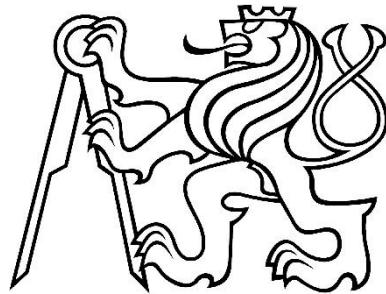


České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta stavební  
Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství



Bakalářská práce  
Studie vodní nádrže na toku Blšanky pod obcí Kryry

Autor: Sýs Vojtěch  
Vedoucí práce: Ing. Václav David, Ph.D.  
Rok: 2017



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**Fakulta stavební**

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Sýs</u>	Jméno: <u>Vojtěch</u>	Osobní číslo: <u>424363</u>
Zadávající katedra: <u>11143</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství - B3651</u>		
Studijní obor: <u>Vodní hospodářství a vodní stavby - 3647R015</u>		

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Studie vodní nádrže na toku Blšanky pod obcí Kryry</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Study of water reservoir on Blšanka stream downstream of Kryry</u>	
Pokyny pro vypracování: Zpracujte studii výstavby vodní nádrže na toku Blšanky pod obcí Kryry pro potřeby zásobování závlahovou vodou pro chmelnice. Studii vypracujte jednak s ohledem na vodohospodářské řešení a jednak se zaměřením na technické řešení nádrže. Pro potřebu zpracování proveďte nezbytné analýzy zaměřené na stanovení potřebného množství závlahové vody, vodohospodářské posouzení nádrže a technický návrh nádrže. Studii doplňte o výkresovou dokumentaci v podobě schémat, vzorových výkresů a situačních plánů.	
Seznam doporučené literatury: Jůva K., Filip J., Hrabal A.: Závlaha zemědělských kultur. SZN Praha, 1981. Jůva K., Hrabal A., Pustějovský R.: Malé vodní nádrže. SZN Praha, 1980. Kulhavý F., Kulhavý Z.: Navrhování hydromelioračních staveb. Praha, 2008. Pavlica J.: Malé vodní nádrže a rybníky. SNTL Praha, 1964. Šálek J., Míka Z., Tresová A.: Rybníky a účelové nádrže. SNTL Praha, 1989.	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>Ing. Václav David, Ph.D.</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>1.3.2017</u>	Termín odevzdání bakalářské práce: <u>28.5.2017</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
_____	_____
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>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“.</i>	
_____	_____
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

.....

Sýs Vojtěch

v Praze ..... května 2017

## PODĚKOVÁNÍ

Za odborné vedení mé práce a za rady při řešení problémů děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Václavu Davidovi, Ph.D.

## ABSTRAKT

Předmětem bakalářské práce je studie výstavby malé vodní nádrže na Blšance pod obcí Kryry. Hlavním účelem nádrže je akumulace vody pro pokrytí potřeb vody pro závlahu chmelnic. Cílem studie je určení rozsahu ploch chmelnic zavlažovaných akumulovanou vodou v nádrži. Studie obsahuje zpracování vodohospodářského a technického řešení nádrže. V bakalářské práci jsou porovnány tři varianty nádrže. Jedná se o variantu jednoúčelové závlahové nádrže, variantu víceúčelové nádrže s majoritní funkcí zásobní a variantu víceúčelové nádrže s majoritní funkcí retenční. Jako nejvhodnější varianta nádrže vychází jednoúčelová zásobní nádrž.

## KLÍČOVÁ SLOVA

malá vodní nádrž, jednoúčelová nádrž, víceúčelová nádrž, ztráty vody, závlaha, chmelnice

## ABSTRACT

The bachelor's thesis is focused on the study of small water reservoir on Blšanka stream downstream of Kryry. The main purpose of this water reservoir is to accumulate water for an irrigation of the hop gardens. The aim of the study is to determine the extent of the hop gardens which could be irrigated by the accumulated water in the water reservoir. Study contains the water management solution and technical solution of the reservoir. The bachelor's thesis compares three variants of the small water reservoir. The first variant is about a single-purpose reservoir for the irrigation. The main function of a multi-purpose reservoir in the second variant is to accumulate water for the irrigation, and the last variant is about a small multi-purpose water reservoir with majority function of water retention. The most suitable variant of small water reservoir is the single-purpose reservoir.

## KEY WORDS

small water reservoir, single-purpose reservoir, multi-purpose reservoir, water loss, irrigation, hop garden

**OBSAH**

1	Úvod .....	9
2	Vstupní podklady .....	10
2.1	Základní hydrologické údaje .....	10
2.2	Údaje o měsíčních průtocích, srážkových úhrnech a teplotách vzduchu .....	12
2.3	Povodňový hydrogram z 06/2013.....	13
2.4	Vláhová potřeba chmele .....	14
2.5	Rozsah zavlažovaných ploch chmelnic .....	15
2.5.1	Gravitačně zavlažované chmelnice .....	15
2.5.2	Chmelnice zavlažované čerpáním .....	15
2.6	Evidované odběry vody pro průmysl a zemědělství.....	16
3	Vodohospodářské řešení .....	17
3.1	Popis lokality .....	17
3.1.1	Stručná charakteristika povodí a vodního toku .....	17
3.1.2	Geologické podmínky .....	19
3.1.3	Hydrogeologické podmínky .....	19
3.1.4	Pedologické podmínky .....	19
3.2	Základní charakteristika navrhované MVN .....	19
3.3	Charakteristické čáry nádrže .....	21
3.4	Výpočet ztrát vody v nádrži.....	23
3.4.1	Výpar z vodní hladiny .....	23
3.4.2	Průsak tělesem hráze .....	25
3.5	Potřeba vody pro doplňkovou závlahu chmelnic .....	27
3.5.1	Výpočet závlahového množství $M_z$ dle ČSN 75 0434.....	27
3.5.2	Celková potřeba závlahové vody $Q_z$ .....	30
3.6	Vodní bilance.....	31
3.6.1	Minimální zůstatkový průtok – MZP .....	31
3.6.2	Gravitační závlaha chmelnic .....	32
3.6.3	Celková závlaha chmelnic .....	34
3.6.4	Potenciál využití objemu vody v nádrži .....	36



3.7	Varianty využití objemu MVN.....	38
3.7.1	Varianta 1 – závlahová nádrž .....	38
3.7.2	Varianta 2 – víceúčelová nádrž – majoritní zásobní účel.....	40
	Varianta 3 – víceúčelová nádrž – majoritní retenční účel.....	43
4	Technické řešení MVN.....	46
4.1	Těleso hráze .....	46
4.2	Bezpečnostní přeliv .....	48
4.2.1	Návrh kašnového bezpečnostního přelivu.....	48
4.2.2	Tlumení kinetické energie .....	57
4.3	Výpustný objekt.....	62
4.3.1	Návrh výpustného zařízení .....	62
4.3.2	Průtok vody požerákem za povodně.....	63
4.3.3	Posouzení odpadního potrubí od výpusti .....	67
4.3.4	Průtok vody při prázdnění nádrže.....	71
4.4	Odběrný objekt .....	75
4.4.1	Odběrná zařízení pro gravitační odběr vody .....	75
4.4.2	Odběry čerpáním .....	76
4.4.3	Sdružený objekt .....	77
4.5	Transformace povodňové vlny .....	77
4.5.1	Návrh sdruženého objektu nádrže – Varianta nádrže č. 2 .....	79
4.5.2	Retenční účinek nádrže – Varianta nádrže č. 2 .....	85
4.5.3	Návrh sdruženého objektu nádrže – Varianta nádrže č. 3 .....	87
4.5.4	Retenční účinek nádrže – Varianta nádrže č. 3 .....	92
5	Závěr.....	94
	Seznam tabulek .....	96
	Seznam obrázků .....	98
	Seznam příloh.....	100
	Použité zdroje .....	101
	Literatura.....	101
	Použité normy .....	102



Internetové podklady.....	102
Ostatní podklady .....	103



# 1 Úvod

Předmětem bakalářské práce je studie výstavby malé vodní nádrže na Blšance pod obcí Kryry. Hlavním účelem nádrže je akumulace vody pro pokrytí potřeb vody pro závlahu přilehlých chmelnic. Cílem studie je zpracování vodohospodářského a technického řešení nádrže.

Malé vodní nádrže, dále jen MVN, patří mezi uměle vybudované vodní nádrže. MVN je možné podle potřeby plnit a prázdnit. Nádrže lze rozlišovat podle jejich polohy, dle jejich výškového umístění, podle způsobu napájení vodou a dle jejich funkce, resp. účelu nádrže. Nádrže lze rozdělit podle účelu, ke kterému jsou určeny, například na nádrže rybochovné, průmyslové, požární, asanační, meliorační, vodárenské, nádrže pro čištění vody, protipovodňové a další. [5] V případě této studie se jedná o návrh závlahové nádrže.

Pěstování chmele na Žatecku má dlouhou tradici sahající až do období desátého století. Chmelu se v oblasti Žatecka daří zejména kvůli dobrým klimatickým podmínkám. Na povodí vodního toku Blšanky se nachází téměř 1251 ha chmelnic. Podle informací od Svazu pěstitelů chmele ČR se v budoucnosti plánuje rozšíření ploch chmelnic a vodních nádrží pro akumulaci závlahové vody. Rozšiřování chmelnic zvyšuje potřebu závlahové vody. [2]

Vzhledem ke stoupajícím teplotám vzduchu a nedostatečné vodnosti toku Blšanky v letních měsících, je výstavba malých vodních nádrží v povodí vodního toku Blšanky jednou z variant řešení nedostatku vody v povodí. [2]

Ve druhé kapitole bakalářské práce jsou shrnuty vstupní podklady pro vypracování vodohospodářského a technického řešení nádrže.

Vodohospodářské řešení nádrže je popsáno ve třetí kapitole práce, která zahrnuje i popis lokality navrhované MVN. Hlavním cílem vodohospodářského řešení nádrže je stanovení měsíční vodní bilance nádrže a posouzení rozsahu zavlažitelných ploch přilehlých chmelnic akumulovanou vodou v nádrži. Zároveň jsou v této kapitole posouzeny i další varianty využití objemu vody v nádrži a rozdělení jednotlivých prostorů v nádrži.

V poslední kapitole je zpracováno technické řešení MVN, včetně návrhu funkčních objektů nádrže a posouzení transformace povodňové vlny v retenčním prostoru nádrže.

## 2 Vstupní podklady

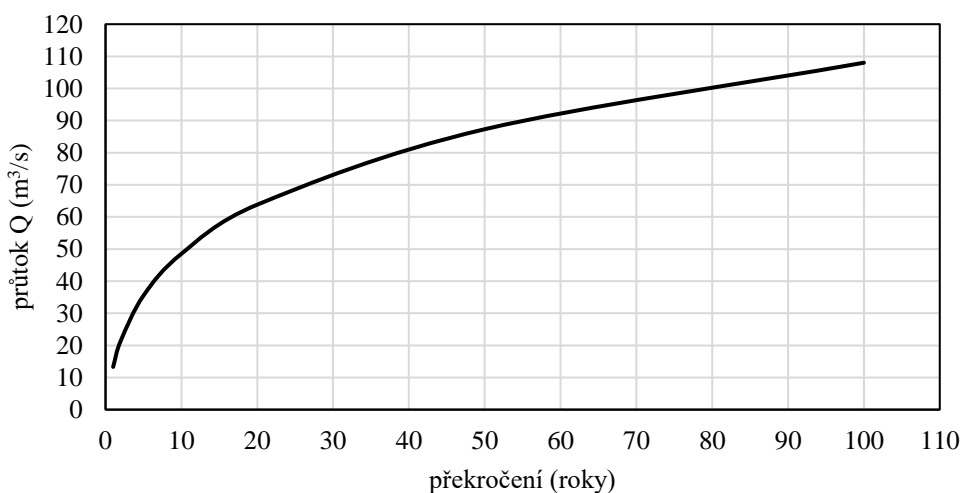
V této kapitole jsou shrnuty a popsány všechny získané vstupní podklady, které byly využity pro zpracování bakalářské práce.

### 2.1 Základní hydrologické údaje

Základní hydrologické údaje vodního toku Blšanky (č. h. p. 1-13-03-0710) byly, pro účely zpracování bakalářské práce, poskytnuty pobočkou Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) v Ústí nad Labem. Poskytnuté podklady obsahují informace o N-letých a m-denních průtocích, o ploše povodí vodního toku, o dlouhodobém průměrném průtoku  $Q_a$  a o dlouhodobé průměrné roční výšce srážek na povodí  $P_a$  vodního toku. Veškeré získané informace jsou vztaženy k zájmovému profilu pod Hřebíčkovským mlýnem pod obcí Kryry. Souřadnice zájmového profilu pod Hřebíčkovským mlýnem v systému JTSK jsou uvedeny v tabulce Tab. 2.2.

Tab. 2.1 N-leté průtoky

N-leté průtoky $Q_N$ ( $m^3/s$ )								
N	1	2	5	10	20	50	100	třída
$Q_N$	13.3	21.4	35.5	48.5	63.8	87.3	108	IV.



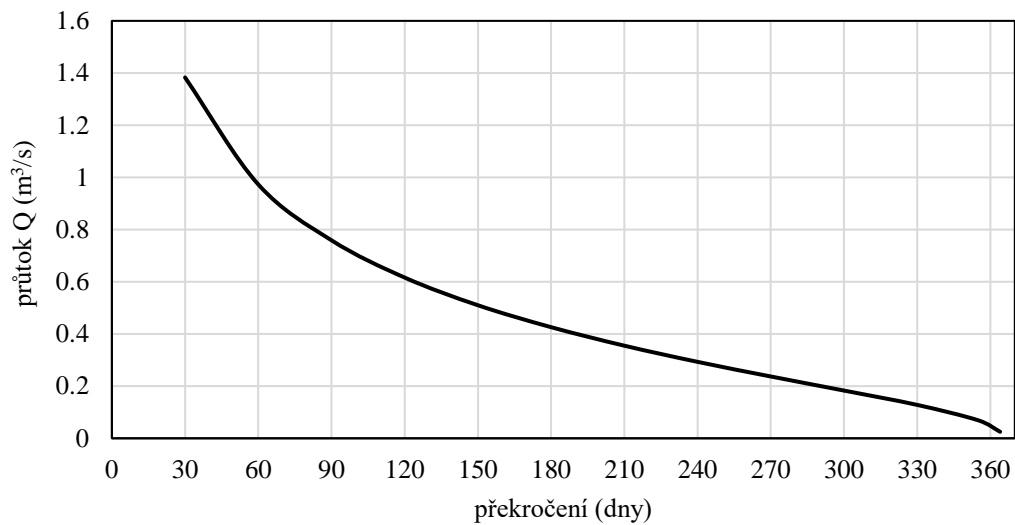
Obr. 2.1 Čára překročení N-letých průtoků

**Tab. 2.2** Souřadnice profilu v S-JTSK

Souřadnice v S-JTSK			
X	-809747.00	Y	-1022327.50

**Tab. 2.3** m-denní průtoky

m-denní průtoky $Q_d$ (l/s)														
m	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	třída
$Q_d$	1383	973	759	616	510	426	355	293	237	183	128	69	25	IV.

**Obr. 2.2** Čára překročení m-denních průtoků.

Plocha povodí A vodního toku v posuzovaném profilu je 230,9 km<sup>2</sup>. Dlouhodobý průměrný průtok  $Q_a$  je 602 l/s. Podle údajů ČHMÚ byla dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí  $P_a$  stanovena na hodnotě 528 mm.

## 2.2 Údaje o měsíčních průtocích, srážkových úhrnech a teplotách vzduchu

Hodnoty průměrných měsíčních průtoků, srážkových úhrnů a teplot vzduchu byly pro zpracování bakalářské práce poskytnuty státním podnikem Povodí Ohře. Jedná se o hodnoty ze suchých hydrologických roků 2015 a 2016, které byly naměřeny na limnigrafické stanici Kryry na 27,53 ř. km vodního toku Blšanky. Limnigrafická stanice Kryry je vybavena i srážkoměrem.

**Tab. 2.4 Průměrné měsíční průtoky (m<sup>3</sup>/s)**

Měsíc												
Rok	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
2014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.650	0.680
2015	0.510	0.377	0.388	0.590	0.292	0.288	0.227	0.272	-	0.322	0.332	0.366
2016	0.314	0.450	0.557	0.303	0.172	0.224	0.203	0.199	0.260	0.497	-	-

Hodnota průměrného měsíčního průtoku v měsíci září roku 2015 nebyla stanovena, protože v daném období byl nízký vodní stav. Hladina v měřeném profilu klesla pod minimální měřitelnou úroveň.

**Tab. 2.5 Průměrné měsíční srážkové úhrny (mm)**

Měsíc												
Rok	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
2014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	20
2015	9	1	25	28	18	112	28	81	21	53	37	7
2016	13	15	27	13	20	84	94	40	63	62	-	-

Měsícem s největším srážkovým úhrnem byl červen 2015, kdy bylo naměřeno 112 mm. Nejsušším měsícem byl naopak únor 2015, ve kterém byl naměřen 1 mm.

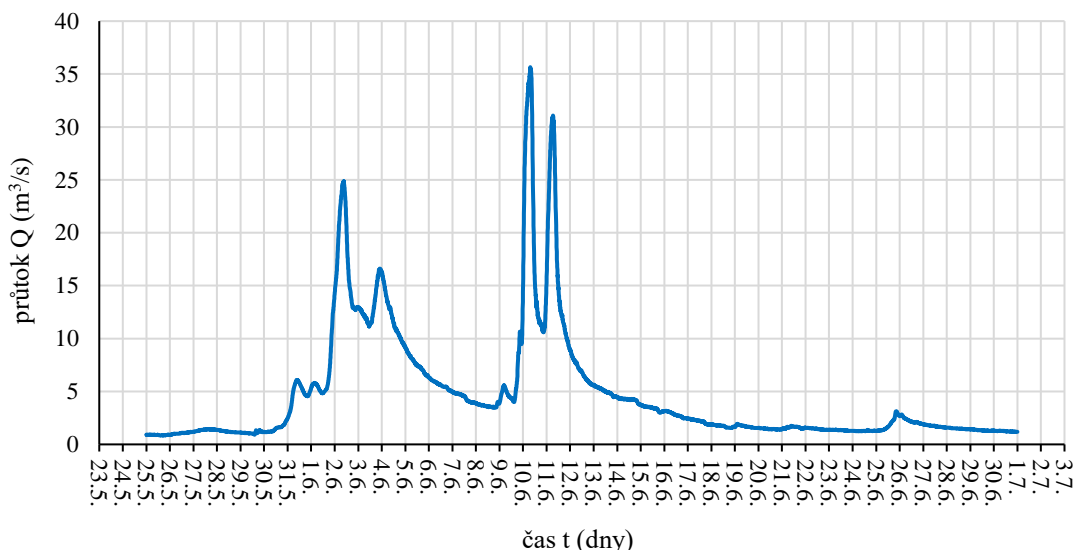
**Tab. 2.6 Průměrné měsíční teploty vzduchu (°C)**

Měsíc												
Rok	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
2014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.2	2.0
2015	1.5	-0.3	4.1	7.6	12.3	15.3	19.4	20.4	12.1	7.0	5.7	4.3
2016	-0.8	2.5	3.1	7.3	12.7	16.9	18.3	16.8	15.5	7.5	-	-

Z výše uvedených hodnot vychází jako nejteplejší měsíc srpen 2015, kdy byla naměřena průměrná teplota 20,4 °C. Naopak nejchladnějším měsícem byl leden 2016 s průměrnou teplotou -0,8 °C.

### 2.3 Povodňový hydrogram z 06/2013

Pro potřeby posouzení retenční ochranné funkce navrhované nádrže byl státním podnikem Povodí Ohře poskytnut povodňový hydrogram z června roku 2013, který byl naměřený na limnigrafické stanici Stránky v ř. km 5,02. Povodňová vlna dosáhla kulminačního průtoku  $Q_{\max} = 36 \text{ m}^3/\text{s}$ . Kulminační průtok odpovídá cca  $Q_5$ .



Obr. 2.3 Povodňový hydrogram z 06/2013

Povodně v červnu roku 2013 byly charakteristické třemi povodňovými situacemi. První povodňová vlna proběhla 1.-2. června. Druhá povodňová vlna se vyskytla v období od 8. do 10. června. Třetí povodňová epizoda trvala od 24. do 25. června. Nejvýraznější povodňovou situací na povodí Blšanky byla epizoda z 8.-10. června, která způsobila značné škody. [12]

Došlo k rozvodnění přítoků Blšanky. Lubenecký rybník na Struhařském potoce částečně zachytil povodňovou vlnu. Došlo k jeho rychlému naplnění, voda přetékala přes hráz a hrozilo protržení rybníka. Výrazně se rozvodnily také Ležecký potok, Mlýnecký potok a potok Podhora. Povodňovou vlnu na Mlýneckém potoce transformovala nádrž Vidhostice. [12]

Povodňová vlna dosahovala 9. června v Kryrech na místním vodočtu výšky až 380 cm. Třetí stupeň povodňové aktivity byl překročen o více než 2 m. Znovu začalo pršet odpoledne 10. června. Hladina Blšanky vystoupala v Kryrech do výšky 320 cm. [12]

Kalendářní data povodňových situací neodpovídají přesně hydrogramu naměřenému na limnigrafické stanici Stránky. Zatímco je popis povodňových situací vztažen k obci Kryry a území nad touto obcí, tak hydrogram povodňové vlny byl naměřen o cca 20 km níže po toku.

## 2.4 Vláhová potřeba chmele

Celková vláhová potřeba  $V_c$  je množství vody na jednotku plochy, které spotřebuje rostlina za vegetační období na evapotranspiraci, a pro zajištění vývoje a vzrůstu zemědělské plodiny v daných klimatických podmínkách. [1]

Vláhovou potřebu lze určit z empirických vzorců. Případně lze použít pro určení celkové vláhové potřeby plodiny přílohu B normy ČSN 75 0434, kde jsou uvedeny směrné hodnoty pro jednotlivé plodiny pro lokality Polabí a jižní Morava. [13]

Pro potřeby zpracování studie byla použita hodnota celkové vláhové potřeby chmele dle ČSN 75 0434 pro lokalitu Polabí. Tato hodnota činí 3500 m<sup>3</sup>/ha. Vegetační období chmele trvá od 1.4. do 20.8. [4]



Obr. 2.4 Chmelnice [14]

## 2.5 Rozsah zavlažovaných ploch chmelnic

Podkladem pro určení rozsahu zavlažitelných ploch chmelnic byla vrstva (shapefile) chmelnic pod závlahou. Jedná se o vrstvu zavlažovaných chmelnic v ČR, která byla připravena v 06/2016 státním podnikem Povodí Ohře na základě informací získaných od Svazu pěstitelů chmele ČR. V chmelařských oblastech Žatecko a Úštěcko bylo zmapováno cca 85 % ploch chmelnic. Ve vrstvě není hodnocena úroveň a intenzita závlahy a stav závlahového zařízení. Pro zpracování studie MVN byla státním podnikem Povodí Ohře poskytnuta verze aktuální k 14.7.2016.

Mapové podklady byly poskytnuty pro lokalizaci zavlažovaných ploch chmelnic Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním (ČÚZK).

Rozsah zavlažovaných ploch lze rozdělit na plochy chmelnic zavlažovaných gravitačně a plochy chmelnic zavlažovaných čerpáním.

### 2.5.1 Gravitačně zavlažované chmelnice

Celkový uvažovaný rozsah gravitačně zavlažovaných ploch chmelnic činí 173 ha. Do gravitačně zavlažovaných chmelnic byly zahrnuty chmelnice na levém břehu Blšanky pod profilem hráze MVN, chmelnice mezi obcemi Očihov a Blšany, chmelnice mezi obcemi Blšany, Stachov a Siřem, chmelnice mezi obcemi Siřem, Liběšovice a Libořice, a chmelnice nad obcí Želeč. Pro potřeby bakalářské práce byly gravitačně zavlažované chmelnice rozděleny do uměle vytvořených oblastí. Rozdělení do oblastí bylo provedeno pouze na základě jejich lokalizace. Rozsahy zavlažovaných ploch v jednotlivých oblastech jsou uvedeny v tabulce Tab. 2.7 a v přílohách č. 1 – 4.

**Tab. 2.7 Rozsah gravitačně zavlažovaných ploch**

Oblast	Očihov, Blšany	levý břeh pod hrázi	Blšany, Stachov, Siřem	Siřem, Liběšovice, Libořice	nad obcí Želeč
F (ha)	37.3	4.6	75.1	30.0	26.1
$\Sigma F$ (ha)	173.0				

### 2.5.2 Chmelnice zavlažované čerpáním

Celkový uvažovaný rozsah ploch chmelnic zavlažovaných čerpáním je téměř trojnásobný a činí 511,7 ha. Do chmelnic zavlažovaných čerpáním byly zahrnuty chmelnice v oblastech mezi obcemi Očihovec, Běsno a Strojetic, chmelnice mezi obcemi Soběchleby, Malá Černoc a Vlkov, chmelnice u Hřebíčkovského Mlýna a rybníka



Očihov, chmelnice u obce Mukoděly, chmelnice mezi obcemi Kryry a Černčice, chmelnice u obce Nová Ves a u obce Vrbice. Pro potřeby bakalářské práce byly chmelnice zavlažované čerpáním rozděleny do uměle vytvořených oblastí. Rozdělení do oblastí bylo provedeno pouze na základě jejich lokalizace. Rozsahy chmelnic v jednotlivých oblastech jsou uvedeny v tabulce Tab. 2.8 a v přílohách č. 5 – 16.

**Tab. 2.8 Rozsah zavlažovaných ploch čerpáním**

Oblast	Očihovec, Běsno, Strojetic	Soběchleby, Malá Černoc, Vlkov	Hřebíč. Mlýn a Očihov ryb.	Mukoděly	Kryry, Černčice	Nová Ves	Vrbice
F (ha)	150.6	157.3	19.3	60.1	82.8	25.0	16.7
ΣF (ha)	511.7						

Celkový rozsah zavlažovaných ploch chmelnic 684,7 ha představuje téměř 55 % z celkového počtu 1250,8 ha chmelnic na povodí Blšanky. [2]

## 2.6 Evidované odběry vody pro průmysl a zemědělství

Evidované odběry pro průmysl a zemědělství byly převzaty z Plánu dílčího povodí Ohře, dolního Labe a ostatních přítoků Labe, vydaného státním podnikem Povodí Ohře. [16]

Evidované odběry pro průmysl a zemědělství v lokalitě navrhované MVN jsou uvedeny v tabulce Tab. 2.9.

**Tab. 2.9 Evidované odběry vody [16]**

Název odběru	Objem odběrů (tis. m <sup>3</sup> /rok)	Objem odběrů (m <sup>3</sup> /měsíc)	Druh odběru	Název vodního toku
PP servis Blšany	20.000	1666.7	zemědělství	Blšanka
PP servis Blšany	1.700	141.7	zemědělství	Blšanka
AGC FLAT závod Kryry	27.991	2332.6	průmysl	Blšanka
Hopservis – Blšanka	7.084	590.3	zemědělství	Blšanka

Odběry vody pro sklárnu AGC FLAT závod Kryry jsou realizovány nad profilem navrhované MVN v obci Kryry. Ostatní odběry vody z vodního toku jsou prováděny pod profilem nádrže u obce Blšany.



### 3 Vodohospodářské řešení

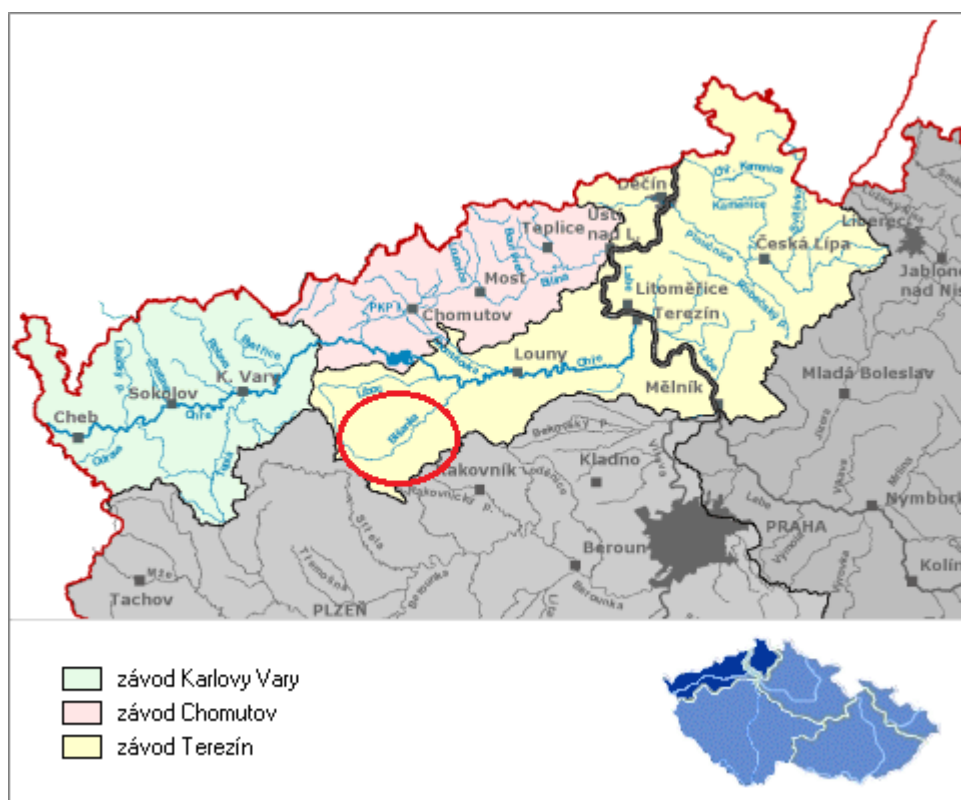
V této kapitole jsou popsány veškeré výpočty potřebné pro stanovení vodní bilance nádrže. Součástí kapitoly je také základní charakteristika MVN a její lokality.

#### 3.1 Popis lokality

V této podkapitole jsou shrnuty základní informace o povodí, vodním toku, a informace o geologických, hydrogeologických a pedologických podmínkách v zájmovém území.

##### 3.1.1 Stručná charakteristika povodí a vodního toku

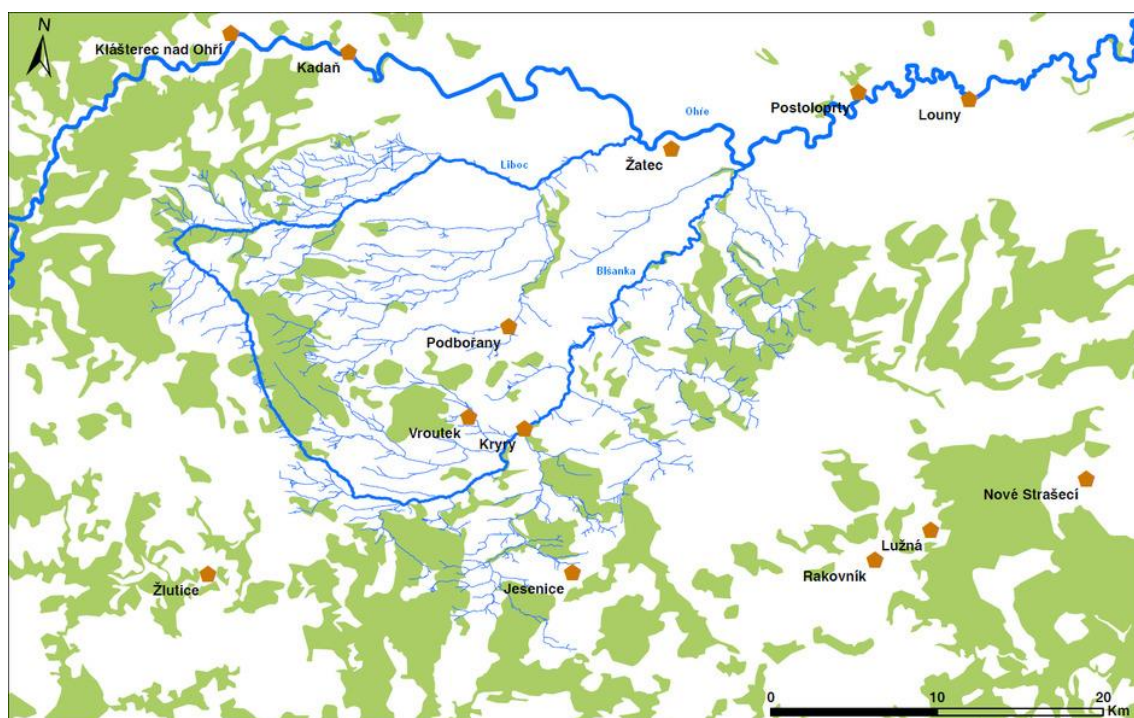
Povodí Blšanky se nachází v severozápadních Čechách na rozhraní Ústeckého, Karlovarského, Plzeňského a Středočeského kraje.



Obr. 3.1 Oblast povodí Ohře a dolního Labe [17]

Povodí toku Blšanky náleží do oblasti povodí Ohře a dolního Labe, která je ve správě státního podniku Povodí Ohře.

