



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

VD VLACHOVICE – BETONOVÁ TÍŽNÍ HRÁZ

VD VLACHOVICE - CONCRETE GRAVITY DAM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Juriga

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ZBYNĚK ZACHOVAL, Ph.D.

BRNO 2022



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

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

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Jan Juriga
Název	VD Vlachovice – betonová tížní hráz
Vedoucí práce	doc. Ing. Zbyněk Zachoval, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2021
Datum odevzdání	27. 5. 2022

V Brně dne 30. 11. 2021

prof. Ing. Jan Šulc, CSc.
Vedoucí ústavu

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

PODKLADY A LITERATURA

ČSN 75 2340, 2017. Navrhování přehrad – Hlavní parametry a vybavení. Praha: ÚNMZ.

Galatík, P., Švancara, J., Brázda, D., Koncepční příprava VD Vlachovice.

<http://www.vodohospodarske-stavby.cz/clanek/koncepcni-priprava-vodniho-dila-vlachovice/>

Chen, S.-H., 2015. Hydraulic Structures. Springer.

U.S. Bureau of Reclamation, 1987. Design of Small Dams. U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

V současné době se připravuje výstavba VD Vlachovice na řece Vláře, kde se předpokládá vybudování sypané hráze. Student provede alternativní návrh betonové tížní hráze VD Vlachovice včetně vypouštěcího, odběrného a bezpečnostního objektu. Výstupem bude technická zpráva a výkresová dokumentace.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

doc. Ing. Zbyněk Zachoval, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

V rámci této bakalářské práce byl zpracován alternativní návrh betonové tížní hráze VD Vlachovice, k již existujícímu návrhu zemní sypané hráze. Rovněž byl proveden návrh vypouštěcího, odběrného a bezpečnostního objektu. Úvod práce zahrnuje popis lokality a vyhodnocení místních podmínek. V další části je řešena stabilita hráze a únosnost podloží. Dále byl proveden návrh vypouštěcího, odběrného a bezpečnostního objektu. Část práce se také zabývá transformační schopností vodního díla. Na závěr byla vytvořena výkresová dokumentace a zjednodušený trojrozměrný model hráze. Podklady potřebné pro zpracování práce mi byly poskytnuty společností AQUATIS a.s. se svolením Povodí Moravy, s.p.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vlachovice, betonová tížní hráz, geologie, stabilita, spodní výpust, odběr, bezpečnostní přeliv.

ABSTRACT

As a part of this bachelor thesis an alternative design of the concrete gravity dam VD Vlachovice was made, to the already design of the earth-fill dam. The design of the outlet works, intake and spillway were also carried out as a part of the study. The introduction of the thesis includes a description of the site and an evaluation of local conditions. The next part deals with the stability of the dam and the load-bearing capacity of the subsoil. Furthermore, the design of the outlet works, intake and spillway were made. A part of the thesis also deals with the transformation of flood by the water reservoir. Finally, drawings and simplified 3D model of the dam were created. The documents necessary for the creation of the work were provided by company AQUATIS a.s. with the permission of Povodí Morava, s.p.

KEYWORDS

Vlachovice, concrete gravity dam, geology, stability, outlet works, intake, spillway.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Jan Juriga *VD Vlachovice – betonová tížní hráz*. Brno, 2022. 86 s., 50 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb. Vedoucí práce doc. Ing. Zbyněk Zachoval, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *VD Vlachovice – betonová tížní hráz* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 25. 5. 2022

Jan Juriga
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *VD Vlachovice – betonová tížní hráz* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 25. 5. 2022

Jan Juriga
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat panu doc. Ing. Zbyňku Zachovalovi, Ph.D., za odborné vedení, cenné rady, trpělivost a vstřícnou spolupráci při vypracování mé závěrečné práce. Také bych rád poděkoval společnosti AQUATIS a.s. za podklady, které mi se svolením Povodí Moravy, s.p. poskytli. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Jiřímu Švancarovi za cenné rady a odborný dohled. V neposlední řadě děkuji celé mé rodině za podporu při studiu.

Obsah

1	ÚVOD	1
2	CÍL PRÁCE A METODA ŘEŠENÍ	3
3	POSKYTNUTÉ PODKLADY	4
4	TECHNICKÉ ŘEŠENÍ – TECHNICKÁ ZPRÁVA	5
4.1	Popis území stavby	5
4.1.1	Rekognoskace stávajícího stavu území v místě přehradního profilu.....	6
4.1.2	Geodetické poměry	9
4.1.3	Inženýrsko-geologické poměry	11
4.1.4	Hydrogeologické poměry	20
4.1.5	Hydrologické poměry	21
4.1.6	Biologické hodnocení.....	23
4.1.7	Vliv stavby na okolní prostředí.....	24
4.2	Celkový popis stavby	25
4.2.1	Kompozice prostorového řešení	25
4.2.2	Kategorie vodního díla	28
4.2.3	Dispoziční, technologická a provozní řešení	29
4.3	Základní technický popis stavebních objektů a jejich zařízení	31
4.3.1	SO 1 Zakládání a úpravy v zátopě	31
4.3.2	SO 2 Betonová hráz	32
4.3.3	SO 3 Přísyp hráze.....	50
4.3.4	SO 4 Vývar	51
4.3.5	SO 5 Odpadní koryto.....	51
4.3.6	SO 6 Úpravy pod hrází	51
4.3.7	SO 7 Dům hrázového	52
4.3.8	SO 8 Správní budova.....	52

4.4	Dopravní řešení	52
4.5	Popis vlivu stavby na životní prostředí a jeho ochrana	52
4.6	Zásady organizace výstavby	53
4.7	Celkové vodohospodářské řešení	54
4.7.1	Hydrologické podmínky	54
4.7.2	Batygrafické charakteristiky nádrže	57
4.7.3	Řešení ochranné funkce	58
4.7.4	Účinek větrových vln	69
5	ZÁVĚR A HODNOCENÍ NAVRŽENÉHO ŘEŠENÍ	73
6	SEZNAMY	74
6.1	Literatura	74
6.2	Seznam veličin	77
6.3	Seznam zkratk	81
6.4	Seznam obrázků	82
6.5	Seznam tabulek	83
6.6	Seznam příloh	84

1 ÚVOD

V posledních letech dochází v České republice k výraznému nárůstu potřeby výstavby vodních nádrží, a to zejména za těmito hlavními účely: zásoba povrchové vody a protipovodňová ochrana. Výrazný posun v přípravách velkých vodohospodářských staveb přišel v posledních osmi letech, kdy nedostatek vody byl tak velký, že nutnost zadržovat vodu si uvědomoval snad každý. Je důležité také zmínit, že Česká republika (ČR) je takzvaná „střecha Evropy“ tudíž veškerá voda odtéká do okolních států, jako je tomu například u řeky Vlárý, která pramení ve Vizovických vrších v ČR a odtéká na Slovensko [1]. Proto je nutné apelovat na zadržení srážkových vod nejen v krajině a půdě, ale také v přehradních nádržích s dostatečnými kapacitami.

Výstavba vodního díla (VD) Vlachovice v lokalitě poblíž obce Vlachovice byla zvažována již od 50. let 20. století. Z dřívějších podkladů jako je Státní vodohospodářský plán, vyšel v roce 2011 dokument Generel území chráněných pro akumulaci povrchových vod a základní zásady využití těchto území. Na generel navázala technicko-ekonomická studie z roku 2015 od společnosti AQUATIS a.s. [14]. Z výstupů studie je vidět vysokou efektivnost vodního díla, ale také velký přínos pro danou lokalitu.

V rámci přípravy byly zvažovány různé varianty umístění přehradního profilu vodního díla [14]. Prvotně byla zvolena lokalita Bohuslavice, kvůli konfliktu se stávající zástavbou byl profil přesunut výše proti proudu nad obec Vlachovice. V roce 2009 byl navržen profil pod soutokem vodního toku Vlárý a Sviborky, bylo uvažováno s nižší výškou hráze. Nakonec byl v roce 2011 profil posunut nad soutok se Sviborkou. Uvažované byly dvě velikostní varianty, menší varianta s celkovým objemem 18,5 mil. m³ a větší varianta s celkovým objemem 29,1 mil. m³. Posléze byla zvolena větší varianta s maximální hladinou na kótě 390,00 m n. m. a celkovým objemem 29,1 mil. m³. [1]

VD Vlachovice se bude nacházet ve Zlínské kraji v okrese Zlín, severně od obce Vlachovice na řece Vlárě. Vlára je významná moravská řeka, která patří k povodí Váhu. Odtéká průsmekem v Bílých Karpatech a na Slovensku tvoří pravostranný přítok řeky Váh. Číslo hydrologického pořadí řeky je 4-21-08-052. Jedná se o vodní tok

s dochovaným přírodě blízkým charakterem koryta a údolní nivy. Plocha povodí nad přehradním profilem je 37,5 km². Rozsah lokality byl stanoven s ohledem na zájmy ochrany přírody a optimalizaci objemu nádrže. [15]

VD Vlachovice bude významným víceúčelovým VD. Dojde k posílení zásobování pitnou vodou v území s nedostatkem zdrojů vody v povodí řeky Vlárky. Vodárenské využití nádrže bude možné až po naplnění nádrže, které pravděpodobně bude trvat více let [26]. S výstavbou VD dojde také ke zvýšení ochrany před povodněmi, zároveň dojde k nadlepšení minimálních průtoků pro zajištění nezbytných ekologických funkcí řeky Vlárky pod VD.

Zájmová lokalita se z morfoloického hlediska jeví pro stavbu jako velice vhodná, z geologického hlediska je tomu naopak. Souběžně s upřesňováním koncepce VD byl prováděn inženýrsko-geologický průzkum, ze kterého plyne složitost základových poměrů. Vyskytují se flyšové horniny poloskalního charakteru s významným tektonickým postižením. To znamená, že během tektonických jevů došlo k přesunu flyšových bloků do údolí, následně nastalo zvětrávání, které má významný vliv na charakteristiky hornin. Do budoucna lze predikovat velké přetvárné charakteristiky podloží [III]. Z výše uvedených důvodů je zde plánovaná sypaná hráz, která neklade tak velké nároky na únosnost podloží [26].

Vodní dílo bude podle předběžného posouzení zařazeno do I. kategorie dle hlediska technickobezpečnostního dohledu (TBD) [26].

2 CÍL PRÁCE A METODA ŘEŠENÍ

Hlavním cílem této práce je zpracování návrhu přehradní betonové tížní hráze VD Vlachovice na řece Vláře v lokalitě Vlachovice. Návrh betonové tížní hráze je vypracován jako alternativa k uvažované sypané hrázi, která se v této lokalitě vzhledem ke geologickým podmínkám jeví jako vhodnější.

Postup návrhu hráze byl rozdělen do několika částí. Velmi důležitou roli v návrhu příčného profilu hráze mělo samotné podloží, které je v oblasti hráze proměnné a s materiály málo únosnými s pružně-plastickým chováním. V rámci této práce bylo přistoupeno ke zjednodušenému analytickému řešení stabilitního výpočtu, jehož použitelnost byla konzultována odborníkem z Ústavu geotechniky, Fakulty stavební, Vysokého učení technického v Brně Ing. Jiří Boštík, Ph.D. Pro vykreslení podélných a příčných řezů reliéfu terénu a pro vyhodnocení kubatur zemin, které vzhledem k hloubce a ploše založení základové spáry nejsou zanedbatelné, byl použit program CIVIL 3D. Po stanovení příčného profilu hráze byl proveden návrh parametrů výpustného, přelivného a odběrného zařízení. Navržen byl etážový odběrný objekt, který bude sloužit k odběru vody z různých úrovní v nádrži. Data pro vyhodnocení čar zatopených ploch a objemů a následné analýzy transformačních účinků nádrže byly získány s použitím programu QGIS. Po provedení hydrotechnických výpočtů byla vytvořena výkresová dokumentace odpovídající studii stavby. V poslední části práce byl vytvořen zjednodušený trojrozměrný (3D) model hráze, s hlavním účelem přiblížit navržené atypické řešení betonové tížní hráze.

3 POSKYTNUTÉ PODKLADY

O poskytnutí dat bylo mezi společnostmi AQUATIS a.s., se zodpovědnou osobou Ing. Jiřím Švancarou, a Janem Jurigou sjednáno dne 28. 2. 2022 ujednání [VI]. K dohodě byl připojen také vedoucí práce doc. Ing. Zbyněk Zachoval, Ph.D.

Poskytnuty byly tyto podklady:

- [I] *Vlára, Vodní dílo Vlachovice – předprojektová příprava Studie technického řešení VD Vlachovice.* AQUATIS a.s., 2020.
- [II] *Vlára, Vodní dílo Vlachovice, předprojektová příprava, geodetické práce.* CHECKTERRA, 2018. (konkrétně část dat v prostoru zamýšlené přehradní hráze)
- [III] *Vlára, Vodní dílo Vlachovice, předprojektová příprava, IG průzkum.* GEOTest, 2019. (konkrétně část IGP pro prostor hráze VD)
- [IV] *Vlára, Vodní dílo Vlachovice, předprojektová příprava – hydrologické podklady.*
- [V] *Vlára, Vodní dílo Vlachovice, předprojektová příprava - F.D3 - vodohospodářské řešení.* AQUATIS, a.s., 2019.
- [VI] *Ujednání o poskytnutí podkladů.* Brno, 2022.

Všechny podklady byly využity při vyhotovení bakalářské práce.

4 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ – TECHNICKÁ ZPRÁVA

Těleso hráze je navrženo jako tížní hráz s vylehčením. Maximální výška hráze je 39,7 m, délka hráze je 560 m. Celkový objem nádrže při maximální hladině 390,0 m n. m. je 29,1 mil. m³, plocha zátopy je 219,9 ha.

4.1 POPIS ÚZEMÍ STAVBY

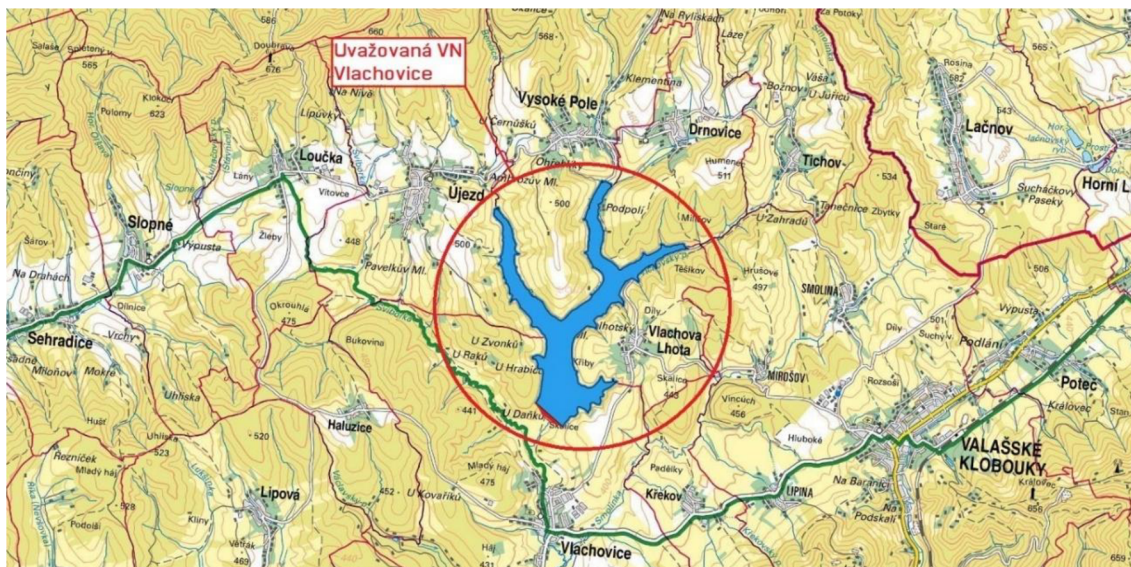
Terén širšího území je vertikálně velmi členitý, nadmořské výšky jsou v rozsahu 340,00–737,00 m n. m. Dle geomorfologického zatřídění lze zařadit zájmovou oblast do okrsků Drnovické pahorkatiny a Lačnovské vrchoviny. Krajinný ráz Drnovické pahorkatiny se vyznačuje mírně zvlněným reliéfem s velkou převahou pastvin a luk [21]. Nadmořská výška údolní nivy se pohybuje v rozmezí 340,0–375,0 m n. m., šířka nivy je proměnná v rozsahu 70–200 m, sklon svahů se vyskytuje v rozsahu 8–10° místy i více. Údolím protéká vodní tok Vlára. Jedná se o morfologicky vhodné území pro stavbu hráze s příznivým poměrem objemu hráze a zadrženým objemem vody. [1]

Mezi významné klimatické činitele ve Zlínském regionu patří především nadmořská výška území a také rozdílnost georeliéfu, tyto činitele ovlivňují většinu klimatických charakteristik. Na směr a rychlost větru ve vrstvě bezprostředně nad povrchem terénu má významný vliv georeliéf, zejména horské hřbety. Vlivem georeliéfu může docházet k zesilování jihozápadního a jihovýchodního proudění. [1]

Těleso hráze se nachází v lokalitě katastrálního území Vlachovice. V oblasti se vyskytuje malé množství zastavěných ploch. Zástavba se v plánované zátopě vyskytuje ojediněle, jedná se pouze o několik objektů roztroušené zástavby. Mezi obcemi Vlachova Lhota a Vysoké Pole se nachází dopravní komunikace, která prochází uvažovanou plochou zátopy. Dále se v dané oblasti vyskytuje řada inženýrských sítí, jako je radioreléová trasa, vysokotlaký plynovod, elektrické vedení vysokého napětí a telekomunikační kabely. [1]

Dotčená katastrální území jsou: Vlachovice, Vlachova Lhota, Drnovice u Valašských Klobouk, Vysoké Pole, Újezd u Valašských Klobouk, Loučka, Tichov, Haluzice, Křekov, Lačnov, Valašské Klobouky, Mirošov u Valašských Klobouk, Smolina. [27]

Lokalizace zájmového území je zobrazena červenou kružnicí na Obr. 4.1.



Obr. 4.1: Uvažovaný rozsah zátopy

4.1.1 Rekognoskace stávajícího stavu území v místě přehradního profilu

Fotodokumentace byla pořízena dne 11. 2. 2022 během terénního průzkumu zájmové lokality. Fotografie byly pořízeny autorem práce, k fotodokumentaci byl použit mobilní telefon Apple iPhone 7.



Obr. 4.2: Pohled na území přehradního profilu



Obr. 4.3: Levý svah údolí přehradního profilu



Obr. 4.4: Pravý svah údolí přehradního profilu



Obr. 4.5: Koryto Vlárý v přehradním profilu

4.1.2 Geodetické poměry

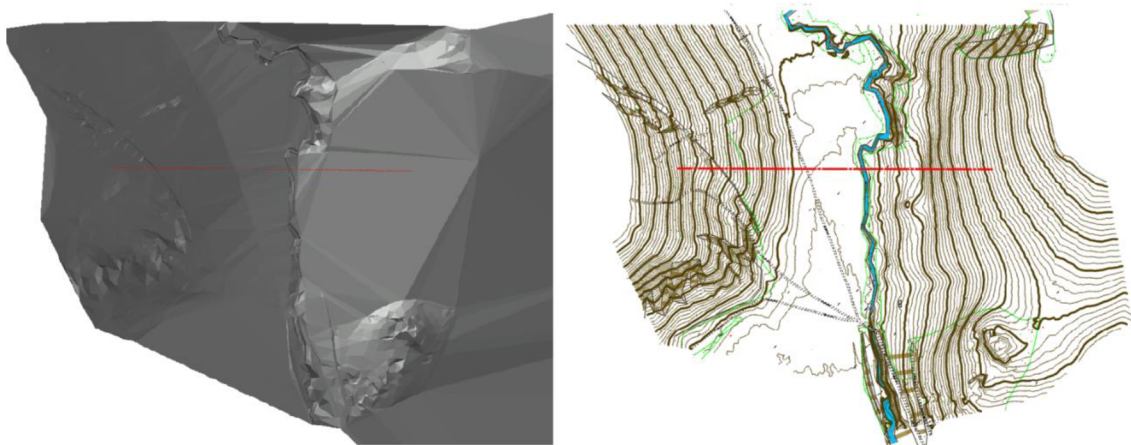
Podklady

Celá zájmová oblast je velmi rozsáhlá, celkově pokrývá plochu 511,9 ha [II]. Vzhledem k velikosti zájmové oblasti bylo využito několika geodetických dat. Jako hlavní geodetický podklad byl použit poskytnutý podrobný výškový popis oblasti hráze vyhotovený firmou AQUATIS a.s. (AQT) [I]. Dále byly použity podklady získané z Geoportál ČÚZK – WMS. Jedná se o digitální model reliéfu 5. generace (MDR5G), ortofoto mapu, základní mapu v měřítku 1:10 000 a 1:100 000 [10]. Záplavová území a vodní toky byly získány z digitální báze vodohospodářských dat (DIBAVOD) [13].

Charakteristika a obsah podkladů

Podrobný výškový popis oblasti hráze Obr. 4.6 byl zhotoven z dat stanovených několika metodami. Jednalo se o leteckou digitální fotogrammetrii s daty pořízenými skenováním povrchu v letech 2009 až 2013, měření pomocí globálního navigačního satelitního systému (GNSS) a o klasickou pozemní geodézii. Prioritně byla změřena celá oblast hráze leteckou digitální fotogrammetrií. Pomocí technologie GNSS byly zaměřeny samostatné objekty, jako jsou sloupy elektrického vedení a další objekty. Za pomoci totální stanice byla zaměřena koryta vodních toků, oblasti s vysokým porostem a lokality, které nebyly vhodné pro použití předešlých metod. [II]

Na Obr. 4.6 je zobrazen povrch terénu v oblasti hráze a osa plánovaného tělesa hráze.



