



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA HYDROMELIORACÍ A KRAJINNÉHO INŽENÝRSTVÍ

**STUDIE VÝSTAVBY MALÉ VODNÍ NÁDRŽE V LOKALITĚ
PEKAŘKA U BÍLÉHO KOSTELA NAD NISOU**

**STUDY OF THE BUILDING OF SMALL WATER
RESERVOIR AT THE SITE PEKAŘKA NEARBY BÍLÝ
KOSTEL NAD NISOU**

Bakalářská práce

Rok: 2018
Autor: Tomáš Horák
Vedoucí: Ing. Václav David, Ph.D.



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Horák Jméno: Tomáš Osobní číslo: 440842
Zadávací katedra: Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství (K143)
Studijní program: (B3651) Stavební inženýrství
Studijní obor: (3647R015) Vodní hospodářství a vodní stavby

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Studie výstavby malé vodní nádrže v lokalitě Pekařka u Bílého Kostela nad Nisou
Název bakalářské práce anglicky: Study of the building of small water reservoir at the site Pekařka nearby Bílý Kostel nad Nisou

Pokyny pro vypracování:

Zpracujte studii výstavby malé vodní nádrže v lokalitě Pekařka v katastrálním území Bílý Kostel nad Nisou (okr. Liberec). V rámci studie se zaměřte zejména na umístění malé vodní nádrže a úpravu prostoru zátopy, technické řešení hráze a funkčních objektů a vodohospodářské řešení. Studii podrobně zpracujte do textové a výkresové podoby a doplňte o potřebné výpočty.

Seznam doporučené literatury:

ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže

VRÁNA, Karel a Jan BERAN. Rybníky a účelové nádrže. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2013. ISBN 978-80-01-04002-7.

VRÁNA, Karel. Rybníky a účelové nádrže: Příklady. 2.vyd. Praha: ČVUT, 1998. ISBN 80-01-00656-5.

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

Datum zadání bakalářské práce: 27.2.2018

Termín odevzdání bakalářské práce: 27.5.2018

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

PROHLÁŠENÍ

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

V Praze dne:

Tomáš Horák

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Václavu Davidovi, Ph.D za odborné vedení a poskytnutí znalostí.

**STUDIE VÝSTAVBY MALÉ VODNÍ NÁDRŽE V LOKALITĚ
PEKAŘKA U BÍLÉHO KOSTELA NAD NISOU**

**STUDY OF THE BUILDING OF SMALL WATER RESERVOIR AT THE
SITE PEKAŘKA NEARBY BÍLÝ KOSTEL NAD NISOU**

ABSTRAKT

Předmětem bakalářské práce je vypracovat studii malé vodní nádrže v obci Pekařka u Bílého Kostela nad Nisou. Přáním investora je výstavba malé vodní nádrže bez specifických požadavků na účelová zařízení. Cílem studie je zhodnotit veškerá řešení a možnosti tak, aby na konci stál nejvhodnější návrh v rámci zájmového území. Studie obsahuje zpracování vodohospodářských a technických řešení se zaměřením na jednotlivé části návrhu. Každá část malé vodní nádrže má své varianty, které jsou v kapitolách rozebrány. Jako nejvhodnější varianta malé vodní nádrže vychází přímá hráz se zátopou doplněnou o tůň.

KLÍČOVÁ SLOVA

Malá Vodní Nádrž, Sypaná Hráz, Zatopená Plocha, Bezpečnostní Přeliv

ABSTRACT

The subject matter of this Bachelor's Thesis is to elaborate a study of a small water reservoir at the site Pekařka nearby Bílý Kostel nad Nisou. The investor's wish is to build a small water reservoir without any specific requirements for the purpose equipment. The aim of the study is to assess all versions and possibilities in order to obtain the most suitable proposal within the scope of the suburban zone. The study contains processing of water management and technical solutions focusing on particular parts of the proposal. In the chapters are analyzed all the parts and its variants of the small water reservoir. The most appropriate variant of the small water reservoir is a straight dam complemented with pool.

KEY WORDS

Small Water Reservoir, Dam, Flooded Area, Spillway

OBSAH

1. ÚVOD	7
2. ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ	8
3. ZÁKLADNÍ HYDROLOGICKÉ ÚDAJE	10
4. NÁVRH HRÁZE	11
4.1. Umístění, výška a plocha zátopy	11
4.1.1. Umístění hráze	12
4.1.2. Výška hráze a plocha zátopy	13
4.2. Materiál hráze	15
4.2.1. Sklony vzdušního a návodního líce	15
4.2.2. Skladba	15
4.2.3. Průsaková křivka	16
5. ZÁTOPA	18
5.1. Úprava zátopy	18
5.2. Charakteristické čáry nádrže	19
5.3. Objemový ukazatel	22
5.4. Úprava koryta v zátopě	23
6. VÝPUSTNÍ OBJEKT	26
6.1. Návrh spodní výpusti	27
7. BEZPEČNOSTNÍ PŘELIV	28
7.1. Návrh bezpečnostního přelivu	28
7.2. Konsumpční křivka bezpečnostního přelivu	32
7.3. Posouzení sdruženého objektu	35
7.3.1. Trubní profil	35
7.4. Tlumení kinetické energie	38
8. OSTATNÍ PRVKY NÁVRHU	41
8.1. Bilance malé vodní nádrže	41
8.1.1. Přítok do nádrže (V_a)	42
8.1.2. Odtok z nádrže (V_{hyg})	42
8.1.3. Ztráta výparem (V_{vyp})	42
8.1.4. Ztráta průsakem hrází (V_{ph})	43
8.1.5. Vyhodnocení bilance (V_{bil})	43
8.2. Příjezdová komunikace	44
8.3. Litorální pásmo	45
9. ZÁVĚR	46

1. ÚVOD

V současné době roste zájem o realizaci staveb, které napomáhají životnímu prostředí, případně podporují řešení otázky sucha či záplav. Do výstavby se pouští i řada soukromníků, což nejspíše plyne z navýšení finanční podpory z dotačních programů Evropské unie. Dalším důvodem může být například zájem o zkrášlování krajiny či podpora organismů, pro které je litorální zóna ideálním prostředím pro život. Přírodní zadržování vody je pak ideální cestou pro hospodáře, kteří se tak vypořádají se suchými měsíci v létě. (1; 2)

Předmětem této práce je studie malé vodní nádrže (dále jen MVN) v lokalitě Pekařka u Bílého Kostela nad Nisou. Studie slouží jako vstupní podklad pro budoucí podrobnější projektovou dokumentaci. Jde o předprojektovou část, která slouží k vyjasnění záměrů mezi projektantem a investorem. Nejčastěji se ve studii porovnává dispoziční a konstrukční řešení tak, aby bylo dosaženo nejvhodnějšího řešení a byla ověřena jeho proveditelnost.

Obec Pekařka leží blízko Jizerských hor, okres Liberec. Investor plánuje výstavbu nádrže bez specifických požadavků na účelové využití. Vzhledem k tomu, že v blízkosti má hospodářství, bude nádrž využita pro drobné odběry vody bez využití odběrných zařízení. V návrhu jsem se proto hlavně soustředil na začlenění do krajiny. Omezení v rámci návrhu budoucí MVN je pouze v ochranném pásmu elektrického nadzemního vedení, které je v těsné blízkosti zájmového území.

V prvních dvou kapitolách jsem se zaměřil na shromáždění základních informací pro návrh studie. V první kapitole jsem popsal umístění zájmového území, jeho geologické poměry a dotčené pozemky a následně jsem se věnoval základním hydrologickým datům.

Další část se týká návrhu samotné hráze. Jde o půdorysné vedení, výšku a plochu zátopy. Tato část má největší vliv na konečný vzhled MVN. Návrh jsem doplnil o materiállové řešení, které má vliv na statickou funkci hráze. Dále jsem se věnoval akumulaci vody. Zaměřil jsem se na možnost úpravy nádrže pro maximalizaci objemu a dílčí prvky, jako je stanovení charakteristických čar, objemového ukazatele a návrh rybníční stoky.

V následujících kapitolách jsem se zaměřil na objekty MVN, jako je výpustní objekt a bezpečnostní přeliv. Výpustní objekt slouží k regulaci hladiny v nádrži. Bezpečnostní přeliv má funkci jako konstrukce pro bezpečné převedení povodňových průtoků přes hráz tak, aby nedošlo k narušení statické funkce.

Na závěr jsem doplnil celkový návrh o určení bilance nádrže, která určuje množství vody potřebné pro naplnění, případně funkci nádrže. Dále jsem se věnoval možnosti příjezdové cesty. Ta může sloužit jak pro dostupnost stavební techniky na stavenišť, tak i pro budoucí využití nádrže. V poslední části jsem se zaměřil na návrh litorálního pásma, které má velký význam pro životní prostředí.

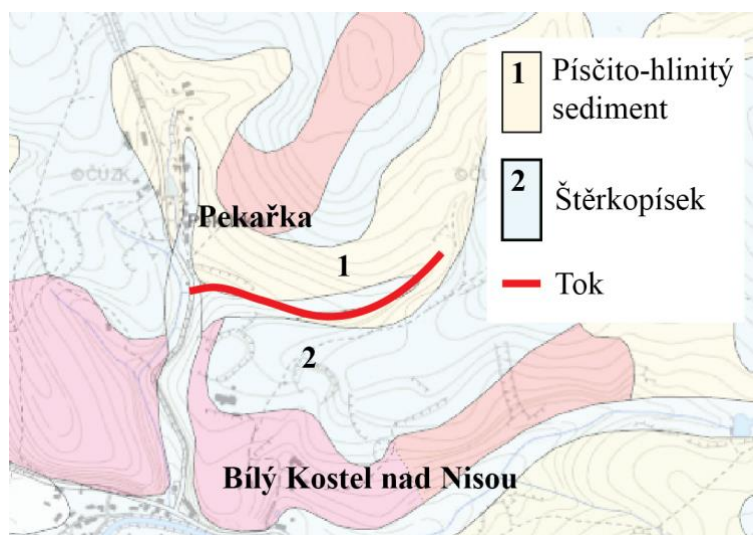
2. ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ

Obec Bílý Kostel nad Nisou je zhruba 15 km severozápadně od centra města Liberec v Libereckém kraji (Obr. 2.1). (3)



Obr. 2.1 Mapa obce Bílý Kostel nad Nisou s vyznačením zájmové lokality (3)

Z geologického hlediska leží zájmové území na rozmezí písčito-hlinitého sedimentu a štěrkopísku. Patří do soustavy Českého masivu v oblasti kvartér. Geologická mapa zájmového území je na Obr. 2.2. (4)

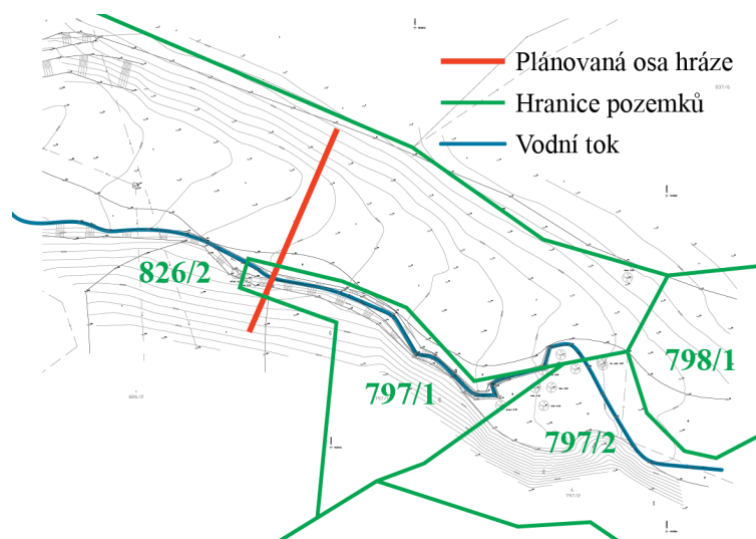


Obr. 2.2 Geologická mapa zájmového území (4)

Zájmové území leží v katastrálním území 604623 a dotčené pozemky jsou uvedeny v tabulce Tab. 2.1 a vyznačeny na obrázku Obr. 2.3.

Tab. 2.1 Seznam dotčených pozemků

Katastrální území Bílý Kostel nad Nisou (604623)		
Parcelní číslo	Druh pozemku	Vlastnické právo
826/2	Trvalý travní porost	Brodský Štěpán Ing., Václavice 21, 46334 Hrádek nad Nisou
797/1	Lesní pozemek	Lesy České republiky, s.p., Přemyslova 1106/19, Nový Hradec Králové, 50008 Hradec Králové
797/2	Lesní pozemek	Jerie Jan, č. p. 209, 46331 Bílý Kostel nad Nisou 1/8 Jeriová Mariša, č. p. 209, 46331 Bílý Kostel nad Nisou 1/8 Lorenc Martin, Polní 813/4, Slezské Předměstí, 50003 Hradec Králové 1/2 Poncová Zdenka, Krátká 1156, 46401 Frýdlant 1/8 Třešňáková Marie, Loudátova 269, 46331 Chrastava
798/1	Trvalý travní porost	Brodský Štěpán Ing., Václavice 21, 46334 Hrádek nad Nisou ¼ Jerie Jan, č. p. 209, 46331 Bílý Kostel nad Nisou 1/8 Jeriová Mariša, č. p. 209, 46331 Bílý Kostel nad Nisou 1/8 Lorenc Martin, Polní 813/4, Slezské Předměstí, 50003 Hradec Králové



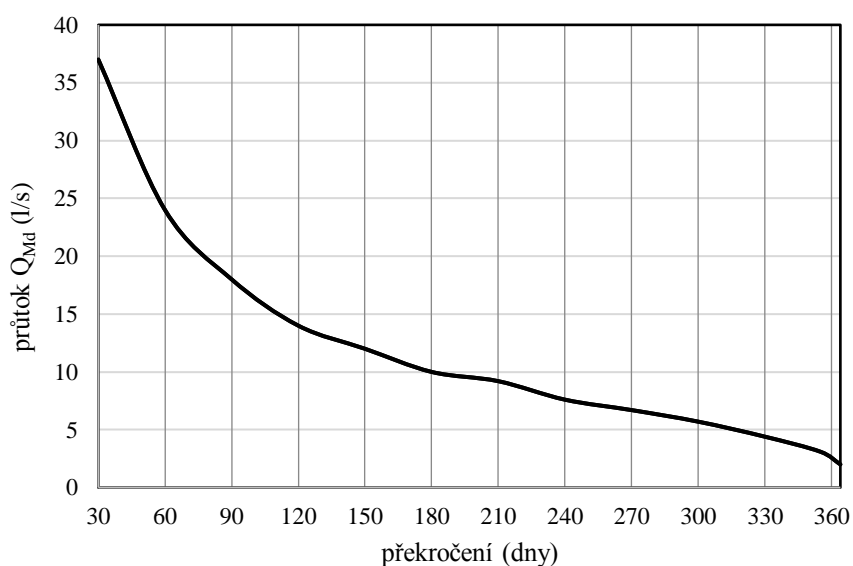
Obr. 2.3 Hranice dotčených pozemků

3. ZÁKLADNÍ HYDROLOGICKÉ ÚDAJE

Základní hydrologické údaje levostranného bezejmenného přítoku Lužické Nisy (č. h. p. 2-04-07-0350) jsou uvedeny v následujících tabulkách. Data byla získána prostřednictvím Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ), pobočka Ústí nad Labem. Hodnoty m-denních průtoků jsou uvedeny v Tab. 3.1 a čára překročení průměrných m-denních průtoků na Obr. 3.1.

