2. Podklady

Mezi hlavní podklady této studie patří polohopisné a výškopisné zaměření stávajícího stavu. Toto zaměření zpracovala geodetická kancelář SPGE v roce 2015 s adresou: Na Závodí 1537, 396 01 Humpolec.

Druhým podkladem je vizuální prohlídka stávajícího stavu vodní nádrže, tělesa hráze a nejbližšího okolí.

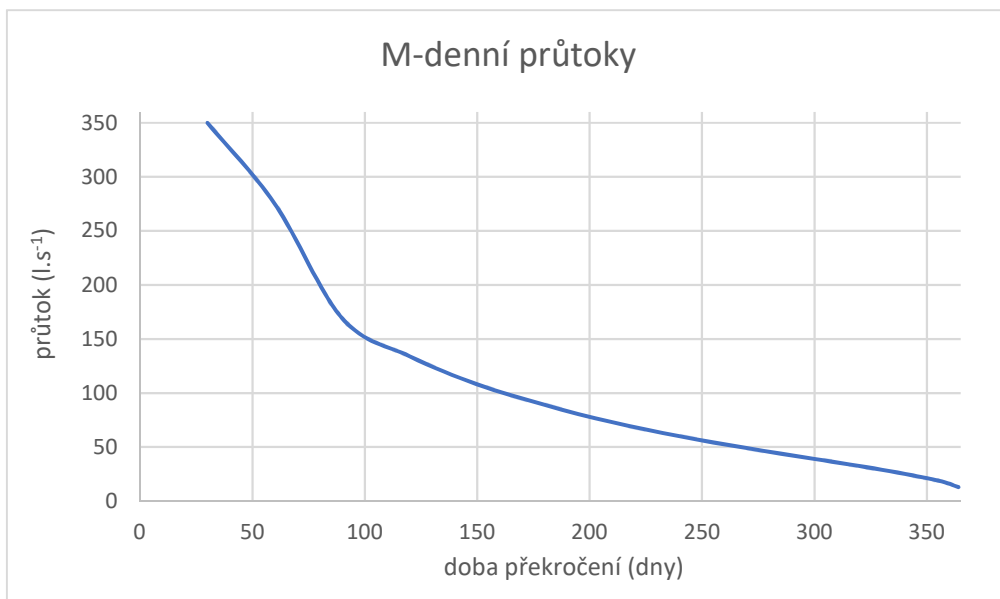
Dalším důležitým podkladem jsou data poskytnutá Českým hydrometeorologickým ústavem. Data se na Úsobském potoce vztahují k profilu původní hráze rybníka. Uvádějí základní hydrologické údaje, jimiž jsou: plocha povodí, dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí, dlouhodobý průměrný průtok, M-denní průtoky a N-leté průtoky. Všechny uvedené hydrologické údaje spadají do III. třídy spolehlivosti. Dají se tedy předpokládat velké procentuální chyby. Číslo hydrologického pořadí je 1 – 09 – 01 – 0800. Změřená plocha povodí  $A$  k tomuto profilu je 17 311 km<sup>2</sup>. Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí  $P_a$  byla změřena 705 mm. Pro výpočty je použit dlouhodobý průměrný průtok  $Q_a = 143 \text{ l.s}^{-1}$ .

### 1.2.1. M-denní průtoky

Tabulka č. 1 ukazuje data poskytnutá Českým hydrometeorologickým ústavem. Následující graf ukazuje dobu překročení M-denních průtoků.

M-denní	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	tř.
$Q_{Md} (\text{l.s}^{-1})$	350	275	169	134	108	89	73	60	49	39	29	19	13	III.

Tabulka 1: M-denní průtoky



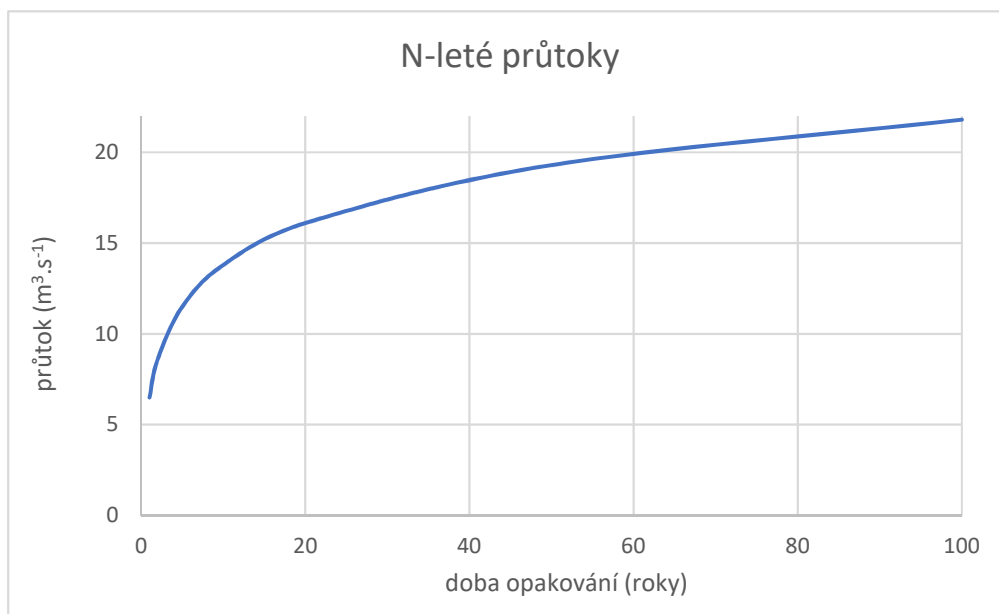
Obrázek 1: M-denní průtoky

### 1.2.2. N-leté průtoky

V tabulce č. 2 jsou zaznamenané N-leté průtoky, následující graf znázorňuje jejich opakování.

N-leté	1	2	5	10	20	50	100	tř.
$Q_N$ ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )	6.5	8.6	11.5	13.8	16.1	19.3	21.8	III.