Povodí patří k nejsušším oblastem v ČR. S rostoucí teplotou vzduchu, a tím i rostoucí mírou evapotranspirace zde dochází ke snižování vodnosti vlastního toku Blšanky. V červenci roku 2007 bylo zaznamenáno úplné vyschnutí koryta toku v jeho dolní části. V současné době dochází téměř každoročně k omezování povolených odběrů vody pro závlahu v letních měsících z důvodu, aby byl zachován alespoň minimální zůstatkový průtok v Blšance a vodní tok mohl plnit své ekologické funkce. Vzhledem ke skutečnosti, že povodí Blšanky náleží ke chmelařské oblasti Žatecka a zemědělství zde představuje klíčový ekonomický sektor, může omezování zemědělské závlahy vést k nepříznivým ekonomickým důsledkům pro místní pěstitele. [2]



Obr. 3.2 Mapa vodních toků Liboc a Blšanka [18]

Řeka Blšanka je jedním z pravostranných přítoků řeky Ohře. Blšanka protéká obcemi Lubenec, Kryry, Očihov, Blšany, Libořice, Měcholupy a Holedeč a ústí do řeky Ohře u obce Trnovany. Blšanka pramení v Doupovských horách na území vojenského újezdu Hradiště na severozápadě České republiky. Pramen tohoto vodního toku se nachází v nadmořské výšce 685 m. [2]

### 3.1.2 Geologické podmínky

Povodí vodního toku Blšanky je z hlediska geologického tvořeno třetihorní pánví. Podloží třetihorní pánve obsahuje sedimenty mladších prvohor (karbon, perm) a druhohor (svrchní křída). Sedimenty z permského období jsou zastoupeny propustnými, jílovitými a kaolinickými pískovci. Mezi druhohorní sedimenty z období svrchní křída patří cenomanské pískovce a turonské písčité slíny. [2]

V období třetihor existovalo v lokalitě dnešního Žatce jezero, kde docházelo k jezerní sedimentaci. Třetihorní sedimenty jsou zastoupeny písky a písčítými sedimenty. Střídají se zde propustné a nepropustné vrstvy, které umožňují akumulaci podzemní vody. [2]

Tercierní štěrkové terasy v hydrogeologickém rajonu Holedeč jsou díky své propustnosti využívány pro jímání podzemní vody. [2]

### 3.1.3 Hydrogeologické podmínky

Většina povodí Blšanky patří do rajonu Rakovnické pánve. Oblast kolem obce Holedeč se výrazně liší z hlediska hydrogeologických vlastností a náleží proto samostatnému hydrogeologickému rajonu Holedeč. [2]

### 3.1.4 Pedologické podmínky

V povodí Blšanky se vyskytují kambizem mesobazická, kambizem eutrofní, hnědozem a regosoly. Z půdních druhů jsou v povodí Blšanky hojně zastoupeny půdy hlinité. Mezi další půdní druhy na povodí Blšanky patří půdy písčité, hlinitopísčité a půdy hlinito-jílovité. [2]

## 3.2 Základní charakteristika navrhované MVN

Profil navrhované MVN na vodním toku Blšance se nachází v Ústeckém kraji pod obcí Kryry cca na ř. km 24,0. Profil MVN je jedním z 21 vhodných profilů pro akumulaci povrchových vod vytypovaných ve studii *Studie potřeb vody pro povodí vodních toků Blšanka a Liboc* z roku 2008. [2]

Malá vodní nádrž se navrhuje hlavně za účelem vytvoření zásobního prostoru, ze kterého by bylo možné odebírat vodu pro průmysl a závlahu chmelnic v okolí MVN. Vzhledem k vodnosti vodního toku se nabízejí i další možnosti využití objemu vody v nádrži. Mezi tyto možnosti patří například nadlepšování průtoku v suchých letních



měsících. Část prostoru nádrže by mohla být využita pro ochranu území pod hrází. Posouzení možností využití MVN je předmětem této studie.

Navrhovaná MVN je průtočná s maximální hladinou na kótě 294,0 m n. m. Od kóty maximální hladiny bylo uvažováno bezpečnostní převýšení 0,6 m do úrovně koruny hráze, která je výškově určena kótou 294,6 m n. m.

Hráz MVN je homogenní zemní sypaná se sklonem návodního líce 1:3 a vzdušného líce 1:2. Těleso hráze má lichoběžníkový příčný profil. Konstrukční a materiálové řešení hráze je dále řešeno v kapitole 4.1 *Těleso hráze*.

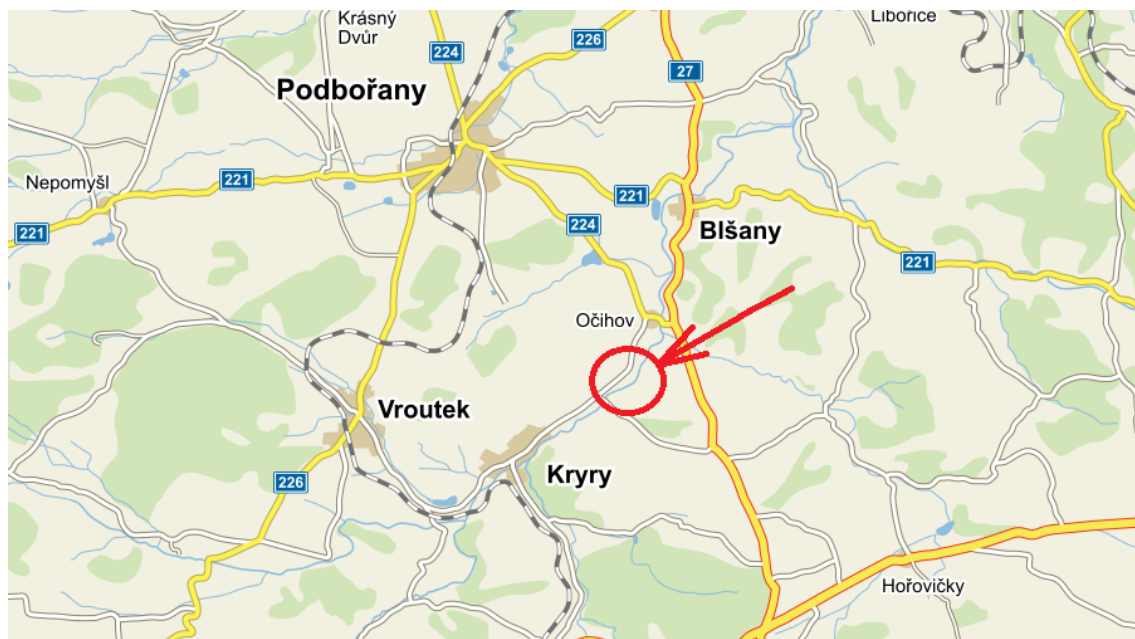
Ochrana nádrže před velkými vodami je zajištěna bezpečnostním přelivem. Bezpečnostní přeliv byl navržený jako nehrazený kašnový. Jako návrhový průtok pro dimenzování bezpečnostního přelivu byl uvažován průtok  $Q_{100} = 108 \text{ m}^3/\text{s}$ . Podrobný návrh a dimenzování bezpečnostního přelivu je řešeno v kapitole 4.2 *Bezpečnostní přeliv*.

Nádrž je vybavena výpustným objektem, který umožní úplné vypuštění nádrže. Výpustný objekt je tvořen trubní výpustí požerákového typu se dvěma dlužovými stěnami. Požerák je navržený jako otevřený. Dimenzování spodní výpusti je podrobně řešeno v kapitole 4.3 *Výpustný objekt*.

Pro umožnění odběru vody pro průmysl a závlahu chmelnic v okolí MVN je nádrž opatřena odběrným objektem. V kapitole 4.4 *Odběrný objekt* jsou popsány varianty řešení odběrného objektu, včetně varianty sdruženého objektu spodní výpusti a odběrného zařízení.

Navrhovaný kašnový bezpečnostní přeliv, výpustný objekt, navrhované odpadní potrubí a těleso hráze MVN jsou znázorněny v příloze *Příloha č.21 – Situace objektů MVN*. V této příloze je zakresleno i směrové vedení navrhovaných odpadních koryt od kašnového bezpečnostního přelivu a spodní výpusti MVN, a jejich napojení na původní koryto toku.

Celková situace MVN, se zakreslením funkčních objektů, tělesa hráze, napojení odpadních koryt na původní koryto vodního toku a hranice zátopy při hladině normálního nadržení a zátopy při maximální hladině, je vidět v příloze *Příloha č.22 – Situace MVN*.



Obr. 3.3 Lokalizace navrhované malé vodní nádrže [15]

### 3.3 Charakteristické čáry nádrže

Charakteristické čáry nádrže představují grafické znázornění zatopených ploch a objemů v závislosti na úrovni hladiny vody v nádrži. Jejich stanovení se provádí z výškopisného plánu nádrže planimetrováním ploch, omezených jednotlivými vrstevnicemi. [8]

Pro zpracování charakteristických čar zatopených ploch a objemů byl využit výškopisný vrstevnicový plán nádrže s maximální odlehlostí vrstevnic 0,25 m, který byl vymodelován v programu Civil 3D společnosti Autodesk. Vstupní data z DMR 5G poskytl pro zpracování bakalářské práce ČÚZK.

Objem vody  $V_i$  mezi dvěma sousedními vrstevnicemi se určí ze vztahu:

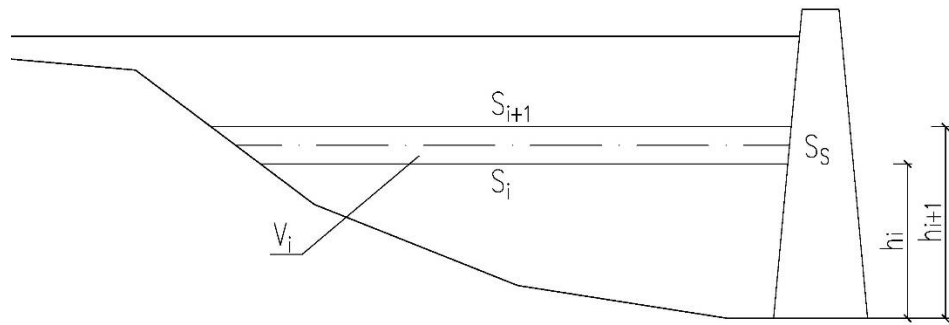
$$V_i = S_S \cdot (h_{i+1} - h_i) \quad (\text{m}^3) \quad [8]$$

$S_S$  – průměrná plocha hladiny mezi vrstevnicemi  $h_i$  a  $h_{i+1}$  ( $\text{m}^2$ ) stanovená ze vzorce:

$$S_S = \frac{S_i + S_{i+1}}{2} \quad (\text{m}^2) \quad [8]$$

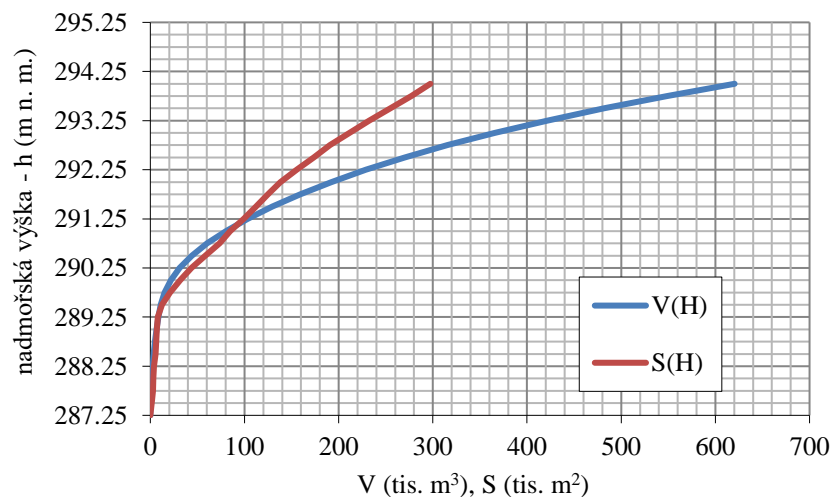
$S_i$  – plocha hladiny na úrovni  $h_i$  ( $\text{m}^2$ )

$S_{i+1}$  – plocha hladiny na úrovni  $h_{i+1}$  ( $\text{m}^2$ )


**Obr. 3.4** Schéma pro výpočet charakteristických čar nádrže [8]

**Tab. 3.1** Charakteristické čáry nádrže

Kóta hladiny (m n.m.)	Plocha hladiny		Objem vody		Kóta hladiny (m n.m.)	Plocha hladiny		Objem vody	
	S	S <sub>s</sub>	V <sub>i</sub>	ΣV		S	S <sub>s</sub>	V <sub>i</sub>	ΣV
(m n.m.)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m n.m.)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )
287.25	0	0	0	0	290.75	73 490	65 786	16 447	60 371
287.50	1 522	761	190	190	291.00	84 878	79 184	19 796	80 167
287.75	2 906	2 214	553	744	291.25	99 072	91 975	22 994	103 160
288.00	3 332	3 119	780	1 523	291.50	112 194	105 633	26 408	129 569
288.25	3 823	3 578	894	2 418	291.75	124 718	118 456	29 614	159 183
288.50	5 395	4 609	1 152	3 570	292.00	138 167	131 443	32 861	192 043
288.75	6 271	5 833	1 458	5 028	292.25	155 471	146 819	36 705	228 748
289.00	7 057	6 664	1 666	6 694	292.50	173 324	164 398	41 099	269 848
289.25	7 909	7 483	1 871	8 565	292.75	190 966	182 145	45 536	315 384
289.50	12 203	10 056	2 514	11 079	293.00	211 453	201 209	50 302	365 686
289.75	20 692	16 448	4 112	15 191	293.25	232 268	221 860	55 465	421 151
290.00	31 890	26 291	6 573	21 764	293.50	254 946	243 607	60 902	482 053
290.25	43 654	37 772	9 443	31 207	293.75	277 291	266 119	66 530	548 582
290.50	58 083	50 869	12 717	43 924	294.00	297 382	287 337	71 834	620 417


**Obr. 3.5** Charakteristické čáry nádrže

### 3.4 Výpočet ztrát vody v nádrži

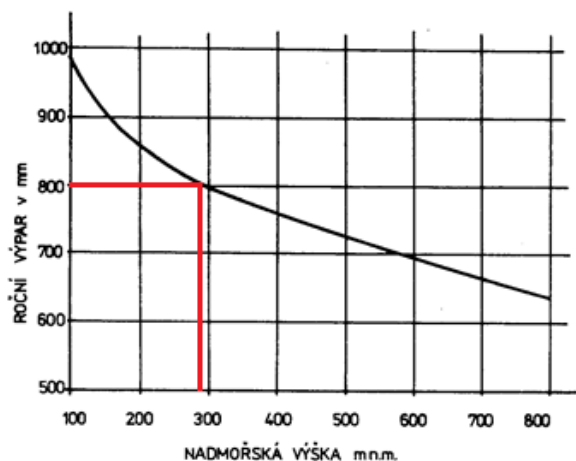
Ztráta vody je objem, se kterým nelze v nádrži hospodařit. Ztráty vody můžeme dělit na jednorázové a trvalé. Jednorázové ztráty se neuvažují při řešení výsledné vodohospodářské bilance. Do jednorázových ztrát zahrnujeme například ztráty při napouštění nádrže. Mezi trvalé ztráty v nádrži patří ztráty výparem, průsakem a proplachováním. Ztráta průsakem se rozděluje na průsak dnem nádrže a na průsak tělesem hráze a podložím. Ztráta z proplachování se uvažuje pouze u rybochovných nádrží. [3]

Pro následné řešení vodohospodářské bilance byl proveden výpočet ztrát výparem z vodní hladiny a průsakem tělesem hráze. Ztráta infiltrací do dna nebyla do výpočtu zahrnuta z důvodů neexistujícího hydrogeologického průzkumu. Ze stejného důvodu byl průsak podložím hráze zanedbán. Pro přesné stanovení ztráty průsakem podložím a infiltrací do dna nádrže by bylo nutné provést hydrogeologický průzkum v místě nádrže.

#### 3.4.1 Výpar z vodní hladiny

Velikost ztráty výparem z vodní hladiny závisí na teplotě, na napětí par ve vzduchu, na rychlosti větru a na velikosti plochy hladiny. Podkladem pro stanovení velikosti ztrát výparem z vodní hladiny jsou především přímá měření na nádržích se stejnými klimatickými podmínkami. [6]

Ztráty vody výparem z vodní hladiny lze určit mnoha způsoby. Pro účely naší studie byl zvolen způsob stanovení ztrát výparem z vodní hladiny podle ČSN 75 2410 - *Malé vodní nádrže*. Podle grafu s orientačními hodnotami výparu z vodní hladiny na obrázku Obr. 3.6 byla pro hladinu normálního nadržení v nadmořské výšce 293,25 m n. m. stanovena hodnota ročního výparu  $H_d = 800$  mm.



Obr. 3.6 Závislost ročního výparu z vodní hladiny na nadmořské výšce [3]

**Tab. 3.2 Rozdělení ročního výparu z vodní hladiny na jednotlivé měsíce [10]**

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
% roč. výparu	2	2	4	6	11	14.5	18	17	11.5	7	4	3

Hodnota ročního výparu byla rozdělena do jednotlivých měsíců roku podle tabulky Tab. 3.2. Výsledné hodnoty měsíčních výparů  $H_m$  z vodní hladiny jsou uvedeny v tabulce Tab. 3.3.

**Tab. 3.3 Rozdělení ročního výparu z vodní hladiny na jednotlivé měsíce**

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$H_m$ (mm)	16	16	32	48	88	116	144	136	92	56	32	24

Hodnoty měsíčních výparů  $H_m$  v mm byly převedeny na  $m^3/ha$  dle vztahu  $1 \text{ mm} = 10 \text{ m}^3 / ha$ .

Celkové hodnoty měsíčních výparů vztažené na zatopenou plochu nádrže při hladině normálního nadržení  $S = 23,23 \text{ ha}$  jsou uvedeny v tabulce Tab. 3.4.

**Tab. 3.4 Celkové hodnoty měsíčních výparů  $H_m$** 

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$H_m$ ( $m^3/ha$ )	160	160	320	480	880	1160	1440	1360	920	560	320	240
$H_m$ (tis. $m^3$ )	3.72	3.72	7.43	11.15	20.44	26.94	33.45	31.59	21.37	13.01	7.43	5.57

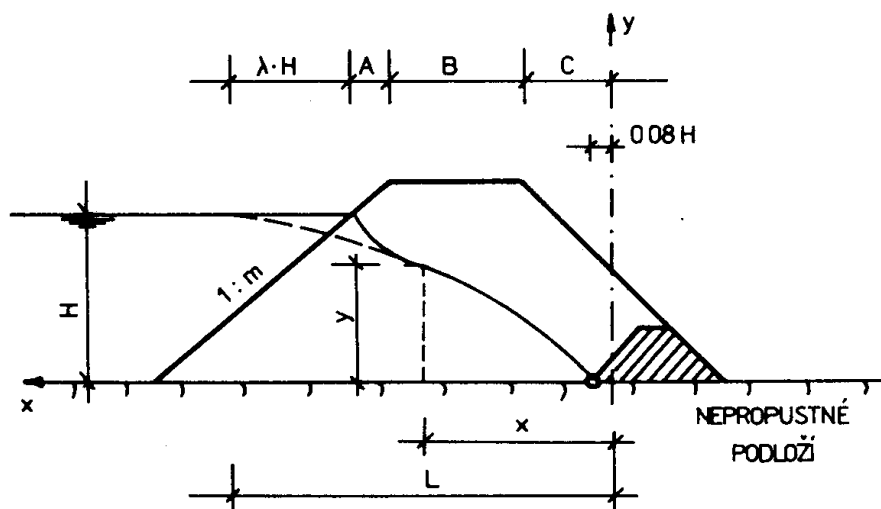
Měsícem s největší ztrátovou výškou  $H_m$  je měsíc červenec. Nejmenší ztráty výparem nastávají v měsíci lednu a únoru.



### 3.4.2 Průsak tělesem hráze

Pro řešení vodohospodářské bilance byl uvažován průsak homogenní zemní hrází založenou na nepropustném podloží.

Výpočet průsaku hrází se provádí za předpokladu ustáleného rovnoměrného proudění. [8]



Obr. 3.7 Schéma průsaku – homogenní hráz na nepropustném podloží [8]

Těleso hráze bude zhotoveno z konstrukční zeminy CI – jíl se střední plasticitou. Součinitel hydraulické vodivosti  $K$  odpovídá hodnotě  $1 \cdot 10^{-9}$  m/s. Jíl se střední plasticitou je dle ČSN 75 2410 – *Malé vodní nádrže* klasifikován jako vhodný materiál pro stavbu homogenních sypaných hrází. [11] Konstrukční zeminu bude pravděpodobně možné těžít v dostatečném množství ze zemníků nad obcí Kryry. [7]

Parametry tělesa hráze potřebné pro výpočet průsakového množství:

- |   |                           |
|---|---------------------------|
| - délka hráze                             | $L_h = 200$ m             |
| - výška vody v nádrži při $H_{n.n.}$      | $H = 4,0$ m               |
| - sklon návodního svahu                   | 1:3                       |
| - vodorovná vzdálenost koruny a hladiny   | $A = 4,05$ m              |
| - šířka koruny hráze                      | $B = 4,0$ m               |
| - vodorovná vzdálenost koruny a osy $y$   | $C = 7,85$ m              |
| - součinitel hydraulické vodivosti zeminy | $K = 1 \cdot 10^{-9}$ m/s |

Parametry byly stanoveny pro průměrný hrázový profil, který je shodný s profilem uvedeným ve vzorovém řezu hráze v příloze č.18.



Součinitel  $\lambda$  se stanoví dle vztahu [6]:

$$\lambda = \frac{m}{1 + 2 \cdot m} = \frac{3}{1 + 2 \cdot 3} = 0,43$$

$m$  – sklon návodního svahu

Délka průsakové dráhy  $L$  se určí ze vztahu [6]:

$$L = A + \lambda \cdot H + B + C = 4,05 + 0,43 \cdot 4,0 + 4,0 + 7,85 = 17,61 \text{ m}$$

Výpočet průsakového množství  $q$  je dán vztahem [6]:

$$q = K \cdot \frac{H^2}{2 \cdot L} = 1 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{4,0^2}{2 \cdot 17,61} = 4,54 \cdot 10^{-10} \text{ m}^3 / \text{s} / \text{m}$$

Celková ztráta vody průsakem tělesem hráze  $H_p$  odpovídá rovnici [6]:

$$H_p = q \cdot L_h = 4,54 \cdot 10^{-10} \cdot 200 = 9,08 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 / \text{s}$$

Průběh depresní křivky je vyjádřen vztahem [6]:

$$y^2 = \frac{H^2}{L} \cdot x \quad (\text{m})$$

**Tab. 3.5** Tabelární průběh depresní křivky

x	0	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
y	0	0.67	0.95	1.35	1.65	1.91	2.13
x	7.00	9.00	11.00	13.00	15.00	17.00	17.61
y	2.52	2.86	3.16	3.44	3.69	3.93	4.00

Schéma průsaku tělesem hráze viz *Příloha č.17 – Schéma průsaku tělesem hráze.*

### 3.5 Potřeba vody pro doplňkovou závlahu chmelnic

Stanovení potřeby vody pro doplňkovou závlahu řeší podrobně ČSN 75 0434 *Meliorace. Potřeba vody pro doplňkovou závlahu*. Doplňková závlaha slouží k pokrytí nedostatku vláh v půdě ve vegetačním období zemědělských plodin. [1]

#### 3.5.1 Výpočet závlahového množství $M_z$ dle ČSN 75 0434

Pro potřeby zpracování studie byla zvolena metoda stanovení doplňkového závlahového množství  $M_z$  z bilanční rovnice, která má tvar [10]:

$$M_z = k_z \cdot (r_1 \cdot V_c - r_2 \cdot \alpha \cdot S_v - r_3 \cdot W_z - W_k) \quad (\text{mm}) \text{ nebo } (\text{m}^3/\text{ha})$$

$M_z$  – doplňkové závlahové množství (mm), ( $\text{m}^3/\text{ha}$ )

$k_z$  – ztrátový součinitel, vyjadřující ztráty závlahové vody kromě ztrát v přivaděči (-)

$V_c$  – celková vláhová potřeba zavlažované plodiny za vegetační období (mm), ( $\text{m}^3/\text{ha}$ )

$\alpha$  – součinitel využitelnosti srážek (-)

$r_1$  – redukční součinitel pro úpravu  $V_c$  v závislosti na nadmořské výšce (-)

$r_2$  – redukční součinitel pro úpravu  $\alpha$  v závislosti na nadmořské výšce (-)

$r_3$  – redukční součinitel pro úpravu  $W_z$  v závislosti na druhu půdy a sklonu terénu (-)

$S_v$  – dlouhodobý průměrný srážkový úhrn za vegetační období (mm), ( $\text{m}^3/\text{ha}$ )

$W_z$  – zásoba vody v půdě na začátku vegetačního období ( $\text{m}^3/\text{ha}$ )

$W_k$  – využitelné množství vztlínající podzemní vody ( $\text{m}^3/\text{ha}$ )

Doplňkové závlahové množství  $M_z$  se stanovuje pro každou plodinu nebo skupinu plodin odděleně. Výsledná hodnota se zaokrouhluje na celých  $50 \text{ m}^3/\text{ha}$ . [2]

Stanovení závlahového množství  $M_z$  dle ČSN 75 0434 bylo provedeno odděleně pro chmelnice zavlažované gravitačně a chmelnice zavlažované čerpáním.

Pro účely výpočtu závlahového množství  $M_z$  podle ČSN 75 0434 pro gravitačně zavlažované chmelnice byly uvažovány následující předpoklady:

- Směrná hodnota celkové vláhové potřeby  $V_c$  chmelnice v Polabí dle přílohy B ČSN 75 0434.
- Redukční součinitelé  $r_1$  a  $r_2$  pro závlahu ploch o nadmořské výšce do 300 m n. m.
- Redukční součinitel  $r_3$  pro středně těžké půdy se sklonem do 2 %.
- Hodnoty součinitele  $\alpha$  pro půdy hlinité při dobrém vsaku v rovinném území.
- Stanovení srážky za vegetační období plodiny  $S_v$  pro konkrétní reálné roky.

- Pro rok 2015 a 2016 byla uvažována nulová hodnota zásoby vody v půdě ze zimních měsíců  $W_z$ .
- Z důvodu neexistujícího hydropedologického průzkumu v místě zavlažovaných ploch není do výpočtu závlahového množství  $M_z$  zahrnut vliv využitelného množství vzlínající vody  $W_k$ .
- Průměrná hodnota ztrátového součinitele  $k_z$  pro závlahu postřikem.

**Tab. 3.6 Průměrné měsíční úhrny srážek  $S_{vi}$  v (mm) za vegetační období**

Rok	Měsíc				
	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
2015	28	18	112	28	81
2016	13	20	84	94	40

Na základě výše uvedených předpokladů pro výpočet závlahového množství  $M_z$  dle ČSN 75 0434 byly vymezeny následující vstupní hodnoty pro konkrétní roky:

**Tab. 3.7 Hodnoty veličin pro výpočet  $M_z$  pro gravitační závlahu [4] [10]**

Rok	Veličina								
	$k_z$	$V_c$	$\alpha$	$r_1$	$r_2$	$r_3$	$W_z$	$S_v$	$W_k$
	(-)	( $m^3/ha$ )	(-)	(-)	(-)	(-)	( $m^3/ha$ )	( $m^3/ha$ )	( $m^3/ha$ )
2015	1.20	3500	0.75	0.88	0.88	1.00	0	2670	0
2016	1.20	3500	0.75	0.88	0.88	1.00	0	2510	0

Ze vstupních hodnot pro konkrétní roky 2015 a 2016 byly vypočteny hodnoty závlahového množství  $M_{z1}$  v  $m^3/ha$  podle bilanční rovnice. Tato hodnota byla následně zaokrouhlena na celých  $50 m^3/ha$ , což reprezentuje hodnota  $M_z$ .

**Tab. 3.8 Hodnoty závlahového množství  $M_z$  – gravitační závlaha**

$M_z/Rok$	2015	2016
$M_{z1}$ ( $m^3/ha$ )	1581	1708
$M_z$ ( $m^3/ha$ )	1600	1750

Z vypočtených hodnot závlahového množství je zřejmé, že v roce 2016 byla větší potřeba vody pro závlahu než v roce 2015.

Pro účely výpočtu závlahového množství  $M_z$  podle ČSN 75 0434 pro chmelnice zavlažované čerpáním byly uvažovány následující předpoklady:

- Směrná hodnota celkové vláhové potřeby  $V_c$  chmelnice v Polabí dle přílohy B ČSN 75 0434.
- Redukční součinitelé  $r_1$  a  $r_2$  pro závlahu ploch o nadmořské výšce do 400 m n. m.
- Redukční součinitel  $r_3$  pro středně těžké půdy se sklonem 2-5 %.
- Hodnoty součinitele  $\alpha$  pro půdy hlinité při dobrém vsaku v rovinném území.
- Stanovení srážky za vegetační období plodiny  $S_v$  pro konkrétní reálné roky.
- Pro rok 2015 a 2016 byla uvažována nulová hodnota zásoby vody v půdě ze zimních měsíců  $W_z$ .
- Z důvodu neexistujícího hydro-pedologického průzkumu v místě zavlažovaných ploch není do výpočtu závlahového množství  $M_z$  zahrnut vliv využitelného množství vzlínající vody  $W_k$ .
- Průměrná hodnota ztrátového součinitele  $k_z$  pro závlahu postřikem.

Na základě výše uvedených předpokladů pro výpočet závlahového množství  $M_z$  dle ČSN 75 0434 byly určeny následující vstupní hodnoty pro konkrétní roky:

**Tab. 3.9 Hodnoty veličin pro výpočet  $M_z$  pro závlahu čerpáním [4] [10]**

Rok	Veličina								
	$k_z$	$V_c$	$\alpha$	$r_1$	$r_2$	$r_3$	$W_z$	$S_v$	$W_k$
	(-)	(m <sup>3</sup> /ha)	(-)	(-)	(-)	(-)	(m <sup>3</sup> /ha)	(m <sup>3</sup> /ha)	(m <sup>3</sup> /ha)
2015	1.20	3500	0.75	0.81	0.82	0.87	0	2670	0
2016	1.20	3500	0.75	0.81	0.82	0.87	0	2510	0

Ze vstupních hodnot pro konkrétní roky 2015 a 2016 byly vypočteny hodnoty závlahového množství  $M_{z1}$  v m<sup>3</sup>/ha. Tato hodnota byla následně zaokrouhlena na celých 50 m<sup>3</sup>/ha. Upravenou hodnotu reprezentuje veličina  $M_z$ .

**Tab. 3.10 Vypočtené hodnoty  $M_z$  pro chmelnice zavlažované čerpáním**

$M_z$ /Rok	2015	2016
$M_{z1}$ (m <sup>3</sup> /ha)	1432	1550
$M_z$ (m <sup>3</sup> /ha)	1450	1550

Z vypočtených hodnot závlahového množství v tabulce Tab. 3.10 je vidět, že v roce 2016 byla větší potřeba vody pro závlahu než v roce 2015.

### 3.5.2 Celková potřeba závlahové vody $Q_z$

Celková potřeba závlahové vody  $Q_z$  odpovídá součinu celkového vypočteného závlahového množství  $M_{zi}$  a výměry příslušných plodin  $F_i$ . Celková potřeba závlahové vody  $Q_z$  je vyjádřena následujícím vztahem:

$$Q_z = \Sigma(M_{zi} \cdot F_i) \quad (\text{m}^3) \quad [10]$$

Výpočet celkové potřeby závlahové vody  $Q_z$  byl proveden odděleně pro celkový rozsah ploch chmelnic zavlažovaných gravitačně a pro celkovou rozlohu chmelnic zavlažovaných čerpáním za celé vegetačního období chmele. Plochy zavlažovaných chmelnic byly převzaty z kapitoly 2.5. Rozsah ploch chmelnic zavlažovaných gravitačně činí 173 ha. Téměř trojnásobná je rozloha chmelnic zavlažovaných čerpáním. Tyto chmelnice zaujímají plochu 511,7 ha. Celkový rozsah zavlažovaných ploch chmelnic je 684,7 ha. Vegetační období chmele odpovídá období od 1. 4. do 20. 8. [10]

Součet celkové potřeby závlahové vody pro závlahu chmelnic gravitačně a čerpáním udává celkovou potřebu závlahové vody  $Q_z$ .

**Tab. 3.11 Celková potřeba závlahové vody  $Q_z$  pro gravitační závlahu**

Rok	2015	2016
$Q_z$ (m <sup>3</sup> )	276 816	302 768

**Tab. 3.12 Celková potřeba závlahové vody  $Q_z$  pro závlahu čerpáním**

Rok	2015	2016
$Q_z$ (m <sup>3</sup> )	742 009	793 182

**Tab. 3.13 Celková potřeba závlahové vody  $Q_z$**

Rok	2015	2016
$Q_z$ (m <sup>3</sup> )	1 018 825	1 095 949

Celková potřeba závlahové vody  $Q_z$  za rok 2016 je vyšší než v roce předcházejícím.

### 3.6 Vodní bilance

V této kapitole jsou prezentovány výsledky bilance objemu vody v nádrži pro konkrétní hydrologické roky 2015 a 2016. Zhodnoceno je několik variant rozsahu využití objemu zásobní nádrže. Zásobní nádrž neobsahuje retenční ovladatelný prostor. Prostor v nádrži byl tedy rozdělen pouze na zásobní a retenční neovladatelný prostor.