Tab. 3.1 Hodnoty m-denních průtoků

Opakování (dny)	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	Tř.
Průtok (l/s)	37	24	18	14	12	10	9,2	7,6	6,7	5,7	4,4	3,1	2	IV

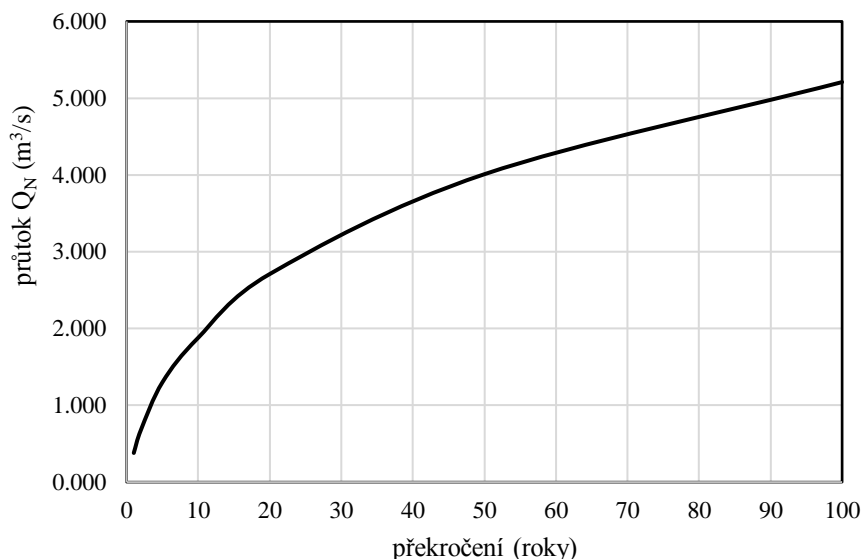


Obr. 3.1 Čára překročení m-denních průtoků

Hodnoty N-letých průtoků jsou uvedeny v Tab. 3.2 a čára překročení průměrných N-letých průtoků na Obr. 3.2.

Tab. 3.2 Hodnoty N-letých průtoků

Opakování (roky)	1	2	5	10	20	50	100	Třída
Průtok (m^3/s)	0,380	0,680	1,3	1,88	2,71	4,01	5,21	IV



Obr. 3.2 Čára překročení N -letých průtoků

Plocha povodí je $A = 0,70 \text{ km}^2$. Dlouhodobý průměrný průtok je $Q_a = 8,6 \text{ l/s}$ a průměrná roční výška srážek na povodí je $P_a = 794 \text{ mm}$.

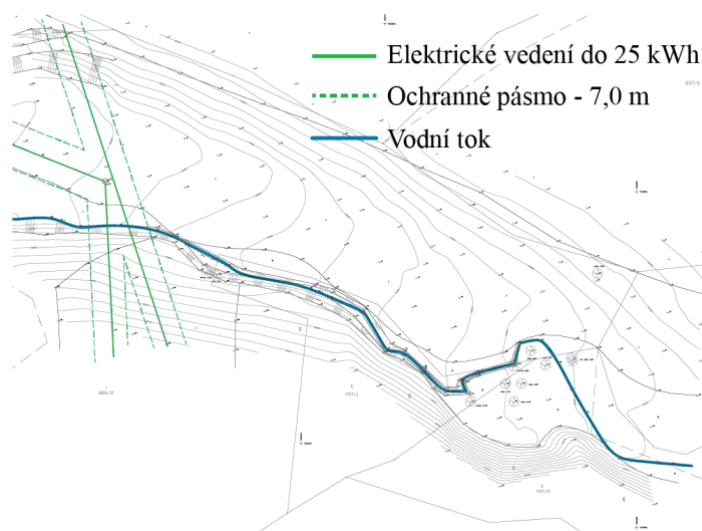
4. NÁVRH HRÁZE

V této kapitole jsem se zaměřil na půdorysné vedení a výšku hráze. Nakonec jsem návrh doplnil o materiálové řešení tělesa hráze a jeho skladbu.

4.1. Umístění, výška a plocha zátopy

Prvním krokem je určit polohu a výšku hráze, z které následně vznikne i plocha zátopy. Prostor plánované MVN je přezdíván „U vedení“, to proto, že se v blízkosti nachází dvě nadzemní vedení elektrického proudu. Vedení jsou do 25 kWh a jejich ochranné pásmo je 7 m. Toto pásmo je respektováno při návrhu. (5)

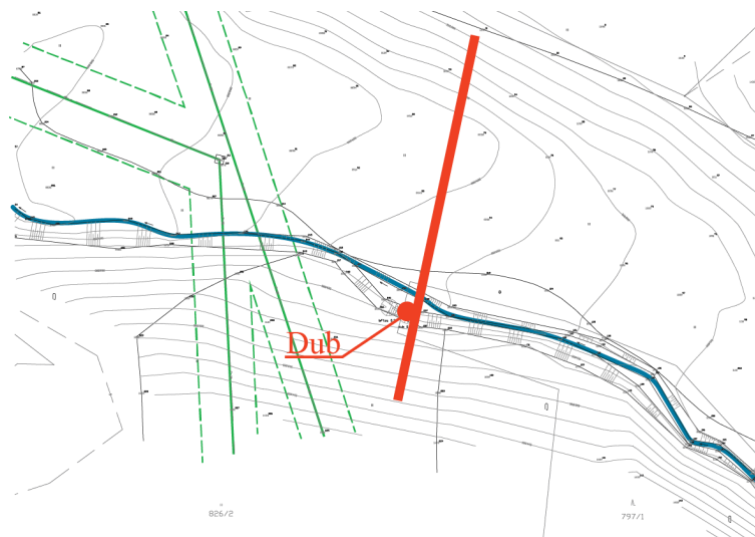
Jednotlivé prvky návrhu budou zakreslovány pomocí schémat do podkladu z geodetického zaměření (Obr. 4.1).



Obr. 4.1 Mapa zájmového území

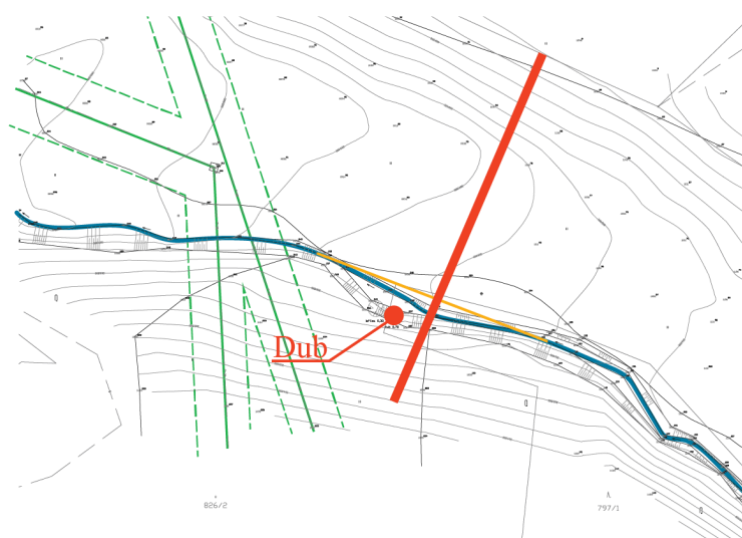
4.1.1. Umístění hráze

Po prvotním průzkumu zájmového území jsem si zvolil přibližné vedení trasy hráze, které je lehce za hranicí ochranného pásma elektrického nadzemního vedení. Zde jsem také objevil dub, který by se musel pokácet, a to mě přivedlo ke třem řešením. Dvě z nich jsou přímé hráze, které by vedly k pokácení stromu a jedno z nich je zakřivená hráz, která se stromu vyhne. Jde o přímou hráz kolmou na údolnici (Obr. 4.2), přímou hráz kolmou na vodní tok (Obr. 4.3) a zakřivenou hráz (Obr. 4.4).



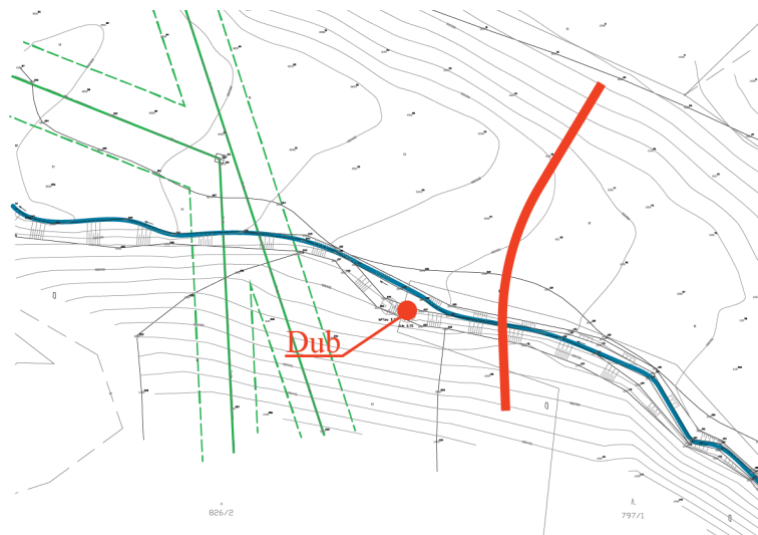
Obr. 4.2 Přímá hráz kolmá na údolnici

Přímá hráz kolmá na údolnici nejvíce respektuje morfologii prostředí. Je zřejmě jedna z nejpravděpodobnějších variant, nicméně se u ní může vyskytnout problém s napojením na vodní tok.



Obr. 4.3 Přímá hráz kolmá na vodní tok

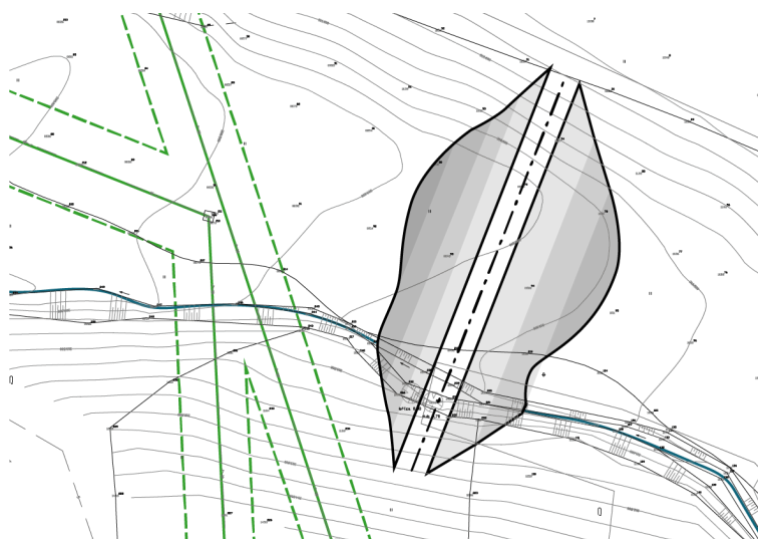
Proto jsem návrh přímé hráze kolmé na údolnici lehce natočil tak, aby vzniklo pravoúhlé napojení na spojnici přímých úseků vodního toku.



Obr. 4.4 Zakřivená hráz

Posledním řešením byl návrh hráze tak, aby se vyhnula dubu. Při větší výšce hráze by mohla zvětšovat plochu zátopy a zajistit kratší hráz, a to díky ubíhajícím vrstevnicím ve větších nadmořských výškách na pravé straně zavázání.

Výhody přímé hráze spočívají především v jednoduchosti její výstavby a provedení, a proto se k této variantě přikláním i přes to, že její výstavba vede k pokácení dubu (Obr. 4.5). Zakřivená hráz by zároveň vedla k posunutí osy hráze výš, a to by mohlo výrazně zmenšit retenční prostor, případně prodloužit délku hráze kvůli ubíhajícím vrstevnicím. Šířku koruny hráze jsem zvolil 4 m. Tento rozměr zajistí dostatečný prostor pro techniku využívanou při výstavbě a zároveň by měl zajistit bezproblémový provoz i po uvedení nádrže do funkce.



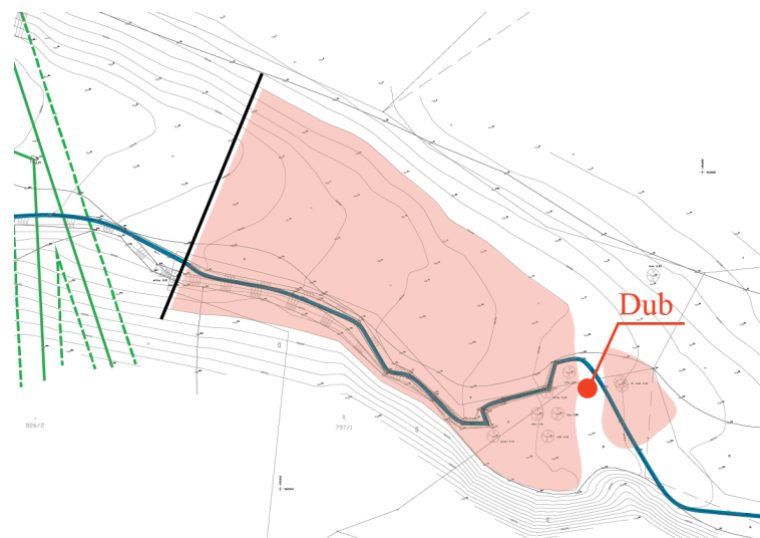
Obr. 4.5 Navrhované umístění hráze, přímá hráz kolmá na vodní tok

4.1.2. Výška hráze a plocha zátopy

Návrh výšky úzce souvisí s výslednou zatopenou plochou a také s retenčním prostorem. Při návrhu uvažuji hladinu maximálního nadržení (dále jen HMN) 0,5 m pod korunou hráze.

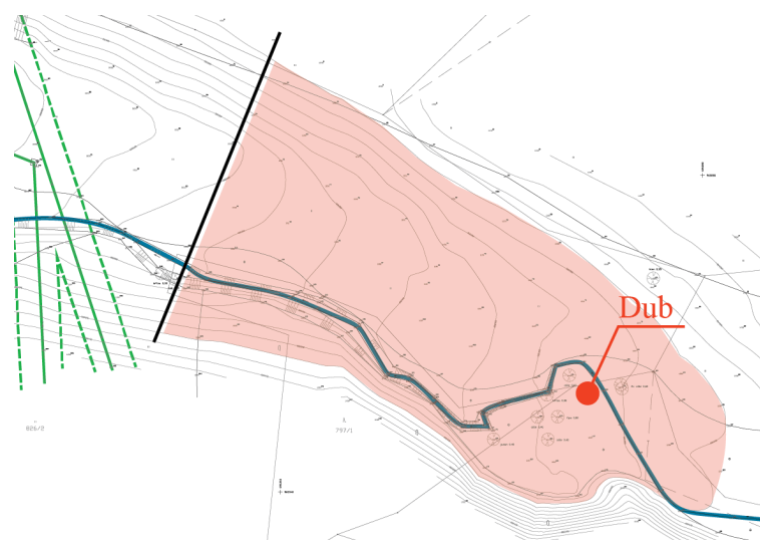
Jelikož investor nepožaduje řešit MVN primárně jako zásobní nádrž pro odběr vody, není nutné se držet zajištění maximální retence. Při průzkumu možné zatopeného území byl objeven dub. Na základě toho vznikly dvě varianty k posouzení. Varianta nižší zakřivené hráze

s tůní umístěnou před zátopou (Obr. 4.6) a varianta vyšší hráze s větší zatopenou plochou (Obr. 4.7).



