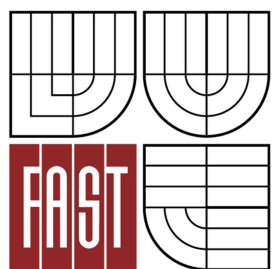




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

VODOHOSPODÁŘSKÉ ŘEŠENÍ OCHRANNÉ VODNÍ NÁDRŽE V POVODÍ KOBYLÍHO POTOKA

WATER MANAGEMENT SOLUTION OF RETENTION FUNCTION OF THE KOBYLÍ POTOK RESERVOIR

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. JAN ŠOUREK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. MILOŠ STARÝ, CSc.

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství krajiny

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. JAN ŠOUREK
Název	Vodohospodářské řešení ochranné vodní nádrže v povodí Kobylího potoka
Vedoucí diplomové práce	prof. Ing. Miloš Starý, CSc.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2012
Datum odevzdání diplomové práce	11. 1. 2013
V Brně dne 31. 3. 2012	

.....
prof. Ing. Miloš Starý, CSc.
Vedoucí ústavu

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

Podklady a literatura

- Starý, M.: HYDROG. Software pro simulaci, predikci a operativní řízení odtoku vody z povodí, Brno, 1991-2007
- Starý, M.: Nádrže a vodohospodářské soustavy, skriptum, FAST VUT Brno, 2006
- Starý, M.: Hydrologie, skriptum, FAST VUT Brno, 2005
- Studie vypracované v roce 2007 v souvislosti s návrhem nádrže Nové Heřmínovy v povodí řeky Opavy

Zásady pro vypracování

Jednou z možných suchých retenčních nádrží, která může sehrát významnou roli při transformaci povodní v mezipovodí mezi Krnovem a Opavou, je retenční nádrž na Kobylím potoce. Předmětem diplomové práce je vodohospodářské řešení ochranné funkce uvažované nádrže a posouzení její účinnosti v návaznosti na navržená vodohospodářská opatření v povodí Opavy. Navržená opatření vycházejí ze studie zpracované v roce 2007 v souvislosti s návrhem nádrže Nové Heřmínovy pro potřeby MŽP a MZE.

Předepsané přílohy

.....
prof. Ing. Miloš Starý, CSc.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Předmětem diplomové práce je návrh vodohospodářského řešení ochranné vodní nádrže v povodí Kobyliho potoka. Diplomová práce se skládá z části textové, hydrotechnických výpočtů a grafické.

KLÍČOVÁ SLOVA

návrhová povodňová vlna, kontrolní povodňová vlna, transformace, spodní výpust, hráz, bezpečnostní přeliv, skluz, vývar, koryto, hladina

ABSTRACT

The subject of the thesis is to design proposal protective water management solution reservoirs in the basin Kobyli potok. This thesis consist of the text, hydraulic calculation and graphic.

KEYWORDS

design flood wave, flood wave control, transformation, bottom outlet, dam, emergency spillway, waste way, stilling basin, channel, level

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

ŠOUREK, Jan. *Vodohospodářské řešení ochranné vodní nádrže v povodí Kobyliho potoka*. Brno, 2013. 73 s., 56 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce prof. Ing. Miloš Starý, CSc..

Prohlášení:

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

V Brně dne 8.1.2013

.....

podpis autora

Bc. Jan Šourek

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 8.1.2013

.....

podpis autora

Bc. Jan Šourek

Poděkování:

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu diplomové práce prof. Ing. MILOŠ STARÝ, CSc. za cenné rady, pomoc při zpracování a čas, který mi věnoval. Dále bych chtěl poděkovat rodině a přátelům kteří mě neustále podporovali.

ÚVOD	10
-------------------	-----------

A TECHNICKÁ ZPRÁVA.....	11
--------------------------------	-----------

A.1	Identifikační údaje stavby a investora.....	11
A.2	Informace o zájmovém území a účel stavby	12
A.2.1	Obecné informace	12
A.2.2	Účel stavby.....	14
A.2.3	Hydrologické poměry	14
A.3	Stavebně technické řešení	16
A.3.1	SO 01 Terénní úpravy	17
A.3.2	SO 02 Hráz.....	19
A.3.3	SO 03 Spodní výpusti	20
A.3.4	SO 04 Boční přeliv	21
A.3.5	SO 05 Vývar pod odpadní štolou	22
A.3.6	SO 6 Vývar pod skluzem.....	22
A.3.7	SO 07 Odpadní koryto.....	23
A.3.8	SO 08 Obslužná komunikace.....	23
A.3.9	SO 09 Úpravy toku v zátopě.....	23

B HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY.....	24
--------------------------------------	-----------

B.1	Charakteristické čáry nádrže	24
B.2	Transformace PV_{100}	25
B.3	Transformace PV_{1000}	27
B.4	Návrh spodní výpusti	28
B.4.1	Výpočet spodní výpusti s volnou hladinou	29
B.4.2	Výpočet spodní výpusti s tlakovým prouděním.....	31
B.5	Návrh bezpečnostního přelivu.....	33
B.5.1	Návrh spadiště.....	34
B.5.2	Přepadová část	35
B.5.3	Stanovení konzumční křivky přelivu	38
B.6	Měrná křivka odpadní štolý.....	39

B.7	Měrná křivka skluzu.....	43
B.8	Měrná křivka koryta v zátopě.....	46
B.9	Měrná křivka odpadního koryta	49
B.10	Návrh vývaru pod odpadní štolou	54
	<i>B.10.1 Určení základních parametrů v místě první vzájemné hloubky</i>	<i>55</i>
	<i>B.10.2 Řešení vodního skoku</i>	<i>56</i>
	<i>B.10.3 Návrh prohloubení</i>	<i>57</i>
	<i>B.10.4 Výpočet délky tlumícího objektu.....</i>	<i>58</i>
B.11	Návrh vývaru pod skluzem	60
	<i>B.11.1 Určení základních parametrů v místě první vzájemné hloubky</i>	<i>61</i>
	<i>B.11.2 Řešení vodního skoku</i>	<i>62</i>
	<i>B.11.3 Návrh prohloubení</i>	<i>63</i>
	<i>B.11.4 Výpočet délky tlumícího objektu.....</i>	<i>64</i>
ZÁVĚR.....		67
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ		68
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....		69
SEZNAM OBRÁZKŮ		72
SEZNAM TABULEK.....		74

C VÝKRESY

C.1	SITUACE, M 1:1000
C.2	PŘÍČNÝ PROFIL HRÁZÍ, M 1:1000/100
C.3	PODÉLNÝ PROFIL HRÁZÍ, M 1:1000/100
C.4	VZOROVÝ PŘÍČNÝ ŘEZ, M 1:150
C.5	SPODNÍ VÝPUSTI, M 1:200
C.6	ŘEZ BOČNÍM PŘELIVEM, M 1:200

ÚVOD

Cílem diplomové práce je vodohospodářské řešení ochranné vodní nádrže v povodí Kobyliho potoka.

Základním úkolem je návrh tělesa hráze a funkčních objektů hráze, které budou sloužit k transformaci návrhové povodňové vlny s opakováním 100-let a kontrolní povodňové vlny s opakováním 1000-let. Těleso hráze bude navrženo tak aby nedošlo k jeho přelití.

Návrhová povodňová vlna by měla být spodní výpustí transformována ne neškodný odtok, který by měl být přibližně rovný průtoku s opakováním jeden rok.

Bezpečnostní přeliv by měl být navržen v takové úrovni aby nedošlo k jeho přelití při návrhové povodni. Bezpečnostní přeliv bude sloužit k transformaci kontrolní povodňové vlny.

Součástí bude návrh dalších objektů, které jsou součástí suché nádrže. Jedná se o odpadní štolu od spodní výpusti, skluz od bezpečnostního přelivu, úpravu stávajícího a odpadního koryta.

A TECHNICKÁ ZPRÁVA

A.1 Identifikační údaje stavby a investora

Název stavby: Opatření na horní Opavě

Charakter stavby: Malá vodní nádrž s retenčním účinkem

Místo stavby: Katastrální území Karlovice

Katastrální úřad: Karlovice

793 23 Karlovice

Název a sídlo investora: VUT Brno FAST

Veveří 95, Brno

Tel. 732 91 99 19

Název a sídlo projektanta: VUT Brno FAST

Veveří 95, Brno

Tel. 732 91 99 19

Bc. Jan Šourek

tel. 777 27 17 87

sourekj@fce.vutbr.cz

A.2 Informace o zájmovém území a účel stavby

A.2.1 Obecné informace

Zájmové území se nachází v Moravskoslezském kraji, okres Bruntál, v katastrálním území Karlovice. Obec Karlovice je situována do údolí horského masivu Hrubého Jeseníku. Leží severozápadně od okresního města Bruntál, východně od Vrbna pod Pradědem viz obr. (Obr. A.2-1, Obr. A.2.2).

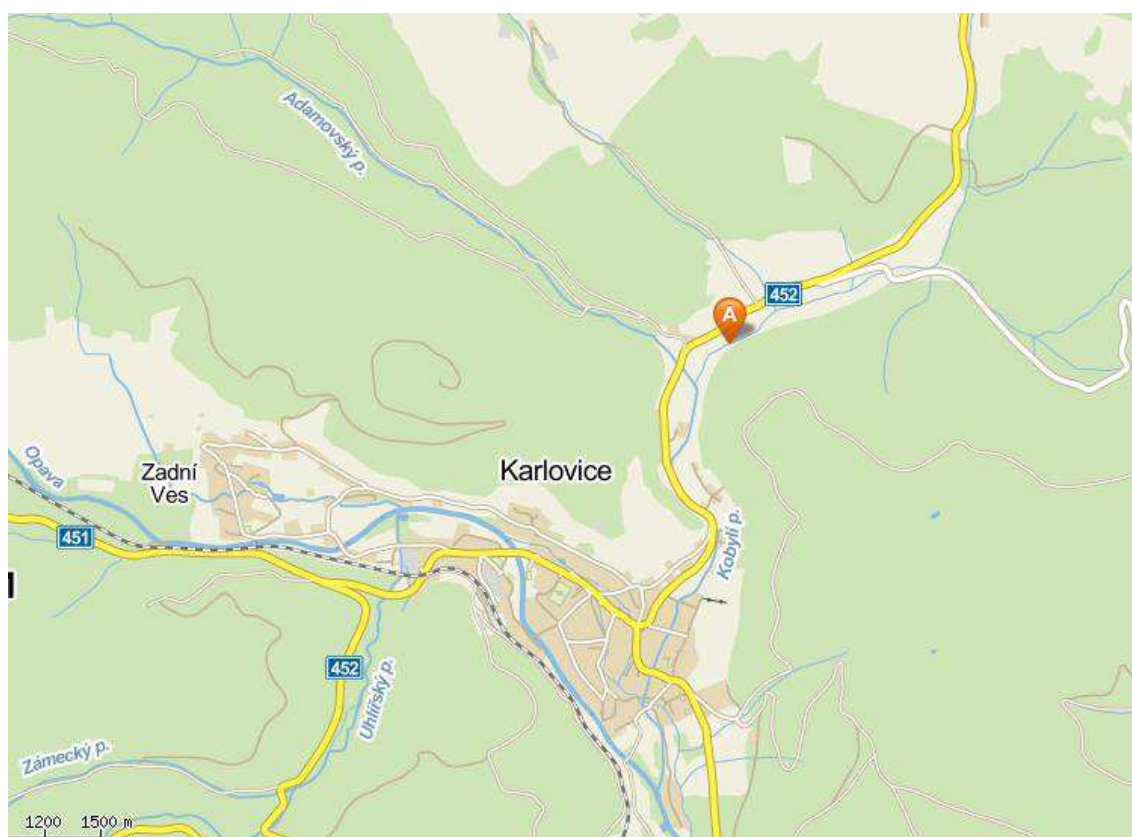


Obr. A.2-1: Zájmová lokalita mapa celé ČR

Těleso hráze se nachází mezi obcemi Karlovice a Dlouhá Ves. Těleso hráze leží severovýchodně od obce Karlovice cca 1,5 km od zástavby jihozápadně od obce Dlouhá Ves cca 3,5 km. Hráz se nachází na Kobylím potoce severně cca 2,7 km od soutoku s řekou Opavou a nad soutokem s Adamovským potokem cca 0,3 km viz obr. (Obr. A.2-3)



Obr. A.2-2: Zájmová lokalita



Obr. A.2-3: Pozice tělesa hráze

Zájmová oblast má tvar měkce modelované vrchoviny. Údolí v místě tělesa hráze je široké s plochým dnem o šířce cca 85 m. Ve vzdálenosti cca 300 m od tělesa hráze je bezejmenný pravostranný přítok a cca 1,5 km od tělesa hráze je bezejmenný levostranný přítok. Pravá strana je údolí je pozvolnější než levá strana. Levá strana je součástí Uhlířského hřbetu s vrcholem Milíř o kótě 698 m.n.m. Na pravé straně potoka vede silnice II/452, spojující obce Karlovice, Dlouhá Ves a Holčovice. Na levé straně se nachází lesní cesty. Levá strana údolí je zalesněná. Ostatní prostor údolí je porostlý trávou a využíván jako pastviny. Nadmořské výška se zde pohybují od 500 m.n.m až do 530 m.n.m.

A.2.2 Účel stavby

Účelem nádrže je snížení povodňových průtoků na neškodný odtok a zejména ochrana zástavby obce Karlovice. Retenční objem nádrže byl navržen tak aby došlo k transformaci 100-leté povodňové vlny na neškodný odtok.

A.2.3 Hydrologické poměry

Základní údaje pro profil hráze na občasném vodním toku byly poskytnuty ČHMU roku 2009 viz tabulky (Tab. A.2-1, Tab. A.2-2).

Vodní tok: Kobylí potok

Číslo hydrologického pořadí: 2-02-01-0140

Plocha povodí: 14,56 km²

Dlouhodobá průměrná roční výška srážek: 900 mm

Dlouhodobý průměrný průtok Q_a : 150 l/s

Třída spolehlivosti hydrologických údajů: III.

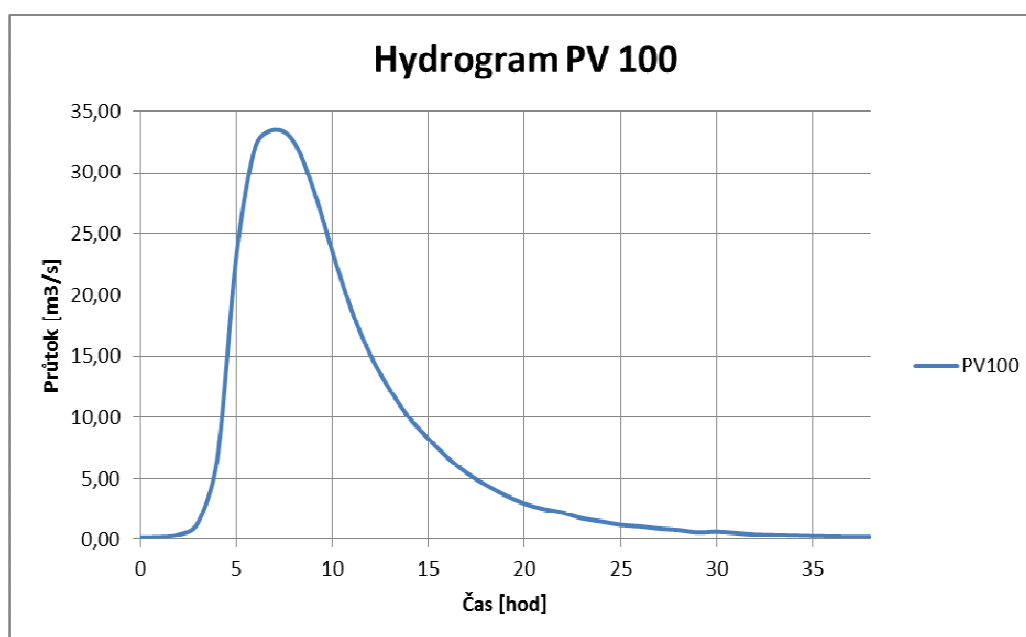
Tab. A.2-1: m-denní průtoky pro profil osy nádrže

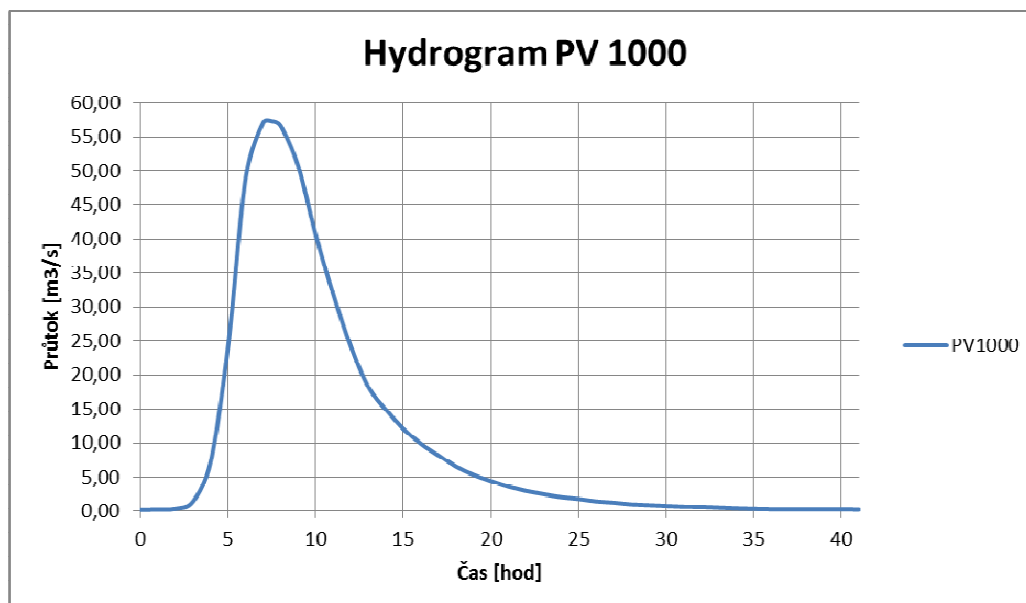
m [den]	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
Průtok Q_m [l/s]	367	243	181	142	114	93	75	60	48	36	24	12	5

Tab. A.2-2: N-denní průtoky pro profil osy nádrže

N [rok]	1	2	5	10	20	50	100
Průtok Q_N [m ³ /s]	4,41	7,52	12,4	16,6	21	27,8	33,5

Pro návrh tělesa hráze a funkční objekty je zásadní návrhová vlna PV_{100} a PV_{1000} . Hodnoty povodňových vln jsou znázorněny v grafu (Obr. A.2-4, Obr. A.2.5).