Objem zásobního prostoru činí 421,2 tis. m<sup>3</sup> vody. Hladina normálního nadržení je určena výškovou kótou 293,25 m n. m. Retenční neovladatelný prostor je vymezen hladinou normálního nadržení a maximální hladinou na kótě 294,0 m n. m.

#### 3.6.1 Minimální zůstatkový průtok – MZP

Minimální zůstatkový průtok je důležitý z hlediska zachování života v toku. Mezi další stejně podstatné důvody zachování minimálního průtoku pod vodní nádrží patří hledisko hygienické a hledisko ochrany životního prostředí. [6]

Hodnota minimálního zůstatkového průtoku MZP byla stanovena podle Metodického pokynu Odboru ochrany vod (OOV) MŽP z roku 1998.

Tab. 3.14 Metodický pokyn Odboru ochrany vod (OOV) MŽP (1998) [7]

hodnota $Q_{355d}$ na profilu zájmového toku	doporučená hodnota minimálního zůstatkového průtoku
$< 0,05 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{330d}$
$0,05 \div 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$	$(Q_{330d} + Q_{355d}) \cdot 0,5$
$0,51 \div 5,0 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{355d}$
$> 5,0 \text{ m}^3/\text{s}$	$(Q_{355d} + Q_{364d}) \cdot 0,5$

M-denní průtoky využití při výpočtu MZP byly převzaty z kapitoly 2.1 *Základní hydrologické údaje*. Hodnota  $Q_{355d}$  průtoku v profilu navrhované nádrže odpovídá hodnotě  $0,069 \text{ m}^3/\text{s}$ . Z tabulky Tab. 3.14 je zřejmé, že při hodnotě  $Q_{355d} = 0,069 \text{ m}^3/\text{s}$  platí pro výpočet MZP následující vzorec:

$$MZP = (Q_{330d} + Q_{355d}) \cdot 0,5 = (0,128 + 0,069) \cdot 0,5 = 0,0985 \text{ m}^3/\text{s}$$

Minimální zůstatkový průtok byl stanoven na hodnotě  $98,5 \text{ l/s}$  resp.  $0,0985 \text{ m}^3/\text{s}$ . Určená hodnota MZP byla dále využita při výpočtu bilance vody v nádrži.

### 3.6.2 Gravitační závlaha chmelnic

Do prvotního výpočtu vodní bilance nádrže byly zahrnuty požadavky na odběry vody pro průmysl a zemědělství z kapitoly 2.6 a odběry vody pro gravitační závlahu chmelnic viz kapitola 3.5.2. Rozsah gravitačně zavlažovaných chmelnic je 173 ha.

Celkový roční objem odběrů vody pro průmysl byl rozdělen rovnoměrně do každého měsíce roku. Evidovaní odběratelé vody pro zemědělství figurují ve chmelařském průmyslu. Vycházelo se proto z předpokladu, že se jedná o odběry pro závlahu chmelnic. Roční evidované odběry vody pro zemědělství byly proto vztaženy pouze do měsíců června, července a poloviny srpna. Období od počátku června do cca poloviny srpna odpovídá orientačnímu období závlahy chmelnic uvedenému v ČSN 75 0434 v příloze H [10]. Do stejného období byly přerozděleny i odběry vody pro gravitační závlahu chmelnic.

Ztráty vody v nádrži při hladině normálního nadržení z kapitoly 3.4, odběry vody a MZP tvoří pasivní složku vodní bilance. Kladnou složkou bilance objemu vody v nádrži jsou průměrné měsíční průtoky z kapitoly 2.2, které představují přítok vody do nádrže.

Vypočtené měsíční bilance za hydrologické roky 2015 a 2016 jsou uvedeny v tabulkách Tab. 3.15 a Tab. 3.16. Sloupec  $V_0$  v tabulce Tab. 3.15 a Tab. 3.16 představuje objem vody v nádrži na počátku příslušného měsíce. Objem vody v nádrži na konci posuzovaného měsíce je reprezentován sloupcem  $V_1$ . Na počátku hydrologického roku 2015 se předpokládá pro účely výpočtu nádrž s prázdným zásobním prostorem.

Z výsledků bilancí objemu vody v nádrži za hydrologické roky 2015 a 2016 je zřejmé, že při využití objemu vody v nádrži pouze pro gravitační závlahu chmelnic a pokrytí potřeb vody pro evidované odběry není zcela naplněn potenciál využití zásobního objemu nádrže. Zásobní prostor se částečně vyprázdní pouze v měsíci září hydrologického roku 2015. Tato skutečnost je však ovlivněna uvažovaným nulovým přítokem do nádrže. Nulový přítok v měsíci září roku 2015 je uvažován z důvodu neexistujícího měření průtoky, které bylo způsobeno nízkým vodním stavem v daném měsíci, jenž neumožnil měření na limnigrafické stanici Kryry.

Potenciál využití objemu vody v zásobním prostoru by bylo možné využít pro závlahu chmelnic čerpáním. Měsíční bilance objemu vody v zásobním prostoru nádrže při závlaze chmelnic gravitačně i čerpáním je řešena v kapitole 3.6.3.



**Tab. 3.15 Měsíční bilance při gravitační závlaze v hydrologickém roce 2015**

Měsíc	Přítok (tis. m <sup>3</sup> )	MZP (tis. m <sup>3</sup> )	Odběr vody (tis. m <sup>3</sup> )			Ztráty vody (tis. m <sup>3</sup> )	Bilance objemu V (tis. m <sup>3</sup> )		Objem V (tis. m <sup>3</sup> )	
			průmysl	zeměděl.	závlaha		+	-	V <sub>0</sub>	V <sub>1</sub>
XI	1 684.8	255.3	2.3			7.4	1 684.8	265.1	0	421.2
XII	1 821.3	263.8	2.3			5.6	1 821.3	271.7	421.2	421.2
I	1 366.0	263.8	2.3			3.7	1 366.0	269.9	421.2	421.2
II	912.0	238.3	2.3			3.7	912.0	244.3	421.2	421.2
III	1 039.2	263.8	2.3			7.4	1 039.2	273.6	421.2	421.2
IV	1 529.3	255.3	2.3			11.1	1 529.3	268.8	421.2	421.2
V	782.1	263.8	2.3			20.4	782.1	286.6	421.2	421.2
VI	746.5	255.3	2.3	10.7	102.5	26.9	746.5	397.8	421.2	421.2
VII	608.0	263.8	2.3	11.0	105.9	33.4	608.0	416.6	421.2	421.2
VIII	728.5	263.8	2.3	7.1	68.3	31.6	728.5	373.2	421.2	421.2
IX	0	255.3	2.3			21.4	0.0	279.0	421.2	142.1
X	862.4	263.8	2.3			13.0	862.4	279.2	142.1	421.2

**Tab. 3.16 Měsíční bilance při gravitační závlaze v hydrologickém roce 2016**

Měsíc	Přítok (tis. m <sup>3</sup> )	MZP (tis. m <sup>3</sup> )	Odběr vody (tis. m <sup>3</sup> )			Ztráty vody (tis. m <sup>3</sup> )	Bilance objemu V (tis. m <sup>3</sup> )		Objem V (tis. m <sup>3</sup> )	
			průmysl	zeměděl.	závlaha		+	-	V <sub>0</sub>	V <sub>1</sub>
XI	860.5	255.3	2.3			7.4	860.5	265.1	421.2	421.2
XII	980.3	263.8	2.3			5.6	980.3	271.7	421.2	421.2
I	841.0	263.8	2.3			3.7	841.0	269.9	421.2	421.2
II	1 088.6	238.3	2.3			3.7	1 088.6	244.3	421.2	421.2
III	1 491.9	263.8	2.3			7.4	1 491.9	273.6	421.2	421.2
IV	785.4	255.3	2.3			11.1	785.4	268.8	421.2	421.2
V	460.7	263.8	2.3			20.4	460.7	286.6	421.2	421.2
VI	580.6	255.3	2.3	10.7	112.1	26.9	580.6	407.4	421.2	421.2
VII	543.7	263.8	2.3	11.0	115.9	33.4	543.7	426.5	421.2	421.2
VIII	533.0	263.8	2.3	7.1	74.8	31.6	533.0	379.6	421.2	421.2
IX	673.9	255.3	2.3			21.4	673.9	279.0	421.2	421.2
X	1 331.2	263.8	2.3			13.0	1 331.2	279.2	421.2	421.2

### 3.6.3 Celková závlaha chmelnic

Potenciál využití objemu zásobního prostoru nádrže byl v této podkapitole posouzen pro případ kombinace gravitační závlahy chmelnic a závlahy chmelnic čerpáním. Plochy chmelnic zavlažované gravitačně zaujímají 173 ha. Chmelnice zavlažované čerpáním jsou reprezentovány plochou 511,7 ha. Celkový maximální rozsah zavlažovaných ploch chmelnic je 684,7 ha. Celková rozloha zavlažovaných ploch chmelnic činí téměř 55 % z celkového počtu 1250,8 ha chmelnic v povodí řeky Blšanky. [2]

Pro posouzení vodní bilance v hydrologických letech 2015 a 2016 bylo využito stejných předpokladů a rozdělení odběrů vody jako v kapitole 3.6.2.

Měsíční bilance za hydrologický rok 2015 je uvedena v tabulce Tab. 3.17. Výsledky měsíční bilance za hydrologický rok 2016 jsou vidět v tabulce Tab. 3.18.

Z výsledků bilancí objemu vody v nádrži za hydrologické roky 2015 a 2016 je zřejmé, že při využití objemu vody v nádrži kombinací závlahy chmelnic čerpáním a gravitační závlahy chmelnic, dochází k většímu využití potenciálu zásobního objemu vody v nádrži.

Zásobní prostor se znatelně vyprázdňuje v měsíci září hydrologického roku 2015. Tato skutečnost je však ovlivněna uvažovaným nulovým přítokem do nádrže. Opodstatnění tohoto předpokladu je popsáno v kapitole 3.6.2. K poklesu objemu vody v nádrži dochází také v měsíci červenci hydrologického roku 2015.

V měsíční bilanci za hydrologický rok 2016 je změna objemu vody v zásobním prostoru nádrže znatelná již na konci měsíce června. Objem vody v nádrži nadále klesá v měsících červenci a srpnu. Na konci měsíce srpna je objem vody v nádrži  $V_I$  roven 71,8 tis. m<sup>3</sup>.

Z výsledků vodní bilance v hydrologickém roce 2016 je vidět, že další rozšíření zavlažovaných ploch chmelnic není příliš reálné.

**Tab. 3.17 Měsíční bilance při celkové závlaze v hydrologickém roce 2015**

Měsíc	Přítok (tis. m <sup>3</sup> )	MZP (tis. m <sup>3</sup> )	Odběr vody (tis. m <sup>3</sup> )			Ztráty vody (tis. m <sup>3</sup> )	Bilance objemu V (tis. m <sup>3</sup> )		Objem V (tis. m <sup>3</sup> )	
			průmysl	zeměděl.	závlaha		+	-	V <sub>0</sub>	V <sub>1</sub>
XI	1 684.8	255.3	2.3			7.4	1 684.8	265.1	0	421.2
XII	1 821.3	263.8	2.3			5.6	1 821.3	271.7	421.2	421.2
I	1 366.0	263.8	2.3			3.7	1 366.0	269.9	421.2	421.2
II	912.0	238.3	2.3			3.7	912.0	244.3	421.2	421.2
III	1 039.2	263.8	2.3			7.4	1 039.2	273.6	421.2	421.2
IV	1 529.3	255.3	2.3			11.1	1 529.3	268.8	421.2	421.2
V	782.1	263.8	2.3			20.4	782.1	286.6	421.2	421.2
VI	746.5	255.3	2.3	10.7	377.3	26.9	746.5	672.6	421.2	421.2
VII	608.0	263.8	2.3	11.0	389.9	33.4	608.0	700.5	421.2	328.6
VIII	728.5	263.8	2.3	7.1	251.6	31.6	728.5	556.4	328.6	421.2
IX	0	255.3	2.3			21.4	0	279.0	421.2	142.1
X	862.4	263.8	2.3			13.0	862.4	279.2	142.1	421.2

**Tab. 3.18 Měsíční bilance při celkové závlaze v hydrologickém roce 2016**

Měsíc	Přítok (tis. m <sup>3</sup> )	MZP (tis. m <sup>3</sup> )	Odběr vody (tis. m <sup>3</sup> )			Ztráty vody (tis. m <sup>3</sup> )	Bilance objemu V (tis. m <sup>3</sup> )		Objem V (tis. m <sup>3</sup> )	
			průmysl	zeměděl.	závlaha		+	-	V <sub>0</sub>	V <sub>1</sub>
XI	860.5	255.3	2.3			7.4	860.5	265.1	421.2	421.2
XII	980.3	263.8	2.3			5.6	980.3	271.7	421.2	421.2
I	841.0	263.8	2.3			3.7	841.0	269.9	421.2	421.2
II	1 088.6	238.3	2.3			3.7	1 088.6	244.3	421.2	421.2
III	1 491.9	263.8	2.3			7.4	1 491.9	273.6	421.2	421.2
IV	785.4	255.3	2.3			11.1	785.4	268.8	421.2	421.2
V	460.7	263.8	2.3			20.4	460.7	286.6	421.2	421.2
VI	580.6	255.3	2.3	10.7	405.9	26.9	580.6	701.2	421.2	300.6
VII	543.7	263.8	2.3	11.0	419.4	33.4	543.7	730.1	300.6	114.3
VIII	533.0	263.8	2.3	7.1	270.6	31.6	533.0	575.5	114.3	71.8
IX	673.9	255.3	2.3			21.4	673.9	279.0	71.8	421.2
X	1 331.2	263.8	2.3			13.0	1 331.2	279.2	421.2	421.2

### 3.6.4 Potenciál využití objemu vody v nádrži

Objem vody v zásobním prostoru nádrže by bylo možné využít vedle závlahy chmelnic a pokrytí potřeb pro odběry vody, i pro jiné účely. Mezi tyto účely patří například nadlepšování průtoku ve vodním toku v letních suchých měsících. Za předpokladu snížení kóty zásobního prostoru nádrže by bylo také možné využít vzniklý prostor v nádrži pro retenční ochranné účely. Varianty využití prostoru v MVN jsou řešeny v kapitole 3.7.

Účel nadlepšování průtoku spočívá v zajištění požadovaných poměrů ředění vypouštěných odpadních vod do vodního toku pod nádržemi. Dalším účelem nadlepšení může být zajištění dostatečné plavební hloubky a zajištění MZP. [19]

Plný zásobní prostor v nádrži při bilanci za hydrologické roky 2015 a 2016 by bylo možné zajistit snížením rozsahu zavlažovaných ploch chmelnic čerpáním na hodnotu 197 ha. Celková plocha zavlažovaných chmelnic pak činí 370 ha, což odpovídá 54 % původního maximálního rozsahu zavlažovaných ploch 684,7 ha. Zásobní prostor nádrže není zcela plný pouze v měsíci září hydrologického roku 2015. Tato skutečnost je však ovlivněna uvažovaným nulovým přítokem do nádrže.

Za předpokladu využití celkového objemu vody v nádrži by bylo možné dosáhnout hodnoty nadlepšení na 162,5 l/s v měsíci červnu a hodnoty nadlepšení na 157,2 l/s v měsících červenci a srpnu. Hodnoty nadlepšení převyšují hodnotu 98,5 l/s, která představuje MZP. Je tedy zřejmé, že by se objem vodní nádrže mohl využít pro zajištění MZP pod nádrží i za předpokladu nulového přítoku do nádrže. Aby bylo možné regulovat odtok požadovaným způsobem, bylo by vhodné opatřit spodní výpust požerákového typu kanalizačním šoupátkem.

Výsledky vodní bilance za hydrologické roky 2015 a 2016 jsou prezentovány v tabulkách Tab. 3.19 a Tab. 3.20.



Tab. 3.19 Bilance za hydrologický rok 2015

Měsíc	Přítok (tis. m <sup>3</sup> )	MZP (tis. m <sup>3</sup> )	Odběr vody (tis. m <sup>3</sup> )			Ztráty vody (tis. m <sup>3</sup> )	Bilance objemu V (tis. m <sup>3</sup> )		Objem V (tis. m <sup>3</sup> )	
			průmysl	zeměděl.	závlaha		+	-	V <sub>0</sub>	V <sub>1</sub>
XI	1 684.8	255.3	2.3			7.4	1 684.8	265.1	0	421.2
XII	1 821.3	263.8	2.3			5.6	1 821.3	271.7	421.2	421.2
I	1 366.0	263.8	2.3			3.7	1 366.0	269.9	421.2	421.2
II	912.0	238.3	2.3			3.7	912.0	244.3	421.2	421.2
III	1 039.2	263.8	2.3			7.4	1 039.2	273.6	421.2	421.2
IV	1 529.3	255.3	2.3			11.1	1 529.3	268.8	421.2	421.2
V	782.1	263.8	2.3			20.4	782.1	286.6	421.2	421.2
VI	746.5	255.3	2.3	10.7	208.3	26.9	746.5	503.6	421.2	421.2
VII	608.0	263.8	2.3	11.0	215.3	33.4	608.0	525.9	421.2	421.2
VIII	728.5	263.8	2.3	7.1	138.9	31.6	728.5	443.7	421.2	421.2
IX	0	255.3	2.3			21.4	0	279.0	421.2	142.1
X	862.4	263.8	2.3			13.0	862.4	279.2	142.1	421.2

Tab. 3.20 Bilance za hydrologický rok 2016

Měsíc	Přítok (tis. m <sup>3</sup> )	MZP (tis. m <sup>3</sup> )	Odběr vody (tis. m <sup>3</sup> )			Ztráty vody (tis. m <sup>3</sup> )	Bilance objemu V (tis. m <sup>3</sup> )		Objem V (tis. m <sup>3</sup> )	
			průmysl	zeměděl.	závlaha		+	-	V <sub>0</sub>	V <sub>1</sub>
XI	860.5	255.3	2.3			7.4	860.5	265.1	421.2	421.2
XII	980.3	263.8	2.3			5.6	980.3	271.7	421.2	421.2
I	841.0	263.8	2.3			3.7	841.0	269.9	421.2	421.2
II	1 088.6	238.3	2.3			3.7	1 088.6	244.3	421.2	421.2
III	1 491.9	263.8	2.3			7.4	1 491.9	273.6	421.2	421.2
IV	785.4	255.3	2.3			11.1	785.4	268.8	421.2	421.2
V	460.7	263.8	2.3			20.4	460.7	286.6	421.2	421.2
VI	580.6	255.3	2.3	10.7	225.2	26.9	580.6	520.5	421.2	421.2
VII	543.7	263.8	2.3	11.0	232.7	33.4	543.7	543.4	421.2	421.2
VIII	533.0	263.8	2.3	7.1	150.2	31.6	533.0	455.0	421.2	421.2
IX	673.9	255.3	2.3			21.4	673.9	279.0	421.2	421.2
X	1 331.2	263.8	2.3			13.0	1 331.2	279.2	421.2	421.2

### 3.7 Varianty využití objemu MVN

V následující podkapitole jsou popsány a zhodnoceny tři varianty využití ovladatelného prostoru v nádrži. První variantou je rozdělení prostoru v nádrži pouze na retenční neovladatelný prostor a prostor zásobní. Varianta číslo dvě předpokládá využití celkového objemu nádrže, jak pro účel závlahový, tak i pro účel ochranný. Dominantní funkcí této víceúčelové nádrže však zůstává funkce zásobní. Poslední, v pořadí třetí varianta, představuje návrh využití objemu víceúčelové nádrže zejména pro účel ochrany před průchodem velkých vod. Zásobní funkce nádrže je funkcí vedlejší.

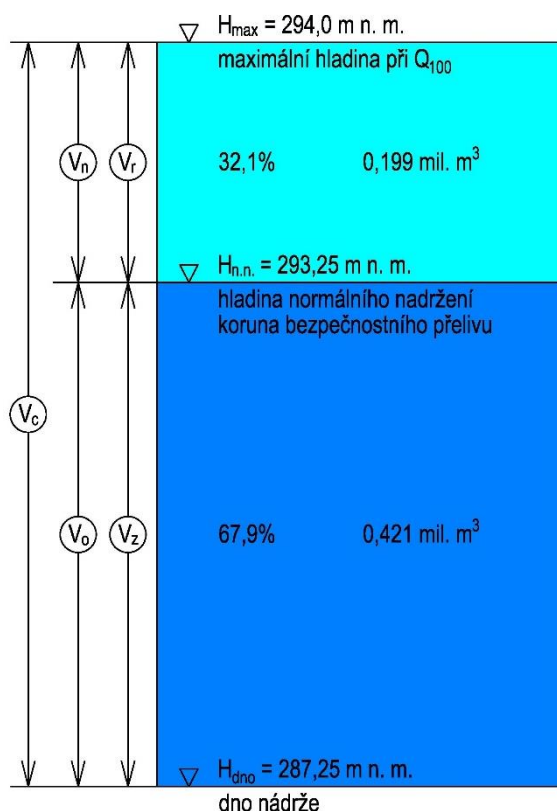
#### 3.7.1 Varianta 1 – závlahová nádrž

Jednoúčelová MVN navrhovaná v této variantě představuje závlahovou nádrž. Hlavním účelem nádrže je akumulace dostatečného množství vody pro pokrytí potřeby vody pro závlahu přilehlých chmelnic situovaných po toku, které lze zásobovat gravitačně, i proti toku, kam musí být závlahová voda čerpána. Závlahová nádrž slouží také pro zajištění dostatečného objemu vody pro evidované odběry vody pro průmysl a zemědělství. Potřeba vody pro tyto odběry je do bilance zahrnuta, avšak nepředstavuje v porovnání s potřebou vody pro závlahu chmelnic ve vegetačním období výrazné zvýšení celkové potřeby vody.

V kapitole 3.3 byl vypočten celkový objem  $V_c$  nádrže při nadržení na kótě maximální hladiny, která odpovídá kótě 294,0 m n. m. Hodnota celkového objemu  $V_c$  nádrže je 0,620 mil. m<sup>3</sup>. Za předpokladu, že maximální výška přepadového paprsku  $h$  při průchodu návrhového průtoku  $Q_{100} = 108 \text{ m}^3/\text{s}$  pro bezpečnostní přeliv bude odpovídat hodnotě 0,75 m, můžeme uvažovat hladinu normálního nadržení na kótě 293,25 m n. m. Retenční neovladatelný prostor bude vymezen hranou bezpečnostního přelivu na kótě 293,25 m n. m. a maximální hladinou 294,0 m n. m. Objem retenčního neovladatelného prostoru  $V_m$  činí 0,199 mil. m<sup>3</sup> vody. Celkový zásobní objem  $V_z$  do úrovně kóty hladiny normálního nadržení představuje 0,421 mil. m<sup>3</sup> vody. Rozdělení prostorů v nádrži je vidět na obrázku Obr. 3.8 a v tabulce Tab. 3.21.

**Tab. 3.21 Rozdělení prostorů v závlahové nádrži**

rozdělení objemu nádrže			kóta úrovně hladiny (m n. m.)	zatopená plocha (ha)	zatopené objemy (mil. m <sup>3</sup> )		
					V <sub>i</sub>	ΣV <sub>i</sub>	V <sub>z</sub> , V <sub>r</sub>
V <sub>c</sub>	V <sub>o</sub>	V <sub>z</sub>	dno nádrže	287.25	-	-	-
			prostor stálého nadržení	-	-	-	-
			zásobní prostor	293.25	23.2	0.421	0.421
	V <sub>n</sub>	V <sub>r</sub>	retenční ovladatelný prostor	-	-	-	-
			retenční neovladatelný prostor	294.00	29.7	0.199	0.620


**Obr. 3.8 Rozdělení prostorů v závlahové nádrži**

V kapitole 3.6 byla provedena bilance hospodaření s vodou v nádrži v měsíčních krocích pro hydrologické roky 2015 a 2016. Z výsledků bilance je patrné, že zásobní objem 0,421 mil. m<sup>3</sup> je dostačující pro pokrytí potřeb vody pro závlahu chmelnic, o celkové ploše 684,7 ha, a pro zajištění potřeby vody pro průmyslové a zemědělské podniky.

Za předpokladu využití celkového zásobního objemu vody v nádrži  $V_z = 0,421$  mil. m<sup>3</sup> by bylo možné dosáhnout hodnoty nadlepšení na 162,5 l/s v měsíci

červnu a hodnoty nadlepení na 157,2 l/s v měsících červenci a srpnu. Plný zásobní prostor lze zajistit snížením rozsahu zavlažovaných ploch chmelnic čerpáním na hodnotu 197 ha. Celkový rozsah zavlažovaných ploch chmelnic pak odpovídá hodnotě 370 ha. Hodnoty nadlepení převyšují hodnotu MZP. Za předpokladu nulového přítoku do nádrže by se objem vodní nádrže mohl využít pro zajištění MZP pod nádrží.

### 3.7.2 Varianta 2 – víceúčelová nádrž – majoritní zásobní účel

Variantou číslo dvě je návrh víceúčelové vodní nádrže, jejímž hlavním účelem je stále pokrytí potřeb vody pro doplňkovou závlahu chmelnic a zajištění dostatečného objemu vody pro potřeby evidovaných odběrů vody průmyslovými a zemědělskými podniky, ale část zásobního prostoru v nádrži by byla využita pro účely ochranné retenční.

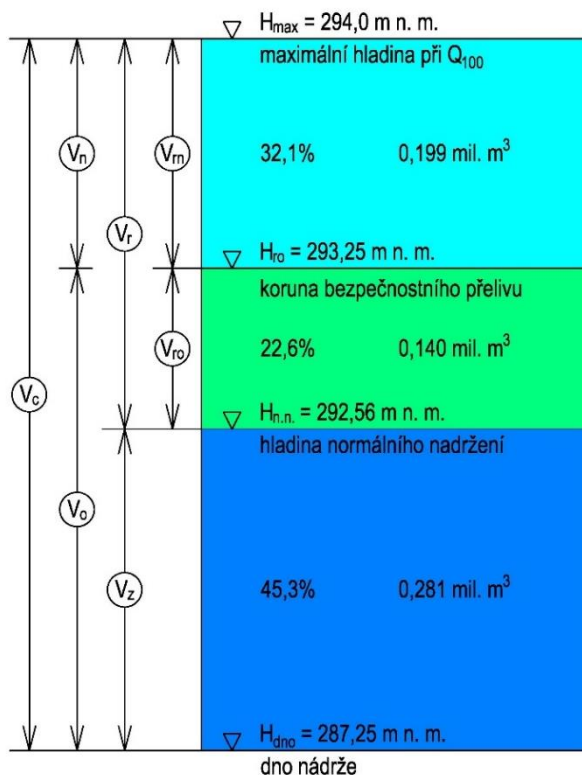
Objem neovladatelného retenčního prostoru  $V_m$  zůstává stejný jako u zásobní nádrže z varianty nádrže č.1. Změna rozdělení prostorů a objemů v nádrži se týká pouze ovladatelného prostoru. Ve srovnání s variantou závlahové nádrže je část ovladatelného prostoru nádrže využita pro účel retenční (ochranný). Poměr zásobního a retenčního ovladatelného prostoru z hlediska objemů je 2:1. Objemy prostorů v nádrži byly stanoveny lineární interpolací mezi hodnotami objemů  $\Sigma V$  z kapitoly 3.3.

Ovladatelný retenční prostor nádrže je vymezený hranou bezpečnostního přelivu na kótě 293,25 m n. m. a hladinou normálního nadržení, která je v tomto případě reprezentována kótou 292,56 m n. m. Objem ovladatelného retenčního prostoru  $V_{ro}$  činí 0,140 mil. m<sup>3</sup>. Objem zásobního prostoru nádrže  $V_z$  odpovídá hodnotě 0,281 mil. m<sup>3</sup>. Rozdělení prostorů v nádrži je zřejmé z obrázku Obr. 3.9 a z tabulky Tab. 3.22.

Tab. 3.22 Rozdělení prostorů ve víceúčelové závlahové nádrži

rozdělení objemu nádrže				kóta úrovně hladiny (m n. m.)	zatopená plocha (ha)	zatopené objemy (mil. m <sup>3</sup> )		
						$V_i$	$\Sigma V_i$	$V_z, V_r$
$V_c$	$V_o$	$V_z$	dno nádrže	287.25	-	-	-	
			prostor stálého nadržení	-	-	-		
		zásobní prostor	292.56	17.8	0.281	0.281	0.281	
	$V_r$	retenční ovladatelný prostor	293.25	23.2	0.140	0.421	-	
		retenční neovladatelný prostor	294.00	29.7	0.199	0.620	0.339	





**Obr. 3.9 Rozdělení prostorů ve víceúčelové závlahové nádrži**

Z kapitoly 3.6 je zřejmé, že při zmenšení zásobního objemu  $V_z$  vody v nádrži z hodnoty 0,421 mil. m<sup>3</sup> na hodnotu 0,281 mil. m<sup>3</sup> nebude možné zavlažovat celkový rozsah uvažovaných ploch chmelnic 684,7 ha. Nový zásobní objem nádrže  $V_z$  umožní pokrytí potřeb vody pro závlahu ploch chmelnic v rozsahu cca 623 ha, kde gravitačně zavlažované plochy činí 173 ha a plochy chmelnic zavlažovaných čerpáním odpovídají rozsahu 450 ha. Pro účely výpočtu byly uvažovány hodnoty ztrát v nádrži pro variantu nádrže č.1 – závlahová nádrž z kapitoly 3.4. Výsledky vodní bilance za hydrologické roky 2015 a 2016 jsou uvedeny v tabulkách Tab. 3.23 a Tab. 3.24.

Snížením rozsahu zavlažovaných ploch chmelnic čerpáním na hodnotu 197 ha a tím celkového rozsahu zavlažovaných ploch chmelnic na 370 ha by bylo dosaženo plného zásobního prostoru v nádrži při bilanci za hydrologické roky 2015 a 2016. Zásobní objem  $V_z = 0,280$  mil. m<sup>3</sup> by bylo možné využít pro nadlepšení průtoku ve vodním toku v teplejších suchých měsících.

Při využití celkového objemu vody v nádrži by bylo možné dosáhnout hodnoty nadlepšení na 108,3 l/s v měsíci červnu a hodnoty nadlepšení na 104,8 l/s v měsících červenci a srpnu. Hodnoty nadlepšení převyšují hodnotu MZP. Za předpokladu nulového přítoku do nádrže by se zásobní objem vodní nádrže mohl využít pro zajištění MZP pod nádrží. Retenční účinek nádrže je řešen v kapitole 4.5.2.