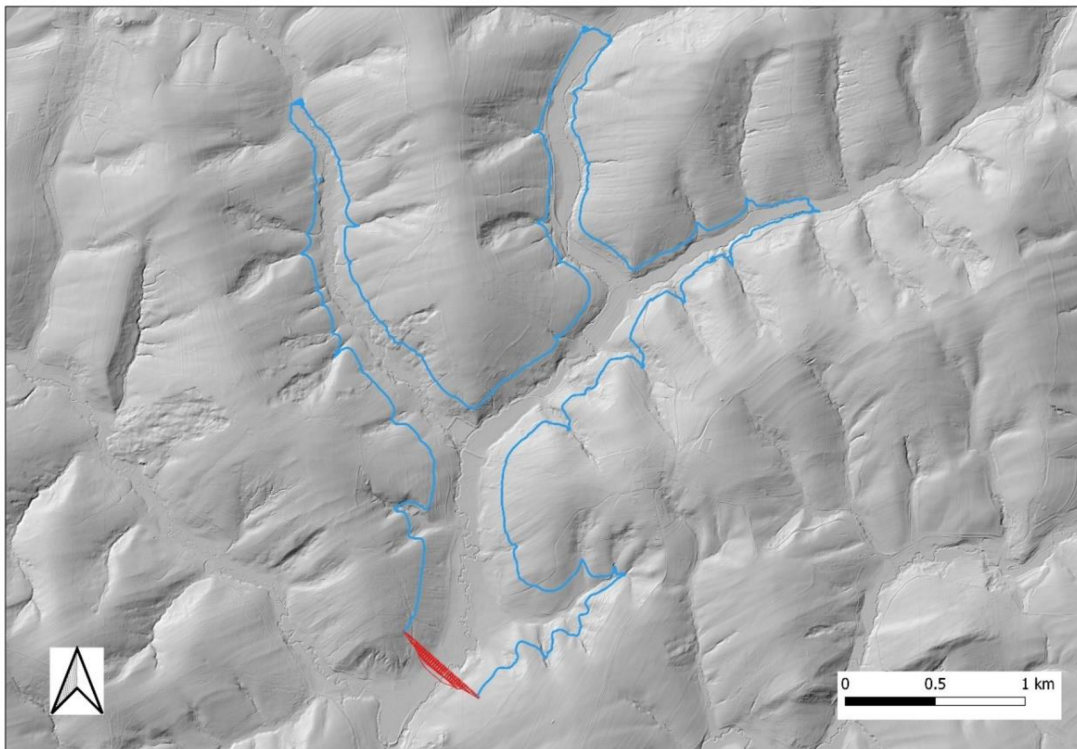
Obr. 4.6: Povrch terénu v oblasti hráze

DMR5G představuje zobrazení přirozeného nebo lidskou činností upraveného zemského povrchu v digitální podobě. Model povrchu je sestaven z trojúhelníkové sítě (TIN), která je složena z diskrétních bodů o souřadnicích X, Y, Z . Nadmořská výška Z je zobrazena ve výškovém systému Balt po vyrovnání (Bpv) s úplnou střední chybou výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,30 m v zalesněném terénu [10]. DMR5G pro oblast nádrže je zobrazen na Obr. 4.7 .

Doporučení a využití dat pro návrh

Z geodetického průzkumu vyplývá, že v dané oblasti je vhodná morfologie údolí pro výstavbu přehradní tížní hráze. Topografie přehradního profilu je rozhodující pro koncepci objektů přehrady [2]. Jedná se zejména o umístění bezpečnostního přelivu a výpustného zařízení, vedení obslužných komunikací a umístění domu hrázného a správní budovy.

Nejpodrobnější a nepřesnější data o terénu jsou provedena v oblasti tělesa hráze. S ohledem na přesnost stanovení dat byla pro návrh hráze a funkčních objektů přednostně použita data poskytnutá firmou AQT. Data z DMR5G byla použita pro oblast nádrže a okolního terénu.



Obr. 4.7: DMR5G [10]

4.1.3 Inženýrsko-geologické poměry

Podklady

V dané lokalitě byla v roce 1979 provedena řada průzkumů jejichž výsledky jsou do značné míry odlišné od výsledků současných prací. Vrtné práce byly prováděny i v jiných alternativních profilech, ale nikde nebyly zastiženy vhodnější geologické poměry pro stavbu hráze. [14]

V současné době je nejaktuálnější inženýrsko-geologický (IG) průzkum z roku 2020, který byl poskytnut jako podklad pro vypracování této práce [III]. Dále byl využit mapový server České geologické služby [16].

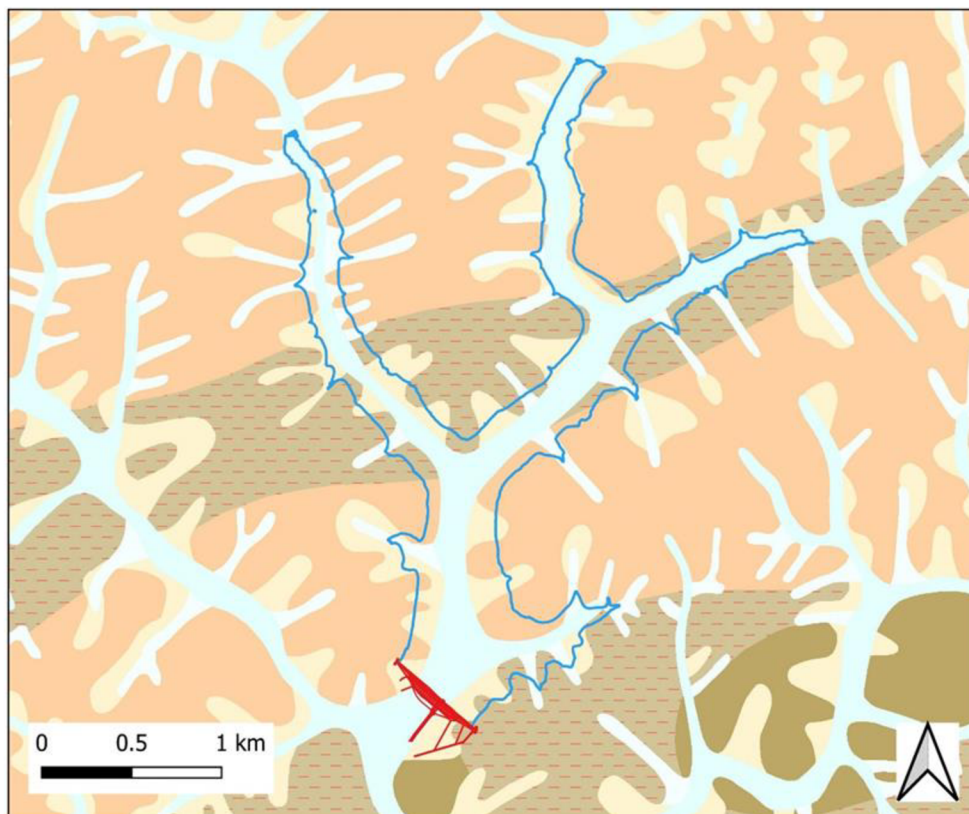
Charakteristika a obsah podkladů

Průzkumné práce provedené v rámci IG průzkumu byly rozděleny do dvou etap. První etapa se zabírala vhodností pozice přehradního profilu. Při této etapě bylo realizováno 6 nevystrojených jádrových vrtů s celkovou metrází 174,3 bm. Na základě získaných poznatků bylo rozhodnuto o finálním umístění přehradního profilu.

Do druhé etapy jsou řazeny činnosti jako geodetické práce, vrtné práce, geodetické zkoušky a hydrologické zkoušky. Při druhé etapě bylo realizováno 14 jádrových vrtů, které byly prováděny technologií jádrového vrtání na sucho, při vrtání bylo používáno pracovní pažení. V budoucnu budou provedeny navazující práce, odpovídající podrobnému průzkumu. [III]

Z hlediska geomorfologického zařazení je území součástí Alpsko-Himalájského systému reprezentovaného zde subprovincií Západní Karpaty. Z regionálně geologického hlediska spadá území do oblasti flyšového pásma. Toto horninové prostředí je z velké části složeno ze zpevněných sedimentů, minerální složení drobové, glaukonitické. Horniny se vyskytují v podobě prachovců a jílovců s vrstvami pískovců. V dané oblasti se vyskytuje značné množství svahových pohybů, nevyskytují se žádné geodynamické jevy. [16]

Na Obr. 4.8 jsou zobrazeny geologické poměry. Z geologické mapy je vidět rozmístění jednotlivých zemin a hornin v zájmovém území.



LEGENDA

Horniny GeoČR50	
kvartér	
KENOZOIKUM	
KVARTÉR	
1	navážka, halda, výsypka, odval
6	nivní sediment
7	smíšený sediment
12	písčito-hlinitý až hlinito-písčitý sediment
13	kamenitý až hlinito-kamenitý sediment
flyšové pásmo	
magurská skupina příkrovů	
KENOZOIKUM	
PALEOGÉN	
1898	pískovec, jílovec
1903	pískovec, jílovec, slepenec
1901	pískovec, jílovec

Obr. 4.8: Výstřižek z geologické mapy [16]

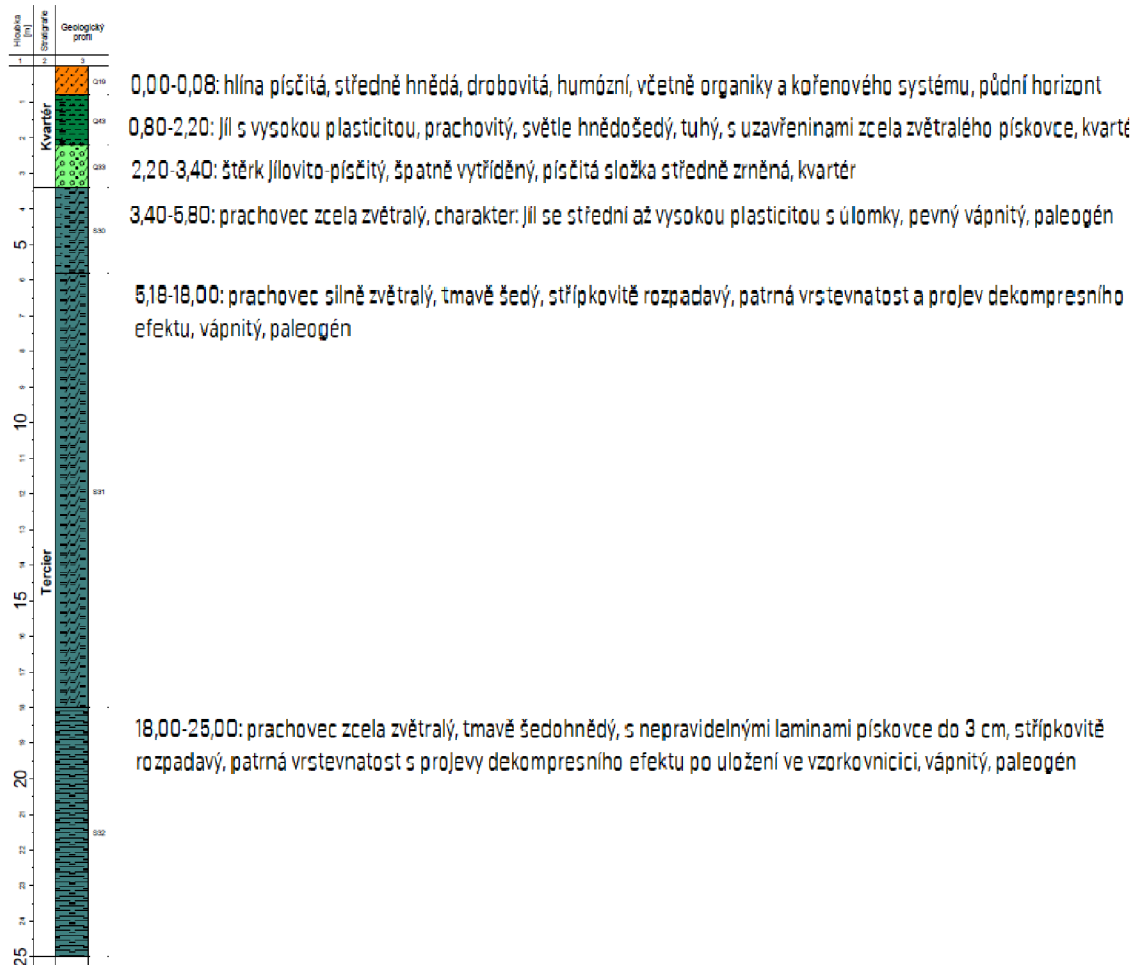
Oblast hráze byla prosondovaná 20 průzkumnými vrtými. Jedná se o jádrové vrtý a hydrogeologické vrtý s hloubkou od 7–50 m. Všechny průzkumné vrtý, kromě vrtů

J115 a J114, patří do katastru Vlachova Lhota, zbylé dva vrty se nachází v katastru Vlachovice v okrese Zlín. Na Obr. 4.9 jsou vyznačeny polohy a hloubky průzkumných vrtů v rámci plánované vodní nádrže. [III]



Obr. 4.9: Poloha průzkumných vrtů [III]

Na Obr. 4.10 je zobrazen příčný řez vrtem HVP133. Pro ukázkou je uvedena pouze geologie jednoho vrtu, kompletní geologická dokumentace je uvedena v IG průzkumu. Z řezu je patrná skladba jednotlivých geologických vrstev. Hladina podzemní vody je ustálená v hloubce 1,34 m pod terénem. [III]



Obr. 4.10: řez vrtu HVP133 [III]

Ze získaných dat lze vyhodnotit absenci přirozeného skalního odkryvu jak v místě přehradního profilu, tak v blízkém okolí, tudíž nebylo možno určit směr a sklon vrstev. Vyskytující se poloskalní horniny jsou v přípovrchových oblastech silně zvětralé, a to do hloubky cca 20 m. [I]

Levý svah

Svah lze rozdělit do dvou částí. Od koryta řeky Vlárky stoupá svah ve sklonu 10°, dále navazuje strmější svah se sklonem 14–25°, místy i větším. Svah je náchylný ke svahovým pohybům mělkého charakteru. [III]

Nachází se zde poměrně stejnorodá geologická skladba. Na povrchu se vyskytují humózní hlíny GT Q1 o mocnosti 0,4–0,5 m. Dále se vyskytují prachovité jíly GT Q2 s mocností 1,0–1,9 m. Skalní podloží GT J1 je tvořeno zvětralým prachovcem

a jílovcem zatříděným do kategorie R6, hloubka vrstvy sahá od 0,7–4,2 m. Typ materiálu odpovídá jílu se střední až vysokou plasticitou. Skalní podloží je tvořeno prachovci a jílovcí (GT J2–J4), které jsou nepravidelně prokládány vrstvami, popřípadě bloky pískovců (GT S2–S4). [III]

Údolní niva

V zájmovém území je niva rovinného charakteru se zvedajícími se okraji při pravém svahu. [III]

Zeminy GT Q1 mají při povrchu charakter humózní hlíny se střední až nízkou plasticitou, o mocnosti 0,1–1,1 m. Hluběji byl objeven horizont jílovitých hlín GT Q2 se střední plasticitou s mocností cca 1 m. Fluviální horizont tvoří jílovito–štěrkové písky až jílovito-písčité štěrky o mocnosti 1,3–2,5 m. Níže byl zastižen horizont skalního podloží GT J1 tvořený zcela zvětralými prachovci odpovídajícím zatřídění R6, vyskytuje se v hloubce cca 3 m pod terénem, postupně přechází do prachovců charakteru R5. V hloubce od 16–25 m se vyskytují především prachovce a jílovce charakteru R4 (GT J3), hluběji dochází k častějšímu střídání vrstev. Od cca 32 m pod terénem se vyskytují flyšové horniny odpovídající zatřídění R3 (GT J4). [III]

Pravý svah

Svah se vyznačuje menším sklonem než levý svah, sklon je proměnlivý ve spodní části 10–14°, ve vyšší úrovni až 25°. [III]

Na povrchu se vyskytují humózní hlíny GT Q1 se střední plasticitou, které zasahují do hloubky 0,6 m. Dále se vyskytují prachovité jíly GT Q2 se střední až vysokou plasticitou, jíly zasahují do hloubky cca 1,8 m. Horizont skalního podloží je tvořen zvětralými jílovcí a prachovci charakteru R6 (GT J1), byly zastiženy v hloubce 3,0–3,9 m pod povrchem. Prachovce charakteru R5 se vyskytují v hloubce odpovídající cca 7,4–11,2 m pod terénem. Prachovce s vyššími pevnostmi se vyskytují v hloubce cca 15 m pod terénem. [III]

V níže uvedené Tab. 4.1 jsou uvedeny charakteristické hodnoty geotechnických parametrů zemin, které jsou v dané lokalitě nejvíce zastoupeny.

Tab. 4.1: Vybrané charakteristické vlastnosti zemín [III]

Geotechnický typ zeminy			Q2a	Q2b	Q3a
Převažující zařazení dle ČSN 73 6133			F4 CS, F6 CI, F8 CH, F8 CV	F2 CG, F4 CS, F6 CI, F8 CH	F4 CI, F4 CS
Charakter zeminy			převážně soudržné zeminy		
Makroskopický popis zeminy			Jíly s proměnlivou příměsí, tuhé konzistence	Jíly s proměnlivou příměsí, pevné až tvrdé konzistence	Jíly s písčitou příměsí, měkké konzistence
Vlhkost zeminy	W	[%]	31	21	27
Mez tekutosti	WL	[%]	66	58	40
Mez plasticity	WP	[%]	26	27	18
Index plasticity	IP	[-]	39	29	21
Propustnost z křiv. zrnit.	k_1	[m·s ⁻¹]	<3,0·10 ⁻⁸	<3,0·10 ⁻⁸	<3,0·10 ⁻⁸
Objemová hmotnost	ρ	[kg·m ⁻³]	2 000	2 030	1 870
Objemová hmotnost suché zeminy	ρ_d	[kg·m ⁻³]	1 600	1 680	1 390
Hustota pevných částic	ρ_s	[kg·m ⁻³]	2 700	2 780	2 700
Pórovitost	n	[%]	42,0	39,7	41,2
Efektivní soudržnost	c_{ef}	[kPa]	15	20	13
Efektivní úhel vnitřního tření	φ_{ef}	[°]	22	24	22
Efektivní modul přetvárnosti	E_{def}	[MPa]	3-4	5-7	2-3
Poissonovo číslo	ν	[1]	0,40	0,38	0,40

Zastižené horniny

Většina hornin v zájmovém území vznikala v rámci flyšového vývoje, převažují prachovce, jílovce dále pískovce a v omezené míře břidlice. Významným činitelem

jsou navětralé horniny, úroveň zvětrání v nivě dosahuje až 25-30 m pod terénem. V úrovni nivy směrem k pravému svahu je hloubka zvětrání zastížena v hloubce 15 m pod terénem. Zvětrání má velký vliv na pevnostní a deformační charakteristiky hornin. Mezi nejvyskytovanější horniny v prostoru hráze lze zařadit prachovce různého stupně zvětrání. Velmi často jsou nepravidelně uspořádány spolu s jílovci, pískovci a místy jílovitými břidlicemi. [III]

V níže uvedených tabulkách jsou uvedeny základní charakteristické hodnoty geotechnických parametrů zastížených hornin. V Tab. 4.2 jsou uvedeny základní charakteristické vlastnosti. V Tab. 4.3 jsou uvedeny výsledky laboratorních zkoušek, které byly zaměřeny na fyzikální a mechanické vlastnosti. Zkoušky byly provedeny na vzorcích odebraných z různých hloubek z vrtů HVJ-127 a J-131. [III]

Tab. 4.2: Charakteristické vlastnosti hornin [III]

Geotechnický typ hornin			J1	J2	J3	S1
Převažující zatřídění dle ČSN 73 6133			R6/F6 CI, R6/F8 CH	R5	R4	R6/S4 SM, R6/S5 SC
			Zcela zvětralé prachovce a jílovce charakteru zemin	Silně zvětralé prachovce a jílovce	Mírně zvětralé prachovce a jílovce	zcela zvětralé pískovce charakteru zemin
Propustnost z křiv. zrnit.	k_f	[m·s ⁻¹]	7,3·10 ⁻⁸	<3,0·10 ⁻⁸	<3,0·10 ⁻⁸	3,7·10 ⁻⁶
Objemová hmotnost	ρ	[kg·m ⁻³]	2 310	2 330	2 360	1 950
Obj. hmotnost suché zeminy	ρ_n	[kg·m ⁻³]	2 150	2 130	-	-
Měrná hmotnost	ρ_n	[kg·m ⁻³]	2 730	2 720	-	-
Pórovitost	n	[%]	20,7	21,9	-	-
Poissonovo číslo	ν	[-]	0,35	0,32	0,30	0,35

Kritický úhel vnitřního tření	ϕ_{CS}	[°]	28	28	-	-
Efektivní soudržnost	C_{ef}	[kPa]	12,0-17,0	19,0-22,0	25,0-30,0	5,0-10,0
Efektivní úhel vnitřního tření	φ_{ef}	[°]	20,0	22,0	26,0	29,0
Presiometrický modul	E_p	[MPa]	30,4-50,0	60,0-130,0	180,0-130,0	-
Modul přetvárnosti	E_{def}	[MPa]	20,0-40,0	80,0-220,0	377,0-463,0	15,0-25,0
Modul přetvárnosti masivu	E_m	[MPa]	10,0-25,0	50,0-70,0	150,0	-
Modul pružnosti	E_p	[MPa]	-	140,0	470,0	-

Tab. 4.3: Výsledky laboratorních zkoušek [III]

Sonda:			HVJ-127	HVJ-127	J-131	J-131
Hloubka odběru vzorku:		[m]	8-10	11-13,8	11-12,4	14-15
Fyzikální vlastnosti:						
Objemová hmotnost	ρ_{ds}	[kg·m ⁻³]	-	-	2313	2331
Objemová hmotnost po vysušení	ρ_n	[kg·m ⁻³]	2161	2250	2132	2157
Objemová hmotnost po nasycení	ρ_{ns}	[kg·m ⁻³]	2307	2380	-	-
Pórovitost	n	[%]	19,7	19,7	21,9	20,7
Mechanické vlastni:						
Pevnost v prostém tlaku po nasycení	$\sigma_{c,N}$	[MPa]	13,7	25,6	-	-

Pevnost v prostém tlaku stanovená drcením nepravidelných těles	$\sigma_{cN,ds}$	[MPa]	-	-	0,50- 2,50	0,5
--	------------------	-------	---	---	---------------	-----

Doporučení a využití dat pro návrh

V technickém závěru průzkumné zprávy je vzhledem k nestejnoročnosti hornin a jejich nízké únosnosti doporučeno navrhovat hráze s velkou plochou základové spáry. Z výše uvedených dat byly pro návrh betonové tížní hráze využity charakteristické hodnoty geotechnických parametrů zemin a hornin. Jedná se především o objemové charakteristiky, efektivní parametry, propustnosti, pórovitosti a mechanické vlastnosti reprezentované pevností hornin v prostém tlaku.