**Obr. A.2-4:** Hydrogram PV_{100}



Obr. A.2-5: Hydrogram PV₁₀₀₀

A.3 Stavebně technické řešení

Těleso hráze je situováno severovýchodně od obce Karlovice cca 1,5 km a leží na Kobylím potoce. Nádrž bude sloužit k zachycení návrhové povodňové vlny a k transformaci povodně PV₁₀₀ na neškodný odtok $Q_{neš}=4,66 \text{ m}^3/\text{s}$ který je téměř schodný s $Q_1=4,41 \text{ m}^3/\text{s}$.

Hráz je navržena jako nehomogenní lichoběžníková s přímou osou, délky koruny hráze je 253 m. Koruna hráze je umístěna 525,00 m.n.m s šířkou v koruně 5 m. Zemina pro stavbu hráze bude těžena z místa zátopy. Varianta použití materiálu z místa zátopy je z ekonomického hlediska výhodnější než v případě dovážení zeminy z jiné oblasti.

Funkci výpustného zařízení bude plnit spodní výpust skládající se z uzavěru, odpadní štol, revizní šachty a vývaru. Jako bezpečnostní objekt bude sloužit boční přeliv skládající se z přelivu, spadiště, skluzu a vývaru. Vývar slouží k utlumení energie.

Úpravy v zátopě nádrže spočívají v odtěžení a rekultivaci zemníku. Stávající vegetace v místě zátopy bude upravena tak, aby nedocházelo ke vzniku splavenin a tím neohrožovala bezpečný provoz nádrže.

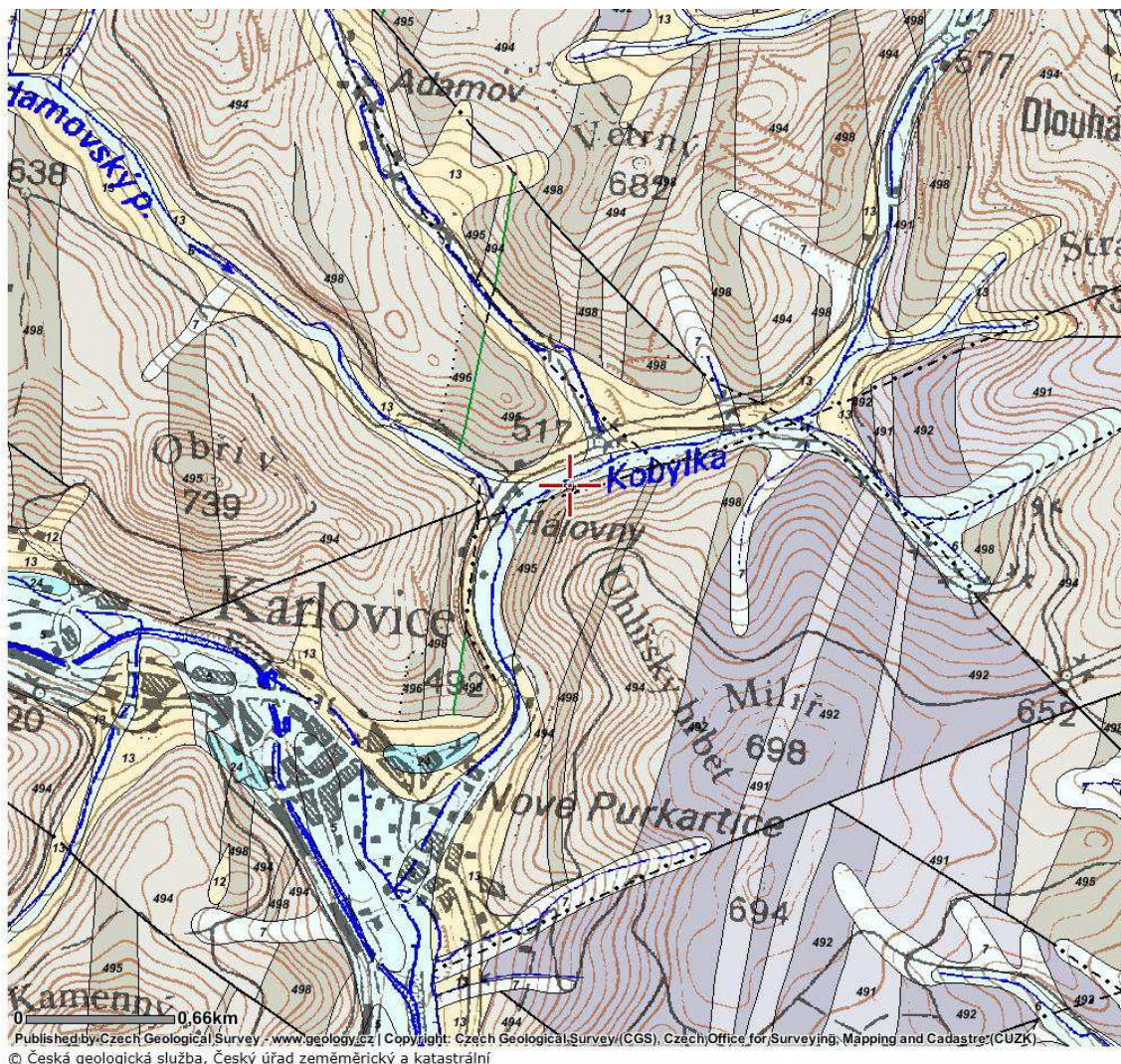
Jako doporučení je přesun stávající silnice II/452 a případně i energetického či sdělovacího vedení z místa zátopy.

A.3.1 SO 01 Terénní úpravy

Úpravy v místě budoucí zátopy zahrnují sejmutí ornice, odtěžení vhodné zeminy pro stavbu hráze a vytyčení prostoru stavby, včetně ohrazení prostoru maximální hladiny. Z prostoru pod tělesem bude odstraněna vegetace včetně kořenového systému.

Zeminy vhodné pro stavbu hráze se nachází v místě zátopy. Na těsnicí část (cca 45 000 m³) bude použita zemina GM. Zemina GM je zemina skládající se z štěrku hlinitého který je považován za velmi vhodný jako těsnicí prvek. Na stabilizační část bude použita zemina GP. Zemina GP se skládá z štěrku špatně zrněného. Geologické poměry zájmového území viz obr. (Obr. A3-1, Obr. A.3-2).

Terén v zátopě bude vyrovnan, zpětně ohumusován a upraven tak, aby nevznikla žádná bezodtoková místa.



Obr. A.3-1: Geologická mapa zájmové oblasti

KENOZOIKUM

KVARTÉR

- nivní sediment [ID: 5]**
 Eratém: kenozoikum, Útvar: kvartér, Oddělení: holocén, Poznámka: vyšší nivní stupeň, Horniny: hlína, písek, Typ hornin: sediment nepevný, Zrnitost: hlína, písek, Poznámka: inundovaný za velkých povodní, Soustava: Český masiv - pokryvné útvary a postvariské magmatity, Oblast: kvartér
[\[Zobrazit tuto jednotku samostatně\]](#)
- nivní sediment [ID: 6]**
 Eratém: kenozoikum, Útvar: kvartér, Oddělení: holocén, Horniny: hlína, písek, štěr, Typ hornin: sediment nepevný, Zrnitost: hlína, písek, štěr, Poznámka: inundovaný za vyšších vodních stavů, Soustava: Český masiv - pokryvné útvary a postvariské magmatity, Oblast: kvartér
[\[Zobrazit tuto jednotku samostatně\]](#)
- smíšený sediment [ID: 7]**
 Eratém: kenozoikum, Útvar: kvartér, Oddělení: holocén, Horniny: sediment smíšený, Typ hornin: sediment nepevný, Zrnitost: jemnozrnná převážně, Poznámka: včetně výplavových kuželu, Soustava: Český masiv - pokryvné útvary a postvariské magmatity, Oblast: kvartér
[\[Zobrazit tuto jednotku samostatně\]](#)
- píscito-hlinitý až hlinito-píscitý sediment [ID: 12]**
 Eratém: kenozoikum, Útvar: kvartér, Horniny: píscito-hlinitý až hlinito-píscitý sediment, Typ hornin: sediment nepevný, Mineralogické složení: pestré, Zrnitost: píscito-hlinitá až hlinito-píscitá, Barva: různá, Poznámka: často polygenetické, Soustava: Český masiv - pokryvné útvary a postvariské magmatity, Oblast: kvartér
[\[Zobrazit tuto jednotku samostatně\]](#)
- kamenitý až hlinito-kamenitý sediment [ID: 13]**
 Eratém: kenozoikum, Útvar: kvartér, Horniny: kamenitý až hlinito-kamenitý sediment, Typ hornin: sediment nepevný, Mineralogické složení: pestré, Zrnitost: kamenitá až hlinito-kamenitá, Barva: různá, Poznámka: místy bloky nebo cokolika příměs, Soustava: Český masiv - pokryvné útvary a postvariské magmatity, Oblast: kvartér
[\[Zobrazit tuto jednotku samostatně\]](#)
- písek, štěr [ID: 24]**
 Eratém: kenozoikum, Útvar: kvartér, Oddělení: pleistocén, Suboddělení: pleistocén střední, Stupeň: riss, Poznámka: Riss nečleněný, Horniny: písek, štěr, Typ hornin: sediment nepevný, Mineralogické složení: pestré, Zrnitost: písek, štěr, Barva: sedohnědá, Soustava: Český masiv - pokryvné útvary a postvariské magmatity, Oblast: kvartér
[\[Zobrazit tuto jednotku samostatně\]](#)

PALEOZOIKUM

KARBON



jilovitě břidlice, prachovce, droby [ID: 494]

Eratém: paleozoikum, Útvar: karbon, Oddělení: karbon spodní, Stupeň: visé, Souvrství: andělskohorské, Horniny: břidlice, prachovec, droba, Typ hornin: sediment zpevněný, Zrnitost: celistvá až jemnozrná, Barva: šedočerná, zelenošedá, Poznámka: rytinity, laminity, Soustava: Český masiv - krystalinikum a prevariské paleozoikum, Oblast: moravskoslezská oblast, Region: moravskoslezské paleozoikum, Jednotka: jesenický kulm
[Zobrazit tuto jednotku samostatně]



droby [ID: 495]

Eratém: paleozoikum, Útvar: karbon, Oddělení: karbon spodní, Stupeň: visé, Souvrství: andělskohorské, Člen: světské droby, Horniny: droba, Typ hornin: sediment zpevněný, Mineralogické složení: epidot, amfibol (těžká frakce), Zrnitost: středně zrnitá až hrubozrná, Barva: šedá, zelenošedá, Soustava: Český masiv - krystalinikum a prevariské paleozoikum, Oblast: moravskoslezská oblast, Region: moravskoslezské paleozoikum, Jednotka: jesenický kulm
[Zobrazit tuto jednotku samostatně]



paraslepenec [ID: 496]

Eratém: paleozoikum, Útvar: karbon, Oddělení: karbon spodní, Stupeň: visé, Souvrství: andělskohorské, Horniny: slepenec, Typ hornin: sediment zpevněný, Zrnitost: drobnozrná až středně zrnitá, Barva: černošedá, Poznámka: petromitní, převaha křemene, Soustava: Český masiv - krystalinikum a prevariské paleozoikum, Oblast: moravskoslezská oblast, Region: moravskoslezské paleozoikum, Jednotka: jesenický kulm
[Zobrazit tuto jednotku samostatně]



droby [ID: 498]

Eratém: paleozoikum, Útvar: karbon, Oddělení: karbon spodní, Stupeň: visé, Souvrství: andělskohorské, Poznámka: andělskohorské droby, Horniny: droba, Typ hornin: sediment zpevněný, Mineralogické složení: apatit, zirkon (těžká frakce), Zrnitost: jemnozrná až středně zrnitá, Barva: šedá, zelenošedá, Poznámka: rytinity, laminity, Soustava: Český masiv - krystalinikum a prevariské paleozoikum, Oblast: moravskoslezská oblast, Region: moravskoslezské paleozoikum, Jednotka: jesenický kulm
[Zobrazit tuto jednotku samostatně]



jilovitě břidlice, prachovce, droby [ID: 491]

Eratém: paleozoikum, Útvar: karbon, Oddělení: karbon spodní, Stupeň: visé, Souvrství: hornobenešovské, Horniny: břidlice, prachovec, droba, Typ hornin: sediment zpevněný, Zrnitost: celistvá až jemnozrná, Barva: šedočerná, zelenošedá, Poznámka: rytinity, laminity, Soustava: Český masiv - krystalinikum a prevariské paleozoikum, Oblast: moravskoslezská oblast, Region: moravskoslezské paleozoikum, Jednotka: jesenický kulm
[Zobrazit tuto jednotku samostatně]



droby [ID: 492]

Eratém: paleozoikum, Útvar: karbon, Oddělení: karbon spodní, Stupeň: visé, Souvrství: hornobenešovské, Horniny: droba, Typ hornin: sediment zpevněný, Zrnitost: jemnozrná až hrubozrná, Barva: šedá, modrošedá, Poznámka: akcesorický epidot, titanit, granát, zirkon, Soustava: Český masiv - krystalinikum a prevariské paleozoikum, Oblast: moravskoslezská oblast, Region: moravskoslezské paleozoikum, Jednotka: jesenický kulm
[Zobrazit tuto jednotku samostatně]

Obr. A.3-2: Legenda geologické mapy zájmové oblasti

A.3.2 SO 02 Hráz

Hráz suché nádrže bude nehomogenní, lichoběžníkového příčného profilu, s přímou osou hráze a vodorovnou korunou. Těleso hráze bude vysoké od nejnižšího místa 14,83 m. Koruna hráze šířky 5 m, délky 253 m bude umístěna na kótě 525,00 m.n.m.

V koruně hráze bude umístěna obslužná komunikace šířky 3 m a koruna hráze bude ve sklonu 3‰ směrem k zátopě.

Návodní líc hráze bude ve sklonu 1:3 a vzdušní líc bude ve sklonu 1:1,75. Objem zhutněné hráze bude celkem 101 000 m³. Na těsnění hráze bude použit materiál GM o objemu 45 000 m³. Pro stabilizační část bude použita zemina GP o objemu 56 000 m³. Jako ochrana před erozí a k zamezení vysychání konstrukční vrstvy zeminy je navrženo ohumusování a osetí v tloušťce 0,3 m. Dále zde bude umístěna geotextilie, která bude sloužit jako ochrana před povrchovou erozí a úplnému zapojení travního drnu. Těsnění hráze je navrženo ve sklonu 1:1.

Pod tělesem hráze bude základová spára v hloubce 0,5 m pod úrovní původního terénu. Pod těsnicí částí bude zavazovací zámek 4 m a hloubky 1 m pod úroveň původního terénu se sklony svahů 1:1, který bude zbaven kořenů a nečistot. Po

provedení geologického průzkumu zeminy může být v případě potřeby vybudována injekční clona. Na spodní části vzdušného líce bude vytvořen patní drén se sklony svahů 1:1. Patní drén bude z hrubozrnného šterku a v něm bude umístěné drenážní potrubí DN400. Okolo patního drénu bude šterkový filtr tloušťky 0,2 m.

A.3.3 SO 03 Spodní výpusti

Funkci výpustného zařízení bude plnit spodní výpust. Spodní výpust se bude skládat z vtokové části, revizní šachty, odpadní štoly a vývaru.

Konstrukce spodní výpusti bude vyhotovena z vodostavebního betonu a všechny stěny přiléhající k terénu budou ve sklonu 10:1. Tloušťka stěn bude 0,8m.