**Tab. 3.23 Víceúčelová zásobní nádrž – bilance za hydrologický rok 2015**

Měsíc	Přítok (tis. m <sup>3</sup> )	MZP (tis. m <sup>3</sup> )	Odběr vody (tis. m <sup>3</sup> )			Ztráty vody (tis. m <sup>3</sup> )	Bilance objemu V (tis. m <sup>3</sup> )		Objem V (tis. m <sup>3</sup> )	
			průmysl	zeměděl.	závlaha		V (tis. m <sup>3</sup> )		V <sub>0</sub>	V <sub>1</sub>
							+	-		
XI	1 684.8	255.3	2.3			7.4	1 684.8	265.1	0	280.8
XII	1 821.3	263.8	2.3			5.6	1 821.3	271.7	280.8	280.8
I	1 366.0	263.8	2.3			3.7	1 366.0	269.9	280.8	280.8
II	912.0	238.3	2.3			3.7	912.0	244.3	280.8	280.8
III	1 039.2	263.8	2.3			7.4	1 039.2	273.6	280.8	280.8
IV	1 529.3	255.3	2.3			11.1	1 529.3	268.8	280.8	280.8
V	782.1	263.8	2.3			20.4	782.1	286.6	280.8	280.8
VI	746.5	255.3	2.3	10.7	344.2	26.9	746.5	639.4	280.8	280.8
VII	608.0	263.8	2.3	11.0	355.7	33.4	608.0	666.3	280.8	222.5
VIII	728.5	263.8	2.3	7.1	229.5	31.6	728.5	534.3	222.5	280.8
IX	0	255.3	2.3			21.4	0	279.0	280.8	1.8
X	862.4	263.8	2.3			13.0	862.4	279.2	1.8	280.8

**Tab. 3.24 Víceúčelová zásobní nádrž – bilance za hydrologický rok 2016**

Měsíc	Přítok (tis. m <sup>3</sup> )	MZP (tis. m <sup>3</sup> )	Odběr vody (tis. m <sup>3</sup> )			Ztráty vody (tis. m <sup>3</sup> )	Bilance objemu V (tis. m <sup>3</sup> )		Objem V (tis. m <sup>3</sup> )	
			průmysl	zeměděl.	závlaha		V (tis. m <sup>3</sup> )		V <sub>0</sub>	V <sub>1</sub>
							+	-		
XI	860.5	255.3	2.3			7.4	860.5	265.1	280.8	280.8
XII	980.3	263.8	2.3			5.6	980.3	271.7	280.8	280.8
I	841.0	263.8	2.3			3.7	841.0	269.9	280.8	280.8
II	1 088.6	238.3	2.3			3.7	1 088.6	244.3	280.8	280.8
III	1 491.9	263.8	2.3			7.4	1 491.9	273.6	280.8	280.8
IV	785.4	255.3	2.3			11.1	785.4	268.8	280.8	280.8
V	460.7	263.8	2.3			20.4	460.7	286.6	280.8	280.8
VI	580.6	255.3	2.3	10.7	370.5	26.9	580.6	665.7	280.8	195.7
VII	543.7	263.8	2.3	11.0	382.8	33.4	543.7	693.4	195.7	45.9
VIII	533.0	263.8	2.3	7.1	247.0	31.6	533.0	551.8	45.9	27.1
IX	673.9	255.3	2.3			21.4	673.9	279.0	27.1	280.8
X	1 331.2	263.8	2.3			13.0	1 331.2	279.2	280.8	280.8

### Varianta 3 – víceúčelová nádrž – majoritní retenční účel

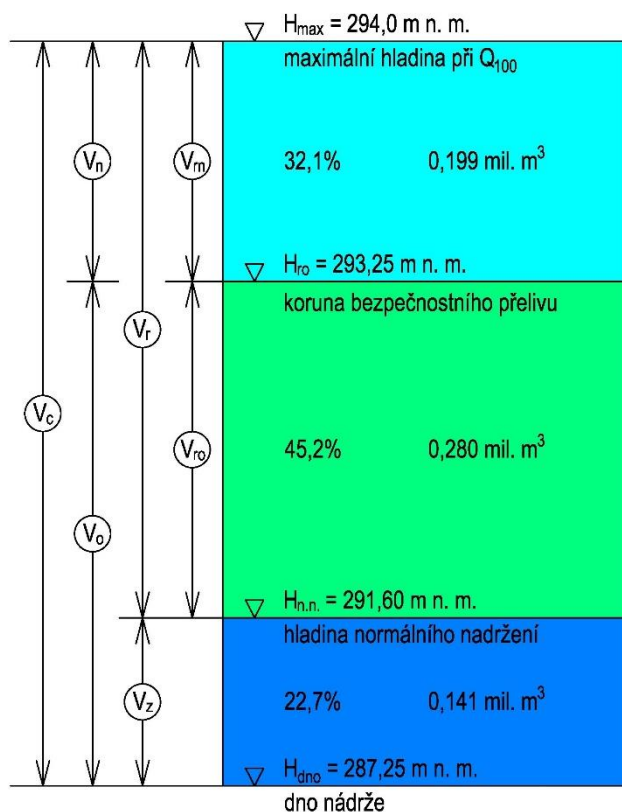
Varianta víceúčelové vodní nádrže, jejímž hlavním účelem je ochrana území pod hrází před průchodem povodňových průtoků, má hladinu normálního nadržení na kótě 291,60 m n. m. Vedlejší funkcí víceúčelové nádrže je funkce zásobní. Retenční ovladatelný prostor je ohraničen hladinou normálního nadržení a hranou bezpečnostního přelivu na kótě 293,25 m n. m. Kóta maximální hladiny vody v nádrži je 294,0 m n. m. Objem retenčního ovladatelného prostoru  $V_{ro}$  je 0,280 mil. m<sup>3</sup>. Objem zásobního prostoru  $V_z$  činí 0,141 mil. m<sup>3</sup>. Poměr objemů  $V_z$  a  $V_{ro}$  je 1:2. Objem neovladatelného retenčního prostoru  $V_m$  zůstává stejný jako u nádrže zásobní z varianty nádrže č.1. Objemy prostorů v nádrži byli stanoveny lineární interpolací mezi hodnotami objemů  $\Sigma V$  z kapitoly 3.3. Rozdělení prostorů v nádrži je patrné z obrázku Obr. 3.10 a z tabulky Tab. 3.25.

Zásobní objem víceúčelové nádrže  $V_z$  lze využít pro pokrytí potřeb vody pro odběry pro průmyslové a zemědělské podniky, a pro závlahu ploch chmelnic v rozsahu 533 ha, kde gravitačně zavlažované plochy činí 173 ha a plochy chmelnic zavlažovaných čerpáním odpovídají rozsahu 360 ha. Pro účely výpočtu byly uvažovány hodnoty ztrát v nádrži pro variantu nádrže č.1 – závlahová nádrž z kapitoly 3.4. Výsledky vodní bilance za hydrologické roky 2015 a 2016 jsou uvedeny v tabulkách Tab. 3.26 a Tab. 3.27.

Snížením rozsahu zavlažovaných ploch chmelnic čerpáním na hodnotu 197 ha a tím celkového rozsahu zavlažovaných ploch chmelnic na 370 ha, by bylo dosaženo plného zásobního prostoru v nádrži v jednotlivých měsících při bilanci za hydrologické roky 2015 a 2016. Zásobní objem  $V_z = 0,141$  mil. m<sup>3</sup> by bylo možné využít pro nadlepšení průtoku ve vodním toku v teplých suchých měsících.

**Tab. 3.25 Rozdělení prostorů ve víceúčelové retenční nádrži**

rozdělení objemu nádrže			kóta úrovně hladiny (m n. m.)	zatopená plocha (ha)	zatopené objemy (mil. m <sup>3</sup> )			
					$V_i$	$\Sigma V_i$	$V_z, V_r$	
$V_c$	$V_o$	$V_z$	dno nádrže	287.25	-	-	-	
		$V_z$	prostor stálého nadržení	-	-	-	-	
		$V_z$	zásobní prostor	291.60	11.7	0.141	0.141	0.141
	$V_n$	$V_r$	retenční ovladatelný prostor	293.25	23.2	0.280	0.421	-
		$V_r$	retenční neovladatelný prostor	294.00	29.7	0.199	0.620	0.479



Obr. 3.10 Rozdělení prostorů ve víceúčelové retenční nádrži

Za předpokladu využití celkového objemu vody v nádrži by bylo možné dosáhnout hodnoty nadlepšení na 54,6 l/s v měsíci červnu a hodnoty nadlepšení na 52,8 l/s v měsících červenci a srpnu. Hodnoty nadlepšení v měsících červnu, červenci a srpnu nedosahují hodnoty MZP. Nádrž by nebyla schopna z objemu svého zásobního prostoru zajistit MZP pod nádrží v případě nulového přítoku do nádrže po dobu celého měsíce června, července nebo srpna. Objem zásobního prostoru by bylo možné využít pro krátkodobé nadlepšení nebo jako doplněk přítoku pro dosažení požadované hodnoty MZP pod nádrží. Retenční účinek nádrže je řešen v kapitole 4.5.4.

**Tab. 3.26 Víceúčelová retenční nádrž – bilance za hydrologický rok 2015**

Měsíc	Přítok (tis. m <sup>3</sup> )	MZP (tis. m <sup>3</sup> )	Odběr vody (tis. m <sup>3</sup> )			Ztráty vody (tis. m <sup>3</sup> )	Bilance objemu V (tis. m <sup>3</sup> )		Objem V (tis. m <sup>3</sup> )	
			průmysl	zeměděl.	závlaha		+	-	V <sub>0</sub>	V <sub>1</sub>
XI	1 684.8	255.3	2.3			7.4	1 684.8	265.1	0	141.4
XII	1 821.3	263.8	2.3			5.6	1 821.3	271.7	141.4	141.4
I	1 366.0	263.8	2.3			3.7	1 366.0	269.9	141.4	141.4
II	912.0	238.3	2.3			3.7	912.0	244.3	141.4	141.4
III	1 039.2	263.8	2.3			7.4	1 039.2	273.6	141.4	141.4
IV	1 529.3	255.3	2.3			11.1	1 529.3	268.8	141.4	141.4
V	782.1	263.8	2.3			20.4	782.1	286.6	141.4	141.4
VI	746.5	255.3	2.3	10.7	295.9	26.9	746.5	591.1	141.4	141.4
VII	608.0	263.8	2.3	11.0	305.7	33.4	608.0	616.3	141.4	133.1
VIII	728.5	263.8	2.3	7.1	197.2	31.6	728.5	502.1	133.1	141.4
IX	0	255.3	2.3			21.4	0	279.0	141.4	-137.6
X	862.4	263.8	2.3			13.0	862.4	279.2	-137.6	141.4

**Tab. 3.27 Víceúčelová retenční nádrž – bilance za hydrologický rok 2016**

Měsíc	Přítok (tis. m <sup>3</sup> )	MZP (tis. m <sup>3</sup> )	Odběr vody (tis. m <sup>3</sup> )			Ztráty vody (tis. m <sup>3</sup> )	Bilance objemu V (tis. m <sup>3</sup> )		Objem V (tis. m <sup>3</sup> )	
			průmysl	zeměděl.	závlaha		+	-	V <sub>0</sub>	V <sub>1</sub>
XI	860.5	255.3	2.3			7.4	860.5	265.1	141.4	141.4
XII	980.3	263.8	2.3			5.6	980.3	271.7	141.4	141.4
I	841.0	263.8	2.3			3.7	841.0	269.9	141.4	141.4
II	1 088.6	238.3	2.3			3.7	1 088.6	244.3	141.4	141.4
III	1 491.9	263.8	2.3			7.4	1 491.9	273.6	141.4	141.4
IV	785.4	255.3	2.3			11.1	785.4	268.8	141.4	141.4
V	460.7	263.8	2.3			20.4	460.7	286.6	141.4	141.4
VI	580.6	255.3	2.3	10.7	318.8	26.9	580.6	614.1	141.4	108.0
VII	543.7	263.8	2.3	11.0	329.4	33.4	543.7	640.0	108.0	11.6
VIII	533.0	263.8	2.3	7.1	212.5	31.6	533.0	517.4	11.6	27.3
IX	673.9	255.3	2.3			21.4	673.9	279.0	27.3	141.4
X	1 331.2	263.8	2.3			13.0	1 331.2	279.2	141.4	141.4

## 4 Technické řešení MVN

### 4.1 Těleso hráze

Hráz MVN je navržena jako homogenní zemní sypaná. Vlastní těleso hráze má lichoběžníkový příčný profil. Výška hráze činí 5,4 m a délka hráze je 200 m. Sklon návodního líce je v poměru 1:3. Vzdušní líc je proveden ve sklonu 1:2. Jako konstrukční zemina bude použita místní zemina třídy F6, symbol CI. Jedná se o jíl se střední plasticitou, který je pro stavbu homogenních hrází vhodný. [11]

Na surovinovém informačním systému České geologické služby je nad obcí Kryry lokalizováno celkem pět zemníků, které obsahují zeminy vhodné až velmi vhodné pro stavbu homogenních hrází. V těchto zemnicích by bylo možné získat požadovanou konstrukční zeminu CI pro stavbu tělesa hráze. [7] Zemníky jsou znázorněny na obrázku Obr. 4.1.

V následující tabulce je uvedeno předpokládané zařazení zemín ve výše uvedených zemnicích a jejich vhodnost do hutněných zemních hrází dle ČSN 75 2410 *Malé vodní nádrže*.

**Tab. 4.1 Předpokládané zařazení zemín dle ČSN 75 2410 [7]**

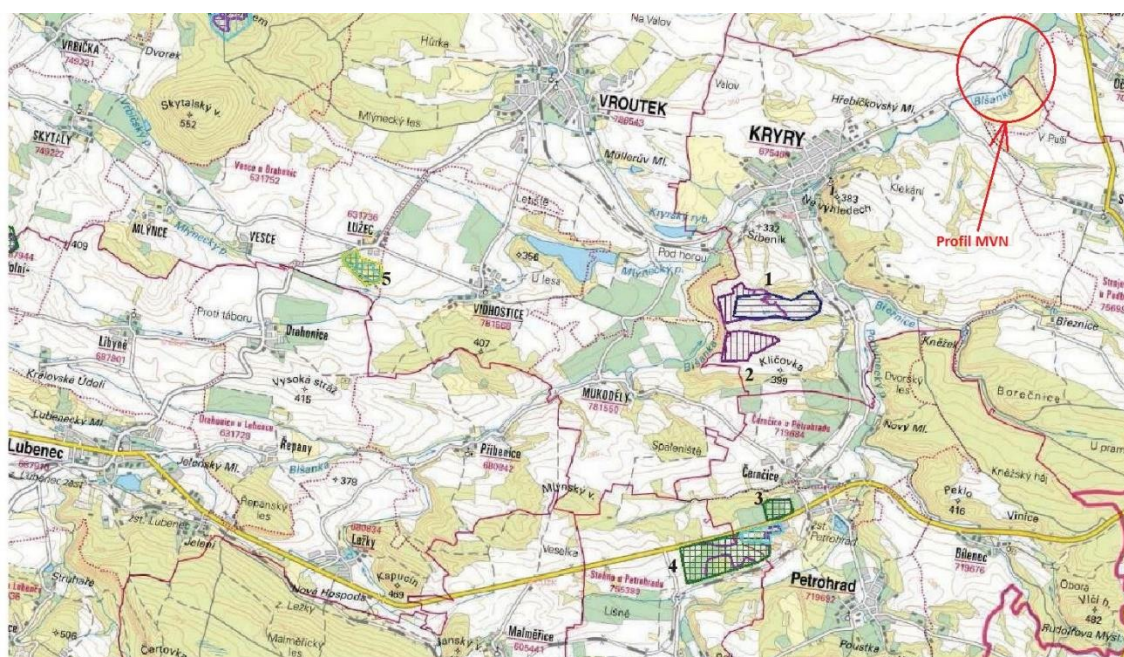
Zařazení	Homogenní hráz	Těsnící část	Stabilizační část
F 6, CI	vhodná	velmi vhodná	nevhodná
F 3, MS	vhodná	vhodná	nevhodná
F 4, CS	velmi vhodná	velmi vhodná	nevhodná

Šířka koruny hráze je 4,0 m. Koruna hráze je výškově určena kótou 294,6 m n. m. Od hrany koruny hráze je uvažováno bezpečnostní převýšení 0,6 m po kótu maximální hladiny 294,0 m n. m. Pro odvod prosakující vody byl navržen patní drén v patě vzdušného líce. Patní drén se skládá z drenážního potrubí dimenze DN 200 a šterkového drenážního obsypu frakce 8/16. Drenážní potrubí DN200 je vyvedeno do koryta pod hrází. Mezi konstrukci patního drénu a zemního tělesa je vložen dvouvrstvý filtr z drceného kameniva. Svrchní vrstva filtru je tvořena frakcí 16/32 mm a spodní vrstva je vytvořena z frakce 32/64. Obě vrstvy dvouvrstvého filtru jsou navrženy o mocnosti 200 mm. V místě patního drénu byla v malé hloubce pod povrchem vzdušného líce navržena propustná geotextilie, která bude bránit vyplavování jemných částic zeminy.

Geotextilie není navržena v celé délce vzdušného líce, ale pouze do úrovně výšky svrchní vrstvy dvouvrstvého filtru. Vzdušný líc a koruna hráze jsou chráněny proti erozi ohumusováním a osetím travními porosty.

Návodní líc je opatřen svahovým opevněním z kamenného záhozu frakce 64/125. Mezi konstrukcí svahového opevnění a zemní těleso byl navržen dvouvrstvý filtr z drceného kameniva. Svrchní vrstva filtru, která je v kontaktu s kamenným záhozem, je tvořena frakcí 16/32 tloušťky 300 mm. Spodní vrstvu filtru, která je v kontaktu se zemním tělesem, tvoří frakce 8/16 o mocnosti 200 mm. V patě návodního svahu byla navržena opěrná patka z těžkého kamenného záhozu frakce 125/250. V místě styku opěrné patky s tělesem hráze, filtry a kamenným záhozem je vložena geotextilie.

Uspořádání konstrukce tělesa hráze je zobrazeno v příloze *Příloha č.18 – Vzorový řez tělesem hráze*. Těleso hráze je spolu s ostatními funkčními objekty MVN znázorněno v příloze *Příloha č.21 – Situace objektů MVN*.



Poř. č.	Název	Surovina	Stav těžby	Organizace
1	Kryry II	cihlařská	těžný	HELUZ cihlařský průmysl v.o.s.
2	Kryry - Mukoděly	cihlařská	dosud netěžný	Cihelny Kryry a.s. (v likvidaci)
3	Petrohrad - Černčice	cihlařská	dřívější povrchová	Pavel Šilhánek, Kryry
4	Petrohrad	cihlařská	se zastavenou těžbou	Pavel Šilhánek, Kryry
5	Vidhostice	jíly	bez dalších informací	bez dalších informací

Obr. 4.1 Lokalizace zemníků nad obcí Kryry [7]

## 4.2 Bezpečnostní přeliv

MVN, do které může vniknout nadměrné množství vody ohrožující bezpečnost hráze, musí být vybavena stavbou na ochranu před velkými vodami. Stavbami na ochranu před velkými vodami se rozumí bezpečnostní přelivy, které se navrhují jako nehrazené a bezobslužné. Bezpečnostní přelivy se mohou dělit na přímé, boční, kašnové, šachtové, kombinované a speciální. [6]

### 4.2.1 Návrh kašnového bezpečnostního přelivu

Navrhovaná MVN bude opatřena betonovým bezpečnostním přelivem podkovitého tvaru, který je dimenzovaný na průtok stoleté vody  $Q_{100} = 108 \text{ m}^3/\text{s}$ . Návrh bezpečnostního přelivu je proveden pro variantu č. 1 – závlahová nádrž z kapitoly 3.7.1. Z důvodu potřebné délky přelivné hrany je bezpečnostní přeliv bočně umístěný. Konstrukce bezpečnostního přelivu je situována do pravého boku hráze, aby byla umožněna plynulejší návaznost skluzu a vývaru na původní koryto toku. Konstrukce bezpečnostního přelivu je tvořena spadištěm, skluzem a vývarem pro tlumení kinetické energie vody. Vývar je napojen na odpadní koryto, které přechází v původní koryto toku.

Kóta hrany bezpečnostního přelivu je 293,25 m n. m. Vzhledem k maximální hladině na kótě 294,0 m n. m. je návrhová výška přepadového paprsku  $h$  při průchodu návrhového průtoku  $Q_{100}$  rovna 0,75 m. Pro příznivější hodnoty přepadového součinitele byla hrana bezpečnostního přelivu kruhově zaoblена. Poloměr zaoblění  $r$  je roven 0,25 m.

Efektivní délka přelivné hrany  $b_0$  pro návrhový průtok  $Q_{100}$  byla stanovena z přepadové rovnice [9]:

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \mu_p \cdot b_0 \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{3/2} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

$$b_0 = \frac{3 \cdot Q}{2 \cdot \mu_p \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{3/2}} \quad (\text{m})$$

$b_0$  – efektivní délka přelivné hrany (m)

$Q$  – návrhový průtok ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$\mu_p$  – přepadový součinitel (-)

$g$  – tíhové zrychlení ( $\text{m}/\text{s}^2$ )

$h$  – výška přepadového paprsku (m)



Hodnota přepadového součinitele  $\mu_p$  pro svislou stěnu byla určena ze vztahu podle Kramera [9]:

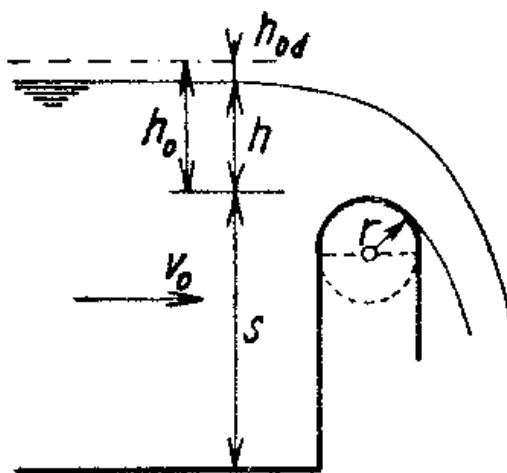
$$\mu_p = 1,02 - \frac{1,015}{\frac{h}{r} + 2,08} + \left[ 0,04 \cdot \left( \frac{h}{r} + 0,19 \right)^2 + 0,0223 \right] \cdot \frac{r}{s} \quad (-)$$

$\mu_p$  – součinitel přepadu podle Kramera (-)

$h$  – výška přepadového paprsku (m)

$s$  – výška vody před bezpečnostním přelivem (m)

$r$  – poloměr zaoblení hrany bezpečnostní přelivu (m)



Obr. 4.2 Schéma přepadu přes přelivnou hranu [9]

Skutečná konstrukční délka přelivné hrany  $b$  se započtením vlivu boční kontrakce byla vypočtena z rovnice [8]:

$$b = b_0 + 2 \cdot K_v \cdot h \quad (\text{m})$$

$b$  – konstrukční délka přelivné hrany (m)

$b_0$  – efektivní délka přelivné hrany (m)

$h$  – výška přepadového paprsku (m)

$K_v$  – součinitel vtoku (-)

Pro výpočet součinitele vtoku  $K_v$  byl použit vzorec [8]:

$$K_v = \frac{b \cdot K_{v0}}{b + h} \quad (-)$$

$b$  – konstrukční délka přelivné hrany (m)

$h$  – výška přepadového paprsku (m)

$K_{v0}$  – součinitel vtoku pro pravoúhlý vtok (-)

Hodnoty veličin stanovených z výše uvedených vztahů jsou prezentovány v tabulce Tab. 4.2.

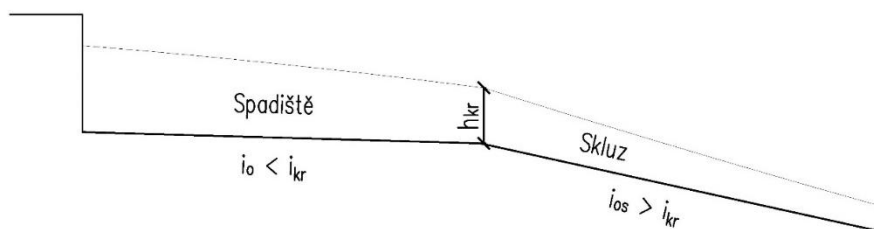
Tab. 4.2 Stanovení délky přelivné hrany

$Q_{100}$	108	$m^3/s$
$\mu_p$	0.85	-
$g$	9.81	$m/s^2$
$h$	0.75	m
$r$	0.25	m
$s$	3.75	m
$b_0$	66.34	m
$K_{v0}$	0.10	-
$K_v$	0.10	-
$b$	66.49	m
$b_N$	66.50	m

Vypočtená konstrukční délka přelivné hrany  $b$  odpovídá hodnotě 66,49 m. Návrhová konstrukční délka přelivné hrany  $b_N$  byla zaokrouhlena na hodnotu 66,50 m.

Konstrukce bezpečnostního přelivu se skládá ze spadiště a skluzu, na který navazuje vývar pro tlumení kinetické energie vody. Začátek dna spadiště je určen kótou 290,0 m n. m. Hloubka spadiště činí 3,25 m a je provedeno v délce 30,3 m a ve sklonu 0,25 %. Skluz navazující na konstrukci spadiště je navržený ve sklonu 8,5 % a jeho délka činí 40 m. Dno v místě přechodu spadiště a skluzu se nachází na kótě 289,92 m n. m. Spadiště i skluz mají obdélníkový půdorys o šířce 10,5 m. Pro betonové spadiště i skluz byla uvažována hodnota Manningova drsnostního součinitele  $n = 0,015$ . [8]

Předpokladem pro výpočet bezpečnostního přelivu je vznik kritické hloubky  $h_{kr}$  na konci konstrukce spadiště, respektive na začátku konstrukce skluzu. Aby došlo ke vzniku kritické hloubky v místě přechodu spadiště a skluzu, musí být pro všechny průtoky zajištěno, že sklon dna spadiště je podkritický  $i_0 < i_{kr}$  a sklon dna skluzu je pro průtoky nadkritický  $i_{0s} > i_{kr}$ . [8]



Obr. 4.3 Schéma pro výpočet kritické hloubky  $h_{kr}$



Kritický sklon dna  $i_{kr}$  se určí ze vztahu [8]:

$$i_{kr} = v_{kr}^2 \cdot n^2 \cdot R_{kr}^{-\frac{4}{3}} \quad (-)$$

$v_{kr}$  – kritická rychlost (m/s)

$n$  – Manningův drsnostní součinitel (-)

$R_{kr}$  – hydraulický poloměr (m)

Kritická rychlost  $v_{kr}$  byla vypočtena z rovnice [8]:

$$v_{kr} = \sqrt{g \cdot h_{krs}} \quad (\text{m/s})$$

$g$  – tíhové zrychlení (m/s<sup>2</sup>)

$h_{krs}$  – střední kritická hloubka (m)

Střední kritická hloubka  $h_{krs}$  pro obdélníkový průřez spadiště (skluzu) je dána vztahem [8]:

$$h_{krs} = \frac{S_{kr}}{B_{kr}} = h_{kr} \quad (\text{m})$$

$S_{kr}$  – průtočná plocha spadiště (skluzu) při hloubce  $h_{kr}$  (m<sup>2</sup>)

$B_{kr}$  – šířka hladiny ve spadišti (skluzu) při hloubce  $h_{kr}$  (m)

$h_{kr}$  – kritická hloubka (m)

Hydraulický poloměr  $R_{kr}$  se stanoví ze vztahu [8]:

$$R_{kr} = \frac{S_{kr}}{O_{kr}} \quad (\text{m})$$

$S_{kr}$  – průtočná plocha spadiště (skluzu) při hloubce  $h_{kr}$  (m<sup>2</sup>)

$O_{kr}$  – omočený obvod při hloubce  $h_{kr}$  (m)

Hodnoty kritického průtoku  $Q_{kr}$  byly stanoveny z rovnice [8]:

$$Q_{kr} = S_{kr} \cdot v_{kr} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

$S_{kr}$  – průtočná plocha spadiště (skluzu) při hloubce  $h_{kr}$  (m<sup>2</sup>)

$v_{kr}$  – kritická rychlost (m/s)

Hodnoty kritického sklonu  $i_{kr}$  dna spadiště, respektive skluz, pro jednotlivé průtoky v rozsahu  $Q_{min}$  až  $Q_{max}$  jsou prezentovány v následující tabulce Tab. 4.3.

Tab. 4.3 Výpočet kritické hloubky  $h_{kr}$  a kritického sklonu  $i_{kr}$  pro různé průtoky

$h_{kr}$		$S_{kr}$	$R_{kr}$	$v_{kr}$	$i_{kr}$	$Q_{kr}$	$H_{ekr}$	h	
(m)	(m n.m.)	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m/s)	(-)	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m n.m.)
0	289.92							0	290.00
0.20	290.12	2.10	0.19	1.40	0.0040	2.94	0.30	0.36	290.36
0.40	290.32	4.20	0.37	1.98	0.0033	8.32	0.60	0.71	290.71
0.60	290.52	6.30	0.54	2.43	0.0030	15.28	0.90	1.07	291.07
0.80	290.72	8.40	0.69	2.80	0.0029	23.53	1.20	1.43	291.43
1.00	290.92	10.50	0.84	3.13	0.0028	32.89	1.50	1.79	291.79
1.14	291.07	12.02	0.94	3.35	0.0027	40.29	1.72	2.04	292.04
1.20	291.12	12.60	0.98	3.43	0.0027	43.23	1.80	2.14	292.14
1.40	291.32	14.70	1.11	3.71	0.0027	54.48	2.10	2.50	292.50
1.60	291.52	16.80	1.23	3.96	0.0027	66.56	2.40	2.86	292.86
1.70	291.63	17.90	1.29	4.09	0.0027	73.22	2.56	3.04	293.04
1.80	291.72	18.90	1.34	4.20	0.0027	79.42	2.70	3.21	293.21
1.86	291.79	19.55	1.37	4.27	0.0027	83.58	2.79	3.33	293.33
2.00	291.92	21.00	1.45	4.43	0.0027	93.02	3.00	3.57	293.57
2.20	292.12	23.10	1.55	4.65	0.0027	107.31	3.30	3.93	293.93
2.21	292.13	23.20	1.55	4.66	0.0027	108.00	3.31	3.95	293.95

Ze stanovených hodnot vyplývá, že nejnižší hodnota kritického sklonu dna spadiště (skluzu)  $i_{kr}$  je 0,27 %. Naopak nejvyšší hodnota kritického sklonu  $i_{kr}$  je rovna 0,4 %. Vzhledem k navrhovaným hodnotám sklonu dna spadiště  $i_0 = 0,25$  % a sklonu dna skluzu  $i_{0s} = 8,5$  %, je zřejmé, že byl předpoklad  $i_0 < i_{kr}$  a  $i_{0s} > i_{kr}$  splněn a dochází v místě přechodu spadiště a skluzu ke vzniku kritické hloubky  $h_{kr}$ .

Při přepadu vody přes hranu bezpečnostního přelivu postupně posuzujeme dokonalý přepad, nedokonalý přepad a přepad zatopený. Rozhraní těchto jevů závisí na vzájemné úrovni hladiny vody v nádrži a ve spadišti. [8]

Orientační hranice dokonalého přepadu vody přes hranu bezpečnostního přelivu je dána nerovností [8]:

$$(i_0 \cdot l_p + s) \geq \frac{1}{\varphi} \cdot H_{ekr}$$

$i_0$  – sklon dna spadiště (-)

$l_p$  – délka spadiště (m)

$s$  – výška koruny přelivu nade dnem na začátku spadiště (m)

$\varphi$  – součinitel tvaru přechodu do skluzu (-)

$H_{ekr}$  – energetická kritická výška nade dnem konce spadiště (m)

Součinitel tvaru přechodu do skluzu odpovídá hodnotě  $\varphi = 0,84$  [8]. Vstupní hodnoty pro výpočet hranice dokonalého přepadu jsou uvedeny v následující tabulce Tab. 4.4.

**Tab. 4.4 Vstupní hodnoty pro určení hranice dokonalého přepadu**

$i_0$	0.0025	(-)
$s$	3.25	(m)
$l_p$	30.3	(m)

Hranice dokonalého přepadu pro návrhové parametry sklonu  $i_0$  a délky  $l_p$  spadiště, výšku koruny bezpečnostního přelivu od dna spadiště  $s$  a součinitel tvaru vtoku  $\varphi$  odpovídá nerovnosti:

$$H_{ekr} \leq 2,79 \text{ m}$$

Energetická kritická výška  $H_{ekr}$  byla stanovena z rovnice [8]:

$$H_{ekr} = h_{kr} + \frac{v_{kr}^2}{2g} \quad (\text{m})$$

$h_{kr}$  – kritická hloubka (m)

$v_{kr}$  – kritická rychlost (m/s)

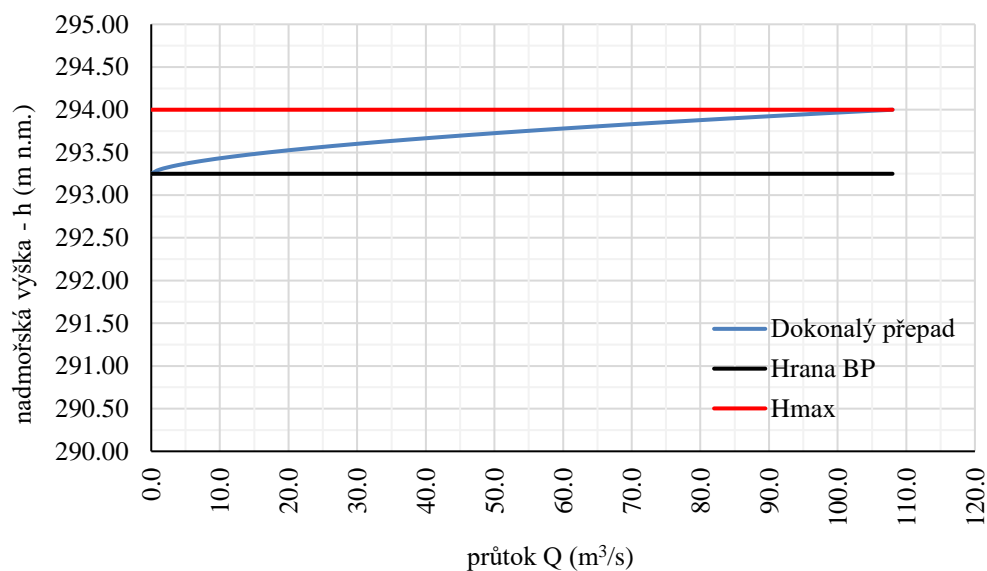
$g$  – tíhové zrychlení (m/s<sup>2</sup>)

Dané nerovnosti odpovídají z tabulky Tab. 4.3 hodnoty kritické hloubky  $h_{kr} = 1,86$  m a kritického průtoku  $Q_{kr} = 83,58$  m<sup>3</sup>/s. Konzumpční křivka dokonalého přepadu stanovená z přepadové rovnice je vidět v tabulce Tab. 4.5, kde  $h_p$  představuje výšku přepadového paprsku. Graficky je konzumpční křivka dokonalého přepadu znázorněna na obrázku Obr. 4.4.

Z výsledků je zřejmé, že přepad vody přes hranu bezpečnostního přelivu bude dokonalý, ale ne až do okamžiku dosažení návrhové výšky přepadového paprsku při návrhovém průtoku  $Q_{100}$ . Bylo tedy nutné posoudit, jestli v určitém okamžiku přepadu přes hranu bezpečnostního přelivu nastane přepad zatopený.