Obr. 4.6 Nižší zakřivená hráz s tůní

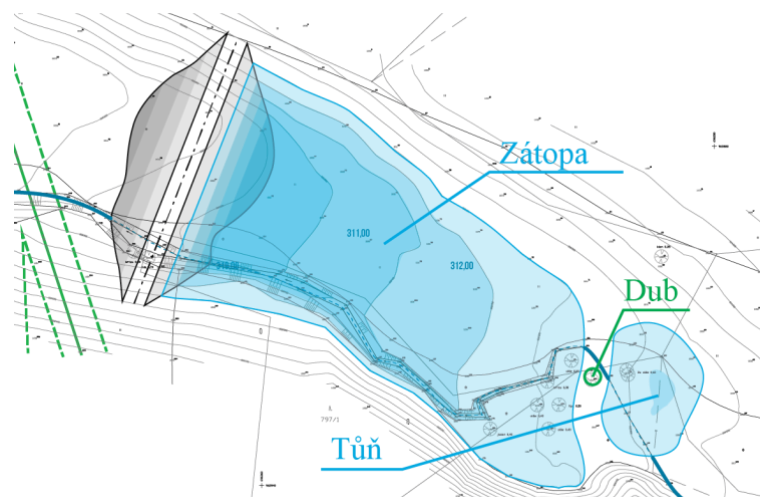
Nižší hráz má velkou výhodu v zachování dubu, bohužel záporem může být menší retenční objem oproti druhé variantě.



Obr. 4.7 Vyšší hráz s větší zatopenou plochou

Vyšší hráz vytváří větší zátopu, proto je u této varianty velkou výhodou větší objem zadržované vody. Nevýhodou je pak pokácení zmiňovaného dubu, který by bylo vhodné zachovat.

Vzhledem k tomu, že investor nemá požadavky na velký odběr vody z nádrže ani jiné účely, které by vyžadovaly větší retenční objem, rozhodl jsem se pro svůj návrh zvolit nižší hráz doplněnou o tůň, která zachová dub (Obr. 4.8). Zátopu jsem rovnou uvažoval s upravenou vrstevnicí pro hladinu maximálního nadržení (dále jen HNM) 312,00 m n.m.



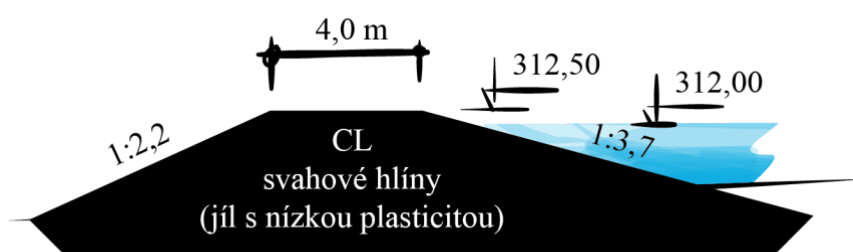
Obr. 4.8 Navrhované řešení výšky hráze a plochy zátopy

4.2. Materiál hráze

Materiál hráze ovlivňuje statickou funkci hráze, rozhoduje o tom, jak bude hráz schopna odolávat vodě zadržované v nádrži. Jako vstupní podklad jsem obdržel zprávu z geologického průzkumu pro dané území. Obsahuje zemní profil dvou vrtaných sond umístěných přibližně v ose budoucí hráze. Ve zprávě je doporučeno použít zeminu Svahové hlíny F6 CL, které se dají těžit v zájmovém území při úpravě zatopené plochy. V návrhu budu uvažovat doporučené Svahové hlíny (jíl s nízkou plasticitou).

4.2.1. Sklony vzdušního a návodního líce

Zpráva z geologického průzkumu obsahuje také doporučené sklony pro vzdušní a návodní líc. Sklony jsou pro vzdušní líc 1:2,2 a pro návodní líc 1:3,7. Příčný profil hráze při dodržení těchto sklonů je znázorněn na následujícím schématu Obr. 4.9.

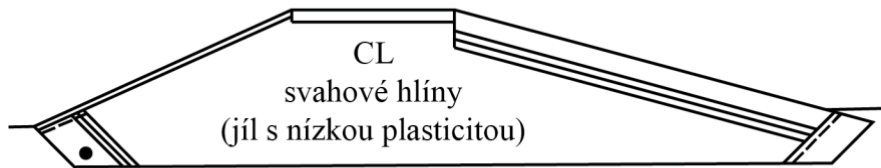


Obr. 4.9 Schéma příčného profilu hráze

4.2.2. Skladba

Hráz jsem navrhnul jako homogenní z jílu s nízkou plasticitou. Vzdušní líc je ohumusován v mocnosti 15 cm a koruna je řešena jako zhutněná šterkopísková cesta bez zábradlí. Návodní líc je ochráněn frakcí 125/250 o tloušťce 500 mm a pod ní jsou umístěny filtry o frakci 16/32 v tloušťce 200 mm a 2/8 v tloušťce 200 mm. U založení je, jak na vzdušním líci, tak i na návodním líci umístěna patka, která je na vzdušní straně ochráněna geotextilií a stejnou filtrací jako u skladby návodního líce a je v ní umístěna drenáž o průměru DN200 pro

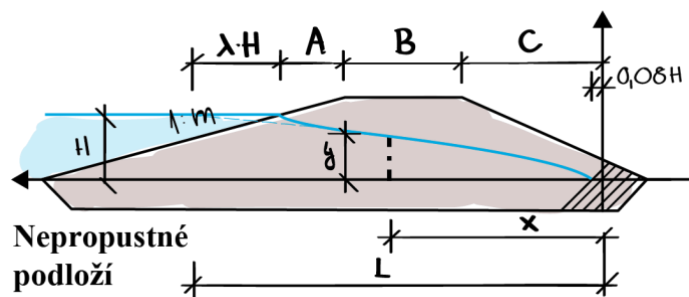
odvádění prosakované vody. Na návodním líci je patka ochráněna geotextilií. Skladba tělesa hráze je na Obr. 4.10.



Obr. 4.10 Skladba tělesa hráze

4.2.3. Průsaková křivka

Průsaková křivka popisuje teoretický průběh průsaku tělesem hráze (Obr. 4.11). (6)



Obr. 4.11 Schéma pro výpočet průsakové křivky

Pro výpočet jsem použil vzorce:

$$\lambda = \frac{m}{1 + 2 \cdot m} \quad (-) \quad 4.1$$

m ... sklon návodního líce (-)

$$L = A + \lambda \cdot H + B + C \quad (m) \quad 4.2$$

A ... vodorovná vzdálenost koruny a hladiny (m)

λ ... součinitel (-)

H ... výška vody v nádrži pro HNN (m)

B ... šířka koruny hráze (m)

C ... vodorovná vzdálenost koruny a osy y (m)

$$q = K \cdot \frac{H^2}{2 \cdot L} \quad (\text{m}^3/\text{s}/\text{m}) \quad 4.3$$

K ... součinitel hydraulické vodivosti (m/s)

$$H_p = q \cdot L_h \quad 4.4$$

L_h ... délka hráze v řešeném úseku (m)

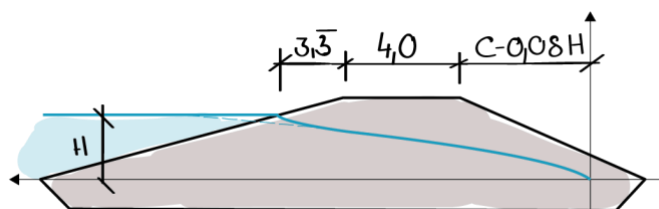
Výpočet jsem provedl pro šest příčných řezů rozmístěných pravidelně po ose hráze. PŘ5 prochází plánovanou spodní výpustí, pro náš výpočet ji zde nebudeme uvažovat. Parametry pro jednotlivé sekce jsou v Tab. 4.1.

Tab. 4.1 Hodnoty průsaku pro jednotlivé řezy

	Výška hladiny H	A+B	C	$\lambda \cdot H$	L	q	Šířka sekce	Průsak Q
Profil	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ³ /s/m)	(m)	(m ³ /s)
PŘ1	0	7,33	0,00	0,00	7,33	0,0E+00	8,4	0,0E+00
PŘ2	1,41	7,33	4,18	0,62	12,14	8,2E-09	8,4	6,9E-08
PŘ3	1,88	7,33	4,85	0,83	13,01	1,4E-08	8,4	1,1E-07
PŘ4	1,87	7,33	4,18	0,82	12,34	1,4E-08	8,4	1,2E-07
PŘ5	1,90	7,33	3,89	0,84	12,06	1,5E-08	8,4	1,3E-07
PŘ6	0	7,33	0,00	0,00	7,33	0,0E+00	8,4	0,0E+00
Celkový průsak =								4,276E-07

Dále jsem vykreslil průběh depresní křivky pro PŘ4 (Obr. 4.12). Depresní křivka vyjadřuje pohyb prosakující vody tělesem hráze. Určuje se dosazením souřadnic do následujícího předpisu.

$$y^2 = \frac{H^2}{L} \cdot x \quad 4.5$$



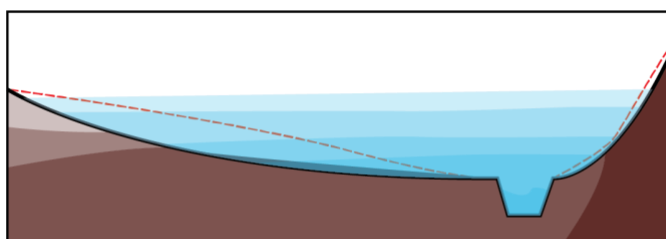
Obr. 4.12 Průběh depresní křivky v profilu PŘ4

5. ZÁTOPA

Zátopa je plocha, kterou zaplaví voda po napuštění nádrže. Můžeme jí rozdělit na zátoku při normálním nadržení a na zátoku při maximálním nadržení. Při návrhu jsem uvažoval zátoku pro maximální hladinu nadržení, jelikož jde o tu vyšší. Hladina maximálního nadržení je na kótě 312,00 m n.m., což je 0,5 m pod korunou hráze. V části 4.1.2 Výška hráze a plocha zátopy jsem určil předběžnou podobu zátopy. V této části jsem se zaměřil na její úpravu. Jedná se o úpravu terénu a úpravu přírodního koryta. (6)

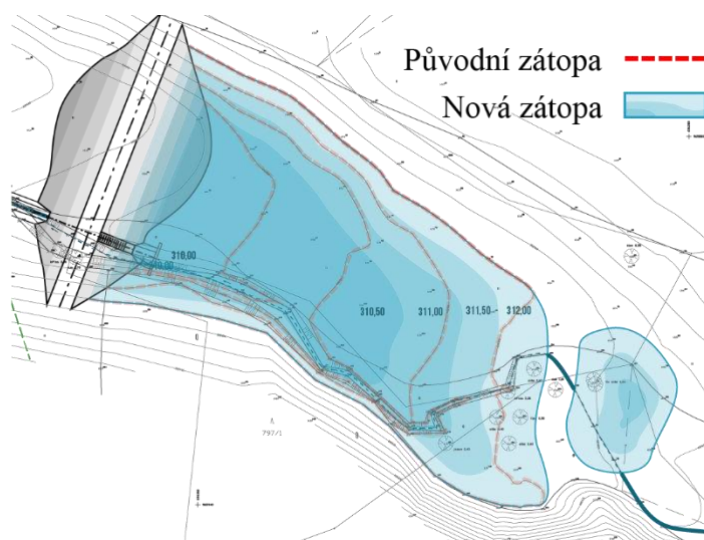
5.1. Úprava zátopy

Vzhledem k tomu, že v prostorách zátopy je možnost těžít jílu s nízkou plasticitou, je vhodné toho využít a upravit zátoku tak, aby byl zajištěn maximální možný retenční objem a zároveň se odtěžilo maximum materiálu pro výstavbu tělesa hráze. Úprava je navržena do příčného profilu misky (Obr. 5.1) a hlavním účelem bylo rozšířit plochy nižších vrstevnic, jako je například vrstevnice 311,00 m n.m. a 311,50 m n.m. (Obr. 5.2). (6)



- Svahové hlíny
- Pleistocenní štěrkopísky
- Holocenní hlíny
- Pleistocenní sutě
- Původní Terén
- Nová zátopa

Obr. 5.1 Schéma příčného profilu v ose hráze

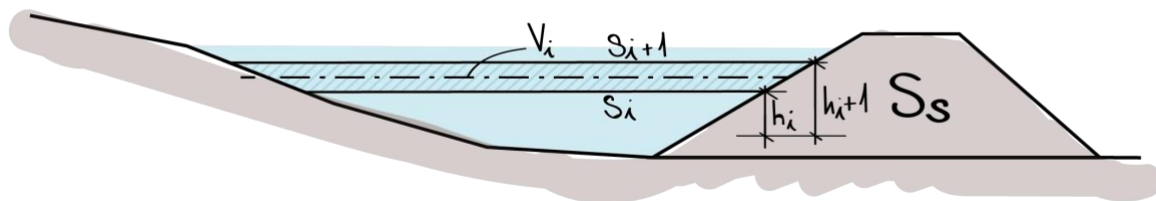


Obr. 5.2 Schéma možné úpravy zátopy

5.2. Charakteristické čáry nádrže

Charakteristické čáry MVN neboli čáry zatopených objemů vyjadřují závislost mezi zatopenými plochami a objemy na úrovni vody v nádrži. (7)

Pro určení plochy jednotlivých vrstevnic jsem použil software AUTOCAD a dílčí objemy jsem určil pomocí výpočtu přes střední výšku (Obr. 5.3). V rámci výpočtu jsem porovnal původní tvar terénu s terénem nově upraveným. Hodnoty pro původní terén jsou v Tab. 5.1 a hodnoty pro nově vzniklý terén jsou v Tab. 5.2.



Obr. 5.3 Schéma pro výpočet charakteristických čar nádrže

Tab. 5.1 Hodnoty zatopených ploch a objemů pro původní terén

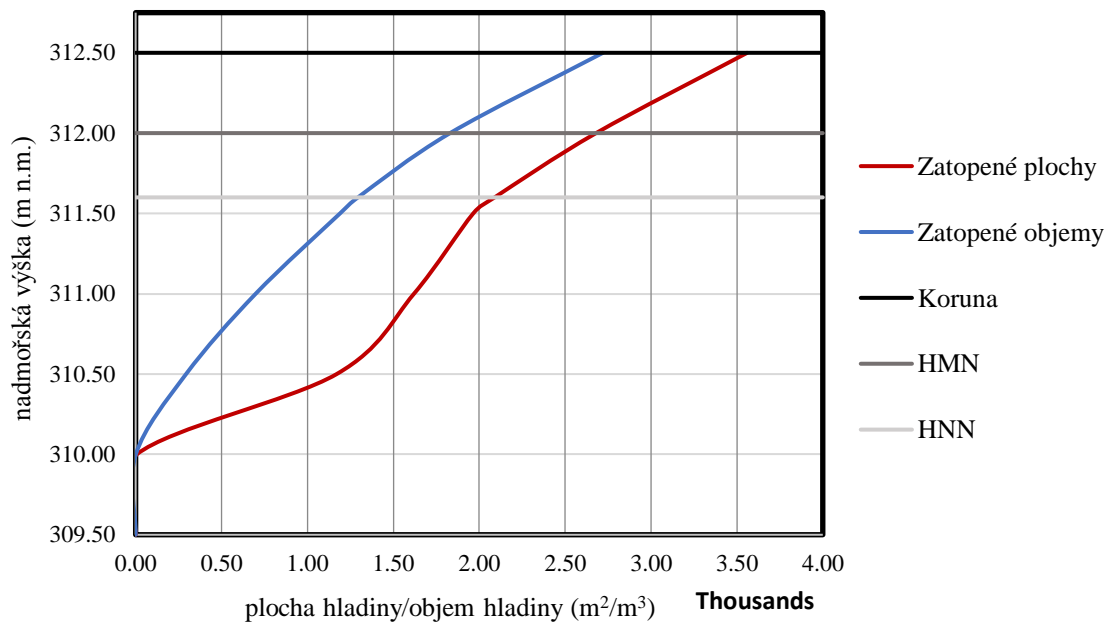
Nadmořská výška	Plocha hladiny	Dílčí objem	Celkový objem	
(m n.m.)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	
309,50	0	0	0	
310,00	17	3	3	Dno
310,50	405	101	104	
311,00	960	240	344	
311,50	1 660	415	759	
311,60	1 975	99	858	HNN
312,00	2 680	536	1 394	HMN
312,50	3 560	890	2 284	Koruna

Tab. 5.2 Hodnoty zatopených ploch a objemů pro nový terén

Nadmořská výška	Plocha hladiny	Dílčí objem	Celkový objem	
(m n.m.)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	
309,50	0	0	0	
310,00	6	1	1	Dno
310,50	1 170	293	294	
311,00	1 620	405	699	
311,50	1 965	491	1 190	
311,60	2 090	105	1 294	HNN
312,00	2 680	536	1 830	HMN
312,50	3 560	890	2 720	Koruna

Z hodnot je patrné mírné nadlepení retenčního prostoru u nově navrženého terénu. Pro ještě větší nadlepení by bylo zapotřebí prostor zátopy více zahloubit, to by ale znamenalo prodloužení napojení na původní koryto pod hrází. Další možností je pokusit se více otevřít břehy, to ale může mít za následek velké sklony terénu, ty pak nemusí být stabilní.