Vtoková část bude tvořena z dvou vtokových šachet. Vtokové šachty budou od sebe odděleny. Jako součást každé vtokové šachty budou česle a drážky provizorního hrazení. Spodní výpusti budou o světlosti DN700 a umístěny ve stejné výškové úrovni 512,00 m.n.m. Jsou navrženy dvě spodní výpusti z důvodu že jedna slouží jako provozní a druhá je rezervní pro případ ucpání nebo jiného důvodu při kterém dojde k vyřazení provozní výpusti. Výpusti budou opatřeny tabulovými uzávěry na vnitřní a vnější straně spodní výpusti.

Odpadní štola bude délky 61 m se sklonem 2,0%. Štola bude obdélníkového průřezu o rozměrech 2,0 x 1,5 m. Stěny jsou z vodostavebního betonu tloušťky 0,8 m.

V ose hráze bude umístěno zavazovací žebro z důvodu promrznání konstrukce. Rozměry zavazovacího žebra v koruně 1 x 4,6 m a výšky žebra 5,4 m se sklony stěn 10:1. Horní okraj odpadní štoly a zavazovacího žebra skoseny ve sklonu 1:1 pro lepší navázání hutněné zeminy. Pod zavazovací žebro bude napojen železobetonový bloček s případnou injekční clonou. Šířka bločku v koruně je 2,6 m a výška bločku 1 m.

Před spodní výpustí bude v místě zátopy upraveno přírodní koryto v délce 31 m.

Přírodní koryto bude před spodní výpustí rozšířeno, zahloubeno a opevněno dlažbou z lomového kamene na šterkopískový podklad. Těmito úpravami dojde k vytvoření usazovacího prostoru, který bude sloužit k zachycení splavenin.

Podrobnější informace jsou uvedeny v kapitole B Hydrotechnické výpočty(B.4 Návrh spodních výpustí)

A.3.4 SO 04 Boční přeliv

Jako bezpečnostní přeliv byl navržen boční přeliv který slouží k převedení kontrolní povodňové vlny transformované na průtok $Q_{1000}=18,92 \text{ m}^3/\text{s}$. Boční přeliv bude umístěn na pravé straně hráze z důvodu lepších sklonových poměrů údolí. Osa bočního přelivu protíná osu hráze ve staničení 0,039 km podélné osy hráze. Konstrukce bočního přelivu bude vyhotovena z vodostavebního betonu tloušťky 0,5 m.

Přelivná hrana bočního přelivu je navržena délky 26 m a se zaoblením v poloměru 0,5 m. Výšková kóta přelivu je 523,50 m.n.m. Výšková kóta maximální hladiny při kontrolní povodni PV1000 bude 524,03 m.n.m. Konstrukce stěn přelivu bude z vnější strany ve sklonu 10:1. Pravá stěna konstrukce bočního přelivu bude vyvedena nad okolní terén v úrovni 524,03 m.n.m z důvodu aby nedocházelo k sypání zeminy do spadiště. Spadiště bylo navrženo na dvojnásobek požadovaného průtoku.

V místě křížení Bočního přelivu a osy hráze bude vybudováno zavazovací žebro z důvodu promrzání konstrukce. Rozměry zavazovacího žebra v koruně 1 x 4,6 m a výšky žebra 5,4 m se sklony stěn 10:1. Horní okraj odpadní štol a zavazovacího žebra skoseny ve sklonu 1:1 pro lepší navázání hutněné zeminy. Pod zavazovací žebro bude napojen železobetonový bloček s případnou injekční clonou. Šířka bločku v koruně je 2,6 m a výška bločku 1 m.

Spadiště navazuje na skluz který bude šířky 6 m a výšky od 4 m do 2 m z důvodu vyvedení stěn nad okolní terén. Skluz bude délky 253 m ve sklonu 6,8 %. Konstrukce skluzu bude vyhotovena z vodostavebního betonu tloušťky 0,5 m. Stšny spadiště mají z vnější strany sklon 10:1.

Podrobnější informace jsou uvedeny v kapitole B Hydrotechnické výpočty(B.5 Návrh bezpečnostního přelivu)

A.3.5 SO 05 Vývar pod odpadní štolou

Těleso vývaru se nachází 10,8 m od vyústění odpadní štolky. Vývar je umístěn na výškové kótě 510,13 m.n.m. Šířka vývaru je 2 m a bude vyhotoven z vodostavebního betonu. Základová spára vývaru je 0,5 m pod terénem a musí být odstraněny kořeny a jiné nečistoty.

Vývar byl navržen na transformovaný průtok od návrhové vlny PV100 $Q_{100}=4,66 \text{ m}^3/\text{s}$. Vývar slouží ke snížení energie od povodňové vlny.

Vývar bude celkové délky 13 m a zahlouben o 1,15 m. Vývar bude napojen na odpadní koryto.

Podrobnější informace jsou uvedeny v kapitole B Hydrotechnické výpočty(B.10 Návrh vývaru)

A.3.6 SO 6 Vývar pod skluzem

Těleso vývaru se nachází 253 m od spadiště. Vývar je umístěn na výškové kótě 506,98 m.n.m. Šířka vývaru je 6 m a bude vyhotoven z vodostavebního betonu. Základová spára vývaru je 0,5 m pod terénem a musí být odstraněny kořeny a jiné nečistoty.

Vývar byl navržen na transformovaný průtok od kontrolní vlny PV1000 $Q_{100}=18,92 \text{ m}^3/\text{s}$. Vývar slouží ke snížení energie od povodňové vlny.

Vývar bude celkové délky 15,5 m a zahlouben o 1,35 m. Vývar bude napojen na odpadní koryto.

Podrobnější informace jsou uvedeny v kapitole B Hydrotechnické výpočty(B.11 Návrh vývaru)

A.3.7 SO 07 Odpadní koryto

Odpadní koryto bude odvádět vodu od vývaru pod spodní výpusti a od vývaru podskluzem.

Koryto pod spodní výpustí je délky 170 m a bylo navrženo na transformovaný průtok od návrhové vlny PV100 $Q_{100}=4,66 \text{ m}^3/\text{s}$. Je navrženo koryto lichoběžníkového tvaru 2 m široké ve dně, se sklony svahů 1:2.

Koryto pod skluzem je délky 52 m a bylo navrženo na transformovaný průtok od návrhové vlny PV1000 $Q_{1000}=18,92 \text{ m}^3/\text{s}$. Je navrženo koryto lichoběžníkového tvaru 6 m široké ve dně, se sklony svahů 1:2.

Odpadní koryto je délky 56 m a bylo navrženo na transformovaný průtok od návrhové vlny PV1000 $Q_{1000}=23,58 \text{ m}^3/\text{s}$. Je navrženo koryto lichoběžníkového tvaru 6 m široké ve dně, se sklony svahů 1:2. Odpadní koryto je napojeno na stávající koryto.

Podrobnější informace jsou uvedeny v kapitole B Hydrotechnické výpočty(B.9 Měrná křivka odpadního koryta)

A.3.8 SO 08 Obslužná komunikace

Z důvodu přístupu mechanizace k údržbě spodních výpustí bude vybudována obslužná komunikace. Komunikace bude v délce cca 228m. Komunikace povede podél návodní paty hráze. Navržena je netuhá vozovka šířky 3 m se stabilizovaným krytem. Na konci komunikace bude vybudován prostor pro otočení mechanizace. Podél cesty bude vybudován odvodňovací příkop.

A.3.9 SO 09 Úpravy toku v zátopě

V zátopě bude vybudováno přírodní koryto v délce 17 m. Koryto bude obsahovat jeden oblouk s poloměrem 20 m. Břehy koryta budou tvořeny travní porostem a dno bude štěrkové.

B HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

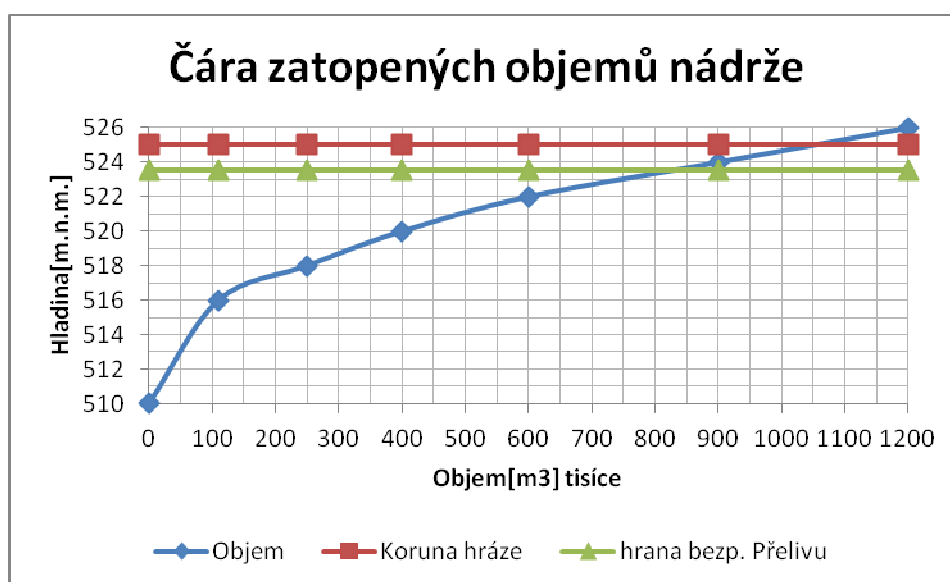
B.1 Charakteristické čáry nádrže

Důležitým prvkem pro návrh tělesa hráze a funkčních objektů byly charakteristické křivky nádrže, tedy batygrafické křivky. Tyto křivky byly určeny z pozice hráze na okolním terénu. Pro návrh byla použita čára zatopených objemů nádrže a čára zatopených ploch nádrže.

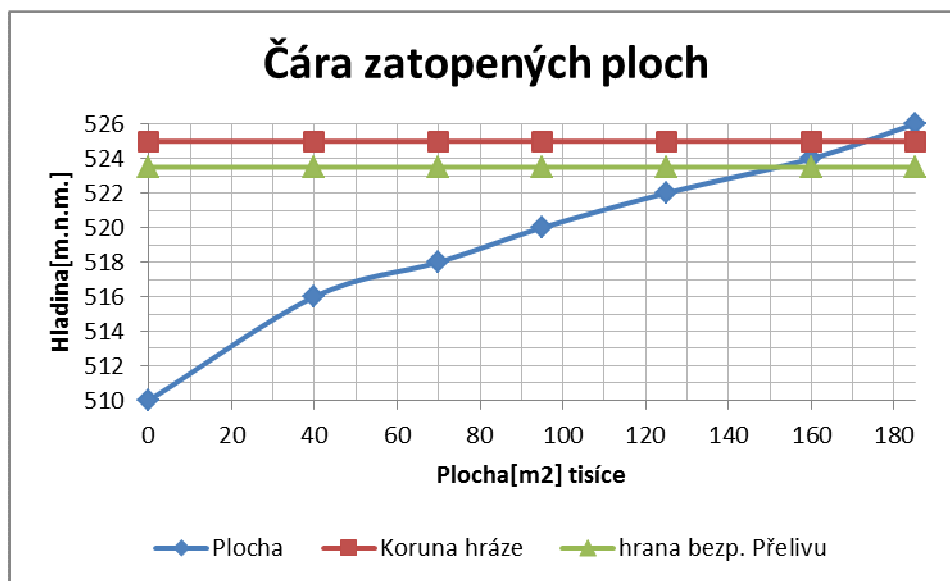
Čára zatopených objemů nádrže vychází z výšky plnění nádrže a příslušným objemem. Čára zatopených ploch vzchází z výšky plnění nádrže a příslušnou plochou hladiny.

Pomocí těchto křivek a programu HYDROG byla vypočítána výška bezpečnostního přelivu a tím i určení maximálního retenčního objemu nádrže. Výška bezpečnostního přelivu byla navržena 523,50 m.n.m a maximální retenční objem $V_{RO} = 820\,000\text{ m}^3$. Koruna hráze je ve výšce 525,00 m.n.m

Čára zatopených objemů nádrže je znázorněna v grafu (Obr. B.1-1) a čára zatopených ploch je znázorněna v grafu (Obr. B.1-2).



Obr. B.1-1: Čára zatopených objemů nádrže



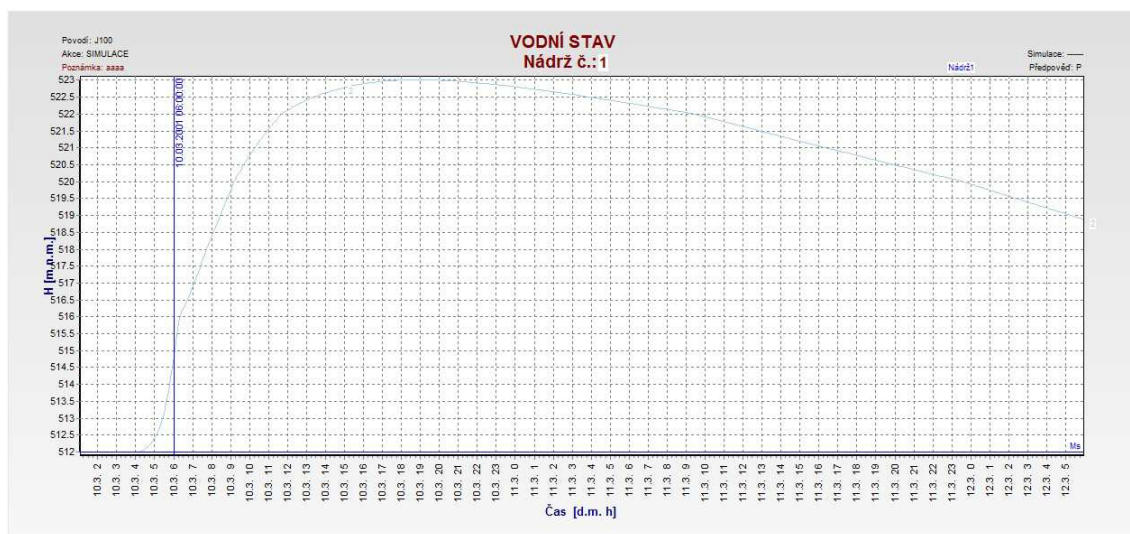
Obr. B.1-2: Čára zatopených ploch

B.2 Transformace PV_{100}

Transformace návrhové povodňové vlny, která má dobu opakování $N=100$ let $Q_{100}=33,5 \text{ m}^3/\text{s}$ byla provedena pomocí programu HYDROG. Povodňová vlna byla transformována pomocí spodních výpustí na hodnotu odtoku $Q_o=4,66 \text{ m}^3/\text{s}$ který je považován za neškodný, protože přibližně odpovídá jednoletému průtoku $Q_1=4,41 \text{ m}^3/\text{s}$. Dané průtoky jdou uvedeny v grafu (Obr. B.2-2)

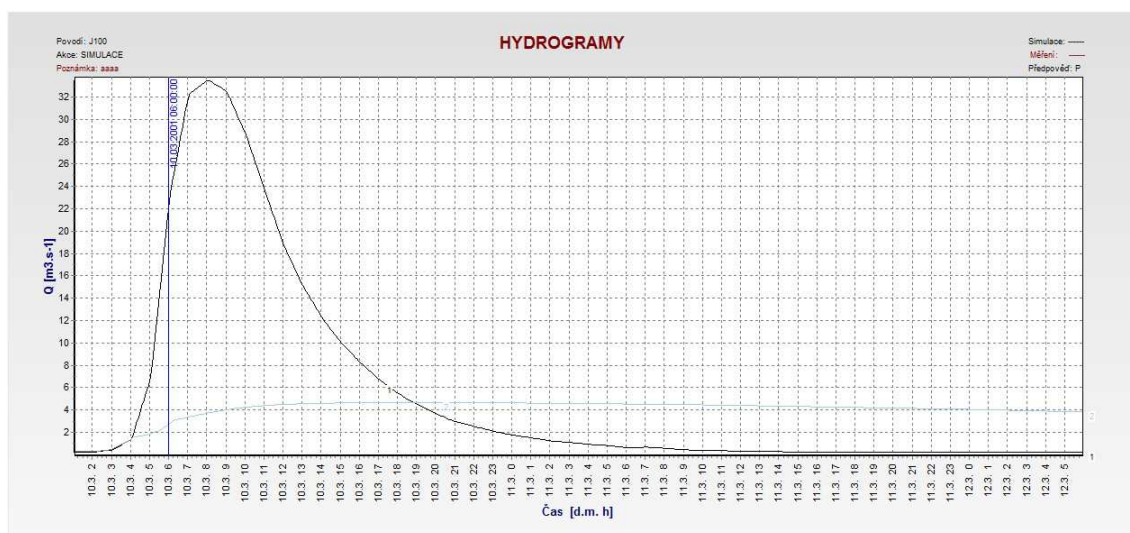
Pomocí programu HYDROG byl vypočítán průběh plnění nádrže v průběhu návrhové povodňové vlny. Hladina dosáhne maximální výšky 523,00 m.n.n.

