



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

Fakulta stavební

Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství

**Studie výstavby malé vodní nádrže v k. ú. Volavec**

**Study of the construction of a small water reservoir in  
the district Volavec**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Jan Havlín**

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

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

**Praha, rok 2020**



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Havlín</u>	Jméno: <u>Jan</u>	Osobní číslo: <u>468546</u>
Zadávací katedra: <u>Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství (K143)</u>		
Studijní program: <u>(B3651) Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>(3647R015) Vodní hospodářství a vodní stavby</u>		

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Studie výstavby malé vodní nádrže v k.ú. Volavec</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Study of the construction of a small water reservoir in the district Volavec</u>	
Pokyny pro vypracování: Zpracujte studii výstavby malé vodní nádrže v údolnici východně od Čeného háje v k.ú. Volavec (okr. Semily). V rámci studie se zaměřte jednak na technický návrh malé vodní nádrže (MVN) a jednak na zajištění vody pro tuto stavbu. Na základě posouzení možností zajištění vody posuďte, zda je případná realizace MVN reálná a případně za jakých podmínek. Proveďte potřebné výpočty a vypracujte výkresovou dokumentaci.	
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 David V. a kol. Výstavba a obnova malých vodních nádrží v lesních porostech - vybrané aspekty. ČVUT v Praze, 2019.	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>Ing. Václav David, Ph.D.</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>25.2.2020</u>	Termín odevzdání bakalářské práce: <u>17.5.2020</u> <small>Údaj uveďte v souladu s datem v šestém sloupci příslušného ak. roku</small>
<div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 30px; margin: 0 auto;"></div> <p style="text-align: center;">Podpis vedoucího práce</p>	<div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 30px; margin: 0 auto;"></div> <p style="text-align: center;">Podpis vedoucího kateury</p>

### 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 nutně 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“.*

<u>19.2.2020</u>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 30px; margin: 0 auto;"></div>
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Studie výstavby malé vodní nádrže v k. ú Volavec** zpracoval samostatně za použití uvedené literatury a pramenů.

Dále prohlašuji, že nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 23. května 2020

.....  
Jméno Příjmení

## Poděkování

Rád bych poděkovat Ing. Václavu Davidovi za jeho odborné vedení a užitečné rady při zpracování bakalářské práce.

Dále bych chtěl poděkovat všem ze společnosti AquaKlimax s.r.o. za jejich čas a ochotu poradit. V neposlední řadě bych rád poděkoval mojí rodině a kamarádům, kteří mi ulehčovali a zpříjemňovali studium.

## Anotace

Tato bakalářská práce je zaměřena na studii nově navrhované malé vodní nádrže v k. ú Volavec východně v údolnici od Černého háje. Obsah je rozdělen na dvě části, textovou a výkresovou. Podkladem je geodetické zaměření, srážková data z ČHMÚ a mapové podklady. Studie je vypracována na požadavek investora. Je v ní navržena přímá homogenní hráz se sdruženým objektem, spodní výpustí a odvodním korytem.

## Klíčová slova:

Malá vodní nádrž, bilance vody, CN křivka, bezpečnostní přeliv

## Summary

This bachelor thesis is focused on the study of a newly designed small water reservoir in cadastral district Volavec east of the valley from Černý háj. The content is divided into two parts, text and drawing. The basis is a geodetic survey, precipitation data from the CHMI and map materials. The study is prepared at the request of the investor. It is designed a direct homogeneous dam with an associated object, a lower outlet and a drainage channel.

### Key words:

small water reservoir, curve Number, safety overflow, spillway

## Obsah

<b>1. ÚVOD.....</b>	<b>9</b>
1.1 CÍL PRÁCE.....	10
<b>2 TEORETICKÝ PŘEHLED .....</b>	<b>10</b>
2.1 DEFINICE MALÉ VODÍ NÁDRŽE .....	10
2.2 ROZDĚLENÍ MALÝCH VODNÍCH NÁDRŽÍ.....	11
2.3 PROBLÉMY SOUČASNÝCH MALÝCH VODNÍCH NÁDRŽÍ .....	11
<b>3 ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ.....</b>	<b>12</b>
<b>4 VSTUPNÍ PODKLADY.....</b>	<b>13</b>
4.1 SRÁŽKOVÁ DATA.....	13
4.2 MAJETKOPRÁVNÍ VZTAHY .....	13
4.3 GEODETICKÉ ZAMĚŘENÍ .....	14
4.4 VÝPOČET NÁVRHOVÉHO DEŠTĚ .....	14
<b>5 NAVRHOVANÉ ŘEŠENÍ.....</b>	<b>18</b>
5.1 ČÁRA ZATOPENÝCH PLOCH A OBJEMŮ .....	18
5.2 UKAZATEL EFEKTIVITY .....	19
5.3 ÚPRAVA ZÁTOPY .....	19
5.4 TĚLESO HRÁZE .....	20
5.4.1 Stanovení materiálu hráze.....	21
5.4.2 Výpočet průsaku .....	21
5.5 MOŽNOSTI BEZPEČNOSTNÍCH OBJEKTŮ .....	23
5.6 NAVRHOVANÝ SDRUŽENÝ OBJEKT .....	23
5.6.1 Délka bezpečnostního přelivu .....	24
5.7 VÝPUSTNÉ POTRUBÍ.....	26
5.8 POSOUZENÍ POTŘEBY VÝVARU.....	27
5.9 ODVODNÍ KORYTO.....	28
<b>6 BILANCE VODY .....</b>	<b>30</b>
6.1 ZTRÁTA VODY .....	30
6.2 MNOŽSTVÍ VODY ZE SRÁŽEK .....	32
6.3 STANOVENÍ ZTRÁTY OBJEMU PŘI BEZDEŠTNÉM OBDOBÍ .....	33
6.4 ALTERNATIVNÍ ZDROJ VODY .....	33
6.4.1 Vydátlost studen .....	33
6.4.2 Čerpání vody .....	34
<b>7 ZÁVĚR.....</b>	<b>35</b>

<b>8</b>	<b>POUŽITÁ LITERATURA.....</b>	<b>36</b>
<b>9</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>37</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>37</b>
<b>11</b>	<b>SEZNAM VÝKRESOVÝCH PŘÍLOH.....</b>	<b>38</b>



# 1. ÚVOD

V několika posledních letech dochází k extrémním hydrologickým jevům v podobě suchých období nebo naopak k povodním. Tyto jevy nám ukazují, jak se mění klimatické podmínky. V několika následujících letech se předpokládá, že úhrn dešťových srážek bude podobný, ale změní se rozložení srážek. Očekává se, že srážky budou kratší a vydatnější, což povede k malé infiltraci vod a k velkému povrchovému odtoku. [1]

Díky této skutečnosti je potřeba brát větší ohled na zadržování vody v krajině. Možností, jak lze vodu zadržet je několik, avšak nelze použít jedno řešení na všechny problémy. Každé řešení má své světlé i stinné stránky. Proto je vhodnější kombinovat více řešení. [1]

Jedno z preferovaných řešení je stavění malých vodních nádrží (MVN), které napomáhají k akumulaci vody v krajině. Podobně jako ostatní řešení (velká vodní nádrž, zvýšení retenční schopnosti půdy a další) má i malá vodní nádrž své negativní účinky. Jako nevýhoda je bráno malé hospodaření s vodou nebo zvýšení plochy volné hladiny, což vede k většímu výparu. Ačkoliv tento problém je sporný, jelikož výpar může napomáhat malému vodnímu cyklu. [2]

Dříve byly vodní nádrže využívány hlavně pro chov ryb a pro zemědělské účely, ale dnes mají více pozitivních vlastností. Zachycují vodu v krajině a následně zlepšují množství vody v půdních složkách. Dále napomáhají organismům, které jsou velmi spjati s vodou. A v neposlední řadě pro jejich velké rozptýlení slouží jako zásobní objem při neobvyklých událostech jako je např. požár. [2]

Pro zlepšení podmínek a zvýšení projektů MVN zaměřených na zadržení vody v krajině se vláda rozhodla řešit problém pomocí přispívání finančních prostředků na obnovu, rekonstrukci i výstavbu nových malých vodních nádrží. Vypsala několik programů, v kterých přispívá až 100 %, avšak vždy jen do určité výše. [3]

## 1.1 Cíl práce

Cílem práce je vypracování studie a technický návrh malé vodní nádrže. Posoudit výpočtem možné hospodaření s vodou podle požadavků investora a spolumajitele pozemků.

Vodní nádrž má sloužit převážně jako přírodní prvek, který zlepší okolí podmínky a obohatí daného území o ekosystémy. Dalším možným účelem je rekreace. Tato studie by mohla v budoucnu sloužit jako podklad pro další projektovou dokumentaci.