Charakteristické čáry nově navrženého prostoru zátopy jsou znázorněny na Obr. 5.4.

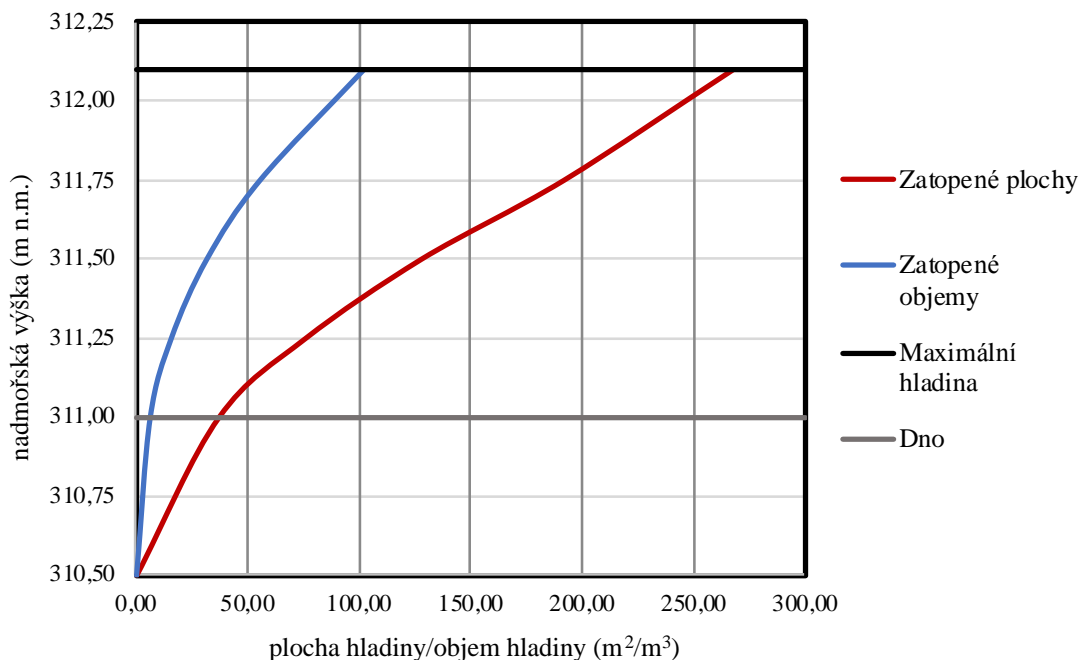


Obr. 5.4 Charakteristické čáry nově navrhované MVN

Jelikož uvažuji i výstavbu tůně nad zátopou, provedl jsem obdobný výpočet i pro tůň Tab. 5.3 a vykreslil její charakteristické čáry do Obr. 5.5.

Tab. 5.3 Výpočet dílčích ploch a objemů pro tůň

Nadmořská výška	Plocha hladiny	Dílčí objem	Celkový objem	
(m n.m.)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	
310,50	0	0,0	0,0	
311,00	37	6,2	6,2	Dno
311,25	76	9,5	15,7	
311,50	128	16,0	31,7	
311,75	192	24,0	55,7	
312,10	268	46,9	102,6	Maximální hladina



Obr. 5.5 Charakteristické čáry nově navržené tůně

Plochy a objemy v jednotlivých výškových úrovních jsou uvedeny v Tab. 5.4.

Tab. 5.4 Plochy a objemy v jednotlivých výškových úrovních

	Nadmořská výška (m n.m.)	Plocha (m ²)	Objem (m ³)
Hladina normálního nadržení	311,60	2 090	1 294
Hladina maximálního nadržení	312,00	2 680	1 830
Koruna hráze	312,50	3 560	2 720

5.3. Objemový ukazatel

Objemový ukazatel definuje poměr objemu akumulované vody ku objemu tělesa hráze. Vypovídá o ekonomické efektivnosti stavby a jeho hodnota by neměla být nižší než 4. Optimálně se snažíme docílit poměru 10 a více. (7; 8)

Spočítá se ze vzorce:

$$\eta = \frac{V_Z}{V_H}$$

η ... objemový součinitel (-)

V_Z ... objem akumulálního prostoru nádrže (m³)

V_H ... objem tělesa hráze

Nejdříve jsem určil objem tělesa hráze. Využil jsem zde plochy příčných řezů hrází a pře násobil je vzdálenostmi mezi nimi. Dílčí hodnoty jsou uvedeny v Tab. 5.5.

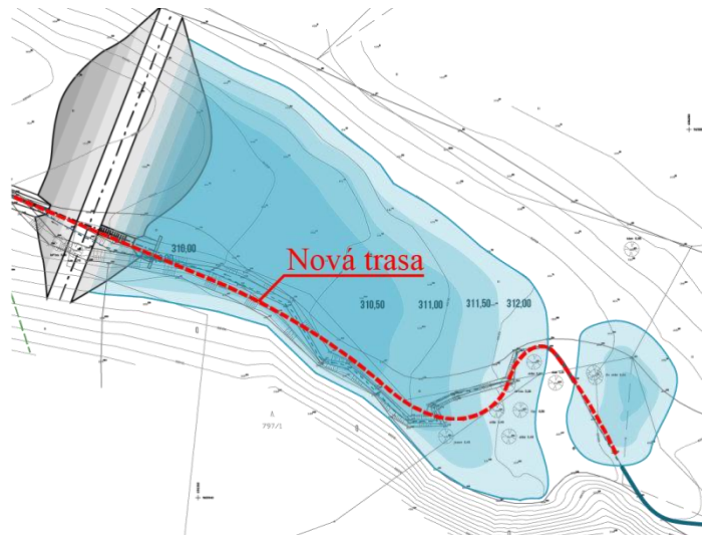
Tab. 5.5 Výpočet objemu tělesa hráze

	Vzdálenost mezi řezy	Plocha	Objem
Profil	(m)	(m ²)	(m ³)
PŘ1	8,4	14	118
PŘ2	8,4	50	420
PŘ3	8,4	60	504
PŘ4	8,4	56	470
PŘ5	8,4	55	462
PŘ6	8,4	15	126
Celkový objem tělesa hráze =			2 100

Celkový objem tělesa hráze se rovná $V_H = 2\,100\text{ m}^3$. V předchozí části 5.2 Charakteristické čáry nádrže jsem spočetl hodnotu objemu zadržované vody pro hladinu normálního nadržení $V_Z = 1\,294\text{ m}^3$. Při porovnání hodnot je patrné, že je objemový ukazatel velmi nízký, konkrétně $\eta = 0,62$. To naznačuje, že MVN je z hlediska akumulace vody nevýhodná a je pak otázkou pro investora, zda bude mít stále zájem o výstavbu hráze. Pro navýšení hodnoty objemového součinitele by se dalo postupovat obdobně jako při řešení otázky nadlepšení objemu prostoru zátopy v předchozí části. Jednalo se o rozšíření břehů, případně zahloubení hráze. Další možností je změnit umístění hráze. Při průzkumu jsem však neobjevil místo, které by mohlo zajistit skoro šestinásobné nadlepšení objemového ukazatele.

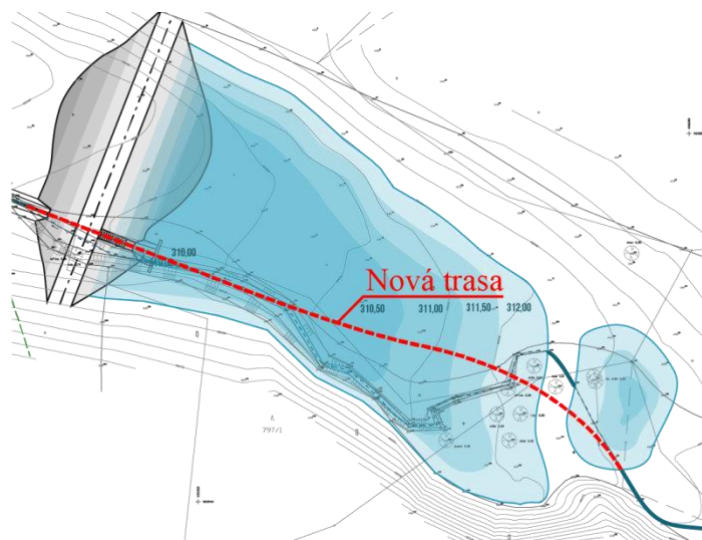
5.4. Úprava koryta v zátopě

Při navrhování prostoru zátopy je vhodná i úprava koryta v zátopě. To slouží pro usměrnění vody při prázdnění nádrže. Současné koryto je celkem pravidelné, kromě úseku, kde končí zatopená plocha. Uvažoval jsem tedy porovnání dvou variant, jedna varianta se snaží co nejvíce zachovat původní koryto (Obr. 5.6) a druhá vytváří půdorysně vzhledově pravidelnější průběh (Obr. 5.7).



Obr. 5.6 Varianta 1 - zachování původního koryta

Varianta 1 je ekonomičtější řešení, je zde méně zemních prací a případných násypů pro zaslepení původního koryta.



Obr. 5.7 Varianta 2 - půdorysně pravidelnější průběh

Varianta 2 vyžaduje více finančních prostředků a je mnohem více náročná na realizaci, zároveň jsou zde velké poloměry meandrů, což může nepříznivě ovlivnit proudění ve vodním toku.

Přiklonil jsem se k variantě 1 (Obr. 5.6). Respektování původního koryta nezvýší náklady na výstavbu a esteticky neovlivní celkový návrh. Vodní tok má malý průtok, a proto předpokládám, že v úseku s malými poloměry na horním konci zátopy nebude docházet k vymílání nebo jakýmkoliv jiným nepříznivým jevům. V případě, že by bylo záměrem zabránit vymílání v úsecích s malými poloměry, je možné tyto úseky opevnit po vnější straně. Koryto jsem navrhnul na základě Chézyho rovnice, která slouží pro výpočet proudění o volné hladině.

Použité vzorce jsou: (9)

$$Q = C \cdot S \cdot \sqrt{R \cdot i} \quad 5.1$$

Q ... průtok Q_{100} (m^3/s)
 C ... Chézyho rychlostní součinitel ($m^{0,5}/s$)
 S ... plocha (m^2)
 R ... hydraulický poloměr (m)
 i ... sklon (-)

Dále jsem použil rovnice:

$$Q = v \cdot S \quad 5.2$$

v ... rychlost (m/s)

$$S = y \cdot b + y^2 \cdot i_{sv} \quad 5.3$$

i_{sv} ... sklon svahu
 y ... výška hladiny (m)
 b ... šířka ve dně (m)

$$O = y + 2 \cdot \sqrt{y^2 + (i_{sv} \cdot y)^2} \quad 5.4$$

$$R = \frac{S}{O} \quad 5.5$$

O ... omočený obvod (m)

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6} \quad 5.6$$

n ... Manningův drsnostní součinitel (-)

Jako vstupní data jsem použil:

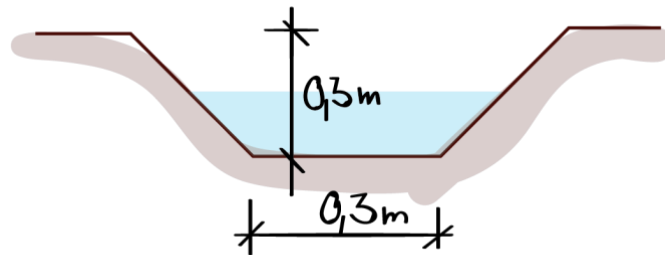
Popis	Označení	Hodnota	Jednotky
Průtok (dlouhodobý průměrný průtok)	$Q =$	0,0086	m^3/s
Výška hladiny	$h =$	0,1	m
Šířka ve dně	$b =$	0,6	m
Sklon svahu	$i_{sv} =$	1:1	-
Manningův drsnostní součinitel (šterkové dno)	$n =$	0,033	-
Podélný sklon dna	$i =$	0,01	-

Po dosazení do jednotlivých rovnic dostaneme výsledky, jejich shrnutí je uvedené v Tab. 5.6.

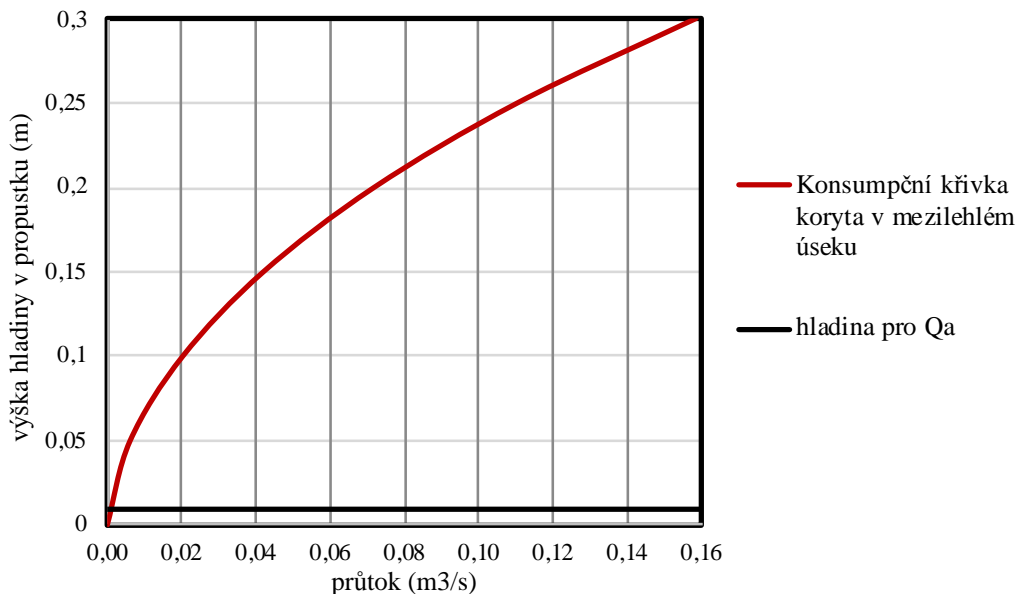
Tab. 5.6 Parametry nově navrženého koryta

y	b	S	O	R	n	C	i	Q	Proudění
(m)	(m)	(m ²)	(m)	(m)	(-)	(-)	(-)	(m ³ /s)	(-)
0,3	0,3	0,18	1,149	0,156	0,033	22,3	0,01	0,159	0,9

Dlouhodobý průměrný průtok je 8,6 l/s. Jedná se o malé množství vody, které nevyžaduje příliš velké koryto. Vzhledem k tomu, že by bylo rozumné uvažovat koryto tak, aby bylo proveditelné stavební technikou, rozhodl jsem se navrhnout obdélníkový profil o rozměrech 0,3x0,3 m (Obr. 5.8). Konsumpční křivka navrženého koryta je na Obr. 5.9. Mezi zátopou a tůň je mezilehlý úsek, který jsem navrhnul obdobně jako koryto v zátopě.