Tabulka 2: N-leté průtoky



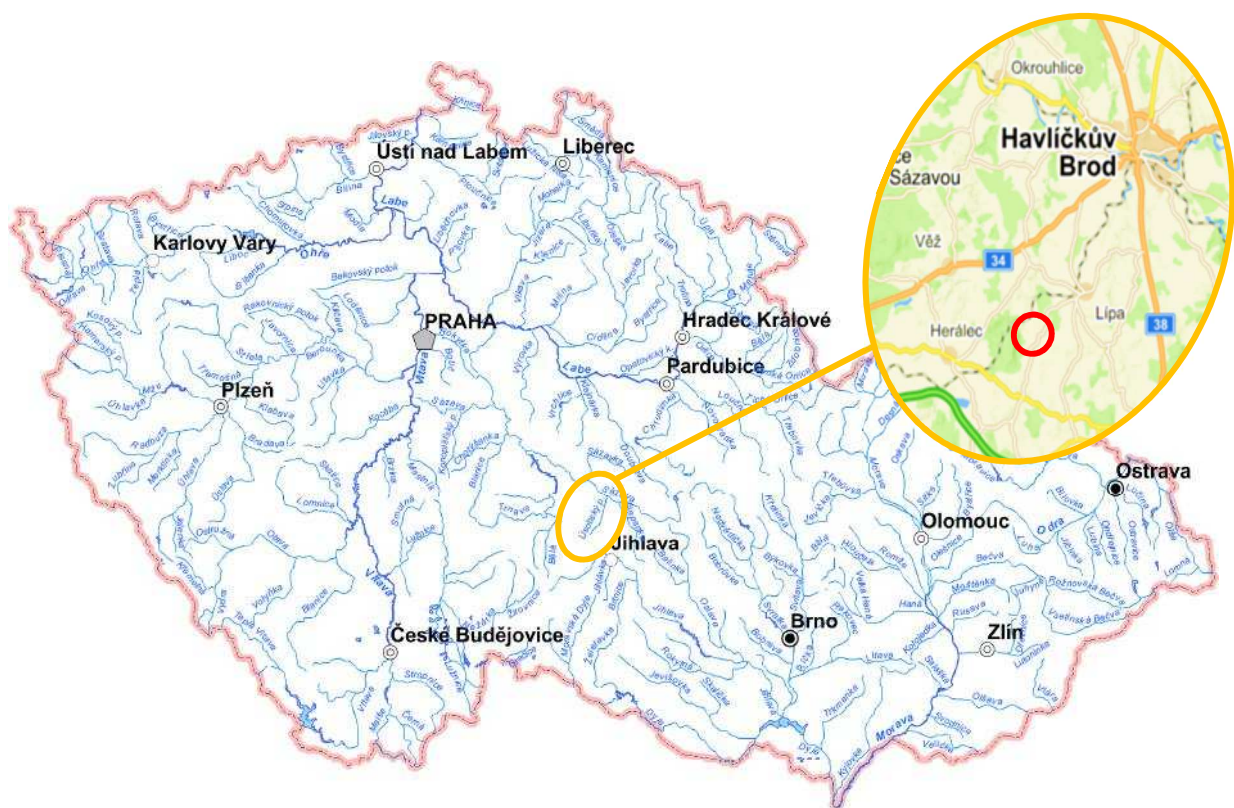
Obrázek 2: N-leté průtoky

### 1.3. Lokace nádrže

Malá vodní nádrž se nachází uprostřed lesů asi 750 m vzdušnou čarou severozápadním směrem od obce Chválkov v okrese Havlíčkův Brod. Zásobována je vodou Úsobského potoka č.h.p. 1-09-01-0800 (viz. obrázek č. 3).

V těsné blízkosti nádrže se nachází poutní kaple sv. Anny a také stejnojmenný pramen s údajnými blahodárnými účinky. Podél nádrže vede turistická cesta.

Pro přístup bude využita lesní cesta vedená jihozápadním směrem podél řešené vodní nádrže. Tato cesta vyúsťuje na silnici III. třídy č. 3489.



Obrázek 3: Lokace malé vodní nádrže na Úsobském potoce [1], [2]

## 2. VARIANTY ŘEŠENÍ

Cílem studie je vybrat takovou variantu řešení, která je konstrukčně jednoduchá a co nejvíce ekonomická. Zároveň je potřeba vybírat řešení, které se bude vizuálně ladit s okolím.

### 2.1. Nádrž průtočná

První možnou variantou řešení je rekonstrukce nádrže podle původní situace. Jednalo se o průtočnou nádrž s propustkem a bezpečnostním přelivem u levého boku hráze z pohledu návodního líce.

#### 2.1.1. Výhody

Mezi hlavní výhody tohoto řešení patří jednoduchost. Rekonstrukce by probíhala podle původního návrhu. Nebylo by třeba rozsáhlých úprav koryta nad ani pod upravovanou nádrží. Bylo by možno použít standardního betonového požeráku pro převádění běžných průtoků.

#### 2.1.2. Nevýhody

Hlavní nevýhodou je nutnost výstavby mohutného bezpečnostního přelivu. Dle výpočtu (kapitola 5.4) by byla přelivná hrana dlouhá 17 metrů a vysoká 0,8 metru. Takto mohutný přeliv by se v krajině velmi vyjímal a nemusel by působit příliš esteticky. Důležitá by byla volba materiálu. Zatímco betonový přeliv je snadnější na výstavbu, přeliv postavený pomocí kamenného zdiva je přírodě mnohem bližší. V tomto případě je také nutné zhodnotit ekonomičnost návrhu. Jelikož se jedná o poměrně malou nádrž, nemuselo by být ekonomicky výhodné použití pohlednějšího kamenného zdiva.

### 2.2. Nádrž neprůtočná

Druhým možným řešením by bylo vybudovat tuto nádrž jako neprůtočnou. Tuto možnost nám dává přítomnost původního mlýnského náhonu, který vede po pravém okraji nádrže.

#### 2.2.1. Obtokové koryto

Obtokové koryto je navrženo lichoběžníkového tvaru, s šířkou 2,5 m ve dně a sklony svahů 1:2. Vzhledem k malému výškovému spádu je sklon dna 1%. Materiálem byla zvolena kamenná dlažba na sucho, jejíž střední hodnota Manningova součinitele drsnosti je  $n = 0,032$ .