**Tab. 4.5 Konzumpční křivka dokonalého přepadu**

$h_p$		$\mu_p$	$m$	$b_0$	$Q$
(m)	(m n.m.)	(-)	(-)	(m)	(m <sup>3</sup> /s)
0.00	293.25			66.500	0
0.05	293.30	0.577	0.384	66.490	1.266
0.10	293.35	0.613	0.409	66.480	3.806
0.15	293.40	0.644	0.430	66.470	7.348
0.20	293.45	0.672	0.448	66.460	11.790
0.25	293.50	0.696	0.464	66.451	17.065
0.30	293.55	0.717	0.478	66.441	23.121
0.35	293.60	0.737	0.491	66.431	29.918
0.40	293.65	0.754	0.503	66.421	37.424
0.45	293.70	0.770	0.514	66.411	45.610
0.50	293.75	0.786	0.524	66.401	54.455
0.55	293.80	0.800	0.533	66.391	63.939
0.60	293.85	0.813	0.542	66.381	74.049
0.65	293.90	0.825	0.550	66.371	84.773
0.70	293.95	0.837	0.558	66.362	96.100
0.75	294.00	0.849	0.566	66.352	108.000


**Obr. 4.4 Konzumpční křivka dokonalého přepadu**



Počátek, kdy nastane přepad zatopený, lze stanovit z nerovnice [8]:

$$\frac{1}{\varphi} \cdot H_{ekr} \geq (h_p + i_0 \cdot l_p + s)$$

$i_0$  – sklon dna spadiště (-)

$l_p$  – délka spadiště (m)

$s$  – výška koruny přelivu nade dnem na začátku spadiště (m)

$\varphi$  – součinitel tvaru přechodu do skluzu (-)

$H_{ekr}$  – energetická kritická výška nade dnem konce spadiště (m)

$h_p$  – přepadová výška přelivným blokem, odpovídající řešenému průtoku  $Q$  (m)

Po dosazení hodnot jednotlivých veličin má nerovnost pro stanovení počátku zatopeného přepadu tvar:

$$H_{ekr} \geq \frac{h_p + 3,33}{1,19}$$

Hodnoty energetické kritické výšky nade dnem konce spadiště  $H_{ekr}$  pro jednotlivé průtoky  $Q$ , resp.  $Q_{kr}$ , a k nim odpovídající přepadové výšky jsou uvedeny v tabulce v příloze *Příloha č.19 – Stanovení hranice zatopeného přepadu*. Hodnoty průtoků  $Q$  pro příslušné přepadové výšky  $h_p$  byly stanoveny z přepadové rovnice. Kritické průtoky  $Q_{kr}$  pro odpovídající kritické výšky  $h_{kr}$  na začátku skluzu byly určeny ze stejných rovnic, které byly použity pro výpočet kritického průtoky  $Q_{kr}$  v tabulce Tab. 4.3.

Maximální úroveň hladiny na začátku spadiště  $h_0$  přibližně odpovídá rovnici [8]:

$$h_0 = \frac{1}{\varphi} \cdot H_{ekr} \quad (\text{m})$$

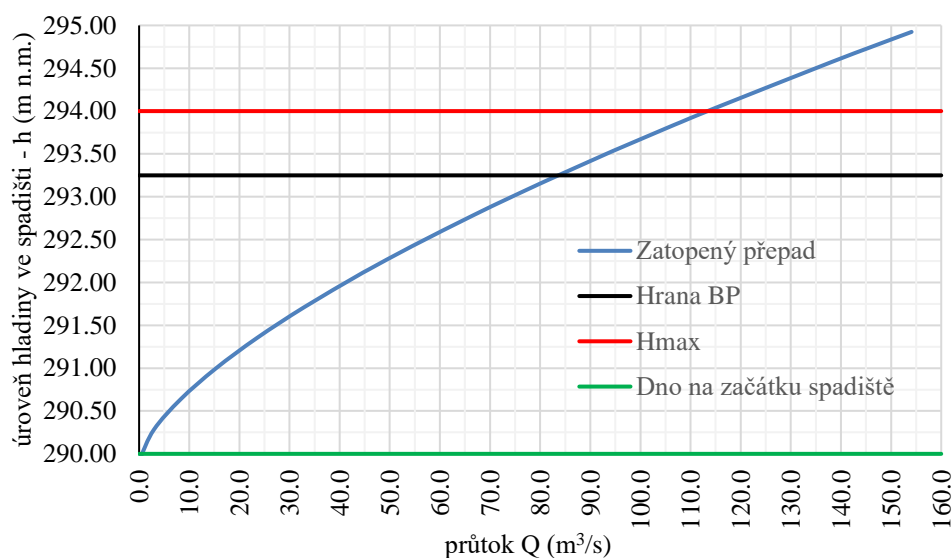
$\varphi$  – součinitel tvaru přechodu do skluzu (-)

$H_{ekr}$  – energetická kritická výška nade dnem konce spadiště (m)

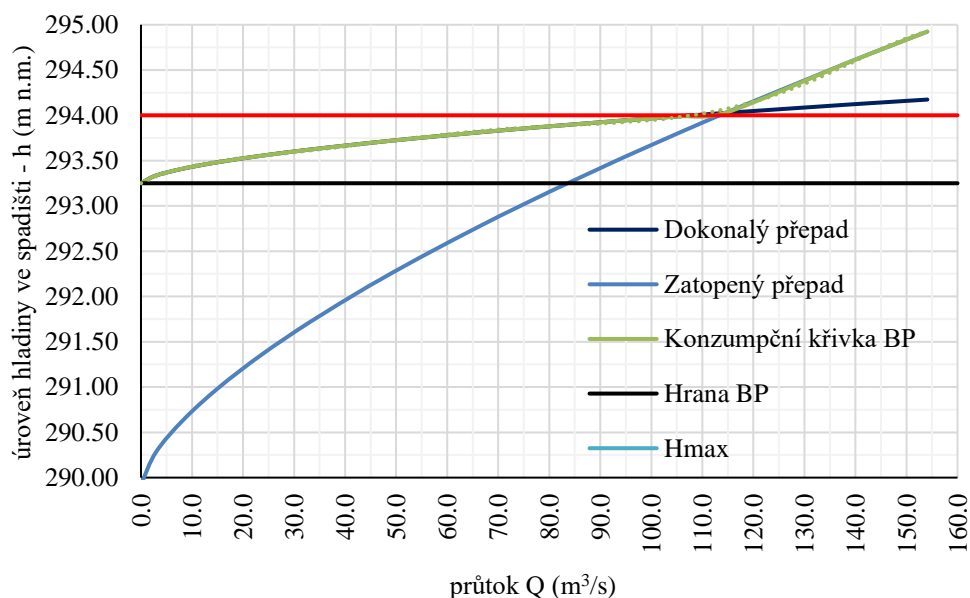
Výpočet hodnot energetické kritické výšky nad dnem konce spadiště  $H_{ekr}$  pro posouzení vzniku zatopeného přepadu uvádí *Příloha č.19 – Stanovení hranice zatopeného přepadu*. Z těchto výsledků je zřejmé, že ke vzniku zatopeného přepadu dojde až v okamžiku, kdy bude spadištěm proudit průtok  $Q_{kr} = 114,71 \text{ m}^3/\text{s}$ . Hodnota tohoto průtoky je však vyšší než návrhová hodnota průtoky  $Q_{100} = 108 \text{ m}^3/\text{s}$ . Můžeme tedy s jistotou tvrdit, že během přepadu přes hranu bezpečnostního přelivu nedojde ke vzniku zatopeného přepadu. Mezi hranicí dokonalého a zatopeného přepadu bude docházet

k nedokonalému přepadu, jehož přepadové množství se určí přibližně propojením konzumpčních křivek dokonalého a zatopeného přepadu. [8]

Konzumpční křivka zatopeného přepadu je vidět na obrázku Obr. 4.5. Konzumpční křivka bezpečnostního přelivu (BP) je znázorněna na obrázku Obr. 4.6. Schéma navrženého bezpečnostního přelivu  $i$  s odhadovanou délkou  $l_v$  a hloubkou  $d$  vývaru je uvedeno v příloze *Příloha č.20 – Schéma bezpečnostního přeliv*.



Obr. 4.5 Konzumpční křivka zatopeného přepadu



Obr. 4.6 Konzumpční křivka kašnového bezpečnostního přelivu





#### 4.2.2 Tlumení kinetické energie

Z důvodu potřeby tlumení kinetické energie přepadající vody bylo nutné navrhnout vývar, který navazuje na skluz. Obdélníkový betonový vývar o šířce 14 m, délce 11 m a navrhované hloubce 1,5 m navazuje na odpadní obdélníkové koryto. Šířka odpadního koryta činí 14 m. Uvažovaný sklon dna  $i_0$  odpadního koryta je 1 %. Manningův drsnostní součinitel  $n$  byl uvažován hodnotou 0,03. Zvolená hodnota drsnostního součinitele odpovídá střední hodnotě pro přirozené rovinné přímé toky [9]. V odpadním korytě bylo pro výpočet uvažováno ustálené rovnoměrné proudění. Za tohoto předpokladu je sklon čáry energie  $i_E$  odpadního koryta roven sklonu dna koryta  $i_0$ .

Průtok  $Q$  v odpadním korytě byl stanoven z rovnice [9]:

$$Q = v \cdot S \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

$v$  – průřezová rychlost (m/s)

$S$  – plocha průřezu (m<sup>2</sup>)

Průřezová rychlost  $v$  v odpadním korytě byla vypočtena z Chézyho rovnice [9]:

$$v = C \cdot \sqrt{R \cdot i_E} \quad (\text{m/s})$$

$C$  – rychlostní součinitel (m<sup>0.5</sup>/s)

$R$  – hydraulický poloměr (m)

$i_E$  – sklon čáry energie (-)

Hodnoty rychlostního součinitele  $C$  v Chézyho rovnici byly určeny z Manningovy rovnice pro ustálené proudění v korytech (9):

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6} \quad (\text{m}^{0.5}/\text{s})$$

$n$  – Manningův drsnostní součinitel (-)

$R$  – hydraulický poloměr (m)

Hydraulický poloměr  $R$  je dán vztahem [9]:

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

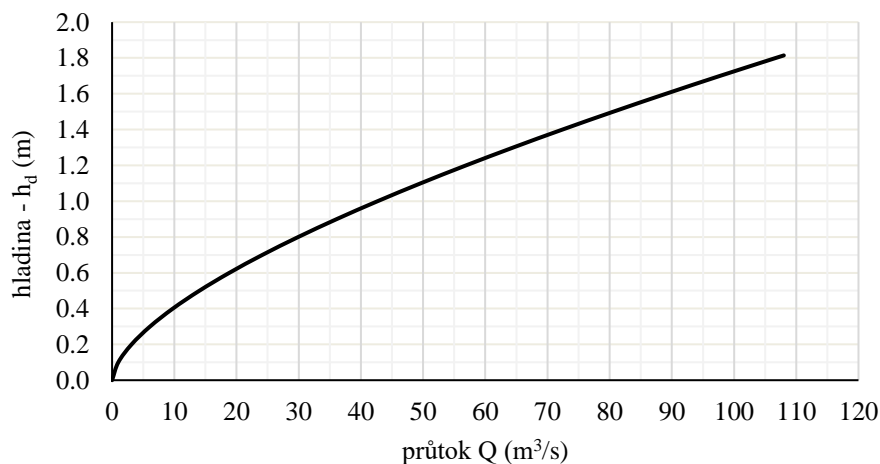
$S$  – průtočná plocha (m<sup>2</sup>)

$O$  – omočený obvod (m)

Výpočet konzumpční křivky odpadního koryta je tabelárně prezentován tabulkou Tab. 4.6 a graficky znázorněn na obrázku Obr. 4.7. Veličina  $h_d$  představuje úroveň hladiny vody v korytě při ustáleném proudění.

**Tab. 4.6 Výpočet konzumpční křivky odpadního koryta**

$h_d$	S	O	R	C	v	Q
(m)	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m)	(m <sup>0.5</sup> /s)	(m/s)	(m <sup>3</sup> /s)
0	0	0	0	0	0	0
0.10	1.40	14.20	0.10	22.66	0.71	1.00
0.20	2.80	14.40	0.19	25.37	1.12	3.13
0.30	4.20	14.60	0.29	27.08	1.45	6.10
0.40	5.60	14.80	0.38	28.35	1.74	9.77
0.50	7.00	15.00	0.47	29.36	2.01	14.04
0.60	8.40	15.20	0.55	30.20	2.24	18.86
0.70	9.80	15.40	0.64	30.91	2.47	24.17
0.80	11.20	15.60	0.72	31.54	2.67	29.93
0.90	12.60	15.80	0.80	32.10	2.87	36.12
1.00	14.00	16.00	0.88	32.60	3.05	42.69
1.10	15.40	16.20	0.95	33.05	3.22	49.63
1.20	16.80	16.40	1.02	33.47	3.39	56.91
1.30	18.20	16.60	1.10	33.85	3.54	64.50
1.40	19.60	16.80	1.17	34.20	3.69	72.40
1.50	21.00	17.00	1.24	34.53	3.84	80.59
1.60	22.40	17.20	1.30	34.83	3.98	89.04
1.70	23.80	17.40	1.37	35.12	4.11	97.76
1.80	25.20	17.60	1.43	35.39	4.23	106.71
1.81	25.40	17.63	1.44	35.43	4.25	108.00



**Obr. 4.7 Konzumpční křivka odpadního koryta**



Měrný průtok  $q$  byl stanoven ze vztahu [9]:

$$q = \frac{Q}{B} \quad (\text{m}^2/\text{s})$$

$Q$  – průtok  $(\text{m}^3/\text{s})$

$B$  – šířka vývaru  $(\text{m})$

Odhadovaná hloubka vývaru  $d$  je rovna 1,5 m. Vztah pro určení energetické výšky  $E$  má podobu [8]:

$$E = h_{kr} + d \quad (\text{m})$$

$h_{kr}$  – kritická hloubka na začátku skluzu  $(\text{m})$

$d$  – hloubka vývaru  $(\text{m})$

První vzájemná hloubka vodního skoku  $h_c$  byla stanovena postupnou iterací. Při první iteraci se uvažuje nulová hodnota  $h_c$  na pravé straně rovnice. Vztah pro první iteraci má tvar [8]:

$$h_c = \frac{q}{\varphi_v \sqrt{2g \cdot E}} \quad (\text{m})$$

$q$  – měrný průtok  $(\text{m}^2/\text{s})$

$\varphi_v$  – rychlostní součinitel  $(-)$

$E$  – energetická výška  $(\text{m})$

$g$  – tíhové zrychlení  $(\text{m}/\text{s}^2)$

Rychlostní součinitel při dopadu na dno vývaru  $\varphi_v$  byl uvažován hodnotou 0,9 pro přelivy hrubých tvarů. [8] V následujících iteracích figuruje na pravé straně rovnice hodnota  $h_c$  z předcházejícího kroku. Následující iterace první vzájemné hloubky vodního skoku  $h_c$  odpovídají rovnici ve tvaru [8]:

$$h_c = \frac{q}{\varphi_v \sqrt{2g \cdot (E - h_c)}} \quad (\text{m})$$

$q$  – měrný průtok  $(\text{m}^2/\text{s})$

$\varphi_v$  – rychlostní součinitel  $(-)$

$E$  – energetická výška  $(\text{m})$

$g$  – tíhové zrychlení  $(\text{m}/\text{s}^2)$



Druhá vzájemná hloubka vodního skoku  $h_2$  byla stanovena z rovnice [8]:

$$h_2 = \frac{h_c}{2} \left[ \sqrt{1 + \frac{8q^2}{gh_c^3}} - 1 \right] \quad (\text{m})$$

$q$  – měrný průtok  $(\text{m}^2/\text{s})$

$h_c$  – první vzájemná hloubka vodního skoku  $(\text{m})$

$g$  – tíhové zrychlení  $(\text{m}/\text{s}^2)$

Návrhový průtok  $q_n$  pro dimenzování vývaru odpovídá maximálnímu rozdílu  $\Delta h$  druhé vzájemné hloubky vodního skoku  $h_2$  a úrovně hladiny vody v odpadním korytě  $h_d$ . Rozdíl  $\Delta h$  je určen vztahem [8]:

$$\Delta h = h_2 - h_d \quad (\text{m})$$

$h_2$  – druhá vzájemná hloubka vodního skoku  $(\text{m})$

$h_d$  – úroveň hladiny vody v odpadním korytě  $(\text{m})$

**Tab. 4.7 Výpočet  $\Delta h$  pro návrhový průtok  $q_n$**

$h_{kr}$		$Q$	$q$	$h_c$	$h_2$	$h_d$		$Q$	$\Delta h$
(m)	(m n. m.)	( $\text{m}^3/\text{s}$ )	( $\text{m}^2/\text{s}$ )	(m)	(m)	(m)	(m n. m.)	( $\text{m}^3/\text{s}$ )	(m)
0	289.92					0	286.50		0
0.20	290.12	2.87	0.21	0.04	0.46	0.19	286.69	2.87	0.27
0.40	290.32	7.97	0.57	0.11	0.79	0.35	286.85	7.97	0.43
0.60	290.52	14.35	1.03	0.19	1.07	0.51	287.01	14.35	0.57
0.80	290.72	21.68	1.55	0.27	1.34	0.65	287.15	21.68	0.68
1.00	290.92	29.75	2.12	0.36	1.59	0.80	287.30	29.75	0.79
1.20	291.12	38.41	2.74	0.46	1.83	0.94	287.44	38.41	0.89
1.25	291.17	40.58	2.90	0.48	1.88	0.97	287.47	40.58	0.91
1.40	291.32	47.55	3.40	0.56	2.06	1.07	287.57	47.55	0.99
1.60	291.52	57.10	4.08	0.65	2.28	1.20	287.70	57.10	1.07
1.70	291.63	62.26	4.45	0.71	2.39	1.27	287.77	62.26	1.12
1.80	291.72	67.00	4.79	0.75	2.49	1.33	287.83	67.00	1.16
1.83	291.75	81.19	5.80	0.94	2.70	1.51	288.01	81.19	1.19
2.00	291.92	93.02	6.64	1.07	2.90	1.65	288.15	93.02	1.26
2.04	291.96	95.82	6.84	1.10	2.95	1.68	288.18	95.82	1.27
2.17	292.10	105.34	7.52	1.20	3.10	1.78	288.28	105.34	1.32
2.21	292.13	108.00	7.71	1.23	3.14	1.81	288.31	108.00	1.33

Vzhledem k tomu, že pro všechny průtoky přelivem je úroveň hladiny  $h_{kr}$  (m n. m.) výše než hladina v odpadním korytě  $h_d$  (m n. m.), nedochází k ovlivnění průtoku spadištěm dolní vodou.



Z tabulky Tab. 4.7 vyplývá, že maximální hodnota  $\Delta h_{max}$  je rovna 1,33 m. Této hodnotě odpovídá návrhový průtok  $q_n = 7,71 \text{ m}^2/\text{s}$ . Pro návrhový průtok byly posouzeny rozměry vývaru. Míra vzduť  $\sigma$  by měla být v rozmezí hodnot  $1,05 \div 1,10$ . Míra vzduť  $\sigma$  odpovídá rovnici [8]:

$$\sigma = \frac{h_d + d}{h_2} = \frac{1,81 + 1,5}{3,14} = 1,054 \quad (-)$$

$h_d$  – hloubka v odpadním korytě při návrhovém průtoku  $q_n$  (m)

$d$  – navrhovaná hloubka vývaru (m)

$h_2$  – druhá vzájemná hloubka vodního skoku při návrhovém průtoku  $q_n$  (m)

Míra vzduť  $\sigma = 1,054$  se nachází v požadovaném rozmezí. Navrhovaná hloubka vývaru  $d$  je vyhovující. Posouzení délka vývaru  $l_v$  bylo provedeno ze vztahu podle Nováka [8]:

$$l_v = K \cdot (h_2 - h_c) \quad (\text{m})$$

$h_2$  – druhá vzájemná hloubka vodního skoku při návrhovém průtoku  $q_n$  (m)

$h_c$  – první vzájemná hloubka vodního skoku při návrhovém průtoku  $q_n$  (m)

$K$  – součinitel závislý na poměru  $h_2/h_c$

Součinitel  $K$  je pro poměr  $\frac{h_2}{h_c} = 2,56$  roven hodnotě 5,5 [8]. Po dosazení do rovnice

podle Nováka je délka vývaru  $l_v$  rovna:

$$l_v = K \cdot (h_2 - h_c) = 5,5 \cdot (3,14 - 1,23) = 10,51 \text{ m}$$

Navrhovaná délka vývaru  $l_v = 11,0 \text{ m}$  je vzhledem k vypočtené délce vývaru  $l_v$  podle Nováka vyhovující. Navrhovaný kašnový bezpečnostní přeliv a vývar jsou spolu s výpustným objektem a tělesem hráze MVN znázorněny v příloze *Příloha č.21 – Situace objektů MVN*.

### 4.3 Výpustný objekt

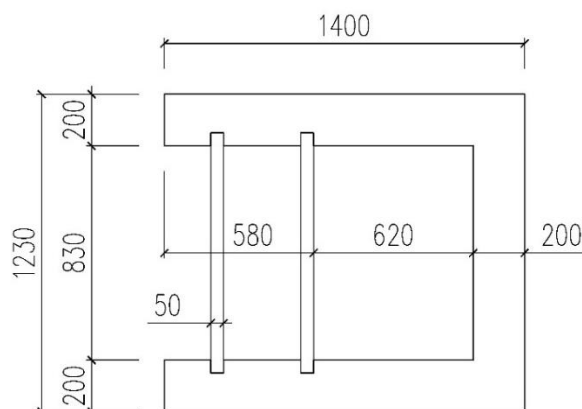
Malé vodní nádrže musí být opatřeny výpustným zařízením, které slouží k regulaci hladiny vody v nádrži. Výpustná zařízení jsou situována do nejnižšího místa nádrže a umožňují její kompletní vypuštění. Rozlišujeme výpusti otevřené a trubní. Některé otevřené výpusti mohou plnit funkci bezpečnostního přelivu. K nejčastěji používaným trubním výpustem patří výpusti požerákového typu. [6]

#### 4.3.1 Návrh výpustného zařízení

Návrh výpustného zařízení MVN byl proveden pro variantu MVN č. 1 – zásobní nádrž. Kóta hladiny normálního nadržení je shodná s kótou hrany bezpečnostního přelivu, která odpovídá kótě 293,25 m n. m. Maximální hladina je určena kótou 294,0 m n. m.

Navrhovaná MVN je opatřena trubní výpustí požerákového typu. Požerák je navržený jako otevřený se dvěma dlužovými stěnami. Voda přepadá přes druhou dlužovou stěnu. Výška dluží z modřínového nebo dubového dřeva činí 0,2 m. Konstrukce prefabrikovaného požeráku bude dosahovat výškové úrovně 294,25 m n. m. Výška požeráku je 7,0 m. První dlužová stěna bude permanentně zahrazena od úrovně výšky 294,25 m n. m a bude ukončena ve výšce 0,5 m nade dnem požeráku. Takto vytvořený prostor mezi dlužovou stěnou a dnem požeráku bude opatřen česlemi.

Dluže druhé stěny, kterými bude regulována hladina, budou osazeny již ode dna požeráku, maximálně však do úrovně výšky 293,25 m n. m. Požerák bude z vrchu opatřen uzamykatelným poklopem. Přístup k požeráku bude zajištěn ocelovou lávkou. Lávka bude z koruny hráze přístupná po schodech z kamenné dlažby. Půdorysné rozměry požeráku jsou vidět na obrázku Obr. 4.8. Odpadní potrubí je navrženo z betonových trub DN 800 mm. Odpadní potrubí bude provedeno ve sklonu 2 %. Výpustný objekt a odpadní potrubí jsou znázorněny v příloze *Příloha č.21 – Situace objektů MVN*.



Obr. 4.8 Půdorysné schéma požeráku



### 4.3.2 Průtok vody požerákem za povodně

Kapacita spodní výpusti je ve srovnání s kapacitou bezpečnostních přelivů malá. Nepředpokládá se manipulace s dlužemi ani uzávěry během povodně. [8]

Průtok  $Q$  při přepadu přes ostrou hranu (dluže) je dán přepadovou rovnicí [8]:

$$Q = m \cdot b_0 \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{3/2} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

$b_0$  – efektivní šířka přelivné hrany (m)

$m$  – přepadový součinitel (-)

$g$  – tíhové zrychlení ( $\text{m}/\text{s}^2$ )

$h$  – výška přepadového paprsku (m)

Ve výpočtu efektivní šířky přelivné hrany  $b_0$  není uvažovaný vliv kontrakce z důvodu uspořádání dlužových stěn. Voda přepadá přes druhou dlužovou stěnu. Efektivní šířka přelivné hrany  $b_0 = 0,83$  m.

Hodnoty přepadového součinitele  $m$  v závislosti na přepadových výškách uvádí tabulka Tab. 4.8.

**Tab. 4.8** Hodnoty přepadového součinitele  $m$  [8]

h (m)	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20
m (-)	0.459	0.45	0.439	0.432	0.428	0.424	0.422	0.42	0.419

h (m)	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
m (-)	0.417	0.416	0.415	0.415	0.414	0.413	0.412	0.411	0.410

h (m)	0.60	0.70
m (-)	0.410	0.409

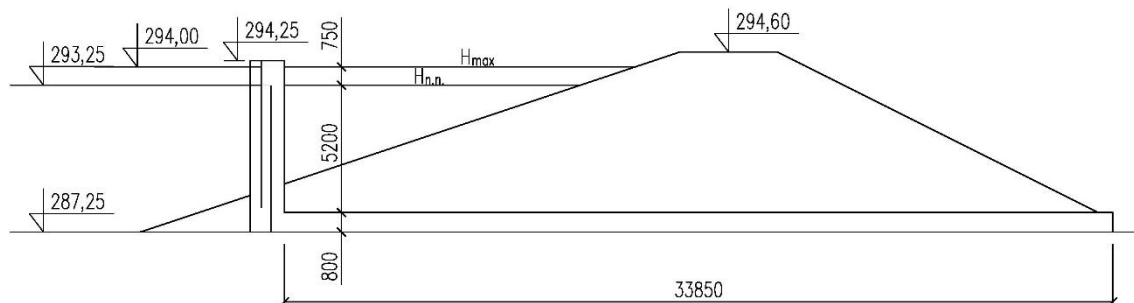
Během zvyšování hladiny vody v nádrži může nastat nestabilní režim proudění, kdy dochází ke strhávání vzduchu do šachty požeráku. Počátek možnosti vzniku tohoto proudění je dán vztahem [8]:

$$Q_j = 4,3 \cdot b \cdot d_s^{3/2} = 4,3 \cdot 0,83 \cdot 0,62^{3/2} = 1,74 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$b$  – šířka přelivné hrany (m)

$d_s$  – šířka šachty ve směru osy výpustného potrubí (m)

Horní omezení nestabilního režimu proudění je dáno tlakovým průtokem vody požerákem. [8]



Obr. 4.9 Schéma pro výpočet tlakového průtoku vody požerákem

Tlakový průtok vody byl stanoven z rovnice [8]:

$$Q = S \cdot v \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

$S$  – průtočný průřez odpadního potrubí  $(\text{m}^2)$

$v$  – průřezová rychlost  $(\text{m}/\text{s})$

Průřezová rychlost  $v$  byla určena ze vztahu [8]:

$$v = \sqrt{\frac{2g \cdot H}{1 + \sum \xi_i}} \quad (\text{m}/\text{s})$$

$g$  – tíhové zrychlení  $(\text{m}/\text{s}^2)$

$H$  – rozdíl hladiny v nádrži a v odpadu od osy výpustného potrubí, za předpokladu, že hladina v odpadním korytě nezatápí výtok  $(\text{m})$

$\sum \xi_i$  – součet součinitelů místních ztrát a součinitelů ztrát třením  $(-)$

Vztah pro výpočet rozdílu hladin  $H$  je v tomto konkrétním případě dán rovnicí:

$$H = H_n - H_d - \frac{d}{2} \quad (\text{m})$$

$H_n$  – úroveň hladiny vody v nádrži  $(\text{m n. m.})$

$H_d$  – kóta dna nádrže  $(\text{m})$ ;  $H_d = 287,25 \text{ m}$

$d$  – průměr odpadního potrubí  $(\text{m})$

Ztráta vtokem do potrubí  $\zeta_v$  byla uvažována orientační hodnotou 0,5. Ztráta výtokem vody z potrubí byla zanedbána. [8]





Součinitel ztráty třením pro kruhový profil  $\xi_t$  byl stanoven ze vztahu [8]:

$$\xi_t = \frac{125 \cdot n^2 \cdot l_p}{d^{4/3}} \quad (-)$$

d – průměr potrubí (m)

n – Manningův drsnostní součinitel pro beton (n = 0,014) [8] (-)

$l_p$  – délka odpadního potrubí (m)

Součinitel ztráty třením v šachtě požeráku  $\xi_s$  byl vypočten ze vzorce pro stanovení součinitele ztráty třením pro obecný profil [8]:

$$\xi_t = \frac{2g \cdot n^2 \cdot l_s}{R^{4/3}} \quad (-)$$

R – hydraulický poloměr (m)

n – Manningův drsnostní součinitel pro beton (n = 0,014) [8] (-)

$l_s$  – délka šachty požeráku (m)

g – tíhové zrychlení ( $m/s^2$ )

Hydraulický poloměr R je dán vztahem [8]:

$$R = \frac{S_s}{O} \quad (m)$$

$S_s$  – průtočná plocha šachty požeráku ( $m^2$ )

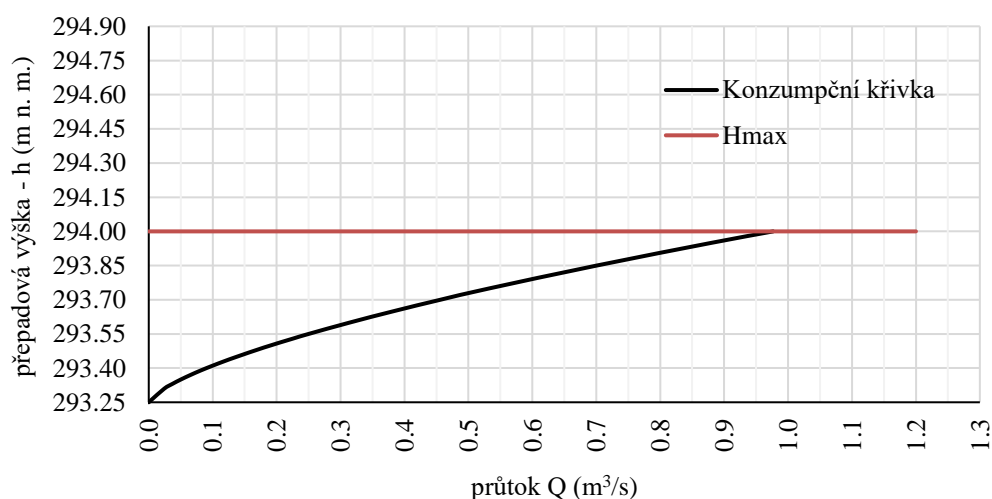
O – omočený obvod šachty požeráku (m)

**Tab. 4.9 Vstupní hodnoty pro výpočet tlakového proudění**

d	0.800	(m)	$l_s$	5.200	(m)
$S_p$	0.503	( $m^2$ )	$S_s$	0.515	( $m^2$ )
$\xi_v$	0.500	(-)	O	2.900	(m)
$l_p$	33.85	(m)	R	0.177	(m)
n	0.014	(-)	$\xi_s$	0.201	(-)
$\xi_t$	1.117	(-)	$\Sigma \xi_i$	2.317	(-)
g	9.810	( $m/s^2$ )			

**Tab. 4.10 Výpočet konzumpční křivky požerákové výpusti**

Přepad přes dlužovou stěnu					Takový průtok	
h	H <sub>n</sub>	m	b <sub>0</sub>	Q	v	Q
(m)	(m n. m.)	(-)	(m)	(m <sup>3</sup> /s)	(m/s)	(m <sup>3</sup> /s)
0	293.25	0	0	0	0	0
0.06	293.31	0.450	0.83	0.024	5.786	2.908
0.08	293.33	0.439	0.83	0.037	5.796	2.913
0.10	293.35	0.432	0.83	0.050	5.806	2.919
0.12	293.37	0.428	0.83	0.065	5.816	2.924
0.14	293.39	0.424	0.83	0.082	5.827	2.929
0.16	293.41	0.422	0.83	0.099	5.837	2.934
0.18	293.43	0.420	0.83	0.118	5.847	2.939
0.20	293.45	0.419	0.83	0.138	5.857	2.944
0.24	293.49	0.416	0.83	0.180	5.877	2.954
0.28	293.53	0.415	0.83	0.226	5.897	2.964
0.30	293.55	0.414	0.83	0.250	5.907	2.969
0.35	293.60	0.413	0.83	0.314	5.932	2.982
0.40	293.65	0.412	0.83	0.383	5.957	2.994
0.45	293.70	0.411	0.83	0.456	5.982	3.007
0.50	293.75	0.410	0.83	0.533	6.007	3.019
0.60	293.85	0.410	0.83	0.701	6.056	3.044
0.70	293.95	0.409	0.83	0.881	6.104	3.068
0.75	294.00	0.409	0.83	0.977	6.128	3.080


**Obr. 4.10 Konzumpční křivka požerákové výpusti**

Podle výsledků výpočtu konzumpční křivky uvedených v tabulce Tab. 4.10 je zřejmé, že během průtoku vody za povodně nenastane tlakové proudění požerákem.

Hranice počátku nestabilního proudění je dána průtokem  $Q_j = 1,74 \text{ m}^3/\text{s}$ , který odpovídá přibližně přepadové výšce přes dlužovou stěnu  $h = 1,1 \text{ m}$ .

Za předpokladu funkčnosti bezpečnostního přelivu, který převede průtok  $Q_{100}$  s návrhovou přepadovou výškou  $h = 0,75 \text{ m}$ , nenastane proměnný režim proudění požerákem. Hodnota návrhového přepadového paprsku  $h$  je nižší než úroveň přepadového paprsku, při kterém dojde ke vzniku nestabilního režimu proudění.