## 2 TEORETICKÝ PŘEHLED

Vodní nádrže se dělí na umělé a přirozené. Přirozená vodní nádrž je například jezero, které vzniklo přirozeným přírodním přehrazením, sesuvem půdy nebo skalním zřícením. Tyto přirozené vodní nádrže se v Čechách vyskytují spíše ojediněle. Častěji jsou postavené umělé vodní nádrže jako je například rybník, přehrada nebo malá vodní nádrž. [4]

### 2.1 Definice malé vodí nádrže

Podle normy ČSN 75 2410 „Malé vodní nádrže“ je nádrž definována těmito body: [5]

- Objem nádrže stanovený pro hladinu normálního nadržení je menší než 2 mil m<sup>3</sup>.
- Maximální hloubka nádrže nebude větší než 9 m

Ve většině případů je hladina normálního nadržení ve stejné výšce hrany nehrazeného bezpečnostního přelivu nebo horní hrany uzávěru hrazeného bezpečnostního přelivu. Výše zmíněná norma slouží pro výstavbu nových malých vodních nádrží, ale i pro jejich rekonstrukce. Tato norma však neplatí pro odkaliště nebo nádrže přečerpávacích vodních elektráren. Při objemu nádrže menším než 5 tis. m<sup>3</sup>, je doporučeno přizpůsobit normu místním podmínkám. [6]

## 2.2 Rozdělení malých vodních nádrží

MVN lze dělit podle několika možných druhů. Jedno z hlavních dělení je podle normy ČSN 75 2410 „Malé vodní nádrže“ podle jejich funkce: [5]

- Zásobní nádrže
- Ochranné (retenční) nádrže
- Nádrže upravující vlastnosti vody (čisticí nádrže)
- Rybochovné nádrže (speciální rybníky)
- Hospodářské nádrže (např. požární nádrže)
- Speciální účelové nádrže (např. vyrovnávací nádrže)
- Asanační nádrže (např. záchytné nádrže)
- Rekreační nádrže
- Krajinotvorné nádrže a nádrže v obytné zóně

Dále jsou MVN rozděleny podle druhu napájení [7]:

- Dešťové (nebeské)
- říční (průtokové)
- Potoční
- Pramenné

## 2.3 Problémy současných malých vodních nádrží

MVN jsou velmi významnou složkou krajiny, která kladně ovlivňuje ekologickou stabilitu. Avšak dnešní stav malých vodních nádrží v České republice je špatný, hlavně z důvodu nedostatečné údržby a péče. [6]

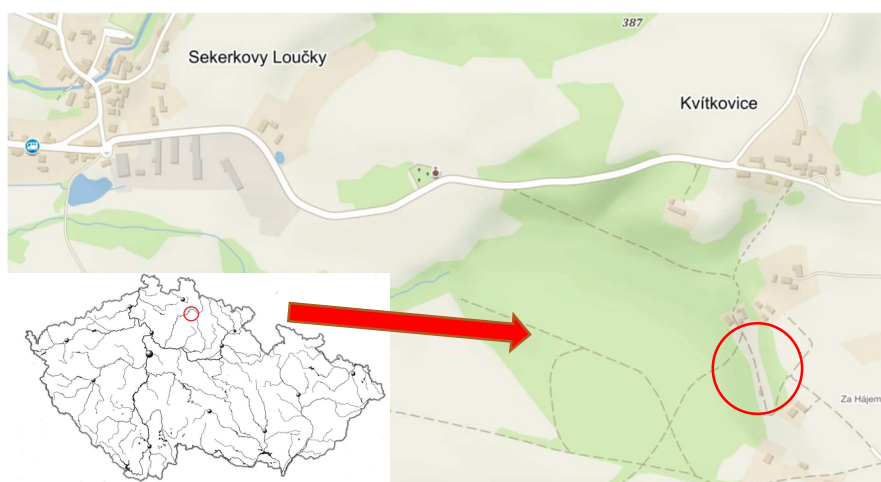
Při posuzování problémů MVN je třeba hledat v širších souvislostech. Je potřeba se zaměřit na celé povodí a pozorovat vzájemné vazby, které se tam vyskytují. Problémů v dnešní době je několik. Hlavní jsou: problémy technické, vodohospodářské, majetkoprávní, ekologické, legislativní nebo ekonomické. [6]

Hlavním vodohospodářským problémem je zanášení nádrže sedimenty a splaveninami. V řekách je díky energii vody velké množství splavenin, které se usazují v nádržích. Sedimenty se do MVN dostávají převážně erozí zemědělských půd v povodí. To následně ovlivňuje množství živin, které vede k oživení vod organismy. Dále je díky sedimentům zanášen prostor MVN a zhoršuje se tím schopnost funkčních objektů. [6]

### 3 ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ

Zájmová oblast se nachází v severních Čechách v Libereckém kraji (obr. 1). Území je vzdáleno 5,0 km vzdušnou čarou východně od města Turnov, nedaleko vesnice Kvítkovice v katastrálním území Volavec.

Lokalita budoucí malé vodní nádrže se nachází v údolí, které je ohraničené lesem a je svahované od jihu k severu. Nadmořská výška se pohybuje od 350-367 m n.m. Celé území se nachází v povodí Stebenky. (1-05-02-0080) [10]



Obrázek 1: Umístění MVN na mapách, zdroj: [www.geografie.kvalitne.cz](http://www.geografie.kvalitne.cz), [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz).

Celé území svádí dešťovou vodu do koryta (obr. 3) bezejmenného toku, které je naplněno hlavně v zimních měsících. Toto koryto je postupně napájeno drobnými přítoky. Bezejmenný tok dále proudí do průtočného Cihlového potoka, následně do Stebenky, která se vlévá do Jizery.

Severně pod budoucím tělesem hráze se nachází dva rodinné domy (obr. 2), které byly postaveny v roce 1907. Nedaleko nich jsou dvě studny, které dříve sloužili jako zdroj pitné vody. Příjezd na pozemky MVN je umožněn po místní komunikaci Kvítkovice – Volavec, z které je odbočka na polní cestu k zájmové oblasti.



Obrázek 3: Rodinný dům pod hrází, zdroj: Autor



Obrázek 2: Koryto bezejmenného toku, zdroj: Autor

## 4 VSTUPNÍ PODKLADY

### 4.1 Srážková data

Průměrná měsíční srážková data byla získána z Českého hydrometeorologického ústavu za období 1994-2019 (25 let). Z těchto dat byl vypočítán dlouhodobý, roční, srážkový srážkový úhrn, který činí 758 mm.

### 4.2 Majetkoprávní vztahy

Z webového prohlížeče „nahlížení do katastru nemovitostí“ byly zjištěny majetkoprávní vztahy. Pozemky určené k budoucí stavbě hráze a zátopy jsou ve vlastnictví investora Martina Hlubučka. Pod hrází bude nově vybudované koryto, které prochází přes pozemky rodinných příslušníků investora. Před napojením do stávajícího koryta prochází koryto přes parcely 189/2 a 189/4 (tab. 1). S majiteli těchto pozemků bude sepsána smlouva o možnosti vybudování koryta na jejich pozemcích. [8]

Tabulka 1: Vlastníci pozemku, zdroj: [8]

ČÍSLO POZEMKU	VLASTNÍK	DRUH POZEMKU
250/1	Eršilová Vladimíra	zahrada
250/2	Eršilová Vladimíra	Trvalý travní porost
248/2	Hlubuček Martin	Trvalý travní porost
250/3	Hlubuček Martin	Trvalý travní porost
250/4	Hlubuček Martin	Trvalý travní porost
249/1	Hlubuček Václav	Trvalý travní porost
189/2	Farma Volavec s. r. o.	Trvalý travní porost
189/4	Kalkus Pavel	Lesní pozemek

### 4.3 Geodetické zaměření

Zaměření bylo provedeno firmou „Geodetická kancelář Semily“ v pondělí 10.2.2020. Pro Zaměření bylo vytyčeno bodové pole a následně pomocí totální stanice byly zjištěny souřadnice X, Y v souřadném systému JTSK. Následně byly výšky zaměřeny ruční GPS stanicí. Výstup ze zaměření byl předán v elektronické podobě ve formátu dwg.