4.1.4 Hydrogeologické poměry

Podklady

Hydrogeologické podklady jsou zpracovány zejména na základě hydrologických průzkumných prací, které byly realizovány v rámci IG průzkumu a archivních podkladů z předešlých let.

Charakteristika a obsah podkladů

Hydrogeologické průzkumné práce byly zaměřeny na stanovení základních hydraulických parametrů horninového prostředí. Pro stanovení hydraulických parametrů byly využity vrty HVJ-127, HVJ-128 a HVP-133. [III]

Ve vrtu HVJ-127 byly provedeny čerpací zkoušky, které byly prováděny v krátkém časovém intervalu 2 dnů. Dále byla realizována stoupací zkouška v časovém intervalu 1 dne, hlavním účelem zkoušky bylo ověření paleogenní zvodně. Ve vrtu HVJ-128 byla ověřena kvartérní zvodně. Měření úrovně vodní hladiny a vydatnosti vrtu probíhalo v průběhu zkoušek, naměřená data byla posléze vyhodnocována pomocí teorie neustáleného proudění podzemní vody. [III]

Hladina podzemní vody se vyskytuje v cca 1,5 m pod úrovní terénu. Podzemní voda podle výsledků pokusů nevykazuje síranovou ani uhličitánovou agresivitu na cement. [I]

Doporučení a využití dat pro návrh

Z testů vyplývá, že navětralé až zvětralé horniny zasahují do hloubky cca 15-16 m pod povrchem. Tuto zónu je důležité utěsnit vhodnými těsnicími prvky. Jako vhodný těsnicí prvek lze zvolit např. injekční clonu, která by měla být vetknuta do slabě propustných až nepropustných hornin, které se vyskytují v hloubce cca 17 m. [I]

4.1.5 Hydrologické poměry

Podklady

Hydrologické údaje pro profil nádrže byly získány z vodohospodářského řešení nádrže vyhotoveného firmou AQT [V]. Průběhy teoretických povodňových vln (TPV) TPV₁₀₀, TPV_{1 000}, TPV_{10 000}, byly převzaty z hydrologické studie pro plánovanou nádrž Vlachovice, studie byla zpracována ČHMÚ, v roce 2018 [IV].

Charakteristika a obsah podkladů

N-leté průtoky s opakováním *N*=100 jsou ve třídě přesnosti III. s orientační hodnotou střední kvadratické chyby 40 %. Průtoky s opakováním *N*=10 000 jsou ve třídě IV. [17]. Objemy a kulminační průtoky teoretických povodňových vln jsou stanoveny podle deterministické metody. [IV]

Dostupné údaje jsou uvedeny v Tab. 4.4 a Tab. 4.5.

Tab. 4.4: Hydrologické údaje pro profil nádrže [V]

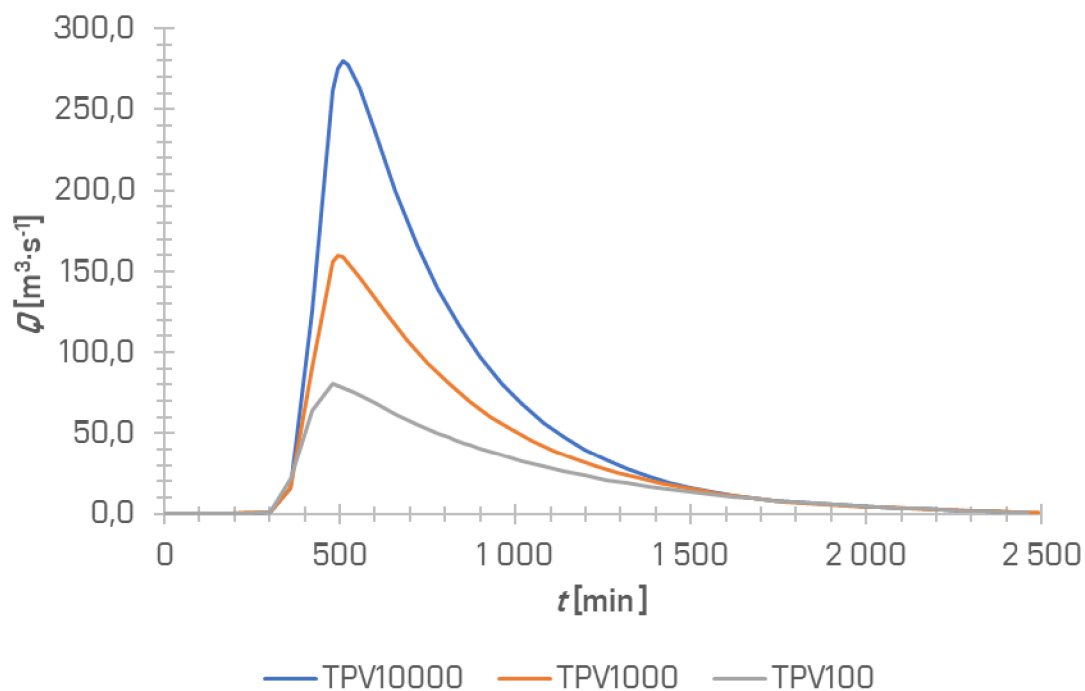
Vodní tok:	Vlára		Plocha povodí:			37,52 [km ²]	
Profil:	osa hráze		Průměrné srážky:			804 [mm]	
č. h. p.	4-21-08-0520		Průměrný dlouhodobý průtok:			0,323 [m ³ ·s ⁻¹]	
<i>m</i> [dny]	30	60	90	120	150	180	210
<i>Q_m</i> [m³·s⁻¹]	0,85	0,51	0,344	0,249	0,188	0,146	0,111
<i>m</i> [dny]	240	270	300	330	355	364	

Q_m [m ³ ·s ⁻¹]	0,084	0,061	0,046	0,032	0,014	0,002	
třída	III.						
N [let]	Q_1	Q_2	Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}
Q_N [m ³ ·s ⁻¹]	9,3	14,6	24,3	33,8	45,4	64	81
třída	III.						

Tab. 4.5: Objemy a kulminační průtoky TPV [IV]

	TPV ₁₀₀	TPV ₁₀₀₀	TPV _{10 000}
Q_N [m ³ ·s ⁻¹]	81	160	280
V [mil. m ³]	3,5	5,2	7,6

Na Obr. 4.11 jsou zobrazeny průběhy teoretických povodňových vln TPV₁₀₀, TPV_{1 000}, TPV_{10 000} [1].



Obr. 4.11: TPV [IV]

Doporučení a využití dat pro návrh

Vzhledem k tomu, že hydrologie musí pracovat s měnícími přírodními procesy a s existencí nejistot, tak je stanovena formální platnost dat na 8 let. V případě budoucího výskytu radikální odtokové situace v povodí, je doporučeno ověřit platnost dat před vypršením platnosti údajů. [IV]

Základním prvkem pro vypracování technického řešení je provedené vodohospodářského řešení nádrže, kde hlavními zdroji byly hydrologické podklady. Z hydrologických podkladů byly použity m-denní a N-leté průtoky, průměrný dlouhodobý průtok a průběhy TPV. [24]

4.1.6 Biologické hodnocení

Podklady

Dle § 67 zákona č. 114/1992 Sb. bylo pro VD Vlachovice zpracováno biologické hodnocení lokality [I]. Hodnocení je podrobně popsáno v samostatné příloze, která není součástí této práce.

Charakteristika a obsah podkladů

Obecně lze konstatovat, že zátopou VD Vlachovice dojde k úplnému zániku části významných krajinných prvků, lesních pozemků a také vodotečí Vlára, Benčice a Tichovského potoka. V plánované zátopě se vyskytuje velká diverzita jak rostlinných, tak živočišných druhů. Je důležité uvést, že na většinu živočichů vyskytujících se v dané lokalitě nebude mít ovlivnění migrace významný vliv. Z výsledků průzkumu vyplývá, že se v daném území vyskytují zvláště chráněné druhy živočichů a rostlin s vazbou na dotčené území. Je tedy nezbytné požádat o výjimky z ochranných podmínek druhů. [I]

Z lokality soustavy Natura 2000 se v území nenachází žádné ptačí oblasti ani Evropsky významné lokality. V blízkosti se nachází území chráněné krajinné oblasti (CHKO) Bílé Karpaty, ale zátopou vodního díla není dotčeno. [27]

Doporučení a využití dat

Pro udržení správné biologické funkce vodního toku bude nutné dodržení minimálních zůstatkových průtoků. Dále je nutné, veškeré terénní úpravy značného

rozsahu konzultovat se Správou CHKO Bílé Karpaty. Jedná se zejména o opatření plánovaná v těsné blízkosti či v samotné CHKO. S výstavbou VD se předpokládá vznik nových biotopů se stálou vodní hladinou, které budou sloužit jako útočiště pro řadu živočišných a rostlinných druhů. [1]

4.1.7 Vliv stavby na okolní prostředí

Podklady

Vliv stavby na okolní prostředí bude podrobně popsán po ukončení procesu EIA, v současné době není posudek k dispozici. Dále jsou k dispozici řešerše dokumentů týkajících se vyhodnocení vlivů na přírodní poměry v zájmové lokalitě VD Vlachovice. Tyto podklady jsou shrnuty v rámci studie technického řešení AQT [1]. Stavba přehrady bude mít zásadní vliv na okolní prostředí, a to v mnoha ohledech. V zásadě by měla snižovat účinky přirozených hydrologických katastrof, efektivně využívat vodní zdroje a zajistit lepší podmínky pro život. Pozitivní účinky zde převažují nad negativními, jelikož výstavba nádrže sebou nepřináší rozsáhlé přesídlování obyvatelstva ani zaplavení historických a archeologických památek a ekologických objektů. Mezi nepříznivé účinky lze zařadit akumulaci sedimentů v nádrži a vymílání vodního toku pod nádrží. [18]

Charakteristika a obsah podkladu

Vodní toky

Pod přehradou dojde k nadlepšení průtoků, míra nadlepšení bude záviset na množství odebírané vody pro vodárenské účely. Do toku pod přehradou bude vypouštěn nejméně minimální zůstatkový průtok, aby byla zajištěna jeho ekologická stabilita. [1]

Plocha povodí

V rámci studie technického řešení AQT [1] jsou navrhovaná na zemědělské půdě technická opatření a rovněž organizační opatření k zajištění omezení erozních dějů a zlepšení vodního režimu na zemědělské půdě. Zahrnují i nastavení zásad obhospodařování půdy umožňující koexistenci s vodárenskou nádrží. [27] V rámci studie jsou navržena i technická opatření na lesních plochách a také organizační

opatření. Dojde k omezení erozních dějů a zlepšení druhotné skladby lesa, která bude napomáhat ke zlepšení vodního režimu a jakosti vody ve vodní nádrži VD Vlachovice.

Doporučení a využití dat

Při návrhu koryta pod hrází není možné zohledňovat pouze vodohospodářské funkce, ale je zapotřebí přihlížet také k biologické vyváženosti toku. Úpravy v ploše povodí nejsou předmětem této práce.

4.2 CELKOVÝ POPIS STAVBY

VD Vlachovice bude realizováno jako víceúčelová nádrž s převažujícím účelem vodárenským. Mezi doprovodné účely lze zařadit protipovodňovou ochranu údolí Vlárky a nadlepšování odtoku z nádrže. [27]

Objekty při výstavbě a provozu VD lze rozdělit na trvalé a dočasné. V rámci bakalářské práce jsou navrhovány pouze trvalé objekty.

Stavba jako celek nebude určena pro bezbariérové užívání. Bezbariérový přístup bude mít pouze správní budova.

4.2.1 Kompozice prostorového řešení

Přehradní hráz je situovaná v geometricky nejpříznivějším místě daného území. Profil se nachází cca 565 m nad soutokem Sviborky a Vlárky [1]. Betonová přehradní hráz s přísypem je brána jako technické dílo, které zásadně změní ráz dané krajiny. I přesto, že se jedná o stavbu velkých rozměrů, která musí splňovat řadu technických požadavků (jako je stabilita, pevnost, trvanlivost apod.), byla snaha navrhnout takové řešení, které bude brát v potaz nejenom funkčnost, ale i estetičnost. Proto je návrh pojat tak, aby dílo co nejvíce splynulo s okolní krajinou a stalo se její nerušivou součástí.

Architektonické řešení hráze musí vycházet ze základních návrhových parametrů, které jsou zásadní a které nelze měnit, jedná se zejména o umístění, konfiguraci terénu, rozměry a materiály. Prostorové ztvárnění a koncepce příslušenství přehrady plně reflektuje zdejší podmínky. Hráz bude v krajině působit jako významná dominanta zdůrazňující charakteristické tvarové zvláštnosti konstrukce. K estetickému účinku přispěje zejména spojení dvou materiálů, a to betonu a zeminy. K betonovým blokům vylehčeným tzv. „kapsami“ bude přisypána

zemina, která bude pokryta travním porostem, na vodorovné ploše přísypu budou vysázeny křoviny malého vzrůstu s mělkým kořenovým systémem. Biologické oživení a decentní vyváženost různých materiálů napomůže ke snadnějšímu začlenění tělesa hráze do krajiny. [2]

V rámci práce byl v programu AutoCAD 3D vytvořen zjednodušený 3D model hráze. Z příčných řezů byly vymodelovány jednotlivé bloky, ze kterých byla následně sestrojena hráz. Poté byl z DMR5G vymodelován terén, do kterého bylo následně vloženo těleso hráze, podle kterého byl vytvořen v těsné blízkosti výřez terénu. Na konec byly k jednotlivým částem přiřazeny odpovídající materiály s výrazným barevným rozlišením.

Z modelu je patrné zejména architektonické ztvárnění a prostorové začlenění atypické stavby do terénu. Z jednotlivých bloků je možné sledovat především často zmiňovaný přísyp hráze a velkou hloubku založení. Z vytvořeného modelu lze usoudit, že těleso hráze bude tvořit zajímavý dominantní prvek, se specifickým ztvárněním. Architektonické řešení popisují přílohy č. E.1. a E.2.

Navrhované parametry stavby

Navrhované parametry VD Vlachovice jsou:

Typ vzdouvací stavby:	betonová tížní hráz
Délka hráze:	560 m
Maximální výška přísypu:	22,0 m
Kóta koruny hráze:	391,70 m n. m.
Maximální výška hráze:	38,7 m
Celkový prostor V_c :	29,11 mil. m ³
Mrtvý prostor V_m :	1,4·10 ⁻³ mil. m ³
Prostor stálého nadržení V_s :	2,04 mil. m ³
Zásobní prostor V_z :	22,41 mil. m ³
Ochranný prostor V_i :	4,66 mil. m ³

Neovladatelný ochranný prostor V_n :	3,89 mil. m ³
Ovladatelný ochranný prostor V_{ro} :	0,77 mil. m ³
Maximální hladina M_{max} :	390,00 m n. m.
Hladina mrtvého prostoru M_m :	353,00 m n. m.
Hladina stálého nadržení M_s :	365,00 m n. m.
Hladina zásobního prostoru M_z :	387,60 m n. m.
Hladina ovladatelného prostoru M_o :	388,00 m n. m.
Hladina ovladatelného retenčního prostoru M_{ro} :	388,00 m n. m.
Hladina ovladatelného retenčního prostoru M_{rn} :	390,00 m n. m.
Objem vody při M_z :	24,45 mil. m ³
Plocha hladiny při M_z :	181,83 ha
Typ bezpečnostního přelivu:	čelní přeliv
Kóta přelivné hrany bezpečnostního přelivu:	388,00 m n. m.
Šířka přelivné hrany bezpečnostního přelivu:	9,0 m
Délka přelivné plochy:	50,5 m
Délka skluzu od výpustí:	19,8 m
Hloubka vývaru:	6,8 m
Šířka vývaru:	9,0 m
Délka vývaru:	36,0 m
Celkový počet potrubí spodních výpustí:	2 ks
Celková kapacita výpustí při M_z :	21,7 m ³ ·s ⁻¹
Kapacita bezpečnostního přelivu při přepadové výšce 2 m:	54,5 m ³ ·s ⁻¹
Rozměr injekční chodby (šířka, výška):	2,60 m, 3,20 m
Rozměr revizní chodby (šířka, výška):	1,20 m, 2,20 m

Šířka odpadního koryta ve dně:

4,50 m

4.2.2 Kategorie vodního díla

VD pravděpodobně bude vzhledem ke své velikosti a možnému ohrožení území pod nádrží zařazeno do I. kategorie podle vyhlášky č. 471/2001 Sb. o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly [31].

K oficiálnímu zatřídění vodního díla do příslušné kategorie je pověřena specializovaná firma Vodní díla – TBD, která to provádí na základě posudku podle metodického pokynu č. 1/2010 k technickobezpečnostního dohledu nad vodními díly Tab. 4.6 [20].

Tab. 4.6: Zatřídění VD podle vyhlášky č. 471/2001 Sb. [31]

Kategorie	Kritéria
I.	Ohroženy řádově tisíce až desetitisíce lidí a předpokládány velké ztráty na lidských životech. Velké škody na určeném vodním díle, jehož následná obnova je velmi složitá a nákladná. V území na vodním toku pod určeným vodním dílem vzniknou rozsáhlé škody na obytné a průmyslové zástavbě, silniční a železniční síti, ohrožena jsou další určená vodní díla nebo jiná vodní díla. Ztráty způsobené vyřazením určeného vodního díla z provozu, z přerušení průmyslové výroby, dopravy ap. jsou velmi vysoké a těžko nahraditelné. Škody na životním prostředí jsou vysoké, překračují význam vyššího územního samosprávného celku, ekonomické důsledky se dotýkají celého státu.
II.	Ohroženy řádově stovky až tisíce lidí a předpokládány ztráty na lidských životech. Značné škody na určeném vodním díle, jeho následná obnova je složitá a nákladná. V území na vodním toku pod určeným vodním dílem vzniknou škody na obytné a průmyslové zástavbě, dopravní síti, ohrožena jsou další určená vodní díla nebo jiná vodní díla. Ztráty způsobené vyřazením určeného vodního díla z provozu, z přerušení průmyslové výroby, dopravy nebo jiné ztráty jsou značné. Škody na životním prostředí překračují význam vyššího územního samosprávného celku.

III.	Ohroženy řádově desítky až stovky lidí, mohou být ztráty na lidských životech. Poškození určeného vodního díla, obnova je proveditelná. V území na vodním toku pod určeným vodním dílem vzniknou škody na obytné a průmyslové zástavbě i dopravní síti, ohrožena mohou být další méně významná vodní díla. Ztráty způsobené vyřazením určeného vodního díla z provozu, z přerušení průmyslové výroby, dopravy nebo jiné ztráty jsou plně nahraditelné. Škody na životním prostředí nepřekračují význam vyššího územního samosprávného celku.
IV.	Ztráty na životech jsou nepravděpodobné. Poškození určeného vodního díla, obnova je proveditelná. V území na vodním toku pod určeným vodním dílem jsou malé materiální škody. Ztráty způsobené vyřazením určeného vodního díla z provozu jsou malé. Škody na životním prostředí jsou zanedbatelné.

4.2.3 Dispoziční, technologická a provozní řešení

Hráz

Betonová hráz je situována nad obcí Vlachovice cca 550 m nad soutokem řeky Vlárky a Sviborky. Uvedené umístění profilu bylo z morfologického hlediska zvoleno jako nejvhodnější, i když tvar příčného řezu údolí není typický pro betonovou hráz. Z IG průzkumů je zřejmé, že směrem po toku ani proti toku není vhodnější podloží pro založení stavby. [1]

Hráz je navržena jako tížní s přímou osou, která směřuje přibližně kolmo na vrstevnice. Zakřivením osy hráze by docházelo k přenášení velké části zatížení do boků údolí, toto řešení není v této lokalitě vhodné. Koruna hráze je ve výšce 371,70 m n. m., v nejhlubším místě má přehradní hráz výšku 38,70 m nad terénem. Příčný profil hráze je trojúhelníkového tvaru se svislým návodním lícem a skloněným vzdušným lícem, který je ve sklonu 42°. Štíhlostní poměr hráze odpovídá $\lambda = 1,10$, je výrazně větší, než je u hrází tohoto charakteru běžné. Navržená hodnota má své opodstatnění, jelikož je v dané lokalitě ne příliš vhodné podloží pro založení betonové tížní hráze, bylo zapotřebí navrhnout geometrii hráze tak, aby bylo splněno stabilitní posouzení [2]. Pro ekonomičtější využití materiálu vytěženého ze základové spáry

budou do betonových bloků vytvořeny tzv „kapsy“, které se následně vyplní zeminou. Zároveň dojde k významné úspoře betonu.

