



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

# STUDIE VZDOUVACÍ STAVBY A FUNKČNÍCH OBJEKTŮ V NAPOJENÍ LOMU ČSA NA BÍLINU

THE STUDY OF THE DAM AND APPURTENANCE WORKS AT THE JUNCTION OF MINE PIT ČSA AND  
THE BÍLINA RIVER

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Kryštof Dostál

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. JAROMÍR ŘÍHA, CSc.

BRNO 2020



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

## FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	B3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav vodních staveb

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Kryštof Dostál
<b>Název</b>	Studie vzdouvací stavby a funkčních objektů v napojení lomu ČSA na Bílinu
<b>Vedoucí práce</b>	prof. Ing. Jaromír Říha, CSc.
<b>Datum zadání</b>	30. 11. 2019
<b>Datum odevzdání</b>	22. 5. 2020

V Brně dne 30. 11. 2019

---

prof. Ing. Jan Šulc, CSc.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

Motlík, M. Prezentace MKOL Dresden, Říjen, 2016.

Odtrubnění řeky Bíliny na vnitřní výsypce ČSA – IGP. AZ Consult, spol. s r.o. Ústí nad Labem. Prosinec 2013.

Manipulační řád vodohospodářské soustavy náhradních opatření za Dřínov. II.1. Manipulační řád VH soustavy NOD. Povodí Ohře, s. p., 2011.

Digitální model terénu, DMRG 5. generace.

Chlum, A. a kol. Náhradní opatření za nádrž Dřínov. Informační publikace VRV, i. p. Praha, 1980.

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Cílem je vypracovat studii vzdouvací stavby a funkčních objektů v napojení lomu ČSA na Bílinu po naplnění těžební jámy vodou. Studie bude obsahovat:

1. Technickou zprávu
2. Vodohospodářské a hydraulické výpočty
3. Výkresovou část

Situace, řezy tělesem hráze, výkresy objektů.

## STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

---

prof. Ing. Jaromír Říha, CSc.  
Vedoucí bakalářské práce

## ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem zemní hráze a funkčních objektů na lomu ČS armády na Mostecku. V tomto lomu má být v blízké budoucnosti ukončena těžba a tato studie může posloužit jako podklad v rozhodovacím procesu o možné rekultivaci lomu. Výsledkem je návrh tří sypaných homogenních hrází z místních materiálů a sdružený funkční objekt sestávající z bezpečnostního přelivu, spodní výpusti a malé vodní elektrárny. V závěru jsou doporučeny kroky pro další fáze tohoto projektu.

## KLÍČOVÁ SLOVA

zemní homogenní hráz, rekultivace, sdružený funkční objekt, lom ČSA

## ABSTRACT

The Bachelor thesis deals with the design of earth dike and appurtenant works on opencast mine ČS Army in Most. Mining in this mine is to be terminated in the near future and this study can serve as a basis in the decision-making process on the possible reclamation of the mine. The result is the design of three homogeneous earth dikes made of local materials and appurtenant works consists of emergency spillway, bottom outlet and small hydropower plant. In the conclusion, the steps for the next phases of this project are recommended.

## KEYWORDS

homogeneous earth dike, reclamation, appurtenant works of a dam, opencast mine ČSA

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

Kryštof Dostál *Studie vzdouvací stavby a funkčních objektů v napojení lomu ČSA na Bílinu*.  
Brno, 2020. 31 s., 38 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební,  
Ústav vodních staveb. Vedoucí práce prof. Ing. Jaromír Říha, CSc.

# PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Studie vzdouvací stavby a funkčních objektů v napojení lomu ČSA na Bílinu* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 9. 2. 2020

---

Kryštof Dostál  
autor práce

## PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Studie vzdouvací stavby a funkčních objektů v napojení lomu ČSA na Bílinu* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 9. 2. 2020

---

Kryštof Dostál  
autor práce

# OBSAH

<b>BIBLIOGRAFICKÁ CITACE</b> .....	<b>5</b>
<b>1 ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
1.1 Všeobecně .....	9
1.2 Cíl a předmět práce .....	10
<b>2 POPIS LOKALITY</b> .....	<b>11</b>
2.1 Geologické poměry.....	13
2.2 Hydrologické poměry .....	14
2.3 Hydrogeologické poměry .....	15
2.4 Popis jámy.....	16
<b>3 NAVRHOVANÉ ŘEŠENÍ</b> .....	<b>17</b>
3.1 Členění stavby.....	17
3.2 SO 01 – Těleso hráze.....	17
3.3 SO 02 – Sdružený objekt.....	19
3.3.1 SO 02.1 – Bezpečnostní přeliv.....	19
3.3.2 SO 02.2 – Malá vodní elektrárna .....	20
3.4 SO 03 – Přívodní koryto .....	20
3.5 SO 04 – Odpadní koryto.....	21
3.6 PS 01 – Spodní výpust.....	21
3.7 PS 02 – Zařízení MVE .....	22
3.7.1 PS 02.1 Strojní vybavení.....	22
3.7.2 PS 02.2 Elektro část.....	22
<b>4 SHRUTÍ NÁVRHOVÝCH PARAMETRŮ OBJEKTŮ</b> .....	<b>23</b>
<b>5 ZÁVĚR A DOPORUČENÍ</b> .....	<b>26</b>
<b>6 SEZNAM PODKLADŮ, LITERATURY, PŘEDPISŮ</b> .....	<b>27</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>28</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>29</b>
<b>SEZNAM GRAFŮ</b> .....	<b>30</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>31</b>

# 1 ÚVOD

## 1.1 Všeobecně

V Severočeské hnědouhelné pánvi, která zaujímá oblast přibližně ohraničenou městy Kadaň – Chomutov – Jirkov – Most – Duchcov – Žatec, se rozprostírají hnědouhelné povrchové lomy, které budou po dokončení těžby představovat vhodnou příležitost k vybudování vodních nádrží. Jedná se o způsob rekultivace povrchových dolů, který zároveň pomůže zadržet velké množství vody v krajině.

Založení dnešního dolu ČSA se váže k roku 1901, kdy vznikl jako pobočný závod dolu Julius V s názvem Hedvika. V roce 1947 byl důl přejmenován na „Důl president Roosevelt“ a kvůli nedostatku uhlí v 50. letech byl důl převeden z malolomu na velkolom. V roce 1958 byl důl znovu přejmenován a dostal své dnešní jméno Lom Československé armády (ČSA) (1).

Se zvyšujícím se environmentálním tlakem Evropské Unie na zvýšení podílu obnovitelných zdrojů elektrické energie, se plánuje do roku 2035 odstavení kolem 3000 MW výkonu uhelných elektráren a s tím související odstavení více než poloviny kapacity uhelných zdrojů v ČR (2). V roce 2015 se česká vláda rozhodla k postupnému útlumu těžby hnědého uhlí v lomu ČSA. Pokud toto omezení zůstane v platnosti i v roce 2020, bude provoz v lomu kolem roku 2024 ukončen (3). V případě prolomení těžebních limitů by došlo k časovému odsunu rekultivace o mnoho let.

V současnosti jsou vody zachycené pod hranou lomu čerpány a vypouštěny jako vody důlní bez nutnosti úpravy. Vody zachycené na uhelných řezech lomu ČSA nesplňují svými parametry stanovené podmínky vypouštění, jsou směřovány k hlavní čerpací stanici a následně čerpány na úpravnu důlních vod, kde jsou pomocí chemicko-mechanických procesů vody před vypuštěním do řeky Bíliny upravovány (3). V předpokládané zátopě se nachází jezero Marcela.

Vzniklá vodní nádrž se bude řadit co do zadrženého objemu vody k největším v republice. Většina zadrženého objemu se však bude nacházet v mrtvém prostoru nádrže a nebude využitelný ke gravitačnímu odběru. Díky velké ploše hladiny však i několikametrové vzduší zajistí velký objem ovladatelného prostoru, který bude zhruba trojnásobně převyšovat zadržený objem Brněnské přehrady (17,7 mil m<sup>3</sup>). Celkový zadržený objem včetně mrtvého prostoru však bude činit přes 800 mil m<sup>3</sup>, což překonává i vodní dílo (VD) Orlík, který je se svými 716,5 mil m<sup>3</sup> největší přehradou v České republice. Hlavními účely vodního díla jsou akumulace vody pro různé odběry a výroba elektrické energie. Těmito hlavními účelům jsou podřízena další využití, jako je rekreace, vodní sporty, rybí hospodářství a plavba v nádrži. Návrh odběrného objektu ani úprava břehů však nejsou v rozsahu této práce. Realizace vodní nádrže může také přispět k vylepšení stability krajiny.

## 1.2 Cíl a předmět práce

Cílem práce je vytvořit technický návrh vzdouvací stavby a funkčních objektů pro hydrickou rekultivaci lomu ČSA. Tato práce by mohla v budoucnu přispět k rozhodnutí o realizaci nádrže. Mým úkolem je přijít s takovým řešením, při kterém dojde k co největšímu navýšení manipulovatelného objemu při zachování rozumných finančních nákladů. Dále se budu zabývat variantním návrhem sdruženého objektu, a jeho napojení na stávající tok Bíliny. Součástí zpracování tohoto cíle bude tato technická zpráva, hydrotechnické výpočty a výkresové přílohy navržených objektů.

Práce bude prováděna s využitím dostupných programových prostředků. Nádrž bude řešena jako obtoková.

V první části bakalářské práce bude stručně popsáno širší okolí zájmové oblasti, druhá část se zaměří na vlastní návrh vodního díla.