Pro výpočet běžných a povodňových hloubek v korytě byla použita Chézyho rovnice (viz. tabulka č. 3).

$$Q = C \cdot S \sqrt{R \cdot i}$$

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6}$$

$$R = S/O$$

$Q$  = průtok ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )

$C$  = rychlostní součinitel ( $m^{0,5} \cdot s^{-1}$ )

$R$  = hydraulický poloměr (m)

$i$  = podélný sklon (-)

$n$  = Manningův součinitel drsnosti (-)

$S$  = průtočná plocha ( $m^2$ )

$O$  = omočený obvod (m)

$y$  = hloubka vody v korytě (m)

<b>y (m)</b>	<b>S (m<sup>2</sup>)</b>	<b>O (m)</b>	<b>R (m)</b>	<b>Q (m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>)</b>
0.00	0.00	2.50	0.00	0.00
0.10	0.27	2.95	0.09	0.17
0.20	0.58	3.39	0.17	0.56
0.30	0.93	3.84	0.24	1.13
0.40	1.32	4.29	0.31	1.88
0.50	1.75	4.74	0.37	2.82
0.60	2.22	5.18	0.43	3.94
0.70	2.73	5.63	0.48	5.27
0.80	3.28	6.08	0.54	6.79
0.90	3.87	6.52	0.59	8.54
1.00	4.50	6.97	0.65	10.50
1.10	5.17	7.42	0.70	12.70
1.20	5.88	7.87	0.75	15.13
1.30	6.63	8.31	0.80	17.82
1.40	7.42	8.76	0.85	20.76
1.50	8.25	9.21	0.90	23.96
1.60	9.12	9.66	0.94	27.44

Tabulka 3: Návrh obtokového koryta

Z tabulky vyplývá, že pro převedení běžných průtoků by stačila hloubka koryta pouze 0,2 m. Ovšem pro převedení povodňového průtoků  $Q_{100} = 21,80 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  by byla potřeba hloubka koryta alespoň 1,5 m.

### **2.2.2. Výhody**

Nespornou výhodou tohoto řešení je fakt, že povodňové průtoky lze převádět pomocí obtokového koryta. V nádrži tedy nevznikne nevzhledný bezpečnostní přeliv.

### **2.2.3. Nevýhody**

Toto řešení má ovšem několik nevýhod. Jednou z nich je nutnost výstavby mohutného obtokového koryta. Přestože při běžném průtoku by byla hloubka v korytě menší než 0,2 m, muselo by být koryto hluboké alespoň 1,5 m, aby bylo schopno bezpečně převádět návrhovou povodeň. Jedná se o velmi výrazný nepoměr. Koryto by bylo po velmi dlouhá období značně nevyužito, docházelo by tedy k obrostu břehů vegetací. Bylo by nutno koryto pravidelně udržovat a čistit, což není příliš vhodné. Zároveň stavbou takto velkého koryta by bylo zásadně zasaženo do krajiny, a to i přesto, že k umístění se využije stávajícího náhonu. Z tohoto pohledu se jedná o řešení značně neekonomické a nepraktické. Pro výstavbu obtokového kanálu by muselo být na místo dopraveno značné množství materiálu. Navíc poloha náhonu je na opačné straně rybníka než přístupová cesta, výstavba takového objektu by tedy byla značně nepraktická.

Další nevýhodou je nutnost úpravy koryta nad i pod oblastí malé vodní nádrže. Pod nádrží by bylo třeba zaústit obtokové koryto do koryta původního toku. V oblasti pod hrází tělesa je Úsobský potok velmi mělký a poměrně široký. Vzhledem k rovinatosti území potok v tomto místě tvoří přirozené meandry a na ně napojené ekosystémy. Výstavbou obtokového koryta by byl narušen ráz krajiny pod hrází rybníka.

Také nad rybníkem by bylo třeba úpravy koryta. Musel by zde být umístěn rozdělovací objekt. Tento objekt by musel být řádně nadimenzován, posouzen a postaven. Vzhledem k velikosti vodního díla by byla výstavba a údržba tohoto objektu neekonomická.

## **2.3. Porovnání řešení**

Při zvážení výhod a nevýhod jednotlivých řešení bylo přistoupeno k návrhu nádrže jako průtočné s betonovým požerákem a bezpečnostním přelivem z kamenného zdiva. V neprospěch neprůtočné nádrže hovoří především nutnost výstavby obtokového koryta, které by mimo povodňových situací bylo téměř nevyužito. Toto řešení bylo tedy zamítnuto z ekonomických a estetických důvodů.

Pro převádění běžných průtoků byl vybrán betonový prefabrikovaný požerák, jehož instalace je jednoduchá a pro tuto nádrž vhodná. Bezpečnostní přeliv, který se nachází přímo u pěší turistické cesty bude vystavěn z kamenného zdiva. Jedná se sice o řešení technologicky náročné, ale přírodě blízké. V tomto případě byla upřednostněna estetická stránka před stránkou ekonomickou.

### 3. REKONSTRUKCE NÁDRŽE

Nádrž se bude rekonstruovat v období původního stavu před zanesením sedimenty, tedy jako průtočná s požerákem a bezpečnostním přelivem.

#### 3.1. Majetkoprávní vztahy

Pozemky, na kterých je nádrž umístěna, jsou v soukromém vlastnictví a ve vlastnictví obce Lípa. Pokud by se chtěl soukromý vlastník stát investorem rekonstrukce, musel by od obce odkoupit pozemky dotčené rekonstrukcí. Následující tabulka udává katastrální čísla pozemků, na kterých je stavba umístěna.

k. ú.	č. p.	druh pozemku	vlastník, adresa
Chválkov	189/4	vodní plocha	SMJ Krejčí Zdeněk Ing. a Krejčová Hana Ing., Rynářská 480, 393 01 Pelhřimov
Chválkov	185	vodní plocha	SMJ Krejčí Zdeněk Ing. a Krejčová Hana Ing., Rynářská 480, 393 01 Pelhřimov
Chválkov	257	vodní plocha	Česká republika, Povodí Vltavy s. p., Holečkova 106/8, 150 00 Praha 5 Smíchov
Chválkov	186/5	lesní pozemek	Obec Lípa, č. p. 93, 582 57 Lípa
Chválkov	186/2	vodní plocha	SMJ Krejčí Zdeněk Ing. a Krejčová Hana Ing., Rynářská 480, 393 01 Pelhřimov
Chválkov	189/5	lesní pozemek	Obec Lípa, č. p. 93, 582 57 Lípa
Chválkov	188/1	trvalý travní porost	SMJ Krejčí Zdeněk Ing. a Krejčová Hana Ing., Rynářská 480, 393 01 Pelhřimov
Úsobí	251/20	lesní pozemek	Obec Lípa, č. p. 93, 582 57 Lípa

Tabulka 4: Majetkoprávní vztahy [3]

Vlastník pozemků zároveň vyjádřil zájem o obnovu náhonu k původnímu stavu. Náhon na pravé straně rybníka sloužil k obsluze nedaleké pily a přilehlého mlýna. Problémem je, že současní majitelé pozemků, na kterých jsou části náhonu umístěny, důrazně s touto rekonstrukcí nesouhlasí. Majitelé těchto pozemků nejsou ochotni tyto pozemky odprodat. Rekonstrukci dodnes velmi zachovalého náhonu tedy není možné z majetkoprávních důvodů provést.