Obr. 5.8 Nové koryto v zátopě



Obr. 5.9 Konsumpční křivka nově navrženého koryta

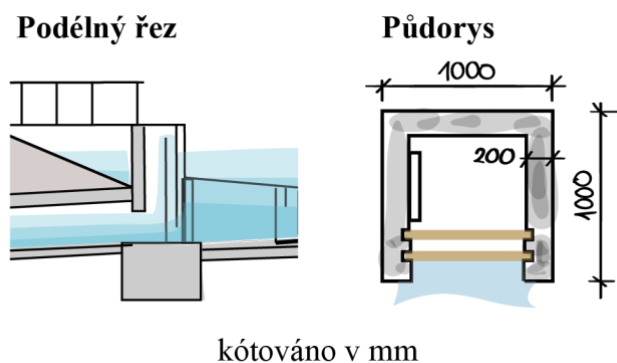
6. VÝPUSTNÍ OBJEKT

Spodní výpust složí k regulaci vodní hladiny v nádrži a k vypouštění, případně zajištění minimálního zůstatkového průtoku pod hrází. Výpust' umíst'ujeme do nejnižšího místa v nádrži tak, aby bylo zajištěno maximální odvedení vody. Může být řešena jako zatrubněná nebo

otevřená. Jedním z nejčastějších řešení výpustního objektu na MVN je požeráková spodní výpust. (7)

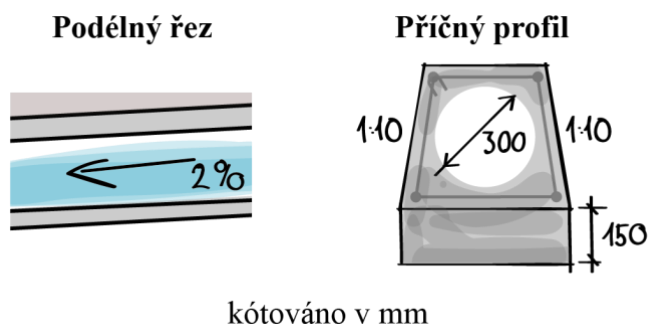
6.1. Návrh spodní výpusti

Výpustný objekt jsem navrhl jako zatrubněnou spodní výpust osazenou požerákem. Požerák je betonový prefabrikovaný otevřený. Má dvě drážky pro dluže a do 0,75 m od dna je osazen hrubými česlemi (světlost < 0,05 m) pro ochranu potrubí proti ucpání. Tloušťka stěn je 0,2 m a půdorysné rozměry jsou 1,0x1,0 m. Uvnitř je osazen žebříkem. Požerák je výškově zakončený na úrovni koruny hráze a je s ní spojen ocelovou lávkou. Je uzavřený ocelovým poklopem, který má zabránit nepovolenému vstupu. Dluže jsou vysoké 250 mm a jsou vyskládány ve dvou drážkách. Schéma provedení je na Obr. 6.1.



Obr. 6.1 Schéma požerákové výpusti

Trubní vedení jsem navrhnul jako obetonovanou PVC troubu o průměru 300 mm a se spádem 2 %. Trouba je uložena na betonové desce o tloušťce 150 mm a okolo je obetonována se spádem bočních stran 1:10. Schéma je na Obr. 6.2.

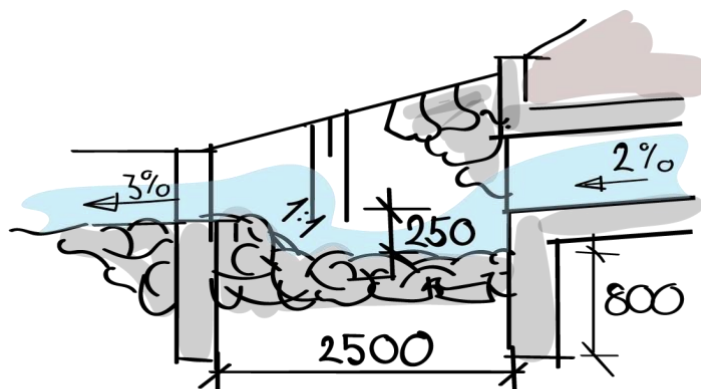


Obr. 6.2 Schéma trubního vedení

Trubní vedení ústí do vývaru, který slouží k tlumení kinetické energie vody. Na konci vývaru dochází ke změně proudění, když dopadá paprsek z trouby na spodní konstrukci. To vyvolává hydraulický jev vodní skok, kdy se mění režim proudění z bystrinného na říční. Tento jev způsobuje vymílání dna, a proto ho stabilizujeme vývarovou konstrukcí, která je dostatečně opevněna a destruktivní účinky vody snese. (6)

Vývar je navržen jako koryto s dnovou úpravou v podobě kamenného záhozu o frakci 125/250 mm a břehy vyskládány kamennou rovnatinou o frakci 125/250 mm. Je zakončen

protispádem o sklonu 1:1 vytvořeným kamenným záhozem. Vývar je široký 1 m a dlouhý 2,5 m, na konci je zajištěn stabilizačním pasem. Schéma je na Obr. 6.3.



kótováno v mm

Obr. 6.3 Schéma vývaru

7. BEZPEČNOSTNÍ PŘELIV

Bezpečnostní přeliv je ochranný prvek, který pomáhá bezpečně převést povodňový průtok a ochránit tak konstrukci hráze. Jedná se o konstrukční prvek, který se dimenzuje nejčastěji na stoletou vodu. MVN v Bílém Kostele nad Nisou jsem navrhoval na $Q_{100} = 5,21 \text{ m}^3/\text{s}$. (7)

7.1. Návrh bezpečnostního přelivu

Před porovnáváním jednotlivých konstrukčních variant jsem provedl odhad potřebné délky přelivné hrany b .

Pro výpočet jsem použil Bazinovu rovnici. (7)

$$Q = m \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{\frac{3}{2}} \quad 7.1$$

Q ... průtok (m^3/s)

m ... součinitel přepadu se zahrnutým vlivem přítokové rychlosti, uvažujeme 0,4 (-)

b ... délka přelivné hrany (m)

g ... gravitační konstanta 9,81 (-)

h ... přepadová výška (m)

Jako vstupní hodnoty jsem použil:

$$Q = Q_{100} = 5,21 \text{ m}^3/\text{s}$$

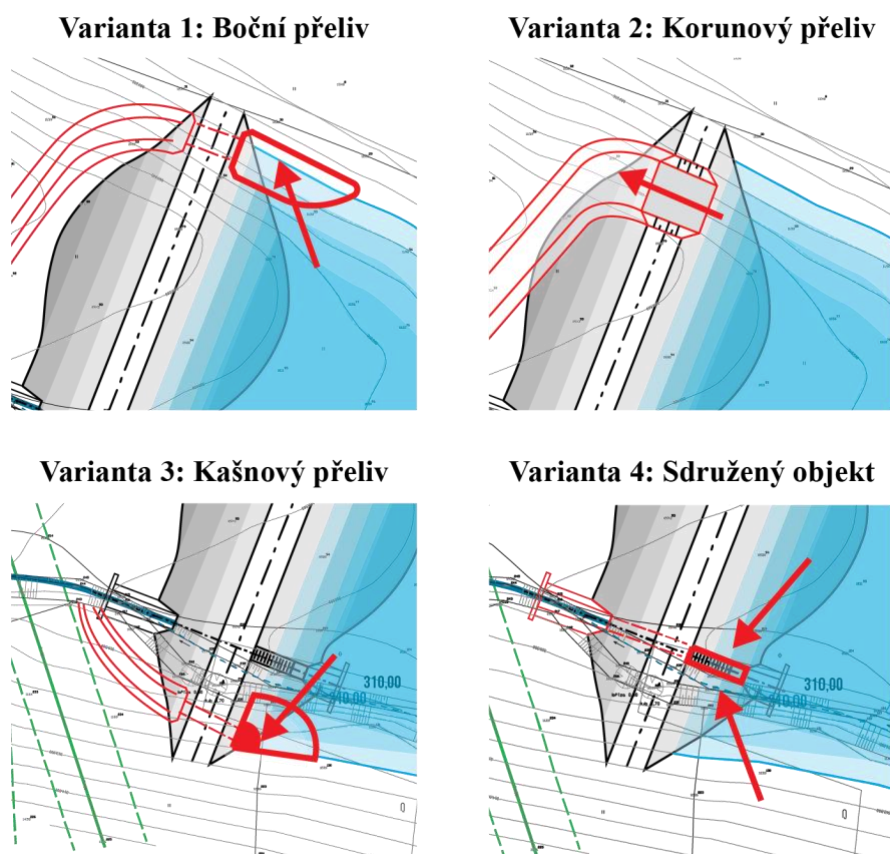
Vztahy mezi výškou přepadající hladiny a délkou přelivné hrany jsou v Tab. 7.1.

Tab. 7.1 Prvotní odhady délek přelivné hrany pro dílčí výšky

h	b
(m)	(m)
0,25	24
0,3	18
0,4	12
0,5	8,5

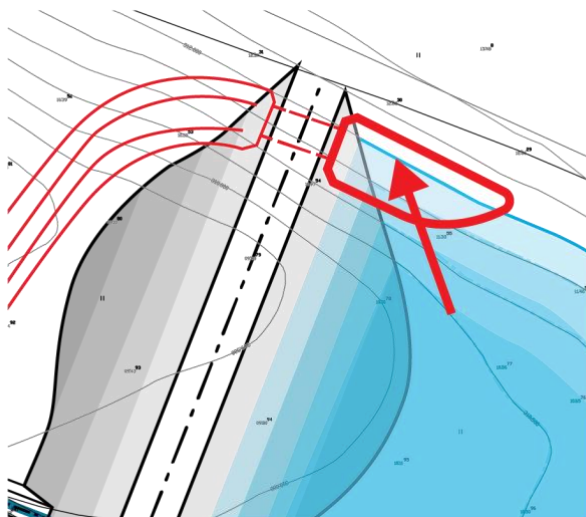
Pro návrh budu uvažovat délku přelivné hrany $b = 12$ m, což odpovídá výškovému rozdílu přepadající vody $h = 0,4$ m.

Uvažovaná konstrukční řešení jsem rozdělil na čtyři varianty. Varianta 1 boční přeliv, varianta 2 korunový přeliv, varianta 3 kašnový přeliv, a varianta 4 speciální přeliv řešen jako sdružený objekt. Varianty jsou schematicky zakresleny na Obr. 7.1.



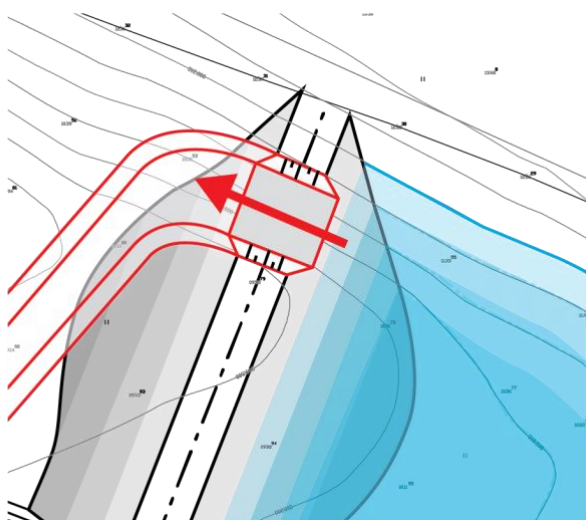
Obr. 7.1 Dílčí varianty návrhu bezpečnostního přelivu

Varianta 1 boční přeliv (Obr. 7.2) je často používaná metoda ochrany hráze před povodňovými průtoky. Jedná se o betonovou konstrukci, která je vybudována v blízkosti jednoho z břehů u koruny hráze. Nejčastěji je boční přeliv půdorysně řešen jako lichoběžník s půdorysně zaoblenou přelivnou hranou, případně jako obdélník. Často se používá u větších průtoků. Z bočního přelivu se odvádí voda otevřeným odpadem pod hráz do vodního toku. V odpadním korytě je pak umístěn vývar, do kterého soustředíme vodní skok.



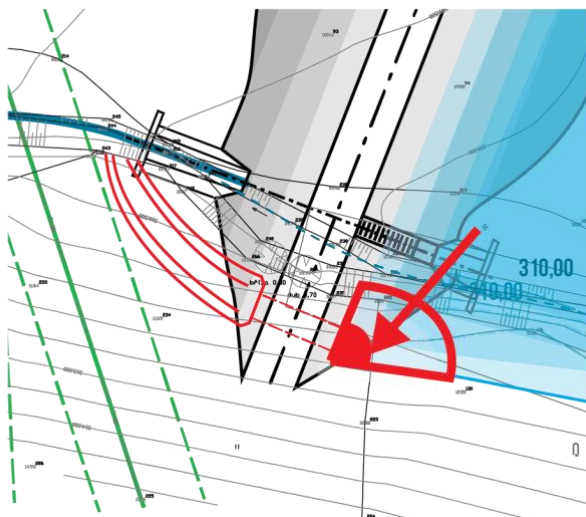
Obr. 7.2 Varianta 1: Boční přeliv

Varianta 2, korunový přeliv (Obr. 7.3). Investor má v blízkém okolí několik dalších rybníků, které mají právě korunový přeliv. Přeliv je umístěn v ose hráze a vytváří prohlubeň v koruně.



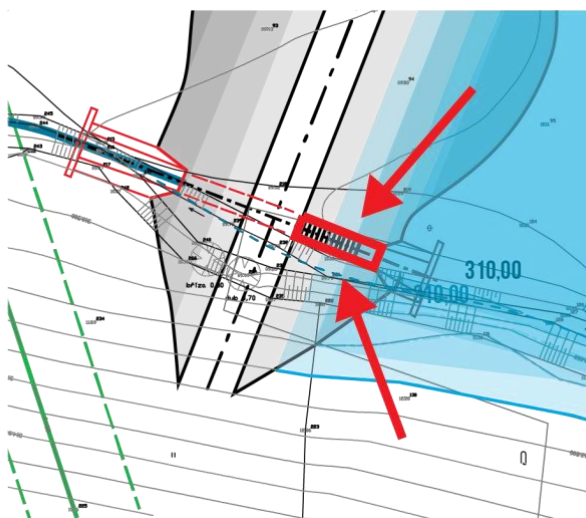
Obr. 7.3 Varianta 2: Korunový přeliv

Varianta 3, kašnový přeliv (Obr. 7.4) je řešení podobné bočnímu přelivu, avšak na rozdíl od bočního přelivu jde o eliptickou konstrukci, která průtok nejčastěji převádí odpadním potrubím. Voda je stažena trychtýřovitě do odpadu a ten je následně zaústěn pod hrázi do koryta toku. Pro tento případ nemůžeme využít odhad délky přelivné hrany. Navrhuje se převážně na větší průtoky.



Obr. 7.4 Varianta 3: Kašnový přeliv

Varianta 4, speciální přeliv řešen jako sružený objekt (Obr. 7.5). Sružený objekt je spojení výpustního objektu a bezpečnostního přelivu v jednu konstrukci. Za požerákovou vpust se umístí betonová vana (nejčastěji obdélníkového tvaru), a ta je zaústěna do odpadního potrubí spodní výpustě. Z potrubí přepadá do vývařiště, kde je proud vody utlumen a vypouštěn dále do toku. Velkou výhodou této varianty je výstavba jednoho objektu na hrázi.