Obrázek 1: Pohled na lom ČSA ze severu; vlevo dole zámek Jezeří

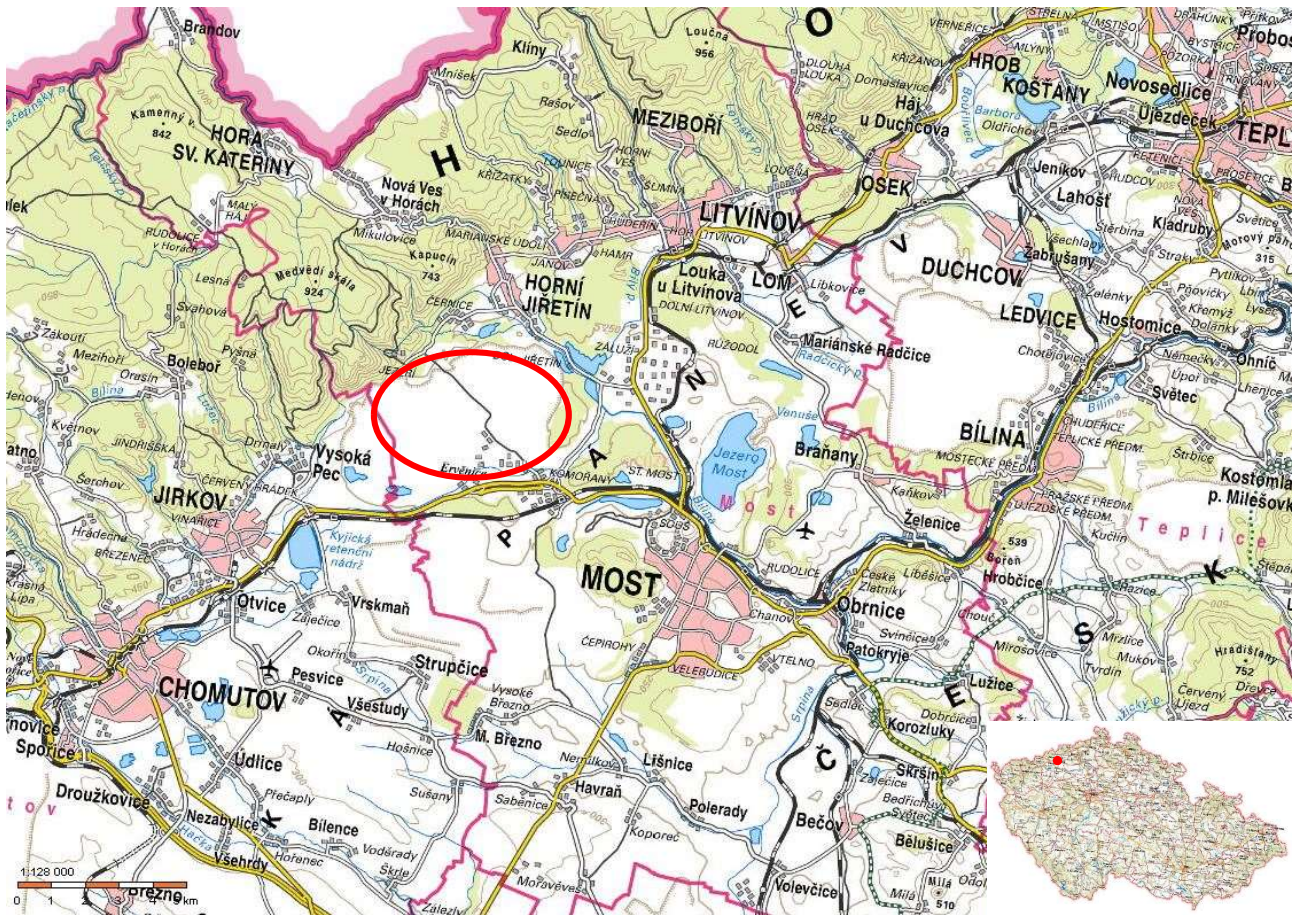
## 2 POPIS LOKALITY

Předmětná lokalita se nachází v Ústeckém kraji, okresu Most. Navrhované vzdouvací stavby pak zasahují do katastrálních území Ervěnice (668885), Komořany u Mostu (668893), Čtrnáct Dvorců (629251), Horní Jiřetín (643033) a Dolní Jiřetín (629260). Kromě zmíněných katastrálních území pak celé VD zasahuje ještě do katastrálních území Albrechtice u Mostu (600091), Dřínov u Komořan (633097), Kundratice u Chomutova (677167) a Jezeří (600105). V blízkosti lokality návrhu se nachází města Most, Litvínov, Jirkov, Horní Jiřetín a několik menších obcí. Zájmová oblast se nachází přibližně 8 km severozápadně od města Most.

Zájmová oblast spadá do povodí řeky Bíliny, která tvoří vodní páteř Mostecko-komořanské uhelné pánve a celé široké oblasti. Pramení v Krušných horách v lesích Novodomského revíru na jihovýchodním svahu hory Sv. Anna v nadmořské výšce asi 850 m. Její značně meandrující tok směřuje na východ. Bílina je levostranným přítokem Labe do kterého ústí na jeho 765. km. V oblasti mezi Jirkovem a Mostem tvoří Bílina spolu s dolními tratěmi svých přítoků a několika náhony i odpady spletitou vodní síť. Většina celkem nevýznamných přítoků do Bíliny vstupuje na jejím levém břehu. Jediným význačnějším pravostranným přítokem Bíliny je Srpina, která do Bíliny ústí v jejím 44,5. km. Bílina ústí do Labe v Ústí nad Labem. Její délka od pramene k ústí je 80,1 km, celková plocha povodí 1070,882 km<sup>2</sup> a lesnatost 30% (4). Hydrologické pořadí Bíliny je 1-14-01. Bílina je v říčním kilometru 61,119 až 64,373 převedena čtyřmi nadzemními ocelovými troubami DN 1200 mm a nouzovým korytem, přes tzv. Ervěnický koridor (EK). Pravá dvojice potrubí slouží od roku 1996 jako tlakový přivaděč pro malou vodní elektrárnu (MVE) Ervěnický koridor. Tato přeložka měla zajistit dodávku průmyslové vody a především povodňovou ochranu dolů a průmyslových závodů (5).

EK je mohutný násep výšky až 170 m, který tvoří vnitřní výsypka dolů Jan Šverma a ČSA. EK se nachází na jižním okraji hodnocené oblasti. Délka tohoto koridoru je cca 11 km a kromě řeky Bíliny převádí také železniční trať č. 130 Ústí nad Labem – Chomutov, podél severního svahu silnici I/13 (E442) a prakticky všechny inženýrské sítě z Chomutovem a Mostem. Vodní dílo Ervěnický koridor, tedy zatrubnění řeky Bíliny, bylo vybudováno v letech 1978 až 1981 jako součást II. etapy výstavby náhradních opatření za nádrž Dřínov (NOD) (5).

NOD je soubor rozsáhlých vodohospodářských opatření v oboru vodních toků, ať už jde o přeložky vodotečí nebo o vybudování nádržních převážně retenčních prostorů. Kvůli rozvoji povrchové těžby hnědého uhlí v padesátých a šedesátých letech se musela VD Dřínov stejně jako nádrže Kyjice a Nové Sedlo zcela zrušit. VD Jiřetín zůstala zachována, ale došlo k podstatnému snížení objemu (z 5,353 na 0,586 mil. m<sup>3</sup>). Protože nebylo možno VD Dřínov a další zrušená vodní díla nahradit jedinou novou nádrží, byla vybudována soustava NOD. V r. 1981 byly ukončeny veškeré funkce VD Dřínov a současně byla uvedena do provozu 1. etapa náhradních staveb NOD. Voda z nádrže byla postupně odčerpána, sediment odtěžen a hráz rozebrána. VD Dřínov se nacházela v prostoru dnešního dolu ČSA (4) (6).



Obrázek 2: Zájmová oblast

Vodohospodářskou soustavu NOD tvoří:

- Nádrže – VD Újezd, VD Zaječice, VD Otvice, vyrovnávací nádrž Březenec, ukliďňovací nádrž Staré Spořice pod skluzem Černovice
- Čerpací stanice Rašovice
- Přivaděč průmyslové vody (PPV)
- Podkrušnohorský přivaděč (PKP)
- Průmyslový vodovod Nechranice
- Jezy Jiřetín na Bílině a Stranná
- Přeložky toků Bílina po EK a Šramnického, Černického, Vesnického a Březeneckého potoka
- Havarijní zásobování průmyslu vodou z VD Fláje
- Síť přirozených a upravených vodních toků

S vodohospodářskou soustavou NOD úzce spolupracují další vodní díla a zařízení:

- Vodní díla Nechranice, Jirkov, Jiřetín II., Lounnice, Hamr, Fláje, Přísečnice, Janov, Jezeří, soustava Kadaň – Klášterec a vypouštění oteplené vody z EPR I. A II.

Jelikož už v současné době prakticky nedochází ke konsolidaci výsypky, na které je vedeno vodní dílo EK, uvažuje se nad převedením Bíliny z trubního vedení zpět do otevřeného koryta. Rozhodnutí o zpětném uvedení Bíliny do původního stavu vychází i ze zpracovaného projektu zadaného Ministerstvem životního prostředí (MŽP) „Vodohospodářské řešení rekultivace a revitalizace Podkrušnohorské uhelné pánve“ (7).

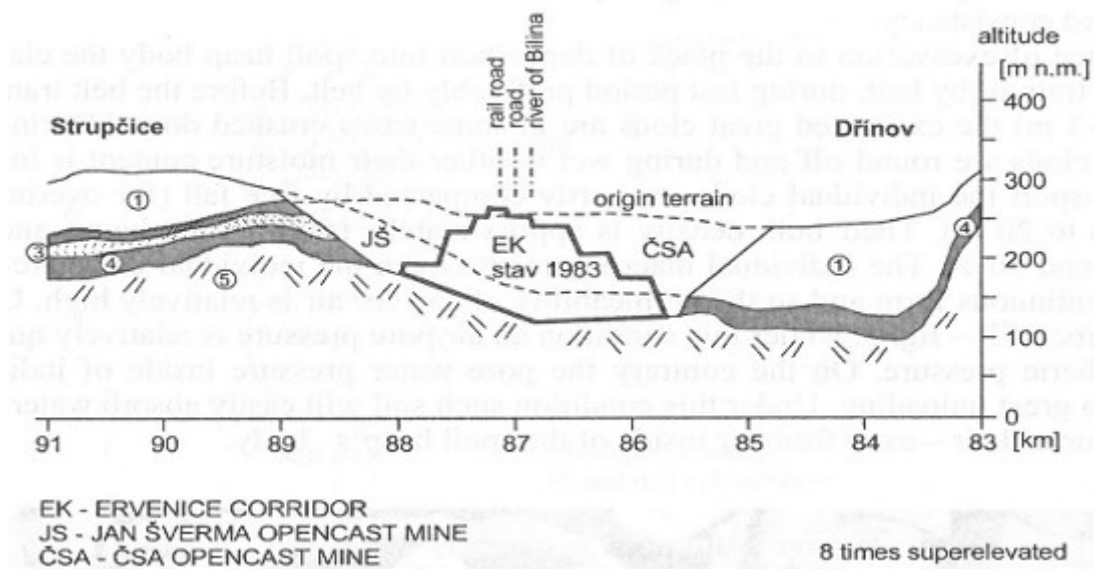
Jako zdroj vody pro napuštění zbytkové jámy mohou posloužit, kromě vlastního povodí jámy, potoky Černický, Šramnický a Jiřetínský, přitékající k dolu ze severní strany, jezero Hedvika, která se nachází na západ od jámy dolu ČSA a jejíž přítok odebírá vodu z přivaděče Ohře-Bílina, a z řeky Bíliny pod nádrží Újezd.

V okolí zájmové oblasti se nachází řada menších či větších vodních nádrží mezi nimi například vodní nádrž Újezd, Černice, Propadlina, Vrbenský, Marcela, Hedvika, jezero Matylda nebo jezero Most. Újezd transformuje povodňovou vlnu  $Q_{100}$  na hodnotu  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  aby ji byly schopny převést ocelová potrubí EK (5).

## 2.1 Geologické poměry

Širší oblast povodí Bíliny a přilehlého povodí Ohře náleží geologicky k severozápadní části Českého masívu. Regionálně náleží území k terciální chomutovsko-mostecko-teplické pánvi. Od oblasti Krušných hor je tato oblast oddělena krušnohorským zlomem, který představuje složitý systém dislokací poklesového charakteru, podél kterých se relativně vyzdvihly Krušné hory proti oblasti podkrušnohorského prolomu. Jižně od Krušných hor vznikla velká příkopová propadlina, která byla vyplněna sladkovodními usazeninami. Tak vznikly podkrušnohorské hnědouhelné pánve, odpovídající svým stářím střednímu a vrchnímu oligocénu a spodnímu i střednímu miocénu. Spodní miocén začíná jíly, na jejichž podloží je uložena hlavní hnědouhelná sloj mocnosti až 20 m, místy až 40 m. Saxonské pohyby ve spodním turonu způsobily další pokles pánevního dna; tím se přerušila další uhlotvorná sedimentace a začala se usazovat nadložní vrstva šedohnědých jílu a jílovců. Nejmladším stratigrafickým členem pánevní výplně jsou kvartérní sedimenty. Fluviální sedimenty sledují současný tok Bíliny. (4)

Zemní těleso EK bylo vytvořeno sypáním druhotného materiálu vzniklého při těžbě hnědého uhlí. Jde prakticky o 100% jílovitou sypaninu. Z průzkumných prací vyplývá skutečnost, že i širší území je tvořeno výsypkami z antropogenních sedimentů charakteru jílu s vysokou až velmi vysokou plasticitou s úlomky jílovce. Jde o antropogenní sedimenty vnitřní výsypky lomu ČSA. Těleso Ek bylo vytvářeno v etážích. Na straně dolu J. Švermy to byly 4 etáže a na straně dolu ČSA 8 etáží. Do tělesa byly kromě jílu a jílovců ukládány také písky v malém množství. Navíc písky nebyly sypány do všech etáží. Množství písku se pohybuje od 3% do 5% v první etáži, do 10% v druhé etáži a do 5% ve třetí etáži. Na obrázku 3 je schématický geologický profil z roku 1993. (5)



Obrázek 3: Schématický geologický profil, pohled proti toku Bíliny (5)

Bílina protéká od pramenů k Jirkovu oblastí krystalinika, zastoupeného ortorulami. V další trati až po Most tvoří řečiště Bíliny hranici mezi neogenními písky a šterky a mezi neogenními jíly. V úseku u Mostu vytvořila Bílina rozsáhlé aluviální náplavy. Pod Mostem přetíná řečiště ostrov čediče. (4)

## 2.2 Hydrologické poměry

Přírozené vodní poměry oblasti jsou ovlivňovány umělými zásahy, vodními stavbami, odběry, převáděním vody a rozsáhlou důlní činností. Těžba uhelného bohatství vyžadovala a vyžaduje často překládat celé úseky řečišť a koryt jejich přítoků. Příkladem je již zmíněný Ervěnický koridor. Při povrchové těžbě se mění geomorfologie i půdní kryt a tyto změny mají velký vliv na odtokové poměry (4).