Průběh plnění nádrže je znázorněn v grafu (Obr. B.2-2)



—■— HLADINA

Obr. B.2-1: Průběh plnění nádrže



—■— PŘÍTOK

—■— ODTOK

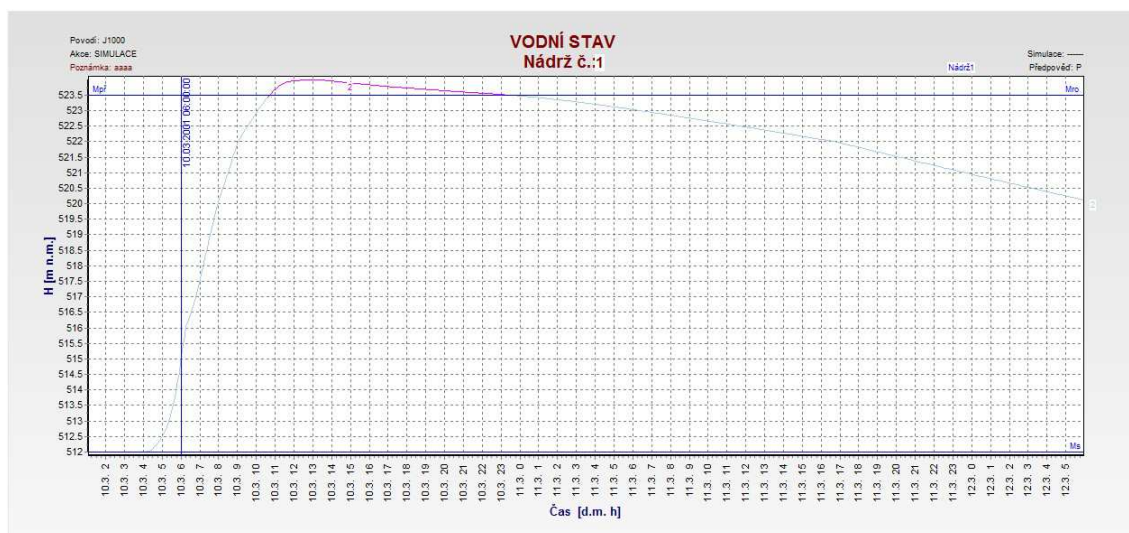
Obr. B. 2-2: Transformace PV100

B.3 Transformace PV₁₀₀₀

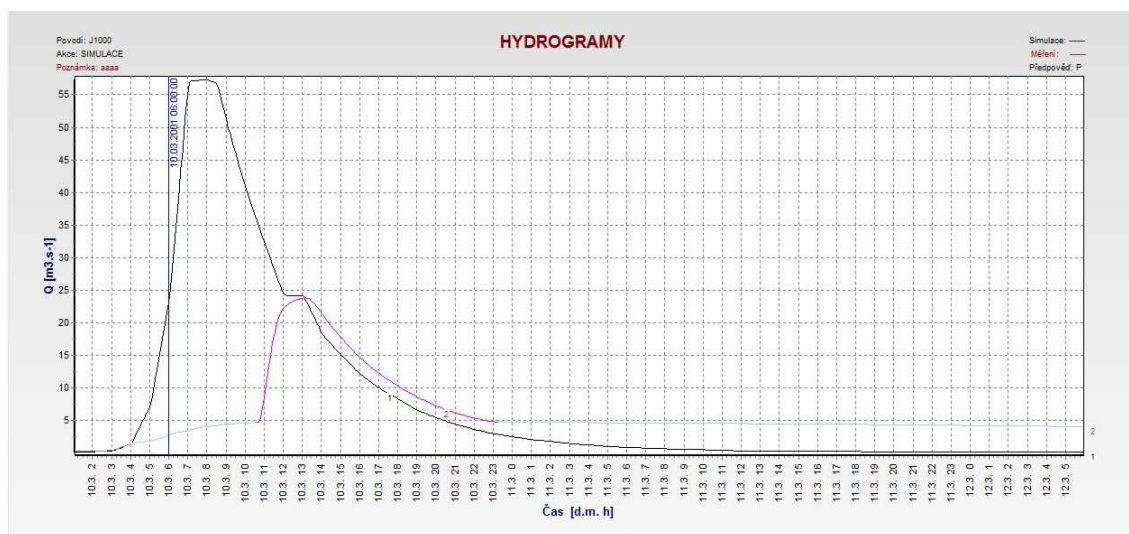
Těleso hráze bylo navrženo aby odolalo a transformovalo kontrolní povodňovou vlnu, která má dobu opakování $N=1000\text{let}$ a její maximální průtok je $Q_{1000}=57,3\text{ m}^3/\text{s}$.

Na výpočet transformace povodňové vlny byl také použit program HYDROG. Povodňová vlna je transformována pomocí bezpečnostního přelivu a z částo spodní výpustí. Tím bylo zjištěno že odtok transformovaný spodní výpustí je $Q_o=4,66\text{ m}^3/\text{s}$, bezpečnostním přelivem $Q_b=18,92\text{ m}^3/\text{s}$ a celkový odtok $Q_c=23,58\text{ m}^3/\text{s}$. Přehled průtoků je uveden v grafu (Obr. B.3-2)

Hrana bezpečnostního přelivu byla navržena na kótě 523,50 m.n.m a hladina kontrolní povodňové vlny dosahuje hodnot 524,03 m.n.m. Průběh plnění nádrže a přesáhnutí koruny bezpečnostního přelivu je znázorněn v grafu (Obr. B.3-1)



Obr. B.3-1: Průběh plnění nádrže a přesáhnutí přelivu



— PŘÍTOK
 — ODTOK SPODNÍ VÝPUSTI
 — ODTOK PŘES PŘELIV

Obr. B.3-2: Transformace PV1000

B.4 Návrh spodní výpusti

Návrh spodní výpusti byl pomocí programu HYDROG. Spodní výpust byla dimenzována na transformaci návrhové povodňové vlny s dobou opakování $N=100$ let a průtokem $Q_{100} = 33,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Jako spodní výpust byla navržena dvě krátká tlaková potrubí DN700. Jedno potrubí je otevřené a druhé zavřené a slouží jako rezervní pro případ vyřazení provozního potrubí. Spodní výpust transformuje průtok $Q_{100} = 33,5 \text{ m}^3/\text{s}$ na neškodný odtok $Q_0 = 4,66 \text{ m}^3/\text{s}$.

Před nátokem do spodní výpusti jsou česle aby zamezily zanesení nebo ucpání výpusti. Výpusti jsou opatřeny tabulovými uzávěry na vtokové i výtokové části. Dále se zde nachází drážky provizorního hrazení.

Spodní výpusti byly překontrolovány výpočtem a to výpočtem měrné křivky spodní výpusti.

B.4.1 Výpočet spodní výpusti s volnou hladinou

Nejprve byla spočítána hladina vody před spodní výpustí kde je rozmezí mezi volnou hladinou a tlakovým prouděním. Spodní výpust bude na výškové kótě 512,00 m.n.m.

$$\begin{aligned}h &< \beta * D \\h &< 1,7 * 0,7 = 0,84m\end{aligned}\tag{B.4.1}$$

Výška hladiny před spodní výpustí kde je přechod z volné hladiny na tlakové proudění je $h=512,49$ m.n.m.

kde β je součinem zatopení vtoku a D je průměr spodní výpusti

Jako další bylo potřeba vypočítat úhel φ dle vztahu

$$\varphi = 2 * \arccos\left(\frac{r - h}{r}\right)\tag{B.4.2}$$

$$\varphi = 2 * \arccos\left(\frac{0,35 - 0,1}{0,35}\right) = 1,55 \text{ rad}$$

kde r středový úhel, h výška plnění spodní výpusti

Jako další bylo potřeba vypočítat omočený obvod O dle vztahu

$$O = \varphi * r\tag{B.4.3}$$

$$O = 1,55 * 0,35 = 0,54m$$

kde φ je úhel pro výpočet plnění dle vztahu (B.4.2), r je poloměr spodní výpusti.

Vypočtení průtočné plochy odpadní štol S dle vztahu

$$S = \frac{r^2}{2} * (\varphi - \sin \varphi)\tag{B.4.4}$$

$$S = \frac{0,35^2}{2} * (1,55 - \sin 1,55) = 0,03m^2$$

kde φ je úhel pro výpočet plnění dle vztahu (B.4.2), r je poloměr spodní výpusti.

Výpočet hydraulického poloměru dle vztahu

$$R = \frac{S}{O} \quad (\text{B.4.5})$$

$$R = \frac{0,0}{0,54} = 0,06m$$

kde S je průtočná plocha dle vztahu(B.4.4), O omočený obvod dle vztahu(B.4.3).

Výpočet rychlostního součinitele C dle Manninga

$$C = \frac{R^{\frac{1}{6}}}{n} \quad (\text{B.4.6})$$

$$C = \frac{0,06^{\frac{1}{6}}}{0,013} = 48,41m^{0,5}s^{-1}$$

kde R je hydraulický poloměr dle vztahu(B.4.5), n součinitel drsnosti.

Výpočet rychlosti v dle chezyho rovnice

$$v = C * \sqrt{R * i} \quad (\text{B.4.7})$$

$$v = 48,41 * \sqrt{0,06 * 0,02} = 1,71m / s$$

kde C je rychlostní součinitel dle vztahu(B.4.6), R hydraulický poloměr dle vztahu(B.4.5) i sklon odpadní štoly.

Výpočet průtoku Q pro danou výšku h .

$$Q = v * S \quad (\text{B.4.8})$$

$$Q = 1,71 * 0,03 = 0,06m^3 / s$$

kde S je průtočná plocha dle vztahu(B.4.4), v rychlost dle vztahu(B.4.7).

Tab. B.4-1: Tabulka průtoku pro jednotlivé výšky plnění spodní výpusti

H	h	φ	o	s	R	c	v	Q
m.n.m.	m	rad	m	m ²	m	m ^{0.5} s ⁻¹	m/s	m ³ /s
511,75	0,10	1,55	0,54	0,03	0,06	48,41	1,71	0,06
511,85	0,2	2,26	0,79	0,09	0,11	53,64	2,57	0,23
511,95	0,3	2,85	1,00	0,16	0,16	56,54	3,17	0,50
512,05	0,4	3,43	1,20	0,23	0,19	58,30	3,59	0,82
512,15	0,5	4,03	1,41	0,29	0,21	59,24	3,83	1,13
512,25	0,6	4,73	1,66	0,35	0,21	59,40	3,87	1,36
512,35	0,7	6,28	2,20	0,38	0,18	57,53	3,40	1,31

B.4.2 Výpočet spodní výpusti s tlakovým prouděním

Jako první spočítáme součinitel ztrát na uzavěru

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi_i}} \quad (\text{B.4.9})$$

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + 0,5 + 0,45}} = 0,72$$

Dále spočítáme rychlost pro danou výšku hladiny před spodní výpustí.

$$v = \mu * \sqrt{2 * g * h} \quad (\text{B.4.10})$$

$$v = 0,72 * \sqrt{2 * 9,81 * 0,88} = 2,98 \text{ m / s}$$

kde μ je součinitel ztrát na uzavěru dle vztahu (B.4.9) g gravitační zrychlení h hladina vody před spodní výpustí

Výpočet průtoku Q pro danou výšku h.

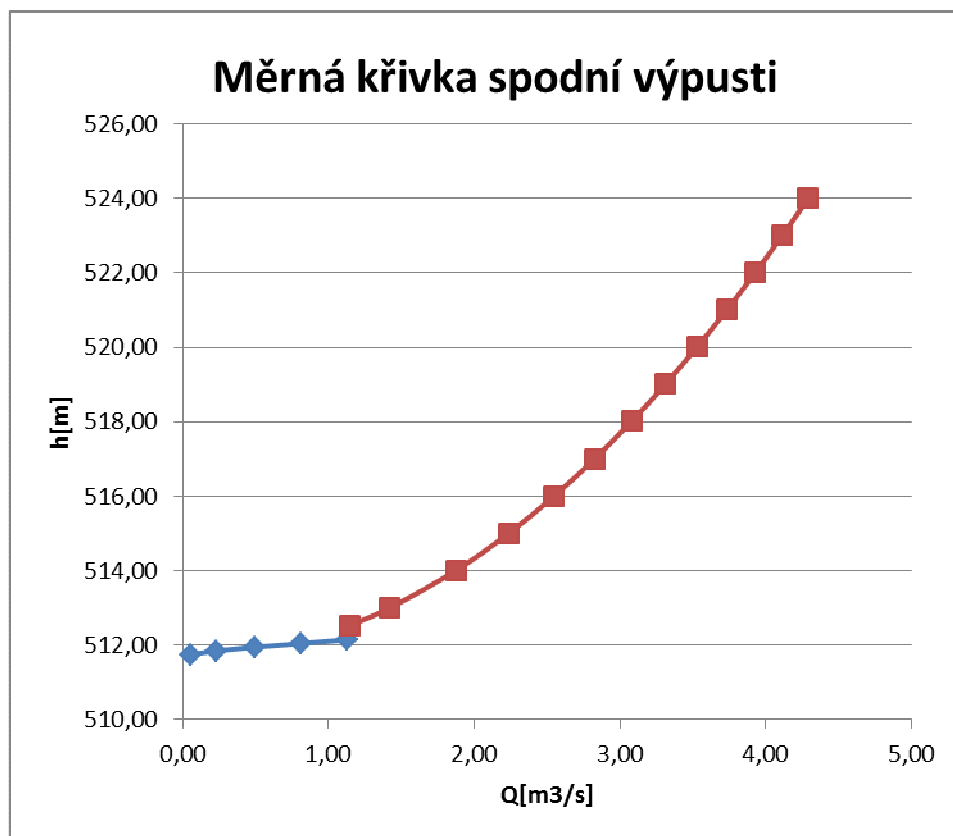
$$Q = v * S \quad (B.4.11)$$

$$Q = 2,98 * 0,38 = 1,15 m^3 / s$$

kde S je průřepná plocha profilu DN 700 v rychlost dle vztahu(B.4.10).

Tab. B.4-2: Tabulka průtoku pro jednotlivé výšky plnění spodní výpusti

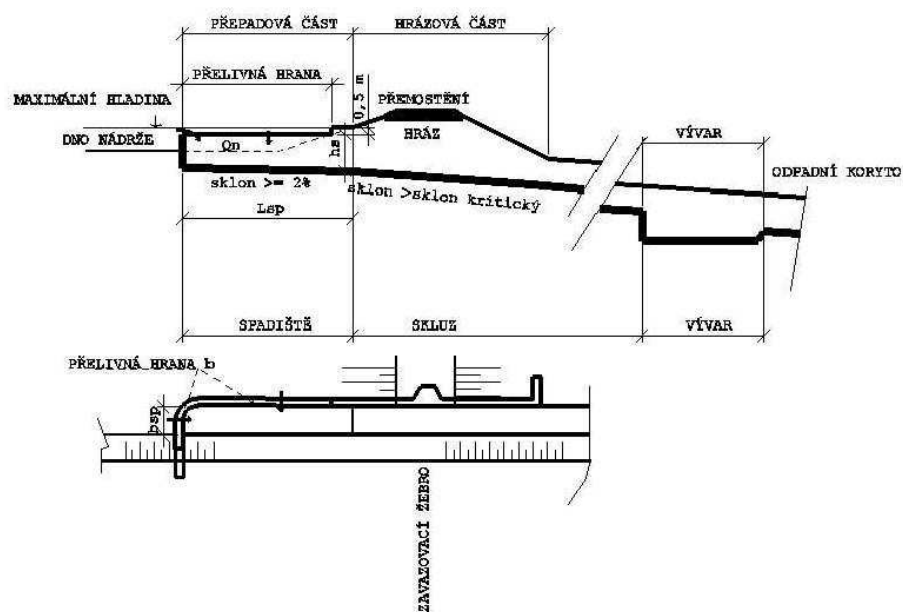
H	h	v	Q
m.n.m.	m	m/s	m ³ /s
512,53	0,88	2,98	1,15
513,01	1,36	3,70	1,42
514,01	2,36	4,87	1,88
515,01	3,36	5,81	2,24
516,01	4,36	6,62	2,55
517,01	5,36	7,34	2,83
518,01	6,36	8,00	3,08
519,01	7,36	8,61	3,31
520,01	8,36	9,17	3,53
521,01	9,36	9,70	3,73
522,01	10,36	10,21	3,93
523,01	11,36	10,69	4,11
524,01	12,36	11,15	4,29



Obr. B.4-1: Měrná křivka spodní výpusti

B.5 Návrh bezpečnostního přelivu

Jako bezpečnostní přeliv byl zvolen boční přeliv. Přeliv byl dimenzován na kontrolní $N=1000$ let průtok $Q_{1000} = 57,3 \text{ m}^3/\text{s}$, při němž část průtoky je převedena spodní výpustí. Výsledný transformovaný průtok pro přeliv je $Q_N = 18,92 \text{ m}^3/\text{s}$. Návrh byl proveden v programu HYDROG a následně překontrolován výpočtem. Jednotlivé veličiny jsou znázorněny na schématu (Obr. B.5-1).