Přísyp hráze bude proveden do výšky 374,00 m n. m. Bude se jednat o materiál vytěžený na místě budoucí hráze. Materiál bude nestejnorodý, jedná se zejména o jíly se střední až vysokou plasticitou a hlíny se střední plasticitou. Sklon přísypu byl zvolen 1:2,5 z důvodu stability svahů proti usmýknutí. Lavičky budou od sebe vzdáleny ve svislém směru 10 m, šířka laviček je 2,5 m. Na lavičku, která bude v nadmořské výšce 374,00 m n. m. bude umožněn vstup z revizní chodby č. 2.

Bezpečnostní přeliv

Bezpečnostní přeliv je situován v bloku č. 16 společně se spodními výpustmi. Jedná se o čelní bezpečnostní přeliv s půdorysně přímou korunou kolmou na směr proudu přítoku. Přeliv má tlakovou proudnicovou plochu. Pro hydraulicky vhodný nátok na přeliv jsou předsunuta zhlaví bočních pilířů před návodní líc přelivu. Proudnicová plocha je ukončena hranou stropu komory regulačních uzávěrů, kde následně paprsek vodního proudu padá volně do vývaru. Proud vody je po celé délce bočně veden bočními zdmi.

Výpustné zařízení

Výpustné zařízení je situováno do strojovny výpustí v bloku č. 16. Jsou navrženy dvě výpusti o průměru DN 900. Zároveň je navrženo asanační potrubí o průměru DN 300 umístěné mezi výše uvedenými dvěma výpustmi. Na vtoku do potrubí jsou osazeny hrubé česle. Potrubí v celé délce bude kotveno k betonovým blokům. Na potrubí jsou osazeny tři uzávěry dva provozní a jeden revizní [8]. Vtok do potrubí má hydraulicky proudnicový tvar podle Lískovce. Výtok z potrubí je do komory regulačních uzávěrů.

Odběrné zařízení

Odběrné zařízení bude sloužit pro vodárenské účely. Jedná se o gravitační odběr. Jsou navržena 3 odběrná potrubí – etážové odběry v šachtě bloku č. 17, každým potrubím lze odebírat vodu z jiné úrovně. Na vtoku jsou umístěny česle, vtok je hydraulicky vhodně tvarován dle Lískovce. Pro regulaci průtoků a možnosti revize

budou na potrubí jednotlivých etážových odběrů osazena šoupata. Potrubí je po celé délce kotveno.

Vývar

Vývar je situován v místě bloku č. 16, ve kterém je umístěno jak přelivné, tak výpustné zařízení. Ve vývaru bude docházet k utlumení kinetické energie jak od výpustí, tak od přelivu. Jedná se o přímý vývar obdélníkového příčného průřezu s šířkou 9,0 m, délkou 36,0 m a zahloubením 6,8 m. Konstrukce bude z železobetonu, s tloušťkou dna 2,0 m.

Dům hrázného

Dům hrázného je situován na levém břehu hrázového profilu, k domu bude přivedena příjezdová komunikace, která bude přímo navazovat na komunikaci vedenou na koruně hráze.

Správní budova

Správní budova je situována na levém břehu hrázového profilu, vedle domu hrázného. Z provozní budovy bude možné vidět na bezpečnostní přeliv. V budově budou vyčleněny prostory pro kanceláře, společenskou místnost, dílny, garáže apod.

4.3 ZÁKLADNÍ TECHNICKÝ POPIS STAVEBNÍCH OBJEKTŮ A JEJICH ZAŘÍZENÍ

Technický popis stavebních objektů (SO) je vypracován pro betonovou tížní hráz s maximální hladinou na kótě 390,00 m n. m. Návrhové parametry jednotlivých stavebních objektů a technického zařízení je nutné brát s ohledem na to, že návrh byl ve většině případů proveden zjednodušeně pro účely studie. Další postup přípravy projektu by vyžadoval podrobnější zpracování jako je např. modelový výzkum, numerické simulace apod. [24]

4.3.1 SO 1 Zakládání a úpravy v zátopě

Jelikož je požadována betonová tížní hráz, u níž jsou kladeny velké nároky na únosnost a přetvárné charakteristiky podloží, je nutné odtěžit zeminu do značné hloubky. Zeminu je potřeba vytěžit až na skalní podloží, v případě VD Vlachovice až do

hloubky, kde se vyskytují méně zvětralé horniny. Zemina bude dočasně uložena do zemníků poté se použije jako přísyp k betonové hrázi. Přibližný objem vytěžené zeminy bude 203 900 m³.

V ploše zátopy nádrže je nutné odstranit veškeré vzrostlé porosty, které by mohly zapříčinit ucpání či poničení výpustného zařízení, odběrného zařízení a bezpečnostního přelivu. V ploše zátopy bude provede skrývka ornice, která se následně použije pro ohumusování přísypu.

4.3.2 SO 2 Betonová hráz

Těleso hráze je navrženo jako gravitační betonová tížná hráz s vylehčením. K betonové hrázi je přisypaná vytěžená zemina, která bude zároveň vyplňovat z návodní strany umístěné otevřené dutiny (dále kapsy) v jednotlivých blocích hráze. Přísyp má zásadní vliv na stabilitu hráze a zároveň dojde k využití zeminy, která bude vytěžena při zakládání betonové hráze. Návodní líc betonové části hráze je svislý, vzdušný líc je ve sklonu 9:10, uvedený sklon byl navržen se záměrem návrhu přehradního tělesa s velkou plochou základové spáry, aby došlo k rozložení napětí na co největší plochu.

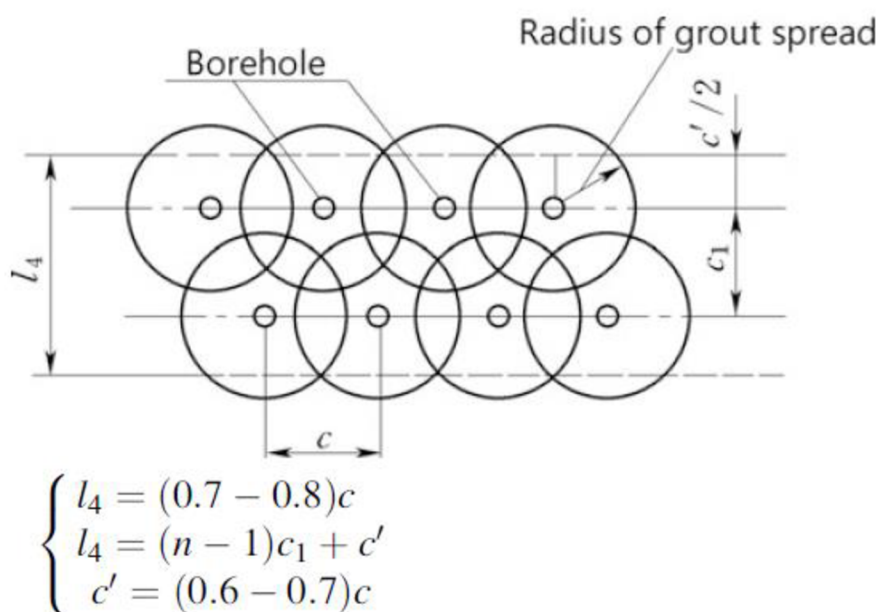
Hráz se skládá z 38 samostatných bloků oddělených svislými těsněnými dilatačními spárami. Pro utěsnění spár budou použity dva měděné pásy o tloušťce 1-1,5 mm. Mezi pásy lze aplikovat jímky s asfaltovou vrstvou, s instalovanými ocelovými tyčemi pro tavení asfaltu. Pásy jsou od sebe vzdáleny 0,5 m, vzdálenost prvního těsnění proti proudu je 0,5 m. [18] Bloky přehradního tělesa jsou široké 15,0 m. 22 bloků bude s vylehčením s kapsou, kapsa má šířku 9,0 m na styku s podložím má beton tloušťku cca 6,0 m.

Tělesem hráze prochází injekční štola, ze které bude prováděna injektáž a odvodňovací drenáže, které jsou ze vzdušné strany injekční clony ukloněny pod úhlem. Dále dojde k zainjektování podloží v místě zavázání dvojitého pásového těsnění. Injekční štola kopíruje terén a má rozměry příčného průřezu 2,60 m na šířku a 3,20 m na výšku. Příčné řezy jednotlivými bloky jsou uvedeny v příloze č. C. 6.

Injekční clona se vytvoří vyvrtáním pravidelné řady hlubokých vrtů. Hloubka, do které bude injektáž provedena závisí na úrovni relativně nepropustné vrstvy. Injekční clona zajistí minimalizování průsaku a snížení vztlaku na základovou spáru. Injekční

clony se dají provádět na bázi cementu, popřípadě na chemické bázi. Zároveň s injektáží je zapotřebí zhotovit odvodňovací drenáž, pro kontrolu prosakování a zmírnění vztlaku. Odvodňovací drenáže budou prováděny vždy v místě, kde není blok vylehčen. [18]

Na obrázku Obr. 4.12 lze vidět skladbu injekční clony. Kde c je rozteč vrtů v řadě, c_1 je rozteč os řad, která je o něco menší než rozteč otvorů. Celková šířka injekční clony je l_4 . [18]



Obr. 4.12: Šířka injekční clony [18]

Navržené hodnoty jsou: $c = 3,0$ m, $c_1 = 2,5$ m a $l_4 = 2,8$ m.

Po výšce bloku v místě dilatační spáry bude revizní šachta čtvercového příčného průřezu o délce stran 1,0 m, která začíná v koruně hráze poklopem a ukončena je 2,0 m nad základovou spárou z důvodu provádění injektování styku pásového těsnění a základové spáry. Hrází prochází dvě revizní chodby. Revizní chodba č. 1 se nachází v nadmořské výšce 364,00 m n. m., chodba č. 2 se nachází ve výšce 374,00 m n. m. Po celé výšce bloku v místě dilatační spáry jsou dvě řady pásového těsnění, které bude vytaženo 0,8 m nad maximální hladinu.

Koruna hráze je vyvýšena 1,70 m nad maximální hladinou, na koruně hráze se nachází účelová komunikace. Po obou stranách komunikace se nachází chodníky

s pochozí šířkou 1,5 m. Obrusná vrstva vozovky bude z betonu, na komunikaci je navržený odvodňovací systém vyústěný na vzdušnou stranu hráze. Na vzdušné i návodní straně je osazeno plné betonové zábradlí s instalovaným osvětlením. Nad bezpečnostním přelivem bude přemostění.

Popis jednotlivých bloků tížní hráze

V Tab. 4.7 jsou uvedeny základní charakteristiky jednotlivých bloků. H je výška bloku, L je délka bloku v základové spáře, Z je hloubka založení. Všechny bloky kromě krajních bloků č. 1 a č. 38 mají jednotnou šířku $B=15$ m, krajní bloky mají šířku $B=10,3$ m. Bloky č. 16 a č. 17 jsou podrobně popsány níže.

Tab. 4.7: Charakteristika jednotlivých bloků

SO	Číslo bloku	H[m]	L [m]	Z[m]	Poznámka
2.1	1	10,80	9,90	10,50	
2.2	2	12,75	12,68	10,50	
2.3	3	15,10	14,73	10,60	
2.4	4	17,70	17,57	10,75	
2.5	5	20,57	20,76	10,67	
2.6	6	23,48	23,88	10,25	
2.7	7	26,46	27,18	9,30	
2.8	8	29,40	30,40	8,53	
2.9	9	32,42	33,70	6,50	vylehčen
2.10	10	35,40	36,98	7,20	vylehčen
2.11	11	38,40	40,27	9,00	vylehčen
2.12	12	41,13	43,29	9,45	vylehčen
2.13	13	42,30	44,57	8,15	vylehčen
2.14	14	43,37	45,74	7,00	vylehčen
2.15	15	44,95	47,50	6,80	vylehčen
2.16	16	47,00	48,70	10,35	výpusti a přeliv
2.17	17	47,57	50,38	8,94	odběr
2.18	18	48,74	51,66	10,03	vylehčen
2.19	19	48,76	51,68	10,06	vylehčen
2.20	20	50,22	53,29	11,52	vylehčen
2.21	21	52,11	53,52	13,41	vylehčen
2.22	22	54,00	55,54	15,48	vylehčen
2.23	23	55,89	57,56	17,64	vylehčen
2.24	24	54,51	56,13	17,12	vylehčen
2.25	25	51,43	54,67	15,52	vylehčen
2.26	26	47,33	50,26	13,64	vylehčen
2.27	27	44,63	47,14	13,95	vylehčen
2.28	28	40,39	42,47	12,76	vylehčen
2.29	29	36,15	37,81	11,63	vylehčen
2.30	30	32,48	33,78	10,52	vylehčen
2.31	31	29,50	30,49	10,32	vylehčen
2.32	32	26,51	27,20	9,97	
2.33	33	23,52	23,91	9,49	
2.34	34	20,34	20,42	7,91	
2.35	35	17,02	16,77	8,43	
2.36	36	13,72	13,14	7,32	
2.37	37	10,47	9,56	6,63	
2.38	38	7,76	6,59	6,36	

Blok č. 16

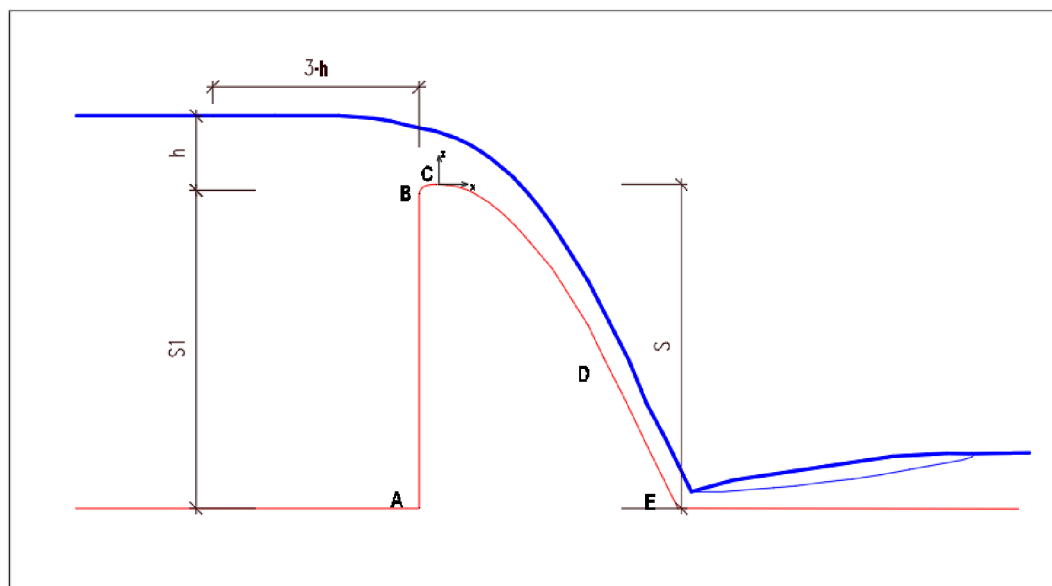
V bloku č. 16 se nachází spodní výpusti a přelivný objekt. U betonového bloku je situováno těleso vývaru, mezi oběma konstrukcemi je navržena dilatační spára. Příčný řez blokem č. 16 je vyobrazen v příloze č. C.4.

Bezpečnostní přeliv

Je navržen čelní bezpečnostní přeliv s proudnicovou plochou. Jedná se o jedno přelivné pole o šířce 9,0 m, korunový přeliv je nehrazený. Tvar přelivné plochy je navržen tak, aby se dosáhlo vysokého součinitele přepadu m . Pro hydraulicky vhodný vtok jsou předsunuta zhlaví bočních pilířů před návodní líc přelivu, mají půdorysný tvar z kruhových oblouků [19].

Konstrukce přelivu se skládá z těchto částí:

- návodní svíslá stěna (A, B),
- bod tečného napojení vzdušného líce (D),
- návodní část proudnicové plochy (B, C),
- povodní (vzdušný) část proudnicové plochy (C, D),
- lineárně skloněná část vzdušného líce (D, E). [30]



Obr. 4.13: Schéma značení [30]

Strojovna spodních výpustí

Strojovna je situována v bloku č. 16 a č. 17. Se strojovnou bude propojena chodba s výpustmi a přístupová chodba. Šířka strojovny je 6,50 m a výška je 7,20 m. V horní části strojovny jsou navrženy betonové konzoly, na kterých se bude pohybovat portálový jeřáb, který lze použít jak v místě odběrného zařízení, tak v místě spodních výpustí. V prostoru strojovny a všech přístupových cest bude instalováno osvětlení.

Výpustné zařízení

Jsou navrženy dvě výpusti, které jsou umístěny do strojovny výpustí. Na vtoku jsou umístěny hrubé česle s mezičeslicovou mezerou 0,11 m, následuje vtokový objekt. Vtok do potrubí výpusti má hydraulicky vhodný tvar podle Lískovce. Na potrubí v komoře uzávěrů je osazeno nožové šoupě DN 900, následuje klínové šoupě DN 900. Potrubí jsou navržena z korozivzdorné oceli DN 900, jsou kotvena k betonovým blokům, které jsou od sebe vzdáleny 4,50 m, osová vzdálenost mezi potrubími je 2,25 m, od vnitřní stěny injekční štoly je potrubí vzdáleno 1,70 m. Vzdušní provozní uzávěry jsou navrženy jako segmentové, budou disponovat vlastním ovládacím zařízením. Úhel kolen, pod kterými jsou skloněny segmentové uzávěry je 30°. Příčný průmět výtokového otvoru segmentového uzávěru bude obdélníkového profilu se zaoblenými rohy. Uzávěry jsou navrženy s půdorysným rozšířením. Rozšíření zajistí rovnoměrné rozložení vody po proudnicové ploše skluzu a rovnoměrné zatížení vývaru. [18], [11]

Asanační výpust

Asanační výpust je navržena na průtok $Q_{30} = 0,85 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Jedná se o potrubí DN 300, které je situováno ve žlabu pod podlahou v prostoru mezi výpustmi. Je kotveno k betonovým blokům, které jsou od sebe osově vzdáleny 3,0 m. Na potrubí jsou umístěny dva uzávěry, návodní provozní klínové šoupě a povodní provozní plunžrový uzávěr, který bude automaticky ovladatelný. V případě revize se uvažuje s použitím uzavíracího víka na vtoku do potrubí výpusti [11]. Příčný řez blokem č. 16 je zobrazen v příloze č. C. 4.

Blok č.17

V bloku č. 17 se nachází odběrné zařízení a přístupová chodba. Příčný řez blokem č. 17 je zobrazen v příloze č. C.5.

Přístupová chodba

Přístupová chodba se nachází v bloku č. 17. V chodbě je vedeno odběrné potrubí. Zároveň slouží jako hlavní přístup do hráze. Celková šířka chodby je 4,0 m, výška chodby je 3,0 m, vedle potrubí je prostor s šířkou 2,50 m. Jedná se o přístupovou chodbu, z tohoto důvodu je jednostranně široká jako injekční chodba.

Odběrné zařízení

Odběrné zařízení bude realizováno za vodárenským účelem, způsob proudění bude tlakový, gravitační. Jedná se o odběrný objekt hrázový s vedením potrubí v suché šachtě. Jsou navrženy 3 odběrná potrubí – etážové odběry, s každým potrubím lze odebírat vodu z jiné úrovně.

Na vtoku jsou osazeny česle s mezičeslicovou mezerou 0,06 m, vtok je hydraulicky vhodně tvarován. Pro regulaci průtoků a možnosti revize budou na potrubí osazena šoupata. Potrubí bude kotveno k betonovým blokům, které jsou od sebe osově vzdáleny 2,50 m. Ve vertikálním směru bude potrubí kotveno do stěny kotvami s kovovými objímkami.

Je navrženo potrubí DN 500 z korozivzdorné oceli, které je opatřeno vstupem a dilatačními vložkami. Návrh byl koncipován na $Q = 0,258 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, rychlost proudění v potrubí by měla být $1,30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Charakteristika betonu

Návrhová životnost vodohospodářských staveb se uvažuje 100 let a více. Na beton pro výstavbu VD jsou kladeny specifické nároky z hlediska složení, zpracování betonové směsi, postupu výstavby a vlastností vyzrálého betonu. Základními vlastnostmi, které musí krycí beton splňovat jsou zejména vodotěsnost, trvanlivost, pevnost a v neposlední řadě odolnost proti chemickým účinkům vody. [2]

V tabulkách níže jsou uvedeny pouze základní charakteristické vlastnosti betonu. Informace jsou uváděny pro masivní beton s tloušťkou větší než 2,0 m [6]. V dalších stupních přípravy je nutné informace upřesnit, popřípadě doplnit.

Tab. 4.8: Druhy betonu [6]

Druh betonu	Použití betonu	W/C
obalový vodostavební beton	přímo vystavený účinkům vody	0,45
jádrový vodostavební beton	beton vnitřních částí vodostavebních konstrukcí	0,90

Tab. 4.9: Vliv prostředí [6]

Třída konstrukce	označení stupně	popis prostředí	H	SO ₄ ²⁻	CO ₂	třída
			[m n. m.]	[mg·l ⁻¹]	[mg·l ⁻¹]	
S5-S6	XW1	stále ponořený beton	pod 365,00	<200	4,0-5,0	XA1
S5-S7	XW2	beton v oblasti kolísání hladiny	nad 365,00	<200	4,0-5,0	XA1

Výpočet účinků hydratačního tepla

Výpočet byl proveden podle normy ČSN 73 1208 [6]. Výpočtem se zjistí velikost tlakových napětí σ_{cT} od teplotních změn vyvolaných vývinem hydratačního tepla v období 3–28 dnů po zhutnění betonové směsi [6]. Výpočtem byly stanoveny optimální rozměry betonového bloku, ve kterém nebudou vznikat trhliny. Uvedené rozměry byly zohledněny při návrhu rozměrů betonových konstrukcí hráze.

Níže jsou uvedeny pouze základní vztahy a výsledky.