### 4.3.3 Posouzení odpadního potrubí od výpusti

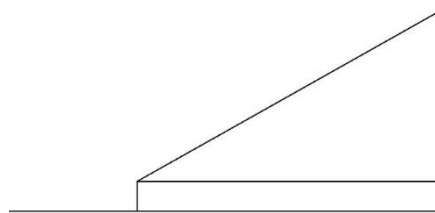
Odpadní potrubí požerákové výpusti DN 800 mm je navrženo ve sklonu 2 %. Pro zajištění průtoku propustkem o volné hladině bez vlivu dolní vody s nezahlceným vtokem musí být splněna podmínka, která je dána vztahem [8]:

$$h_0 < \beta \cdot h_p \quad (\text{m})$$

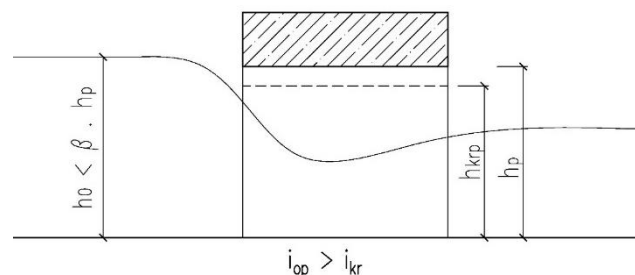
$h_0$  – hloubka vody před propustkem od úrovně dna vtoku do propustku (m)

$\beta$  – součinitel tvaru vtoku (-)

$h_p$  – výška (průměr) propustku (m)



Obr. 4.11 Uspořádání vtoku do propustku

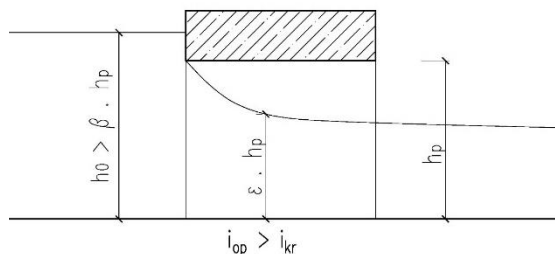


Obr. 4.12 Průtok propustkem – nezahlcený vtok

Dle uspořádání tvaru vtoku do propustku na obrázku Obr. 4.11 je součinitel tvaru vtoku  $\beta$  roven hodnotě 0,16. [8]

Nerovnost má po dosazení součinitele vtoku  $\beta$  a navrhovaného průměru odpadního potrubí  $h_p$  následující tvar:

$$h_0 < 0,93 \quad (\text{m})$$



**Obr. 4.13 Průtok propustkem – zahlcený vtok**

Hloubka vody před propustkem  $h_0$  od úrovně dna vtoku do propustku je dána vztahem [8]:

$$h_0 = \frac{1}{\varphi} \cdot \left( h_{krp} + \frac{v_{krp}^2}{2g} \right) \quad (\text{m})$$

$h_0$  – hloubka vody před propustkem od úrovně dna vtoku do propustku (m)

$\varphi$  – součinitel tvaru vtoku (-)

$h_{krp}$  – kritická hloubka v propustku (m)

$v_{krp}$  – kritická rychlost v propustku (m/s)

$g$  – tíhové zrychlení (m/s<sup>2</sup>)

Dle uspořádání vtoku do propustku na obrázku Obr. 4.11 je součinitel tvaru vtoku  $\varphi$  roven hodnotě 0,84. [8] Kritická rychlost v propustku  $v_{krp}$  byla stanovena z rovnice [8]:

$$v_{krp} = \frac{Q_{krp}}{S_{krp}} \quad (\text{m})$$

$v_{krp}$  – kritická rychlost (m/s)

$Q_{krp}$  – kritický průtok (m<sup>3</sup>/s)

$S_{krp}$  – průtočná plocha (m<sup>2</sup>)



Za předpokladu zanedbání vlivu dolní vody, nastane při hodnotách  $h_0 > 0,93$  m průtok propustkem o volné hladině se zahlceným vtokem (Obr. 4.13), který je dán vztahem [8]:

$$Q = 0,62 \cdot S_p \cdot \varphi \cdot \sqrt{2g} \cdot \sqrt{h_0 - \varepsilon \cdot h_p} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

$Q$  – průtok propustkem o volné hladině se zahlceným vtokem  $(\text{m}^3/\text{s})$

$S_p$  – průtočná plocha propustku při hloubce  $h_p$   $(\text{m}^2)$

$\varphi$  – součinitel tvaru vtoku  $(-)$

$g$  – tíhové zrychlení  $(\text{m}/\text{s}^2)$

$h_0$  – hloubka vody před propustkem od úrovně dna vtoku do propustku  $(\text{m})$

$h_p$  – výška (průměr) propustku  $(\text{m})$

$\varepsilon$  – součinitel; pro kruhový profil  $\varepsilon = 0,6$   $(-)$

Kritické hodnoty potrubí při průtoku s volnou hladinou pro kruhový profil byly určeny z poměrných hodnot jednotlivých charakteristik uvedených ve skriptu *Vrána – Rybníky a účelové nádrže – příklady*. [8]

Výpočet konzumpční křivky odpadního potrubí je uveden v tabulce Tab. 4.11, kde:

$h_{\text{křp}}$  – kritická hloubka v propustku  $(\text{m})$

$h/r$  – poměr hloubky vody v kruhovém profilu a poloměru potrubí  $(-)$

$S_{\text{křp}}$  – průtočná plocha  $(\text{m}^2)$

$i_{\text{křp}}$  – kritický sklon dna  $(-)$

$Q_{\text{křp}}$  – kritický průtok  $(\text{m}^3/\text{s})$

$v_{\text{křp}}$  – kritická rychlost  $(\text{m}/\text{s})$

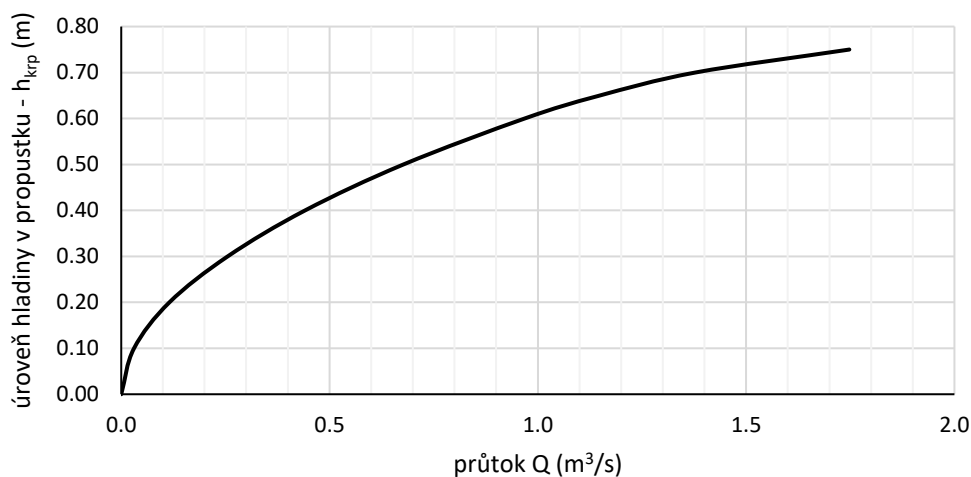
$h_0$  – hloubka vody před propustkem od úrovně dna vtoku do propustku  $(\text{m})$

$n$  – Manningův drsnostní součinitel; pro beton uvažováno  $n = 0,014$  [8]

$Q$  – průtok propustkem o volné hladině se zahlceným vtokem  $(\text{m}^3/\text{s})$

**Tab. 4.11 Kritické hodnoty kruhového potrubí**

$h_{kzp}$		$h/r$	$S_{kzp}$	$i_{kzp}$	$Q_{kzp}$	$v_{kzp}$	$h_0$	Vtok	$Q$
(m)	(m n. m.)	(-)	( $m^2$ )	(-)	( $m^3/s$ )	(m/s)	(m)	$h_0 < \beta \cdot h_p$	( $m^3/s$ )
0	287.25	0			0				
0.10	287.35	0.25	0.037	0.005	0.031	0.837	0.162	Nezahl.	
0.20	287.45	0.50	0.098	0.005	0.116	1.177	0.322	Nezahl.	
0.30	287.55	0.75	0.172	0.005	0.256	1.484	0.491	Nezahl.	
0.40	287.65	1.00	0.251	0.005	0.441	1.756	0.663	Nezahl.	
0.50	287.75	1.25	0.330	0.006	0.677	2.050	0.850	Nezahl.	
0.60	287.85	1.50	0.404	0.007	0.969	2.396	1.062	Zahlcen	0.885
0.65	287.90	1.62	0.437	0.009	1.145	2.622	1.190	Zahlcen	0.977
0.70	287.95	1.75	0.466	0.011	1.378	2.958	1.364	Zahlcen	1.090
0.75	288.00	1.88	0.489	0.018	1.748	3.574	1.668	Zahlcen	1.264
0.80	288.05	2.00	0.503						


**Obr. 4.14 Konzumpční křivka odpadního potrubí**

Sklon dna odpadního potrubí  $i_{op} = 2,0 \%$  je v každém okamžiku průtoku vody propustkem větší než hodnoty kritického sklonu propustku  $i_{kzp}$  ( $i_{op} > i_{kzp}$ ). Průtok propustkem odpovídá vypočteným kritickým hodnotám průtoku  $Q_{kzp}$  pro jednotlivé kritické hloubky  $h_{kzp}$ . [8]

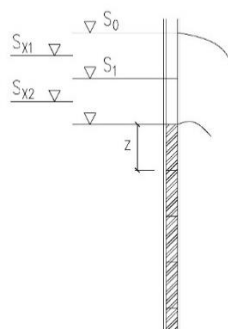
Maximální hodnota průtoku  $Q_{max}$  šachtou požeráku, které bude dosaženo při průchodu povodně, je rovna  $0,977 \text{ m}^3/s$ . Tato hodnota průtoku odpovídá návrhové přepadové výšce  $h = 0,75 \text{ m}$  a přibližné úrovni hladiny vody v odpaním potrubí  $h_{kzp} = 0,60 \text{ m}$  nad dnem vtoku. Při maximálním průtoku  $Q_{max}$  šachtou požeráku není kapacita navrhovaného odpadního potrubí využita na 100 %. Kapacita navrhovaného odpadního potrubí je dostačující, neboť platí podmínka  $Q_{max} < Q_{kzp}$ .

Při úrovni hladiny vody v propustku  $h_{krp} = 0,60$  m bude hloubka horní vody před propustkem  $h_0$  dosahovat přibližně hodnoty 1,06 m. Podmínka pro hodnoty hloubky horní vody  $h_0 < 0,93$  m není splněna. V propustku bude dosaženo proudění o volné hladině se zahlceným vtokem a bez vlivu dolní vody. Navrhované odpadní potrubí DN 800 mm, které bude provedeno ve sklonu 2 %, vyhovuje návrhovým požadavkům.

Návrh vývaru pod odpadním potrubím spodní výpusti nebyl předmětem této studie. Posouzení a návrh vývaru bude nutné provést v dalším stupni projektové dokumentace.

#### 4.3.4 Průtok vody při prázdnění nádrže

Při výpočtu doby prázdnění nádrže s požerákovým výpustným zařízením s dlužovou stěnou se uvažuje postupné odnímání dluží. Závisí na uspořádání dlužové stěny. Podle obrázku Obr. 4.15, který reprezentuje uspořádání dlužové stěny navrhované MVN, je maximální výška přepadového paprsku dána hodnotou  $2z$ . Minimální výška přepadového paprsku je rovna výšce jedné dluže  $z$ . [6]



Obr. 4.15 Schéma uspořádání dlužové stěny [6]

Průtok při prázdnění nádrže za časový interval  $dt$  je dán vztahem [8]:

$$Q_0 \cdot dt = S_x \cdot dx$$

$Q_0$  – střední přepadové množství přes dluže požeráku v intervalu  $dx$  (m<sup>3</sup>)

$S_x$  – střední plocha hladiny v nádrži v intervalu  $dx$  (m<sup>2</sup>)

Přepadové množství  $Q_0$  přes dlužovou stěnu požeráku je určeno přepadovou rovnicí ve tvaru [8]:

$$Q_0 = m \cdot b_0 \cdot \sqrt{2g} \cdot x^{3/2}$$

$m$  – součinitel přepadu přes ostrou hranu (-);  $m = 0,407$  [8]

$b_0$  – účinná šířka dluže bez vlivu kontrakce (m);  $b_0 = b = 0,83$  m

$g$  – tíhové zrychlení (m/s<sup>2</sup>);  $x$  – výška přepadového paprsku (m)



Dosažením přepadové rovnice do rovnice pro výpočet průtoku při prázdnění nádrže za časový interval  $dt$  získáme vztah [8]:

$$m \cdot b_0 \cdot \sqrt{2g} \cdot x^{3/2} \cdot dt = S_x \cdot dx$$

Separací proměnných a integrací v mezích  $h_{min}$  a  $h_{max}$  ( $h_{max} = 2z$ ;  $h_{min} = z$ ) získáváme vztah pro výpočet doby  $t_i$ , za kterou klesne hladina vody v nádrži o výšku jedné dluže  $z$  [8]:

$$t_i = \frac{0,132 \cdot S_x}{m \cdot b_0 \sqrt{z}} \quad (s)$$

$S_x$  – střední plocha hladiny v nádrži v intervalu  $dx = z$  (m<sup>2</sup>)

$m$  – součinitel přepadu přes ostrou hranu (-);  $m = 0,407$  [8]

$b_0$  – účinná šířka dluže bez vlivu kontrakce (m);  $b_0 = b = 0,83$  m

$z$  – výška jedné dluže (m);  $z = 0,2$  m

Za předpokladu zanedbatelně malého přítoku vody do nádrže vzhledem k odtoku vody požerákem, je celková doba  $T$  potřebná k úplnému vyprázdnění nádrže dána vztahem [8]:

$$T = \sum_{i=1}^n t_i = \frac{0,132}{m \cdot b_0} \cdot \left( \frac{S_0}{2} + S_1 + \dots + S_{n-1} + \frac{S_n}{2} \right) \cdot \frac{1}{\sqrt{z}} \quad (s)$$

$S$  – odpovídající plochy nádrže (m<sup>2</sup>)

$z$  – výška jedné dluže (m);  $z = 0,2$  m

$m$  – součinitel přepadu přes ostrou hranu (-);  $m = 0,407$  [8]

$b_0$  – účinná šířka dluže bez vlivu kontrakce (m);  $b_0 = b = 0,83$  m

Výpočet doby prázdnění nádrže je uveden v tabulce Tab. 4.12.



Tab. 4.12 Výpočet doby prázdnění nádrže

Kóta hladiny [m n. m.]	Plocha hladiny		Doba prázdnění	
	S [m <sup>2</sup> ]	S <sub>x</sub> [m <sup>2</sup> ]	[hod]	[dny]
293.25	232 268			
293.05	215 616	223 942	54.35	2.26
292.85	199 160	207 388	50.33	2.10
292.65	183 909	191 535	46.49	1.94
292.45	169 754	176 831	42.92	1.79
292.25	155 471	162 613	39.47	1.64
292.05	141 628	148 550	36.05	1.50
291.85	130 098	135 863	32.97	1.37
291.65	119 709	124 903	30.31	1.26
291.45	109 570	114 639	27.82	1.16
291.25	99 072	104 321	25.32	1.05
291.05	87 717	93 395	22.67	0.94
290.85	78 045	82 881	20.12	0.84
290.65	67 327	72 686	17.64	0.74
290.45	55 197	61 262	14.87	0.62
290.25	43 654	49 426	12.00	0.50
290.05	34 242	38 948	9.45	0.39
289.85	25 171	29 707	7.21	0.30
289.65	17 297	21 234	5.15	0.21
289.45	11 344	14 321	3.48	0.14
289.25	7 909	9 627	2.34	0.10
289.05	7 227	7 568	1.84	0.08
288.85	6 585	6 906	1.68	0.07
288.65	5 921	6 253	1.52	0.06
288.45	5 081	5 501	1.34	0.06
288.25	3 823	4 452	1.08	0.05
288.05	3 430	3 627	0.88	0.04
287.85	3 076	3 253	0.79	0.03
287.65	2 352	2 714	0.66	0.03
287.25	0	1 176	0.29	0.01
<b>SOUČET</b>		<b>Σt<sub>i</sub></b>	511.03	21.29

Celková doba  $T$  potřebná k vyprázdnění nádrže činí přibližně 21,3 dnů.



Celkovou dobu prázdnění nádrže  $T$  lze také určit ze vztahu [8]:

$$T = \frac{0,132 \cdot V}{m \cdot b_0 \cdot z^{3/2}} \quad (\text{s})$$

$V$  – objem vody v nádrži ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$m$  – součinitel přepadu přes ostrou hranu (-);  $m = 0,407$  [8]

$b_0$  – účinná šířka dluže bez vlivu kontrakce (m);  $b_0 = b = 0,83$  m

$z$  – výška jedné dluže (m);  $z = 0,2$  m

Na počátku prázdnění nádrže jsou vyhrazeny dvě dluže a při poklesu hladiny o výšku jedné dluže  $z$  je vyhrazena další dluž. Za předpokladu plného zásobního prostoru nádrže na kótě hladiny normálního nadržení je objem  $V$  vody v nádrži roven  $421\,151 \text{ m}^3$ . Doba  $T$  potřebná pro úplné vyprázdnění nádrže o objemu  $V$  je 21,3 dnů.

Při prázdnění nádrže byl dále vypočten maximální a minimální průtok při přepadu přes dlužovou stěnu. Maximální průtok  $Q_{max}$  nastává v okamžiku přepadové výšky  $h = 2z$ . Minimální průtok  $Q_{min}$  odpovídá výšce přepadového paprsku  $h = z$ , kde  $z$  je výška dluže. [8]

Maximální průtok  $Q_{max}$  při přepadu přes dlužovou stěnu je dán vztahem [8]:

$$Q_{max} = 12,53 \cdot m \cdot b_0 \cdot z^{3/2} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

$m$  – součinitel přepadu přes ostrou hranu (-);  $m = 0,407$  [8]

$b_0$  – účinná šířka dluže bez vlivu kontrakce (m);  $b_0 = b = 0,83$  m

$z$  – výška jedné dluže (m);  $z = 0,2$  m

Rovnice pro výpočet minimálního průtok  $Q_{min}$  při přepadu přes dlužovou stěnu má tvar [8]:

$$Q_{min} = 4,43 \cdot m \cdot b_0 \cdot z^{3/2} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

$m$  – součinitel přepadu přes ostrou hranu (-);  $m = 0,407$  [8]

$b_0$  – účinná šířka dluže bez vlivu kontrakce (m);  $b_0 = b = 0,83$  m

$z$  – výška jedné dluže (m);  $z = 0,2$  m

Vypočtený maximální průtok  $Q_{max}$  je roven hodnotě  $0,38 \text{ m}^3/\text{s}$ . Stanovený minimální průtok  $Q_{min}$  odpovídá hodnotě  $0,13 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Z hodnot průtoků  $Q_{max}$  a  $Q_{min}$  je, ve srovnání s průměrnými měsíčními přítoky do nádrže z kapitoly 2.2, zřejmé, že přítoky do nádrže nejsou v porovnání s maximálním průtokem při přepadu přes dlužovou stěnu požeráku  $Q_{max}$  zanedbatelné. Při prázdnění nádrže bude nutné vyhradit více než 2 dluže, aby bylo docíleno vyššího odtoku z nádrže než přítoku do nádrže. Závislost průtoku  $Q$  při přepadu přes dlužovou stěnu požeráku na přepadové výšce  $h$  znázorňuje konzumpční křivka požerákové výpusti v tabulce Tab. 4.10 a na obrázku Obr. 4.10.

Zachování požeráku se dvěma dlužovými stěnami je vhodné z důvodu provádění odběrů vody pro závlahu a průmyslové podniky. Vzduť mezi dlužovými stěnami lze např. využít pro návrh etážových odběrů. Návrh výpustního objektu a objektu odběrného je možné provést v rámci sdruženého objektu. Uspořádání sdruženého objektu je dále řešeno v kapitole 4.4.3.

## 4.4 Odběrný objekt

Odběrná zařízení slouží k zajištění plynulé dodávky vody pro daný účel. Dle způsobu lze odběry dělit na gravitační a odběry čerpáním. Podle uspořádání rozlišujeme odběry s neregulovatelným, regulovatelným a automaticky regulovatelným odběrem. Odběr vody je možné uskutečnit z hladiny nádrže, ze dna nádrže, nebo z různých úrovní pod hladinou vody v nádrži. [6]

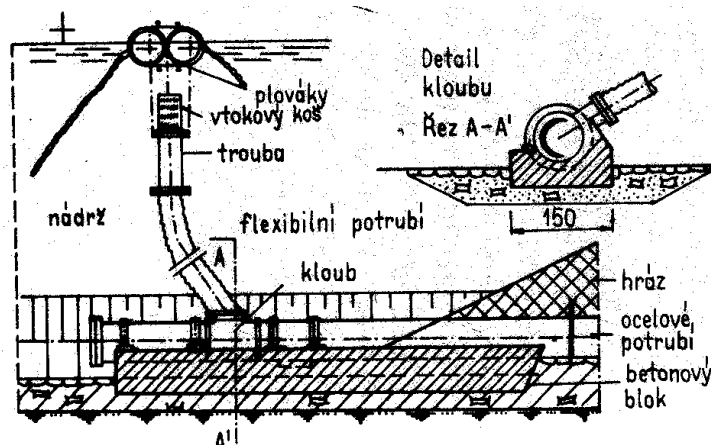
### 4.4.1 Odběrná zařízení pro gravitační odběr vody

Pro gravitační odběr vody z vodních nádrží se používají jednoduché nebo násoskové trubní odběry. Jednoduché trubní výpusti jsou opatřeny šoupátkovým uzávěrem, které reguluje průtok odběrným potrubím. Odběrné zařízení může být propojeno s odpadem od výpusti, nebo je voda odváděna vlastním potrubím. [6]

Mezi odběrná zařízení s automaticky regulovatelným průtočným množstvím patří např. trubní odběry s plovákovými regulátory umístěnými přímo v nádrži, které udržují trubní konstrukci v konstantní úrovni pod hladinou. Za předpokladu menšího kolísání hladiny vody v nádrži lze použít šachtový přeliv zavěšený na plovákových regulátorech. [6]

Kromě plovákových regulátorů umístěných přímo v nádrži existují i další typy regulátorů, mezi které řadíme měrné stavidlové clony s prahem určené pro odběr konstantního množství vody při nízkém kolísání hladiny, různé typy regulátorů

umístěných na vzdušné straně odběrného zařízení, násoskové regulátory a vírové a jiné speciální regulátory. [6]

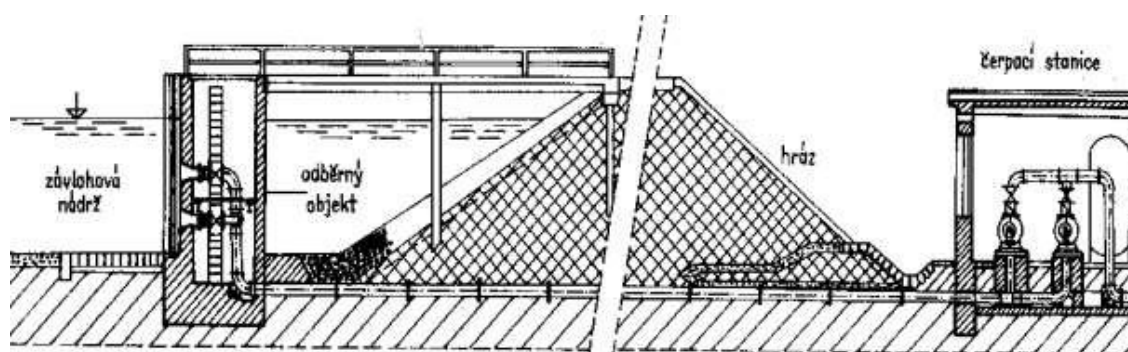


Obr. 4.16 Schéma plovákového odběru [20]

#### 4.4.2 Odběry čerpáním

Při odběru vody čerpáním musí být v blízkosti zdroje vody zřízena čerpací stanice, která se skládá ze strojovny s čerpacími soupravami, skladu, sociálního příslušenství, správní místnosti apod. [1]

Umístění čerpací stanice se liší podle typu čerpací stanice. Rozlišujeme čerpací stanice stabilní a mobilní. Mobilní čerpací stanice mohou být umístovány na hrázi nebo břehu nádrže. Pro umístění mobilní čerpací stanice lze využít i plovoucí ponton nebo nosné konstrukce umístěné na návodním svahu hráze. Vhodným umístěním stabilních čerpacích stanic je prostor pod hrází, v hrázi, v břehové části i v nádrži. [6]



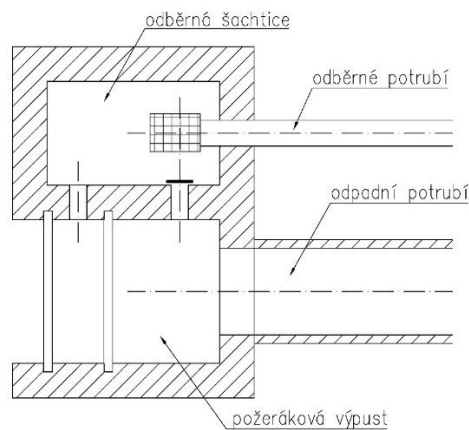
Obr. 4.17 Schéma příkladu odběru čerpáním [20]

#### 4.4.3 Sdružený objekt

Malá vodní nádrž je opatřena spodní výpustí požerákového typu. Konstrukce otevřeného požeráku se dvěma dlužovými stěnami umožňuje návrh sdruženého objektu spodní výpusti a odběrného zařízení.

U nádrží s hloubkou do 5 m a čerpací stanicí nedaleko tělesa hráze navrhujeme šachtici pro tlakový, resp. gravitační odběr vody, která je připojena k vlastní konstrukci šachty požeráku. Propojení šachty požeráku a šachtice pro odběr závlahové vody je realizováno otvorem ve stěně nade dnem požeráku. Odvod závlahové vody je zajištěn vlastním odběrným závlahovým potrubím. V případě větších hloubek v nádrži se zřizují odběry věžové (etážové), které umožňují odběr závlahové vody z různých hloubek potrubím. [3]

Schéma konstrukce sdruženého objektu s šachticí pro odběr závlahové vody je znázorněno na obrázku Obr. 4.18.



Obr. 4.18 Schéma sdruženého objektu

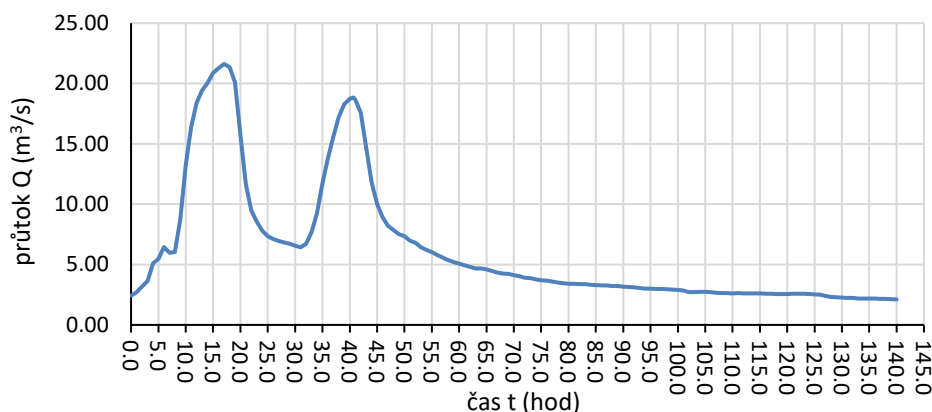
#### 4.5 Transformace povodňové vlny

Na limnigrafické stanici Stránky (ř.km 5,02) na toku Blšanky byl zachycen průběh povodňové vlny z června roku 2013, která dosáhla kulminačního průtoku  $Q_{\max} = 36 \text{ m}^3/\text{s}$ . Hydrogram povodňové vlny byl poskytnut státním podnikem Povodí Ohře.

Pro posouzení retenční schopnosti navrhované MVN byl hydrogram povodňové vlny upraven v poměru ploch povodí Blšanky v místě navrhované MVN a v místě limnigrafické stanice Stránky. Plocha povodí Blšanky v místě limnigrafické stanice Stránky činí  $380,7 \text{ km}^2$ . [12] Podle základních hydrologických údajů od ČHMÚ odpovídá plocha povodí Blšanky v profilu navrhované MVN hodnotě  $230,9 \text{ km}^2$ . Poměr ploch

povodí Blšanky v místě navrhované MVN a v profilu limnigrafické stanice Stránky je 0,61. Kulminační průtok upraveného hydrogramu povodňové vlny činí 21,62 m<sup>3</sup>/s.

Hydrogram povodňové vlny nebyl pro výpočet transformace povodňové vlny použit celý. Posuzována byla pouze transformace druhé povodňové vlny z období 9. – 15. června, která dosáhla nejvyššího kulminačního průtoku ze všech tří povodňových vln. Transformace povodňové vlny, dále jen PV, v retenčním prostoru MVN byla vypočtena pro varianty nádrže z kapitoly 3.7.2 a kapitoly 3.7.3.



**Obr. 4.19 Upravený hydrogram povodňové vlny**

Transformace PV v retenčním prostoru nádrže byla určena dle vztah [8]:

$$\pm \Delta W = \bar{P} \cdot \Delta t - \bar{Q} \cdot \Delta t \quad (\text{m}^3)$$

$\Delta W$  – přírůstek (úbytek) objemu vody v nádrži za časovou jednotku  $\Delta t$  (m<sup>3</sup>)

$\bar{P}$  – průměrný přítok vody do nádrže v intervalu  $\Delta t$  (m<sup>3</sup>/s)

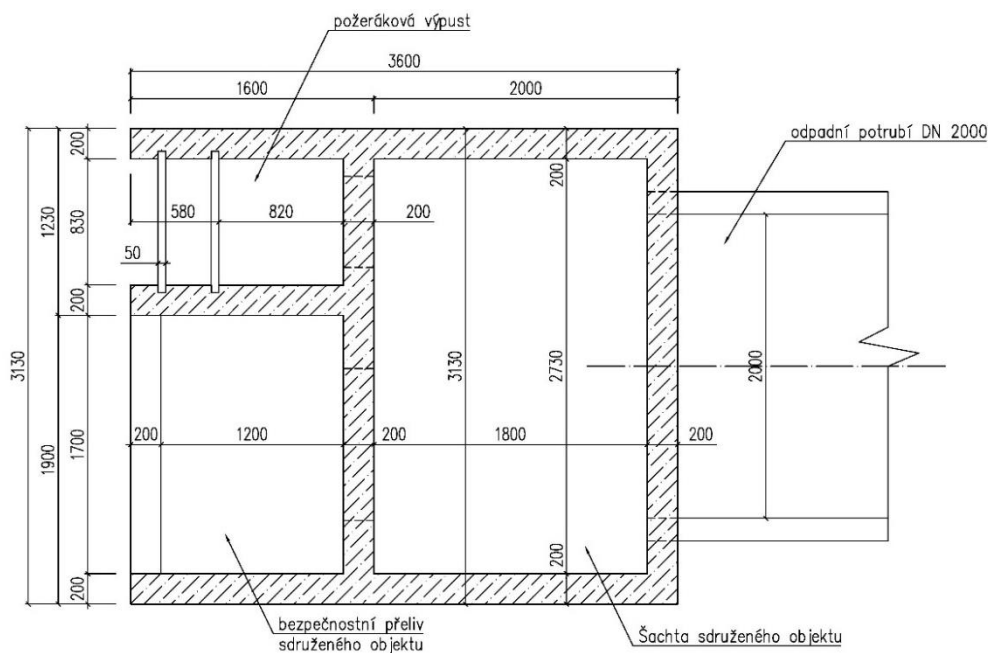
$\bar{Q}$  – průměrný odtok vody z nádrže v intervalu  $\Delta t$  (m<sup>3</sup>/s)

$\Delta t$  – časový interval (m<sup>3</sup>)

Přítok vody do nádrže je reprezentován časovým průběhem výše uvedené povodňové vlny. Úroveň hladiny vody v retenčním prostoru nádrže byla stanovena lineární interpolací z křivky zatopených objemů nádrže, která je uvedena v kapitole 3.3. Odtok vody z nádrže v závislosti na úrovni hladiny vody v nádrži byl určen z konzumpčních křivek kašnového bezpečnostního přelivu, požerákové výpusti sruženého objektu a bezpečnostního přelivu sruženého objektu. Časový interval  $\Delta t$  byl až do okamžiku, kdy hladina vody v nádrži dosáhla hrany kašnového bezpečnostního přelivu na kótě 293,25 m n. m., uvažován hodnotou 1,0 hod. Když vystoupala hladina vody nad hranu kašnového bezpečnostního přelivu, byl časový interval  $\Delta t$  zkrácen na hodnotu 0,5 hod.