### 4.4 Výpočet návrhového deště

Pro výpočet kulminačního přítoku ze srážek je potřeba určit návrhovou srážku v daném území. Návrhové srážka byla určena z webové aplikace „Rain web app“. Následně byl vypočítán kulminační průtok pomocí metody CN křivek. Ta je spjata s BPEJ (bonitovaná půdně ekologická jednotka) v publikaci „ochrana zemědělské půdy před erozí“. Hodnota BPEJ je volně dostupná v eKatalogu BPEJ. [10] [9]

Tabulka 2: Zatřídění půdní skupiny podle BPEJ, zdroj: [4]

HPJ (2. a 3. č. BPEJ)	Hydrologická půdní skupina	HPJ (2. a 3. č. BPEJ)	Hydrologická půdní skupina	HPJ (2. a 3. č. BPEJ)	Hydrologická půdní skupina
8	B	34	B	60	B
9	B	35	B	61	D
10	B	36	B	62	C
11	B	37	B	63	D
12	B	38	B	64	C
13	B	39	C	65	C
14	B	40	B	66	D
15	B	41	B	67	D
16	B	42	B	68	D
17	A	43	B	69	D
18	B	44	C	70	D
19	B	45	C	71	D
20	D	46	C	72	D
21	A	47	C	73	D
22	B	48	C	74	D
23	C	49	D	75	C
24	B	50	C	76	D
25	B	51	C	77	C

V zájmové lokalitě se nachází pozemky zarostlé křovinami, která mají označení 7.68.11. a lesní pozemky s označením 7.30.11. Podle těchto označení se určí půdní skupina (tab. 2). Zarostlé pozemky křovinami se řadí do hydrologické půdní skupiny D a lesní pozemky do skupiny B. Pomocí tohoto zařazení se určí CN hodnoty. Pro lesní pozemky je počítáno se střední hodnotou CN=60. Ostatní pozemky jsou uvažovány jako křoviny s pokryvem CN=77.

Výpočet objemu odtoku pro CN se určí pomocí vzorců: [4]

$$A = 25.4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

$$I_a = 0.2 * A$$

$$H_o = \frac{(H - I_a)^2}{(H - I_a + A)}$$

$A$  = Potenciální retence (mm)

$H_o$  = Přímý odtok (mm)

$H$  = Úhrn návrhového deště (53.8 mm)

$I_a$  = Počáteční ztráta (mm)

$P$  = Plocha povodí (km<sup>2</sup>)

$V$  = Objem (m<sup>3</sup>)

Tabulka 3: Výpočet přímého odtoku

	CN	A	$l_a$	H	$H_o$	P	$V_{cn}$
	-	m <sup>2</sup>	mm	mm	mm	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>
Křoviny	77	75.87	15.17	53.80	13.03	0.14	1.82
Les	60	169.33	33.87	53.80	2.10	0.23	0.48

Pro výpočet jednotkového kulminačního průtoku je zapotřebí vypočítat dobu doběhu  $T_c$ .

$$T_c = T_{ta} + T_{tb} + T_{tc}$$

$$T_{ta} = \frac{0.007 \left( n * \frac{l}{0.3048} \right)^{0.8}}{\left( \frac{H_{s2}}{25.4} \right)^{0.5} * s^{0.4}}$$

$T_{ta}$  = Plošný povrchový odtok (h)

$n$  = Manningův drsnostní součinitel

$H_{s2}$  = Úhrn 24 hod. deště s dobou opakování 2 roky (mm)

$s$  = Sklon údolí (m/m)

$l$  = Délka proudění (m)

Tabulka 4: Výpočet plošného povrchového odtoku

	n	s	l	$T_{ta}$
	-	m/m	m	h
Křoviny/Les	0.24	0.12	1198.00	1.91

$$T_{tb} = \frac{l}{3600} * v$$

$$v = 4.918 * s^{0.5}$$

$T_{tb}$  = Soustředěný odtok o malé hloubce (h)

$v$  = Průměrná rychlost pro nezpevněný povrch (m/s)

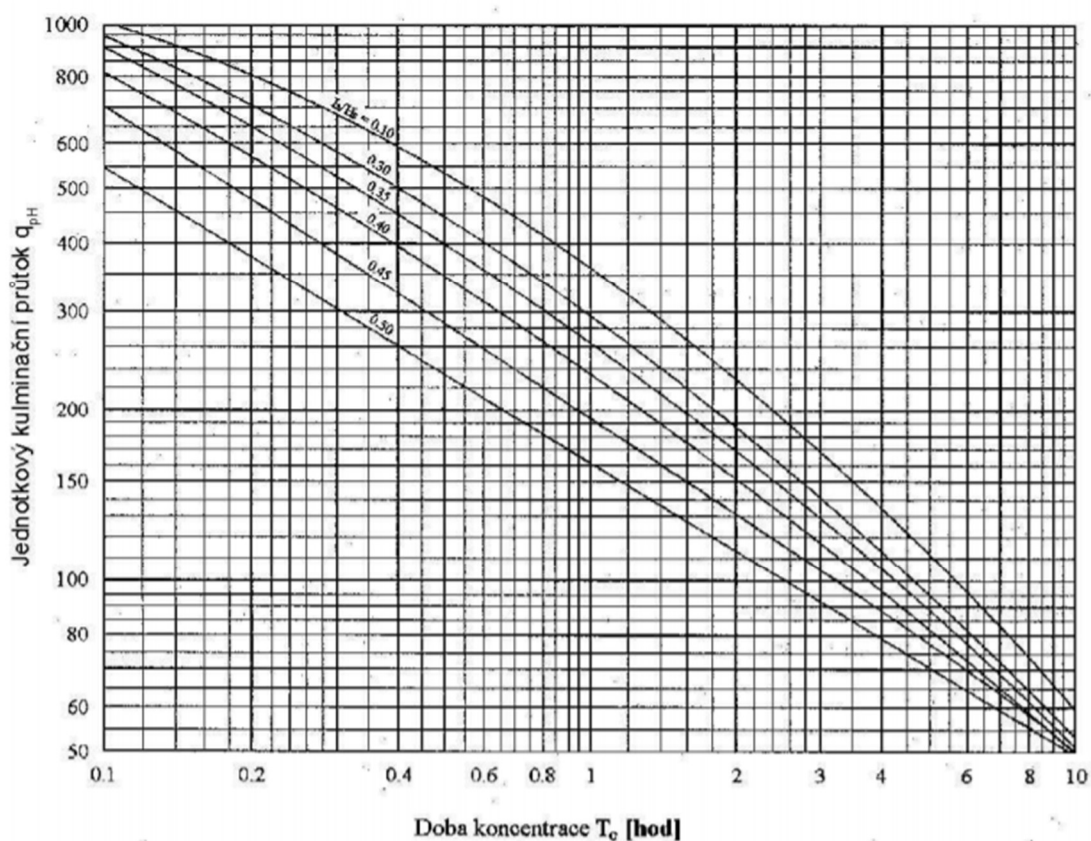
Hodnota soustředěného odtoku ( $T_{tc}$ ) se počítá s využitím Manningovi rovnice

$v = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * s^{\frac{1}{2}}$ . V tomto případě se nedá předpokládat s otevřeným korytem, proto je  $T_{tc} = 0$ .



Tabulka 5: Doba koncentrace

	v	Ttb	Tc
	m/s	h	h
Křoviny/Les	0.57	0.19	2.10



Obrázek 4: Nomogram na zjištění jednotkového kulminačního průtok, zdroj: [9]

Pro výpočet jednotkového kulminačního průtoky byla zjištěna hodnota  $la/Hs$ . Následně byl z grafu (obr. 4) odečten jednotkový kulminační průtok. Pomocí vypočítané doby koncentrace (tab. 5). [9]

$$Q_z = 0.00043 * q_{ph} * P_{pz} * H * f$$

$Q_z$  = Kulminační průtok ( $m^3/s$ )

$q_{ph}$  = Jednotkový kulminační průtok

$P_{pz}$  = Plocha povodí ( $km^2$ )

$H$  = Úhrn návrhového deště (mm)

$f$  = Opravný součinitel pro rybníky a mokřady

Tabulka 6: Kulminační průtok

	la/Hs	f	P	q	Q
	-	-	km <sup>2</sup>	-	m <sup>3</sup> /s
Křoviny	0.30	1.00	0.14	190	0.74
Les	0.60	1.00	0.23	90	0.42
					<u>1.16</u>

Celkový kulminační průtok je tedy 1.16 m<sup>3</sup>/s (tab. 7). Tento průtok bude sloužit jako návrhový průtok pro následující objekty MVN.