### Základní hydrologické údaje (5)

- Povodí Bíliny včetně povodí Březeneckého potoka – VD Újezd
    - Vodní tok
    - Číslo hydrologického pořadí
    - Profil
    - Plocha povodí
    - Dlouhodobý průměrný roční úhrn srážek
    - Dlouhodobý průměrný průtok
    - Minimální průtok v Bílině pod VD Újezd
- |  |                       |
|--|-----------------------|
|  | Bílina                |
|  | 1-14-01-004/9         |
|  | VD Újezd              |
|  | 93,03 km <sup>2</sup> |
|  | 663 mm                |
|  | 743 l/s               |
|  | 150 l/s               |

- Bílina – nad zaústěním PKP
  - Vodní tok Bílina
  - Číslo hydrologického pořadí 1-14-01-006/3
  - Profil LG Jřetín
  - Plocha povodí 181,5 km<sup>2</sup>
  - Dlouhodobý průměrný roční úhrn srážek 663 mm
  - Dlouhodobý průměrný průtok 865 l/s

Tabulka 1: Hodnoty *m*-denních průtoků

Tok	Profil	<i>m</i> [den]													
		<i>Q<sub>m</sub></i> [l/s]													
		30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	
Bílina	Nad zaúst. PKP	2032	1361	1042	874	739	623	545	467	380	320	262	90	39	

Tabulka 2: Hodnoty *N*-letých průtoků

Tok	Profil	<i>N</i> [rok]								
		<i>Q<sub>N</sub></i> [m <sup>3</sup> /s]								
		<i>Q<sub>a</sub></i>	1	2	5	10	20	50	100	
Bílina	Nad zaústěním PKP	0,865	9,4	11,0	15,4	20,5	30,0	54,7	85,4	

## 2.3 Hydrogeologické poměry

Širší zájmová oblast náleží do rajónu 2131 – Mostecká pánev – severní část o ploše 542,21 km<sup>2</sup>, patřící do skupiny rajónů Terciérních a křídových sedimentů podkrušnohorských a jihočeských pánví. Jedná se o nevymezený kolektor, s puklino - průlinovou propustností, převážně o napjaté hladině podzemní vody, se střední transmisivitou  $1,10^{-4}$  až  $1,10^{-3}$  m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup> (8).

Z hydrogeologického hlediska se jedná pánevní oblast téměř bez kolektorů se specifickým odtokem  $< 0,5$  l.s<sup>-1</sup>.km<sup>-2</sup>. Nachází se zde kolektory menšího rozsahu a to průlinové kolektory, tvořené šterkopisky, sledující převážně vodní toky. Dále odtok podzemní vody ovlivňují deluviální a eluviální sedimenty (nespojité kolektor přívrchové zóny zvětralin a rozevřených puklin). Okrajovými podmínkami bývají obvykle vodní toky, většinou s drenážním účinkem. Podkrušnohorská oblast je charakteristická výskyty minerálních vod a současně výrazným umělým ovlivněním hydrogeologických poměrů a přírodního prostředí těžbou uhlí. Tato skutečnost tak zcela znemožňuje stanovení velikosti neovlivněného podzemního odtoku (8).

Vzhledem k propustnosti pánevních sedimentů, plochému terénu, nízkým srážkovým úhrnům a poměrně vysoké střední teplotě vzduchu, náleží toto zájmové území k oblastem s vůbec nejnižším podzemním odtokem v ČR (8).

Kritériem pro vymezení oblasti s nepatrným odtokem podzemní vody bylo zastoupení písčitých a jílovitých sedimentů s dominujícím povrchovým rozšířením jílu a jílovců (8).

## 2.4 Popis jámy

Těžební jáma je na severu a severozápadu omezena masivem Krušných hor, který výrazně vystupuje nad plochou oblastí mostecké pánve. Západní hranici reprezentuje patní část vnitřní výsypky lomu. Jižní okraj dolu je ohraničen vnitřní výsypkou. Východní hranici představuje hypotetická linie mezi současnou lokalitou ČSA a bývalým lomem Obránců míru (9).

Převýšení horského masivu nad úroveň povrchu pánve dosahuje okolo 500 m. Generální úklon horského úbočí směrem do pánve, úsek vystupující nad úrovní pánevní výplně, se pohybuje v rozmezí 30 - 35°. Pánevní část byla v minulosti víceméně plochá, ke změně její morfologie došlo až se započítáním hornické činnosti (9).

Před kompletním zaústěním Bíliny do těžební jámy bude nutné jámu napustit alespoň po kótu 230 m n.m. (5). Až při této kótě je možné vodu z jezera zaústit zpět do koryta Bíliny gravitačně. Do té doby je nutné pod odběrem z Bíliny udržovat minimální zůstatkový průtok, který činí  $Q_{MZP} = 0,15 \text{ m}^3/\text{s}$ . Stanovení doby napouštění je značně problematické. Je třeba zohlednit přítok, odtok, výpar z hladiny a průsaky do podloží. Budeme-li uvažovat teoretickou situaci bez ztrát vody a se zohledněním pouze minimálních zůstatkových průtoků pod odběrnými objekty, pak napouštění jezera po kótu 230 m n.m. potrvá přes 32 let. V tomto čísle je zahrnut pouze průměrný přítok z Bíliny  $Q_a$  (tab. 2).

Kótě 230 m n.m. odpovídá objem nádrže 732,37 mil.  $\text{m}^3$  a plocha hladiny 14,46  $\text{km}^2$ . Při takové ploše dochází k výraznému hladinovému výparu, který velmi ovlivní dobu napouštění. V letních měsících může navíc docházet k prázdnění nádrže kvůli vyššímu hladinovému výparu než je přítok do nádrže. Orientační hodnoty výparu jsou uvedeny v tabulce 3.

Batygrafie nádrže viz příloha B, kap 1.

měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Procento ročního výparu [%]	2	2	4	7,5	10,5	14	17,5	17	11,5	7	4	3
Výpar [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0,08	0,09	0,16	0,32	0,43	0,58	0,72	0,70	0,47	0,29	0,16	0,12

Tabulka 3: Výpar z hladiny dle měsíců (10)

## 3 NAVRHOVANÉ ŘEŠENÍ

### 3.1 Členění stavby

Stavba sestává z následujících stavebních objektů a provozních souborů

#### Stavební objekty

SO 01 – Těleso hráze

SO 01.1 – Hlavní hráz

SO 01.2 – JZ vedlejší hráz

SO 01.3 – SV vedlejší hráz

SO 02 – Sdružený objekt

SO 02.1 – Bezpečnostní přeliv

SO 02.2 – Malá vodní elektrárna

SO 03 – Přívodní koryto

SO 04 – Odpadní koryto

#### Provozní soubory

PS 01 – Spodní výpust

PS 02 – Zařízení MVE

PS 02.1 – Strojní vybavení

PS 02.2 – Elektro část

### 3.2 SO 01 – Těleso hráze

Vzdouvací stavbou bude zemní homogenní hráz z místních materiálů. Těmito materiály jsou jíly a jílovce, které tvoří rozsáhlé těleso EK, ale i širší území. Takový materiál je velmi vhodný pro stavbu homogenních zemních hrází. Na stavbu tělesa hráze lze využít materiálu vytěženého při stavbě přívodního koryta nebo provádění jiných stavebních prací jako je úprava zemní pláň. Sklony svahů byly voleny dle ČSN 75 2410 (10). Pro vzdušný svah byl zvolen sklon 1:2 a pro návodní 1:3,4. Při volbě výšky koruny byly předběžně uvažovány variantně tři kóty: 235, 236 a 237 m n. m. . V tabulce 4 jsou uvedeny objemy které byly brány v úvahu při rozhodování o výškách koruny hráze. Snahou bylo zajistit co nejvyšší ovladatelný objem při relativně malém objemu násypu hrází. Na základě této úvahy byla pro korunu hráze zvolena kóta 237 m n.m. Z této hodnoty vychází nutnost 3 oddělených hrází umístěných v terénních depresích podél obvodu těžební jámy. Ty budou značeny jako SO 01.1, SO 01.2 a SO 01.3 přičemž hráz SO 01.1 bude obsahovat veškeré funkční objekty. Umístění hrází bylo zvoleno tak, aby byli hráze co nejkratší a bylo možné je napojit na stávající dopravní komunikace.

Podél obvodu těžební jámy jsou ještě další dvě terénní sedla, ve kterých terén nedosahuje stanovené kóty koruny hrází, jsou však výš než je kóta maximální hladiny. Hráze na těchto místech by tedy vodu nevzdouvaly a zabraňovaly by pouze výběhu vlny. Vodorovná vzdálenost těchto míst od maximální hladiny je však natolik velká, že sem výběh vlny nedosáhne. Hráze jsou tedy na těchto místech zcela zbytečné.

Tabulka 4: Tabulka objemů zvažovaných variant

Kóta koruny hráze [m n. m.]	Celková délka hrází [m]	Bezpečnostní rezerva [m]	Kóta maximální hladiny [m n. m.]	Plocha hladiny [mil. m <sup>2</sup> ]	Objem zeminy [m <sup>3</sup> ]	Zadržovaný objem [mil. m <sup>3</sup> ]	Celkový objem [mil. m <sup>3</sup> ]
235	1270	0.5	233.04	15.24	60 000	72.86	778.22
		1	232.54	15.11		65.31	770.67
236	1520	0.5	234.04	15.49	107 000	87.96	793.33
		1	233.54	15.37		80.41	785.78
237	1630	0.5	235.04	15.75	157 000	103.10	808.46
		1	234.54	15.60		95.51	800.88

Kóta maximální hladina byla stanovena na základě výšky výběhu vlny a normou dané bezpečnostní rezervy v závislosti na zvolené úpravě koruny hráze. Kvůli relativně velké délce hrází, a s tím související finanční náročnosti na výstavbu vlnolamu nebo plného zábradlí, byla zvolena koruna bez úpravy, čemuž odpovídá bezpečnostní rezerva 1 m. Pro minimalizování vlnového výběhu byl jako opevnění návodního svahu zvolen kamenný zához o velikosti kamene alespoň 0,5 m. Kóta maximální hladiny byla tedy stanovena na hodnotě 234,54 m n.m. Vzdušný svah hráze bude opatřen vrstvou humusu a bude zatravněn a osázen nízkou skupinovou keřovou vegetací. Výpočet výběhu vlny viz příloha B. Kap. 6

Před začátkem výstavby tělesa hráze bude v příslušném rozsahu odstraněna ornice v tl. cca 0,5 m a bude uložena na mezideponii stejně jako materiály, které nebudou použity v tělese hráze. V ose koruny bude po délce hráze vyhlouben zavazovací zámek pro zabránění vodorovnému posunu vlivem tlaku vody. Deponovaná ornice se použije následně na ohumusování svahů hráze, rekultivaci povrchu zemníků a ostatní úpravy terénu v rámci stavby. Materiály vytěžené v rámci založení hráze a nebudou použity do jejího tělesa, budou využity na rekultivaci zemníků a ostatní zemní práce. Hlavní hráz (SO 01.1) prochází ve staničení hlavní hráze 561,8 m až 601,7 m odpadním korytem úpravny důlních vod, která bude před zahájením výstavby zrušena a koryto odvodněno. Odpadne tak nutnost převádět v době výstavby odtok z této úpravny přes SO 02.

Součástí opatření pro zajištění stability hráze je patní drén, který zachycuje a kontrolovaně odvádí průsaky (viz příloha C. 4). Protože hlavní hráz (SO 01.1) prochází ve staničení 402,8 až 502,4 m zemním násypem, nemůžou být průsaky z této hráze odváděny do jednoho recipientu. Průsaky ze pravé části hráze budou odváděny do odpadního koryta pod sdruženým objektem a průsaky z levé části hráze se budou akumulovat v uměle vytvořené laguně předsunuté před patu vzdušního svahu hráze. Odtud se bude voda odvádět drénem do Bíliny (viz příloha C.1).