#### 3.2. Příprava území

Před realizací odbahnění vodní nádrže bude z řešeného území odstraněna náletová zeleň a pařezy. Stávající bylinný porost bude pokosen. Pokud to bude nutné, bude přístupová cesta lokálně vyspravena drceným kamenivem. K zajištění přístupu na staveniště bude vybudován sjezd, kterým se budou ze zátopů vyvážet sedimenty. Po dokončení stavby bude místo sjezdu upraveno do původní podoby.



### 3.3. Nádrž

Nádrž rybníka bude rekonstruována přibližně ve stavu původním, tedy před zanesením říčními sedimenty. Celá plocha nádrže je momentálně hustě porostlá travinami, viz. následující obrázek.



*Obrázek 4: Pohled do nádrže proti proudu potoka*

#### 3.3.1. Funkce

Hlavní funkcí nádrže bude retence vody v krajině. V dnešní době je obrovský problém s nedostatkem vody v krajině. To je zapříčiněno neobvykle suchými podmínkami, které se v posledních letech vyskytují. Výstavbou rybníka bude možno zadržet v přírodní krajině více vody a zároveň bude alespoň částečně možno nadlepšovat průtoky v období sucha.

Stavbou malé vodní nádrže lze alespoň částečně přispět k protipovodňové ochraně toku Úsobského potoka. Tato ochrana je ale poměrně malá, protože je plánován nehrazený bezpečnostní přeliv.

Velmi významnou funkcí nádrže bude funkce estetická. Nyní se na místě nádrže nachází nevzhledný porost trávy v nánosech říčních sedimentů. Celá oblast původní nádrže je podmáčená a je na první pohled zřejmé, že se zde v minulosti vyskytoval rybník. Cílem je tedy obnovit původní vzhled místa pomocí krajině co nejbližších řešení. Kolem rybníka vede pěší turistická cesta k poutnímu místu. Ve vzdálenosti asi 100 metrů od hráze rybníka se nachází kaple sv. Anny a také pramen sv. Anny, který má údajně ozdravovací účinky. Jistě by stálo za to zušlechtit toto často navštěvované místo.

Vedlejší funkcí rybníka by byla funkce rekreační. Rybník by byl volně přístupný k provozování letních i zimních sportů. Další vedlejší funkcí by byl extenzivní chov ryb, a to především z důvodu podpory vzniku rybníčního ekosystému.

### **3.3.2. Odbahnění**

Momentálně je nádrž rybníka výrazně zanesena řekou unášenými sedimenty. Tento až dva metry tlustý nános by bylo třeba odstranit. Mocnost odstraněného materiálu je znázorněna na výkresu řezů. K odtěžení nánosů budou použity běžné mechanizační prostředky, a to rypadla, dozery a terénní nákladní automobily.

### **3.4. Hráz**

V současnosti se na místě nachází homogenní zemní hráze. Délka koruny hráze je přibližně 73,5 m a šířka koruny je 2,5 m. Koruna hráze není přístupná vozidlům. Sklon vzdušního líce je cca 1:1,5. Sklon návodního líce není možné v současné době díky množství sedimentu určit. Zemní hráze je neudržovaná a porostlá vzrostlou travou a náletovou zelení.

V rámci rekonstrukce bude zachováno zemní těleso hráze. Též bude zachována šířka koruny a sklon vzdušního líce. Svrchní vrstva hráze bude rekultivována, ohumusována a oseta travním porostem. Případné prohlubně na koruně hráze, či na vzdušním líci budou sanovány tak, aby při provozu vodního díla nedošlo k jeho poškození. V prostoru prohlubně bude část hráze odtěžena a následně znovu dosypána a řádně zhutněna. Řešení počítá s obnovením návodního líce ve sklonu 1:3. Po odtěžení sedimentu bude hráze doplněna vhodnou zeminou do požadovaného sklonu. Pokud k tomu bude vhodná, použije se zemina z prostoru zátopy nádrže. Návodní líc bude opevněn lomovým kamenem frakce 125 – 250 mm. Pod opevněním budou umístěny dvě filtrační vrstvy frakcí 32 – 64 mm a 4 – 16 mm.

### Parametry hráze:

Druh hráze:	Homogenní sypaná zemní hráz
Druh zeminy:	Písek hlinitý
Délka v koruně:	73,5 m
Šířka koruny:	2,5 m
Sklon návodního líce:	1:3
Sklon vzdušného líce:	1:1,5
Kóta koruny hráze:	513,70 m n.m.
Kóta maximální hladiny:	513,40 m n.m.
Kóta normálního nadržení:	512,50 m n.m.

### **3.5. Výpustné zařízení**

Stávající výpustné zařízení je zničeno, spodní výpust je zanesena sedimentem. Toto původní zařízení bude odstraněno při výstavbě nového, které se bude nacházet na stejném místě. Nejprve bude vykopána dostatečně široká základová spára. Poté budou vystavěny objekty požeráku a odpadního potrubí. Po dokončení konstrukce se bude provádět dosypávání hráze.

Nově bude navrženo výpustné zařízení skládající se z otevřeného prefabrikovaného betonového požeráku s dvojitou dlužovou stěnou a z litinového potrubí. Požerák bude opatřen uzamykatelným poklopem. Přístup k poklopu bude zajištěn pomocí dřevěné lávky z koruny hráze. Pro přístup do spadiště požeráku budou na stěnách umístěny ocelové kramle. Odpadní voda je tělesem hráze převedena pomocí litinového potrubí DN 500. Pod hrází navazuje potrubí na kapacitní koryto (viz. 5.5).

### **3.6. Bezpečnostní přeliv**

Stávající bezpečnostní přeliv tvoří stavidlo o šířce cca 6,3 m. Dřevěná hradidla, která zůstala na místě jsou v dezolátním stavu nebo chybí úplně. Celá konstrukce je zanesena sedimenty a zarostlá bujnou vegetací, jak je patrné z obrázku č. 5. Vzhledem k zanesení spodní výpusti i celého prostoru nádrže je běžný průtok převáděn právě tímto objektem. Kapacitně

vyhovuje pouze k převádění běžných ročních průtoků, pro převedení povodňových průtoků nevyhoví.

Pro bezpečné převedení  $Q_{100}$  je navržen boční nehrazený přeliv. Kóta přelivné hrany je 512,60 m n.m. Délka přelivné hrany je 17 m a přepadový paprsek dosáhne výšky 0,8 m (viz. 5.4). Přeliv je postaven ze zdiva s betonovými základy. Přelivná hrana bude mít tloušťku 0,4 m. Dno spadiště bude tvořit dlažba z lomového kamene do betonového lože.