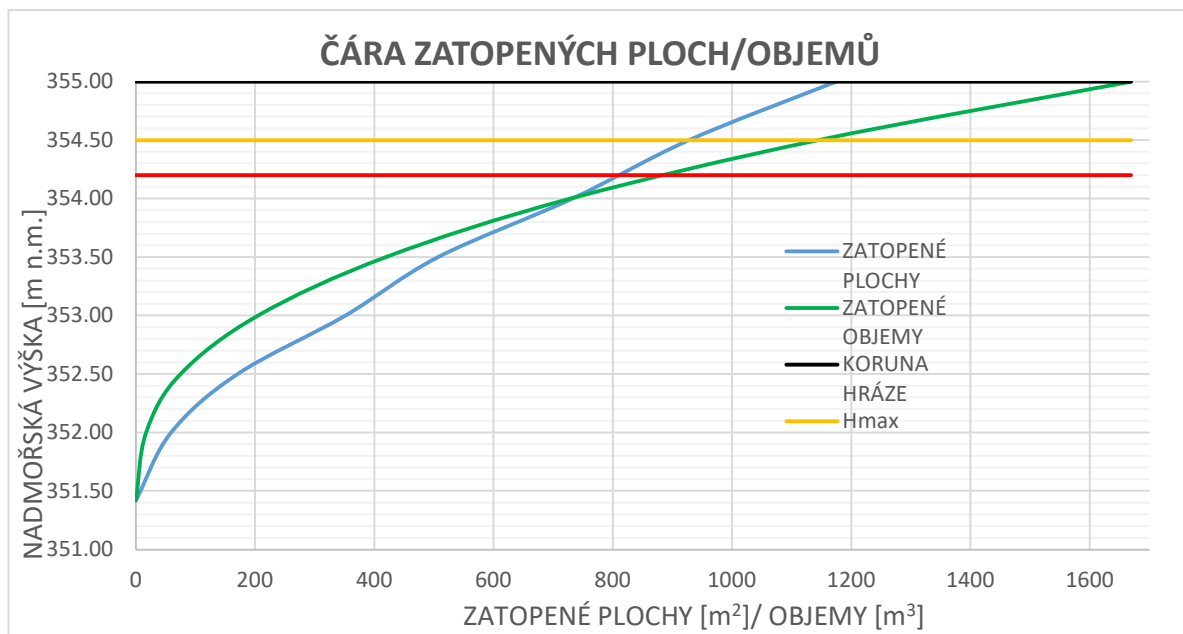
## 5 NAVRHOVANÉ ŘEŠENÍ

### 5.1 Čára zatopených ploch a objemů

Důležitým ukazatelem charakteristiky nádrže jsou batygrafické křivky. Tyto křivky byly stanoveny na základě zjištění obsahu ploch v jednotlivých nadmořských výškách. Následně byly dopočteny objemy. [11]

Tabulka 7: Parametry zátopy

NADMOŘSKÁ VÝŠKA	PLOCHA ZÁTOPY	DÍLČÍ OBJEM	CELKOVÝ OBJEM	
m n.m.	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	
351.4	0	0	0	
352.0	59	17	17	
352.5	170	57	74	
353.0	351	130	205	
353.5	507	215	419	
354.0	732	310	729	
354.2	815	155	884	Normální hladina
354.5	927	415	1144	Maximální hladina
355.0	1174	525	1669	Koruna hráze



Obrázek 5: Zatopené plochy a objemy

## 5.2 Ukazatel efektivity

Pro stanovení efektivity výstavby malé vodní nádrže se určí ukazatel podle vzorce: [5]

$$\mu = \frac{V_z}{V_h} = \frac{884}{778} = 1.14$$

$\mu$  = Ukazatel efektivity

$V_z$  = Objem vody při stálém nadržení ( $m^3$ )

$V_h$  = Objem zeminy hráze ( $m^3$ )

Objem vody byl odečten z tabulky 7. Objem zeminy hráze byl vypočítán pomocí programu Civil 3D. Výsledná hodnota 1.14 je velmi malá. Minimální přípustná hodnota se udává v rozmezí mezi 4-5. Tato MVN je velmi neefektivní.

## 5.3 Úprava zátopy

Nyní se na pozemcích nachází nevyužívaná dřevěná kůlna na nářadí (obr. 7), která je ve špatném stavu a před výstavbou bude rozebrána a odvezena. V celé zátopě bude sejmuta ornice v tloušťce 150 mm



Obrázek 6: Území budoucí zátopy, zdroj: Autor

## 5.4 Těleso hráze

Hráz je navržena jako zemní, homogenní typ. Její tvar je přímý s délkou 42 m a šířkou v koruně 3 m. Příčný řez má tvar lichoběžníku, se sklonem návodního líce 1:3 a vzdušného líce 1:2. Sklony byly voleny na základě doporučených dat z ČSN 75 2410 „Malé vodní nádrže“.

Vzdušný líc je opevněn pohozelem z lomového kamene frakce 63–125 mm tloušťky 200 mm. Pod opevněním se nachází dvě filtrační vrstvy frakce 16-32 mm a 4-8 mm, každá s tloušťkou 100 mm. Toto opevnění bude sloužit k ochraně tělesa hráze. V patě návodního líce je navržena opěrná patka z lomového kamene do 80 kg. Tato patka je 1 m široká a 0.9 m vysoká se sklonem 1:1.

V patě vzdušného líce je navržen patní drén s perforovaným potrubím z PVC o průměru DN 150, které bude odvádět prosakovanou vodu do odvodního koryta. Patní drén bude z lomového kamene, před kterým budou dvě filtrační vrstvy o tloušťce 100 mm, frakce 4-8 mm a 16-32 mm. Tyto vrstvy slouží k zabránění odnosu zeminy z tělesa hráze prosakující vodou. Vzdušný líc i

koruna hráze budou ohumusovány v tloušťce 150 mm a následně osety travinami.

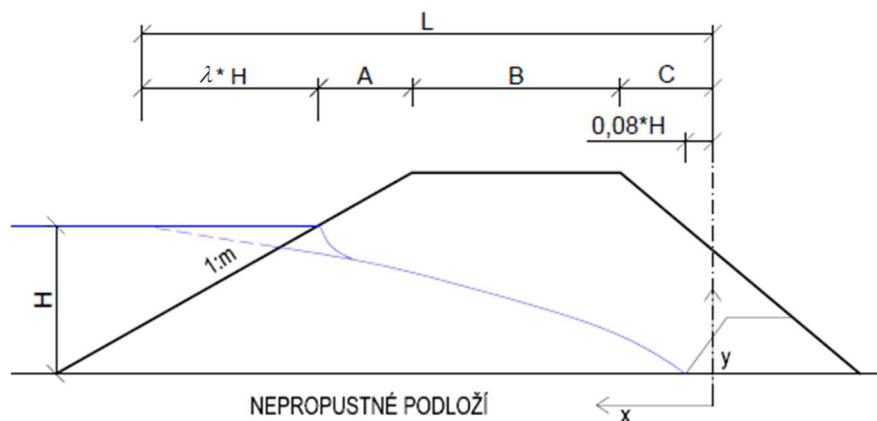
Hráz je založena přibližně 0.8 m pod úrovní stávajícího terénu. Násyp hráze se bude zasypávat zeminou, která bude dokonale hutněna na 95 % maximální objemové hmotnosti sušiny podle standardní Proctorovy zkoušky. Hráz se bude vrstvit ve vrstvách maximálně 0.15 m mocných.

#### 5.4.1 Stanovení materiálu hráze

Pro danou lokalitu nebyl vyhotoven geologický průzkum, proto byly pomocí webové geologické služby ([www.mapy.geology.cz/geocr50](http://www.mapy.geology.cz/geocr50)) zjištěny geologické poměry v okolí. Celé území se nachází na českém masivu v regionu české křídové tabule. V okolí se nachází zpevněné sedimenty. Křemenné pískovce a štěrkovité pískovce. Dále se zde nachází nezpevněné nivní sedimenty obsahující štěrk, písek a hlínu. Proto se předpokládá, že se v okolí nachází hlinitý písek (SM) nebo hlinitopísčité štěrky (GM), které by mohly sloužit jako materiál pro výstavbu hráze. Pro upřesnění před další projektovou dokumentací je zapotřebí udělat inženýrsko-geologický průzkum. Při nedostatečné funkci pro homogenní hráz by byla zemina dovážena z okolí. [12]

#### 5.4.2 Výpočet průsaku

Výpočet průsaku tělesem hráze byla zvolena metoda pomocí Kudina. Výpočet je pouze orientační. Hodnoty nasycené hydraulické vodivosti byly vzaty z normy ČSN 75 2410 „Malé vodní nádrže“. V následujícím schématu (obr. 8) je možné vidět označení veličin, s kterými je počítáno. [13]



Obrázek 7: Schéma značení veličin pro výpočet průsaku hráze, zdroj: [10]

$$q = Ks * \frac{H^2}{2 * L} \text{ (m}^3\text{/s)}$$

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

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

$$y^2 = x * \frac{H^2}{L}$$

$q$  = Průtok způsobený průsakem na 1 m šířky (m<sup>3</sup>/s)

$Ks$  = Nasycená hydraulická vodivost zeminy (m/s)

$H$  = Hloubka vody v nádrži (m)

$L$  = Vodorovná délka průsakové křivky (m)

$\lambda$  = Koeficient sklonu návodního líce

$m$  = Poměrový sklon návodního líce

$x, y$  = Proměnné souřadnice pro stanovení depresní křivky (m)

Soubor tabulek 8: Hodnoty pro výpočet průsaku hráze

ŠTĚRKY HLINITOPÍŠČÍTE GM		
H	1.80	m
A	2.40	m
B	3.00	m
C	6.48	m
$\lambda$	0.40	-
L	12.60	m
$Ks$	8.00E-07	m.s <sup>-1</sup>
$q$	1.03E-07	l/s/m
$Q$	4.32E-06	m <sup>3</sup> /s/m
$V_{ph}$	136.19	m <sup>3</sup> /rok
$V_{ph}$	0.37	m <sup>3</sup> /den

HLINITÝ PÍSEK SM		
H	1.80	m
A	2.40	m
B	3.00	m
C	6.48	m
$\lambda$	0.40	-
L	12.60	m
$Ks$	1.00E-07	m.s <sup>-1</sup>
$q$	1.29E-08	l/s/m
$Q$	5.40E-07	m <sup>3</sup> /s/m
$V_{ph}$	17.02	m <sup>3</sup> /rok
$V_{ph}$	0.05	m <sup>3</sup> /den

Při výpočtu průsaku bylo počítáno se dvěma druhy zemín s rozdílnou propustností (tab. 8). Do výpočtu bilanční rovnice bude uvažováno s horší hodnotou  $V_{ph} = 0.37 \text{ m}^3\text{/den}$ . Při další projekční činnosti se bude vycházet z inženýrsko-geologického rozboru.