Průsaky z JZ vedlejší hráze (SO 01.2) budou odváděny přímo do Bíliny a průsaky z SV vedlejší hráze (SO 01.3) budou odváděny do zatrubněného toku ústícího do Farského rybníka.

Koruna je navržena šířky 6 m, po ní povede neveřejná komunikace pro účely provozu a údržby. Komunikace na vedlejších hrázích bude se štěrkovou úpravou a komunikace na hlavní hrázi bude kvůli těžkému strojnímu vstrojení sdruženého objektu opatřena asfaltovým povrchem. Komunikace budou v místech zavázání do svahů napojeny na stávající cesty. Pouze u SO 01.3 je navrženo obratiště v pravém svahu a sjezd z hráze napojen na stávající cestu.

### **3.3 SO 02 – Sdružený objekt**

SO 02 sestává z bezpečnostního přelivu (SO 02.1), MVE (SO 02.2), zahrnující také spodní výpust (PS 01) a tlumicí objekt. SO 02 je navržen jako monolitická železobetonová konstrukce z vodostavebního betonu na celou výšku hráze.

Voda bude k SO přivedena přívodním korytem (SO 03). Navázání SO 02 na stávající tok Bíliny na vzdušné straně hráze umožní odpadní koryto (SO 04).

SO 02 je situován ve staničení 743,7 m až 769,0 m hlavní hráze (SO 01.1). Výškové umístění a uspořádání je podmíněno výškovou úrovní Bíliny a morfologií terénu.

SO 02 je kvůli své velikosti rozdělen podélnými i příčnými dilatačními spárami těsněnými pryžovým těsněním. Viz příloha C.6.1

#### **3.3.1 SO 02.1 – Bezpečnostní přeliv**

Bezpečnostní přeliv byl navržen jako jezový s širokou korunou zakončený skluzem do vývaru. Kapacita přelivu byla dimenzována na přirozený stoletý průtok v Bílině nad zaústěním do PKP. Hodnoty průtoků viz tab. 2. Přeliv bude sestávat ze tří přelivných polí, přičemž dvě pole budou o šířce 4,6 m a jedno pole bude šířky 2 m. Menší pole umožní jemnější manipulaci s odtokem a proplach prostoru před vtokovým prahem do MVE. Menší z polí proto bude situováno nejvýchodněji nejbližší elektrárny. Koruna pevného přelivu je výškově umístěna pod úroveň původního terénu na kótě 231,04 m n.m. Přelivná pole budou hrazena tlačnými segmentovými uzávěry. Segmenty budou dosedat na obrácený U profil. Strojovny segmentových uzávěrů jsou navrženy jako součást pilířů. Propojení servomotorů a samotných segmentů bude provedeno pomocí cévových tyčí. Pro případy poruch jsou na vtoku stejně jako pod přelivem navrženy drážky provizorních hrazení. Zhlaví dělicích pilířů je navrženo jako kruhové, pro své hydraulické vlastnosti. Viz příloha C.6.1 a C.6.2

### 3.3.2 SO 02.2 – Malá vodní elektrárna

MVE je situována v levé části SO 02. Od bezpečnostního přelivu je oddělena předsunutým dělicím pilířem s hydraulicky vhodně tvarovaným zhlavím.

Nátok na elektrárnu je tvořen obdélníkovým korytem, které je na vtoku opatřeno vtokovým prahem, hrubými česlemi a nornou stěnou. Vtokový práh je k ose přívodního koryta (SO 03) natočen pod úhlem 50°, kvůli možnosti proplachu prostoru před ním. Norná stěna je ponořena 0,5 m pod úroveň maximální hladiny. Dno k tlakovému přivaděči na turbínu je vyspádované v negativním sklonu 1:5. Nátok do tlakového přivaděče je rozdělen na dvě samostatné části dělicím pilířem. Jedna část tvoří nátok do tlakového přivaděče turbíny a ta druhá nátok do spodní výpusti. Vtok do tlakového přivaděče na turbínu je opatřen strojně stíranými jemnými česlemi a drážkami provizorního hrazení. Česle jsou v dolní části opřeny o stupeň a v horní části jsou přimontovány k U profilu pro možnou demontáž. Tlakový přivaděč má tvar obráceného difuzoru se dnem ve sklonu 1:20. Před turbínou je navržen tabulový rychlouzávěr se strojním pohonem.

Spodní a horní stavbu MVE odděluje podlaha strojovny. Ve spodní stavbě bude uložena savka turbíny ústící do odpadního koryta pod budovou MVE a jímka na prosáklou vodu z turbíny a spodní výpusti.

Horní stavba je členěna na strojovnu a horní část, která je dále tvořena montážním prostorem a strojovnou krajního segmentového uzávěru bezpečnostního přelivu. Horní část se nachází v úrovni koruny hráze. Montážní prostor a strojovna přelivu jsou propojeny ocelovou podestou. Přístup do strojovny je pomocí dvouramenného schodiště vedoucího ze strojovny bezpečnostního přelivu. Zábradlí v montážním prostoru je možné odmontovat, aby bylo možné tudy přenášet strojní části jeřábem.

Jeřábová dráha u stropu horní stavby umožní transport strojních částí ze strojovny k montážnímu prostoru odkud jej bude možné odvézt pryč. Ve strojovně bude uloženo strojní vybavení jedné S-kaplanovy turbíny a spodní výpusti.

Odtok z elektrárny je řešen obdélníkovým korytem stejné šířky jako to přívodní. Dno koryta stoupá ve sklonu 1:4 a napojuje se na úroveň dna vývaru bezpečnostního přelivu. Konec odpadnu MVE je opatřen drážkami provizorního hrazení. Viz příloha C.6.1 a C.6.4

### 3.4 SO 03 – Přívodní koryto

Přívodní koryto zajistí přítok vody ke SO i při nižší než maximální hladině. Jeho trasa byla volena tak, aby koryto dosahovalo na kótu terénu odpovídající hladině mrtvého prostoru při co nejkratší délce koryta. Příčný profil je navržen jako lichoběžník s šířkou ve dně 12,0 m a sklonem svahů 1:2. Před napojením na SO se šířka příslušně upraví. Sklon nivelety dna směřuje směrem do nádrže, aby se voda při poklesu hladiny stahovala zpět do nádrže. S ohledem na účel koryta se nepředpokládá s jeho opevněním v celém profilu, opevněná bude pouze pata svahu.

### 3.5 SO 04 – Odpadní koryto

Odpadní koryto umožní propojení tlumící části SO 02 a stávajícího koryta Bíliny. Trasa koryta je navržena v přímé s jedním kružnicovým obloukem. Trasa odpadního koryta vede z větší části stávajícím korytem, které v současnosti slouží jako odtok vyčerpané vody z těžební jámy.

Příčný profil je navržen jako složený lichoběžník s kynetou o hloubce 0,7 m a šířkou ve dně 1 m. Kyneta samotná pojme průtok 2,61 m<sup>3</sup>/s a bez problémů převede průtok z turbíny. Šířka dna v bermách jsou 2,0 m a sklony svahů jsou 1:2. Podélný sklon odpadního koryta je 5 ‰.

Koryto je opevněno ve vzdálenosti 24 m za vývarovým prahem bezpečnostního profilu kamenný záhozem. Zbytek koryta bude opevněn pouze v patě svahu bermy.

Odpadní koryto se na Bílinu napojuje v jejím 59,6. kilometru.

### 3.6 PS 01 – Spodní výpust

Strojní zařízení spodní výpusti je součástí strojovny MVE (SO 02.2). Nátok do spodní výpusti je navržen v nátokovém korytě MVE a je oddělen od tlakového přivaděče dělicím pilířem. Stejně jako tlakový přivaděč turbíny je opatřen strojně stíranými demontovatelnými jemnými česlemi a drážkami provizorního hrazení. Nátok je hydraulicky vhodně upraven. Dále pokračuje betonová štola čtvercového průřezu o straně 400 mm. Ve strojovně se na štolu napojuje ocelové potrubí přes tvarovku upravující tvar průřezu ze čtverce na kruh. Strojní vybavení sestává z revizního uzávěru a dvou provozních uzávěrů. Jako revizní uzávěr bude sloužit provizorní hrazení před jemnými česlemi. Nožové šoupátko poslouží jako provozní neregulační uzávěr a klapkovým uzávěrem bude regulován odtok. Potrubí ve strojovně bude uloženo na opěrné bloky a zaústěno do odpadu turbíny.

Tím že je spodní výpust součástí MVE nelze s její pomocí vypouštět nádrž až na úroveň mrtvého prostoru, kvůli omezení vtoku vtokovým prahem MVE. Spodní výpustí tak lze regulovat odtok pouze po kótu 231,54 m n.m. Zbylý objem po úroveň kóty 231,04 m n.m. lze vypouštět pouze přes pole bezpečnostního profilu. Důvod návrhu spodní výpusti vedle hrazeného bezpečnostního profilu je ten, aby bylo možné vypouštět i menší průtoky než jaké je možné vypouštět menším z polí bezpečnostního přelivu při minimálním otevření segmentu. Spodní výpustí je možné převádět, při maximální hladině v nádrži, průtok 0,74 m<sup>3</sup>/s. Výkres viz příloha C.6.5.

## **3.7 PS 02 – Zařízení MVE**

### **3.7.1 PS 02.1 Strojní vybavení**

Ve vodohospodářském řešení MVE byla navržena jedna turbína typu S-kaplan s jednodenním řízením odtoku. V návrhu byl zvolen průměr oběžného kola 600 mm. V případě výpadku elektřiny je možné uzavřít rozváděcí kolo pomocí závaží. Přejít ze obdélníkového průřezu na kruhový zajišťuje rozvaděč. Generátor je umístěn v ose turbíny. Nátok je opatřen Slupicovou stěnou, strojně stíranými jemnými česlemi a tabulovým rychlouzávěrem.

### **3.7.2 PS 02.2 Elektro část**

Provoz elektrárny se uvažuje automatizovaný. Elektrárna bude vybavena měřícími zařízeními hydraulických a elektrických veličin. Rozváděcí skříně budou umístěny v montážním prostoru horní stavby.

## 4 SHRNU TÍ NÁVRHO VÝCH PARAMETRŮ OBJEKTŮ

### SO 01 – Těleso hráze

#### SO 01.1 – Hlavní hráz

- Typ hráze:	homogenní
- Délka hráze v koruně:	881 m
- Maximální výška hráze nad terénem:	9,0 m
- Šířka hráze v koruně:	6,0 m
- Kóta koruny hráze:	237,00 m n.m.
- Sklon svahů hráze (návodní/vzdušný):	1:3,4/1:2
- Převýšení koruny nad maximální hladinu:	2,46 m

#### SO 01.2 – JZ vedlejší hráz

- Typ hráze:	homogenní
- Délka hráze v koruně:	343 m
- Maximální výška hráze nad terénem:	5,0 m
- Šířka hráze v koruně:	6,0 m
- Kóta koruny hráze:	237,00 m n.m.
- Sklon svahů hráze (návodní/vzdušný):	1:3,4/1:2
- Převýšení koruny nad maximální hladinu:	2,46 m

#### SO 01.3 – SV vedlejší hráz

- Typ hráze:	homogenní
- Délka hráze v koruně:	406 m
- Maximální výška hráze nad terénem:	4,0 m
- Šířka hráze v koruně:	6,0 m
- Kóta koruny hráze:	237,00 m n.m.
- Sklon svahů hráze (návodní/vzdušný):	1:3,4/1:2
- Převýšení koruny nad maximální hladinu:	2,46 m

## SO 01 – Sdružený objekt

- Délka sdruženého objektu v ose koruny hráze: 23,8 m

## SO 02.1 – Bezpečnostní přeliv

- Typ přelivu: jezový - pohyblivý
- Typ hrazení: segment
- Počet polí: 3
- Šířka přelivné hrany 2x4,6 m, 1x2,0 m
- Délka přelivné hrany: 3,37 m
- Kapacita přelivu při maximální hladině: 86,61 m<sup>3</sup>/s
- Výška přelivného paprsku při max. hladině: 3,5 m
- Sklon skluzu: 1:2,5
- Délka skluzu: 5,2 m
- Nadmořská výška přelivné hrany: 231,04 m n. m.