#### 4.5.1 Návrh sdruženého objektu nádrže – Varianta nádrže č. 2

Varianta MVN z kapitoly 3.7.2 je opatřena kašnovým bezpečnostním přelivem v pravém boku hráze a železobetonovým sdruženým objektem požerákové výpusti a přidruženého bezpečnostního přelivu. Požerák a bezpečnostní přeliv jsou uspořádány paralelně a výtok z nich ústí do společné šachty. Voda z šachty je odváděna železobetonovým odpadním potrubím DN 2000 mm, které bude provedeno ve sklonu 2 %. Schéma sdruženého objektu je vidět na obrázku Obr. 4.20.

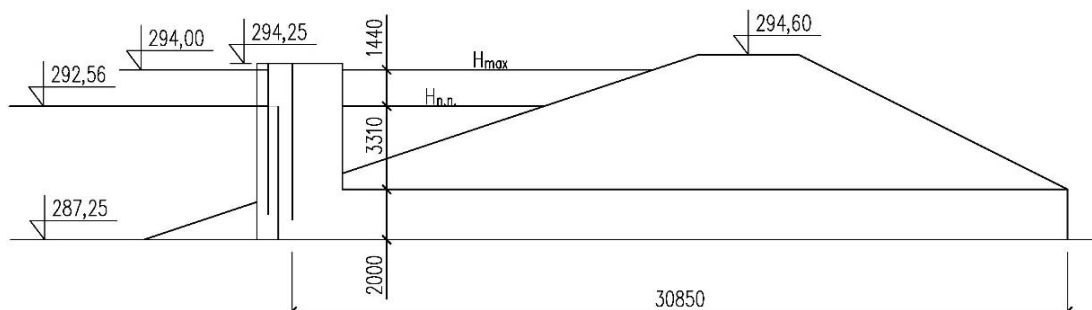


Obr. 4.20 Schéma sdruženého objektu nádrže

Hladinu normálního nadržení udržuje na kótě 292,56 m n. m. požeráková výpust. Na stejné výškové kótě se nachází pevná hrana bezpečnostního přelivu sdruženého objektu. Hrana bezpečnostního přelivu sdruženého objektu je vhodně hydraulicky zaoblena. Poloměr zaoblání je roven hodnotě 0,1 m. Přepadový součinitel byl stanoven podle Kramera viz kapitola 4.2.1.

Průtok vody požerákem za povodně byl stanoven podle rovnic a zásad uvedených v kapitole 4.3.2. Výpočtové schéma je vidět na obrázku Obr. 4.21. Hranice vzniku nestabilního režimu proudění odpovídá průtoku  $Q_j = 2,65 \text{ m}^3/\text{s}$ . Maximální průtok požerákem při průchodu povodně  $Q_{max}$  byl stanoven přibližně hodnotou  $2,6 \text{ m}^3/\text{s}$ . Během průtoku vody požerákem za povodně nedojde ke vzniku nestabilního režimu proudění v šachtě požeráku, protože průtok vody požerákem nedosahuje hodnoty průtoku  $Q_j$ .

Zároveň je v šachtě požeráku zajištěno beztlakového proudění. Vstupní hodnoty jednotlivých veličin uvádí tabulka Tab. 4.13. Výsledky reprezentuje tabulka Tab. 4.14. Konzumpční křivka požeráku je znázorněna na obrázku Obr. 4.22.



Obr. 4.21 Výpočtové schéma požeráku

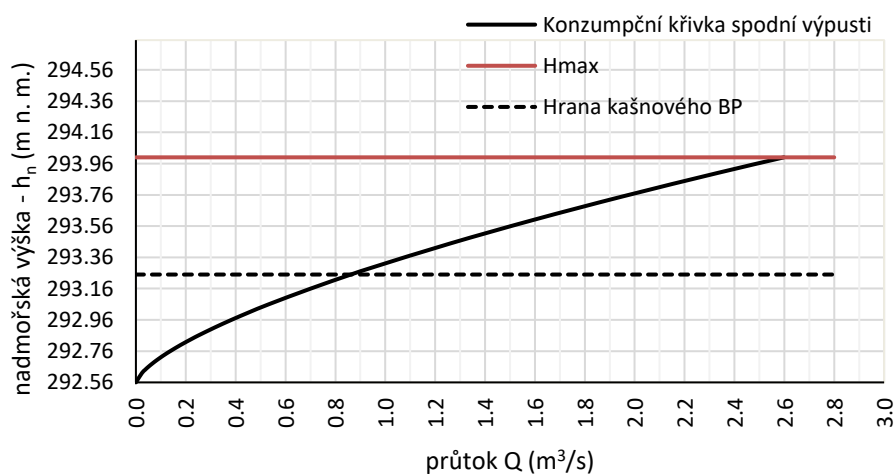
Tab. 4.13 Vstupní hodnoty jednotlivých veličin

d	2.00	(m)	$l_s$	3.310	(m)
$S_p$	3.142	(m <sup>2</sup> )	$S_s$	0.681	(m <sup>2</sup> )
$\xi_v$	0.500	(-)	O	3.300	(m)
$l_p$	30.85	(m)	R	0.206	(m)
n	0.014	(-)	$\xi_s$	0.104	(-)
$\xi_t$	0.300	(-)	$\Sigma \xi_i$	0.904	(-)
g	9.810	(m/s <sup>2</sup> )			



**Tab. 4.14 Stanovení konzumpční křivky požerákové výpusti**

Přepad přes dlužovou stěnu					Takový průtok	
h	$h_n$	m	$b_0$	Q	v	Q
(m)	(m n. m.)	(-)	(m)	(m <sup>3</sup> /s)	(m/s)	(m <sup>3</sup> /s)
0	292.56	0	0.83	0	0	0
0.06	292.62	0.450	0.83	0.024	6.710	21.079
0.08	292.64	0.439	0.83	0.037	6.725	21.128
0.10	292.66	0.432	0.83	0.050	6.740	21.176
0.12	292.68	0.428	0.83	0.065	6.756	21.224
0.14	292.70	0.424	0.83	0.082	6.771	21.272
0.16	292.72	0.422	0.83	0.099	6.786	21.319
0.18	292.74	0.420	0.83	0.118	6.801	21.367
0.20	292.76	0.419	0.83	0.138	6.816	21.414
0.24	292.80	0.416	0.83	0.180	6.847	21.509
0.28	292.84	0.415	0.83	0.226	6.877	21.604
0.30	292.86	0.414	0.83	0.250	6.892	21.651
0.35	292.91	0.413	0.83	0.314	6.929	21.768
0.40	292.96	0.412	0.83	0.383	6.966	21.884
0.45	293.01	0.411	0.83	0.456	7.003	22.000
0.50	293.06	0.410	0.83	0.533	7.040	22.115
0.60	293.16	0.410	0.83	0.701	7.112	22.344
0.69	293.25	0.409	0.83	0.862	7.177	22.548
0.74	293.30	0.409	0.83	0.957	7.213	22.660
0.89	293.45	0.409	0.83	1.263	7.319	22.994
1.04	293.60	0.409	0.83	1.595	7.424	23.324
1.19	293.75	0.409	0.83	1.952	7.528	23.648
1.34	293.90	0.409	0.83	2.332	7.629	23.969
1.44	294.00	0.409	0.83	2.598	7.697	24.180


**Obr. 4.22 Konzumpční křivka požerákové výpusti**

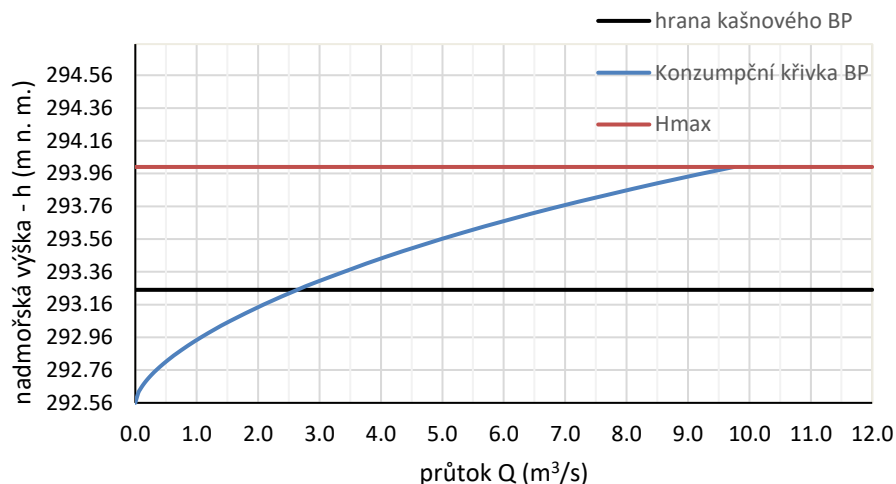
Návrh bezpečnostního přelivu sruženého objektu byl proveden za použití vzorců a respektování zásad z kapitoly 4.2.1. Hodnoty poloměru zaoblení  $r$  přelivné hrany, konstrukční délky přelivné hrany  $b$ , součinitele ostrohranného vtoku  $K_{v0}$  a výšky vody před bezpečnostním přelivem  $s$  jsou uvedeny v tabulce Tab. 4.15. Konzumpční křivka bezpečnostního přelivu sruženého objektu je číselně znázorněna v tabulce Tab. 4.16. Graficky reprezentuje konzumpční křivku BP sruženého objektu obrázek Obr. 4.23.

**Tab. 4.15** Hodnoty pro výpočet  $\mu_p$  a  $b_0$ 

$r$	0.10	(m)
$s$	3.06	(m)
$K_{v0}$	0.10	(-)
$b$	1.70	(m)

**Tab. 4.16** Výpočet konzumpční křivky BP sruženého objektu

$h$		$\mu_p$	$m$	$K_v$	$b_0$	$Q$
(m)	(m n. m.)	(-)	(-)	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /s)
0	292.56	0.533	0.355	0.10	1.70	0.000
0.06	292.62	0.643	0.429	0.10	1.69	0.047
0.08	292.64	0.670	0.446	0.10	1.68	0.075
0.10	292.66	0.693	0.462	0.09	1.68	0.109
0.12	292.68	0.714	0.476	0.09	1.68	0.147
0.14	292.70	0.732	0.488	0.09	1.67	0.190
0.16	292.72	0.749	0.499	0.09	1.67	0.237
0.18	292.74	0.764	0.510	0.09	1.67	0.287
0.20	292.76	0.778	0.519	0.09	1.66	0.342
0.24	292.80	0.803	0.535	0.09	1.66	0.462
0.28	292.84	0.824	0.550	0.09	1.65	0.596
0.30	292.86	0.834	0.556	0.09	1.65	0.667
0.35	292.91	0.857	0.571	0.08	1.64	0.860
0.40	292.96	0.877	0.584	0.08	1.64	1.071
0.45	293.01	0.895	0.597	0.08	1.63	1.300
0.50	293.06	0.913	0.608	0.08	1.62	1.546
0.60	293.16	0.945	0.630	0.07	1.61	2.090
0.69	293.25	0.973	0.649	0.07	1.60	2.639
0.74	293.30	0.989	0.659	0.07	1.60	2.969
0.89	293.45	1.036	0.691	0.07	1.58	4.068
1.04	293.60	1.086	0.724	0.06	1.57	5.343
1.19	293.75	1.139	0.759	0.06	1.56	6.812
1.34	293.90	1.197	0.798	0.06	1.55	8.496
1.44	294.00	1.237	0.825	0.05	1.54	9.749



**Obr. 4.23 Konzumpční křivka BP sruženého objektu**

Maximální průtok bezpečnostním přelivem sruženého objektu odpovídá hodnotě  $9,75 \text{ m}^3/\text{s}$ . Maximální celkový průtok sruženým objektem je součtem maximálního průtoku požerákem a bezpečnostním přelivem sruženého objektu. Maximální průtok sruženým objektem činí  $12,35 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Navrhované odpadní potrubí sruženého objektu DN 2000 mm, které bude provedeno v podélném sklonu 2 %, musí umožnit průchod maximálního průtoku ze sruženého objektu tak, aby bylo zajištěno v propustku proudění s volnou hladinou.

Posouzení odpadního potrubí sruženého objektu bylo provedeno za použití vzorců a zásad z kapitoly 4.3.3. Vliv dolní vody byl při výpočtu proudění propustkem zanedbán. Součinitele vtoku do propustku  $\varphi$  a  $\beta$ , a součinitel  $\varepsilon$  byly uvažovány hodnotami z kapitoly 4.3.3.

Proudění propustkem s volnou hladinou bez vlivu dolní vody a nezatopeným vtokem je dáno nerovnicí:

$$h_0 < 2,32 \quad (\text{m})$$

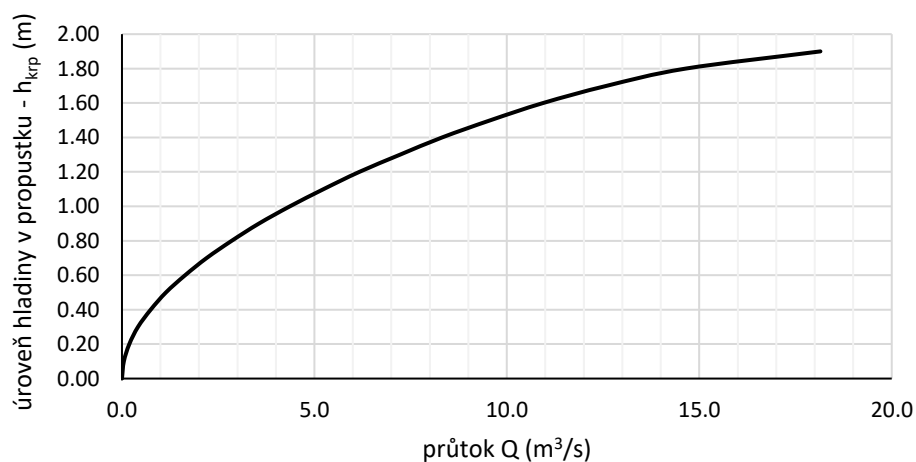
$h_0$  – hloubka vody před propustkem od úrovně dna vtoku do propustku (m)

Pokud výše uvedená nerovnost neplatí, jedná se o proudění propustkem s volnou hladinou bez vlivu dolní vody a zatopeným vtokem. Kritické hodnoty potrubí při průtoku s volnou hladinou pro kruhový profil byly určeny z poměrných hodnot jednotlivých charakteristik uvedených ve skriptu *Vrána – Rybníky a účelové nádrže – příklady*. [8]

Konzumpční křivka odpadního potrubí je vidět v tabulce Tab. 4.17 a na obrázku Obr. 4.24.

**Tab. 4.17 Konzumpční křivka odpadního potrubí sruženého objektu**

$h_{krp}$	$h/r$	$S_{krp}$	$i_{krp}$	$Q_{krp}$	$v_{krp}$	$h_0$	Vtok	$Q$
(m)	(-)	( $m^2$ )	(-)	( $m^3/s$ )	(m/s)	(m)	( $h_0 < \beta \cdot h_p$ )	( $m^3/s$ )
0	0			0				
0.10	0.10	0.059	0.005	0.049	0.839	0.162	Nezahl.	
0.20	0.20	0.164	0.004	0.191	1.166	0.321	Nezahl.	
0.30	0.30	0.296	0.004	0.417	1.411	0.478	Nezahl.	
0.40	0.40	0.447	0.004	0.747	1.669	0.645	Nezahl.	
0.50	0.50	0.614	0.004	1.143	1.860	0.805	Nezahl.	
0.60	0.60	0.793	0.004	1.640	2.069	0.974	Nezahl.	
0.70	0.70	0.980	0.004	2.201	2.245	1.139	Nezahl.	
0.80	0.80	1.173	0.004	2.851	2.431	1.311	Nezahl.	
0.90	0.90	1.371	0.004	3.558	2.595	1.480	Nezahl.	
1.00	1.00	1.571	0.004	4.361	2.776	1.658	Nezahl.	
1.10	1.10	1.770	0.004	5.238	2.959	1.841	Nezahl.	
1.20	1.20	1.968	0.004	6.166	3.133	2.024	Nezahl.	
1.30	1.30	2.162	0.005	7.224	3.341	2.225	Nezahl.	
1.40	1.40	2.349	0.005	8.316	3.540	2.427	Zahlcen	8.028
1.50	1.50	2.527	0.006	9.571	3.788	2.656	Zahlcen	8.745
1.60	1.60	2.694	0.006	10.940	4.061	2.905	Zahlcen	9.464
1.70	1.70	2.846	0.008	12.592	4.425	3.212	Zahlcen	10.279
1.80	1.80	2.978	0.010	14.646	4.918	3.610	Zahlcen	11.252
1.90	1.90	3.083	0.015	18.147	5.886	4.364	Zahlcen	12.891


**Obr. 4.24 Konzumpční křivka odpadního potrubí sruženého objektu**

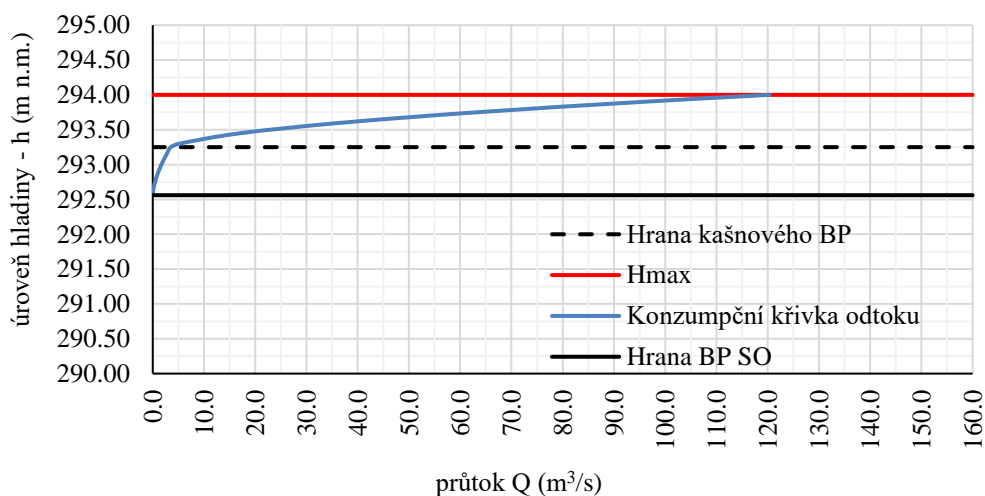
Sklon navrhovaného odpadního potrubí  $i_{op}$  je při jednotlivých výškách  $h_{krp}$  větší než kritické hodnoty sklonu propustku při stejných výškách  $h_{krp}$ . Průtok propustkem  $Q$  tedy odpovídá hodnotám průtoku stanovených pro dané úrovně hladiny vody v propustku  $h_{krp}$ .

Z konzumpční křivky odpadního potrubí sruženého objektu, uvedené v tabulce Tab. 4.17, je zřejmé, že kapacita navrhovaného odpadního potrubí vyhovuje

maximálnímu průtoku vody sruženým objektem. V odpadním potrubí bude zajištěno proudění s volnou hladinou bez vlivu dolní vody.

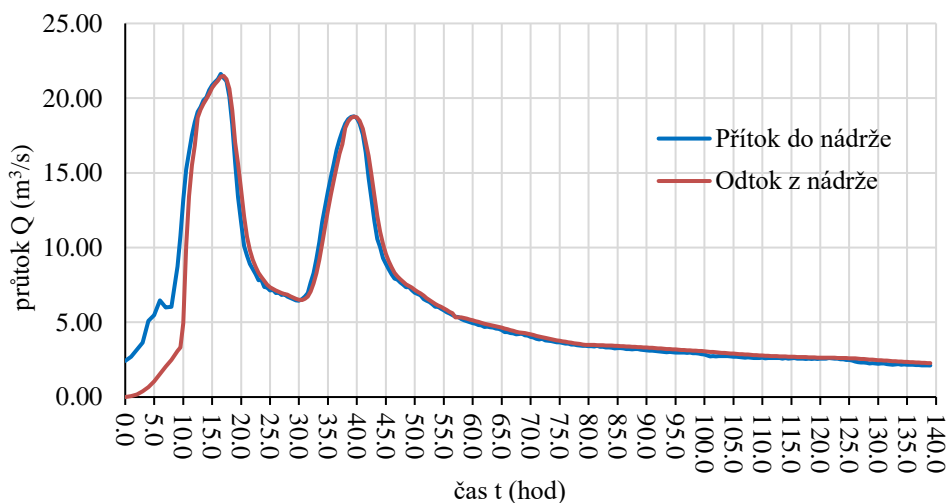
#### 4.5.2 Retenční účinek nádrže – Varianta nádrže č. 2

Konzumpční křivka požerákové výpusti, bezpečnostního přelivu sruženého objektu a kašnového bezpečnostního přelivu určují celkový odtok vody z nádrže v závislosti na úrovni hladiny vody v nádrži. Konzumpční křivka odtoku je uvedena na obrázku Obr. 4.25. Zkratka SO představuje sružený objekt. Zkratka BP reprezentuje bezpečnostní přeliv.

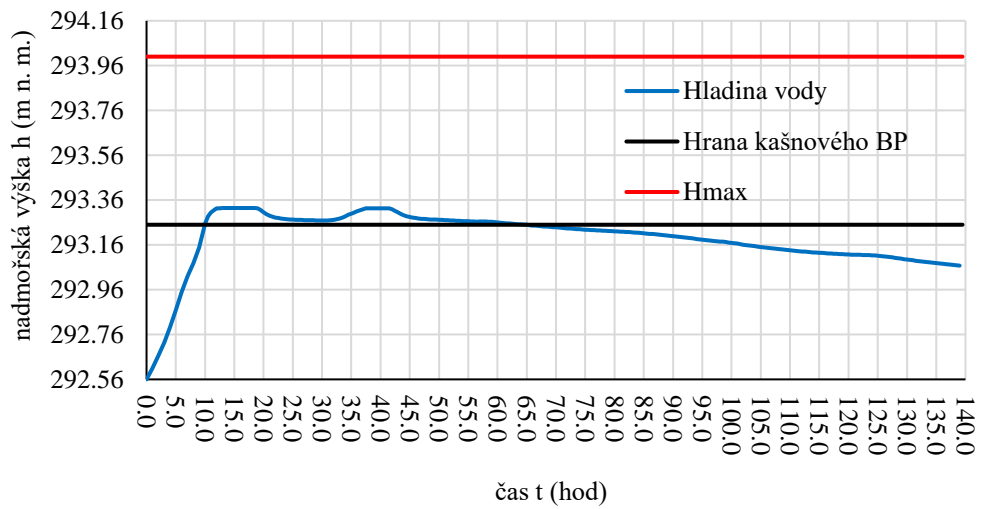


Obr. 4.25 Konzumpční křivka odtoku z víceúčelové zásobní nádrže

Průběh odtoku vody z nádrže při transformaci povodňové vlny je znázorněn na obrázku Obr. 4.26. Průběh hladiny vody v nádrži během transformace povodňové vlny prezentuje obrázek Obr. 4.27.



Obr. 4.26 Transformace PV – varianta nádrže č.2

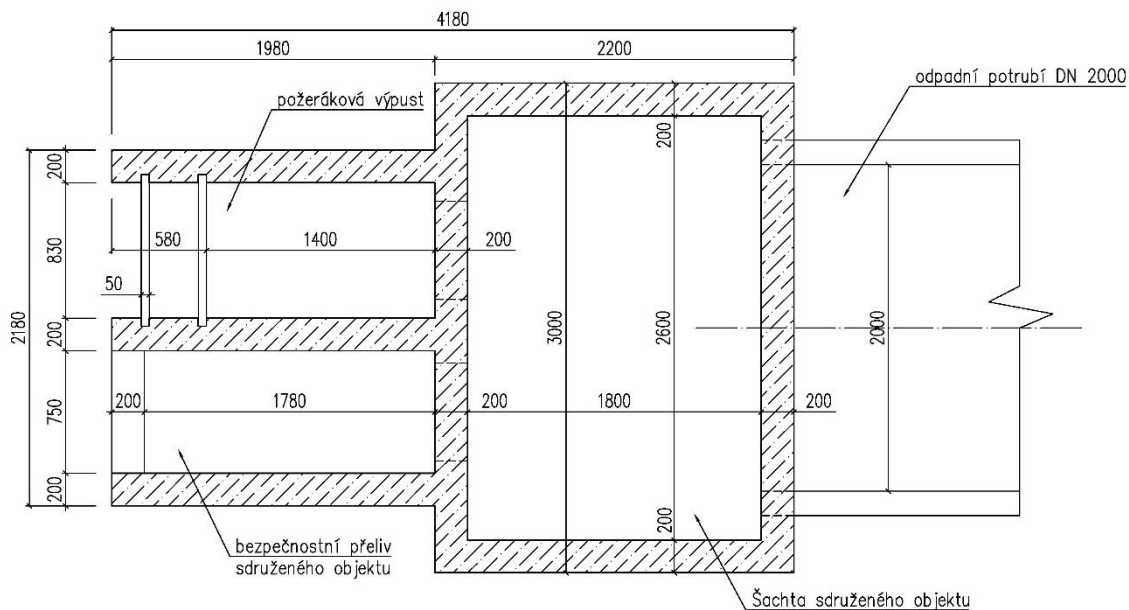


**Obr. 4.27 Průběh hladiny vody v nádrži – varianta nádrže č.2**

Účinek transformace povodňové vlny v retenčním prostoru nádrže je zanedbatelný. Objem ovladatelného retenčního prostoru nádrže  $V_{ro}$  odpovídá 4,6 % objemu posuzované povodňové vlny.

### 4.5.3 Návrh sdruženého objektu nádrže – Varianta nádrže č. 3

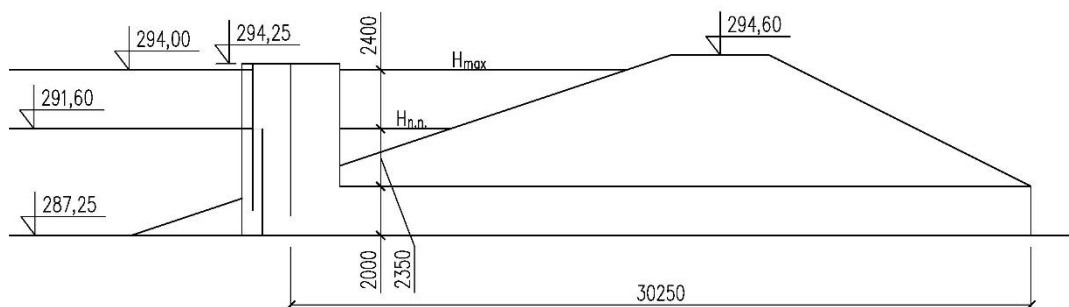
Varianta MVN z kapitoly 3.7.3 je navržena s kašnovým bezpečnostním přelivem v pravém boku hráze a železobetonovým sdruženým objektem požerákové výpusti a bezpečnostního přelivu. Požerák a bezpečnostní přeliv jsou uspořádány paralelně a výtok z nich ústí do společné šachty. Voda z šachty je odváděna železobetonovým odpadním potrubím DN 2000 mm, které bude provedeno ve sklonu 2 %. Schéma sdruženého objektu je znázorněno na obrázku Obr. 4.28.



Obr. 4.28 Schéma sdruženého objektu

Hladina normálního nadržení je určena kótou 291,60 m n. m. Hrana poslední dluže požerákové výpusti a hrana bezpečnostního přelivu sdruženého objektu se nacházejí na stejné výškové kótě.

Průtok vody požerákem za povodně byl stanoven podle rovnic a zásad uvedených v kapitole 4.3.2. Výpočtové schéma je vidět na obrázku Obr. 4.29.



Obr. 4.29 Schéma pro výpočet průtoku požerákem

Hranice vzniku nestabilního režimu proudění odpovídá průtoku  $Q_j = 5,91 \text{ m}^3/\text{s}$ . Maximální průtok požerákem při průchodu povodně  $Q_{max}$  činí  $5,59 \text{ m}^3/\text{s}$ . Jelikož průtok vody požerákem za povodně nedosahuje hodnoty průtoku  $Q_j$ , nedojde ke vzniku nestabilního režimu proudění v šachtě požeráku. V šachtě požeráku je zajištěno beztlakového proudění. Vstupní hodnoty jednotlivých veličin uvádí tabulka Tab. 4.18. Výsledky reprezentují tabulky Tab. 4.19 a Tab. 4.20. Konzumpční křivka požeráku je vidět na obrázku Obr. 4.30.

**Tab. 4.18 Vstupní hodnoty veličin pro výpočet průtoku požerákem**

d	2.000	(m)	$l_s$	2.350	(m)
$S_p$	3.142	( $\text{m}^2$ )	$S_s$	1.162	( $\text{m}^2$ )
$\xi_v$	0.500	(-)	O	4.460	(m)
$l_p$	30.25	(m)	R	0.261	(m)
n	0.014	(-)	$\xi_s$	0.054	(-)
$\xi_t$	0.294	(-)	$\Sigma \xi_i$	0.848	(-)
g	9.810	( $\text{m}/\text{s}^2$ )			

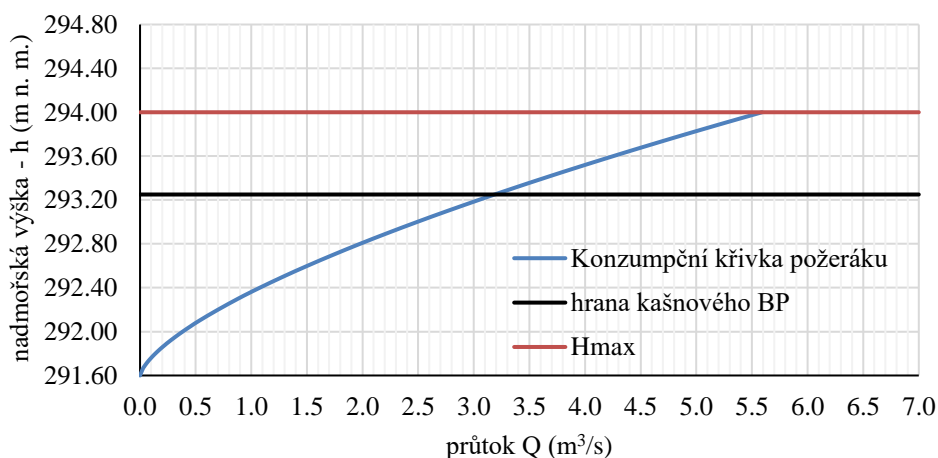
**Tab. 4.19 Stanovení konzumpční křivky požeráku (1. část)**

Přepad přes dlužovou stěnu				Takový průtok		
h		m	$b_0$	Q	v	Q
(m)	(m n. m.)	(-)	(m)	( $\text{m}^3/\text{s}$ )	(m/s)	( $\text{m}^3/\text{s}$ )
0	291.60	0	0.83	0	0	0
0.06	291.66	0.450	0.83	0.024	6.016	18.901
0.08	291.68	0.439	0.83	0.037	6.034	18.956
0.10	291.70	0.432	0.83	0.050	6.051	19.011
0.12	291.72	0.428	0.83	0.065	6.069	19.066
0.14	291.74	0.424	0.83	0.082	6.086	19.121
0.16	291.76	0.422	0.83	0.099	6.104	19.176
0.18	291.78	0.420	0.83	0.118	6.121	19.230
0.20	291.80	0.419	0.83	0.138	6.139	19.285
0.24	291.84	0.416	0.83	0.180	6.173	19.393
0.28	291.88	0.415	0.83	0.226	6.207	19.501
0.30	291.90	0.414	0.83	0.250	6.224	19.554
0.35	291.95	0.413	0.83	0.314	6.267	19.688
0.40	292.00	0.412	0.83	0.383	6.309	19.820
0.45	292.05	0.411	0.83	0.456	6.351	19.952
0.50	292.10	0.410	0.83	0.533	6.393	20.083
0.60	292.20	0.410	0.83	0.701	6.475	20.342
0.70	292.30	0.409	0.83	0.881	6.557	20.598



**Tab. 4.20 Stanovení konzumpční křivky požeráku (2. část)**

Přepad přes dlužovou stěnu				Takový průtok		
h		m	$b_0$	Q	v	Q
(m)	(m n. m.)	(-)	(m)	( $m^3/s$ )	(m/s)	( $m^3/s$ )
0.75	292.35	0.409	0.83	0.977	6.597	20.725
0.80	292.40	0.409	0.83	1.076	6.637	20.851
0.90	292.50	0.409	0.83	1.284	6.717	21.101
1.00	292.60	0.409	0.83	1.504	6.795	21.347
1.10	292.70	0.409	0.83	1.735	6.873	21.591
1.20	292.80	0.409	0.83	1.977	6.950	21.833
1.30	292.90	0.409	0.83	2.229	7.025	22.071
1.40	293.00	0.409	0.83	2.491	7.101	22.307
1.50	293.10	0.409	0.83	2.762	7.175	22.541
1.60	293.20	0.409	0.83	3.043	7.249	22.772
1.65	293.25	0.409	0.83	3.187	7.285	22.887
1.70	293.30	0.409	0.83	3.333	7.321	23.001
1.75	293.35	0.409	0.83	3.481	7.358	23.114
1.80	293.40	0.409	0.83	3.631	7.394	23.227
1.85	293.45	0.409	0.83	3.784	7.429	23.340
1.90	293.50	0.409	0.83	3.938	7.465	23.452
1.95	293.55	0.409	0.83	4.095	7.500	23.563
2.00	293.60	0.409	0.83	4.253	7.536	23.674
2.05	293.65	0.409	0.83	4.413	7.571	23.785
2.10	293.70	0.409	0.83	4.576	7.606	23.894
2.15	293.75	0.409	0.83	4.740	7.641	24.004
2.20	293.80	0.409	0.83	4.907	7.675	24.113
2.25	293.85	0.409	0.83	5.075	7.710	24.221
2.30	293.90	0.409	0.83	5.245	7.744	24.329
2.35	293.95	0.409	0.83	5.417	7.778	24.436
2.40	294.00	0.409	0.83	5.591	7.812	24.543


**Obr. 4.30 Konzumpční křivka požeráku**

Návrh bezpečnostního přelivu sdruženého objektu byl proveden za použití vzorců a respektování zásad z kapitoly 4.2.1. Hodnoty poloměru zaoblení  $r$  přelivné hrany, konstrukční délky přelivné hrany  $b$ , součinitele ostrohranného vtoku  $K_{v0}$  a výšky vody před bezpečnostním přelivem  $s$  jsou uvedeny v tabulce Tab. 4.21. Konzumpční křivka bezpečnostního přelivu sdruženého objektu je číselně uvedena v tabulkách Tab. 4.22 a Tab. 4.23. Graficky reprezentuje konzumpční křivku BP sdruženého objektu obrázek Obr. 4.31.