Obrázek 8: Hodnoty určující depresní křivku

x	m	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
y	m	0.000	0.359	0.507	0.621	0.717	0.802	0.878	0.949	1.014

## 5.5 Možnosti bezpečnostních objektů

V tomto projektu přicházejí k úvahu dvě varianty bezpečnostního přelivu. První varianta, která přichází k úvahu, je bezpečnostní přeliv přímý. Nejvhodnější umístění tohoto přelivu je v levé části hráze, z pohledu shora. V této části by se vybudoval lichoběžníkový přeliv se dnem ve výšce 354.20 m n. m. Dále by bylo zapotřebí vybudovat spadiště a odpadní koryto do nově navrhovaného koryta od spodní výpusti. Toto řešení má tu nevýhodu, že je třeba vybudovat dvě koryta. I celkový estetický ráz hráze je narušen vybudováním lichoběžníkového přelivu v hrázi a následně spadiště. Výhodou tohoto řešení je menší průměr potrubí od výpustného zařízení.

Druhá možnost, která připadá k úvahu, je vybudování sdruženého objektu. V tomto řešení se nachází výpustné zařízení a bezpečnostní přeliv na jednom místě. Zde je navrhován požerák, za kterým je realizován bezpečnostní přeliv. Přes něj přepadá voda při vyšších průtocích. Veškerá voda je pak následně odváděna jedním potrubím skrz hráz. Nevýhodou tohoto řešení je dimenzování potrubí na vyšší průtok. Výhodou je lepší estetický vzhled, kdy se vše nachází na jednom místě. Dále je zapotřebí vybudovat pouze jedno odvodní koryto, které je dimenzováno na stejný průtok jako potrubí.

Ve studii je zvolena druhá varianta, která je v tomto případě lepší z estetického hlediska a úspory prostoru vybudováním pouze jednoho koryta.

## 5.6 Navrhovaný sdružený objekt

Ve studii MVN je navržen sdružený objekt, který se skládá z požeráku a bezpečnostního objektu. Požerák je navržen otevřený, prefabrikovaný s dvojitou dlužovou stěnou a odpadním otvorem průměru 300 mm. Půdorysné rozměry požeráku jsou 720 mm x 720 mm a výška je 3.63 m. Stěny požeráku jsou 120 mm široké. V první řadě dlužové stěny budou místo dluží česle s roztečí 60 mm. Česle budou mít rozměry 520 mm x 150 mm. Před požerákem se nachází práh ve dně vysoký 300 mm. Slouží ke snížení sklonu nátoky do požeráku a díky tomu k snížení celkového sklonu odvodního potrubí. Dno je navrženo z kamenné dlažby tloušťky 200 mm do betonového lóže.

### 5.6.1 Délka bezpečnostního přelivu

Pro výpočet délky bezpečnostního přelivu byla využita Bazinova rovnice dokonalého přepadu. Pro výpočet byl využit návrhový průtok  $Q = 1.16 \text{ m}^3/\text{s}$  (tab. 7). [14]

$$Q = m * b * \sqrt{2 * g} * h^{\frac{3}{2}}$$
$$m = \left(0.405 + \frac{0.003}{h}\right) * \left[1 + 0.55 * \left(\frac{h}{h + s}\right)^2\right]$$

$Q$  = Průtok přes přelivnou hranu ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$m$  = Přepadový součinitel (-)

$b$  = Délka přelivné hrany

$g$  = Tíhové zrychlení ( $9.81 \text{ m}/\text{s}^2$ )

$h$  = Výška přepadového paprsku (m)

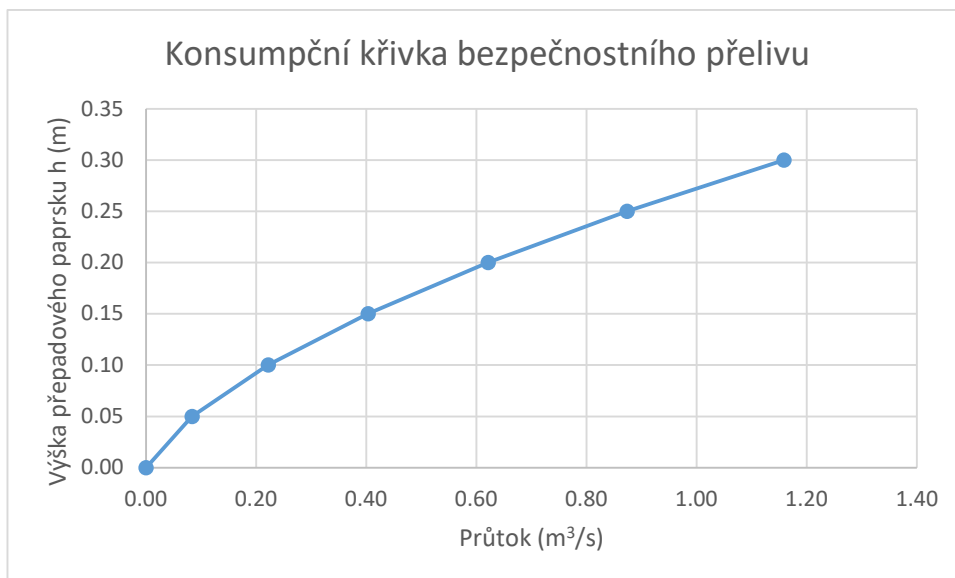
$s$  = Výška přelivné hrany (m)

Tabulka 9: Výpočet délky přelivné hrany bezpečnostního přelivu

m	h	Q	b
-	m	$\text{m}^3/\text{s}$	m
0.442	0.30	1.16	3.60

Délka přelivné hrany je vypočítaná na hodnotu 3.6 m (tab. 10).





Obrázek 9: Konsumpční křivka bezpečnostního přelivu

Nulová hodnota odpovídá nadmořské výšce 354,20 m n.m.

Tabulka 10: Výpočet průtoku bezpečnostním přelivem

h	m	Q
m	-	m <sup>3</sup> /s
0.00	0.000	0.00
0.05	0.467	0.08
0.10	0.440	0.22
0.15	0.435	0.40
0.20	0.436	0.62
0.25	0.438	0.87
0.30	0.442	1.16

Bezpečnostní přeliv je navržen betonový ve tvaru písmene „U“. Uprostřed se nachází prefabrikovaný požerák. Tento tvar je volen z důvodu lepší stability. Délka jedné přímé části je 1.1 m a délka jedné zaoblené části je 0.7 m. Celková délka je tedy 3,6 m. Stěna bezpečnostního přelivu je široká 0.3 m. Přelivná hrana je zaoblená v poloměru  $r = 0.15$  m. Voda bude přepadat do spadiště z vodostavebního betonu. Dno je v podélném profilu vypsáváno ve sklonu 8,0 % k výpustnému potrubí.

## 5.7 Výpustné potrubí

Pro převedení vody tělesem hráze je navrženo polypropylenové potrubí s průměrem DN 600. Potrubí je dlouhé 14.1 m a má sklon 8,0 %. Potrubí bude položeno na podkladní beton o tloušťce 150 mm a následně bude obetonováno. Na konci výpustného potrubí je navržena betonová zídka široká 400 mm, od které je dále projektováno nové odvodní koryto.