Obr. 7.5 Varianta 4: Sružený objekt

Rozhodl jsem se použít variantu 4, speciální přeliv řešený jako sružený objekt spodní výpusti (Obr. 7.5). Tato varianta by měla bez problémů převést stoletý průtok a zajistit dostatečnou ochranu hráze proti záplavám. Předběžný odhad stanovil délku přelivné hrany na 12 m. Půdorysně bych proto použil 5 metrů z každé strany a zbylé dva metry využil na čelní odskok od požerákové vpusti (Obr. 7.6). V případě, že by nebylo možné sružený objekt realizovat, volil bych jako druhou variantu korunový přeliv.



Obr. 7.6 Bezpečnostní přeliv jako sdružený objekt spodní výpusti

7.2. Konzumpční křivka bezpečnostního přelivu

Konzumpční křivka vyjadřuje průběh průtoku v závislosti na výšce hladiny. Do výpočtu byl zahrnut proměnlivý součinitel přepadu a vliv boční kontrakce, který snižuje délku přelivné hrany a vzniká tak efektivní délka b_0 . (6)

Bezpečnostní přeliv jsem navrhoval na $Q_{100} = 5,21 \text{ m}^3/\text{s}$. Jednotlivé výškové kóty jsou: 311,60 m n.m. pro hladinu normálního nadržení (dále jen HNN), 312,00 m n.m. pro hladinu maximálního nadržení (dále jen HMN) a 312,50 m n.m. pro korunu hráze.

Jako vstupní údaje jsem použil.

Popis	Označení	Hodnota	Jednotky
Délka přelivné hrany	$b =$	12	m
Tloušťka stěny bezpečnostního přelivu	$t =$	0,25	m
počet míst zúžení	$n =$	4	ks
součinitel boční kontrakce	$\xi =$	2	-
hloubka vody před přepadem	$s =$	1,6	m

Ponceletovy rovnice, z té jsem pomocí Weisbachovy rovnice vyjádřil součinitel přepadu „ m “ a určil jsem efektivní délku přelivné hrany zahrnutím vlivu boční kontrakce. (7)

$$Q = m \cdot b_0 \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{\frac{3}{2}} \quad 7.2$$

m ... součinitel přepadu (-)

b_0 ... délka přelivné hrany (m)

g ... gravitační konstanta 9,81 (-)

h ... přepadová výška (m)

$$m = \frac{2}{3} \cdot \mu_p \quad 7.3$$

μ_p ... součinitel přepadu (-)

$$b_0 = b - 0,1 \cdot \xi \cdot n \cdot h_0 \quad 7.4$$

b ... konstrukční přepadová výška (m)

ξ ... součinitel boční kontrakce (-)

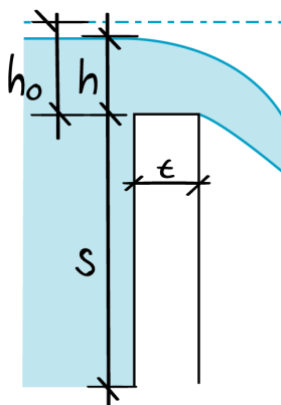
n ... počet míst zúžení (ks)

h_0 ... přepadová výška (m)

V našem případě je posuzován přeliv s ostrou hranou, využijeme pro určení součinitele μ_p vztah, který vychází z poměru výšky přepadajícího paprsku a délky přelivné hrany (Obr. 7.7). Ten je stanoven v Tab. 7.2.

Tab. 7.2 Tabulka pro určení součinitele μ_p z poměru h/t

h/t	0,1	0,33	0,5	1	1,5	2
μ_p	0,45	0,48	0,495	0,555	0,615	0,63



Obr. 7.7 Schéma pro výpočet součinitele μ_p

μ_p ... součinitel přepadu (-)

h ... přepadová výška (m)

h_0 ... přepadová výška se zahrnutou rychlostní výškou (m)

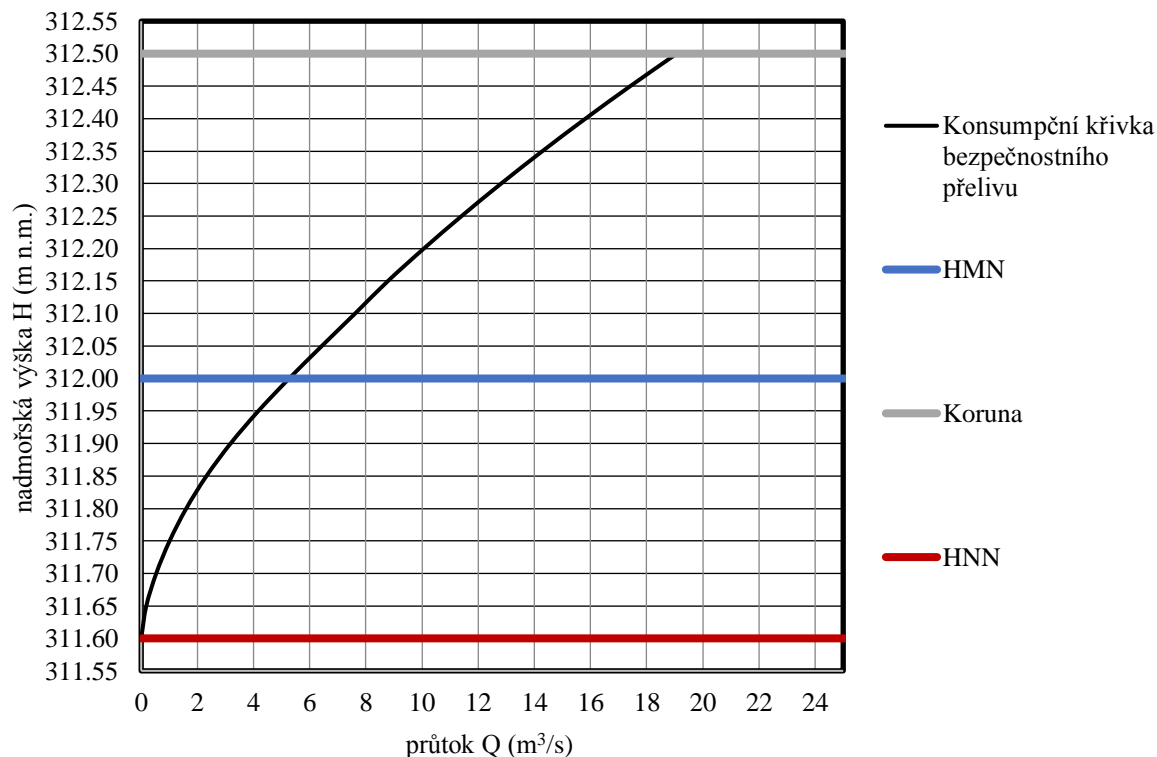
s ... hloubka vody před přepadem (m)

t ... tloušťka stěny (m)

Pro určení hodnot jsem využil lineární interpolaci a u hodnot vyšších než $h/t = 2,0$ jsem využil lineární extrapolace ze dvou posledních hodnot. V Tab. 7.3 jsou uvedeny hodnoty konsumpční křivky a na Obr. 7.8. je konsumpční křivka vykreslena.

Tab. 7.3 Konsumpční křivka bezpečnostního přelivu

H	h	b0	h/t	μ_p	Q	
(m n.m.)	(m)	(m)	-	-	(m³/s)	
311,60	0,00	12,000	0,000	0,000	0,000	HNN
311,65	0,05	11,970	0,167	0,461	0,182	
311,70	0,10	11,940	0,333	0,480	0,536	
311,75	0,15	11,910	0,500	0,495	1,011	
311,80	0,20	11,880	0,667	0,511	1,605	
311,85	0,25	11,850	0,833	0,532	2,326	
311,90	0,30	11,820	1,000	0,555	3,183	
311,95	0,35	11,790	1,167	0,579	4,172	
312,00	0,40	11,760	1,333	0,600	5,268	HMN
312,05	0,45	11,730	1,500	0,615	6,431	
312,10	0,50	11,700	1,667	0,624	7,616	
312,15	0,55	11,670	1,833	0,625	8,785	
312,20	0,60	11,640	2,000	0,630	10,064	
312,25	0,65	11,610	2,167	0,635	11,409	
312,30	0,70	11,580	2,333	0,640	12,817	
312,35	0,75	11,550	2,500	0,645	14,289	
312,40	0,80	11,520	2,667	0,650	15,822	
312,45	0,85	11,490	2,833	0,655	17,416	
312,50	0,90	11,460	3,000	0,660	19,070	Koruna



Obr. 7.8 Konsumpční křivka bezpečnostního přelivu

7.3. Posouzení sdruženého objektu

7.3.1. Trubní profil

Vzhledem k tomu, že jsem se rozhodl použít výpustní objekt i pro převedení povodňového průtoku, změnil jsem návrh z trubního profilu na rámovou propust typu Beneš. Odpadní propust jsem dimenzoval na $Q_{100} = 5,21 \text{ m}^3/\text{s}$. K posouzení jsem využil Chézyho rovnici, jelikož navrhuji propustek bez tlakového proudění. (7)

$$Q = C \cdot S \cdot \sqrt{R \cdot i} \quad 7.5$$

Q ... průtok Q_{100} (m^3/s)

C ... Chézyho rychlostní součinitel ($\text{m}^{0.5}/\text{s}$)

S ... plocha (m^2)

R ... hydraulický poloměr (m)

i ... sklon (-)

Dále jsem použil rovnice:

$$Q = v \cdot S \quad 7.6$$

v ... rychlost (m/s)

$$S = h \cdot b \quad 7.7$$

h ... světlá výška profilu (m)
 b ... světlá šířka profilu (m)

$$R = \frac{S}{O} \quad 7.8$$

O ... omočený obvod (m)

$$O = y + 2 \cdot b \quad 7.9$$

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6} \quad 7.10$$

n ... Manningův drsnostní součinitel (-)

Jako vstupní data jsem použil:

Popis	Označení	Hodnota	Jednotky
Průtok	$Q = Q_{100} =$	5,21	m^3/s
Světlá výška	$h =$	1,1	m
Světlá šířka	$b =$	1,1	m
Manningův drsnostní součinitel	$n =$	0,013	-
Podélný sklon dna	$i =$	0,02	-

Po dosazení do jednotlivých rovnic dostaneme výsledky, jejich shrnutí je uvedené v Tab. 7.4.

Tab. 7.4 Výsledky posouzení rámové propusti

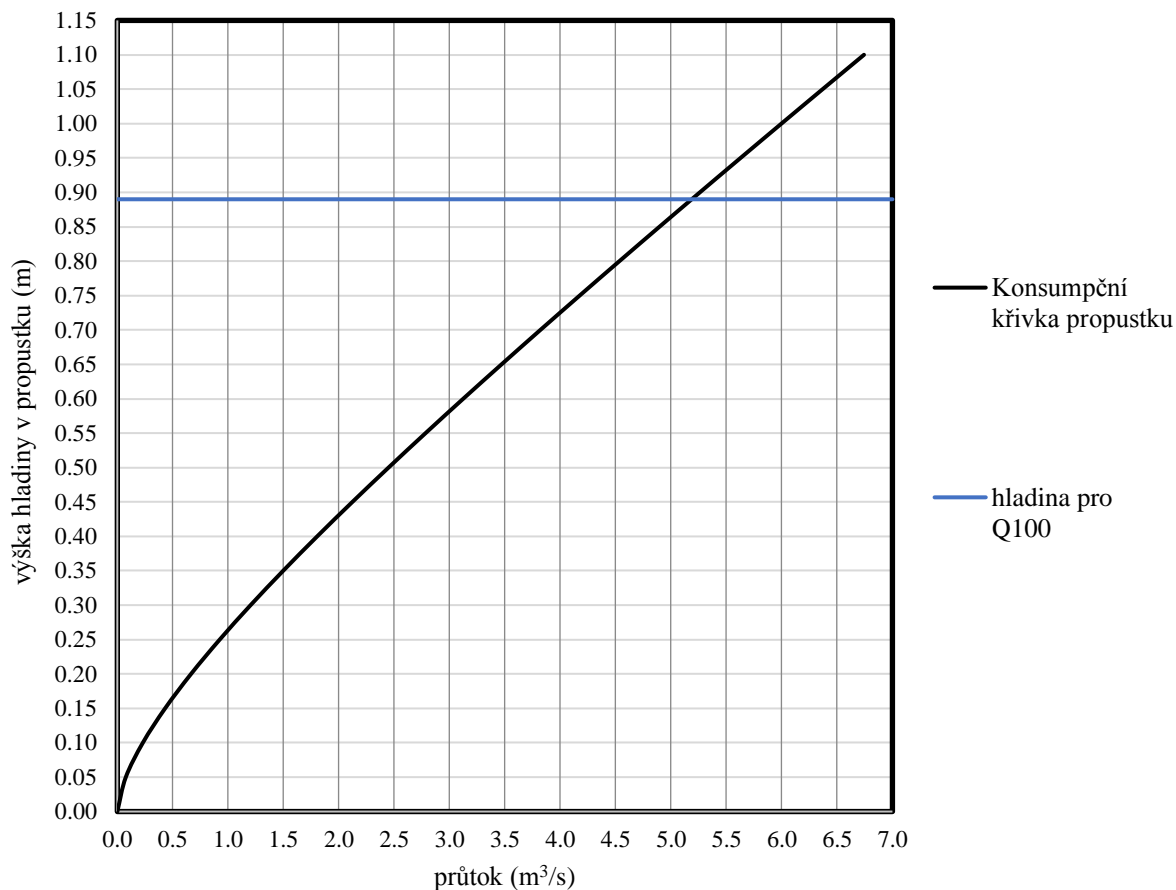
y (m)	b (m)	S (m^2)	O (m)	R (m)	n (-)	C (-)	i (-)	Q (m^3/s)	Proudění (-)
1,10	1,10	1,21	3,30	0,367	0,013	65,08	0,02	6,743	Bystřinné
0,89	1,10	0,98	2,89	0,340	0,013	64,28	0,02	5,210	Bystřinné

Uvažujeme proudění o volné hladině, a proto navrhuji propustek o rozměrech 1,1x1,1 m, který zajistí bezproblémové převedení stoletého průtoku i s rezervou.

Dále jsem provedl výpočet konsumpční křivky rámového propustku a hodnoty jsem uvedl v Tab. 7.5. Konsumpční křivka je zakreslena na Obr. 7.9.

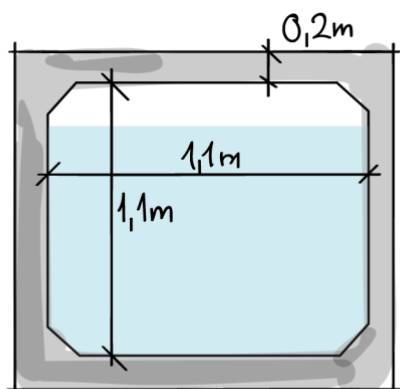
Tab. 7.5 Průběh hladiny v rámovém propustku

y	b	S	O	R	C	Q
(m)	(m)	(m²)	(m)	(m)	(-)	(m³/s)
0,00	1,1	0,00	1,10	0,000	0,00	0,000
0,05	1,1	0,06	1,20	0,046	46,02	0,077
0,10	1,1	0,11	1,30	0,085	50,97	0,231
0,15	1,1	0,17	1,40	0,118	53,86	0,431
0,20	1,1	0,22	1,50	0,147	55,86	0,666
0,25	1,1	0,28	1,60	0,172	57,36	0,925
0,30	1,1	0,33	1,70	0,194	58,53	1,204
0,35	1,1	0,39	1,80	0,214	59,49	1,498
0,40	1,1	0,44	1,90	0,232	60,28	1,805
0,45	1,1	0,50	2,00	0,248	60,95	2,123
0,50	1,1	0,55	2,10	0,262	61,53	2,449
0,55	1,1	0,61	2,20	0,275	62,03	2,783
0,60	1,1	0,66	2,30	0,287	62,47	3,124
0,65	1,1	0,72	2,40	0,298	62,86	3,470
0,70	1,1	0,77	2,50	0,308	63,21	3,820
0,75	1,1	0,83	2,60	0,317	63,53	4,175
0,80	1,1	0,88	2,70	0,326	63,81	4,534
0,85	1,1	0,94	2,80	0,334	64,07	4,896
0,89	1,1	0,98	2,89	0,340	64,28	5,210
0,95	1,1	1,05	3,00	0,348	64,52	5,628
1,00	1,1	1,10	3,10	0,355	64,72	5,998
1,05	1,1	1,16	3,20	0,361	64,91	6,370
1,10	1,1	1,21	3,30	0,367	65,08	6,743



Obr. 7.9 *Konsumpční křivka rámové propusti*

Navrhují rámový propustek typu Beneš o rozměrech světlého prostoru 1,1x1,1 m a tloušťce stěny 0,2 m (Obr. 7.10).