Směsný teplotní rozdíl [6]

$$\Delta T_b = T_{or} + \Delta T_{at} + \Delta T_{c1} - \Delta T_{c2} - \Delta T_{c3} - \Delta T_{c4} - \Delta T_{c5} - T_e \quad (4-1)$$

kde T_{or} skutečná počáteční teplota betonu (°C),

ΔT_a adiabatické zvýšení teploty betonu,

ΔT_{c1} proudění tepla vzhůru do ovzduší přes vrstvu ležící výše,

ΔT_{c2} rozdíl teploty vnějšího prostředí a počáteční teploty betonu,

ΔT_{c3} vývin hydratačního tepla svislým směrem po dobu, pokud není zkoumaná vrstva překryta vrstvou následující,
 $\Delta T_{c4}, \Delta T_{c5}$ proudění tepla vodorovně ve směru ke svislým lícům bloku.

Tahové napětí [6]

$$\sigma_{cT} = v_m \cdot E_b(t_d) \cdot \alpha_{T,b} \cdot \Delta T_b \quad (4-2)$$

kde $E_b(t_d)$ je modul pružnosti betonu v MPa v čase $t_d = t/2$,

$\alpha_{T,b}$ součinitel teplotní délkové roztažnosti betonu,

ΔT_b směrný teplotní rozdíl (°C),

v_m součinitel vystihující vliv velikosti bloku (v m) pro $b < 30$ m se uvažuje

$v_m = 0,03$.

Pevnost betonu v tahu v čase [6]

$$f_{ctm(t)} = (\beta_{cc}(t))^\alpha \cdot (f_{ctm}) \quad (4-3)$$

kde $\beta_{cc}(t)$ součinitel závislý na stáři betonu,

f_{ctm} pevnost betonu v tahu.

Vstupní parametry

Pro výpočet byly použity následující vstupní parametry:

beton = C25 / 30,

hydratační teplo cementu = 270 000 J·kg⁻¹,

hmotnost cementu v 1 m³ hotového betonu = 250,0 kg,

měrná tepelná kapacita betonu = 840,0 J·m⁻¹·den⁻¹·K⁻¹,

objemová hmotnost betonu = 2100 kg·m⁻³,

součinitel teplotní vodivosti betonu = 0,078 m²·den⁻¹,

součinitel tepelné vodivosti = 138 240 J·m⁻¹·den⁻¹·K⁻¹,

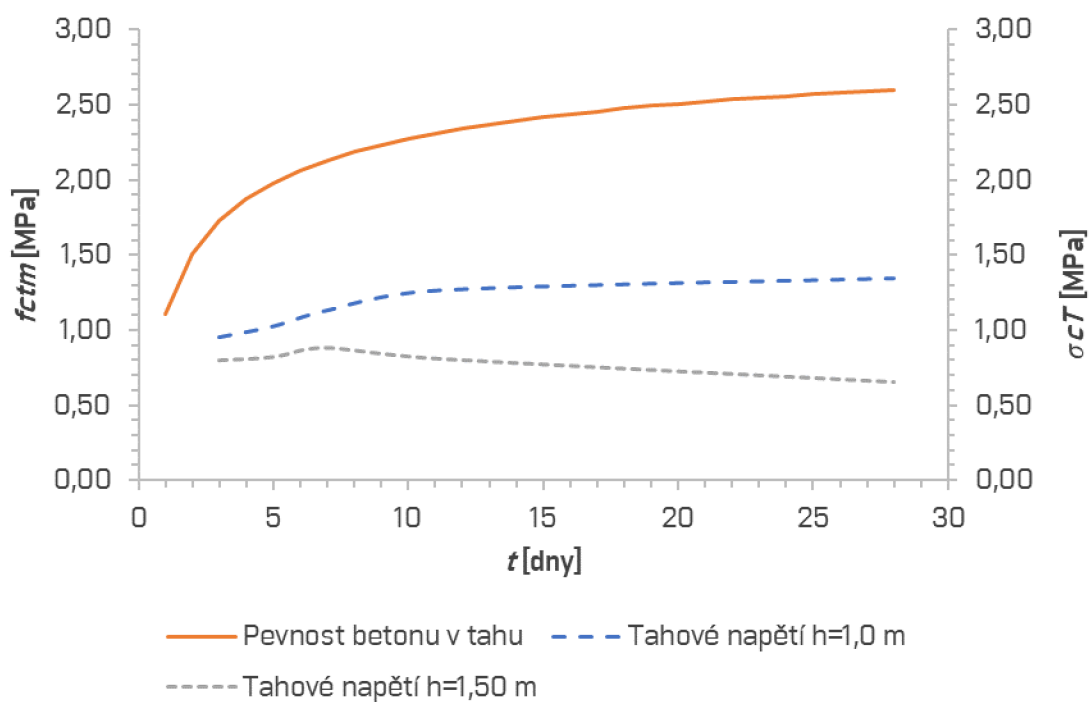
výška posuzované vrstvy = 1,0 m a 1,5 m.

V Tab. 4.10 jsou uvedeny hodnoty tahových napětí od teplotních změn v masivním betonu, výsledky jsou uvedeny pro mocnost posuzované vrstvy 1,0 m a 1,5 m.

Tab. 4.10: Tahová napětí od teplotní změny v čase

t	$\sigma_{cT}(h=1\text{ m})$	$\sigma_{cT}(h=1,5\text{ m})$
[den]	[MPa]	[MPa]
3	0,95	0,80
5	1,02	0,82
7	1,10	0,88
11	1,16	0,79
20	0,98	0,72
28	0,85	0,66

Na Obr. 4.14 jsou vyneseny křivky tahových napětí od teplotních změn v masivním betonu v čase a křivka pevnosti betonu v čase.



Obr. 4.14: Pevnost betonu v tahu

Při použití bloků s půdorysným rozměrem 3 · 3 m a výškou posuzované vrstvy 1 m nebudou v betonu vznikat trhliny od tahového napětí.

Mezní stavy únosnosti

Použitý přístup

Betonová hráz byla posouzena podle mezních stavů únosnosti (MSÚ) v souladu s normou ČSN EN 1992-1-1 [2]. Při dimenzování je prokazovaná stabilita proti posunutí, převržení a nadzvednutí. Ve všech případech musí být splněna podmínka spolehlivosti. Posudek byl proveden pro dvě návrhové situace, a to pro prázdnou nádrž a pro plnou nádrž. Výpočet stability za nehodové návrhové situace nebyl řešen v rámci této práce. Hladina vody v nádrži při výpočtu byla uvažovaná na kótě 390,00 m n. m. [22]

Předpoklady a přijatá zjednodušení

Základním předpokladem je, že betonové těleso je řádově méně přetvárné než podloží, a proto bylo považováno za dokonale tuhé. Dalším významným předpokladem je, že poloskalní podloží se chová při velké ploše základové spáry, tedy plošně malém zatížení, dominantně jako pružný materiál. Oba předpoklady jsou poměrně významným zjednodušením skutečnosti. Přijaty byly mimo jiné i z důvodu dosavadních znalostí a možností zpracovatele. Podloží v dané lokalitě je pružně plastickým materiálem, jehož bližší charakteristiky chování zatím nejsou známy. Při cyklickém zatěžování (kolísání hladiny v nádrži) se podloží může přetvářet, což může vést až k fatálnímu poškození podloží. Příkladem různého zatížení jsou stavy plné a prázdné nádrže. Při prázdné nádrži je v patě návodního líce velké napětí oproti patě vzdušného líce. Při plné nádrži je tomu naopak.

Jak bude zatěžovací obrazec vypadat záleží především na poloze těžiště hráze. Polohu těžiště hráze lze měnit zejména změnou geometrie profilu. V řešeném případě má na polohu těžiště hráze také značný vliv přísyp hráze, kterým dochází k zatížení vzdušného líce. To vede k rovnoměrnějšímu rozložení zatížení.

Je důležité zdůraznit, že podmínky pro založení hráze jsou v této oblasti velmi složité. V práci byly použity zjednodušené metody výpočtu, které jsou nedostatečné pro podrobné posouzení stability hráze. Při použití běžných výpočtů jsou významně zjednodušeny reálné poměry. V rámci případných navazujících stupňů projektové dokumentace je zapotřebí vypracovat podrobnou analýzu základových poměrů, jedná

se zejména o pružně plastické kalibrované 2D a 3D modely, kterými lze predikovat chování hráze a podloží. Z výše uvedeného vyplývá jako vhodnější v dané lokalitě navrhnout hráz sypanou.

Z důvodu neznalosti metod numerického modelování proudění pozemní vody byla pro stanovení velikosti vztlakových sil použita Blighova metoda [28].

Použitá symbolika:

S_w	hydrostatický tlak,
S_{ep}	zemní tlak,
S_l	tlak vln,
S_v	tlak prosakující vody na základovou spáru,
G	vlastní tíha tělesa hráze,
t	složky sil od normového zatížení orientovaného ve směru roviny základové spáry,
k	složky sil od normového zatížení orientovaného kolmo ve směru roviny základové spáry,
μ_{ef}	efektivní výpočtová hodnota součinitele smykového tření v klidu,
γ_{sit}	součinitel návrhové situace,
γ_{stp}	součinitel stability polohy,
γ_n	součinitel účelu,
ψ_c	součinitel kombinací zatížení,
$\gamma_{G,dst}$	destabilizující zatížení stálé,
$\gamma_{Q,dst}$	destabilizující zatížení proměnné,
$\gamma_{G,stab}$	stabilizující zatížení stálé,
$\gamma_{Q,stab}$	stabilizující zatížení proměnné [3] [2],
c'	efektivní soudržnost zemin v podloží základu,
$N_{cr}, N_{qr}, N_{\gamma}$	součinitele únosnosti,
$b_{cr}, b_{qr}, b_{\gamma}$	součinitele sklonu základové spáry,
$s_{qr}, s_{cr}, s_{\gamma}$	součinitel tvaru základu,
$i_{cr}, i_{qr}, i_{\gamma}$	součinitele šikmosti zatížení.

Stabilita proti posunutí

Při vyšetřování stability proti posunutí po smykové ploše bylo postupováno podle zásad mechaniky zemin a hornin. Stabilizační zatížení bylo reprezentované bez soudržnosti na smykové ploše [6].

Ve výpočtu je počítáno se zemním zatížením na vzdušném líci hráze, jako s dlouhodobým stálým zatížením. Před odstraněním násypu za jakýmkoli účelem je nutné vypustit veškerý akumulovaný objem v nádrži a až následně odstranit násyp. Vztah použitý pro posouzení byl [22],[6]

$$\begin{aligned} & \gamma_{sit} \gamma_n \psi_c [\gamma_{G,dst} \sum_i (S_{w,ti} + \mu_{ef} S_{w,ki}) + \gamma_{G,dst} \sum_i (S_{ep,ti} + \mu_{ef} S_{ep,ki}) + \\ & \gamma_{Q,dst} \sum_i (S_l + \mu_{ef} S_{l,ki}) + \gamma_{G,dst} \sum_i \mu_{ef} S_{v,ki}] \leq \\ & \gamma_{stp} [\gamma_{G,stb} \sum_j (\mu_{ef} G_{kj} + G_{tj}) + \gamma_{G,stb} \sum_j (S_{ep,ki} \mu_{ef} + S_{ep,ti})]. \end{aligned} \quad (4-4)$$

Stabilita proti převržení

Vztah použitý pro posouzení stability proti převržení byl [22], [6]

$$\begin{aligned} & \gamma_{sit} \gamma_n \psi_c [\sum_i (S_{w,di} + z_{wi}) + \sum_i (S_{ep,di} z_{epi}) + \sum_i (S_{l,di} z_{li}) + \\ & \sum_i S_{v,di} z_{vi}] \leq \gamma_{stp} [\sum_j (G_{dj} z_{gj}) + \sum_j (S_{di} z_{ep,di})]. \end{aligned} \quad (4-5)$$

Zde je třeba zdůraznit míru přijatého zjednodušení, že podloží vyskytující se v dané lokalitě je z velké části zvětralé, tudíž ho lze brát jako podloží poddajné. Tedy opření základu v jednom bodu je vyloučeno. Dříve než by k překlopení tělesa došlo, nastalo by překročení únosnosti základu. [22]

Stabilita proti nadzvednutí vztlakem

Velikost vztlakových sil byla stanovena podle zjednodušené grafické Blighovy metody [28]. Za účelem snížení vztlakových sil je navržena v celé délce hráze injekční clona s odvodňovacími drény vyústěnými do injekční štoly a dále odvodňovací potrubí v tělese vývaru.

Vztah použitý pro posouzení proti nadzvednutí byl [22]

$$\gamma_{sit} \gamma_n \psi_c \sum_i S_{v,di} \leq \gamma_{stp} \sum_j G_{dj} \quad (4-6)$$

Stanovení únosnosti plošného základu

Pro stanovení únosnosti plošného základu byla použita metoda z Eurokódu 7 Navrhování geotechnických konstrukcí (ČSN EN 1997-1). Tato metoda byla zvolena za předpokladu, že se v podloží plánované hráze nacházejí v hloubkách od 10 m do 15 m pod povrchem převážně silně až zcela zvětralé prachovce a jílovce charakteru zemin (dle ČSN 73 6133 jsou zařazeny do třídy R5 až R6). Po konzultaci s Ing. Jiřím Boštíkem, Ph.D., z Ústavu geotechniky, Fakulty stavební VUT, bylo dospěno k závěru, že silně zvětralé horniny třídy R5-R6 s pevností v prostém tlaku 0,5–2,5 MPa lze uvažovat jako zeminy.

Návrh hráze je zde na stranu bezpečnou. Když se uvažuje hmotnost přehradní hráze a zatížení, které na ni působí, tak je zřejmé, že zatížení se bude přenášet do větších hloubek, kde se vyskytují nezvětralé prachovce a jílovce s větší pevností.

Posudek byl proveden pro plnou i prázdnou nádrž.

Vztah použitý pro posouzení byl [9]

$$\frac{R}{A} = c'N_c b_c s_c i_c + q'N_q b_q s_q i_q + 0,5\gamma_{pod} B' N_\gamma b_\gamma s_\gamma i_\gamma \quad (4-7)$$

Vstupní parametry

Vstupní parametry použité pro výpočet byly [6]

$$\mu_{ef} = 0,32$$

$$\gamma_{sit} = 1,0$$

$$\gamma_{stp} = 0,9$$

$$\gamma_n = 1,2$$

$$\Psi_c = 1,0$$

$$\gamma_{G,dst} = 1,1$$

$$\gamma_{Q,dst} = 1,5$$

$$\gamma_{G,stb} = 0,9$$

$$\gamma_{Q,stb} = 0,0$$

Posudek bloků

V Tab. 4.11 je uveden poměr zatížení $E_{d,stb}/E_{d,dst}$ pro všechny bloky a všechny posuzované zatěžovací stavy. Pokud je poměr zatížení větší než 1,0, tak hráz

na posouzení vyhoví. Z tabulky Tab. 4.11 vyplývá, že všechny bloky vyhoví na mezní stavy únosnosti.

Tab. 4.11: Stabilitní řešení hráze

blok	stabilita proti posunutí	stabilita proti převržení	stabilita proti nadvzednutí	únosnost podloží (prázdná nádrž)	únosnost podloží (plná nádrž)	Přísyp	Poznámka
1	-	-	-	-	-	NE	
2	5,05	5,17	71,88	10,79	7,55	NE	
3	3,68	3,68	13,50	8,50	6,68	NE	
4	2,90	2,96	8,13	6,90	8,13	NE	
5	2,45	2,61	6,60	5,72	4,80	NE	
6	2,00	2,24	4,78	4,73	3,96	NE	
7	1,68	1,99	3,92	3,77	3,04	NE	
8	1,10	1,60	3,35	3,79	2,25	ANO	
9	1,06	1,61	3,04	3,04	1,85	ANO	
10	1,04	1,53	2,87	2,85	1,69	ANO	
11	1,08	1,58	3,06	2,92	1,76	ANO	
12	1,08	1,58	3,10	2,70	1,62	ANO	
13	1,05	1,53	2,96	2,32	1,35	ANO	
14	1,02	1,48	2,87	1,99	1,11	ANO	
15	1,01	1,47	2,87	1,84	1,01	ANO	
16	1,09	1,90	3,31	1,69	1,12	NE	výpusti,
17	1,05	1,53	2,99	1,93	1,16	ANO	odběr
18	1,08	1,56	3,11	2,10	1,27	ANO	
19	1,06	1,53	3,02	2,18	1,31	ANO	
20	1,09	1,57	3,06	2,25	1,42	ANO	
21	1,09	1,55	3,06	2,45	1,53	ANO	
22	1,12	1,59	3,17	2,62	1,70	ANO	
23	1,16	1,65	3,33	2,76	1,86	ANO	
24	1,18	1,68	3,32	2,90	1,98	ANO	
25	1,21	1,74	3,36	2,88	2,03	ANO	
26	1,19	1,70	3,3	3,0	2,05	ANO	
27	1,22	1,77	3,58	3,29	2,25	ANO	
28	1,39	2,30	4,51	3,39	2,69	ANO	
29	1,17	1,73	3,72	3,71	2,32	ANO	
30	1,18	1,76	3,80	3,97	2,56	ANO	
31	1,21	1,80	3,95	4,41	2,98	ANO	
32	1,71	2,02	4,0	3,87	3,15	NE	
33	1,84	2,10	4,29	4,33	3,59	NE	
34	1,86	2,05	4,27	4,58	3,67	NE	
35	1,93	1,80	3,06	6,06	5,40	NE	
36	2,66	2,42	5,95	7,72	6,42	NE	
37	5,26	4,52	7,54	12,94	9,88	NE	
38	-	-	-	-	-	NE	

Mezní stavy použitelnosti

Použitý přístup

Betonové konstrukce vodohospodářských objektů se navrhují podle mezních stavů použitelnosti v souladu s požadavky ČSN EN 1997-1 [9].

Z dlouhodobého hlediska je velmi pravděpodobné, že bude docházet k nerovnoměrnému sedání proměnného podloží s různou tuhostí, což může způsobovat smyková porušení a vznik trhlin, které se budou přenášet do základové horniny a následně i do tělesa hráze. Jakékoliv nerovnoměrné pohyby základů, vedoucí k deformaci v konstrukci, je nutné omezit na přijatelné hodnoty. [9]

Vzhledem k nepříznivým geologickým podmínkám pro stavbu betonové tížní hráze a z výše uvedených důvodů je zde uveden příklad chování betonové hráze na nepříliš vhodném geologickém podloží.

Stabilitní řešení VD Žermanice

VD Žermanice je jednou z mála betonových tížných přehrad vyskytujících se v ČR, která byla postavena na nepříliš vhodném geologickém podloží. Je zapotřebí zdůraznit složitost a proměnlivost podloží vyskytující se v dané lokalitě. Podloží má do značné míry podobné charakteristiky jako podloží vyskytující se pod VD Vlachovice, ale je potřeba zmínit, že není zcela stejné. Tudíž je Žermanická přehrada určitým zdrojem cenných informací, které jsou zúročeny při návrhu. Jelikož se jedná o betonovou tížní hráz, která byla dostavena již v roce 1958, tak máme k dispozici dostatek měření, která velmi kvalitně popisují, jak se v čase mění přetvárné charakteristiky podloží a pohyby tělesa hráze. [12]

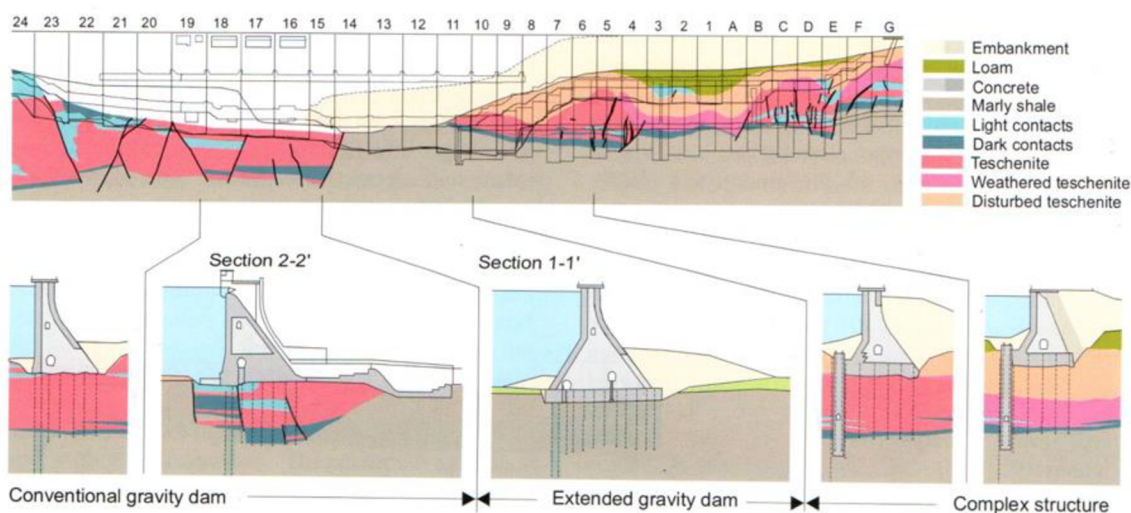
V následujícím textu je stručně popsáno neobvyklé chování stability Žermanické přehrady, konkrétně hráze a jejího podloží

Prvotní koncept návrhu musel být změněn podle dodatečných informací o skutečných geologických poměrech lokality, které byly zjištěny při výstavbě. V podloží bylo naraženo na narušenou slabou vrstvu slínové břidlice, to vyvolalo diskuzi, zdali betonovou tížní hráz je možné založit na takto slabém a narušeném podloží. Nakonec se od návrhu neustoupilo, ale bylo přistoupeno ke změnám. Povrch skalního podloží byl očištěn a ihned byla položena betonová vrstva, aby nedošlo

k rozbřednutí podloží. Dále byl ve střední části údolí rozšířen profil hráze a byly provedeny další úpravy jako je odvodnění paty hráze, injektáže podloží atd. [12]

Složité geologické podmínky si vyžádaly návrh tří profilů hráze:

- Konvenční gravitační přehradní úsek na těšínitu na levém břehu.
- Rozšířený úsek hráze založený na železobetonové desce a podepřené násypem na narušené břidlici ve středu území.
- Vybudování membránové zdi, opěrné zdi a násypu. Založení na rozpadlém propustném těšínitu na pravém břehu údolí.
- Použité metody a skladba podloží je zobrazena na Obr. 4.15.