Obr. B.5-1: Výpočtové schéma bočního přelivu

B.5.1 Návrh spadiště

Byla navržena minimální šířka spadiště $b_{sp}=6$ m a současně posouzena.

$$b_{sp} \geq 4 * h_p \quad (\text{B.5.1})$$

$$6m \geq 2,12m$$

kde h_p je výška přepadového paprsku.

Následně byla zjištěna hloubka spadiště h_{sp} .

$$h_{sp} \geq 2 * h_k \quad (\text{B.5.2})$$

$$3,8m \geq 2 * 1,88 = 3,77m$$

kde h_k je kritická hloubka pro daný průtok Q_n pro obdélníkový profil platí.

$$h_k = \sqrt[3]{\frac{\alpha * Q_n^2}{g * b_{sp}}} \quad (\text{B.5.3})$$

$$h_k = \sqrt[3]{\frac{1,1 * 18,92^2}{9,81 * 6}} = 1,88m$$

kde α je Coriolosovo číslo, Q_n návrhový průtok, b_{sp} šířka spadiště, g gravitační zrychlení.

Sklon spadiště i_{sp} byl zvolen 2%.

B.5.2 Přepadová část

Nejprve byla spočtena účinná šířka přelivné hrany b_0 .

$$b_0 = \frac{Q_N}{m * \sqrt{2 * g} * h_p^{\frac{3}{2}}} \quad (B.5.4)$$

$$b_0 = \frac{18,92}{0,46 * \sqrt{2 * 9,81} * 0,53^{\frac{3}{2}}} = 24,07m$$

kde h_p je výška přelivného paprsku, m přepadový součinitel který se vypočítá dle vztahu

$$m = \frac{2}{3} * \mu \quad (B.5.5)$$

$$m = \frac{2}{3} * 0,69 = 0,46$$

m je určen z nomogramu pro zaoblenou přelivnou hranu.

Vypočet přelivné hrany z působením kontrakcí b .

$$b = b_0 + n * k_{po} * h_p \quad (B.5.6)$$

$$b = 24,07 + 2 * 0,055 * 0,53 = 24,13m$$

$$b = 26m$$

kde k_{po} je součinitel tvaru pilířů, n počet kontrakcí, h_p výška přelivného paprsku, b_0 účinná šířka přelivné hrany dle vztahu (B.5.4)

Určení kritického sklonu i_k .

$$i_k = \frac{g * O_k}{\alpha * C_k^2 * b_{sp}} \quad (\text{B.5.7})$$

$$i_k = \frac{9,81 * 9,77}{1,1 * 73,19^2 * 6} = 0,0027$$

kde g je gravitační zrychlení, α Coriolosovo číslo, C_k rychlostní součinitel při h_k dle vztahu(B.5.11), b_{sp} šířka spadiště, O_k omočený obvod při h_k který se spočítá dle vztahu.

$$O_k = b_{sp} + 2 * h_k \quad (\text{B.5.8})$$

$$O_k = 6 + 2 * 1,88 = 9,77m$$

Kde b_{sp} je šířka spadiště, h_k kritická hloubka pro daný průtok Q_n .

Výpočet průtočné plochy S_k při h_k dle vztahu

$$S_k = b_{sp} * h_k \quad (\text{B.5.9})$$

$$S_k = 6 * 1,88 = 11,31m^2$$

Kde b_{sp} je šířka spadiště, h_k kritická hloubka pro daný průtok Q_n dle vztahu(B.5.3)

Výpočet hydraulického poloměru R_k při h_k dle vztahu

$$R_k = \frac{S_k}{O_k} \quad (\text{B.5.10})$$

$$R_k = \frac{11,31}{9,77} = 1,16m$$

kde S_k je průtočná plocha při h_k dle vztahu(B.5.8), O_k omočený obvod při h_k dle vztahu(B.5.9)

Výpočet rychlostního součinitele C_k při h_k dle Manninga

$$C_k = \frac{R_k^{\frac{1}{6}}}{n} \quad (\text{B.5.11})$$

$$C_k = \frac{1,16^{\frac{1}{6}}}{0,014} = 73,19 m^{0,5} s^{-1}$$

kde R_k je hydraulický poloměr při h_k dle vztahu(B.5.10), n součinitel drsnosti.

Výpočet rychlosti v_k při h_k dle Chezyho rovnice

$$v_k = C_k \sqrt{R_k * i_k} \quad (\text{B.5.12})$$

$$v_k = 73,19 * \sqrt{1,16 * 0,0027} = 4,1 m / s$$

kde R_k je hydraulický poloměr při h_k dle vztahu(B.5.10), C_k rychlostního součinitele při h_k dle vztahu(B.5.11), i_k kritický sklon při h_k dle vztahu(B.5.7).

Posouzení zda se jedná o dokonalý přepad

$$i_0 * L_{sp} + s \geq \frac{1}{\varphi} * H_{ek} \quad (\text{B.5.13})$$

$$0,02 * 26 + 3,8 = 4,32 m \geq \frac{1}{0,84} * 2,83 = 3,36 m$$

kde i_0 je sklon spadiště, L_{sp} délka spadiště, s převýšením přelivné hrany nad dnem začátku spadiště, H_{ek} energetická přepadová výška dle vztahu

$$H_{ek} = h_k + \frac{\alpha * v_k^2}{2 * g} \quad (\text{B.5.14})$$

$$H_{ek} = 0,98 + \frac{1,1 * 4,1^2}{2 * 9,81} = 2,83 m$$

Kde v_k je rychlosti při h_k dle vztahu(B.5.12), α Coriolosovo číslo, g gravitační zrychlení, h_k kritická hloubka pro daný průtok Q_n dle vztahu(B.5.3).

Dle posouzení se jedná o dokonalý přepad.

B.5.3 Stanovení konzumní křivky přelivu

Výpočet průtoku Q pro konzumní křivku vychází ze vztahu.

$$Q = m * b_0 * \sqrt{2 * g} * h^{\frac{3}{2}} \quad (\text{B.5.15})$$

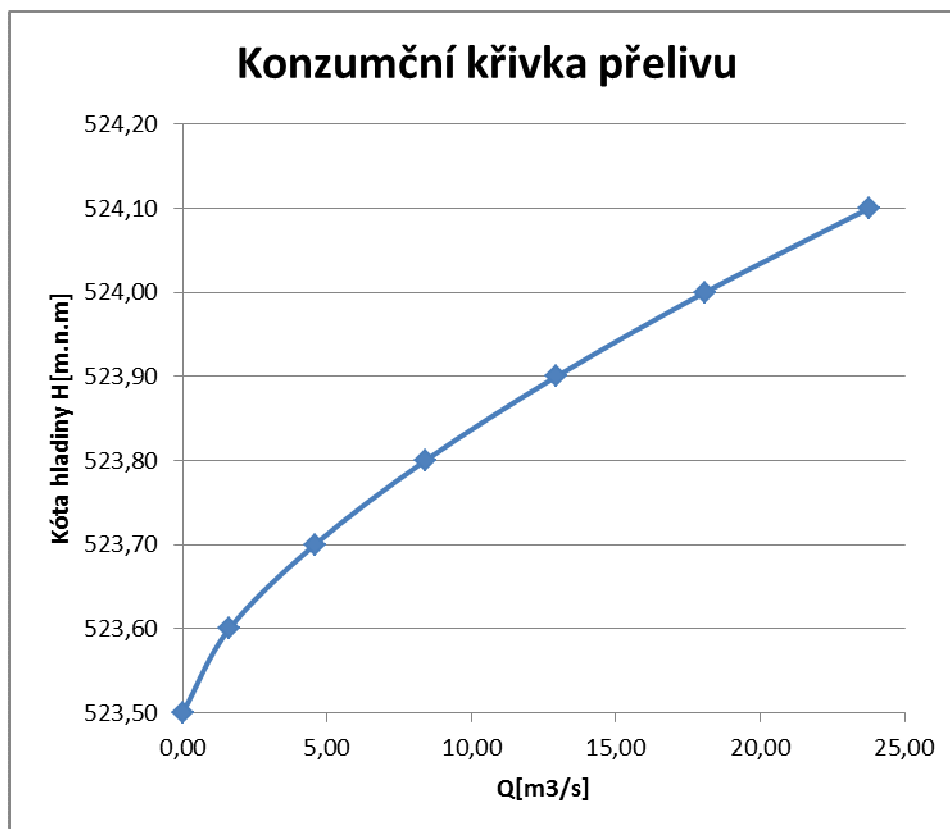
$$Q = 0,48 * 24,07 * \sqrt{2 * 9,81} * 0,1^{\frac{3}{2}} = 1,62 \text{ m}^3 / \text{s}$$

kde m je součinitel přepadu, b_0 účinná šířka přelivné hrany dle vztahu (B.5.4), g gravitační zrychlení, h výška plnění.

Výpočet pro všechny výšky plnění je uveden v tabulce (tab. B.5-1) a konzumní křivka přelivu je uvedena v grafu (obr. B.5-1)

Tab. B.5-1: Výpočet konzumní křivky přelivu

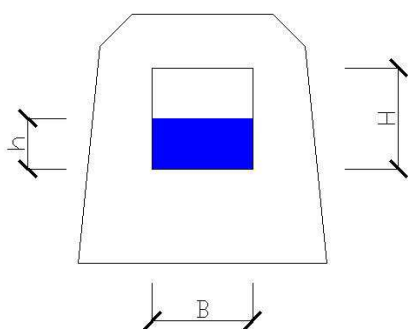
h	Q	kóta
m	m ³ /s	m.n.m
0	0,00	523,50
0,1	1,62	523,60
0,2	4,58	523,70
0,3	8,41	523,80
0,4	12,94	523,90
0,5	18,09	524,00
0,6	23,78	524,10



Obr. B.5-2: Konzumční křivka přelivu

B.6 Měrná křivka odpadní štoly

Odpadní štola byla navržena tak aby bezpečně převedla transformovaný průtok $Q_{100TR}=4,66\text{m}^3/\text{s}$ a nedošlo k jejímu zahlcení. Byly vypočteny průtoky pro jednotlivé výšky plnění které jsou uvedeny v tabulce (Tab. B.6-1) a následné zjištění měrné křivky odpadní štoly uvedené v grafu (Obr. B.6-2). Jednotlivé výpočtové hodnoty jsou znázorněny ve schématu (Obr. B.6-1)



Obr. B 6-1 Výpočtové schéma pro měrnou křivku odpadní štoly

Jako první bylo potřeba vypočítat omočený obvod O dle vztahu

$$O = B + 2 * h \quad (\text{B.6.1})$$

$$O = 2 + 2 * 0,1 = 2,2m$$

kde B je šířka odpadní štoly, h výška plnění odpadní štoly.

Vypočtní průtočné plochy odpadní štoly S dle vztahu

$$S = B * h \quad (\text{B.6.2})$$

$$S = 2 * 0,1 = 0,2m^2$$

kde B je šířka odpadní štoly, h výška plnění odpadní štoly.

Výpočet hydraulického poloměru dle vztahu

$$R = \frac{S}{O} \quad (\text{B.6.3})$$

$$R = \frac{0,2}{2,2} = 0,09m$$

kde S je průtočná plocha dle vztahu(B.6.2), O omočený obvod dle vztahu(B.6.1).

Výpočet rychlostního součinitele C dle Manninga

$$C = \frac{R^{\frac{1}{6}}}{n} \quad (\text{B.6.4})$$

$$C = \frac{0,09^{\frac{1}{6}}}{0,02} = 33,53 m^{0,5} s^{-1}$$

kde R je hydraulický poloměr dle vztahu(B.6.3), n součinitel drsnosti.

Výpočet rychlosti v dle Chezyho rovnice

$$v = C * \sqrt{R * i} \quad (\text{B.6.5})$$

$$v = 33,53 * \sqrt{0,09 * 0,02} = 1,43 m / s$$

kde C je rychlostní součinitel dle vztahu(B.6.4), R hydraulický poloměr dle vztahu(B.6.3), i sklon odpadní štol.

Výpočet průtoku Q pro danou výšku h .

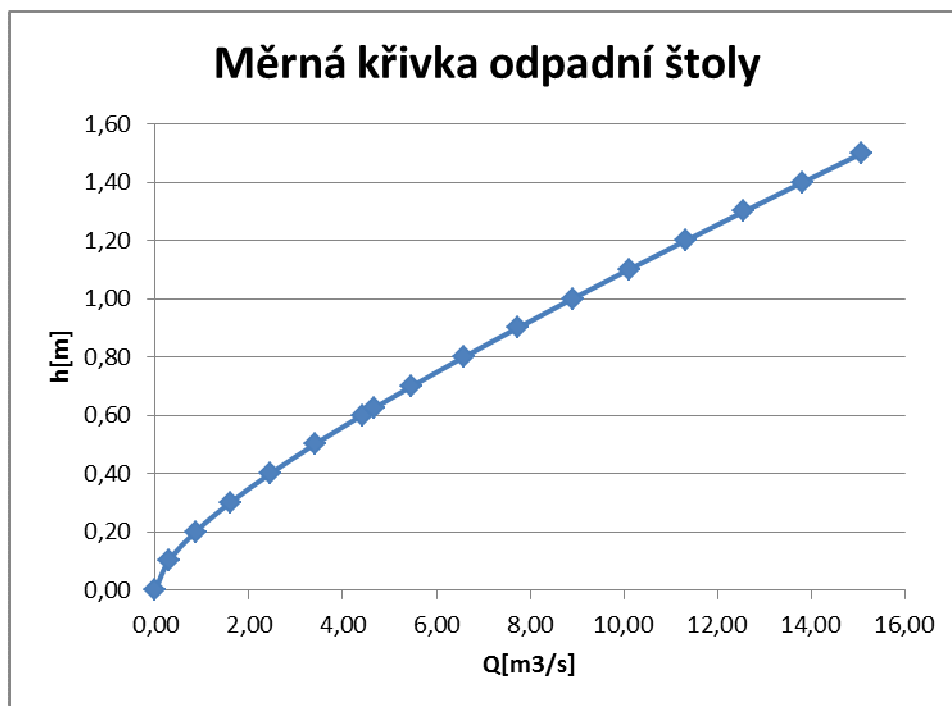
$$Q = v * S \quad (\text{B.6.6})$$

$$Q = 1,43 * 0,2 = 0,29 m^3 / s$$

kde S je průtočná plocha dle vztahu(B.6.2), v rychlost dle vztahu(B.6.5).

Tab. B.6-1: Tabulka průtoku pro jednotlivé výšky plnění v odpadní štolě

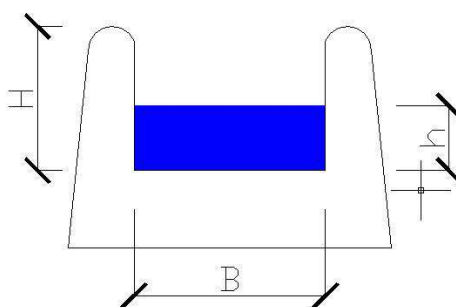
h	O	S	R	C	v	Q
m	m	m ²	m	m ^{0.5} s ⁻¹	m/s	m ³ /s
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,10	2,20	0,20	0,09	33,53	1,43	0,29
0,20	2,40	0,40	0,17	37,09	2,14	0,86
0,30	2,60	0,60	0,23	39,16	2,66	1,60
0,40	2,80	0,80	0,29	40,58	3,07	2,45
0,50	3,00	1,00	0,33	41,63	3,40	3,40
0,60	3,20	1,20	0,38	42,46	3,68	4,41
0,62	3,25	1,25	0,38	42,63	3,74	4,66
0,70	3,40	1,40	0,41	43,13	3,91	5,48
0,80	3,60	1,60	0,44	43,68	4,12	6,59
0,90	3,80	1,80	0,47	44,15	4,30	7,73
1,00	4,00	2,00	0,50	44,54	4,45	8,91
1,10	4,20	2,20	0,52	44,89	4,59	10,11
1,20	4,40	2,40	0,55	45,20	4,72	11,33
1,30	4,60	2,60	0,57	45,46	4,83	12,57
1,40	4,80	2,80	0,58	45,70	4,94	13,82
1,50	5,00	3,00	0,60	45,92	5,03	15,09



Obr. B.6-2: Měrná křivka odpadní štolý

B.7 Měrná křivka skluzu

Skluz byl posouzen na dvojnásobek množství průtoku $2 \times Q_{1000TR} = 37,84 \text{ m}^3/\text{s}$ z důvodu bezpečnosti. Byly vypočteny jednotlivé hloubky plnění skluzu uvedené v tabulce (Tab. B.7-1) a následné vynesení měrné křivky skluzu uvedené v grafu (Obr. B.7-2). Jednotlivé výpočtové hodnoty jsou znázorněny ve schématu (Obr. B.7-1)



Obr. B.7-1: Výpočtové schéma pro měrnou křivku skluzu

Jako první byl vypočítán omočený obvod O dle vztahu

$$O = B + 2 * h \quad (\text{B.7.1})$$

$$O = 6 + 2 * 0,2 = 6,4m$$

kde B je šířka odpadní štoly, h výška plnění odpadní štoly.

Vypočtní průtočné plochy odpadní štoly S dle vztahu

$$S = B * h \quad (\text{B.7.2})$$

$$S = 6 * 0,2 = 1,2m^2$$

kde B je šířka odpadní štoly, h výška plnění odpadní štoly.