Předpokládá se, že veškerá voda ze sdruženého objektu bude odvedena výpustním potrubím, Proto je toto potrubí navrhováno na průtok, který byl vypočítán od návrhové srážky  $Q = 1.16 \text{ m}^3/\text{s}$ . Při dimenzování výpustného potrubí bylo uvažováno s rovnoměrným prouděním s využitím Chezyho rovnice. [11]

$$Q = C * \sqrt{R * i}$$

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

$$R = \frac{S}{O}$$

$Q$  = Průtok potrubím ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$C$  = Chézyho rychlostní součinitel (-)

$R$  = Hydraulický poloměr (m)

$i$  = Podélný sklon dna (-)

$n$  = Manningův drsnostní součinitel (-)

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

$O$  = Omočený obvod (m)

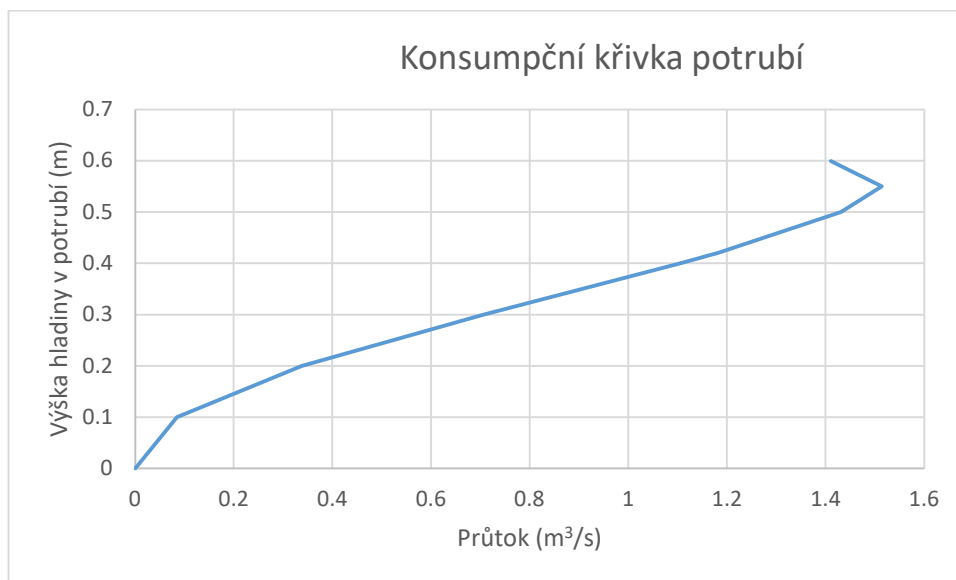
$Y$  = Výška hladiny v potrubí (m)

Hodnoty průtočných ploch a omočených obvodů (tab. 11) byly zjištěny pomocí autoCADu.

Tabulka 11: Výpočet průtoků potrubím

y	S	O	R	n	C	i	Q
m	m <sup>2</sup>	m	-	-	-	‰	m <sup>3</sup> /s
0.00	0.00	0.00	0.00	0.016	0.00	80	0.00
0.10	0.03	0.51	0.06	0.016	39.25	80	0.09
0.20	0.08	0.74	0.11	0.016	43.37	80	0.34
0.30	0.14	0.94	0.15	0.016	45.56	80	0.71
0.40	0.20	1.15	0.17	0.016	46.73	80	1.11
0.41	0.21	1.17	0.18	0.016	46.80	80	1.14
0.415	0.21	1.18	0.18	0.016	46.83	80	1.16
0.42	0.21	1.19	0.18	0.016	46.87	80	1.18
0.50	0.25	1.38	0.18	0.016	47.07	80	1.43
0.55	0.27	1.53	0.18	0.016	46.84	80	1.51
0.60	0.28	1.89	0.15	0.016	45.56	80	1.41

Z tabulky 11 je možné vidět, že potrubí má mnohem větší kapacitu, než je průtok při návrhovém dešti. Při návrhovém dešti bude potrubí zaplněno do výšky 0.415 m.



Obrázek 10: Konsumpční křivka odpadního potrubí

## 5.8 Posouzení potřeby vývaru

Při přechodu mezi odpadním potrubím a nově navrženým korytem je potřeba posoudit, zda je potřeba navržení vývaru. Při navrhování je brán ohled na různé

možnosti průtoku. Posouzení je provedeno podle typu proudění, které se určí pomocí Froudova čísla.

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g * \frac{S}{B}}}$$

$Fr$  = Froudovo číslo

$v$  = Rychlost proudění (m/s)

$g$  = Tíhové zrychlení (m/s<sup>2</sup>)

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

$B$  = Šířka koryta na hladině (m)

Tabulka 12: Výpočet Froudova čísla v novém korytě

<b>y</b>	<b>S</b>	<b>Q</b>	<b>v</b>	<b>B</b>	<b>Fr</b>	<b>Proudění</b>
[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]	[m/s]	[m]	-	-
0.05	0.02	0.03	1.20	0.55	1.84	<b>BYSTŘINNÉ</b>
0.10	0.06	0.10	1.67	0.70	1.82	<b>BYSTŘINNÉ</b>
0.20	0.14	0.35	2.50	1.00	2.13	<b>BYSTŘINNÉ</b>
0.30	0.26	0.80	3.08	1.30	2.20	<b>BYSTŘINNÉ</b>
0.36	0.34	1.16	3.41	1.48	2.27	<b>BYSTŘINNÉ</b>

Z výsledku výpočtu Froudova čísla (tab. 13) v nově navrženém korytě ( $Fr > 1$ ), je zřejmé, že zde dochází k bystřinnému proudění. Proto na přechodu mezi odpadním potrubím a korytem nenastane vodní skok a není třeba navrhovat vývar.

## 5.9 Odvodní koryto

MVN je umístěna v údolí, kde neteče žádný potok. Tudíž je zde potřeba vybudovat odvodní koryto. To odvede vodu ze spodní výpusti do nedalekého bezejmenného toku. Navržené koryto musí převést návrhový průtok  $Q = 1.16 \text{ m}^3/\text{s}$  pod rodinné domy. Následně se koryto nachází v nezastavěném území. Z tohoto důvodu je zúženo a je zde umožněn rozliv. Pro návrh koryta byla využita Chezyho rovnice pro rovnoměrné proudění. [11]

$$Q = C * \sqrt{R * i}$$

$$n = \frac{1}{n} * R^{\frac{1}{6}}$$

$$R = \frac{S}{O}$$

$Q$  = Průtok korytem ( $m^3/s$ )

$C$  = Chézyho rychlostní součinitel (-)

$R$  = Hydraulický poloměr ( $m$ )

$i$  = Podélný sklon dna (-)

$n$  = Manningův drsnostní součinitel (-)

$S$  = Průtočná plocha korytem ( $m^2$ )

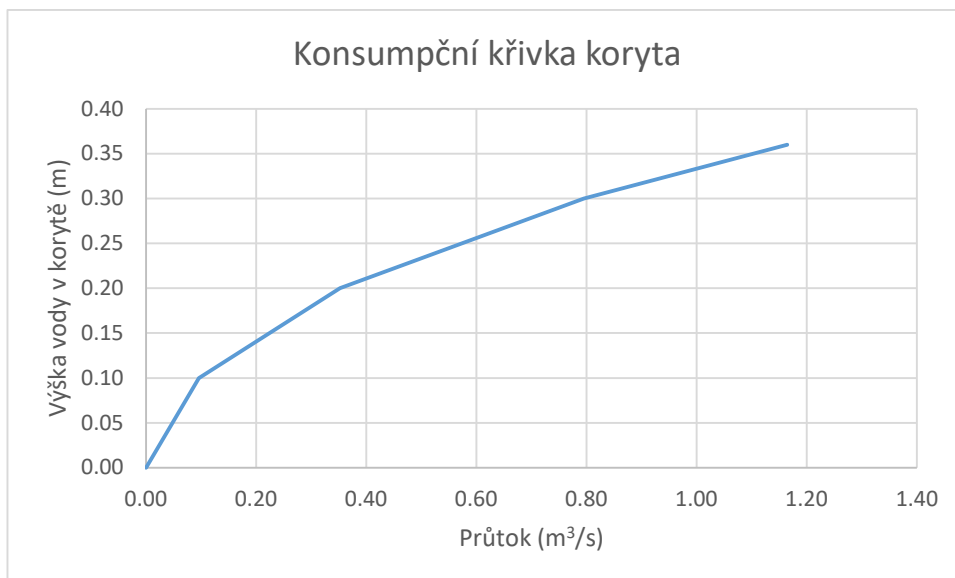
$O$  = Omočený obvod ( $m$ )

$y$  = Výška hladiny v korytu ( $m$ )

Tabulka 13: Výpočet průtoku v nově navrženém korytě

<b>y</b>	<b>b</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>R</b>	<b>n</b>	<b>C</b>	<b>i</b>	<b>Q</b>
m	m	$m^2$	m	m	-	-	‰	$m^3/s$
0,00	0.4	0	0.40	0	0.03	0	91.5	0
0.10	0.4	0.06	0.76	0.07	0.03	21.52	91.5	0.1
0.20	0.4	0.14	1.12	0.12	0.03	23.57	91.5	0.35
0.30	0.4	0.26	1.48	0.17	0.03	24.86	91.5	0.8
<b>0.36</b>	<b>0.4</b>	<b>0.34</b>	<b>1.70</b>	<b>0.21</b>	<b>0.03</b>	<b>25.48</b>	<b>91.5</b>	<b>1.16</b>

Z tabulky 14 vychází hloubka koryta 0.36 m. Ve výkresech je navrženo koryto lichoběžníkového tvaru se sklonem 1:1.5 a šířkou ve dně 0.4 m. Koryto je navrženo z lomového kamene tloušťky 300 mm.