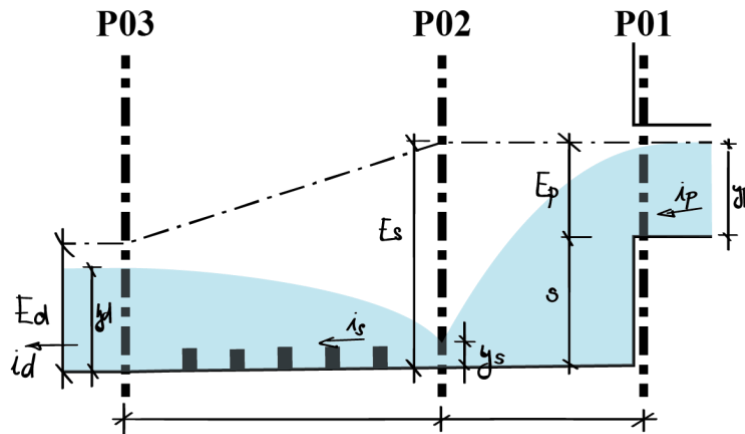


Obr. 7.10 *Rámový propustek typu Beneš*

7.4. Tlumení kinetické energie

Vzhledem ke změně dimenze trubního profilu jsem znovu otevřel návrh vývaru u vyústění. Rozměry vývařiště jsem vypočetl pomocí návrhu zdrsňeného dopadiště (Obr. 7.11),

protože proudění v trubním profilu je bystrinné. Výpočet spočívá v porovnání energetických výšek v jednotlivých profilech. Použil jsem následující vzorce. (10)



Obr. 7.11 Schéma pro výpočet vývaru

$$L_p = 1,65 \cdot \sqrt{y_p \cdot (s + L_p \cdot i_s + 0,32 \cdot y_p)} \quad 7.11$$

L_p ... délka paprsku (m)
 y_p ... výška hladiny v potrubí (m)
 s ... spádová výška (m)
 i_s ... sklon dopadiště (-)

$$E_s = E_p + s + L_p \cdot i_d \quad 7.12$$

E_s ... energetická výška v místě dopadu (m)
 E_p ... energetická výška v potrubí (m)

$$E_s = y_s + \frac{\alpha \cdot v_s^2}{2g} \quad 7.13$$

y_s ... výška hladiny v místě dopadu (m)
 α ... rychlostní součinitel (-)
 v_s ... rychlost v místě dopadu

$$E_d = y_d + \frac{\alpha \cdot v_d^2}{2g} \quad 7.14$$

E_d ... energetická výška pod spadištěm
 y_d ... výška hladiny pod spadištěm
 v_d ... rychlost pod spadištěm

$$y = \frac{y_s + y_d}{2} \quad 7.15$$

$$i_e = \frac{Q^2}{S^2 \cdot C^2 \cdot R} \quad 7.16$$

Q ... průtok (m^3/s)

S ... plocha (m^2)

C ... součinitel pro výpočet drsnosti (-)

R ... hydraulický poloměr (-)

$$L_n = \frac{E_s - E_d}{i_s - i_p} \quad 7.17$$

L_n ... délka spadiště (m)

i_p ... sklon v potrubí (-)

$$n = \frac{d_n^{0,167}}{C} \quad 7.18$$

n ... drsnostní součinitel (-)

d_n ... velikost zrna (m)

C ... součinitel pro výpočet drsnosti (-)

$$C = 22 \log \frac{R}{K} + 9,5 \cdot \frac{K}{R} + 1,5 \quad 7.19$$

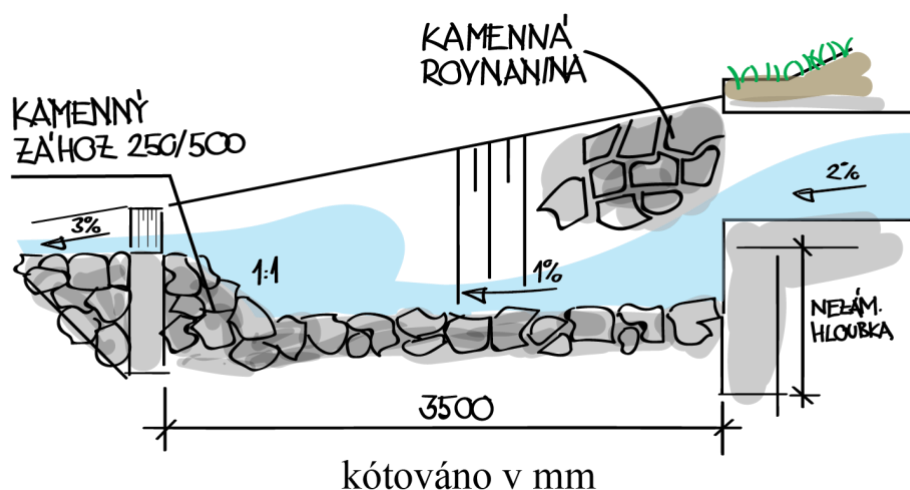
K ... výška výstupku ve spadišti (m)

Dimenze vývaru jsou:

Popis	Označení	Hodnota	Jednotky
Spádová výška	s =	0,5	m
Délka dopadiště	L_p =	1,5	m
Délka spadiště	L_n =	15,5	m
Celková délka zdrsněného dopadiště	L =	17,0	m

Rozměry vývaru pro převedení Q_{100} jsou na navrhovanou MVN celkem velké a zároveň tvoří masivní betonovou konstrukci s rozražeči. V rámci studie jsem se proto rozhodl navrhnout řešení s větším ohledem na estetiku. Na opevnění vývaru jsem použil kamenný zához, který v blízké době proroste vegetací a téměř nebude viditelný a v případě příchodu Q_{100} se s ohledem na harmonii s přírodou vyplatí raději poškozené konstrukce či území sanovat. I tak si myslím, že bez ohledu na výpočty by můj návrh měl ustát velký průtok.

Nově navržený vývar je hluboký 0,25 m a má protispád pro tlumení vodního skoku ve sklonu 1:1. Koryto má lichoběžníkový profil o šířce dna 2,0 m a celková délka vývaru je 3,5 m. Dno je z kamenného záhozu frakce 500 mm a svahy z kamenné rovnániny. Na konci je vývar zajištěn stabilizačním pasem, který je z druhé strany podepřen kamenným záhozem ve sklonu 1:1. Koryto je pak zúženo na navazující obdélníkový profil o rozměrech 0,3x0,3 m. Zúžení je upraveno jako koryto bez opevnění. Schéma nového vývaru je znázorněno na Obr. 7.12.



Obr. 7.12 Schéma nově navrženého vývaru

Popis	Označení	Hodnota	Jednotky
Celková délka vývařiště	L =	3,50	m
Hloubka vývaru	d =	0,25	m
Šířka koryta ve dně	b =	2,00	m

8. OSTATNÍ PRVKY NÁVRHU

V poslední kapitole jsem se zaměřil na ostatní prvky návrhu, jako je bilance MVN, řešení příjezdové komunikace a návrh litorálního pásma.

8.1. Bilance malé vodní nádrže

Bilance MVN posuzuje množství vody pro naplnění nádrže a udržení její dlouhodobé funkce. Je určena v objemových jednotkách. Výpočet se skládá z rozdílu přítoku do nádrže a součtu dílčích objemových ztrát, jako je například výpar z vodní hladiny nebo průsak. (6)

$$V_{bil} = V_a - V_{hyg} - V_{vyp} - V_{ph} - V_{pph} - V_{pdl} - V_{odb} \quad 8.1$$

V_{bil} ... bilance MVN (m^3)

V_a ... přítok do nádrže (m^3)

V_{hyg} ... odtok z nádrže (m^3)

V_{vyp} ... ztráta výparem (m^3)

V_{ph} ... ztráta průsakem hrází (m^3)

V_{pph} ... ztráta průsakem pod tělesem hráze (m^3)

V_{pdl} ... ztráta průsakem do podloží (m^3)

V_{odb} ... odběr (m^3)

Při výpočtu bilance jsem zanedbal ztrátu průsakem pod tělesem (V_{pph}), ztrátu průsakem do podloží (V_{pdl}) a ztrátu vody transpirací rostlin a odběry (V_{odb}). K jejich stanovení by bylo zapotřebí provést podrobnější geologický průzkum.

8.1.1. Přítok do nádrže (V_a)

Hodnota přítoku odpovídá dlouhodobému průměrnému průtoku. Ten jsem získal z dat poskytnutých od ČHMÚ.

Dlouhodobý průměrný průtok je $Q_a = 8,6$ l/s, to odpovídá hodnotě $Q_a = 0,0086$ m^3/s . Celkový roční objemový přítok je $V_a = 271\ 210$ m^3 .

8.1.2. Odtok z nádrže (V_{hyg})

Každá MVN musí zajistit vypouštění minimálního zůstatkového průtoku. Ten se stanoví z Tab. 8.1, která vychází z metodických pokynů odboru ochrany vod MŽP.

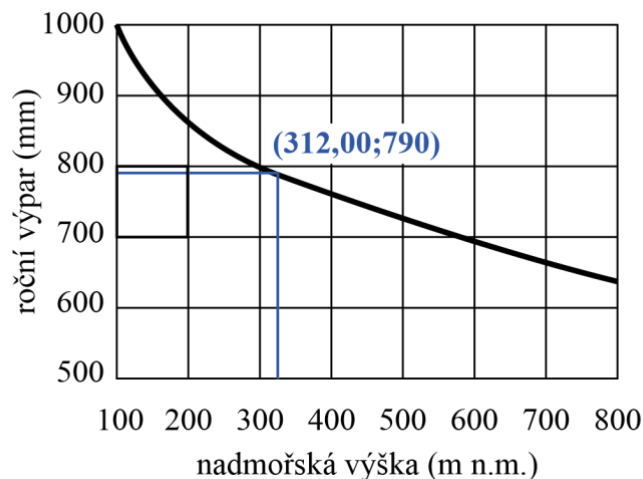
Tab. 8.1 Hodnoty pro stanovení minimálního zůstatkového průtoku (11)

Průtok Q_{355d}	Minimální zůstatkový průtok V_{hyg}
$< 0,05$ m^3/s	Q_{330d}
$0,05 - 0,5$ m^3/s	$(Q_{330d} + Q_{355d}) \cdot 0,5$
$0,51 - 5,0$ m^3/s	Q_{355d}
$> 5,0$ m^3/s	$(Q_{355d} + Q_{364d}) \cdot 0,5$

Vzhledem k přítoku $Q_a = 0,0086$ m^3/s odpovídá hodnota minimálního zůstatkového průtoku Q_{330d} . Z Tab. 2.1 jsem určil hodnotu $Q_{330d} = 4,4$ l/s, to odpovídá hodnotě $Q_{330d} = 0,0044$ m^3/s . Roční objemová ztráta odtokem z nádrže je $V_{hyg} = 138\ 758$ m^3 .

8.1.3. Ztráta výparem (V_{vyp})

Jde o ztrátu výparem z vodní hladiny. Její velikost je ovlivněna průměrnou teplotou vzduchu a tlakem vodních par pro dané období. Hodnotu ztráty výparem V_{vyp} jsem určil z grafu Obr. 8.1 podle ČSN 75 2410. Ten vyjadřuje závislost výparu na nadmořské výšce.



Obr. 8.1 Křivka závislosti průměrného ročního výparu a nadmořské výšky (12)

Z grafu jsem odečetl hodnotu ročního výparu **790 mm**. Roční objemová ztráta výparem je $V_{\text{vyp}} = 1\,560 \text{ m}^3$.

8.1.4. Ztráta průsakem hrází (V_{ph})

Výpočet průsaku hrází je uveden v části 3.2.3 Průsaková křivka. Celková hodnota průsaku je $V_{\text{ph}} = 4,28 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s}$. Roční objemová ztráta průsakem hrází je $V_{\text{ph}} = 13 \text{ m}^3$.

8.1.5. Vyhodnocení bilance (V_{bil})

Vzhledem k zanedbání tří veličin jsem upravil rovnici do následujícího tvaru.

$$V_{\text{bil}} = V_a - V_{\text{hyg}} - V_{\text{vyp}} - V_{\text{ph}} \quad 8.2$$

V_{bil} ... bilance MVN (m^3)

V_a ... přítok do nádrže (m^3)

V_{hyg} ... odtok z nádrže (m^3)

V_{vyp} ... ztráta výparem (m^3)

V_{ph} ... ztráta průsakem hráže (m^3)

Jako vstupní data jsem použil:

Popis	Označení	Hodnota	Jednotky
celkový roční přítok	$V_a =$	271 209	m^3
celkový roční odtok	$V_{\text{hyg}} =$	138 758	m^3
celkový roční výpar	$V_{\text{vyp}} =$	1 560	m^3
celková roční ztráta průsakem	$V_{\text{ph}} =$	13	m^3

Dosadil jsem hodnoty do rovnice a získal hodnotu roční bilance V_{bil} .

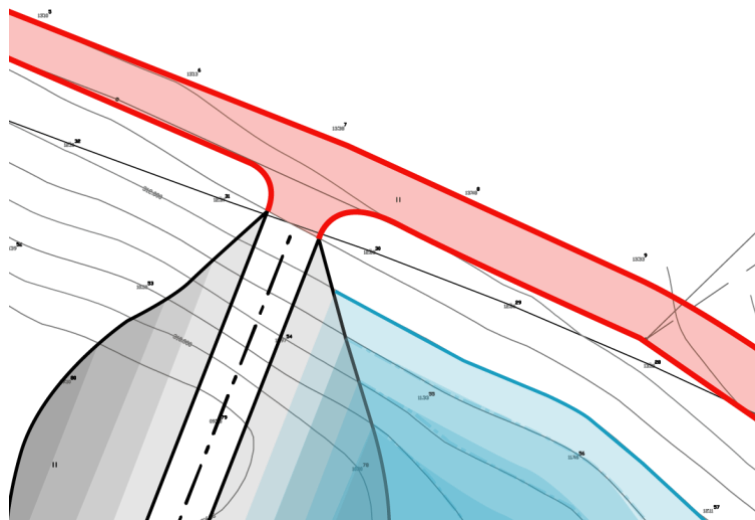
$$V_{\text{bil}} = 271\,209 - 138\,758 - 1\,560 - 13 = 130\,877 \text{ m}^3$$

Celková hodnota roční bilance $V_{\text{bil}} = 130\,877 \text{ m}^3$. Rozdíl přítoku a odtoku je přibližně 4 l/s což odpovídá 363 m^3 za den. Předpokládá se, že se nádrž naplní do jednoletého cyklu. V případě, že nedojde k velkým výkyvům v průtocích, mohla by být naplněna v řádu dnů.