*Obrázek 5: Stávající bezpečnostní přeliv*

## 4. VÝPOČTY

### 4.1. Charakteristické čáry nádrže

Pro výpočet objemu ročního výparu je potřeba stanovení čáry zatopených ploch a čáry zatopených objemů. Plochy zatopení v jednotlivých nadmořských výškách jsou změřeny pomocí programu AutoCAD. Objem vody v nádrži je spočítán podle následujících vzorců (viz. tabulka č. 5):

$$V_1 = S_1 \cdot \frac{H_1 - H_0}{3}$$

$$V_{i>1} = \frac{S_{i-1} + S_i}{2} (H_i - H_{i-1})$$

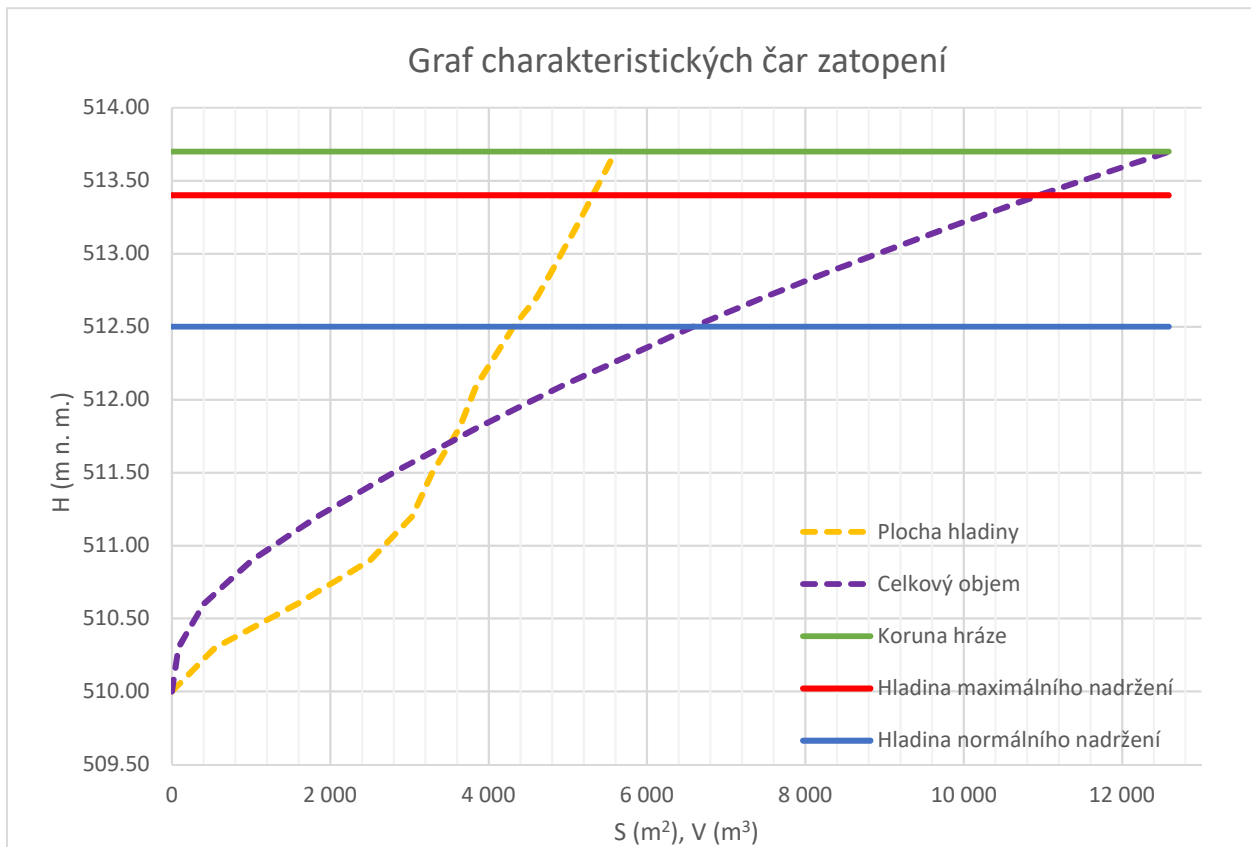
$V_i$  = zatopený objem ( $m^3$ )

$S_i$  = plocha hlediny ( $m^2$ )

$H_i$  = nadmořská výška ( $m$  n.m.)

$H_i$ (m n.m.)	$S_i$ ( $m^2$ )	$V_i$ ( $m^3$ )	$\Sigma V$ ( $m^3$ )
510.00	0	0	0
510.30	541	81	81
510.60	1 580	318	399
510.90	2 504	613	1 012
511.20	3 036	831	1 843
511.50	3 286	948	2 791
511.80	3 627	1 037	3 828
512.10	3 848	1 121	4 949
512.50	4 314	1 632	6 581
512.70	4 608	892	7 474
512.90	4 818	943	8 416
513.20	5 121	1 491	9 907
513.40	5 316	1 044	10 951
513.70	5 602	1 638	12 588

Tabulka 5: Zatopené plochy a zatopené objemy



Obrázek 6: Graf charakteristických čar zatopení

## 4.2. Roční bilance

### 4.2.1. Roční přítok do nádrže

Pro ověření možnosti napuštění nádrže jsou použita M-denní data ČHMÚ. Vypočítaná hodnota představuje celkový průměrný roční přítok do malé vodní nádrže. Určí se vynásobením dlouhodobého průměrného průtoku časem.

$$V_p = Q_a \cdot t$$

$V_p$  = roční přítok ( $m^3$ )

$Q_a$  = dlouhodobý průměrný průtok ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )

$t$  = čas (s)

$$t = 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 31\,536\,000 \text{ s}$$

$$V_p = 0,143 \cdot 31\,536\,000 = 4\,509\,648 \text{ m}^3$$

Roční přítok do nádrže je  $4\,509\,648 \text{ m}^3$ .

#### 4.2.2. Roční odtok z nádrže

Odtok z nádrže musí být takový, aby vždy dosahoval alespoň minimálního zůstatkového průtoku. Minimální zůstatkový průtok musí být dodržen po celý průběh roku.