Obr. 4.15: Typické řezy Žermanické přehrady přizpůsobené geologickým podmínkám [12]

Bloky založené na břidlici se chovají jinak než bloky založené na těšínitu. Na břidlici byly bloky nadzvedávány a postupně nakláněny po proudu, jedná se o bloky 14, 13, 12 a 11. Po více jak 40 letech provozu přehrady lze konstatovat, že většina úprav během výstavby měla své opodstatnění, které zvyšují bezpečnost přehrad. Přesto že dochází k některým neobvyklým pohybům, tak to neovlivňuje provoz přehrad. Deformace nevedou k porušení globální stability hráze. Nicméně je důležitý monitoring hráze a případné opravy. [12]

Navrhování na nepropustnost

U betonových konstrukcí vodohospodářských staveb se posuzuje počáteční těsnost. [6]

Vztah použitý pro stanovení počátečního průsaku vody betonem byl [6]

$$Q_{wi} = A_w \cdot i \cdot k. \quad (4-8)$$

kde k hydraulická vodivost betonu

i hydraulický sklon

A_w vodou omočená plocha betonové konstrukce

Vstupní parametry

$$k = 0,28 \cdot 10^{-10} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$t = 1,50 \text{ m}$$

Výpočet byl proveden pro každý blok zvlášť, pro zjednodušení byla brána průměrná hodnota hydraulického spádu vzhledem k výšce působícího vodního sloupce. Níže je uveden celkový průsak hráze. [6]

Posouzení

Celkový průsak vody dle vztahu (4-8) všemi 38 bloky je $Q = 206,22 \text{ l} \cdot \text{den}^{-1}$, což je $0,0024 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Uvedená hodnota je mnoho řádově menší, než je průtok $Q_{365d} = 0,002 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. S ohledem na vypočítaný průtok byly navrženy odvodňovací žlaby injekční štoly.

4.3.3 SO 3 Příšyp hráze

Příšyp hráze bude dosahovat do výšky 374,00 m n.m. Bude se jednat především o jíly se střední plasticitou, hlíny se střední plasticitou, jíly s vysokou plasticitou. Příšyp je z tohoto důvodu navržen ve sklonu 1:2,5. Lavičky jsou od sebe vzdáleny ve svislém směru 10 m, šířka laviček je 2,5 m. [11] Na lavičky je přístup z revizní chodby č. 2. Na příšypu bude 0,15 m tlustá vrstva ohumusování. Lavičky budou zpevněny drceným kamenivem např. stěrky. Řezy jednotlivými bloky s příšypem jsou uvedeny v příloze č. C.6. Objem příšypu byl volen tak, aby objem zbylé zeminy při stavbě VD byl co nejmenší. Hlavní objemy zemin jsou uvedeny v Tab. 4.12.

Tab. 4.12: Hlavní objemy zemin

	V[m ³]
Objem vytěžené zeminy:	203 900
Objem použité zeminy na zásyp a přísyp:	173 600
Objem zbylé zeminy:	30 300

4.3.4 SO 4 Vývar

Vývar bude sloužit společně pro utlumení kinetické energie vody převáděné bezpečnostním přelivem a spodními výpustmi. Je situován u bloku č. 15. Délka vývaru je 36,0 m, šířka 9,0 m a zhlouben musí být 6,8 m pod dnem odpadního koryta. Jedná se o přímý vývar obdélníkového příčného průřezu. Pro návrh vývaru byl použit transformovaný průtok 113,28 m³·s⁻¹. Jedná se pouze o předběžný návrh vývaru, účinnost tlumení je vhodné ověřit v rámci modelového výzkumu z důvodu srážení dvou proudů s různou rychlostí [2]. Konstrukce vývaru je tvořena z železobetonu, ukončení je ve sklonu 1:2. Vývarové zdi mají tloušťku 3 m jsou vytaženy cca 0,3 m nad úroveň přísypu bloku č. 15 a č. 17. Pro zmenšení vztlačový sil jsou do dna vývaru umístěna odvodňovací potrubí. Na konci vývaru jsou navržena zavazovací křídla. Půdorys vývaru je vyobrazen v příloze č. C.1.

4.3.5 SO 5 Odpadní koryto

Pod hrází bude nově vytvořeno odpadní koryto od spodních výpustí a bezpečnostního přelivu. Koryto je navrženo lichoběžníkového příčného profilu s hloubkou 1,6 m, šířkou ve dně 4,5 m a sklonem svahů 1:2. Upravovaný úsek toku má délku 204 m a podélný sklon 5,0 ‰. Stabilizace koryta je provedena pomocí lomového kamene [25]. Opevnění se skládá z kamenné záhozové patky a na ni navazujícího těžkého kamenného pohození svahů koryta tloušťky 0,3 m. Těsně za vývarovým prahem, kde se koryto zužuje z 9,0 m na 4,5 m je opevněno těžkým kamenným záhozem také dno toku. Řezy odpadním korytem jsou uvedeny v příloze č. D.1.

4.3.6 SO 6 Úpravy pod hrází

Pod hrází bude vybudována příjezdová cesta do podhrází. Bude se jednat o zpevněnou komunikaci, která bude napojena na stávající komunikaci, která

pokračuje k mostu, který vede přes řeku Vlárú. Dále bude umožněn vstup na přísyp hráze, a to za pomoci zpevněných cest přivedených k lavičkám. Úpravy pod hrází jsou patrné z přílohy č. A.3. Původní koryto pod hrází s délkou cca 120 m bude z velké části zasypáno, a to za účelem výstavby nového odpadního koryta.

4.3.7 SO 7 Dům hrázného

Dům hrázného bude situován na levé straně přehradní hráze, je navržen se dvěma podlažími. zastavěná plocha domu je 150 m². K domu bude přivedena příjezdová komunikace, která přímo naváže na komunikaci vedenou po koruně hráze.

4.3.8 SO 8 Správní budova

Správní budova je umístěna vedle domu hrázného, jedná se o dvoupodlažní budovu se zastavěnou plochou 167 m². Budova bude vytápěna, bude disponovat sociálním zařízením, kanceláři a také společenskou místností. Ze správní budovy lze vidět na hladinu vody v nádrži.

4.4 DOPRAVNÍ ŘEŠENÍ

Silniční komunikace III/4942 v úseku Vlachova Lhota – Vysoké Pole prochází zátopou budoucí nádrže VD Vlachovice, komunikaci bude za potřebí s výstavbou VD přeložit. Komunikace musí být nahrazena. Minimálním cílem je zachovat dopravní obslužnost v zájmovém území. Náhradní komunikace musí být uvedena do provozu před dokončením přehradní části a úprav v zátopě. Také s výstavbou VD dojde k narušení sítě existujících lesních a polních cest, místních a účelových komunikací. Změny cestní sítě je možné realizovat nezávisle na VD Vlachovice, avšak celý systém cest může být dokončen až po napojení komunikace III/4942 a obslužné komunikace v prostoru nádrže. [1], [27]

Návrh dopravního řešení nebyl v souladu se zadáním práce blíže řešen.

4.5 POPIS VLIVU STAVBY NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ A JEHO OCHRANA

Jelikož stavba spadá do posouzení EIA, bude popis vlivu na životní prostředí a jeho ochrana podrobněji popsána v dalším stupni dokumentace [1]. Zde je uveden pouze základní výčet možných typů znečištění, které mohou mít vliv na zhoršení životního prostředí.

Výstavba přehrady je významným zásahem do životního a přírodního prostředí. I když se dílo nachází mimo oblast s velkou koncentrací obyvatelstva, tak v okolí stavby budou znatelně zatíženy a poškozeny komunikace, znemožní se hospodářské využití pozemků. Dále budou kladeny zvýšené požadavky na elektrorozvodnou síť. Stavební stroje, které budou použity pro výstavbu budou zdrojem hluku, výfukových plynů, prachu a dynamických účinků. [2] Při výstavbě budou také vznikat odpady, se kterými je potřeba nakládat dle zákona č. 541/2020 Sb. Odpad bude shromažďován, tříděn a likvidován dle kategorií, které jsou stanoveny vyhláškou č. 273/2001 Sb. [31] Bližší hodnocení stavby na životní prostředí nebylo v souladu se zadáním práce blíže provedeno.

4.6 ZÁSADY ORGANIZACE VÝSTAVBY

Výstavba přehrad je náročná jak z hlediska vysokých požadavků na kvality prací, tak také z množství přidružených prací, které jsou pro výstavbu nezbytné [2].

V první řadě je nutné napojení staveniště na stávající dopravní a technickou infrastrukturu. To bude provedeno po nově navržené obslužné komunikaci, která bude situována kolem řeky Vláry. Příjezdovou komunikaci je zapotřebí vybudovat v předstihu. Dále bude stavba napojena na rozvodnou síť elektrické energie. S připojením k síti je nutné počítat i po dokončení stavby. [1]

Staveniště je složitý provozní komplex, jehož hlavní část tvoří zařízení pro výrobu, dopravu a ukládání betonové směsi. V těsné blízkosti staveniště je zapotřebí po dobu betonáže uskladnit v zemních vytěženou zeminu. Tato zemina bude následně přisypána k betonovým blokům. Hlavním provozním zařízením staveniště je mobilní betonárka s přidruženými provozy. V těsné blízkosti budou situovány skládky drceného kameniva do betonu a zásobníky cementu. Voda odebíraná z toku musí mít předepsané chemické složení, pokud složení vody vyhovuje, lze ji používat jako záměsovou. Důležitou částí přípravy staveniště je samotné odvodnění stavby. V první fázi se voda povede korytem při patě levého svahu, v další fázi bude voda převáděna přes rozestavěné těleso hráze vynecháním jednoho bloku. [2]

Prvořadým úkolem v rámci stavby hráze je správné založení, na které následně navazují všechny ostatní práce. Jelikož pevnost skalního podloží je velmi malá, není vhodné pro úpravu základové spáry používat např. odstřel. Povrch skalního podloží

by měl být „drsný“, zbavený nečistot. Z praxe je známo, že při zakládání se většinou narazí na něco, s čím nebylo uvažováno při návrhu, proto je důležité všechny nálezy, popřípadě navržené změny, konzultovat s kvalifikovanými odborníky. Není výjimkou, že mohou během výstavby být dodatečně navržena opatření, kterými lze zajistit zlepšení skutečných základových poměrů. Jako tomu bylo např. u Žermanické přehrady, viz kapitola 4.3.2, kde tato opatření mají vliv na bezpečnost přehrady. Pokud se vyskytnou výrony podzemní vody je nutné je zachytit a odvést mimo základovou spáru.

Pro betonáž jednotlivých bloků lze použít posuvné bednění, beton musí být vodotěsný, trvanlivý, odolný proti chemickým látkám. Tvrdnutí betonu vede k velkému teplotnímu namáhání, vývin hydratačního tepla závisí na obsahu cementu v betonové směsi, viz kapitola [1]. Výstavba bude probíhat po jednotlivých blocích, které budou vznikat postupným nadbetonováním pracovních bloků na sebe. V závislosti na účinnosti vibrační techniky má vyšší vrstva překrýt nižší v době, kdy je beton ještě nezatvrdlý. Při použití bednění je nutné počítat s pásovým těsněním, které zasahuje do vedlejšího bloku.

V druhé fázi výstavby bude realizován příryp hráze. Sypání bude provedeno v tenkých vrstvách 0,1–0,3 m, hutnění bude ježkovými válci a po dešti se vždy odstraní vrstva v tloušťce minimálně 0,15 m. K přísypu bude použita zemina vytěžená z podzákladí. [2]

Podrobný postup výstavby, ochrany okolí staveniště, zábory, požadavky na související asanace apod., nebyly součástí zadání práce, proto zde nejsou blíže popsány.

4.7 CELKOVÉ VODOHOSPODÁŘSKÉ ŘEŠENÍ

4.7.1 Hydrologické podmínky

Celé povodí Vláry je uzavřené území, do povodí nepřitékají žádné vnější vody, je odkázané pouze na srážky, které dopadnou na plochu povodí. Pro posílení průtoků Vláry je ve zpracovaných podkladech uvedena možnost převodu části průtoků ze sousedních povodí Sviborky a Smolinky.

Charakteristiky povodí Vlára k profilu hráze

Rozloha povodí řeky Vlára má podle podkladů (ČHMÚ 2018, ČÚZK 2018) 37,52 km². Oblast povodí je poměrně členitá, průměrná nadmořská výška povodí je 487 m n. m. Údolnice povodí má délku 11,75 km a sklon 3,04 %. Průměrný sklon povodí se pohybuje kolem 18,58 %. Lesnatost povodí je 46 %. [IV] V zájmové lokalitě se nenachází žádné významné VD.

Jakost podzemní vody

Přirozená jakost podzemních vod je ovlivněna především zemědělskou činností, kdy dochází k ovlivnění formou lokálního nebo plošného znečištění.

Identifikace bodových a plošných zdrojů znečištění

V horní části povodí leží katastrální území 4 obcí, a to včetně intravilánu. Jedná se o poměrně netypickou situaci pro nádrž, která má sloužit k vodárenským účelům. Nezalesněné plochy zde mohou být potenciálním zdrojem různých typů znečištění. [I]

- Komunální znečištění.
- Znečištění ze zemědělské činnosti.

Vyhodnocení jakosti vody ve Vláře

Třídy jakosti pro vodní tok Vlára, jsou určeny dle ČSN 75 722, viz Tab. 4.13. Posudek jakosti vody ve vodním toku Vlára je taktéž uveden v Tab. 4.13. Jestliže je uvedeno „ano“, tak naměřená hodnota vyhovuje požadavkům uvedeným v nařízení vlády, pokud „ne“, tak nevyhovuje. Z hodnot, které jsou uvedeny v tabulce vyplývá, že jakost vody v řece Vláře je v přijatelných mezích.

Tab. 4.13: Jakost vody [23]

Třída jakosti dle ČSN 75 7221							Porovnání s hodnotami přípustného znečištění (roční průměr) NV č. 401/2015 Sb.					
BSK ₅	CHSK _{Cr}	N-NO ₃	N-NH ₄	Fosfor celkový	Sířany	Výsledná třída	BSK ₅	CHSK _{Cr}	N-NO ₃	N-NH ₄	Fosfor celkový	Sířany
							3.8 mg/l	26 mg/l	5.4 mg/l	0.23 mg/l	0.15 mg/l	200 mg/l
2	3	2	2	3	1	3	ano	ano	ano	ano	ano	ano

Prognóza jakosti vody v nádrži

Teplota vody zachycená v nádrži významně poroste v období duben až srpen. Na vznik a sezónní průběh stratifikace má určitý vliv i způsob vypouštění vody z nádrže, nejméně se mění teplota vody u dna, největší změny teploty jsou u hladiny.

Nedokonalá likvidace odpadních vod v obcích nad přehradou, představuje největší riziko pro kvalitu vody v budoucí nádrži. V rámci nádrže budou navržena ochranná pásma, která mají za cíl ochránit jakost vody v nádrži. Při návrhu ochrany vodních zdrojů je nutné postupovat dle zákona 254/2001 Sb. [1]

Stav zásobování vodou a odkanalizování obcí, které se nachází v blízkosti budoucí zátopy, je zobrazen v Tab. 4.14.

Tab. 4.14: Stav zásobování vodou a odkanalizování obcí [1]

Obec	Vlachova Lhota	Újezd	Vysoké Pole	Drnovice	Tichov	Loučka	Smolina
základní územní jednotka (ZÚJ)	586 994	585 882	585 980	585 190	535 184	585 432	585 891
počet obyvatel	244	1 213	781	442	331	458	260
produktivních vodovod	143	720	455	260	188	220	není známo
kanalizace	NE	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO
ČOV	NE	NE	ANO	ANO	NE	NE	ANO

4.7.2 Batygrafické charakteristiky nádrže

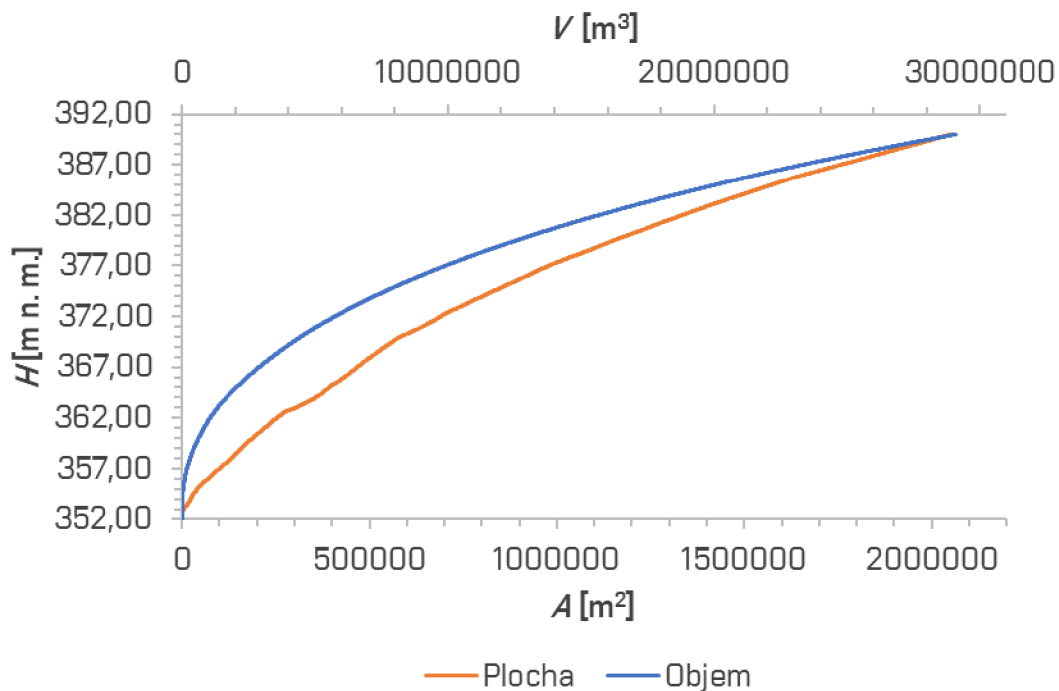
Batygrafické čáry nádrže byly zpracovány za pomoci programu QGIS, jako podklad byl použit DMR5G [10].

V Tab. 4.15 jsou vyobrazeny plochy a objemy při různých hladinách v nádrži. Kde A je plocha hladiny při dané hloubce, Z_h je nadmořská výška hladiny, V je dílčí objem mezi dvěma hladinami a V_c je celkový objem vody.

Tab. 4.15: Plochy a objemy při různých hladinách

A [m ²]	Z_h [m]	V [m ³]	V_c [m ³]	Poznámky [-]
121,5	352,00	1,2	33,5	
100311	357,00	186672	186706	
253158	362,00	899022	1085728	
392371	365,00	957904	2043632	M_s
468497	367,00	864617	2908249	
690540	372,00	2852842	5761091	
979926	377,00	4163979	9925070	
1336553	382,00	5781023	15706093	
1760838	387,00	7685055	23391148	
1818262	387,60	1056393	24447541	M_z
2049586	390,00	4644461	29092003	M_{max}

Na Obr. 4.16 jsou zobrazeny čáry zatopených ploch a objemů.



Obr. 4.16: Batygrafické čáry nádrže

4.7.3 Řešení ochranné funkce

Čelní bezpečnostní přeliv

Je navržen čelní bezpečnostní přeliv s šířkou přelivu 9,0 m. Přeliv je umístěn v bloku č. 16. Návrhový průtok $Q_N = 102,65 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ odpovídá transformované $TPV_{10\,000}$ po odečtení průtoku jednou výpustí.

Vztahy použité pro výpočet:

Součinitel m , který vstupuje do výpočtu průtoku je stanoven dle vztahu [1]

$$m = 0,499 \cdot \left[0,63 + 0,37 \cdot \left(\frac{h}{h_n} \right)^{1/2} \right] \quad (4-9)$$

kde h_n návrhová výška,

h přepadová výška.

Účinná šířka přelivu [1]:

$$b_0 = b - 0,1 \cdot n \cdot \varepsilon \cdot h_0 \quad (4-10)$$

kde b šířka přelivu,
 n počet zúžení,
 ε součinitel zúžení,
 h_0 energetická přepadová výška.

Průtok při přepadu přes proudnicový přeliv je stanovena dle vztahu [1]:

$$Q = m \cdot b_0 \cdot (2 \cdot g)^{1/2} \cdot h_0^{3/2} \quad (4-11)$$

kde m součinitel přepadu,
 b_0 účinná šířka přelivu,
 g tíhové zrychlení.