**Tab. 4.21 Vstupní veličiny**

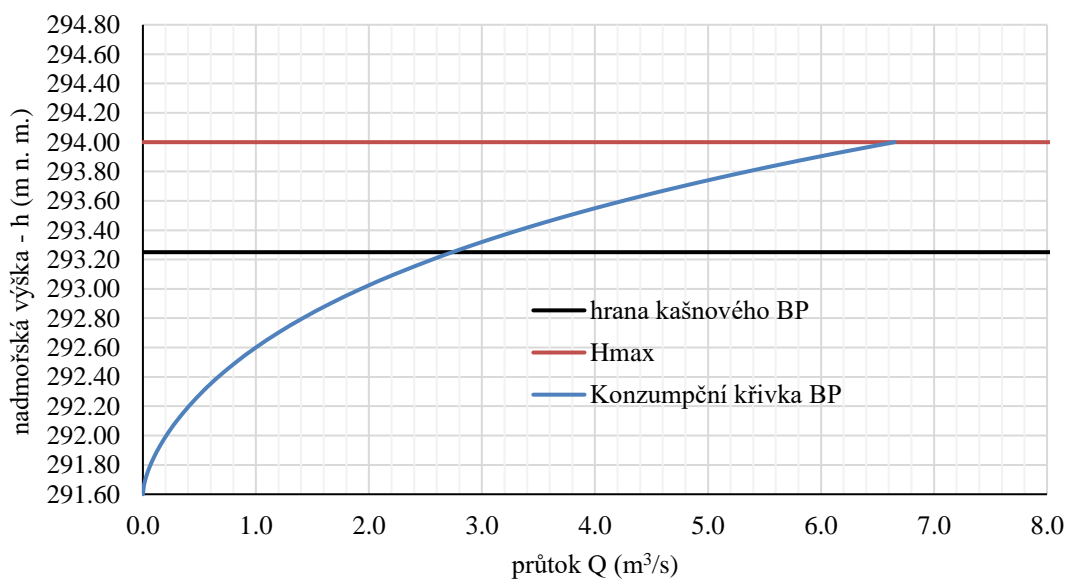
r	0.10	(m)
s	2.10	(m)
$K_{v0}$	0.10	(-)
b	0.35	(m)

**Tab. 4.22 Výpočet konzumpční křivky BP sdruženého objektu (1. část)**

h		$\mu_p$	m	$K_v$	$b_0$	Q
(m)	(m n. m.)	(-)	(-)	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /s)
0	291.60	0.533	0.355	0.10	0.35	0
0.06	291.66	0.644	0.429	0.09	0.34	0.009
0.08	291.68	0.670	0.447	0.08	0.34	0.015
0.10	291.70	0.694	0.463	0.08	0.33	0.022
0.12	291.72	0.715	0.477	0.07	0.33	0.029
0.14	291.74	0.734	0.489	0.07	0.33	0.037
0.16	291.76	0.751	0.501	0.07	0.33	0.047
0.18	291.78	0.767	0.511	0.07	0.33	0.056
0.20	291.80	0.781	0.521	0.06	0.32	0.067
0.24	291.84	0.807	0.538	0.06	0.32	0.090
0.28	291.88	0.830	0.553	0.06	0.32	0.116
0.30	291.90	0.841	0.560	0.05	0.32	0.130
0.35	291.95	0.865	0.577	0.05	0.32	0.167
0.40	292.00	0.888	0.592	0.05	0.31	0.207
0.45	292.05	0.909	0.606	0.04	0.31	0.252
0.50	292.10	0.929	0.619	0.04	0.31	0.300
0.60	292.20	0.968	0.646	0.04	0.31	0.406
0.70	292.30	1.008	0.672	0.03	0.30	0.529
0.75	292.35	1.028	0.685	0.03	0.30	0.596
0.80	292.40	1.048	0.699	0.03	0.30	0.667
0.90	292.50	1.090	0.727	0.03	0.30	0.824
1.00	292.60	1.135	0.757	0.03	0.30	0.999
1.20	292.80	1.232	0.821	0.02	0.30	1.415

**Tab. 4.23 Výpočet konzumpční křivky BP sruženého objektu (2. část)**

h		$\mu_p$	m	$K_v$	$b_0$	Q
(m)	(m n. m.)	(-)	(-)	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /s)
1.30	292.90	1.285	0.857	0.02	0.29	1.659
1.40	293.00	1.341	0.894	0.02	0.29	1.929
1.50	293.10	1.401	0.934	0.02	0.29	2.229
1.60	293.20	1.464	0.976	0.02	0.29	2.560
1.65	293.25	1.497	0.998	0.02	0.29	2.738
1.70	293.30	1.531	1.020	0.02	0.29	2.925
1.75	293.35	1.565	1.044	0.02	0.29	3.121
1.80	293.40	1.601	1.067	0.02	0.29	3.326
1.85	293.45	1.637	1.091	0.02	0.29	3.542
1.90	293.50	1.674	1.116	0.02	0.29	3.767
1.95	293.55	1.712	1.142	0.02	0.29	4.002
2.00	293.60	1.752	1.168	0.01	0.29	4.249
2.05	293.65	1.791	1.194	0.01	0.29	4.506
2.10	293.70	1.832	1.222	0.01	0.29	4.775
2.15	293.75	1.874	1.249	0.01	0.29	5.056
2.20	293.80	1.917	1.278	0.01	0.29	5.349
2.25	293.85	1.960	1.307	0.01	0.29	5.655
2.30	293.90	2.005	1.337	0.01	0.29	5.973
2.35	293.95	2.050	1.367	0.01	0.29	6.305
2.40	294.00	2.097	1.398	0.01	0.29	6.651


**Obr. 4.31 Konzumpční křivka BP sruženého objektu**

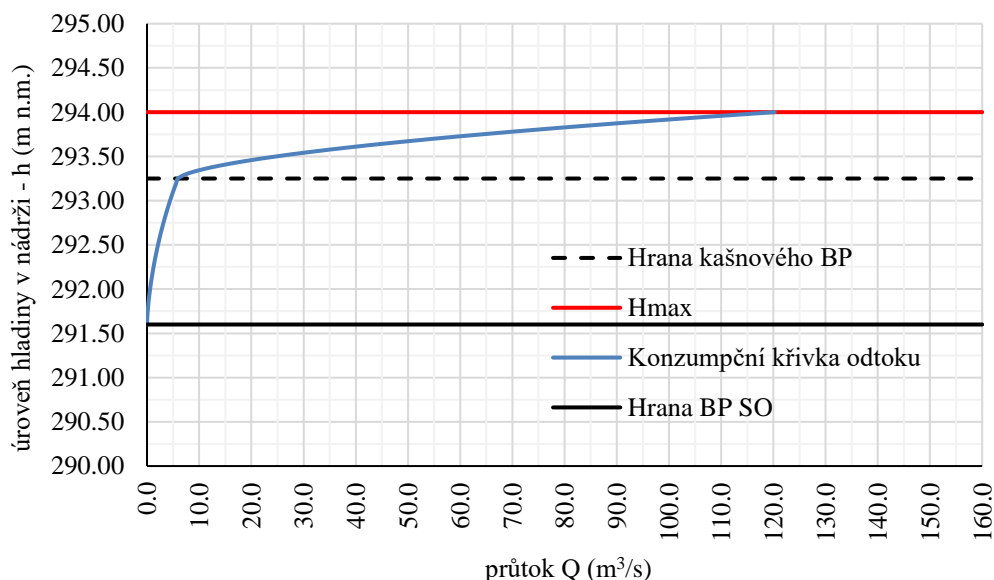
Maximální průtok bezpečnostním přelivem sruženého objektu činí  $6,65 \text{ m}^3/\text{s}$ . Maximální celkový průtok sruženým objektem je dán součtem maximálního průtoku požerákem a bezpečnostním přelivem sruženého objektu. Tento průtok sruženým objektem je roven hodnotě  $12,56 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Navrhované odpadní potrubí sruženého objektu pro variantu nádrže č.3 je totožné s navrženým odpadním potrubím z kapitoly 4.5.1, kde je uvedena i konzumpční křivka tohoto odpadního potrubí. (Tab. 4.17) Kapacita navrhovaného odpadního potrubí vyhovuje návrhovým požadavkům. V odpadním potrubí bude zajištěno proudění s volnou hladinou bez vlivu dolní vody.

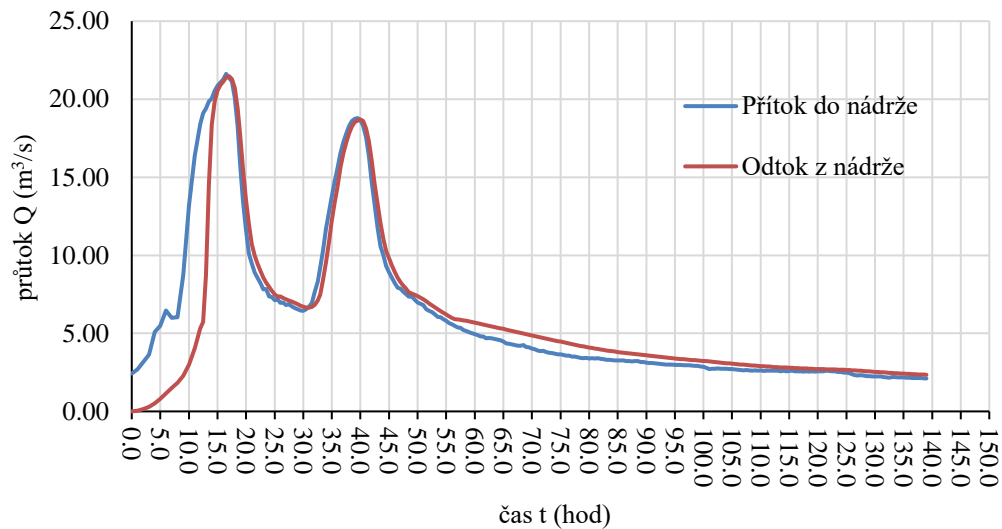
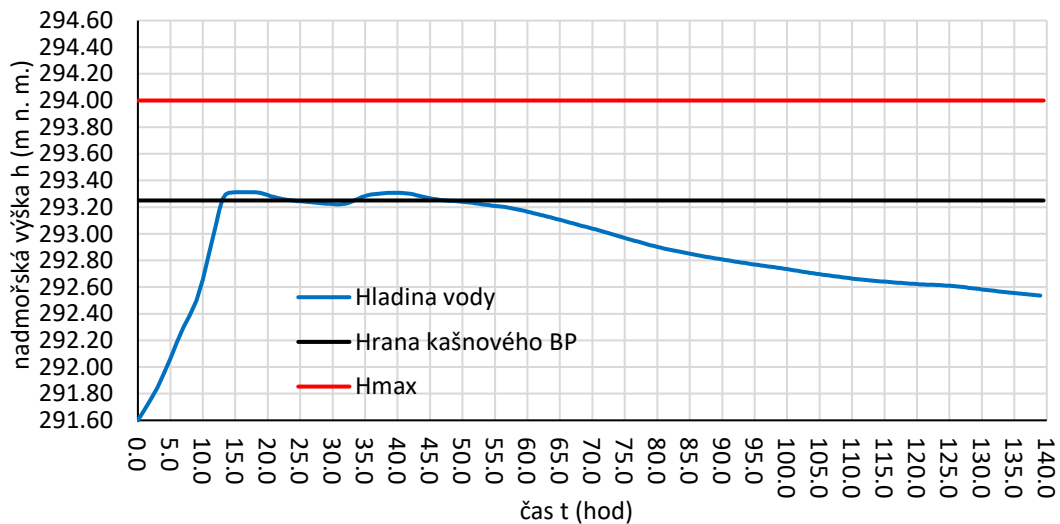
#### 4.5.4 Retenční účinek nádrže – Varianta nádrže č. 3

Konzumpční křivka požerákové výpusti, bezpečnostního přelivu sruženého objektu a kašnového bezpečnostního přelivu určují celkový odtok vody z nádrže v závislosti na úrovni hladiny vody v nádrži. Konzumpční křivka odtoku je znázorněna na obrázku Obr. 4.32.

Graficky je průběh odtoku vody z nádrže znázorněn na obrázku Obr. 4.33. Průběh hladiny vody v nádrži během transformace povodňové vlny ukazuje obrázek Obr. 4.34.



Obr. 4.32 Konzumpční křivka odtoku z víceúčelové retenční nádrže

**Obr. 4.33 Transformace PV – varianta nádrže č.3****Obr. 4.34 Průběh hladiny vody v nádrži – varianta nádrže č.3**

Účinek transformace posuzované povodňové vlny v retenčním prostoru nádrže je zanedbatelný. Objem ovladatelného retenčního prostoru nádrže  $V_{ro}$  odpovídá 9,1 % objemu posuzované povodňové vlny.

Výsledky transformací povodňové vlny v retenčním prostoru variant nádrží č.2 a č.3 jsou téměř totožné. Rozdíl mezi oběma nádržemi spočívá pouze v množství zadržené vody v retenčním prostoru nádrže, což je ale způsobeno rozdílným objemem retenčního ovladatelného prostoru nádrží.

## 5 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo posouzení výstavby malé vodní nádrže na Blšance pod obcí Kryry, jejíž hlavním účelem bude akumulace vody pro pokrytí potřeb vody pro závlahu přilehlých chmelnic. Pro posouzení výstavby nádrže bylo nutné spočítat měsíční vodní bilanci nádrže.

Výpočet měsíční vodní bilance nádrže byl proveden pro hydrologické roky 2015 a 2016. Při stanovení vodní bilance se vycházelo z několika předpokladů z důvodu neexistujícího hydrogeologického a hydropedologického průzkumu v dané lokalitě. Pro výpočet ztrát vody v nádrži byly zanedbány ztráty průsakem pod tělesem hráze a ztráty vsakem do dna nádrže. Při určení potřeby vody pro doplňkovou závlahu chmele dle ČSN 75 0434 nebyly uvažovány hodnoty zásoby vody v půdě ze zimních měsíců  $W_z$  a také hodnoty využitelného množství vzlínající vody  $W_k$ . V dalším stupni projektové dokumentace je nutné provést potřebné průzkumy pro zpřesnění vypočtených hodnot vodní bilance.

Na základě vypočtené měsíční vodní bilance vody v nádrži byly v bakalářské práci posouzeny tři varianty nádrže. Jednalo se o variantu jednoúčelové závlahové nádrže, variantu víceúčelové nádrže s majoritní funkcí zásobní a variantu víceúčelové nádrže s majoritní funkcí retenční. Retenční účinek víceúčelových nádrží z variant nádrže č.2 a č.3 je téměř zanedbatelný. Vhodnou variantou nádrže naplňující cíl bakalářské práce je proto jednoúčelová zásobní nádrž z varianty nádrže č.1.

Celkový objem zásobního prostoru jednoúčelové zásobní nádrže  $V_z = 0,421 \text{ mil. m}^3$  je schopný pokrýt potřeby pro doplňkovou závlahu 684,7 ha chmelnic, což odpovídá téměř 55 % z celkového rozsahu 1250,8 ha ploch chmelnic v povodí Blšanky. Zásobní objem této nádrže se může podle potřeby využít pro nadlepšování průtoku ve vodním toku v období suchých měsíců. Pro nadlepšování průtoku v toku, by bylo vhodné opatřit požerákovou výpust kanalizačním šoupátkem, které by umožnilo citlivější regulaci odtoku vody z nádrže.

Nádrž je opatřena objektem na ochranu před účinky povodňových průtoků, který byl dimenzován na návrhový kulminační průtok  $Q_{100} = 108 \text{ m}^3/\text{s}$ . Jedná se o kašnový bezpečnostní přeliv umístěný v pravé části hráze. Odtok vody z nádrže je zajištěn prefabrikovanou spodní výpustí požerákového typu opatřenou dvěma dlužovými stěnami.



V železobetonovém odpadním potrubí DN 800 mm je zajištěno proudění o volné hladině. Odpadní potrubí je navrženo v podélném sklonu 2 %.

Návrh odběrného objektu nádrže nebyl předmětem bakalářské práce. Jako možná varianta se však nabízí návrh sdruženého objektu požerákové výpusti s dlužovou stěnou a paralelně připojené šachty odběrného objektu s vlastním odběrným potrubím.



## Seznam tabulek

Tab. 2.1 N-leté průtoky .....	10
Tab. 2.2 Souřadnice profilu v S-JTSK .....	11
Tab. 2.3 m-denní průtoky .....	11
Tab. 2.4 Průměrné měsíční průtoky ( $m^3/s$ ) .....	12
Tab. 2.5 Průměrné měsíční srážkové úhrny (mm) .....	12
Tab. 2.6 Průměrné měsíční teploty vzduchu ( $^{\circ}C$ ) .....	12
Tab. 2.7 Rozsah gravitačně zavlažovaných ploch.....	15
Tab. 2.8 Rozsah zavlažovaných ploch čerpáním .....	16
Tab. 2.9 Evidované odběry vody [16].....	16
Tab. 3.1 Charakteristické čáry nádrže .....	22
Tab. 3.2 Rozdělení ročního výparu z vodní hladiny na jednotlivé měsíce [10].....	24
Tab. 3.3 Rozdělení ročního výparu z vodní hladiny na jednotlivé měsíce .....	24
Tab. 3.4 Celkové hodnoty měsíčních výparů $H_m$ .....	24
Tab. 3.5 Tabelární průběh depresní křivky .....	26
Tab. 3.6 Průměrné měsíční úhrny srážek $S_{vi}$ v (mm) za vegetační období.....	28
Tab. 3.7 Hodnoty veličin pro výpočet $M_z$ pro gravitační závlahu [4] [10].....	28
Tab. 3.8 Hodnoty závlahového množství $M_z$ – gravitační závlaha .....	28
Tab. 3.9 Hodnoty veličin pro výpočet $M_z$ pro závlahu čerpáním [4] [10] .....	29
Tab. 3.10 Vypočtené hodnoty $M_z$ pro chmelnice zavlažované čerpáním .....	29
Tab. 3.11 Celková potřeba závlahové vody $Q_z$ pro gravitační závlahu .....	30
Tab. 3.12 Celková potřeba závlahové vody $Q_z$ pro závlahu čerpáním .....	30
Tab. 3.13 Celková potřeba závlahové vody $Q_z$ .....	30
Tab. 3.14 Metodický pokyn Odboru ochrany vod (OOV) MŽP (1998) [7] .....	31
Tab. 3.15 Měsíční bilance při gravitační závlaze v hydrologickém roce 2015.....	33
Tab. 3.16 Měsíční bilance při gravitační závlaze v hydrologickém roce 2016.....	33
Tab. 3.17 Měsíční bilance při celkové závlaze v hydrologickém roce 2015 .....	35
Tab. 3.18 Měsíční bilance při celkové závlaze v hydrologickém roce 2016 .....	35
Tab. 3.19 Bilance za hydrologický rok 2015 .....	37
Tab. 3.20 Bilance za hydrologický rok 2016 .....	37
Tab. 3.21 Rozdělení prostorů v závlahové nádrži .....	39
Tab. 3.22 Rozdělení prostorů ve víceúčelové závlahové nádrži .....	40
Tab. 3.23 Víceúčelová zásobní nádrž – bilance za hydrologický rok 2015.....	42





Tab. 3.24 Víceúčelová zásobní nádrž – bilance za hydrologický rok 2016.....	42
Tab. 3.25 Rozdělení prostorů ve víceúčelové retenční nádrži .....	43
Tab. 3.26 Víceúčelová retenční nádrž – bilance za hydrologický rok 2015 .....	45
Tab. 3.27 Víceúčelová retenční nádrž – bilance za hydrologický rok 2016 .....	45
Tab. 4.1 Předpokládané zařídění zemin dle ČSN 75 2410 [7].....	46
Tab. 4.2 Stanovení délky přelivné hrany.....	50
Tab. 4.3 Výpočet kritické hloubky $h_{kr}$ a kritického sklonu $i_{kr}$ pro různé průtoky ...	52
Tab. 4.4 Vstupní hodnoty pro určení hranice dokonalého přepadu .....	53
Tab. 4.5 Konzumpční křivka dokonalého přepadu .....	54
Tab. 4.6 Výpočet konzumpční křivky odpadního koryta.....	58
Tab. 4.7 Výpočet $\Delta h$ pro návrhový průtok $q_n$ .....	60
Tab. 4.8 Hodnoty přepadového součinitele $m$ [8].....	63
Tab. 4.9 Vstupní hodnoty pro výpočet tlakového proudění.....	65
Tab. 4.10 Výpočet konzumpční křivky požerákové výpusti.....	66
Tab. 4.11 Kritické hodnoty kruhového potrubí.....	70
Tab. 4.12 Výpočet doby prázdnění nádrže.....	73
Tab. 4.13 Vstupní hodnoty jednotlivých veličin .....	80
Tab. 4.14 Stanovení konzumpční křivky požerákové výpusti .....	81
Tab. 4.15 Hodnoty pro výpočet $\mu_p$ a $b_0$ .....	82
Tab. 4.16 Výpočet konzumpční křivky BP sdruženého objektu.....	82
Tab. 4.17 Konzumpční křivka odpadního potrubí sdruženého objektu .....	84
Tab. 4.18 Vstupní hodnoty veličin pro výpočet průtoku požerákem .....	88
Tab. 4.19 Stanovení konzumpční křivky požeráku (1. část).....	88
Tab. 4.20 Stanovení konzumpční křivky požeráku (2. část).....	89
Tab. 4.21 Vstupní veličiny .....	90
Tab. 4.22 Výpočet konzumpční křivky BP sdruženého objektu (1. část).....	90
Tab. 4.23 Výpočet konzumpční křivky BP sdruženého objektu (2. část).....	91

## Seznam obrázků

Obr. 2.1 Čára překročení N-letých průtoků.....	10
Obr. 2.2 Čára překročení m-denních průtoků. ....	11
Obr. 2.3 Povodňový hydrogram z 06/2013 .....	13
Obr. 2.4 Chmelnice [14].....	14
Obr. 3.1 Oblast povodí Ohře a dolního Labe [17] .....	17
Obr. 3.2 Mapa vodních toků Liboc a Blšanka [18].....	18
Obr. 3.3 Lokalizace navrhované malé vodní nádrže [15] .....	21
Obr. 3.4 Schéma pro výpočet charakteristických čar nádrže [8] .....	22
Obr. 3.5 Charakteristické čáry nádrže .....	22
Obr. 3.6 Závislost ročního výparu z vodní hladiny na nadmořské výšce [3].....	23
Obr. 3.7 Schéma průsaku – homogenní hráz na nepropustném podloží [8] .....	25
Obr. 3.8 Rozdělení prostorů v závlahové nádrži .....	39
Obr. 3.9 Rozdělení prostorů ve víceúčelové závlahové nádrži .....	41
Obr. 3.10 Rozdělení prostorů ve víceúčelové retenční nádrži .....	44
Obr. 4.1 Lokalizace zemníků nad obcí Kryry [7] .....	47
Obr. 4.2 Schéma přepadu přes přelivnou hranu [9] .....	49
Obr. 4.3 Schéma pro výpočet kritické hloubky $h_{kr}$ .....	50
Obr. 4.4 Konzumpční křivka dokonalého přepadu .....	54
Obr. 4.5 Konzumpční křivka zatopeného přepadu.....	56
Obr. 4.6 Konzumpční křivka kašnového bezpečnostního přelivu .....	56
Obr. 4.7 Konzumpční křivka odpadního koryta.....	58
Obr. 4.8 Půdorysné schéma požeráku .....	62
Obr. 4.9 Schéma pro výpočet tlakového průtoky vody požerákem .....	64
Obr. 4.10 Konzumpční křivka požerákové výpusti.....	66
Obr. 4.11 Uspořádání vtoku do propustku .....	67
Obr. 4.12 Průtok propustkem – nezahlcený vtok .....	67
Obr. 4.13 Průtok propustkem – zahlcený vtok.....	68
Obr. 4.14 Konzumpční křivka odpadního potrubí .....	70
Obr. 4.15 Schéma uspořádání dlužové stěny [6].....	71
Obr. 4.16 Schéma plovákového odběru [20].....	76
Obr. 4.17 Schéma příkladu odběru čerpáním [20] .....	76
Obr. 4.18 Schéma sdruženého objektu.....	77



Obr. 4.19 Upravený hydrogram povodňové vlny .....	78
Obr. 4.20 Schéma sdruženého objektu nádrže .....	79
Obr. 4.21 Výpočtové schéma požeráku .....	80
Obr. 4.22 Konzumpční křivka požerákové výpusti.....	81
Obr. 4.23 Konzumpční křivka BP sdruženého objektu.....	83
Obr. 4.24 Konzumpční křivka odpadního potrubí sdruženého objektu .....	84
Obr. 4.25 Konzumpční křivka odtoku z víceúčelové zásobní nádrže.....	85
Obr. 4.26 Transformace PV – varianta nádrže č.2 .....	85
Obr. 4.27 Průběh hladiny vody v nádrži – varianta nádrže č.2 .....	86
Obr. 4.28 Schéma sdruženého objektu.....	87
Obr. 4.29 Schéma pro výpočet průtoku požerákem .....	87
Obr. 4.30 Konzumpční křivka požeráku .....	89
Obr. 4.31 Konzumpční křivka BP sdruženého objektu.....	91
Obr. 4.32 Konzumpční křivka odtoku z víceúčelové retenční nádrže .....	92
Obr. 4.33 Transformace PV – varianta nádrže č.3 .....	93
Obr. 4.34 Průběh hladiny vody v nádrži – varianta nádrže č.3 .....	93



## Seznam příloh

- Příloha č.1 – Zavlažované plochy – Očihov, Blšany, LB pod hrází
- Příloha č.2 – Zavlažované plochy – Blšany, Stachov, Sirem
- Příloha č.3 – Zavlažované plochy – Sirem, Liběšovice, Libořice
- Příloha č.4 – Zavlažované plochy – nad obcí Želeč
- Příloha č.5 – Zavlažované plochy – Očihovec
- Příloha č.6 – Zavlažované plochy – Běsno, Strojetic
- Příloha č.7 – Zavlažované plochy – Soběchleby
- Příloha č.8 – Zavlažované plochy – Malá Černoc
- Příloha č.9 – Zavlažované plochy – Vlkov
- Příloha č.10 – Zavlažované plochy – Hřebíčkovský mlýn
- Příloha č.11 – Zavlažované plochy – Očihov rybník
- Příloha č.12 – Zavlažované plochy – Mukoděly
- Příloha č.13 – Zavlažované plochy – Kryry, Černčice (1.díl)
- Příloha č.14 – Zavlažované plochy – Kryry, Černčice (2.díl)
- Příloha č.15 – Zavlažované plochy – Nová Ves
- Příloha č.16 – Zavlažované plochy – Vrbice
- Příloha č.17 – Schéma průsaku tělesem hráze
- Příloha č.18 – Vzorový řez tělesem hráze
- Příloha č.19 – Stanovení hranice zatopeného přepadu
- Příloha č.20 – Schéma bezpečnostního přelivu
- Příloha č.21 – Situace objektů MVN
- Příloha č.22 – Situace MVN

## Použité zdroje

### Literatura

- [1] JŮVA, Karel; FILIP, Jiří; HRABAL, Antonín: *Závlaha zemědělských kultur*. SZN Praha. 1981. 1.vyd. 312 s. 07-118-81
- [2] KAŠPÁREK, Ladislav; MRKVIČKOVÁ, Magdaléna: *Studie potřeb vody pro povodí vodních toků Blšanka a Liboc*. Praha, 2008.
- [3] JŮVA, Karel; HRABAL, Antonín; PUSTĚJOVSKÝ, Rudolf: *Malé vodní nádrže*. SZN Praha. 1980. 1.vyd. 280 s. 07-100-80
- [4] KULHAVÝ, František; KULHAVÝ, Zbyněk: *Navrhování hydromelioračních staveb*. Ediční řada C Technické knihovny, Informační centrum ČKAIT, s.r.o. 1.vyd. Praha. 2008. 432 s. ISBN 978-80-87093-83-2
- [5] PAVLICA, Jan: *Malé vodní nádrže a rybníky*. SNTL Praha. 1964. 1.vyd. 200 s., 141.obr., 8 tab. 04-748-64
- [6] ŠÁLEK, Jan; MIKA, Zdeněk; TRESOVÁ, Anna: *Rybníky a účelové nádrže*. SNTL Praha. 1.vyd. 1989. 272 s. ISBN 80-03-00092-0
- [7] ENVISYSTEM, s. r. o. *Studie proveditelnosti nádrže na Blšance nad městem Kryry*. 2015.
- [8] VRÁNA, Karel: *Rybníky a účelové nádrže – příklady*. ČVUT v Praze, Praha. 1. vyd. 1991. 91 s. ISBN 80-01-00656-5
- [9] KOLÁŘ, Václav; PATOČKA, Cyril; BÉM, Jiří: *Hydraulika*. SNTL. Praha. 1. vyd. 1983. 480 s. 04-718-83

## Použité normy

[10] ČSN 75 0434: *Meliorace. Potřeba vody pro doplňkovou závlahu*. ÚNMZ, Praha, 1994

[11] ČSN 75 2410: *Malé vodní nádrže*. ÚNMZ, Praha, 2001.

## Internetové podklady

[12] ČHMÚ, [online]. *Vyhodnocení povodní v červnu 2013*. [vid. 25. 4. 2017]  
Dostupné z: [http://voda.chmi.cz/pov13/DilciZprava\\_DU\\_1\\_2\\_Hydrologie.pdf](http://voda.chmi.cz/pov13/DilciZprava_DU_1_2_Hydrologie.pdf)

[13] KRÁLOVÁ H., [online]. *Vodní hospodářství krajiny I, část II – závlahy*, Brno, 2005. [vid. 25. 4. 2017]

Dostupné z: <http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BS04-Vodni%20hospodarstvi%20krajiny%20I/M02-Zavlahy.pdf>

[14] *Vitalia.cz* [online]. [vid. 25. 4. 2017]

Dostupné z: <https://www.vitalia.cz/galerie/chmelnice-na-zatecku/>

[15] *Mapy.cz* [online]. [vid. 25. 4. 2017]

Dostupné z: <https://mapy.cz>

[16] Povodí Ohře, s. p. [online]. *Plán dílčího povodí Ohře, dolního Labe a ostatních přítoků, II. plánovací období (2015 – 2021)*. [vid. 25. 4. 2017]

Dostupné z: [http://www.poh.cz/VHP/pdp/OHL\\_II/OHL\\_II.pdf](http://www.poh.cz/VHP/pdp/OHL_II/OHL_II.pdf)

[17] Povodí Ohře, s. p. [online]. *Územní působnost státního podniku Povodí Ohře*. [vid. 25. 4. 2017]

Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/poh/portal/zakladni-informace/>

[18] ČHMÚ, pobočka Ústí nad Labem [online]. *Až k pramenům*. [vid. 25. 4. 2017]

Dostupné z: <http://www.chmuul.org/aktuality/2015-04-doupov2/img/3.jpg>



[19] Naše voda, informační portál o vodě, [online]. *Současný pohled na úlohy vodních nádrží II.* [vid. 25. 4. 2017]

Dostupné z: <http://www.nase-voda.cz/soucasny-pohled-na-ulohy-vodnich-nadrzi-ii/>

[20] Katedra Hydromeliorací a krajinného inženýrství, [online]. *Vodní hospodářství krajiny 2 - Závlahové nádrže a vodojemy.* [vid. 25. 4. 2017]

Dostupné z:

[http://storm.fsv.cvut.cz/data/files/p%C5%99edm%C4%9Bty/VK2/VK2\\_predn08.pdf](http://storm.fsv.cvut.cz/data/files/p%C5%99edm%C4%9Bty/VK2/VK2_predn08.pdf)

## **Ostatní podklady**

Digitální model reliéfu DMR 5G (2017) © ČÚZK

Základní hydrologická data (ČHMÚ 2017)

Pro zájmový profil pod Hřebíčkovským mlýnem pod obcí Kryry.

Průměrné měsíční průtoky, srážkové úhrny a teploty vzduchu z limnigrafické stanice Kryry za hydrologické roky 2015 a 2016 (Povodí Ohře, s. p.)

Průběh PV z 06/2013 z limnigrafické stanice Stránky (Povodí Ohře, s. p.)

Vrstva (shapefile) chmelnic pod závlahou (Povodí Ohře, s. p.)

Vrstva (shapefile) navrhovaných nádrží (Povodí Ohře, s. p.)