Směrné hodnoty minimálního zůstatkového průtoku jsou uvedeny v tabulce č. 6:

průtok $Q_{355d}$	minimální zůstatkový průtok
$< 0,05 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{330d}$
$0,05 - 0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$(Q_{330d} + Q_{355d}) \cdot 0,5$
$0,51 - 5,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{355d}$
$> 5,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$(Q_{355d} + Q_{364d}) \cdot 0,5$

Tabulka 6: Směrné hodnoty MZP [4]

$$Q_{355} = 0,019 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \quad \rightarrow \quad \text{minimální zůstatkový průtok} = Q_{330} = 0,029 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Minimální roční odtok z nádrže se určí vynásobením minimálního zůstatkového průtoku časem.

$$V_o = Q_{330} * t$$

$V_o$  = minimální roční odtok ( $\text{m}^3$ )

$Q_{330}$  = minimální zůstatkový průtok pro daný tok ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )

$t$  = čas (s)

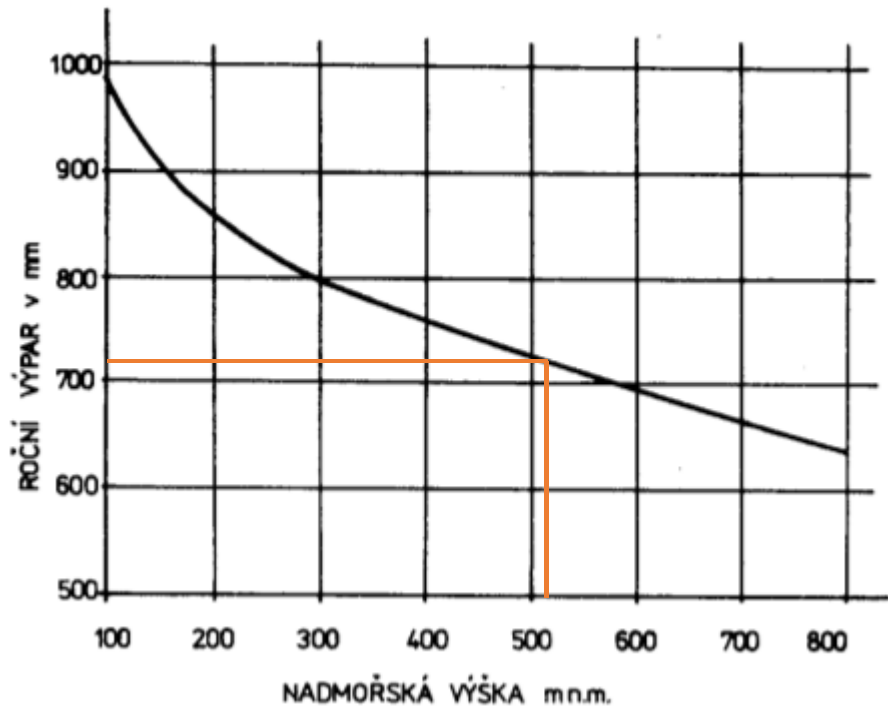
$$t = 365 * 24 * 60 * 60 = 31\,536\,000 \text{ s}$$

$$V_o = 0,029 * 31\,536\,000 = 914\,544 \text{ m}^3$$

Minimální celkový roční odtok z nádrže činí  $914\,544 \text{ m}^3$ .

### 4.2.3. Celkový roční výpar

Pro výpočet celkového ročního výparu je použit následující nomogram udávající závislost nadmořské výšky a ročního výparu v mm.



Obrázek 7: Nomogram pro výpočet výparu dle ČSN 75 2410 [5]

Hladina normálního nadržení = 512,50 m n.m. → roční výpar = 720 mm

Celkový roční výpar z nádrže se určí vynásobením ročního výparu z vodní hladiny a plochy hladiny stálého nadržení.

$$V_v = A_{sn} * VVH$$

$V_v$  = celkový roční výpar ( $m^3$ )

$A_{sn}$  = plocha hladiny stálého nadržení ( $m^2$ )

$VVH$  = výpar z vodní hladiny (m)

$$V_v = 0,72 * 4\,314 = 3\,106\,m^3$$

Celkový roční výpar z hladiny nádrže je 3 106  $m^3$ .



#### 4.2.4. Celkový roční průsak

Průsak tělesem hráze je vypočítán pomocí vzorce vycházejícího z Darcyho zákona. Je počítán ve dvou řezech. Výsledný průsak je součtem hodnot průsaků v jednotlivých řezech přezásobený reprezentativní délkou mezi řezy.

Pro tuto studii nebyla zatím nebyl proveden geologický průzkum, nebyla tedy změřena propustnost materiálu zemní hráze. Vzhledem k osobnímu průzkumu zeminy bude dále počítáno, že těleso hráze se převážně skládá z písku hlinitého. Je třeba brát na vědomí, že tento výpočet může obsahovat výraznou chybu.

Odhadovaná propustnost  $K = 2 \cdot 10^{-7} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Sklon návodního líce  $m = 3$

Délka hráze = 73,5 m

Celkový roční průsak se vypočítá pomocí zjednodušené metody podle Kudina.

$$\lambda = \frac{m}{1 + 2m}$$

$$L = \lambda \cdot H + A + B + C$$

$$q = K \cdot \frac{H^2}{2L}$$

$$Q_{pr} = q \cdot \text{délka hráze}$$

$\lambda$  = koeficient sklonu návodního líce nádrže (-)

$m$  = poměrový sklon návodního líce nádrže (-)

$L$  = vodorovná délka průsakové křivky (m)

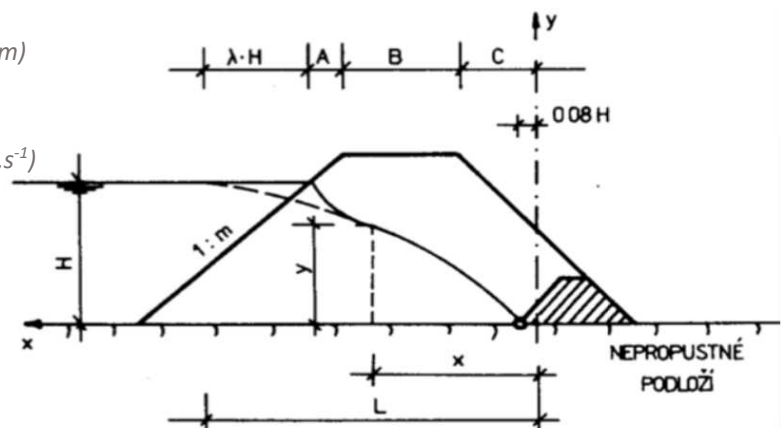
$H$  = hloubka nádrže (m)

$A, B, C$  = části průsakové křivky, viz. obrázek (m)

$q$  = průsak na 1 metr délky hráze ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ )

$K$  = nasycená hydraulická vodivost zeminy ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )

$Q_{pr}$  = celkový průsak hrází ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )



Obrázek 8: Schéma veličin pro výpočet homogenní hráze na nepropustném podloží [6]

H (m)	A+B (m)	C (m)	$\lambda \cdot H$ (m)	L (m)	q ( $m^2 \cdot s^{-1}$ )	$Q_{pr}$ ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )
2.30	6.5	3.68	0.99	11.17	4.93E-08	3.63E-06

Tabulka 7: Celkový roční průsak

Celkový roční průsak nádrže se určí vynásobením průtoku a času.

$$V_{pr} = Q_{pr} * t$$

$V_{pr}$  = roční průsak ( $m^3$ )

$Q_{pr}$  = celkový průsak hrází ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )

$t$  = čas (s)

$$t = 365 * 24 * 60 * 60 = 31\,536\,000 \text{ s}$$

$$V_{pr} = 3,63E-06 * 31\,536\,000 = 114 \text{ m}^3$$

Celkový roční průsak nádrže činí 114  $m^3$ .