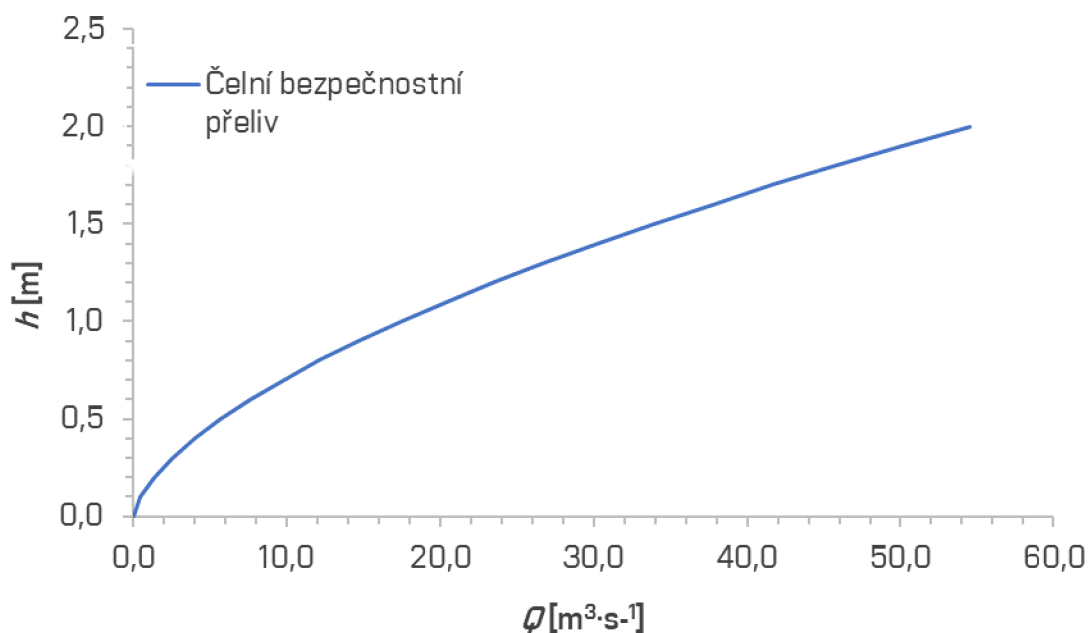
Vstupní parametry

kóta koruny bezpečnostního přelivu: $H = 388,00$ m n. m.,

šířka přelivné hrany: $b = 9,0$ m,

součinitel bočního zúžení: $\varepsilon = 0,7$.

Na Obr. 4.17 je znázorněna konsumpční křivka bezpečnostního přelivu.



Obr. 4.17: Konsumpční křivka bezpečnostního přelivu

Spodní výpusti

Jsou navrženy 2 spodní výpusti, jejich celková kapacita přibližně odpovídá Q_5 . Vtok má hydraulicky vhodný tvar. Návrh byl proveden dle Lískovce [1].

Součinitel výtoku μ je stanoven dle vztahu [1]

$$\mu = \frac{1}{\left[\alpha + \sum_{i=1}^n \xi_i \cdot \left(\frac{S_u}{S_i} \right)^2 + \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \frac{L_i}{D_i} \cdot \left(\frac{S_u}{S_i} \right)^2 \right]^{1/2}} \quad (4-12)$$

Součinitel tření λ je stanoven dle vztahu [1]

$$\lambda = \frac{0,25}{\left(\log \frac{3,7 D}{\Delta} \right)^2} \quad (4-13)$$

Součinitel tření stanoven dle rovnice (4-13) je 0,02 [-]

kde α součinitel kinetické energie,

ξ součinitel místních ztrát,

λ součinitel tření,

S_u průtočný průřez,

L délka výpusti,

D průměr potrubí.

Součinitel výtoku stanoven dle vztahu (4-12) je $\mu = 0,67$ [-].

Výpočet kapacity spodních výpustí dle vztahu [1]:

$$Q = \mu \cdot S_u \cdot (2 \cdot g \cdot H)^{1/2} \quad (4-14)$$

kde g tíhové zrychlení,

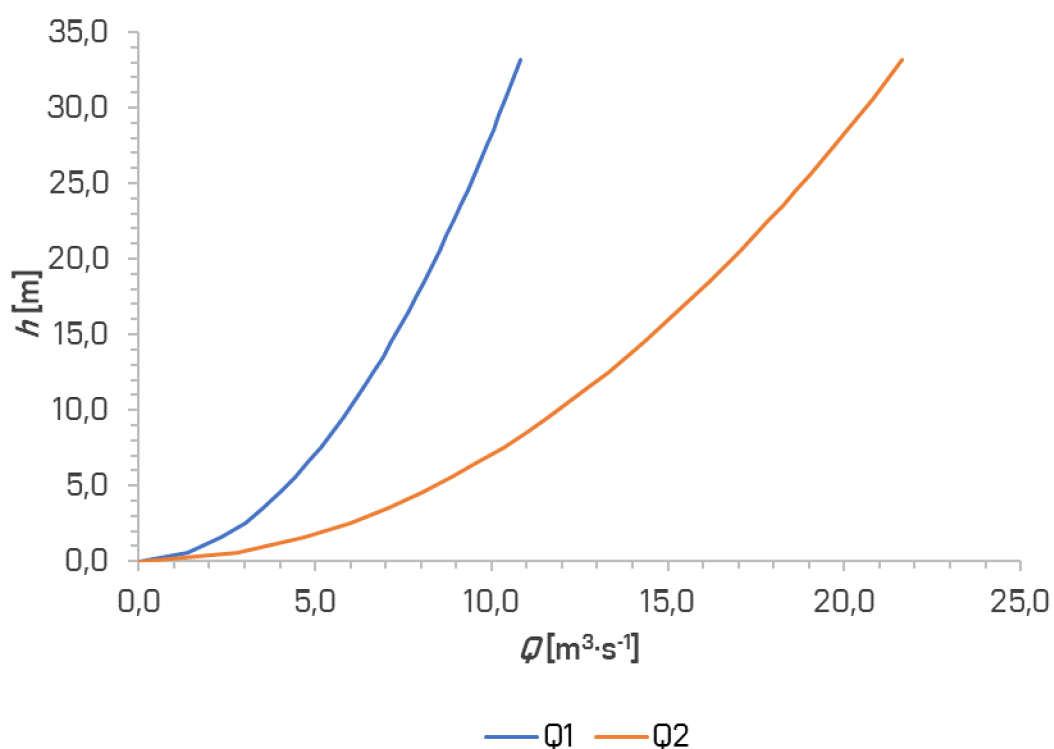
H proměnný energetický spád.

Vstupní parametry

$\xi_1 = 0,10$	revizní nožové šoupě
$\xi_2 = 0,10$	návodní klínové šoupě
$\xi_3 = 0,05$	vzdušný segment
$\xi_v = 0,04$	vtok
$\xi_c = 0,129$	česle
$\xi_{dvt} = 0,10$	dilatační vložka

$\xi_{dv2} = 0,10$	dilatační vložka
$\xi_{mv} = 0$ (zanedbáno)	montážní vložka
$\Delta = 0,001$ m	hydraulická drsnost
$L = 28,80$ m	délka potrubí
$S_U = 0,64$ m	plocha potrubí
$D = 0,90$ m	průměr potrubí

Na Obr. 4.18 je znázorněna závislost h na Q pomocí konsumpční křivky pro jednu a dvě výpusti.



Obr. 4.18: Konsumpční křivky výpustného zařízení

Prázdňení nádrže

V níže uvedených tabulkách je H = nadmořská výška hladiny, V = dílčí objem mezi jednotlivými hladinami, V_{cel} = celkový objem, D = odtok z nádrže při dané hladině, Δt = doba prázdňení, Σt = celková doba prázdňení. Pro zjednodušení je uveden rozdíl mezi hladinami 5 m, při výpočtu bylo uvažováno s rozdílem 0,5 m. Hloubka vody v nádrži odpovídá $M_z = 387,60$ m n. m. V Tab. 4.16 je zobrazeno prázdňení nádrže při úplném otevření 1 výpusti.

Tab. 4.16: Prázdňení nádrže 1 výpustí

H	V	V_{cel}	O	Δt	Σt	Rychlost poklesu hladiny
[m n. m.]	[m ³]	[mil. m ³]	[m ³ ·s ⁻¹]	[s]	[s]	[hod]
351,38	0	0	0	0	0	0
355,87	93129	0,1	4,0	29118	29118	8,1
360,87	700957	0,8	5,8	145541	174659	40,4
365,87	1599951	2,4	7,2	253982	428641	70,6
370,87	2605500	5,0	8,3	347443	776084	96,5
375,87	3840687	8,8	9,3	448648	1224731	124,6
380,87	5379881	14,2	10,2	566031	1790763	157,2
385,87	7214706	21,4	11,0	696099	2486861	193,4
387,6	2944242	24,4	11,3	270262	2724203	65,9
					Σ	756,7

V Tab. 4.17 je zobrazeno prázdňení nádrže při úplném otevření 2 výpustí.

Hloubka vody v nádrží odpovídá $M_z = 387,60$ m n. m.

Tab. 4.17: Prázdňení nádrže 2 výpustmi

H	V	V_{cel}	$O_1 = O_2$	Δt	Σt	Rychlost poklesu hladiny
[m n. m.]	[m ³]	[mil. m ³]	[m ³ ·s ⁻¹]	[s]	[s]	[hod]
351,38	0	0	0	0	0	0
355,87	93129	0,1	4,0	13845	13845	3,8
360,87	700957	0,8	5,8	70386	84230	19,6
365,87	1599951	2,4	7,2	123805	208036	34,4
370,87	2605500	5,0	8,3	170052	378088	47,2
375,87	3840687	8,8	9,3	220166	598254	61,2
380,87	5379881	14,2	10,2	278284	876538	77,3
385,87	7214706	21,4	11,0	342706	1219244	95,2
387,60	2944242	24,4	11,3	133157	1352401	37,0
					Σ	375,7

Vývar

Pro návrh hloubky a délky vývaru byly použity analytické metody výpočtu. Průběhy hladin a rychlostí na skluzu od výpustí a od přelivu byly stanoveny dle metody po úsecích.

Vstupní parametry

$h_{1přeliv} = 0,39$ m	první vzájemná hloubka na konci skluzu od přelivu
$h_{1výpust} = 0,04$ m	první vzájemná hloubka na konci skluzu od výpustí
$v = 29,21$ m·s ⁻¹	průřezová rychlost na konci skluzu od přelivu
$t = 2,11$ m	hloubka vody v odpadním korytě

Vztah pro výpočet druhé vzájemné hloubky vodního skoku v obdélníkovém korytě [1]

$$h_2 = \frac{h_1}{2} \cdot (-1 + \sqrt{1 + 8 + Fr^2}) \quad (4-15)$$

kde Fr Froudovo číslo.

Druhá vzájemná hloubka stanovena dle vztahu (4-15) je $h_2 = 8,44$ m.

Podmínka pro dosažení vzdutého vodního skoku [1]

$$t + d = \sigma \cdot h_2 \quad (4-16)$$

kde σ 1,05-1,10,

d hloubka vývaru,

t hloubka vody v odpadním korytě.

Hloubka vývaru stanovena dle vztahu (4-16) je $d = 6,8$ m.

Vztah pro výpočet délky vodního skoku dle Nováka [1]

$$l = K \cdot (h_2 - h_1) \quad (4-17)$$

kde K 4,5 [-].

Délka vývaru stanovena dle vztahu (4-17) je $l = 36$ m.

Transformace povodňových vln

Pro výpočet transformačního účinku nádrže byly použity TPV_{100} , TPV_{1000} , TPV_{10000} . Teoretické povodňové vlny byly odvozeny deterministickým přístupem [1].

Podrobně jsou popsány pouze transformace TPV_{100} , $TPV_{1\ 000}$, $TPV_{10\ 000}$, v Tab. 4.21 je uveden přehled všech transformací.

Tab. 4.18: Transformace TPV_{100}

TPV_{100}	Počáteční úroveň hladiny: v úrovni bezpečnostního přelivu 388,00 m n. m.
	Manipulace: průtok pouze bezpečnostním přelivem
<p> Q [m³·s⁻¹] vs t [hod] and Z_h [m n. m.] vs t [hod] </p> <p> — Q_{KP} [m³/s] — Q_{NSV} [m³/s] — Q_{BP} [m³/s] — Q_o — Z_h [m n. m.] — Z_{MB} [m n. m.] </p>	
Maximální průtok: 81,0 m ³ ·s ⁻¹	Maximální dosažená úroveň hladiny: 389,20 m n. m.
Maximální odtok spodními výpustmi: 0,0 m ³ ·s ⁻¹	Snížení kulminačního průtoku o : 57,2 m ³ ·s ⁻¹
Maximální odtok přelivem: 23,84 m ³ ·s ⁻¹	Zpoždění kulminace: 12 hod
Maximální odtok: 23,8 m ³ ·s ⁻¹	Transformační účinek: 70,6 %

Tab. 4.19: Transformace TPV_{1 000}

TPV _{1 000}	Počáteční úroveň hladiny: v úrovni bezpečnostního přelivu 388,00 m n. m.	
	Manipulace: průtok pouze bezpečnostním přelivem	
Maximální průtok: 160,0 m ³ ·s ⁻¹	Maximální dosažená úroveň hladiny: 389,98 m n. m.	
Maximální odtok spodními výpustmi: 0,0 m ³ ·s ⁻¹	Snížení kulminačního průtoku o: 104,8 m ³ ·s ⁻¹	
Maximální odtok přelivem: 55,20 m ³ ·s ⁻¹	Zpoždění kulminace: 8,3 hod	
Maximální odtok: 55,2 m ³ ·s ⁻¹	Transformační účinek: 65,5 %	

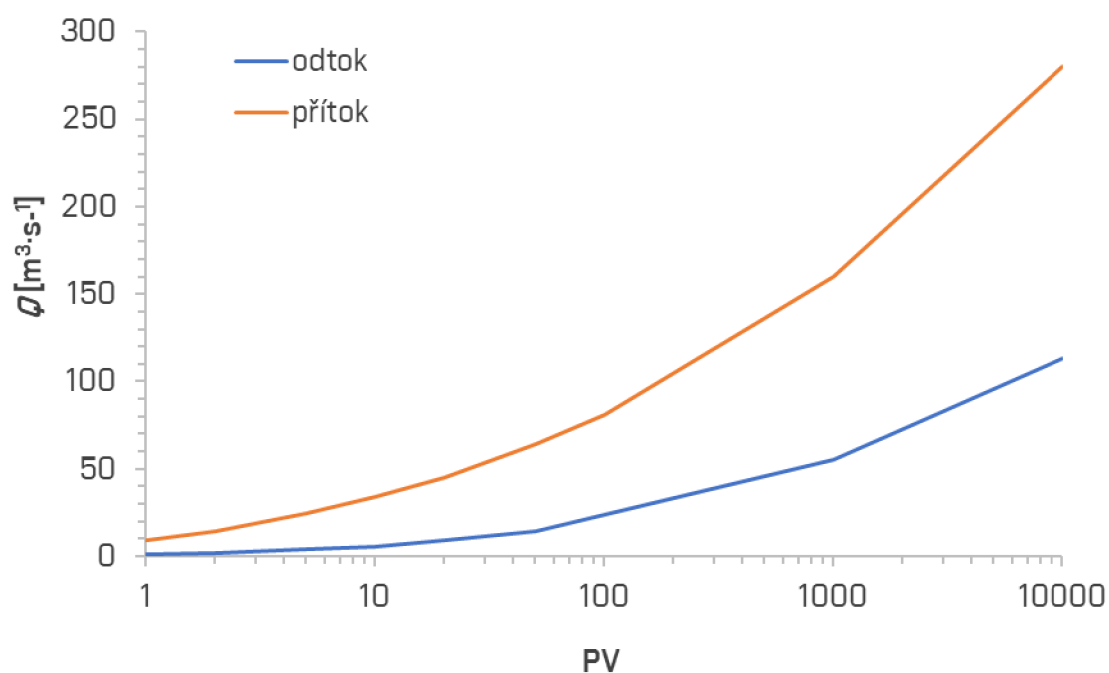
Tab. 4.20: Transformace $TPV_{10\,000}$

$TPV_{10\,000}$	Počáteční úroveň hladiny: v úrovni bezpečnostního přelivu 388,00 m n. m.	
	Manipulace: průtok bezpečnostním přelivem a výpustmi	
Maximální průtok: 280,0 $m^3 \cdot s^{-1}$	Maximální dosažená úroveň hladiny: 390,85 m n. m.	
Maximální odtok spodními výpustmi: 10,64 $m^3 \cdot s^{-1}$	Snížení kulminačního průtoku o: 166,7 $m^3 \cdot s^{-1}$	
Maximální odtok přelivem: 102,7 $m^3 \cdot s^{-1}$	Zpoždění kulminace: 5,5 hod	
Maximální odtok: 113,3 $m^3 \cdot s^{-1}$	Transformační účinek: 59,5 %	

Tab. 4.21: Přehled výpočtů transformace povodňových vln

	přítok	odtok	
PV	$Q_P [m^3 \cdot s^{-1}]$	$Q_O [m^3 \cdot s^{-1}]$	Poznámka
1	9,30	0,94	přeliv
2	14,60	2,11	přeliv
5	24,30	4,37	přeliv
10	33,80	5,85	přeliv
20	45,40	9,16	přeliv
50	64,0	14,27	přeliv
100	81,0	23,84	přeliv
1 000	160,0	55,20	přeliv

Na Obr. 4.19 je znázorněn průběh přítoku a transformovaného odtoku při povodni.



Obr. 4.19: Průběh přítoků a odtoků při TPV

Výsledky výpočtů transformací nasvědčují tomu, že všechny uvažované povodňové vlny jsou v retenčním prostoru nádrže bezpečně a účinně tlumeny.

4.7.4 Účinek větrových vln

Pro určení výšky větrových vln byla použita norma ČSN 75 0255 Výpočet účinků vln na stavby na vodních nádržích a zdržích [29]. Zatížení stavební konstrukce působené vlnami je bráno jako zatížením nahodilým krátkodobým zatížením, viz kapitola 4.3.2.

Největší délka rozběhu vlny je v severovýchodním směru, délka rozběhu vlny činí 1778 m. Průměrná rychlost větru v 10 m nad zemí ze severovýchodního sektoru byla stanovena na $4,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Z mapy větrných oblastí na území ČR lze zařadit zájmovou oblast do II. třídy tudíž je základní rychlost větru $w_{10z} = 25,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ [5]

Pro zjednodušení jsou zde uvedeny pouze hlavní použité vztahy.

Při nedostatku přímých měření v přírodě lze pro výpočet výšky nahnání vody větrem ΔH vztah [29]

$$\Delta H = k_w \cdot \frac{w_{10v}^2 \cdot L}{g \cdot H} \cdot \cos\delta \quad (4-18)$$

kde δ úhel, který svírá podélná osa nádrže se směrem větru,

g je tíhové zrychlení,

H hloubka vody,

L délka rozběhu větru (hlavní směr větru),

k_w je součinitel závislý na rychlosti větru ve výšce 10 m na vodní hladinou.

Vstupní parametry:

$$\delta = 15^\circ,$$

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

$$H = 38 \text{ m},$$

$$L(0^\circ) = 648 \text{ m},$$

$$k_w = 3,0 \cdot 10^{-6}.$$

Výška namáhání vody větrem určena dle vztahu (4-18) je $\Delta H = 0,0034 \text{ m}$.

Efektivní délka rozběhu L_{ef} je stanovena z 15 radiál vedených zkoumaným bodem tak, že střední radiála je totožná s hlavním směrem větru a sedm radiál po její každé druhé straně se kreslí po intervalech 6° až k protějšmu břehu. Efektivní délka rozběhu je [29]

$$L_{ef} = \frac{\sum_{i=1}^{15} L_i \cos^2 \varphi_i}{\sum_{i=1}^{15} \cos \varphi_i} \quad (4-19)$$

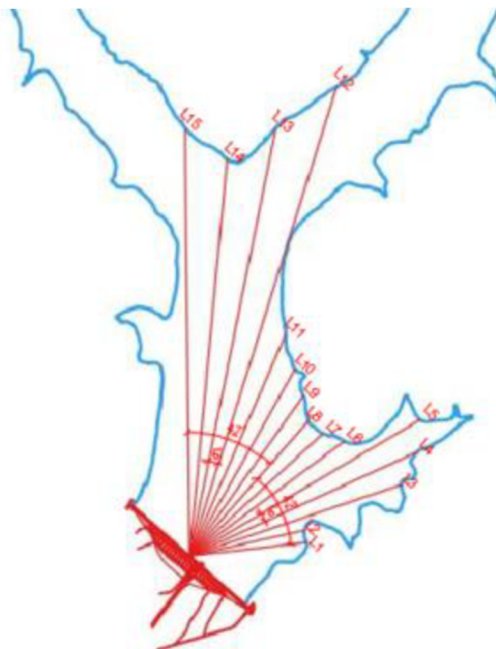
kde L_i délka i-té radiály [m],

φ úhel, který svírá i-tá radiála s hlavním směrem větru [°].

Efektivní délky rozběhu vln jsou zobrazeny na Obr. 4.20.

Tab. 4.22: Délky radiál a úhly, které svírají

i	φ	L_i	$\cos(\varphi_i)$	$\cos(\varphi_i)^2$	$L_i \cdot \cos(\varphi_i)^2$
[-]	[°]	[m]	[-]	[-]	[-]
1	-42	424	0,74	0,55	234,16
2	-36	426	0,81	0,65	278,82
3	-30	805	0,87	0,75	603,75
4	-24	874	0,91	0,83	729,61
5	-18	967	0,95	0,90	874,66
6	-12	695	0,98	0,96	664,96
7	-6	653	0,99	0,99	645,87
8	0	648	1,00	1,00	648,00
9	6	710	0,99	0,99	702,24
10	12	776	0,98	0,96	742,46
11	18	873	0,95	0,90	789,46
12	24	1778	0,91	0,83	1483,86
13	30	1578	0,87	0,75	1183,13
14	36	1441	0,81	0,65	942,88
15	42	1549	0,74	0,55	855,29
		Σ	13,51	Σ	11379,14



Obr. 4.20: Schéma pro výpočet efektivní délky rozběhu vlny

Efektivní délka rozběhu vlny stanovená výpočtem dle vztahu (4-18) je $L_{ef} = 842,2$ m.

Rychlost větru w_{10v} je stanovena dle vztahu [4]

$$w_{10v} = k \cdot w_{10z} \quad (4-20)$$

kde k součinitel,

w_{10z} rychlost větru 10 m nad zemí pro dobu trvání 1 až 2 hodiny.

Vstupní parametry

$$k = 1,08,$$

$$w_{10z} = 25,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}.$$

Návrhová rychlost větru stanovena dle vztahu (4-20) je $w_{10v} = 27,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Parametry vlny jsou stanoveny z tabulek a grafů, které jsou uvedeny v normě ČSN 75 0255 [29]. Parametry vlny jsou:

$h_c = 0,82$ m charakteristická výška vlny,

$T = 2,95$ s perioda vlny,

$\lambda = 13,59$ m délka postupové vlny.