Výpočet hydraulického poloměru dle vztahu

$$R = \frac{S}{O} \quad (\text{B.7.3})$$

$$R = \frac{1,2}{6,4} = 0,19m$$

kde S je průtočná plocha dle vztahu(7.2), O omočený obvod dle vztahu(7.1).

Výpočet rychlostního součinitele C dle Manninga

$$C = \frac{R^{\frac{1}{6}}}{n} \quad (\text{B.7.4})$$

$$C = \frac{0,19^{\frac{1}{6}}}{0,014} = 54,04m^{0,5}s^{-1}$$

kde R je hydraulický poloměr dle vztahu(7.3), n součinitel drsnosti.

Výpočet rychlosti v dle Chezyho rovnice

$$v = C \cdot \sqrt{R \cdot i} \quad (\text{B.7.5})$$

$$v = 54,04 \cdot \sqrt{0,19 \cdot 0,068} = 0,69 \text{ m/s}$$

kde C je rychlostní součinitel dle vztahu(B.7.4), R hydraulický poloměr dle vztahu(B.7.3), i sklon odpadní štolky.

Výpočet průtoku Q pro danou výšku h .

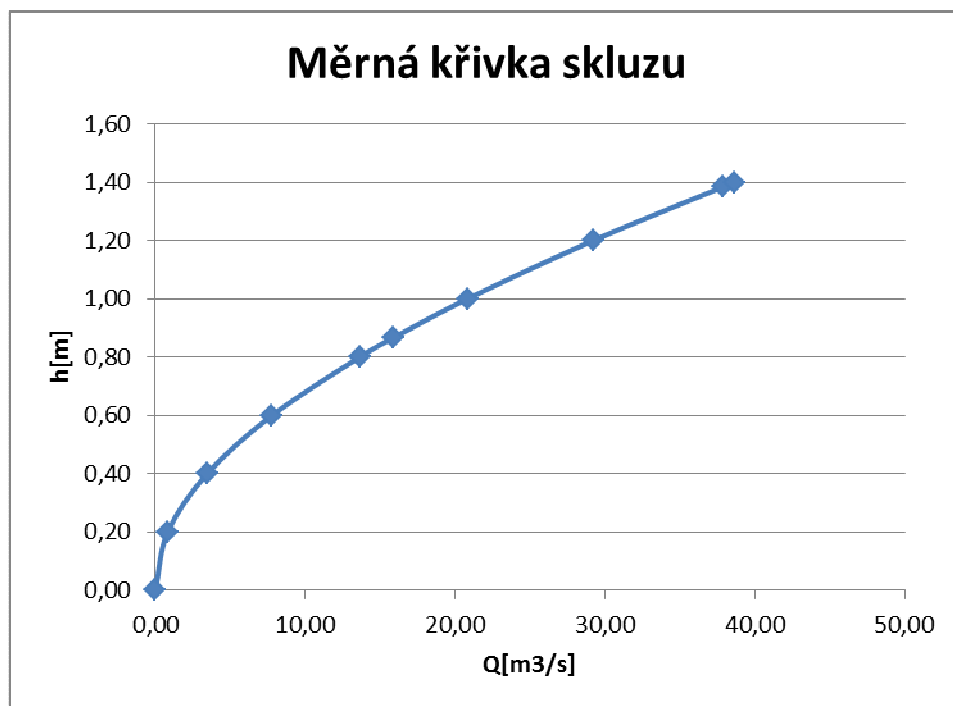
$$Q = v \cdot S \quad (\text{B.7.6})$$

$$Q = 0,69 \cdot 1,2 = 0,83 \text{ m}^3/\text{s}$$

kde S je průtočná plocha dle vztahu(B.7.2), v rychlost dle vztahu(B.7.5).

Tab. B.7-1: Tabulka průtoku pro jednotlivé výšky plnění skluzu

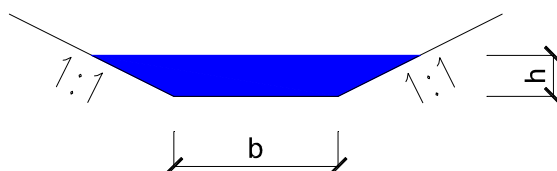
h	O	S	R	C	v	Q
m	m	m ²	m	m ^{0,5} s ⁻¹	m/s	m ³ /s
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,20	6,40	1,20	0,19	54,04	0,69	0,83
0,40	6,80	2,40	0,35	60,05	1,44	3,46
0,60	7,20	3,60	0,50	63,64	2,16	7,79
0,80	7,60	4,80	0,63	66,16	2,84	13,64
0,87	7,73	5,20	0,67	66,86	3,06	15,91
1,00	8,00	6,00	0,75	68,08	3,47	20,83
1,20	8,40	7,20	0,86	69,62	4,06	29,22
1,38	8,77	8,30	0,95	70,78	4,56	37,84
1,40	8,80	8,40	0,95	70,88	4,60	38,64



Obr. B.7-2: Měrná křivka skluzu

B.8 Měrná křivka koryta v zátopě

Koryto bylo posouzeno na jednoletý průtok $Q_I = 4,41 \text{ m}^3/\text{s}$. Byly vypočteny jednotlivé hloubky plnění koryta uvedené v tabulce (Tab. B.8-1) a následné vynesení měrné křivky koryta uvedené v grafu (Obr. B.8-2). Jednotlivé výpočtové hodnoty jsou znázorněny ve schématu (Obr. B.8-1)



Obr. B.8-1: Výpočtové schéma pro měrnou křivku koryta v zátopě

Jako první byl vypočítán omočený obvod O dle vztahu

$$O = b + 2 * h \sqrt{1 + m^2} \quad (\text{B.8.1})$$

$$O = 5 + 2 * 0,1 \sqrt{1 + 1^2} = 5,28m$$

kde B je šířka odpadní štoly, h výška plnění odpadní štoly, m sklon svahů.

Vypočtení průtočné plochy odpadní štoly S dle vztahu

$$S = (b + h * m) * h \quad (\text{B.8.2})$$

$$S = (5 + 0,1 * 1) * 0,1 = 0,51m^2$$

kde B je šířka odpadní štoly, h výška plnění odpadní štoly.

Výpočet hydraulického poloměru dle vztahu

$$R = \frac{S}{O} \quad (\text{B.8.3})$$

$$R = \frac{0,51}{5,28} = 0,10m$$

kde S je průtočná plocha dle vztahu(B.8.2), O omočený obvod dle vztahu(B.8.1).

Výpočet rychlostního součinitele C dle Manninga

$$C = \frac{R^{\frac{1}{6}}}{n} \quad (\text{B.8.4})$$

$$C = \frac{0,10^{\frac{1}{6}}}{0,03} = 22,58m^{0,5}s^{-1}$$

kde R je hydraulický poloměr dle vztahu(B.8.3), n součinitel drsnosti.

Výpočet rychlosti v dle Chezyho rovnice

$$v = C \cdot \sqrt{R \cdot i} \quad (\text{B.8.5})$$

$$v = 22,58 \cdot \sqrt{0,10 \cdot 0,02} = 0,99 \text{ m/s}$$

kde C je rychlostní součinitel dle vztahu(B.8.4), R hydraulický poloměr dle vztahu(B.8.3), i sklon odpadní štolky.

Výpočet průtoku Q pro danou výšku h .

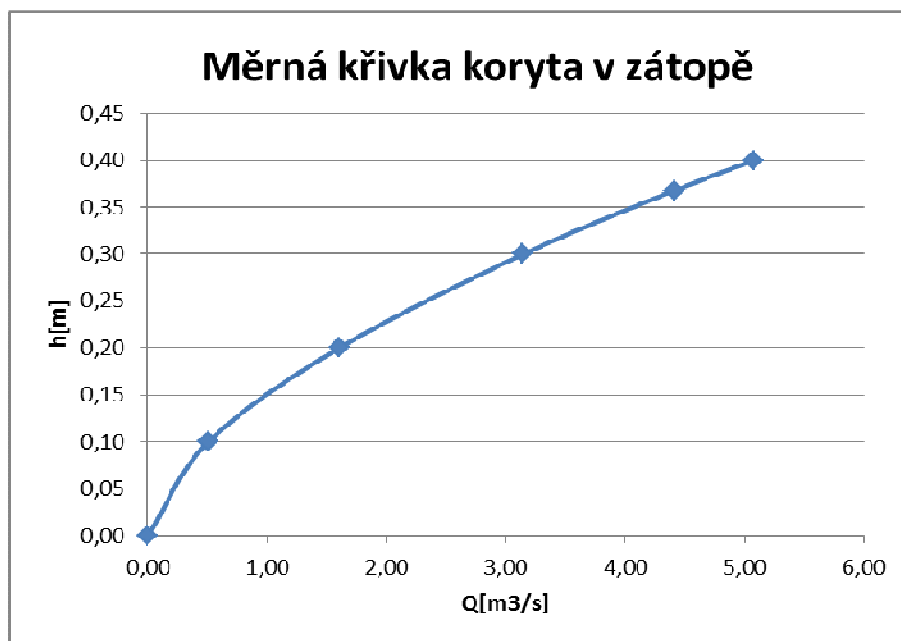
$$Q = v \cdot S \quad (\text{B.8.6})$$

$$Q = 0,99 \cdot 0,51 = 0,51 \text{ m}^3/\text{s}$$

kde S je průřepná plocha dle vztahu(B.8.2), v rychlost dle vztahu(B.8.5).

Tab. B.8-1: Tabulka průtoku pro jednotlivé výšky plnění koryta

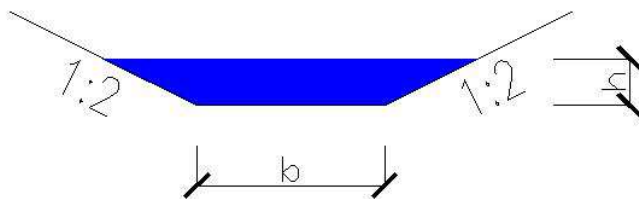
h	o	s	R	c	v	Q
m	m	m ²	m	m ^{0.5} s ⁻¹	m/s	m ³ /s
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,10	5,28	0,51	0,10	22,58	0,99	0,51
0,20	5,57	1,04	0,19	25,20	1,54	1,60
0,30	5,85	1,59	0,27	26,83	1,98	3,15
0,37	6,04	1,97	0,33	27,66	2,24	4,41
0,40	6,13	2,16	0,35	28,01	2,35	5,08



Obr. B.8-2: Měrná křivka koryta v zátopě

B.9 Měrná křivka odpadního koryta

Byla navržena tři odpadní koryta. Odpadní koryto pod odpadní štolou posouzeno na transformovaný průtok $Q_{100TR}=4,66 \text{ m}^3/\text{s}$. Šířka odpadního koryta je 6 m. Odpadní koryto pod skluzem posouzeno na transformovaný průtok $Q_{1000TR}=18,92 \text{ m}^3/\text{s}$. Šířka odpadního koryta je 2 m. Odpadní koryto celkové do kterého se napojují obě předešlá koryta bylo navrženo na transformovaný průtok $Q_{1000TR}=23,58 \text{ m}^3/\text{s}$. Šířka odpadního koryta je 6 m. Byli vypočteny jednotlivé hloubky plnění koryta uvedené v tabulce (Tab. B.9-1, B.9-2, B.9-3) a následné vynesení měrné křivky odpadního koryta uvedené v grafu (Obr. B.9-2, B.9-3, B.9-4). Jednotlivé výpočtové hodnoty jsou znázorněny ve schématu (Obr. B.9-1)



Obr. B.9-1: Výpočtové schéma pro měrnou křivku odpadního koryta

Jako první byl vypočítán omočený obvod O dle vztahu

$$O = b + 2 * h \sqrt{1 + m^2} \quad (\text{B.9.1})$$

$$O = 2 + 2 * 0,2 \sqrt{1 + 2^2} = 2,89m$$

kde B je šířka odpadní štoly, h výška plnění odpadní štoly, m sklon svahů.

Vypočtení průtočné plochy odpadní štoly S dle vztahu

$$S = (b + h * m) * h \quad (\text{B.9.2})$$

$$S = (2 + 0,2 * 2) * 0,2 = 0,48m^2$$

kde B je šířka odpadní štoly, h výška plnění odpadní štoly.

Výpočet hydraulického poloměru dle vztahu

$$R = \frac{S}{O} \quad (\text{B.9.3})$$

$$R = \frac{0,48}{2,89} = 0,17m$$

kde S je průtočná plocha dle vztahu(B.9.2), O omočený obvod dle vztahu(B.9.1).

Výpočet rychlostního součinitele C dle Manninga

$$C = \frac{R^{\frac{1}{6}}}{n} \quad (\text{B.9.4})$$

$$C = \frac{0,17^{\frac{1}{6}}}{0,03} = 24,71 m^{0,5} s^{-1}$$

kde R je hydraulický poloměr dle vztahu(B.9.3), n součinitel drsnosti.

Výpočet rychlosti v dle Chezyho rovnice

$$v = C * \sqrt{R * i} \quad (B.9.5)$$

$$v = 24,71 * \sqrt{0,17 * 0,02} = 1,42 m / s$$

kde C je rychlostní součinitel dle vztahu(B.9.4), R hydraulický poloměr dle vztahu(B.9.3), i sklon odpadní štol.

Výpočet průtoku Q pro danou výšku h .

$$Q = v * S \quad (B.9.6)$$

$$Q = 1,42 * 0,48 = 0,68 m^3 / s$$

kde S je průtočná plocha dle vztahu(B.9.2), v rychlost dle vztahu(B.9.5).

Tab. B.9-1: Tabulka průtoku pro jednotlivé výšky plnění koryta pod odpadní štolou

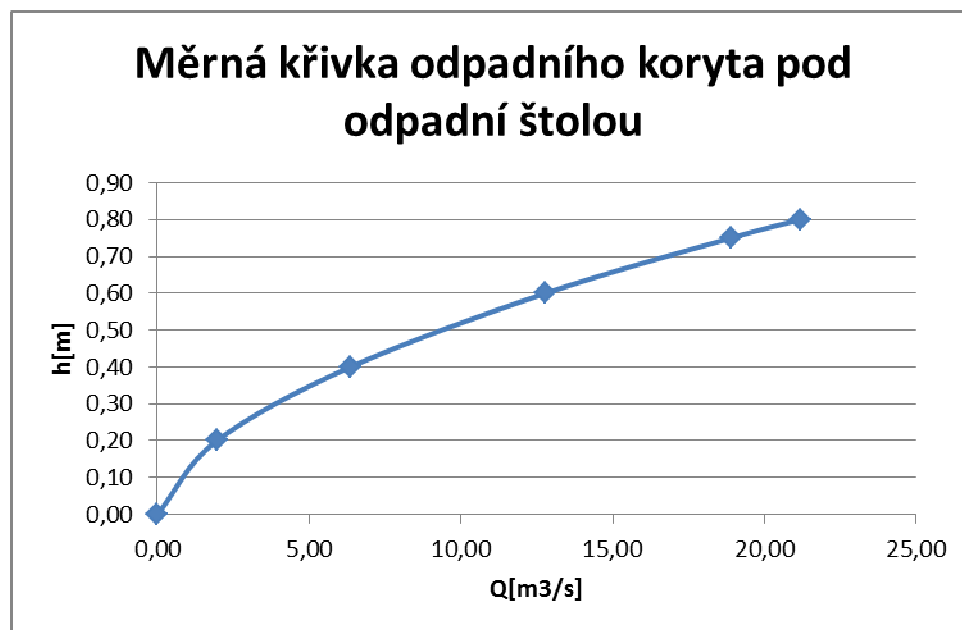
h	o	s	R	c	v	Q
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,20	2,89	0,48	0,17	24,71	1,42	0,68
0,40	3,79	1,12	0,30	27,21	2,09	2,34
0,58	4,59	1,83	0,40	28,59	2,55	4,66
0,60	4,68	1,92	0,41	28,73	2,60	4,99
0,80	5,58	2,88	0,52	29,86	3,03	8,74