## SO 02.2 – Malá vodní elektrárna (MVE)

- Osová vzdálenost slupic: 0,3 m
- Průměr slupice: 0,05 m
- Náklon jemných česlí: 70°
- Šířka česlic: 0,01 m
- Mezičeslicová mezera: 0,08 m

## SO 03 – Přívodní koryto

- Tvar příčného profilu: lichoběžník
- Šířka koryta ve dně: 12,0 m
- Délka koryta: 326,8 m
- Sklon svahů: 1:2
- Sklon nivelety dna: 3,18 ‰

#### SO 04 – Odpadní koryto

- Tvar příčného profilu: složený lichoběžník
- Šířka kynety ve dně: 1,0 m
- Šířka bermy ve dně (levá/pravá): 2,0 m/2,0 m
- Délka odpadního koryta: 196,4 m
- Sklon svahu (berma/kyneta): 1:2/1:2
- Sklon nivelety dna: 5 ‰

#### PS 01 – Spodní výpust

- Délka spodní výpusti: 11,35 m
- Průměr spodní výpusti: DN 400
- Maximální průtok spodní výpusti: 0,74 m<sup>3</sup>/s

#### PS 02 – Zařízení MVE

- Typ MVE: špičková s denním řízením odtoku
- Počet turbín: 1
- Spád při maximální hladině: 4,12 m
- Délka špičky: 4,48 h
- Hltnost turbíny: 1,63 m<sup>3</sup>/s
- Typ turbíny: S-kaplan
- Průměr oběžného kola: 600 mm

## 5 ZÁVĚR A DOPORUČENÍ

Tématem bakalářské práce byl variantní návrh objektů pro hydrickou rekultivaci povrchového hnědouhelného lomu ČSA v Ústeckém kraji. Důvodem pro zpracování tohoto tématu je ten, že se do roku 2024 předpokládá ukončení těžebních činností a rekultivace jako je tato budou na místě.

Technický návrh vychází z (11), (12), (13), (14) a (10)

Dle morfologie terénu byla zvolena koruna hráze na kótě 237 m n.m. a dle geologických poměrů dané oblasti byl zvolen materiál pro homogenní hráz z místních materiálů. Informace o geologii a hydrogeologii však byly převzaty z jiných projektů a pro realizaci tohoto projektu by bylo potřeba provést detailní geologický a hydrogeologický průzkum a na základě těchto případně tento projekt upravit, zejména co se týká základových poměrů. Z výšky koruny hráze vyplynula nutnost tří samostatných hrází umístěných v terénních depresích po okrajích těžební jámy. Šířka koruny hráze byla zvolena na základě její dopravní vytiženosti. Sklony svahů vychází z použitého materiálu a normy ČSN 75 2410 (10).

Po dohodě s vedoucím byl zvolen sdružený objekt sestávající z bezpečnostního přelivu, MVE a spodní výpusti. Bezpečnostní přeliv byl zvolen jako hrazený s širokou korunou. Dle vodohospodářského řešení byla zvolena jedna turbína typu S-kaplan. Spodní výpust je součástí MVE.

Hloubka založení sdruženého objektu si vyžádala nutnost vyhloubení přírodního koryta se negativním sklonem směrem do nádrže. Odpadní koryto sdruženého objektu se napojuje na stávající koryto Bíliny. Trasa odpadního koryta vede v převážné většině trasy stávajícím korytem, které v současnosti slouží jako odpad čistírny důlních vod.

Prozatím se provoz nádrže uvažuje při konstantní maximální hladině (přítok = odtok). Funkční objekty byly koncipovány na  $Q_{100}$  v Bílině bez změny hladiny. Pro nádrž bude v dalších fázích projektu sestaven manipulační řád pro manipulaci s objekty při různých vodních stavech. V okolí je mnoho vodních nádrží a drobných toků, které je v manipulačním řádu potřeba zohlednit. Vodní dílo svým objemem umožní transformaci povodňových vln i nadlepšování průtoků pod nádrží. V této fázi projektu nebyla řešena migrační propustnost. V současnosti se také připravuje odtrubnění Bíliny na EK. Vodní fauna v Bílině by tak mohla migrovat korytem Bíliny, ve kterém by byl trvale udržován minimální zůstatkový průtok a tím by se nádrži vyhnula.

V předpokládané zátopě i v místě stavebních objektů jsou stávající objekty související s těžbou v lomu, a před započítáním stavby je nutná jejich demolice.

V další fázi bude nutný podrobný inženýrskogeologický průzkum nádrže, pro stanovení dnových průsaků, a podloží hrází, aby se dalo určit, jestli je nutné podloží pod hrázemi těsnit. Před zahájením stavby by bylo také vhodné provést klimatologickou studii s měřením výparů a podrobnější studii vodních zdrojů v okolí. Také bude potřeba prověřit majetkoprávní vztahy, které mohou vynutit změnu trasy hrází.

Napouštění nádrže je možné urychlit čerpáním z Ohře a akumulací povodní.

## 6 SEZNAM PODKLADŮ, LITERATURY, PŘEDPISŮ

- (1) *luhli.cz. luhli.cz* [online]. Praha: pHmedia Czech Republic s.r.o., 2014 [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://luhli.cz/dul-csa-vznikl-postupem-lomu-hedvika/>
- (2) *Oenergetice.cz. Oenergetice.cz* [online]. 2015 [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrarny-cr/cez-planuje-do-roku-2035-odstavit-vice-nez-polovinu-svych-ceskych-uhelných-elektraren>
- (3) *Zpráva o udržitelném rozvoji 2018* [online]. , 27-45 [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: [https://www.7energy.com/files/SE\\_ZUR\\_2018.pdf](https://www.7energy.com/files/SE_ZUR_2018.pdf)
- (4) CHLUM, Antonín, František BOČÍNSKÝ a Vlasta SKÁLOVÁ. *Náhradní opatření za nádrž Dřínov*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1980.
- (5) *VARIANTA 6 - Úplné zaústění Bíliny do lomu ČSA*.
- (6) *Nádrž Dřínov. Povodí Ohře* [online]. Chomutov: WEBHOUSE, 2019 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: [https://www.poh.cz/vismo/dokumenty2.asp?id\\_org=4687&id=2592](https://www.poh.cz/vismo/dokumenty2.asp?id_org=4687&id=2592)
- (7) *Bílina po Ervěnickém koridoru-revitalizace*. Chomutov, 2014.
- (8) SCHAFFNER, David a Jakub ŠINDELÁŘ. *Závěrečná zpráva z inženýrsko-geologického průzkumu*. Václava Řezáče 315, 434 01 Most, 2013.
- (9) TICHÝ, Vladimír. *Hydrická rekultivace lomu ČSA*. Ostrava, 2017.. Bakalářská práce. Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce Ing. Beáta Gibesová, Ph.D.
- (10) *ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže*. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2011.
- (11) *ČSN 01 3469 Výkresy hydrotechnických a hydroenergetických staveb: Stavební část*. 1. Praha: Federální úřad pro normalizaci a měření, 1989.
- (12) *ČSN 75 0255 Výpočet účinků vln na stavby na vodních nádržích a zdržích*. 1. Praha - Hostivař: ÚNM, 1987.
- (13) *ČSN 75 2310 Sypané hráze*. 1. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- (14) *ČSN 75 2340 Navrhování přehrad: Hlavní parametry a vybavení*. 1. Praha: Český normalizační institut, 2004.

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Hodnoty $m$ -denních průtoků .....	15
Tabulka 2: Hodnoty $N$ -letých průtoků .....	15
Tabulka 3: Výpar z hladiny dle měsíců (10) .....	16
Tabulka 4: Tabulka objemů zvažovaných variant .....	18
Tabulka 5: Batygrafie nádrže .....	2
Tabulka 6: Průtoky bezpečnostním přelivem při různých přepadových výškách.....	5
Tabulka 7: Výpočet hloubky vody na konci skluzu pole $b = 4,6$ m .....	8
Tabulka 8: Výpočet vývaru pro pole $b = 4,6$ m .....	8
Tabulka 9: Výpočet hloubky vody na konci skluzu pole $b = 2,0$ m .....	8
Tabulka 10: Výpočet vývaru pro pole $b = 2,0$ m .....	9
Tabulka 11: Výpočet průtoku kynetou při různých hladinách.....	13
Tabulka 12: Výpočet průtoku bermou při různých hladinách .....	13
Tabulka 13: Výsledný průtok v korytě při různých hladinách.....	14
Tabulka 14: Kapacita kynety.....	14
Tabulka 15: Délky radiál pro výpočet efektivní vlny .....	17
Tabulka 16: Změny objemů během nepřetúšené špičky.....	19

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Pohled na lom ČSA ze severu; vlevo dole zámek Jezeří .....	10
Obrázek 2: Zájmová oblast .....	12
Obrázek 3: Schématický geologický profil, pohled proti toku Bíliny (5).....	14

## SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Batygrafické křivky.....	3
Graf 2: Konzumpční křivka bezpečnostního přelivu .....	6
Graf 3: Konzumpční křivka odpadního koryta .....	14

# SEZNAM PŘÍLOH

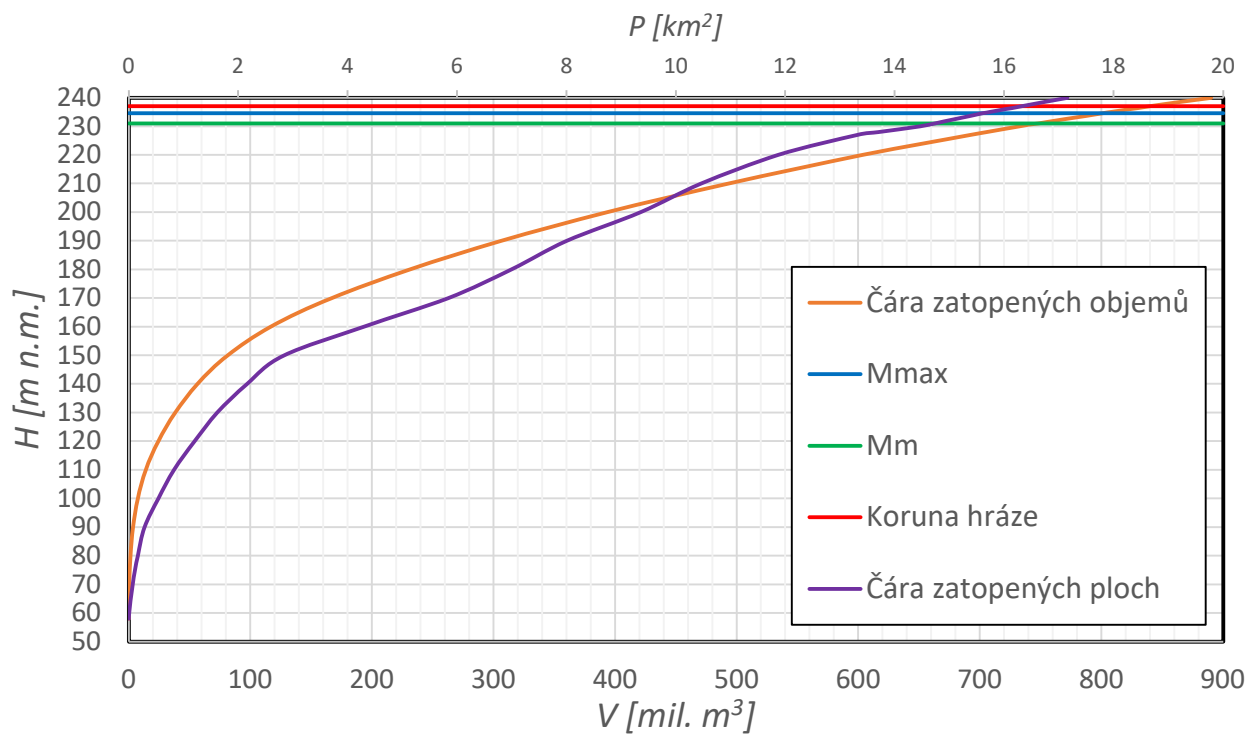
- A – Technická zpráva
- B – Hydrotechnické výpočty
- C – Výkresová část
  - C.1 – Situace širších vztahů 1:20000
  - C.2 – Situace vzdouvacích staveb
    - C.2.1 Podrobná situace SO 01.1 1:2000
    - C.2.2 Podrobná situace SO 01.2 1:2000
    - C.2.3 Podrobná situace SO 01.3 1:2000
  - C.3 – Podélné profily hrází
    - C.3.1 Podélný profil SO 01.1 1:1000/100
    - C.3.2 Podélný profil SO 01.2 1:1000/100
    - C.3.3 Podélný profil SO 01.3 1:1000/100
  - C.4 – Vzorový příčný řez vzdouvací stavby 1:100
  - C.5 – SO 03 a SO 04
    - C.5.1 Situace SO 03 a SO 04 1:1000
    - C.5.2 Podélný profil SO 03 1:1000/100
    - C.5.3 Podélný profil SO 04 1:1000/100
    - C.5.4 Příčné řezy SO 03 1:100
    - C.5.5 Příčné řezy SO 04 1:100
    - C.5.6 Vzorové příčné řezy SO 03 a SO 04 1:100
  - C.6 – SO 02
    - C.6.1 Půdorysný řez SO 02 1:100
    - C.6.2 Podélný řez SO 02 1:100
    - C.6.3 Podélný řez SO 02.1 1:100
    - C.6.4 Podélný řez SO 02.2 1:100
    - C.6.5 Podélný řez PS 01 1:100