Obrázek 11: Konsumpční křivka koryta

## 6 BILANCE VODY

Bilance vody v nádrži slouží pro zjištění možnosti naplnění nádrže a udržení její funkce v dlouhodobém hledisku. Výpočet je založen na rozdílu přítoku vody do nádrže a jednotlivých ztrátových faktorů jako je například průsak tělesem hráze.

$$V_{bil} = V_a - V_{hyg} - V_{vyp} - V_{ph} - V_{pph} - V_{pod}$$

$V_{bil}$  = Bilance MVN ( $m^3$ )

$V_a$  = Přítok do nádrže ( $m^3$ )

$V_{hyg}$  = Minimální zůstatkový průtok ( $m^3$ )

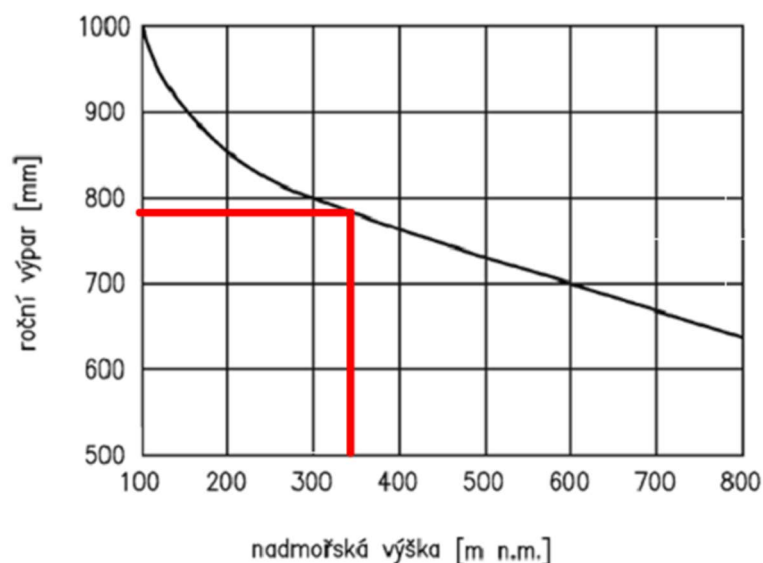
$V_{vyp}$  = Ztráta výparem ( $m^3$ )

$V_{ph}$  = Ztráta průsakem hráze ( $m^3$ )

$V_{pph}$  = Ztráta průsakem pod tělese hráze ( $m^3$ )

### 6.1 Ztráta vody

Ztráta, která dochází na malých vodních nádržích je způsobená výparem. Množství odpařené vody je vypočítáno pomocí grafu z normy ČSN 75 2410 „Malé vodní nádrže“. Výpar je pouze orientační, údolí se nachází v zastíněné oblasti a ve skutečnosti může mít úplně jiné hodnoty. [5]



Obrázek 12: Orientační hodnoty výparu z volné hladiny zdroj: [4]

Výpar je odvozen pomocí grafu (obr. 13), který je závislý pouze na nadmořské výšce. Hladiny stálého nadržení je ve výšce 345.2 m n. m. Roční výpar má hodnotu 780 mm. Tato hodnota je použita pro výpočet objemu vypařené vody (tab. 16).

$$V_{vyp} = H_v * A$$

$V_{vyp}$  = Objem vypařené vody ( $m^3/rok$ )

$H_v$  = Průměrné roční výpar ( $mm = dm^3/m^2$ )

$A$  = Plocha vody v nádrži při normálním nadržení

Tabulka 14: Výpočet výparu

$H_v$	$A$	$V_{vyp}$	$V_{vyp}$
mm/rok	$m^2$	$m^3/rok$	$m^3/den$
780.00	815.00	635.70	1.74

Další ztrátou, ke které bude docházet u této MVN, je ztráta způsobena průsakem tělesa hráze. Tato hodnota je již vypočítána v kapitole 5.4.2 na straně 22.

V této studii se předpokládá, že hráz bude stát na nepropustném podloží. To zabrání průsaku pod tělesem hráze a prosakování vody do podloží. Z tohoto

důvodu je dále počítáno s nulovou hodnotou. Tento předpoklad je dále potřeba potvrdit inženýrsko-geologickým průzkumem pro následující projektovou dokumentaci.

## 6.2 Množství vody ze srážek

Jelikož se MVN nachází v údolí bez stálého vodního toku, je počítáno, že přítok do nádrže je pouze z dešťových srážek. Z portálu ČHMU byly poskytnuty data za posledních 25 let. Z těchto dat byl vypočítán dlouhodobý průměrný roční úhrn srážek 758 mm/rok. Pro výpočet objemu přítoku byl využit vzorec: [2]

$$q_a = 80.009 * A^{-0.0068} * P^{0.1226} * T^{-0.1582} - 118.36$$

$$Q_a = q_a * A$$

$q_a$  = Specifický odtok (l/s/km<sup>2</sup>)

$P$  = Průměrný roční úhrn [15] (mm)

$A$  = Plocha povodí (km<sup>2</sup>)

$Q_a$  = Průměrný dlouhodobý roční průtok (m<sup>3</sup>/s)

$\Phi$  = Součinitel odtoku

Tabulka 15: Výpočet objemu vody ze srážek

T	p	A	q <sub>a</sub>	Q <sub>a</sub>	V <sub>a</sub>	φ
°C	mm	km <sup>2</sup>	l/s/km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /den	-
9.5	758	0.37	8.83	0.003	282.22	0.37

Ačkoliv vychází objem přitéklé vody z povodí 282.22 m<sup>3</sup>/den, je potřeba brát v úvahu, že tato hodnota je pouze orientační a v realitě může docházet k velkým odlišnostem. Tento vzorec byl primárně odvozen pro větší povodí. Výpočet objemu vody ze srážek (tab. 15) slouží především k důkazu, že se malá vodní nádrž dokáže naplnit během několika intenzivnějších srážek.

Dešťový úhrn srážek je velmi rozkolísaný a dochází k dlouhodobým bezdeštným obdobím, které budou způsobovat vysychání MVN. Hodnota objemu přítoku je počítána z dlouhodobých ročních hodnot. V kratších časových



intervalech nelze přesně určit a je třeba kalkulovat i s nulovou hodnotou v období bez srážek. Proto je zapotřebí zajistit alternativní přítok vody. [16]

### 6.3 Stanovení ztráty objemu při bezdeštném období

Pro zjištění ztráty objemu vody pro období bez srážek byly vzaty hodnoty z tabulky 8 a 14.

$$V_{bo} = V_{vyp} + V_{ph}$$

$V_{bo}$  = Ztrátový objem vody při bezdeštném období

$V_{vyp}$  = Objem vypařené vody

$V_{ph}$  = Objem prosáklé vody tělesem hráze

Tabulka 16: Výpočet ztráty objemu při bezdeštném období

$V_{vyp}$	$V_{ph}$	$V$
$m^3/den$	$m^3/den$	$m^3/den$
1.74	0.37	2.11

### 6.4 Alternativní zdroj vody

Přibližně 70 m pod hrází se nachází dvě studny. V minulosti tyto studny sloužily k zásobě vody pro blízké domy. V extrémních letech se využívaly i jako záložní zdroj vody pro obyvatele vesnice. Hladina vody při maximálním naplnění dosahuje nadmořské výšky 345.18 m n. m. Převýšení mezi hladinou ve studni a hladinou v nádrži při stálém nadržení je 9.02 m.

#### 6.4.1 Vydatnost studen

Kopané studny jsou postavené z betonových skruží. První studna má průměr 2 m (obr. 14) a její hloubka je 2.5 m. Druhá studna má průměr 1 m a její hloubka je 6 m. Obě studny byly vyčerpány (obr. 15) a byla měřena rychlost plnění vodou. Z několika měření byla stanovena průměrná rychlost plnění 3  $m^3/den$  pro každou studnu. Pro přesnější stanovení vydatnosti je zapotřebí udělat hydrogeologický průzkum.

### 6.4.2 Čerpání vody

Celkové uvažované množství pro možné čerpání vody je 4 m<sup>3</sup>. Tento objem je vyšší, než je vypočítán potřebný ztrátový objem při bezdeštném období (tab. 16). Toto řešení má za následek vysoké provozní náklady.



Obrázek 14: Čerpání vody



Obrázek 13: Studna s průměrem 2 m

## 7 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vypracovat studii malé vodní nádrže v k. ú. Volavec v údolnici východně od Černého háje. V Libereckém kraji.