Tab. B.9-2: Tabulka průtoku pro jednotlivé výšky plnění koryta pod skluzem

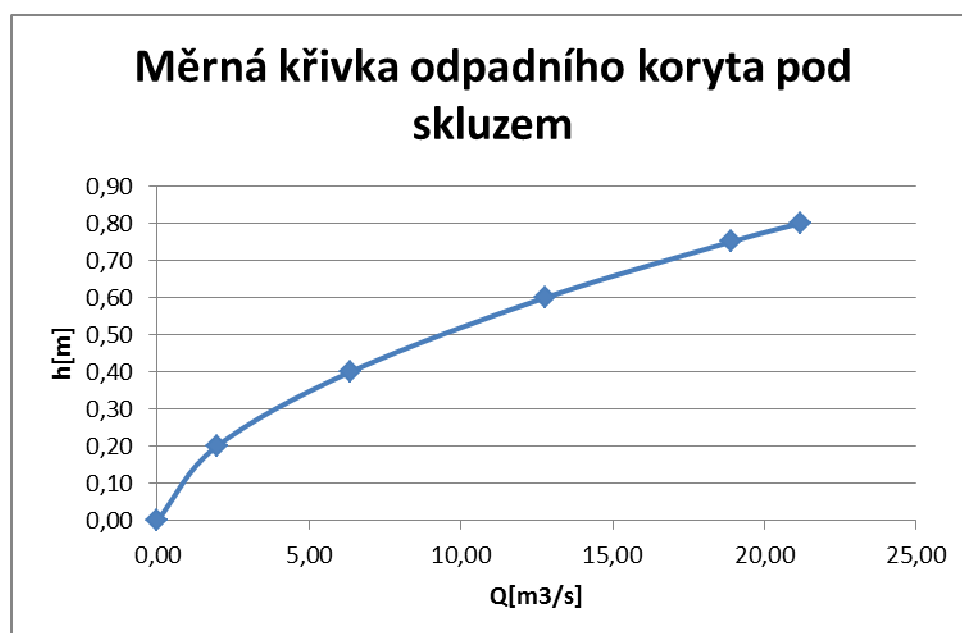
h	o	s	R	c	v	Q
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,20	6,89	1,28	0,19	25,18	1,53	1,96
0,40	7,79	2,72	0,35	27,97	2,34	6,36
0,60	8,68	4,32	0,50	29,67	2,96	12,79
0,75	9,36	5,63	0,60	30,63	3,36	18,92
0,80	9,58	6,08	0,63	30,90	3,48	21,17

Tab. B.9-3: Tabulka průtoku pro jednotlivé výšky plnění odpadního koryta celkové

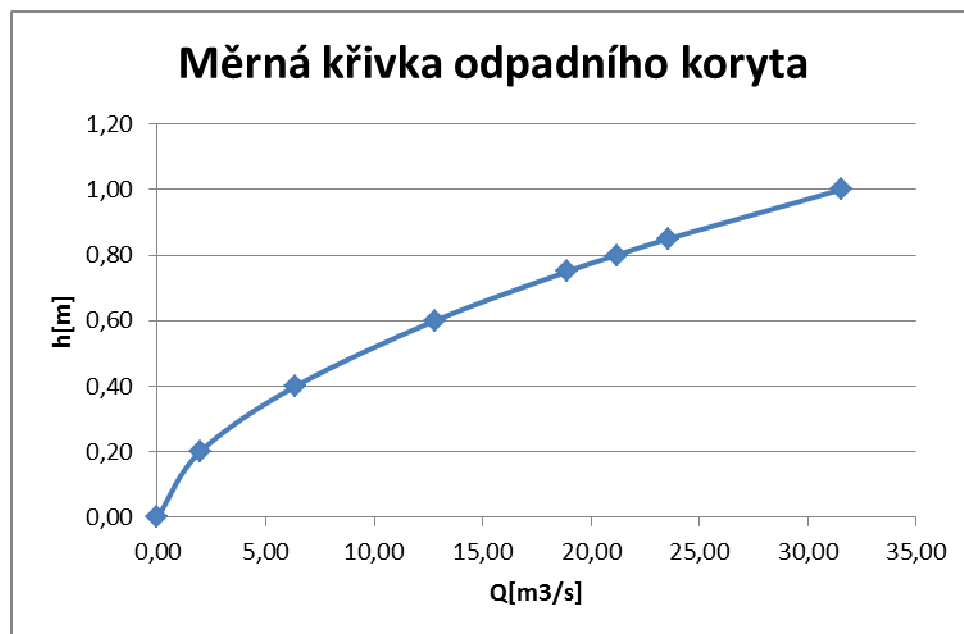
h	o	s	R	c	v	Q
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,20	6,89	1,28	0,19	25,18	1,53	1,96
0,40	7,79	2,72	0,35	27,97	2,34	6,36
0,60	8,68	4,32	0,50	29,67	2,96	12,79
0,75	9,36	5,63	0,60	30,63	3,36	18,92
0,80	9,58	6,08	0,63	30,90	3,48	21,17
0,85	9,80	6,55	0,67	31,16	3,60	23,58
1,00	10,47	8,00	0,76	31,87	3,94	31,52



Obr. B.9-2: Měrná křivka odpadního koryta pod odpadní štolou



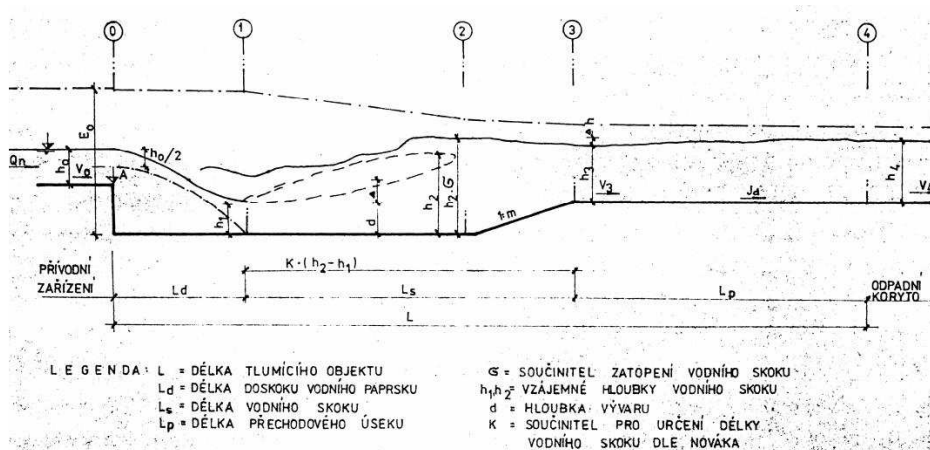
Obr. B.9-3: Měrná křivka odpadního koryta pod skluzem



Obr. B.9-4: Měrná křivka odpadního koryta celková

B.10 Návrh vývaru pod odpadní štolou

Vývar byl navržen na transformovaný průtok $Q_{100TR}=4,66 \text{ m}^3/\text{s}$. Byly vypočteny vzájemné hloubky h_1, h_2 a zhloubení d . Byla navržena celková délka vývaru L . Vývar byl navržen z důvodu utlumení energie vzniklé od spodních výpustí a bočního přelivu. Jednotlivé výpočtové hodnoty jsou znázorněny ve schématu (Obr. B.10-1).



Obr. B.10-1: Výpočtové schéma vývaru

Zjištění charakteru proudění v odpadním korytě dle posouzení

- Říční proudění - $h_4 > h_k$
- Bystřinné proudění - $h_4 < h_k$

$$h_4 = 0,58m < h_k = 0,85m$$

Jedná se o bystřinné proudění

kde h_4 je hladina v odpadním korytě dle tabulky (Tab. B.9-1), h_k kritická hloubka pro obdélníkový profil dle vztahu

$$h_k = \sqrt[3]{\frac{\alpha * q^2}{g}} \quad (B.10.1)$$

$$h_k = \sqrt[3]{\frac{1,1 * 2,33^2}{9,81}} = 0,85m$$

kde α je Coriolosovo číslo, g gravitační zrychlení, q specifický průtok na jednotku šířku objektu dle vztahu

$$q = \frac{Q_{100TR}}{b} \quad (B.10.2)$$

$$q = \frac{4,66}{2} = 2,33m$$

kde Q_{100TR} je transformovaný průtok, b šířka vývaru.

B.10.1 Určení základních parametrů v místě první vzájemné hloubky

Výpočet hloubky h_1 postupným přiblížením pro obdélníkový profil dle vztahu

$$h_1 = \frac{q}{\varphi * \sqrt{2 * g * (E_0 - h_1)}} \quad (B.10.3)$$

$$0,37 = \frac{2,33}{1 * \sqrt{2 * 9,81 * (1,57 - 0,37)}}$$

$$h_1 = 0,37m$$

kde q je specifický průtok na jednotku šířky objektu dle vztahu (B.10.2), φ rychlostní součinitel přepadu, g gravitační zrychlení, E_0 energetická výška v profilu 0 dle vztahu

$$E_0 = \Delta + h_0 + \frac{\alpha * v_0^2}{2 * g} + d \quad (\text{B.10.4})$$

$$E_0 = 0 + 0,84 + \frac{1,1 * 2,79^2}{2 * 9,81} + 1,15 = 2,42m$$

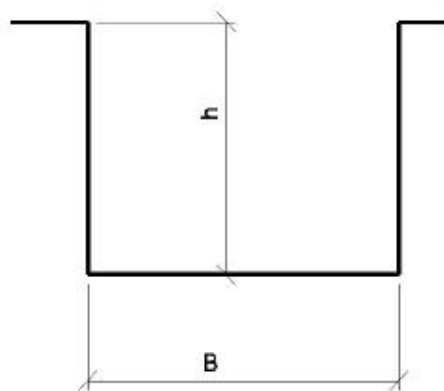
kde Δ je převýšení přívodního zařízení nad dnem odpadního koryta, h_0 hloubka vody v profilu 0 z tabulky (Tab. B.10-1), α Coriolosovo číslo, v_0 rychlost odpovídající hloubce h_0 z tabulky (Tab. B.10-1), g gravitační zrychlení, d hloubka vývaru

Tab. B.10-1: Tabulka průtoku pro jednotlivé výšky v profilu 0

h_0	o_0	s_0	R_0	c_0	v_0	Q_0
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,20	2,40	0,40	0,17	24,73	1,43	0,57
0,40	2,80	0,80	0,29	27,05	2,04	1,64
0,60	3,20	1,20	0,38	28,31	2,45	2,94
0,80	3,60	1,60	0,44	29,12	2,75	4,39
0,84	3,67	1,67	0,46	29,23	2,79	4,66
1,00	4,00	2,00	0,50	29,70	2,97	5,94
1,20	4,40	2,40	0,55	30,13	3,15	7,55

B.10.2 Řešení vodního skoku

Určení hloubky h_2 početně iterační metodou pro prizmatický vývar obdélníkového profilu dle vztahu (B.10.5)



Obr. B.10-2: Schéma obdélníkového vývaru

$$A = \frac{\alpha * q^2}{g * h_1} + \frac{1}{2} * h_1^2 \quad (\text{B.10.5})$$

$$A = \frac{1,1 * 2,33^2}{9,81 * 0,37} + \frac{1}{2} * 0,37^2 = 1,714$$

kde α je Coriolosovo číslo, q specifický průtok na jednotku šířku objektu dle vztahu(B.10.2), g gravitační zrychlení, h_1 hloubka v profilu 1 dle vztahu(B.10.3).

Hloubku h_2 byla dosazena do vztahu(B.10.5) a iterační metodou se došlo k hodnotě A s hodnotou h_1 .

$$A = \frac{1,1 * 2,33^2}{9,81 * 1,64} + \frac{1}{2} * 1,64^2 = 1,714$$

$$h_2 = 1,64m$$

B.10.3 Návrh prohloubení

Pro návrh hloubky vývaru bylo vycházeno z požadavku na vznik vodního skoku zatopeného. Byl zvolen součinitel zatopení $\sigma=1,05$ pro prizmatický vývar obdélníkového tvaru. Výpočet prohloubení d dle vztahu

$$d = \frac{\sigma * h_2}{h_3} \quad (\text{B.10.6})$$

$$d = \frac{1,05 * 1,64}{0,58} = 1,14m$$

$$d = 1,15m$$

kde σ je součinitel zatopení, h_2 hloubka v profilu 2, h_3 hloubka v profilu 3.

B.10.4 Výpočet délky tlumícího objektu

Celková délka L tlumícího objektu se skládá ze tří částí

- Délka doskoku vodního paprsku do tlumícího objektu - L_d
- Délka vzniklého vodního skoku - L_s
- Délka přechodového úseku - L_p

Délku L_d doskoku počítáme podle vztahu

$$y = d + h_0 \quad (\text{B.10.7})$$

$$y = 1,15 + 0,84 = 1,99$$

kde d je hloubka zahloubení vývaru, h_0 hloubka vody v profilu 0 z tabulky (Tab. B.10-1).

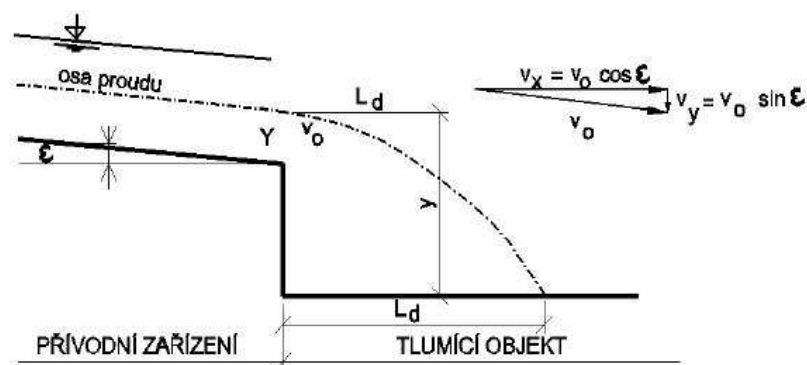
Délka L_d byla dosazena do vztahu (B.10.8) a iterační metodou byla přiblížena k hodnotě y ze vztahu (B.10.7).

$$y = \frac{g}{2 * v_x^2} * L_d - \frac{v_y}{v_x} * L_d \quad (\text{B.10.8})$$

$$y = \frac{9,81}{2 * 1,97^2} * 1,66 - \frac{0,05}{1,97} * 1,66 = 1,98m$$

$$L_d = 1,6m$$

kde g je gravitační zrychlení, ostatní hodnoty odpovídají obrázku (Obr. B.10-3)



Obr. B.10-3: Schéma doskoku vodního paprsku

$$v_x = v_0 \cdot \cos \varepsilon \quad (\text{B.10.9})$$

$$v_x = 2,79 \cdot \cos(2,8^\circ) = 1,97 \text{ m / s}$$

$$v_y = v_0 \cdot \sin \varepsilon \quad (\text{B.10.10})$$

$$v_y = 2,79 \cdot \sin(2,8^\circ) = 0,05 \text{ m / s}$$

kde v_0 je rychlost odpovídající hloubce h_0 z tabulky (Tab. B.10-1)

Délka vodního skoku L_s byla vypočtena dle vztahu podle Nováka

$$L_s = K \cdot (h_2 - h_1) \quad (\text{B.10.11})$$

$$L_s = 5,5 \cdot (1,64 - 0,37) = 6,98 \text{ m}$$

$$L_s = 7 \text{ m}$$

kde h_2 je hloubka v profilu 2, h_1 hloubka v profilu 1 dle vztahu (B.10.3), K nabývá hodnot dle vztahu

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{1,64}{0,37} = 4,43 \quad (\text{B.10.12})$$

$$K = 5,5$$

kde h_2 je hloubka v profilu 2, h_1 hloubka v profilu 1 dle vztahu(B.10.3).

Výpočet délky přechodového úseku L_p .

$$L_p = 9 * (h_2 - h_1) - L_s \quad (\text{B.10.13})$$

$$L_p = 9 * (1,64 - 0,37) - 7 = 4,42m$$

$$L_p = 4,4m$$

kde h_2 je hloubka v profilu 2, h_1 hloubka v profilu 1 dle vztahu(B.10.3), L_s délka vzniklého vodního skoku dle vztahu(B.10.11)

Celková délka vodního odskoku dle vztahu

$$L = L_s + L_p + L_d \quad (\text{B.10.14})$$

$$L = 7 + 4,4 + 1,6 = 13m$$

kde L_s délka vzniklého vodního skoku dle vztahu(B.10.11), L_p délka přechodového úseku dle vztahu(B.10.13), L_d délka doskoku vodního paprsku dle vztahu(B.10.8).

B.11 Návrh vývaru pod skluzem

Vývar byl navrhnut navržen na transformovaný průtok $Q_{1000TR} = 18,92 \text{ m}^3/\text{s}$. Byli vypočteny vzájemné hloubky h_1, h_2 a zahloubení d . Byla navržena celková délka vývaru L . Vývar byl navržen z důvodu utlumení energie vzniklé od spodních výpustí a bočního přelivu. Jednotlivé výpočtové hodnoty jsou znázorněny ve schématu (Obr. B.11-1).

Zjištění charakteru proudění v odpadním korytě dle posouzení

- Říční proudění - $h_4 > h_k$
- Bystřinné proudění - $h_4 < h_k$

$$h_4 = 0,75m < h_k = 1,04m$$

Jedná se o bystřinné proudění

kde h_4 je hladina v odpadním korytě dle tabulky (Tab. B.9-3), h_k kritická hloubka pro obdélníkový profil dle vztahu

$$h_k = \sqrt[3]{\frac{\alpha * q^2}{g}} \quad (\text{B.11.1})$$

$$h_k = \sqrt[3]{\frac{1,1 * 3,15^2}{9,81}} = 1,04m$$

kde α je Coriolosovo číslo, g gravitační zrychlení, q specifický průtok na jednotku šířku objektu dle vztahu

$$q = \frac{Q_{1000TR}}{b} \quad (\text{B.11.2})$$

$$q = \frac{18,92}{6} = 3,15m$$

kde Q_{1000TR} je transformovaný průtok, b šířka vývaru.