PŘÍLOHA B.  
HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

# 1 BATYGRAFIE NÁDRŽE

Tabulka 5: Batygrafie nádrže

H [m n.m.]	P [km <sup>2</sup> ]	V [mil. m <sup>3</sup> ]	V disponibilní [mil. m <sup>3</sup> ]	V získaný [mil. m <sup>3</sup> ]	
58	0	0	0	0	
60	0,01	0,01	0	0	
70	0,07	0,41	0	0	
80	0,16	1,45	0	0	
90	0,29	3,56	0	0	
100	0,54	7,41	0	0	
110	0,82	13,97	0	0	
120	1,20	24,21	0	0	
130	1,62	38,16	0	0	
140	2,16	56,45	0	0	
150	2,83	81,22	0	0	
160	4,29	116,64	0	0	
170	5,83	166,67	0	0	
180	6,99	231,28	0	0	
190	8,00	306,10	0	0	
200	9,36	393,64	0	0	
210	10,46	492,88	0	0	
220	11,87	603,81	0	0	
227	13,31	691,95	0	0	
228	13,69	705,42	0	0	
230	14,46	732,37	0	26,95	
231,04	14,73	748,08	0	42,66	M <sub>m</sub>
232,54	15,11	770,73	22,65	65,31	
234,54	15,60	800,93	52,86	95,51	M <sub>max</sub>
235	15,74	807,88	-	-	
236	16,03	823,76	-	-	
237	16,33	839,94	-	-	Koruna hráze
240	17,16	890,16	-	-	



Graf 1: Batygrafické křivky

Celkový objem VD je 800,93 mil. m<sup>3</sup> s plochou hladiny 15,60 km<sup>2</sup>. Disponibilní objem je 52,86 mil. m<sup>3</sup> a celkový získaný objem vzdouvacími stavbami je 95,51 mil. m<sup>3</sup>.

## 2 VÝPOČET BEZPEČNOSTNÍHO PŘELIVU (SO 02.1)

### 2.1 Vstupní hodnoty

$$Q_N = 85,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$b_{1,2} = 4,6 \text{ m}$$

$$b_3 = 2,0 \text{ m}$$

$$H = 3,5 \text{ m}$$

$$n = 2$$

$$\xi = 0,7$$

$$m = 0,31$$

$$v_0 = 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$\sigma_z$$

Návrhový průtok

Šířka přelivného pole 1 a 2

Šířka přelivného pole 3

Přelivná výška

Počet zúžení

Součinitel tvaru pilíře

Součinitel přelivu (tab. 6)

Přítoková rychlost

Gravitační zrychlení

Součinitel zatopení

### 2.2 Použité vzorce

$$Q = \sigma_z \cdot m \cdot b_0 \cdot \sqrt{2g} \cdot h_0^{\frac{3}{2}} \quad [1]$$

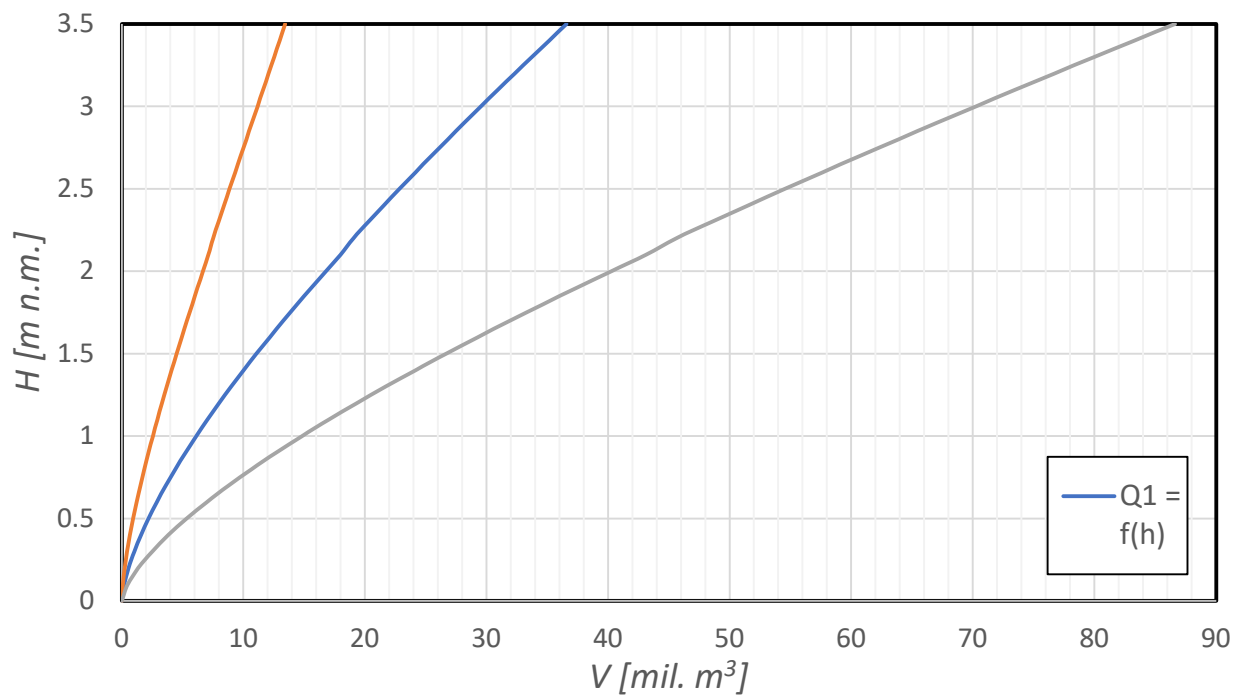
$$b_0 = b - 0,1 \cdot n \cdot \xi \cdot h_0 \quad [2]$$

$$h_0 = h + \frac{\alpha v_0^2}{2g} \quad [3]$$

## 2.3 Výsledky

Tabulka 6: Průtoky bezpečnostním přelivem při různých přepadových výškách

h [m]	$\sigma_z$	přelivné pole b = 4.6 m			přelivné pole b = 2.0 m			$\Sigma Q$ [m <sup>3</sup> *s <sup>-1</sup> ]
		h <sub>0</sub> [m][3]	b <sub>0</sub> [m][2]	Q <sub>1</sub> [m <sup>3</sup> *s <sup>-1</sup> ][1]	h <sub>0</sub> [m][3]	b <sub>0</sub> [m][2]	Q <sub>2</sub> [m <sup>3</sup> *s <sup>-1</sup> ][1]	
0	1.00	0	0	0	0	0	0	0
0.10	1.00	0.10	4.59	0.20	0.10	1.99	0.09	0.48
0.20	1.00	0.20	4.57	0.56	0.20	1.97	0.24	1.37
0.30	1.00	0.30	4.56	1.03	0.30	1.96	0.44	2.50
0.40	1.00	0.40	4.54	1.58	0.40	1.94	0.68	3.83
0.50	1.00	0.50	4.53	2.20	0.50	1.93	0.94	5.34
0.60	1.00	0.60	4.52	2.88	0.60	1.92	1.22	6.99
0.70	1.00	0.70	4.50	3.62	0.70	1.90	1.53	8.77
0.80	1.00	0.80	4.49	4.41	0.80	1.89	1.86	10.67
0.90	1.00	0.90	4.47	5.25	0.90	1.87	2.20	12.69
1.00	1.00	1.00	4.46	6.12	1.00	1.86	2.55	14.80
1.10	1.00	1.10	4.45	7.04	1.10	1.85	2.92	17.01
1.20	1.00	1.20	4.43	8.00	1.20	1.83	3.31	19.31
1.30	1.00	1.30	4.42	8.99	1.30	1.82	3.70	21.68
1.40	1.00	1.40	4.40	10.02	1.40	1.80	4.10	24.14
1.50	1.00	1.50	4.39	11.07	1.50	1.79	4.52	26.66
1.60	1.00	1.60	4.38	12.16	1.60	1.78	4.94	29.26
1.70	1.00	1.70	4.36	13.28	1.70	1.76	5.36	31.91
1.80	1.00	1.80	4.35	14.42	1.80	1.75	5.80	34.63
1.90	1.00	1.90	4.33	15.59	1.90	1.73	6.24	37.41
2.00	1.00	2.00	4.32	16.78	2.00	1.72	6.68	40.24
2.10	1.00	2.10	4.31	17.99	2.10	1.71	7.13	43.12
2.20	0.99	2.20	4.29	19.04	2.20	1.69	7.51	45.58
2.30	0.99	2.30	4.28	20.29	2.30	1.68	7.96	48.53
2.40	0.99	2.40	4.26	21.55	2.40	1.66	8.41	51.51
2.50	0.99	2.50	4.25	22.84	2.50	1.65	8.87	54.54
2.60	0.99	2.60	4.24	24.14	2.60	1.64	9.32	57.61
2.70	0.99	2.70	4.22	25.46	2.70	1.62	9.78	60.71
2.80	0.99	2.80	4.21	26.80	2.80	1.61	10.24	63.84
2.90	0.99	2.90	4.19	28.16	2.90	1.59	10.70	67.01
3.00	0.99	3.00	4.18	29.53	3.00	1.58	11.16	70.21
3.10	0.99	3.10	4.17	30.91	3.10	1.57	11.62	73.44
3.20	0.99	3.20	4.15	32.31	3.20	1.55	12.08	76.70
3.30	0.99	3.30	4.14	33.72	3.30	1.54	12.53	79.98
3.40	0.99	3.40	4.12	35.15	3.40	1.52	12.99	83.28
3.50	0.99	3.50	4.11	36.58	3.50	1.51	13.44	86.61



Graf 2: Konzumpční křivka bezpečnostního přelivu

Kapacita bezpečnostního přelivu je 86,61 m<sup>3</sup>/s. Byla navržena 3 přelivná pole při přepadové výšce 3,5 m. Dvě přelivná pole šířky 4,6 m, každá s kapacitou 36,58 m<sup>3</sup>/s a jedno přelivné pole šířky 2,0 m s kapacitou 13,44 m<sup>3</sup>/s.