Požadavek investora byl vytvořit zemní homogenní hráz, která bude esteticky vhodná a bude mít přírodě blízký ráz. Podkladem pro malou vodní nádrž bylo využito: geodetické zaměření, katastrální mapy, základní mapa, hydrologická data a vlastní průzkum terénu.

Pro návrh kulminačního průtoku, byla zjištěna 100letá srážka. S využitím metody CN křivek byl dopočítán průtok. Na tuto hodnotu byly následně dimenzovány jednotlivé objekty.

V této studii byl navržen sdružený objekt, který se skládá z prefabrikovaného železobetonového požeráku a bezpečnostního objektu se zaoblenou hranou o délce 3,6 m.

Pro převod vody tělesem hráze bylo navrženo polypropylenové plastové odpadní potrubí průměru 600 mm, které je zakončené betonovou zídkou. Následně navazuje úsek koryta, který je navržen na převedení kulminačního průtoku pod dva rodinné domy. Pod nimi se koryto zužuje, čímž je umožněno rozlítí. Dále pokračuje do stávajícího koryta bezejmenného toku.

V poslední části studie byla vypočítána možnost naplnění nádrže při intenzivnějších srážkách s ohledem na dlouhodobou bilanci. Pro období bezdeštných dnů byl stanoven objem, který zabrání denním ztrátám způsobeným výparem a průsakem. Pro vyrovnání denních ztrát byla posuzována alternativní možnost čerpání vody ze studní. Toto řešení vyžaduje větší nároky na provoz a odebírání podzemní vody, která je v dnešní době spíše vzácností.

Z důvodu velkých investičních a provozních nákladů s ohledem na ukazatel efektivity nádrže, bych nedoporučoval realizaci této malé vodní nádrže.

## 8 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] K. Vrána, J. Beran, České vysoké učení technické v Praze, a Stavební fakulta, *Rybníky a účelové nádrže*. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2008.
- [2] V. David, *Výstavba a obnova malých vodních nádrží v lesních porostech - vybrané aspekty: certifikovaná metodika pro praxi*. 2019.
- [3] „Výstavba a rekonstrukce malých vodních nádrží - Opatření". Viděno: kvě. 19, 2020. [Online]. Dostupné z: <http://www.dotace.nature.cz/voda-opatreni/obnova-rekonstrukce-nebo-vystavba-malych-vodnich-nadrzi.html>.
- [4] J. Pavlica, *Malé vodní nádrže a rybníky*. SNTL, 1964.
- [5] ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže: Česká technická norma. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologie a státní zkušebnictví, 2011.
- [6] J. Šálek, Z. Mika, a A. Tresová, *Rybníky a účelové nádrže: Celost. učebnice pro stavební fakulty vys. škol techn.* Praha: SNTL, 1989.
- [7] P. Pešout, „VODNÍ A POBŘEŽNÍ VEGETACE VLAŠIMSKA", s. 122.
- [8] „Výběr katastrálního území | Nahlížení do katastru nemovitostí". <https://nahliznidokn.cuzk.cz/VyberKatastrMapa.aspx> (viděno kvě. 20, 2020).
- [9] M. Jane, „Ochrana zemědělské půdy před erozí", s. 117.
- [10] „Rain WebApp". <https://rain1.fsv.cvut.cz/?PROJECT=rain%2Fwebapp> (viděno kvě. 21, 2020).
- [11] K. Vrána, *Rybníky a účelové nádrže: příklady: určeno pro stud. fak. stavební*. Praha: ČVUT, 1991.
- [12] „Geovědní mapy 1 : 50 000". <https://mapy.geology.cz/geocr50/> (viděno kvě. 20, 2020).
- [13] J. Šálek, Z. Mika, a A. Tresová, *Rybníky a účelové nádrže: Celost. učebnice pro stavební fakulty vys. škol techn.* Praha: SNTL, 1989.
- [14] V. Havlík, I. Marešová, České vysoké učení technické v Praze, a Stavební fakulta, *Hydraulika II: příklady*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1995.
- [15] „I v Česku se mění klima", *ArcGIS StoryMaps*. <https://storymaps.arcgis.com/stories/623ff16d5dd54607a1a272539aa5dda2> (viděno kvě. 24, 2020).
- [16] „Portál ČHMÚ: Historická data: Počasí: Územní srážky". <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky> (viděno úno. 20, 2020).

## 9 SEZNAM OBRÁZKŮ

OBRÁZEK 1: UMÍSTĚNÍ MVN NA MAPÁCH, ZDROJ: WWW.GEOGRAFIE.KVALITNE.CZ, WWW.MAPY.CZ.....	12
OBRÁZEK 2: RODINNÝ DŮM POD HRÁZÍ .....	13
OBRÁZEK 3: KORYTO BEZEJMENNÉHO TOKU .....	13
OBRÁZEK 4: NOMOGRAM NA ZJIŠTĚNÍ JEDNOTKOVÉHO KULMINAČNÍHO PRŮTOKU, ZDROJ: [8] .....	17
OBRÁZEK 5: ZATOPENÉ PLOCHY .....	19
OBRÁZEK 6: ZATOPENÉ OBJEMY .....	<b>CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.</b>
OBRÁZEK 7: ÚZEMÍ BUDOUCÍ ZÁTOPY .....	20
OBRÁZEK 8: SCHÉMA ZNAČENÍ VELIČIN PRO VÝPOČET PRŮSAKU HRÁZÍ, ZDROJ: [10] .....	21
OBRÁZEK 9: HODNOTY URČUJÍCÍ DEPRESNÍ KŘIVKU .....	22
OBRÁZEK 10: KONSUMPČNÍ KŘIVKA BEZPEČNOSTNÍHO PŘELIVU.....	25
OBRÁZEK 11: KONSUMPČNÍ KŘIVKA ODPADNÍHO POTRUBÍ .....	27
OBRÁZEK 12: KONSUMPČNÍ KŘIVKA KORYTA .....	30
OBRÁZEK 13: ORIENTAČNÍ HODNOTY VÝPARU Z VOLNÉ HLADINY ZDROJ: [4] .....	<b>CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.</b>
OBRÁZEK 14: STUDNA S PRŮMĚREM 2 M .....	34
OBRÁZEK 15: ČERPÁNÍ VODY.....	34

## 10 SEZNAM TABULEK

TABULKA 1: VLÁSTNÍCI POZEMKU, ZDROJ: WWW.NAHLIZENIDOKN.CUZK.CZ .....	14
TABULKA 2: ZATŘÍDĚNÍ PŮDNÍ SKUPINY PODLE BPEJ [4] .....	15
TABULKA 3: VÝPOČET PŘÍMÉHO ODTOKU .....	16
TABULKA 4: VÝPOČET PLOŠNÉHO POVRCHOVÉHO ODTOKU .....	16
TABULKA 5: SOUSTŘEDĚNÝ ODTOK O MALÉ HLOUBCE .....	17
TABULKA 6: DOBA KONCENTRACE .....	<b>CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.</b>
TABULKA 7: KULMINAČNÍ PRŮTOK.....	18
TABULKA 8: PARAMETRY ZÁTOPY .....	18
SOUBOR TABULEK 9: HODNOTY PRO VÝPOČET PRŮSAKU HRÁZE .....	22
TABULKA 10: VÝPOČET DÉLKY PŘELIVNÉ HRANY BEZPEČNOSTNÍHO PŘELIVU .....	24
TABULKA 11: VÝPOČET PRŮTOKU BEZPEČNOSTNÍM PŘELIVEM .....	25
TABULKA 12: VÝPOČET PRŮTOKŮ POTRUBÍM .....	27
TABULKA 13: VÝPOČET FROUDOVA ČÍSLA V NOVÉM KORYTĚ .....	28
TABULKA 14: VÝPOČET PRŮTOKU V NOVĚ NAVRŽENÉM KORYTĚ .....	29
TABULKA 15: VÝPOČET OBJEMU VODY ZE SRÁŽEK .....	<b>CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.</b>
TABULKA 16: VÝPOČET VÝPARU .....	<b>CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.</b>
TABULKA 17: VÝPOČET BILANCE VODY .....	33
TABULKA 18: BILANČNÍ ROVNICE S ČERPÁNÍM VODY ZE STUDNÍ .....	<b>CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.</b>

## 11 SEZNAM VÝKRESOVÝCH PŘÍLOH

ČÍSLO PŘÍLOHY	NÁZEV PŘÍLOHY	MĚŘÍTKO
A.1	Vodohospodářská mapa	1:50 000
A.2	Základní mapa	1:10 000
A.3	Situační výkres	1:300
B.1	Podélný profil údolím	1:400/1:200
B.2	Řezy zátopou	1:100
B.3	Vzorový řez hráze	1:50
B.4	Příčné řezy hrází	1:50
B.5	Výkres sdruženého objektu	1:50