#### 4.2.5. Bilance

$$V_{bil} = V_p - V_o - V_v - V_{pr}$$

$V_{bil}$  = roční bilance ( $m^3$ )

$V_p$  = roční přítok ( $m^3$ )

$V_o$  = minimální roční odtok ( $m^3$ )

$V_v$  = celkový roční výpar ( $m^3$ )

$V_{pr}$  = roční průsak ( $m^3$ )

$$V_{bil} = 4\,509\,648 - 914\,544 - 3\,106 - 114 \doteq 3\,592\,000 \text{ m}^3$$

$$V_{bil} = 3\,592\,000 \text{ m}^3 > \text{zásobní objem nádrže} = 6\,581 \text{ m}^3$$

### 4.3. Bezpečnostní přeliv

Bezpečnostní přeliv je navrhován na  $Q_{100}$ . Bezpečnostní přeliv byl zvolen boční, nehrazený. Jeho délka se vypočte ze vztahu:

$$Q = m \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{3/2}$$

$$m = \left(0,405 + \frac{0,003}{h}\right) \cdot \left[1 + 0,55 \cdot \left(\frac{h}{h+s}\right)^2\right]$$

$Q$  = průtok přes přelivnou hranu ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )

$m$  = přepadový součinitel (-)

$b$  = šířka přelivné hrany (m)

$g$  = tíhové zrychlení 9,81 ( $m \cdot s^{-2}$ )

$h$  = výška přepadového paprsku (m)

$s$  = výška ode dna k přepadové hraně (m)

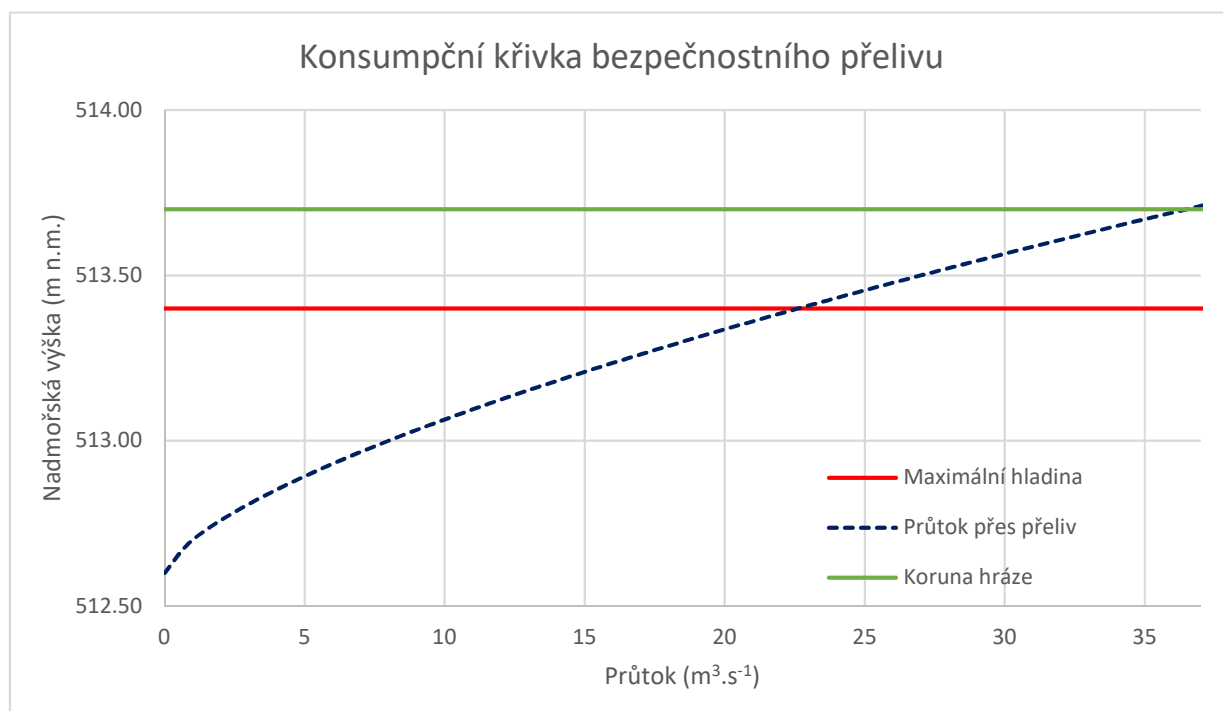
V tabulce č. 8 jsou na základě zvyšujících se výšek přepadu dopočítávány šířky přelivné hrany. Následující tabulka č. 9 zpětně ověřuje kapacitu bezpečnostního přelivu.

H (m n.m.)	h (m)	b (m)	h (m)	b (m)	Q ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )
513.40	0.0	0.00	0.00	17	0.00
513.30	0.1	370.56	0.10	17	1.00
513.20	0.2	131.01	0.20	17	2.83
513.10	0.3	71.31	0.30	17	5.20
513.00	0.4	46.32	0.40	17	8.00
512.90	0.5	33.14	0.50	17	11.18
512.80	0.6	25.21	0.60	17	14.70
512.70	0.7	20.01	0.70	17	18.52
512.60	0.8	16.38	0.80	17	22.63
512.50	0.9	13.72	0.90	17	27.00
512.40	1.0	11.72	1.00	17	31.63

Tabulka 8 a 9: Návrh bezpečnostního přelivu

$$m = \left(0,405 + \frac{0,003}{0,8}\right) \cdot \left[1 + 0,55 \cdot \left(\frac{0,8}{0,8 + 2,3}\right)^2\right] = 0,42$$

Navržený přeliv bezpečně převede průtok  $Q_{\max} = 22,63 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Na řešené části povodí je povodňový průtok  $Q_{100} = 21,80 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Při tomto průtoku bude přepadající paprsek vysoký 0,8 m a přepadová hrana dlouhá 17 m. Následný graf znázorňuje konsumpční křivku pro přeliv těchto parametrů.