8.2. Příjezdová komunikace

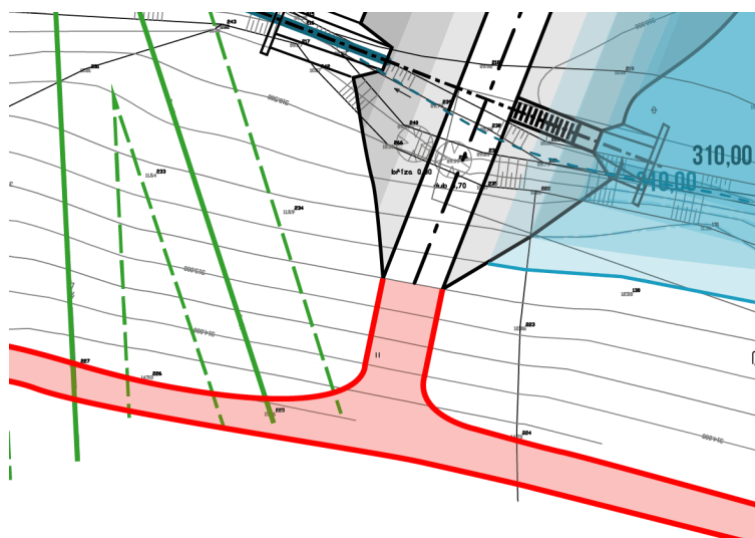
Pro zajištění dostupnosti stavební techniky na stavenišťe výstavby MVN je dobré uvažovat nad možnou příjezdovou komunikací. Při průzkumu jsem objevil dvě možné cesty z pravé i levé strany toku (orientováno při pohledu směrem proti proudu).

Z levé strany je zájmové území ohraničeno polem, které má po svém obvodu cestu pro hospodářskou techniku (traktory), „cesta u pole“ (Obr. 8.2). Z toho důvodu je na pravé straně polní cesta horší kvality (vyjeté koleje od traktorů), ale i tak je možno ji využít pro příjezd těžší techniky na stavbu. Tato cesta je v těsné blízkosti nově navrhované MVN.



Obr. 8.2 "Cesta u pole"

Na pravé straně je lesní cesta, „cesta u krmelce“ (Obr. 8.3), která má vyšší jakost než „cesta u pole“. Nicméně je ve větší vzdálenosti od zájmového území a kvůli skalnímu výhazu na levé straně toku je na větší výškové úrovni. To znamená velké klesání při napojení na korunu hráze. I tak je však možné ji využít jak při stavbě, tak případně při údržbě nové MVN.



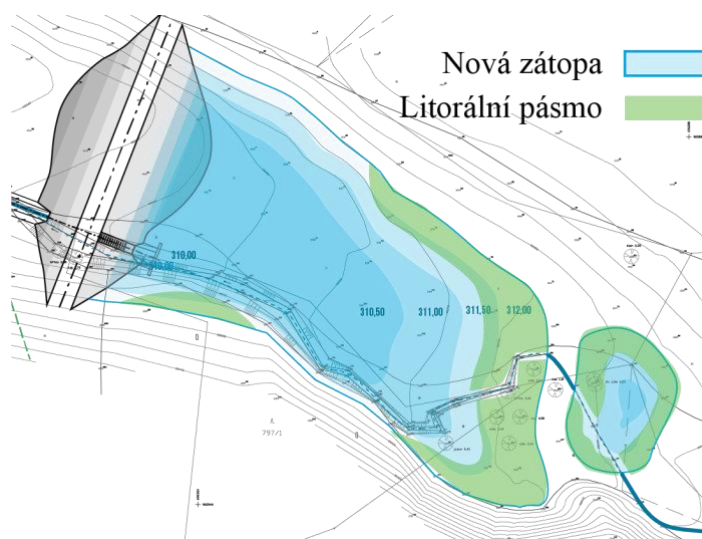
Obr. 8.3 "Cesta u krmelce"

Jako příjezdovou cestu bych volil „cestu u pole“ (Obr. 8.2), i přes horší kvalitu je možné ji využít pro těžší techniku, případně ji dočasně upravit pro zlepšení pojízdnosti. Cesta je zároveň na pozemku investora, což ulehčí zajišťování stavebních záborů.

8.3. Litorální pásmo

Litorální pásmo je pobřežní zóna, kde je možný život rostlin. Světlo se zde dostane až na dno, a to umožní rostlinám fotosyntézu. Jde o část projektu, která má největší dopad na životní prostředí. Litorální zóna by neměla být ve větší hloubce, než je 0,6 m a terén by v ní neměl mít větší sklon než 1:5. Plocha litorálního pásma by pro nádrž od 0,1 do 0,5 ha měla být minimálně 10 %. (13; 14)

V některých místech břehů jsou velké sklony, zde litorální pásmo uvažovat nebudu a znázorním jen ideální místo pro růst rostlin, plocha litorálního pásma je přibližně 23 % zatopené plochy. Jeho předpokládaná plocha je znázorněna na Obr. 8.4.



Obr. 8.4 Rozmístění litorálního pásma

9. ZÁVĚR

Cílem této práce bylo provést studii MVN v Bílém Kostele nad Nisou, část Pekařka. Investor neměl požadavky na účelové využití nádrže, a proto jsem návrh směřoval spíše jako estetický.

Návrh jsem provedl variantně. Při zvažování možností půdorysného vedení hráze jsem zvolil přímou hráz kolmou na vodní tok. Ta zajistí bezproblémové napojení spodní výpusti a nenaruší vzhled okolí. Dále jsem volil výšku hráze, zde jsem narazil na problém s kácením dřevin. V blízkosti zátopy se nachází dva duby, které jsem chtěl zachovat. Zmínil jsem dvě varianty, přičemž jedna stromy zachová a druhá naopak vede k jejich pokácení. Po zvážení obou možností jsem zvolil střední cestu, ze které vzešel návrh nižší hráze (2,5 m) se zátopou upravenou tak, aby hladina maximálního nadržení nezátopila dub, a na zátopu jsem o pár metrů výš napojil tůň. V poslední části této kapitoly jsem se věnoval návrhu materiálu hráze a jejím sklonům. Zde jsem se řídil doporučením z předloženého geologického průzkumu. Nakonec jsem provedl výpočet průsakové křivky hrází.

V části úpravy zátopy jsem zvažoval zvětšení retenčního prostoru odtěžením zeminy, která se následně dá využít k výstavbě tělesa hráze. Určil jsem objemový ukazatel a došel k závěru, že z hlediska akumulace zadržované vody se výstavba hráze ekonomicky nevyplatí. Zároveň díky výpočtu objemu tělesa hráze je zřejmé, že odtěžená zemina nebude dostatečná pro výstavbu hráze, což je další finanční komplikace návrhu. Poté jsem navrhl koryto v zátopě, které najde své primární využití převážně při vypouštění, případně napouštění nádrže.

Dalším prvkem návrhu byl výpustní objekt. Zde jsem zvolil otevřený požerák se dvěma drážkami. Vzhledem k návrhu sdruženého objektu jsem jako trubní vedení zvolil rámové propusti typu Beneš o dostatečné světlosti pro převedení stoletého průtoku a zabránění tlakového proudění. Ty ústí do vývaru, který má dno z kamenného záhozu a svahy z kamenné rovinaniny.

V poslední části práce jsem provedl výpočet bilance nádrže a uvažoval nad možnostmi příjezdové cesty převážně pro strojní techniku na výstavbu hráze. Zde jsem zvolil jako primární přístupovou trasu cestu kolem pole, která je nalevo od hráze při pohledu proti směru proudu. Následně jsem provedl návrh litorálního pásma, které má plochu pro podporu života organismů v dostatečné míře.

ZDROJE

1. **Topinfo s.r.o.** TZB-info. *Vlastnosti a zdroje vody*. [Online] 01. Leden 2018. [Citace: 24. Květen 2018.] <https://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/14668-novy-dotacni-program-na-budovani-zavlah-stavbu-a-obnovu-rybniku>.
2. **VLTAVA LABE MEDIA a.s.** Třebíčský deník.cz. *Nových rybníků jsou desítky. Hlavní roli hrají dotace a strach z povodní*. [Online] 1. Leden 2018. [Citace: 24. Květen 2018.] <https://trebicky.denik.cz/podnikani/novych-rybniku-jsou-desitky-hlavni-rol-hraji-dotace-a-strach-z-povodni-20140824.html>.
3. **Seznam.cz.** *mapy.cz*. [Online] 16. Květen 2018. [Citace: 16. Květen 2018.] <https://mapy.cz/zakladni?x=14.9147873&y=50.8265878&z=15>.
4. **Český úřad zeměměřický a Česká geologická služba.** Česká geologická služba. *Česká geologická služba: Mapová aplikace, verze 1B.2*. [Online] 1. Leden 2018. [Citace: 22. Květen 2018.] http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=g50&y=696500&x=966700&r=2000&s=1&legselect=0.
5. **ČEZ Distribuce, a. s.** ČEZ Distribuce. *PODMÍNKY PRO PROVÁDĚNÍ ČINNOSTÍ V OCHRANNÝCH PÁSMECH NADZEMNÍCH VEDENÍ*. [Online] 01. Leden 2018. [Citace: 21. Květen 2018.] <http://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/formulare/cezdistribuce-podminkynadzemnivedeni-0902-web.pdf>.
6. **Vrána, Karel a Beran, Jan.** *Rybníky a účelové nádrže*. Praha : Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2008. Sv. Vyd. 3.
7. **Karel, Vrána.** *Rybníky a účelové nádrže: příklady*. Praha : České vysoké učení technické, 1998. Sv. Vyd. 2.
8. **Ing. Václav David, Ph.D.** Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství. *Vodní hospodářství krajiny 2*. [Online] [Citace: 22. Květen 2018.] http://storm.fsv.cvut.cz/data/files/p%C5%99edm%C4%9Bty/VK2/VK2_prednVD01_ZS2017.pdf.
9. **Havlík, Vladimír a Marešová, Ivana.** *Hydraulika 10: příklady*. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2001. 80-01-02403-2.
10. **Krešl, Jiří.** *Hrazení bystřin 1. vyd.* Praha : SPN, 1983.
11. **Ministerstvo životního prostředí.** Metodický pokyn odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí ke stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků ve vodních tocích. *Ministerstvo životního prostředí*. [Online] 01. Leden 2018. [Citace: 16. Květen 2018.] [https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/BB978B5BAEDF46C0C1256FC8003F1EB8/\\$file/metod.html](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/BB978B5BAEDF46C0C1256FC8003F1EB8/$file/metod.html).
12. **Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.** *ČSN 75 2410: Malé vodní nádrže*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011. 48 s.
13. **Mendelova univerzita v Brně.** Mendelova univerzita v Brně. *Revitalizační malé vodní nádrže*. [Online] 1. Leden 2018. [Citace: 22. Květen 2018.] https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=53224.

14. **VŠB-TU Ostrava.** Hornicko-geologická fakulta, Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. *Biotopy jezera a jejich společenstva*. [Online]
http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/leniticky_system/biotopy_stojatych_vod.htm.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1	Mapa obce Bílý Kostel nad Nisou s vyznačením zájmové lokality (3)	8
Obr. 2.2	Geologická mapa zájmového území (4)	8
Obr. 2.3	Hranice dotčených pozemků	9
Obr. 3.1	Čára překročení m-denních průtoků	10
Obr. 3.2	Čára překročení N-letých průtoků	11
Obr. 4.1	Mapa zájmového území	11
Obr. 4.2	Přímá hráz kolmá na údolnici	12
Obr. 4.3	Přímá hráz kolmá na vodní tok	12
Obr. 4.4	Zakřivená hráz	13
Obr. 4.5	Navrhované umístění hráze, přímá hráz kolmá na vodní tok	13
Obr. 4.6	Nižší zakřivená hráz s tůň	14
Obr. 4.7	Vyšší hráz s větší zatopenou plochou	14
Obr. 4.8	Navrhované řešení výšky hráze a plochy zátopy	15
Obr. 4.9	Schéma příčného profilu hráze	15
Obr. 4.10	Skladba tělesa hráze	16
Obr. 4.11	Schéma pro výpočet průsakové křivky	16
Obr. 4.12	Průběh depresní křivky v profilu PŘ4	18
Obr. 5.1	Schéma příčného profilu v ose hráze	18
Obr. 5.2	Schéma možné úpravy zátopy	19
Obr. 5.3	Schéma pro výpočet charakteristických čar nádrže	19
Obr. 5.4	Charakteristické čáry nově navrhované MVN	21
Obr. 5.5	Charakteristické čáry nově navržené tůně	22
Obr. 5.6	Varianta 1 - zachování původního koryta	24
Obr. 5.7	Varianta 2 - půdorysně pravidelnější průběh	24
Obr. 5.8	Nové koryto v zátopě	26
Obr. 5.9	Konsumpční křivka nově navrženého koryta	26
Obr. 6.1	Schéma požerákové vpusti	27
Obr. 6.2	Schéma trubního vedení	27
Obr. 6.3	Schéma vývaru	28
Obr. 7.1	Díličí varianty návrhu bezpečnostního přelivu	29
Obr. 7.2	Varianta 1: Boční přeliv	30

Obr. 7.3 Varianta 2: Korunový přeliv.....	30
Obr. 7.4 Varianta 3: Kašnový přeliv.....	31
Obr. 7.5 Varianta 4: Sdružený objekt	31
Obr. 7.6 Bezpečnostní přeliv jako sdružený objekt spodní výpusti	32
Obr. 7.7 Schéma pro výpočet součinitele μ_p	33
Obr. 7.8 Konsumpční křivka bezpečnostního přelivu	35
Obr. 7.9 Konsumpční křivka rámové propusti	38
Obr. 7.10 Rámový propustek typu Beneš.....	38
Obr. 7.11 Schéma pro výpočet vývaru	39
Obr. 7.12 Schéma nově navrženého vývaru	41
Obr. 8.1 Křivka závislosti průměrného ročního výparu a nadmořské výšky (12).....	43
Obr. 8.2 "Cesta u pole"	44
Obr. 8.3 "Cesta u krmelce"	44
Obr. 8.4 Rozmístění litorálního pásma	45

SEZNAM TABULEK

Tab. 2.1 Seznam dotčených pozemků	9
Tab. 3.1 Hodnoty m-denních průtoků	10
Tab. 3.2 Hodnoty N-letých průtoků.....	10
Tab. 4.1 Hodnoty průsaku pro jednotlivé řezy	17
Tab. 5.1 Hodnoty zatopených ploch a objemů pro původní terén.....	20
Tab. 5.2 Hodnoty zatopených ploch a objemů pro nový terén.....	20
Tab. 5.3 Výpočet dílčích ploch a objemů pro tůň	21
Tab. 5.4 Plochy a objemy v jednotlivých výškových úrovních.....	22
Tab. 5.5 Výpočet objemu tělesa hráze.....	23
Tab. 5.6 Parametry nově navrženého koryta	26
Tab. 7.1 Prvotní odhady délek přelivné hrany pro dílčí výšky.....	29
Tab. 7.2 Tabulka pro určení součinitele μ_p z poměru h/t	33
Tab. 7.3 Konsumpční křivka bezpečnostního přelivu	34
Tab. 7.4 Výsledky posouzení rámové propusti	36
Tab. 7.5 Průběh hladiny v rámovém propustku.....	37
Tab. 8.1 Hodnoty pro stanovení minimálního zůstatkového průtoku (11).....	42

SEZNAM PŘÍLOH

- A.01 SITUACE
- A.02 PODÉLNÝ PROFIL TOKU
- A.03 PODÉLNÝ PROFIL HRÁZE
- A.04 VZOROVÝ PŘÍČNÝ ŘEZ
- A.05 PŘÍČNÉ ŘEZY HRÁZE
 - A.05.A PŘÍČNÉ ŘEZY HRÁZE
 - A.05.B PŘÍČNÉ ŘEZY HRÁZE
- A.06 PŘÍČNÉ ŘEZY ZÁTOPOU
- A.07 SDRUŽENÝ OBJEKT