B.11.1 Určení základních parametrů v místě první vzájemné hloubky

Výpočet hloubky h_1 postupným přiblížením pro obdélníkový profil dle vztahu

$$h_1 = \frac{q}{\varphi * \sqrt{2 * g * (E_0 - h_1)}} \quad (\text{B.11.3})$$

$$0,46 = \frac{3,15}{1 * \sqrt{2 * 9,81 * (2,91 - 0,46)}}$$

$$h_1 = 0,46m$$

kde q je specifický průtok na jednotku šířku objektu dle vztahu (B.11.2), φ rychlostní součinitel přepadu, g gravitační zrychlení, E_0 energetická výška v profilu 0 dle vztahu

$$E_0 = \Delta + h_0 + \frac{\alpha * v_0^2}{2 * g} + d \quad (\text{B.11.4})$$

$$E_0 = 0 + 1,02 + \frac{1,1 * 3,1^2}{2 * 9,81} + 1,35 = 2,91m$$

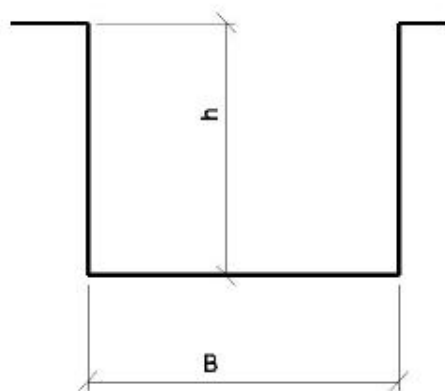
kde Δ je převýšení přívodního zařízení nad dnem odpadního koryta, h_0 hloubka vody v profilu 0 z tabulky (Tab. B.11-1), α Coriolosovo číslo, v_0 rychlost odpovídající hloubce h_0 z tabulky (Tab. B.11-1), g gravitační zrychlení, d hloubka vývaru

Tab. B.11-1: Tabulka průtoku pro jednotlivé výšky v profilu 0

h_0	o_0	s_0	R_0	c_0	v_0	Q_0
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,20	6,40	1,20	0,19	54,04	1,22	1,46
0,40	6,80	2,40	0,35	60,05	1,86	4,46
0,60	7,20	3,60	0,50	63,64	2,34	8,43
0,80	7,60	4,80	0,63	66,16	2,74	13,14
1,00	8,00	6,00	0,75	68,08	3,07	18,42
1,02	8,04	6,11	0,76	68,24	3,10	18,92
1,20	8,40	7,20	0,86	69,62	3,36	24,16

B.11.2 Řešení vodního skoku

Určení hloubky h_2 početně iterační metodou pro prizmatický vývar obdélníkového profilu dle vztahu(B.11.5)



Obr. B.11-1: Schéma obdélníkového vývaru

$$A = \frac{\alpha * q^2}{g * h_1} + \frac{1}{2} * h_1^2 \quad (\text{B.11.5})$$

$$A = \frac{1,1 * 3,15^2}{9,81 * 0,46} + \frac{1}{2} * 0,46^2 = 2,53$$

kde α je Coriolosovo číslo, q specifický průtok na jednotku šířku objektu dle vztahu(B.11.2), g gravitační zrychlení, h_1 hloubka v profilu 1 dle vztahu(B.11.3).

Hloubku h_2 byla dosazena do vztahu(B.11.5) a iterační metodou se došlo k hodnotě A s hodnotou h_1 .

$$A = \frac{1,1 * 3,15^2}{9,81 * 1,98} + \frac{1}{2} * 1,98^2 = 2,35$$

$$h_2 = 1,98m$$

B.11.3 Návrh prohloubení

Pro návrh hloubky vývaru bylo vycházeno z požadavku na vznik vodního skoku zatopeného. Byl zvolen součinitel zatopení $\sigma=1,05$ pro prizmatický vývar obdélníkového tvaru. Výpočet prohloubení d dle vztahu

$$d = \frac{\sigma * h_2}{h_3} \quad (\text{B.11.6})$$

$$d = \frac{1,05 * 1,98}{0,75} = 1,33m$$

$$d = 1,35m$$

kde σ je součinitel zatopení, h_2 hloubka v profilu 2, h_3 hloubka v profilu 3.

B.11.4 Výpočet délky tlumícího objektu

Celková délka L tlumícího objektu se skládá ze tří částí

- Délka doskoku vodního paprsku do tlumícího objektu - L_d
- Délka vzniklého vodního skoku – L_s
- Délka přechodového úseku – L_p

Délku L_d doskoku počítáme podle vztahu

$$y = d + h_0 \quad (\text{B.11.7})$$

$$y = 1,35 + 1,02 = 2,37$$

kde d je hloubka zahloubení vývaru, h_0 hloubka vody v profilu 0 z tabulky (Tab. B.11-1).

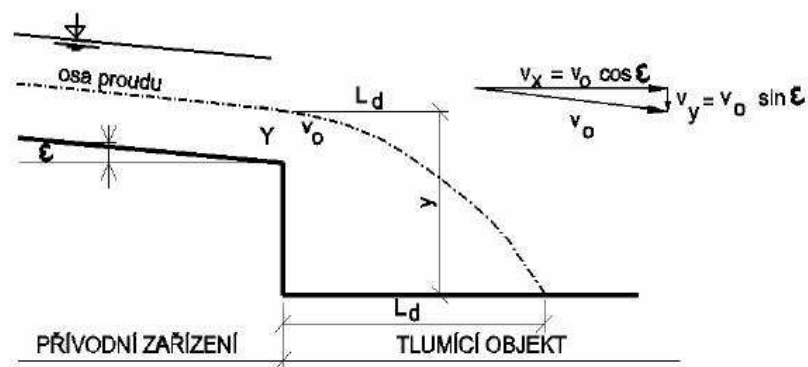
Délka L_d byla dosazena do vztahu (B.11.8) a iterační metodou byla přiblížena k hodnotě y ze vztahu (B.11.7).

$$y = \frac{g}{2 * v_x^2} * L_d - \frac{v_y}{v_x} * L_d \quad (\text{B.11.8})$$

$$y = \frac{9,81}{2 * 1,93^2} * 1,74 - \frac{-0,08}{1,93} * 1,74 = 2,37m$$

$$L_d = 1,7m$$

kde g je gravitační zrychlení, ostatní hodnoty odpovídají obrázku (Obr. B.11-3)



Obr. B.11-2: Schéma doskoku vodního paprsku

$$v_x = v_0 * \cos \epsilon \quad (\text{B.11.9})$$

$$v_x = 3,07 * \cos(2,8^0) = 1,93 \text{ m / s}$$

$$v_y = v_0 * \sin \epsilon \quad (\text{B.11.10})$$

$$v_y = 3,18 * \sin(2,8^0) = -0,08 \text{ m / s}$$

kde v_0 je rychlost odpovídající hloubce h_0 z tabulky (Tab. B.11-1)

Délka vodního skoku L_s byla vypočtena dle vztahu podle Nováka

$$L_s = K * (h_2 - h_1) \quad (\text{B.11.11})$$

$$L_s = 5 * (1,98 - 0,46) = 7,62 \text{ m}$$

$$L_s = 7,7 \text{ m}$$

kde h_2 je hloubka v profilu 2, h_1 hloubka v profilu 1 dle vztahu(B.11.3), K nabývá hodnot dle vztahu

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{1,98}{0,46} = 4,31 \quad (\text{B.11.12})$$

$$K = 5$$

kde h_2 je hloubka v profilu 2, h_1 hloubka v profilu 1 dle vztahu(B.11.3).

Výpočet délky přechodového úseku L_p .

$$L_p = 9 * (h_2 - h_1) - L_s \quad (\text{B.11.13})$$

$$L_p = 9 * (1,98 - 0,46) - 7,7 = 6,02m$$

$$L_p = 6,1m$$

kde h_2 je hloubka v profilu 2, h_1 hloubka v profilu 1 dle vztahu(B.11.3), L_s délka vzniklého vodního skoku dle vztahu(B.11.11)

Celková délka vodního odskoku dle vztahu

$$L = L_s + L_p + L_d \quad (\text{B.11.14})$$

$$L = 7,7 + 6,1 + 1,7 = 15,5m$$

kde L_s délka vzniklého vodního skoku dle vztahu(B.11.11), L_p délka přechodového úseku dle vztahu(B.11.13), L_d délka doskoku vodního paprsku dle vztahu(B.11.8).

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo vodohospodářské řešení ochranné vodní nádrže v povodí Kobylího potoka.

Základním úkolem bylo nalezení vhodného místa k umístění profilu tělesa hráze v povodí Kobylího potoka. Následně byly pomocí programu HYDROG vypočteny parametry hráze a to výška hráze a funkční objekty hráze. Výška hráze byla navržena tak aby nedošlo k jejímu přelítí a eliminovala množství škod způsobených od povodňové vlny. Hráz byla navržena jako nehomogenní ze zeminy z místa zátopy.

Jako funkční objekty byla navržena spodní výpust a boční přeliv. Spodní výpust slouží k transformaci 100-leté povodňové vlny na neškodný odtok, který by neměl mít žádný nežádoucí účinek na obec Karlovice. Boční přeliv byl navržen na transformaci kontrolní povodňové vlny 1000-leté, tak aby nedošlo k přelítí koruny hráze a ke vzniku škod od povodňové vlny. Na transformaci povodňové vlny 1000-leté se také podílí spodní výpust.

Spodní výpusti byly navrženy dvě o průměru DN700. Jedna slouží jako provozní a druhá jako rezervní pro případ vyřazení provozní výpusti,

Jako součást projektu byl návrh odpadní štolý od spodních výpustí na který navazuje vývar a odpadní koryto. Za spadištěm bočního přelivu byl navržen skluz na jehož konci byl navržen vývar k uklidnění kinematické energie. Vývar je napojen na odpadní koryto do kterého se vlévá odpadní koryto od spodních výpustí.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

STARÝ, M. *HYDROG*. Software pro simulaci, predikci a operativní řízení odtoku vody z povodí. Brno, 1991-2011

STARÝ, M.. 2006 *Nádrže a vodohospodářské soustavy*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006.

STARÝ, M.. 2005 *Hydrologie*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005.

JANDORA, JAN-ŠULC, JAN. 2007 *Hydraulika*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007. ISBN 978-80-7204-512-9

DOLEŽAL, PETR. 2007 *Rybníky a účelové nádrže*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007.

ČSN ISO 75 2410 *Malé vodní nádrže* ©Český normalizační institut, 1997

TNV 75 2935 *Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních* © Český normalizační institut, 2003

Hydrologické údaje povrchových vod, Kobylí potok, profil navrhované nádrže – základní hydrologické údaje, ČHMÚ, pobočka Ostrava, 2009

Zpracování hydrogramů vybraných profilů, Hydrogramy PV100 pro profil nádrže na Kobylí potoce, ČHMÚ pobočka Ostrava, 2009

Zpracování hydrogramů vybraných profilů, Hydrogramy PV1000 pro profil nádrže na Kobylí potoce, ČHMÚ pobočka Ostrava, 2009

www.geologicke-mapy.cz/

maps.google.cz

www.mapy.cz

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Seznam použitých zkratk

PV₁₀₀ 100-letá povodňová vlna

PV₁₀₀₀ 1000-letá povodňová vlna

Seznam použitých symbolů

Q_N (m^3/s) N-letý průtok

Q_m (m^3/s) m-letý průtok

b_{sp} (m) šířka spadiště

h_k (m) kritická hloubka

h_p (m) výška přepadového paprsku

h_{sp} (m) hloubka spadiště

g (m/s^2) gravitační zrychlení

α Coriolosovo číslo

i_{sp} (%) sklon spadiště

b_0 (m) šířka účinná šířka přelivné hrany

m přepadový součinitel

b (m) šířka přelivné hrany z působením kontrakcí

k_{p0} součinitel tvaru pilířů

i_k (%) kritický sklon

O_k (m) omočený obvod při h_k

S_k	(m ²)	průtočná plocha při h_k
R_k	(m)	hydraulický poloměr při h_k
C_k	(m ^{0,5} s ⁻¹)	rychlostního součinitele při h_k
v_k	(m/s)	průřezová rychlost při h_k
n		stupeň drsnosti
H_{ek}	(m)	energetická přepadová výška
O	(m)	omočený obvod
S	(m ²)	průtočná plocha
R	(m)	hydraulický poloměr
C	(m ^{0,5} s ⁻¹)	rychlostního součinitele
v	(m/s)	průřezová rychlost
Q	(m ³ /s)	průtok
B		součinitel zatopení vtoku
D	(m)	průměr spodní výpusti
r	(m)	poloměr spodní výpusti
φ	(rad)	středový úhel
μ		součinitel ztrát na uzávěru
ξ_1		součinitel místních ztrát na vtoku
ξ_2		součinitel ztrát na uzávěru
h_4	(m)	hladina v odpadním korytě
q	(m)	specifický průtok na jednotku šířku objektu
h_0	(m)	hloubka v profilu 0

h_1	(m)	hloubka v profilu 1
h_2	(m)	hloubka v profilu 2
h_3	(m)	hloubka v profilu 3
E_0	(m)	energetická výška v profilu 0
Δ	(m)	převýšení přívodního zařízení nad dnem odpadního koryta,
v_0	(m/s)	rychlost odpovídající hloubce h_0
d	(m)	hloubka vývaru
φ		rychlostní součinitel přepadu,
σ		součinitel zatopení
L_s	(m)	délka vzniklého vodního skoku
L_p	(m)	délka přechodového úseku
L_d	(m)	délka doskoku vodního paprsku
L	(m)	celková délka vývaru

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. A.2-1: Zájmová lokalita mapa celé ČR.....	12
Obr. A.2-2: Zájmová lokalita.....	13
Obr. A.2-3: Pozice tělesa hráze.....	13
Obr. A.2-4: Hydrogram PV_{100}	15
Obr. A.2-5: Hydrogram PV_{1000}	16
Obr. A.3-1: Geologická mapa zájmové oblasti.....	18
Obr. A.3-2: Legenda geologické mapy zájmové oblasti.....	19
Obr. B.1-1: Čára zatopených objemů nádrže.....	24
Obr. B.1-2: Čára zatopených ploch.....	25
Obr. B.2-1: Průběh plnění nádrže.....	26
Obr. B. 2-2: Transformace PV_{100}	26
Obr. B.3-1: Průběh plnění nádrže a přesáhnutí přelivu.....	27
Obr. B.3-2: Transformace PV_{1000}	28
Obr. B.4-1: Měrná křivka spodní výpusti.....	33
Obr. B.5-1: Výpočtové schéma bočního přelivu.....	34
Obr. B.5-2: Konzumční křivka přelivu.....	39
Obr. B 6-1 Výpočtové schéma pro měrnou křivku odpadní štoly.....	40
Obr. B.6-2: Měrná křivka odpadní štoly.....	43
Obr. B.7-1: Výpočtové schéma pro měrnou křivku skluzu.....	43
Obr. B.7-2: Měrná křivka skluzu.....	46
Obr. B.8-1: Výpočtové schéma pro měrnou křivku koryta v zátopě.....	46

Obr. B.8-2: Měrná křivka koryta v zátopě.....	49
Obr. B.9-1: Výpočtové schéma pro měrnou křivku odpadního koryta.....	50
Obr. B.9-2: Měrná křivka odpadního koryta pod odpadní štolou.....	53
Obr. B.9-3: Měrná křivka odpadního koryta pod skluzem.....	53
Obr. B.9-4: Měrná křivka odpadního koryta celková.....	54
Obr. B.10-1: Výpočtové schéma vývaru.....	54
Obr. B.10-2: Schéma obdélníkového vývaru.....	57
Obr. B.10-3: Schéma doskoku vodního paprsku.....	59
Obr. B.11-1: Schéma obdélníkového vývaru.....	62
Obr. B.11-2: Schéma doskoku vodního paprsku.....	65

SEZNAM TABULEK

Tab. A.2-1: m-denní průtoky pro profil osy nádrže.....	15
Tab. A.2-2: N-denní průtoky pro profil osy nádrže.....	15
Tab. B.4-1: Tabulka průtoku pro jednotlivé výšky plnění spodní výpusti.....	31
Tab. B.4-2: Tabulka průtoku pro jednotlivé výšky plnění spodní výpusti.....	32
Tab. B.5-1: Výpočet konzumční křivky přelivu.....	38
Tab. B.6-1: Tabulka průtoku pro jednotlivé výšky plnění v odpadní štolé.....	42
Tab. B.7-1: Tabulka průtoku pro jednotlivé výšky plnění skluzu.....	45
Tab. B.8-1: Tabulka průtoku pro jednotlivé výšky plnění koryta.....	48
Tab. B.9-1: Tabulka průtoku pro jednotlivé výšky plnění koryta pod odpadní štolou...	51
Tab. B.9-2: Tabulka průtoku pro jednotlivé výšky plnění koryta pod skluzem.....	52
Tab. B.9-3: Tabulka průtoku pro jednotlivé výšky plnění odpadního koryta celkové...	52
Tab. B.10-1: Tabulka průtoku pro jednotlivé výšky v profilu 0.....	56
Tab. B.11-1: Tabulka průtoku pro jednotlivé výšky v profilu 0.....	62