Obrázek 9: Konsumpční křivka bezpečnostního přelivu

#### 4.4. Odpadní potrubí a koryto

##### 4.4.1. Návrh světlosti odpadního potrubí

Pro výpočet maximálního průtoku v potrubí byla použita Chézyho rovnice (viz. tabulka č. 10).

$$Q = C \cdot S \sqrt{R \cdot i}$$

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6}$$

$$R = S/O$$

$Q$  = průtok ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )

$C$  = rychlostní součinitel ( $\text{m}^{0,5} \cdot \text{s}^{-1}$ )

$R$  = hydraulický poloměr (m)

$i$  = podélný sklon (-)

$n$  = Manningův součinitel drsnosti (-)

$S$  = průtočná plocha ( $\text{m}^2$ )

$O$  = omočený obvod (m)

$D$  = vnitřní průměr potrubí (m)

D (m)	S (m <sup>2</sup> )	O (m)	R (m)	n (-)	i (-)	C (m <sup>0.5</sup> .s <sup>-1</sup> )	Q (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )
0.50	0.20	1.57	0.13	0.016	0.01	70.71	0.62

Tabulka 10: Návrh světlosti odpadního potrubí

#### 4.4.2. Návrh odpadního koryta

Je navrženo odpadní koryto půlkruhového tvaru z kamenné dlažby na sucho. Pro výpočet byla použita Chézyho rovnice.

$$Q = C \cdot S \sqrt{R \cdot i}$$

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6}$$

$$R = S/O$$

$Q$  = průtok (m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>)

$C$  = rychlostní součinitel (m<sup>0.5</sup>.s<sup>-1</sup>)

$R$  = hydraulický poloměr (m)

$i$  = podélný sklon (-)

$n$  = Manningův součinitel drsnosti (-)

$S$  = průtočná plocha (m<sup>2</sup>)

$O$  = omočený obvod (m)

$D$  = vnitřní průměr potrubí (m)

$y$  = hloubka vody v korytě (m)

D (m)	y (m)	S (m <sup>2</sup> )	O (m)	R (m)	n (-)	i (-)	C (m <sup>0.5</sup> .s <sup>-1</sup> )	Q (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )
0.50	0.50	0.10	0.79	0.13	0.032	0.01	70.71	0.44

Tabulka 11: Návrh odpadního koryta

## 5. ZÁVĚR

Pro rekonstrukci na Úsobském potoce u obce Chválkov je vhodné zvolit řešení průtočné nádrže. Jedná se o vhodnější řešení, protože svou stavbou nejméně naruší okolní prostředí a zároveň je možné dosáhnout vysoké estetické úrovně. Druhým možným řešením je vystavět neprůtočnou nádrž. Toto řešení není ale příliš vhodné, protože obtokové koryto by bylo příliš velké.

Hráz nádrže bude revitalizována, výpustné zařízení stejně jako boční bezpečnostní přeliv budou zcela rekonstruovány. Objekty jsou navrženy tak, aby byly schopny bezpečně převést stoletou povodeň. Na stavbu budou použity přírodě blízké materiály tak, aby dílo co nejvíce zapadalo do celkového rázu krajiny. Hlavní funkcí nově rekonstruovaného díla bude retence vody. Dalším pozitivním přínosem bude vytvoření příznivějších podmínek pro život vodních organismů.

Celkovou rekonstrukci lze určitě doporučit, především proto, že se lokalita nachází v těsné blízkosti poutního místa. Nově vzniklá vodní nádrž by mohla sloužit k rekreaci a mohla by tak nalákat více návštěvníků na toto místo uprostřed lesů krásné Vysočiny.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Mapy.cz. Mapy.cz [online]. Dostupné z:  
<https://mapy.cz/zakladni?x=15.5014240&y=49.5347673&z=18&source=osm&id=1017301548>
- [2] MODULARIZACE VÝUKY EVOLUČNÍ A EKOLOGICKÉ BIOLOGIE CZ.1.07/2.2.00/ Fauna obratlovců ČR (+SR) 1. Úvod - PDF Stažení zdarma. Představujeme Vám pohodlné a bezplatné nástroje pro publikování a sdílení informací. [online]. Copyright © DocPlayer.cz [cit. 22.05.2020]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/109142195-Modularizace-vyuky-evolucni-a-ekologicke-biologie-cz-1-07-2-2-00-fauna-obratlovcu-cr-sr-1-uvod.html>
- [3] Výběr parcely | Nahlížení do katastru nemovitostí. Nahlížení do katastru nemovitostí | Nahlížení do katastru nemovitostí [online]. Copyright © 2004 [cit. 22.05.2020]. Dostupné z: <https://nahlizenidokn.cuzk.cz/VyberParcelu.aspx>
- [4] Ministerstvo životního prostředí, Metodický pokyn odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí ke stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků ve vodních tocích [online]. Dostupné z:  
[https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/BB978B5BAEDF46C0C1256FC8003F1EB8/\\$file/metod.html](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/BB978B5BAEDF46C0C1256FC8003F1EB8/$file/metod.html)
- [5] ČSN 75 2410: Malé vodní nádrže. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví., 2011. 48 s
- [6] VÁCLAVÍK, Vojtěch. Účelové vodohospodářské nádrže. Ostrava: VŠB-technická univerzita Ostrava, 2007. 123s. ISBN 978-80-248-1336-3

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: M-denní průtoky

Obrázek 2: N-leté průtoky

Obrázek 3: Lokace malé vodní nádrže na Úsobském potoce

Obrázek 4: Pohled do nádrže proti proudu potoka

Obrázek 5: Stávající bezpečnostní přeliv

Obrázek 6: Graf charakteristických čar zatopení

Obrázek 7: Nomogram pro výpočet výparu dle ČSN 75 2410

Obrázek 8: Schéma veličin pro výpočet homogenní hráze na nepropustném podloží

Obrázek 9: Konsumpční křivka bezpečnostního přelivu

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: M-denní průtoky

Tabulka 2: N-leté průtoky

Tabulka 3: Návrh obtokového koryta

Tabulka 4: Majetkoprávní vztahy

Tabulka 5: Zatopené plochy a zatopené objemy

Tabulka 6: Směrné hodnoty MZP

Tabulka 7: Celkový roční průsak

Tabulka 8 a 9: Návrh bezpečnostního přelivu

Tabulka 10: Návrh světlosti odpadního potrubí

Tabulka 11: Návrh odpadního koryta

## SEZNAM PŘÍLOH

1. A.1 – Situace širších vztahů
2. A.2 – Situační výkres
3. B.1 – Podélný profil toku
4. B.2 – Příčné řezy nádrží
5. B.3 – Vzorový příčný řez hráze
6. B.4 – Výpustné zařízení
7. B.5 – Bezpečnostní přeliv
8. C.1 – Hydrologické údaje ČHMÚ