Největší výška vrcholu stojaté vlny u svislé stěny nad hladinou vody v klidu je stanovena dle vztahu [29]:

$$h_1 = h_c + a \quad (4-21)$$

kde $a = 0,16$ m hloubka stanovena pomocí hyperbolických funkcí

Největší výška vrcholu stojaté vlny určena dle vztahu (4-21) je $h_1 = 0,98$ m.

Účinek stojaté vlny na svislou stěnu v hlubokém pásmu [4]:

$$F_e = \frac{\rho g h_0}{4} (\pi h_0 + \lambda_0) \quad (4-22)$$

kde $h_0 = h_c = 0,82$ m,

$$\lambda_0 = \lambda = 13,59 \text{ m.}$$

Tlaková síla stojaté vlny na 1 m délky stěny stanovena dle vztahu (4-22) je

$$F_e = 32,68 \text{ kN.}$$

5 ZÁVĚR A HODNOCENÍ NAVRŽENÉHO ŘEŠENÍ

V bakalářské práci byla zpracována studie betonové tížní hráze VD Vlachovice na řece Vlárě. Na základě všech dostupných podkladů bylo zvoleno řešení betonové hráze se zemním přísypem. Při návrhu bylo přihlíženo zejména k technické proveditelnosti a efektivnosti. Za tímto účelem byla navržena betonová hráz s vylehčením kapsami. K vylehčené betonové konstrukci bude následně ze vzdušného líce přisypána zemina, která významně přispěje ke stabilitě hráze. Jelikož se jedná o přísyp k betonové konstrukci, nejsou na vlastnosti zeminy kladeny tak přísné požadavky, jako je tomu např. u sypaných hrází. Tudíž lze použít materiál vytěžený ze základu.

V tělese hráze bude situováno výpustné, odběrné a bezpečnostní zařízení. Přestože se jedná o vodní nádrž s primární funkcí vodárenskou, byl návrh sladěn tak, aby VD Vlachovice mělo zároveň dostatečně velký transformační účinek, čímž bude zajištěna velmi dobrá ochrana území pod nádrží. Spodními výpustmi lze převést průtok odpovídající přibližně Q_5 , bezpečnostní přeliv bezpečně převede kontrolní povodňovou vlnu $PV_{10\ 000}$.

Práce prokazuje, že návrh betonové tížní hráze byl vzhledem k použitým metodám proveden. Avšak je důležité zdůraznit složitost základových poměrů v dané lokalitě, jedná se zejména o přetvárné charakteristiky podloží, které mají zásadní vliv na celkové pojetí návrhu VD. Při zrealizování betonové hráze by zřejmě postupem času docházelo při cyklickém zatěžování k velkým deformacím podloží. Jelikož v práci není daný problém zpracován, tak nelze konstatovat do jaké míry by k deformacím docházelo. Proto je nutné vlastní konstrukční řešení v případných navazujících stupních zpracování zpřesnit, popřípadě doplnit.

Tento návrh je dle mého názoru velice zajímavý, a to jak z hlediska technického, tak z hlediska architektonického. Jedná se o ojedinělý návrh betonové tížní hráze s vylehčením, kde poměrná část vzdušného líce bude zasypána, čímž hráz velmi dobře splyne s okolím a nebude narušovat krajinný ráz lokality. Zároveň dojde k efektivnímu využití vytěžené zeminy a velké úspoře betonu.

6 SEZNAMY

6.1 LITERATURA

- [1] BOOR, Boris, Jiří KUNŠTÁTSKÝ a Cyril PATOČKA. *Hydraulika pro vodohospodářské stavby*. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1968, 520 s.
- [2] BROŽA, Vojtěch, Jiří KRATOCHVÍL, Pavel PETER a Ladislav VOTRUBA. *Přehrady*. ALFA. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1987. ISBN 04-728-87.
- [3] Česká geologická služba. In: *Geovědní mapy* [online]. [cit. 2022-03-12].
- [4] *Český hydrometeorologický ústav* [online]. In: . [cit. 2022-04-18].
- [5] *Český hydrometeorologický ústav: mapa větrných oblastí na území ČR* [online]. Praha, 2006 [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/>
- [6] ČSN 73 1208. *Navrhování betonových konstrukcí vodohospodářských objektů*. Druhé. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologie a státní zkušebnictví, 2010.
- [7] ČSN 75 2310. *Sypané hráze*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [8] ČSN 75 2340. *Navrhování přehrad - Hlavní parametry a vybavení*. 2. dopl. vyd. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
- [9] ČSN EN 1997-1. *Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla*. 2. dopl. vyd. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2006, 138 s.
- [10] *ČÚZK: Státní správa zeměměřičtví a katastru* [online]. Praha, 2010 [cit. 2022-03-26]. Dostupné z: <https://www.cuzk.cz/>
- [11] *DESIGN OF SMALL DAMS*. Third Edition. Washington, DC: A Water Resources Technical Publication, 1987. ISBN 9780160033735.
- [12] DOLEŽALOVÁ, Marta a Jiří ŠVANCARA. *ANALYSIS OF UNUSUAL BEHAVIOUR AND STABILITY OF ZERMANICE DAM*. First published. Czech Republic: SORG A.S., 2006. ISBN 80-239-7267-7.
- [13] FOJTÍK, T., JAŠÍKOVÁ, L., KURFIŘTOVÁ, J., MAKOVCOVÁ, M., MAŤAŠOVSKÁ, V., MAYER, P., NOVÁKOVÁ, H., ZAVŘELOVÁ, J. a ZBOŘIL, A. GIS a kartografie ve VÚV TGM. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 2022, roč. 64, č. 1, str. 47–52. ISSN 0322-8916.

- [14] GALATÍK, Prokop. *VD Vlachovice – zhodnocení stavu přípravy (technická studie)*. 1-8 (článek je přijatý k publikování na konferenci XXXVII. Přehradní dny 2022)
- [15] *Generel území chráněných pro akumulaci povrchových vod a základní zásady využití těchto území*. Praha, 2020.
- [16] *Geovědní mapy 1: 50 000* [online]. Praha: Česká geologická služba [cit. 2021-05-05]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr50/>
- [17] *Hydrologické údaje povrch: ČSN 75 1400*. 2. vyd. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [18] CHEN, Sheng-Hong. *Hydraulic Structures* [online]. First. Wuhan University: Springer, 2015 [cit. 2022-02-18]. ISBN 978-3-662-47331-3. Dostupné z: <http://www.cozing.com.bo/uploads/document/file/13/15656397461271.pdf>
- [19] KRATOCHVIL, Stanislav. *Vodní nádrže a přehrady*. I. - 956 str., 1 příloha. Praha: Československé akademie věd, 1961.
- [20] *Metodický pokyn č. 1/2010: K technickobezpečnostnímu dohledu nad vodními díly*. Praha, 2010, 61 s.
- [21] *Moravské-Karpaty.cz* [online]. Halenkovice: Robert Hruban, 2014 [cit. 2022-03-20]. Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/>
- [22] ŘÍHA, Jaromír. *Vybrané stati z hydrotechniky, Modul II: Posuzování bezpečnosti vzdouvacích staveb*. Brno, 2007. Skriptum. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební.
- [23] *Souhrnná zpráva o vývoji jakosti povrchových vod v povodí Moravy ve dvouletí 2019–2020* [online]. In: . s. 1-78 [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/download/souhrnna-zprava-2019-20-internet.pdf>
- [24] SWECO HYDROPROJEKT A.S. *ZDOBNICE, PĚČÍN VÝSTAVBA PŘEHRADNÍ NÁDRŽE: Studie proveditelnosti*. Praha, 2015, 213 s.
- [25] ŠLEZINGR, Miloslav. *Revitalizace toků: Příspěvek k problematice úprav vodních toků*. První. Brno: VUTIUM, 2010. ISBN 978-80-214-3942-9.
- [26] ŠVANCARA, Jiří a Daniel BRÁZDA. *VD Vlachovice, specifické otázky přípravy*. 1-8. (článek je přijatý k publikování na konferenci XXXVII. Přehradní dny 2022)

- [27] *Vlára, Vodní dílo Vlachovice – Skladba záměru* [online]. In: . s. 10 [cit. 2022-01-18]. Dostupné z: <http://vdlachovice.pmo.cz/>
- [28] VÝBORA, Pavel a Otto PODSEDNÍK. *Navrhování jezů*. První. Ediční středisko VUT Brno: Rektorát Vysokého učení technického v Brně, 1989. ISBN 80-214-1070-1.
- [29] *Výpočet účinků vln na stavby na vodních nádržích a zdržích*. 2 dopl. vyd. Praha: Český normalizační institut, 1988.
- [30] ZACHOVAL, Zbyněk. *Návrh čelního bezpečnostního přelivu s proudnicovou přelivnou plochou*. Brno, 2016.
- [31] *Zákony pro lidi* [online]. Zlín [cit. 2022-03-26]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/>

6.2 SEZNAM VELIČIN

Značka	Název veličiny	Jednotka
a	hloubka stanovena pomocí hyperbolické funkce	[m]
A_w	vodou omočená plocha betonové konstrukce	[m ²]
B	šířka	[m]
b	šířka přelivu	[m]
b_D	účinná šířka přelivu	[m]
b_c, b_q, b_γ	součinitele sklonu základové spáry	[-]
c_{ef}	efektivní soudržnost	[Pa]
D	průměr	[m]
d	hloubka vývaru	[m]
$E_b(t_d)$	modul pružnosti betonu	[Pa]
E_{def}	modul přetvárnosti	[Pa]
E_m	modul přetvárnosti masivu	[Pa]
E_p	presimetrický modul	[Pa]
E_p	modul pružnosti	[Pa]
f_{ctm}	pevnost betonu v tahu	[Pa]
F_e	tlaková síla stojaté vlny	[N]
Fr	Froudovo číslo (kritérium)	[-]
G	vlastní tíha tělesa přehrady	[N]
g	tíhové zrychlení	[m·s ⁻²]
h	hloubka	[m]
h	přepadová výška	[m]
H	energetický spád	[m]
h_D	energetická přepadová výška	[m]
h_1	první vzájemná hloubka	[m]
h_1	největší výška vrcholu stojaté vlny	[m]
h_2	druhá vzájemná hloubka	[m]
h_c	charakteristická výška vlny	[m]
h_n	návrhová výška	[m]
i	sklon	[-]

i_c, i_q, i_y	součinitele šikmosti zatížení	[-]
IP	index plasticity	[-]
k_l	propustnost z křivky zrnitosti	[m·s ⁻¹]
k	součinitel propustnosti betonu	[m·s ⁻¹]
k	složky sil od normového zatížení orientovaného kolmo ve směru roviny	[N]
k_w	součinitel rychlosti větru ve výšce 10 m nad hladinou	[-]
l	délka vodního skoku	[m]
L	délka	[m]
m	součinitel přepadu	[-]
n	pórovitost	[-]
n	počet zúžení	[-]
N_c, N_q, N_y	součinitele únosnosti	[-]
Q_m	m-denní průtok	[m ³ ·s ⁻¹]
Q_N	N-letý průtok	[m ³ ·s ⁻¹]
Q_D	odtok	[m ³ ·s ⁻¹]
Q_p	přítok	[m ³ ·s ⁻¹]
S_{ep}	zemní tlak	[N]
S_l	tlak vln	[N]
S_q, S_c, S_y	součinitel tvaru základu	[-]
S_u	průtočný průřez	[m ²]
S_v	tlak prosakující vody na základovou spáru	[N]
S_w	hydrostatický tlak	[N]
t	složky sil od normového zatížení orientovaného ve směru roviny	[N]
t	tloušťka stěny	[N]
t	hloubka vody v odpadním korytě	[N]
T	perioda vlny	[s]
T_{or}	skutečná počáteční teplota betonu	[°C]
V	objem	[m ³]

ν	Poissonovo číslo	[-]
v	průřezová rychlost	[m·s ⁻¹]
W	vlhkost zeminy	[-]
W_{10v}	návrhová rychlost větru	[m·s ⁻¹]
W_{10z}	rychlost větru 10 m nad zemí pro dobu trvání 1 až 2 hodiny	[m·s ⁻¹]
W_L	mez tekutosti	[-]
W_P	mez plasticity	[-]
Z	hloubka založení	[m]
Z_h	úroveň hladiny	[m n. m.]
α	součinitel kinetické energie	[-]
$\alpha_{T,b}$	součinitel teplotní délkové roztažnosti betonu	[-]
$\beta_{cc}(t)$	součinitel závislý na stáří betonu	[-]
γG_{dst}	destabilizující zatížení stálé	[-]
γG_{stb}	stabilizující zatížení stálé	[-]
γ_n	součinitel účelu	[-]
γQ_{dst}	destabilizující zatížení proměnné	[-]
γQ_{stb}	stabilizující zatížení proměnné	[-]
γ_{sit}	součinitel návrhové situace	[-]
γ_{stp}	součinitel stability polohy	[-]
Δ	hydraulická drsnost	[m]
δ	úhel, který svírá podélná osa nádrže se směrem větru	[°]
ΔT_a	změna průměrné teploty ve posuzované vrstvě- adiabatická změna teploty betonu	[°C]
ΔT_b	změna průměrné teploty ve posuzované vrstvě- směrný teplotní rozdíl	[°C]
ΔT_{c1}	změna průměrné teploty ve posuzované vrstvě- proudění tepla vzhůru přes vrstvu ležící výše	[°C]

ΔT_{c2}	změna průměrné teploty ve posuzované vrstvě- rozdílu teploty vnějšího prostředí, počáteční teploty betonu a vliv proudění tepla svislým směrem	[°C]
ΔT_{c3}	změna průměrné teploty ve posuzované vrstvě- vývin hydratačního tepla svislým směrem	[°C]
ΔT_{c4}	změna průměrné teploty ve posuzované vrstvě- proudění tepla vodorovně, ke svislým lícům bloku	[°C]
ε	součinitel zúžení	[-]
λ	součinitel tření	[-]
λ	délka postupové vlny	[m]
μ_{ef}	součinitele smykového tření	[-]
ν_m	součinitel vystihující vliv velikosti bloku	[-]
ξ	součinitel místních ztrát	[-]
ρ	objemová hmotnost	[kg·m ⁻³]
ρ_d	objemová hmotnost suché zeminy	[kg·m ⁻³]
ρ_s	hustota pevných částic	[kg·m ⁻³]
σ_c	pevnost v prostém tlaku	[Pa]
ϕ	úhel, který svírá i-tá radiála s hlavním směrem větru	[°]
Φ_{CS}	kritický úhel vnitřního tření	[°]
φ_{ef}	efektivní úhel vnitřního tření	[°]
Ψ_c	součinitel kombinací zatížení	[-]

6.3 SEZNAM ZKRATEK

3D	trojrozměrný model
Bpv	Balt po vyrovnání
BSK ₅	biologická spotřeba kyslíku za 5 dní
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČOV	čistírna odpadních vod
ČR	Česká republika
ČSN	Česká státní norma
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
DMR	digitální model reliéfu
DN	jmenovitá světlost potrubí
EIA	Environmental Impact Assessment
GNSS	globální navigační satelitní systém
CHKO	chráněná krajinná oblast
CHSK	chemická spotřeba kyslíku
IG	inženýrskogeologický průzkum
LAPV	lokality pro akumulaci povrchových vod
Ms	hladina stálého nadržení
MSÚ	mezní stav únosnosti
Mz	hladina zásobního prostoru
NV	nařízení vlády
SO	stavební objekt
SV	spodní výpust
TBD	technicko-bezpečnostní dohled
TIN	triangulated irregular network
TPV _x	teoretická povodňová vlna X-letá
VD	vodní dílo
VUT	Vysoké učení technické v Brně
WMS	webové mapové služby
ZÚJ	základní územní jednotka

6.4 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 4.1: Uvažovaný rozsah zátopy	6
Obr. 4.2: Pohled na území přehradního profilu.....	7
Obr. 4.3: Levý svah údolí přehradního profilu.....	7
Obr. 4.4: Pravý svah údolí přehradního profilu.....	8
Obr. 4.5: Koryto Vlárý v přehradním profilu	8
Obr. 4.6: Povrch terénu v oblasti hráze	9
Obr. 4.7: DMR5G [10]	11
Obr. 4.8: Výstřižek z geologické mapy [16].....	13
Obr. 4.9: Poloha průzkumných vrtů [III].....	14
Obr. 4.10: řez vrtu HVP133 [III]	15
Obr. 4.11: TPV [IV]	22
Obr. 4.12: Šířka injekční clony [18]	33
Obr. 4.13: Schéma značení [30]	36
Obr. 4.14: Pevnost betonu v tahu	41
Obr. 4.15: Typické řezy Žermanické přehrady přizpůsobené geologickým podmínkám [12].....	49
Obr. 4.16: Batygrafické čáry nádrže	58
Obr. 4.17: Konsumpční křivka bezpečnostního přelivu.....	59
Obr. 4.18: Konsumpční křivky výpustného zařízení	61
Obr. 4.19: Průběh přítoků a odtoků při TPV	68
Obr. 4.20: Schéma pro výpočet efektivní délky rozběhu vlny	71

6.5 SEZNAM TABULEK

Tab. 4.1: Vybrané charakteristické vlastnosti zemin [III]	17
Tab. 4.2: Charakteristické vlastnosti hornin [III]	18
Tab. 4.3: Výsledky laboratorních zkoušek [III]	19
Tab. 4.4: Hydrologické údaje pro profil nádrže [V]	21
Tab. 4.5: Objemy a kulminační průtoky TPV [IV]	22
Tab. 4.6: Zatřídění VD podle vyhlášky č. 471/2001 Sb. [31]	28
Tab. 4.7: Charakteristika jednotlivých bloků	35
Tab. 4.8: Druhy betonu [6].....	39
Tab. 4.9: Vliv prostředí [6]	39
Tab. 4.10: Tahová napětí od teplotní změny v čase.....	41
Tab. 4.11: Stabilitní řešení hráze	47
Tab. 4.12: Hlavní objemy zemin	50
Tab. 4.13: Jakost vody [23]	56
Tab. 4.14: Stav zásobování vodou a odkanalizování obcí [I]	57
Tab. 4.15: Plochy a objemy při různých hladinách	57
Tab. 4.16: Prázdňení nádrže 1 výpustí	62
Tab. 4.17: Prázdňení nádrže 2 výpustmi	62
Tab. 4.18: Transformace TPV ₁₀₀	65
Tab. 4.19: Transformace TPV 1 000.....	66
Tab. 4.20: Transformace TPV 10 000.....	67
Tab. 4.21: Přehled výpočtů transformace povodňových vln.....	68
Tab. 4.22: Délky radiál a úhly, které svírají.....	70

6.6 SEZNAM PŘÍLOH

A. 1. Situace širších vztahů	1: 50 000
A. 2. Celková situace	1: 10 000
A. 3. Situace hráze	1: 1 000
A. 4. Situace objektu hráze	1: 500
B. 1. Podélný profil hráze	1: 1 000
C. 1. Půdorys bloků č. 16 a č. 17	1: 200
C. 2. Půdorysný řez A-A', bloky č. 16 a č. 17	1: 200
C. 3. Podélný řez B-B' bloky č. 16 a č. 17	1: 200
C. 4. Příčný řez blokem č. 16 s vypustným zařízením	1: 200
C. 5. Příčný řez blokem č. 17 s odběrným zařízením	1: 200
C. 6. 1 Příčný řez blokem č. 1	1: 500
C. 6. 2 Příčný řez blokem č. 2	1: 500
C. 6. 3 Příčný řez blokem č. 3	1: 500
C. 6. 4 Příčný řez blokem č. 4	1: 500
C. 6. 5 Příčný řez blokem č. 5	1: 500
C. 6. 6 Příčný řez blokem č. 6	1: 500
C. 6. 7 Příčný řez blokem č. 7	1: 500
C. 6. 8 Příčný řez blokem č. 8	1: 500
C. 6. 9 Příčný řez blokem č. 9	1: 500
C. 6. 10 Příčný řez blokem č. 10	1: 500
C. 6. 11 Příčný řez blokem č. 11	1: 500
C. 6. 12 Příčný řez blokem č. 12	1: 500
C. 6. 13 Příčný řez blokem č. 13	1: 500

C. 6. 14 Příčný řez blokem č. 14	1: 500
C. 6. 15 Příčný řez blokem č. 15	1: 500
C. 6. 18 Příčný řez blokem č. 18	1: 500
C. 6. 19 Příčný řez blokem č. 19	1: 500
C. 6. 20 Příčný řez blokem č. 20	1: 500
C. 6. 21 Příčný řez blokem č. 21	1: 500
C. 6. 22 Příčný řez blokem č. 22	1: 500
C. 6. 23 Příčný řez blokem č. 23	1: 500
C. 6. 24 Příčný řez blokem č. 24	1: 500
C. 6. 25 Příčný řez blokem č. 25	1: 500
C. 6. 26 Příčný řez blokem č. 26	1: 500
C. 6. 27 Příčný řez blokem č. 27	1: 500
C. 6. 28 Příčný řez blokem č. 28	1: 500
C. 6. 29 Příčný řez blokem č. 29	1: 500
C. 6. 30 Příčný řez blokem č. 30	1: 500
C. 6. 31 Příčný řez blokem č. 31	1: 500
C. 6. 32 Příčný řez blokem č. 32	1: 500
C. 6. 33 Příčný řez blokem č. 33	1: 500
C. 6. 34 Příčný řez blokem č. 34	1: 500
C. 6. 35 Příčný řez blokem č. 35	1: 500
C. 6. 36 Příčný řez blokem č. 36	1: 500
C. 6. 37 Příčný řez blokem č. 37	1: 500
C. 6. 38 Příčný řez blokem č. 38	1: 500
C. 7. Řez korunou hráze	1: 20

- D. 1. Příčné řezy C-C', D-D' odpadním korytem 1:100
- E. 1. 3D model hráze
- E. 2. 3D modely bloků č. 1–38