### 3 VÝPOČET VÝVARU

#### 3.1 Vstupní hodnoty

$$n = 0,014$$

$$h_d = 2,62 \text{ m}$$

$$i_0 = 1:2,5$$

$$Q_{1,2} = 36,58 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$Q_3 = 13,44 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Manningův drsnostní součinitel

Hloubka dolní vody

Sklon skluzu

Kapacitní průtok přelivného pole  $\check{s} = 4,6 \text{ m}$

Kapacitní průtok přelivného pole

#### 3.2 Použité vzorce

Chézyho rychlostní součinitel  $C$  dle Manninga

$$S = b_i \cdot H \quad [5]$$

$$O = b_i + 2H \quad [6]$$

$$R = \frac{S}{O} \quad [7]$$

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}} \quad [8]$$

$$Q = S \cdot v \quad [9]$$

$$K = S \cdot C \cdot \sqrt{R} \quad [10]$$

$$E = H + k \quad [11]$$

$$K_p = \frac{K_i + K_{i+1}}{2} \quad [12]$$

$$i_p = \frac{Q^2}{K_p^2} \quad [13]$$

$$\Delta L = \frac{E_{i+1} - E_i}{i_0 - i_p} \quad [14]$$

$$F_r = \frac{\alpha v}{\sqrt{Hg}} \quad [15]$$

$$L = \frac{6,4 \cdot h_1 \cdot (F_r^2 - 1)^{0,5}}{1 + 0,64 \cdot \tan \gamma \cdot (F_r^2 - 1)^{0,5} \cdot \frac{h_1}{b_1}} \quad [16]$$

$$h_2 = h_1 + \frac{0,12 \cdot k \cdot L}{1,2 - 0,2 \cdot \left(\frac{b_1}{h_1}\right)^{1/3}} \quad [17]$$

$$\sigma = \frac{h_d + d}{h_2} \quad [18]$$

$$h_k = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q^2}{g b^2}} \quad [19]$$

### 3.3 Výsledky

Nejprve vypočítám hloubku vody na konci skluzu pro pole šířky  $b = 4,6 \text{ m}$  a  $b = 2,0 \text{ m}$  podle bernoulliho rovnice. Hloubka vody na konci skluzu bude figurovat jako první vzájemná hloubka vodního skoku v návrhu vývaru. Návrh vývaru bude na základě méně příznivého výsledku

Pro přelivné pole  $b = 4,6 \text{ m}$

Tabulka 7: Výpočet hloubky vody na konci skluzu pole  $b = 4,6 \text{ m}$

H [m]	S [5] [m <sup>2</sup> ]	O [6] [m]	R [7] [m]	C [8] [m <sup>0,5</sup> .s]	v [9] [m.s <sup>-1</sup> ]	$\alpha v^2/2g$ [m]	K [10] [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	E [11] [m]
1.86 [19]	8.56	8.32	1.03	71.77	4.27	0.93	623.2	2.79
0.91	4.17	6.41	0.65	66.48	8.78	3.93	223.4	4.83

$K_p$ [12] [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	$i_p$ [13] [-]	$E_{i+1}-E_i$ [m]	$i_0$ [-]	$i_0-i_p$ [-]	$\Delta L$ [14] [m]
423.3	0.007	2.04	0.4	0.393	5.20

Tabulka 8: Výpočet vývaru pro pole  $b = 4,6 \text{ m}$

Fr [15]	L [16] [m]	$L_N$ [m]	k	$h_2$ [17] [m]	$\sigma_N$ [-]	d [18] [m]	$D_N$ [m]	$\sigma_{\text{posouzení}}$ [-]
2.94	16.06	16.3	1	3.19	1.1	0.89	0.9	1.1

Pro přelivné pole  $b = 2,0 \text{ m}$

Tabulka 9: Výpočet hloubky vody na konci skluzu pole  $b = 2,0 \text{ m}$

H [m]	S [5] [m <sup>2</sup> ]	O [6] [m]	R [7] [m]	C [8] [m <sup>0,5</sup> .s]	v [9] [m.s <sup>-1</sup> ]	$\alpha v^2/2g$ [m]	K [10] [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	E [11] [m]
1.66 [19]	3.33	5.33	0.62	66.04	4.04	0.83	173.6	2.50
0.79	1.57	3.57	0.44	62.30	8.55	3.72	65.0	4.51

$K_p$ [12] [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	$i_p$ [13] [-]	$E_{i+1}-E_i$ [m]	$i_0$ [-]	$i_0-i_p$ [-]	$\Delta L$ [14] [m]
119.3	0.013	2.01	0.4	0.387	5.20

Tabulka 10: Výpočet vývaru pro pole  $b = 2,0$  m

Fr [15]	L [16] [m]	$L_N$ [m]	k	$h_2$ [17] [m]	$\sigma_{\text{návrh}}$ [-]	d [18] [m]	$d_{\text{navržené}}$ [m]	$\sigma_{\text{posouzení}}$ [-]
3.08	14.65	16.3	1	2.90	1.1	0.57	0.4	1.04

Méně příznivý výsledek vyšel u pole  $b = 4,6$  m. Navrhuji vývar délky 16,3 m a hloubky 0,9 m vzhledem ke dnu kynety SO 03.

## 4 VÝPOČET SPODNÍ VÝPUSTI

### 4.1 Vstupní hodnoty

$$H = 3,9 \text{ m}$$

$$D = 0,4 \text{ m}$$

$$L = 11,35 \text{ m}$$

$$s = 0,01 \text{ m}$$

$$b = 0,08 \text{ m}$$

$$\beta = 2,42$$

$$\delta = 110^\circ$$

$$\xi_{\text{vtok}} = 0,1$$

$$\xi_{\text{n.š.}} = 0,1$$

$$\xi_{\text{k}} = 0,2$$

$$\xi_{\text{m.v.}} = 0,1$$

$$\xi_{\text{z.p.}} = 0,1$$

$$\Delta = 0,0005$$

$$\alpha = 1,0$$

Tlačná výška

Průměr výpustného potrubí

Délka výpustného potrubí

Šířka česlice

Šířka mezičeslicové mezery

Souč. tvaru česlic

Úhel nátoku na česle

Souč. ztrát na vtoku

Souč. ztrát na nožovém šoupěti

Souč. ztrát na klapce

Souč. ztrát na montážní vložce

Souč. ztrát změnou tvaru průřezu

Hydraulická drsnost

Coriolisovo číslo

### 4.2 Použité vzorce

$$v_{\zeta} = \frac{Q}{S_{\zeta}} \quad [20]$$

$$\xi_{\zeta} = \beta \cdot \left(\frac{s}{b}\right)^{\frac{4}{3}} \cdot \sin \delta \quad [21]$$

$$\lambda = \frac{0,25}{\left[\log\left(\frac{3,7D}{\Delta}\right)\right]^2} \quad [22]$$

$$\mu = \frac{1}{\left[\alpha + \sum_{i=1}^n \xi_i \left(\frac{S_u}{S_i}\right)^2 + \sum_{i=1}^n \lambda_i \frac{L_i}{D_i} \left(\frac{S_u}{S_i}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}} \quad [23]$$

$$Q = \mu \cdot S_u \cdot (2gH)^{\frac{1}{2}} \quad [24]$$

## 4.4 Výsledky

1. Plocha česlí z výkresu  $S_c = 0,67 \text{ m}^2$
2. Ztrátový součinitel na česlích  $\xi_c = 0,142$  dle [21]
3. Ztráty třením  $\lambda = 0,021$  dle [22]
4. Výtokový součinitel  $\mu = 0,68$  dle [23]
5. Výsledný průtok  $Q = 0,74 \text{ m}^3/\text{s}$  dle [24]

Výsledná kapacita spodní výpusti je při maximální hladině  $Q = 0,74 \text{ m}^3/\text{s}$

## 5 VÝPOČET KAPACITY ODPADNÍHO KORYTA (SO 04)

### 5.1 Vstupní hodnoty

$$Q_N = 85,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$I = 5 \text{ ‰}$$

$$b_k = 1,0 \text{ m}$$

$$b_{ber} = 4,0 \text{ m}$$

$$m_k = 1:2$$

$$m_b = 1:2$$

$$n_{dno} = 0,025$$

$$n_{svah} = 0,025$$

$$n_v = 0,01$$

Návrhový průtok

Sklon nivelety dna

Šířka koryta ve dně kynety

Celková šířka bermy

Sklon svahů kynety

Sklon svahů bermy

Manningův drsnostní souč. dna

Manningův drsnostní souč. svahů

Manningův drsnostní souč. rozhraní

### 5.2 Použité vzorce

$$n = \frac{\sum_{i=1}^n n_i \cdot O_i}{\sum_{i=1}^n O_i} \quad [25]$$

$$R = \frac{S}{O} \quad [7]$$

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}} \quad [8]$$

$$Q = S \cdot C \cdot \sqrt{R \cdot i} \quad [26]$$

$$S = b_i \cdot H \quad [5]$$

$$O = b_i + 2H \quad [6]$$

$$Q = S \cdot v \quad [9]$$

## 5.4 Výsledky

Tabulka 11: Výpočet průtoku kynetou při různých hladinách

h [m]	n [25] [-]	S [5] [m <sup>2</sup> ]	O [6] [m]	R [7] [m]	C [8] [m <sup>0.5</sup> .s <sup>-1</sup> ]	v [9] [m.s <sup>-1</sup> ]	Q [26] [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
0	0	0	0	0	0	0	0
0,19	0,0250	0,26	1,83	0,14	28,80	0,76	0,19
0,37	0,0250	0,65	2,66	0,24	31,61	1,10	0,72
0,56	0,0250	1,18	3,50	0,34	33,38	1,37	1,62
0,74	0,0247	1,85	4,22	0,44	35,30	1,65	3,05
0,93	0,0235	2,55	4,59	0,56	38,60	2,04	5,20
1,12	0,0225	3,26	4,96	0,66	41,47	2,38	7,75
1,30	0,0216	3,97	5,33	0,74	44,04	2,69	10,65
1,49	0,0209	4,67	5,71	0,82	46,38	2,97	13,87
1,67	0,0202	5,38	6,08	0,89	48,53	3,23	17,37
1,86	0,0196	6,09	6,45	0,94	50,52	3,47	21,12
2,05	0,0191	6,79	6,82	1,00	52,37	3,70	25,11
2,23	0,0186	7,50	7,19	1,04	54,10	3,91	29,30
2,42	0,0182	8,21	7,57	1,08	55,73	4,10	33,69
2,60	0,0178	8,91	7,94	1,12	57,26	4,29	38,25

Tabulka 12: Výpočet průtoku bermou při různých hladinách

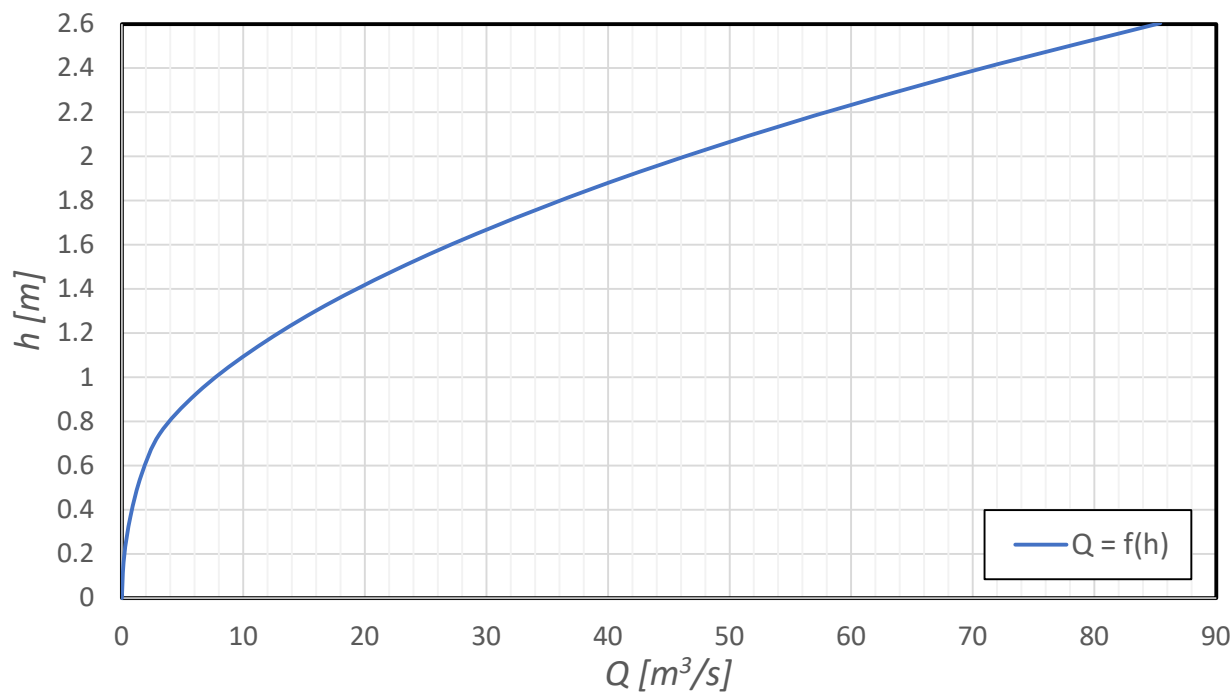
h [m]	n [25] [-]	S [5] [m <sup>2</sup> ]	O [6] [m]	R [7] [m]	C [8] [m <sup>0.5</sup> .s <sup>-1</sup> ]	v [9] [m.s <sup>-1</sup> ]	Q [26] [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
0	0	0	0	0	0	0	0
0,19	0,0000	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00
0,37	0,0000	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00
0,56	0,0000	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00
0,74	0,0250	0,18	4,20	0,043	23,66	0,35	0,06
0,93	0,0250	1,03	5,03	0,204	30,69	0,98	1,00
1,12	0,0250	2,01	5,86	0,343	33,47	1,39	2,78
1,30	0,0250	3,13	6,69	0,468	35,25	1,71	5,34
1,49	0,0250	4,39	7,52	0,584	36,57	1,98	8,68
1,67	0,0250	5,79	8,36	0,693	37,63	2,22	12,83
1,86	0,0250	7,33	9,19	0,798	38,52	2,43	17,83
2,05	0,0250	9,01	10,02	0,899	39,30	2,63	23,72
2,23	0,0250	10,82	10,85	0,997	39,98	2,82	30,55
2,42	0,0250	12,77	11,68	1,093	40,60	3,00	38,34
2,60	0,0250	14,86	12,51	1,188	41,16	3,17	47,15

Tabulka 13: Výsledný průtok v korytě při různých hladinách

h [m]	Q [26] [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
0	0
0,19	0,19
0,37	0,72
0,56	1,62
0,74	3,11
0,93	6,20
1,12	10,53
1,30	15,99
1,49	22,55
1,67	30,20
1,86	38,96
2,05	48,83
2,23	59,85
2,42	72,03
2,60	85,40

Tabulka 14: Kapacita kynety

h [m]	n [25] [-]	S [5] [m <sup>2</sup> ]	O [6] [m]	R [7] [m]	C [8] [m <sup>0.5</sup> .s <sup>-1</sup> ]	v [9] [m.s <sup>-1</sup> ]	Q [26] [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
0,70	0,0250	1,68	4,13	0,41	34,43	1,55	2,61



Graf 3: Konzumpční křivka odpadního koryta

Při návrhovém průtoku je hladina v korytě 2,6 m. Hloubka kynety je 0,7 m s kapacitním průtokem 2,61 m<sup>3</sup>/s.

## 6 VÝPOČET VÝBĚHU VLNY

### 6.1 Vstupní hodnoty

$$w_{10z} = 25 \text{ m/s}$$

$$\delta = 3,36^\circ$$

$$H = 10 \text{ m}$$

$$\cotg \alpha = 3,4$$

$$c = 1,0 \text{ m}$$

Rychlost větru ve výši 10 m nad zemí

Úhel mezi podélnou osou nádrže a směrem větru

Cotg sklonu návodního svahu hráze

Bezpečnostní rezerva

### 6.2 Použité vzorce

$$L_{ef} = \frac{\sum_{i=1}^{15} L_i \cdot \cos^2 \varphi_i}{\sum_{i=1}^{15} \cos \varphi_i} \quad [27]$$

$$w_{10v} = k \cdot w_{10z} \quad [28]$$

$$\Delta H = k_w \frac{w_{10v}^2 \cdot L}{gH} \cos \delta \quad [29]$$

$$t_{min.} = 0,027 \frac{L_{ef}}{T} \quad [30]$$

$$\lambda_{0c} = \frac{gT^2}{2\pi} \quad [31]$$

$$h_{v1\%} = k_d \cdot k_p \cdot h_{1\%} \quad [32]$$

$$h_{v13\%} = k_i \cdot h_{v1\%} \quad [33]$$

$$h_{v13\%\beta} = k_\beta \cdot h_{v13\%} \quad [34]$$

$$\Delta K = \Delta H + h_{v13\%\beta} + c \quad [35]$$

## 6.4 Výsledky

Tabulka 15: Délky radiál pro výpočet efektivní vlny

i	$L_i$	$\gamma_i$	$\cos \gamma$	$L_i * (\cos \gamma)^2$
1	3339	42	0,743	1844,010
2	5025	36	0,809	3288,905
3	5785	30	0,866	4338,750
4	6010	24	0,914	5015,737
5	5951	18	0,951	5382,730
6	5663	12	0,978	5418,204
7	5468	6	0,995	5408,256
8	5649	0	1,000	5649,000
9	5002	-6	0,995	4947,347
10	5687	-12	0,978	5441,167
11	3231	-18	0,951	2922,467
12	1971	-24	0,914	1644,928
13	1066	-30	0,866	799,500
14	746	-36	0,809	488,263
15	584	-42	0,743	322,522
$\Sigma$			13,511	52911,787

1. Výpočet efektivní vlny  $L_{ef} = 3916$  m dle [27]. Hodnoty pro výpočet jsou uvedeny v tabulce 15.
2. Výpočet rychlosti větru ve výši 10 m nad hladinou vody v klidu  $w_{10v} = 30,75$  m/s dle [28]. Hodnota  $k$  z tab. 2 v (12).
3. Výpočet výšky nahnání hladiny větrem  $\Delta H = 0,16$  m dle [29]. Hodnota  $k_w$  z (12).
4. Výpočet periody vlny  $T = 4,73$  s dle obr. 4 v (12).
5. Výpočet charakteristické výšky vlny  $h_c = 1,74$  m dle obr. 3 v (12).
6. Výpočet minimálního trvání větru  $t_{min} = 22,37$  min dle [30]
7. Výpočet  $\lambda_{0c} = 34,9$  m dle [31].
8. Výpočet hodnoty  $k_p = 1,4$  z obr. 11 v (12).
9. Výpočet  $h_{1\%} = 2,43$  m. Přepočet z  $h_c$  dle tab.1 v (12).
10. Hodnota  $k_d = 0,45$  dle tab. 7 v (12).
11. Výpočet  $h_{v1\%} = 1,53$  m dle [32]
12. Výpočet  $h_{v13\%} = 1,30$  m dle [33]
13. Výpočet  $h_{v13\%\beta} = 1,30$  m dle [34]. Hodnota  $k_\beta$  z tab.9 v (12).
14. Výpočet minimálního převýšení koruny  $\Delta K = 2,46$  m dle [35]

Minimální převýšení koruny nad maximální hladinou je 2,46 m.

## 7 VODOHOSPODÁŘSKÉ ŘEŠENÍ MVE

### 7.1 Vstupní hodnoty

$$Q_{MZP} = 0,15 \text{ m}^3/\text{s}$$

Minimální zůstatkový průtok v Bílině

$$\emptyset \text{ výpar} = 0,41 \text{ m}^3/\text{s}$$

Orientáční průměrný roční výpar

$$Q_a = 0,865 \text{ m}^3/\text{s}$$

Průměrný dlouhodobý průtok v Bílině

$$\eta = 0,83$$

Uvažovaná celková účinnost soustrojí

### 7.2 Použité vzorce

$$Q_P = Q_a - Q_{MZP} - \emptyset \text{ výpar} \quad [36]$$

$$t_{\xi} = 24 \cdot \frac{Q_P}{Q_{\xi}} \quad [37]$$

$$V_Z = 3600 \cdot \left( Q_{\xi} t_{\xi} - \frac{Q_{\xi} t_{\xi}^2}{24} \right) \quad [38]$$

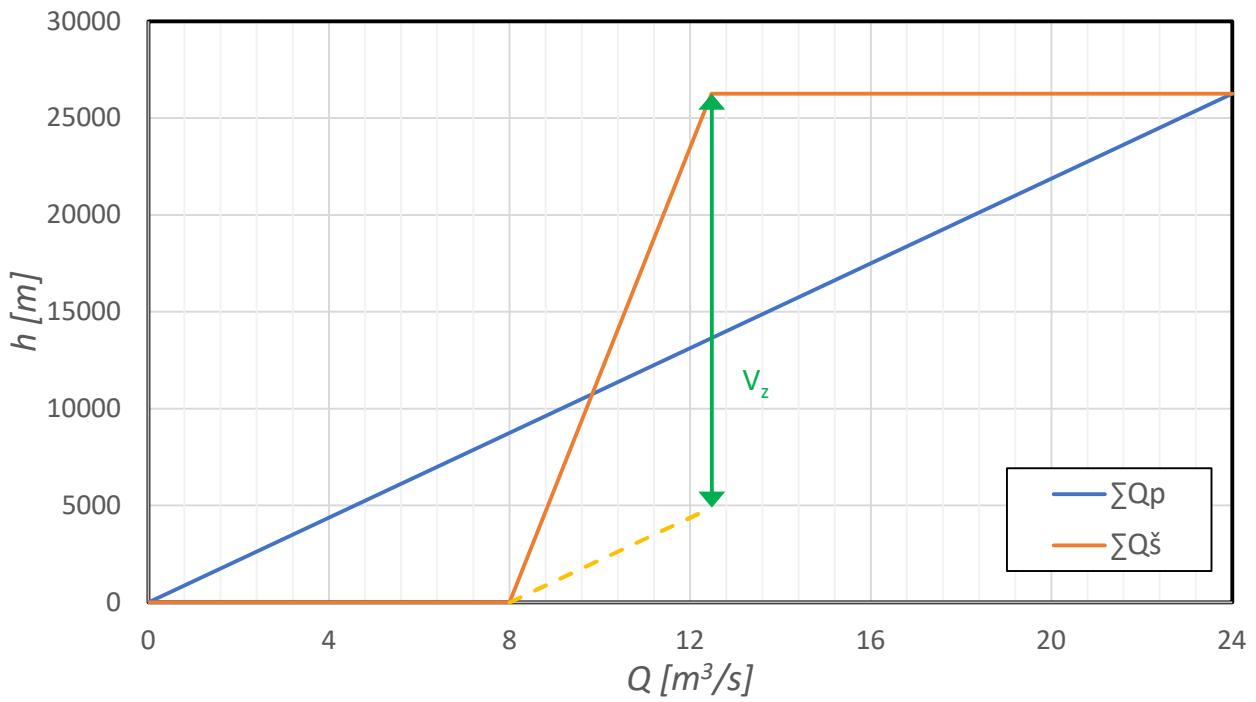
$$P = H \cdot g \cdot \rho \cdot \eta \cdot Q_{\xi} \quad [39]$$

$$E = 365 \cdot P \cdot t_{\xi} \quad [40]$$

### 7.3 Výsledky

1. Výběr průměru oběžného kola pro odhadnutý průtok. Zvolil jsem průměr oběžného kola 600 mm pro průtok  $Q_{\xi} = 1,63 \text{ m}^3/\text{s}$ . Tomu odpovídá spád  $H = 4,12 \text{ m}$ .
2. Výpočet průměrného přítoku do nádrže  $Q_P = 0,30 \text{ m}^3/\text{s}$  dle [36]
3. Výpočet doby špičky  $t_{\xi} = 4,5 \text{ h}$  dle [37]
4. Výpočet objemu pro denní akumulaci  $V_Z = 21370 \text{ m}^3$  dle [38]
5. Výpočet výkonu  $P = 54,7 \text{ kW}$  dle [39]
6. Výpočet roční výroby energie  $E = 89,3 \text{ MWh}$

Tabulka 16: Změny objemů během nepřetoušené špičky



Doba špičky je 4,48 h při průtoku 1,63  $m^3/s$ . Do bilance byl zahrnutý průměrný průtok  $Q_a$  (viz tab. 2) se zohledněním výparu z hladiny a minimální zůstatkový průtok v Bílině. Potřebná denní akumulace vody je tedy přibližně 21 370  $m^3$ . Výkon turbíny je při maximální hladině 54,7 kW.