ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra hydrotechniky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Variantní studie proveditelnosti vodního díla na Martinickém potoce

Feasibility Study of the Alternative Designs of Dam on Martinicky Creek

Vedoucí diplomové práce: Ing. Miroslav Brouček, Ph.D.

Leden 2020 Bc. Tomáš PROCHÁZKA

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Procházka** Jméno: **Tomáš** Osobní číslo: **410176**

Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**

Zadávající katedra/ústav:

Studijní program: **Stavební inženýrství**

Studijní obor: **Vodní hospodářství a vodní stavby**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Variantní studie proveditelnosti vodního díla na Martinickém potoce

Název diplomové práce anglicky:

Feasibility study of the alternative designs of dam on Martinicky creek

Pokyny pro vypracování:

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Miroslav Brouček, Ph.D., katedra hydrotechniky FSv

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **27.09.2019** Termín odevzdání diplomové práce: **05.01.2020**

Platnost zadání diplomové práce: _____

Ing. Miroslav Brouček, Ph.D. podpis vedoucí(ho) práce	podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry	prof. Ing. Jiří Máca, CSc. podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s metodickým pokynem ČVUT 1/2009 "O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací".

…….. .…….

místo zpracování, celé datum Tomáš Procházka

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat panu Ing. Miroslavu Broučkovi, Ph.D., vedoucímu mé diplomové práce, který mě při konzultacích během její tvorby zásoboval cennými radami a připomínkami. Velké poděkování patří také státnímu podniku Povodí Vltavy za poskytnutí podkladů.

ABSTRAKT

V diplomové práci je řešen návrh zemní sypané přehrady na Martinickém potoce. Návrh je řešen ve dvou konstrukčních variantách, které se odlišuje použitým těsněním. Jedna varianta je se středním asfaltobetonovým těsněním a druhá s návodním těsněním z geomembrány. Práce vychází z historického projektu, který vznikl v roce 1974 a přejímá z něj profil pro založení hráze a rozmezí provozních hladin v nádrži. Práce kombinuje historické podklady s těmi dnešními a na jejich základě jsou v práci postupně pomocí výpočtů navrženy všechny funkční objekty a rozměry hráze. Výsledkem je tak konstrukční návrh hráze včetně objektů a výkresové dokumentace.

KLÍČOVÁ SLOVA

Sypaná hráz, šachtový přeliv, asfaltobetonové střední těsnění, návodní těsnění z geomembrány

ABSTRACT

The diploma thesis deals with the design of the earth-fill dam on Martinicky creek. The design is solved in two construction variants. The first variant contains medium asphalt concrete core, and the other one uses a geomembrane shell. The work is based on a historical project established in 1974 and uses its profile for the dam foundation and operating water level spacing. Work combines historical and present data to calculate all the functional objects and dam dimensions. The result is the calculation and the design for ale the functional objects, including dam dimensions and drawing documentation.

KEYWORDS

Earth-fill dam, conduit spillway, asphalt concrete core, geomembran shell

OBSAH

1 ÚVOD 1

2 CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE 2

3 POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ 3

4 ZÁKLADNÍ ÚDAJE A PODKLADY 7

4.1 Kategorie vodního díla 7

4.2 Hydrologické podklady 8

4.2.1 Stanovení Q_{1000} 2

4.3 Geologický průzkum 5

4.3.1 Stavební materiál stabilizační části hráze 7

5 ÚČEL A KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ VODNÍHO DÍLA 9

5.1 Účel vodního díla 9

5.2 Navrhnutá konstrukční řešení 9

5.2.1 Volba konstrukčního typu hráze 9

5.2.2 Konstrukční řešení hráze 12

5.2.3 Funkční objekty 12

5.2.4 Ponořený stupeň 14

6 VÝPOČTY A NÁVRHY 15

6.1 Charakteristické křivky nádrže 15

6.2 Funkční objekty 17

6.2.1 Bezpečnostní přeliv 17

6.2.2 Spodní výpusti 21

6.2.3 Odběrné objekty 23

6.2.4 Odpadní chodba 24

6.2.5 Vývar 25

6.3 Převýšení koruny hráze 29
6.3.1 Výpočet výběhu větrových vln 29
6.4 Posouzení bezpečnosti VD při povodních 37
6.5 Statické výpočty 37
6.5.1 Statické posouzení stability svahů 37
6.6 Průsak hrází 40
6.6.1 Hráz se středním AB těsněním 40
6.6.2 Hráz s návodním těsnění z geomembrány 44
6.7 Ponořený stupeň – jez 44
6.7.1 Konstrukční řešení 44
6.7.2 Výpočet kapacity a přepadové výšky 45
6.7.3 Statické posouzení 47
6.8 Výpočet kubatur 48
6.8.1 Výpočet kubatury hráze 48
6.8.2 Výpočet kubatury betonu 50
6.8.3 Skrývka ornice a odlesnění 50
7 DOTČENÉ POZEMKY 51
8 ZÁVĚR 55
Reference 56
Seznam obrázků 58
Seznam tabulek 60
Seznam výkresů 61
Seznam příloh 61

1 ÚVOD

V roce 1965 započala výstavba vodního díla Švihov, které je více známo pod nesprávným názvem vodní nádrž Želivka. Jedná se o vodárenskou nádrž na řece Želivce, která zásobuje pitnou vodou Středočeský kraj včetně celé Prahy. Je to největší vodárenská nádrž v České republice a Střední Evropě, zadržovaný objem vody je 309 mil. m^3. Její stavba byla dokončena v roce 1975, ale již roku 1972 probíhali zkušební odběry. Přívod vody pro Prahu je vyřešen tunelem o průměru 2,6 metru, který je 51 kilometr dlouhý a je tak jedním z nejdelších tunelů světa. Ten byl dokončen již roku 1972.

Vzhledem k nárokům na kvalitu vody v nádrži, bylo součástí projektu „Vodovod ze Želivky“ také vybudování menších vodních nádrží. Vodní nádrž Trnávka byla zbudována mezi lety 1977 až 1981 na řece Trnavě před soutokem se Želivkou u města Želiv. Vodní nádrž Němčice byla postavená v letech 1975-1980 na Sedlickém potoce, který ústí přímo do nádrže Švihov. Obě tyto nádrže společně s v tu dobu již stojící VN Sedlice (výstavba: 1921-1927) tvoří předzdrže vodní nádrže Švihov. Jejich účelem je zachytit splaveniny a zamezit přísunu fosforu do nádrže.

Kromě výstavby VN Trnávka a VN Sedlice vznikla v roce 1974 projektová dokumentace k výstavbě nádrže na Martinickém potoce. Ta měla být postavena mezi lety 1977–1979 za stejným účelem jako zmíněné předzdrže. Toto vodní dílo ovšem nikdy nevzniklo. Tato diplomová práce je tak po 45 letech variantní studií proveditelnosti tohoto vodního díla na Martinickém potoce.

2 CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE

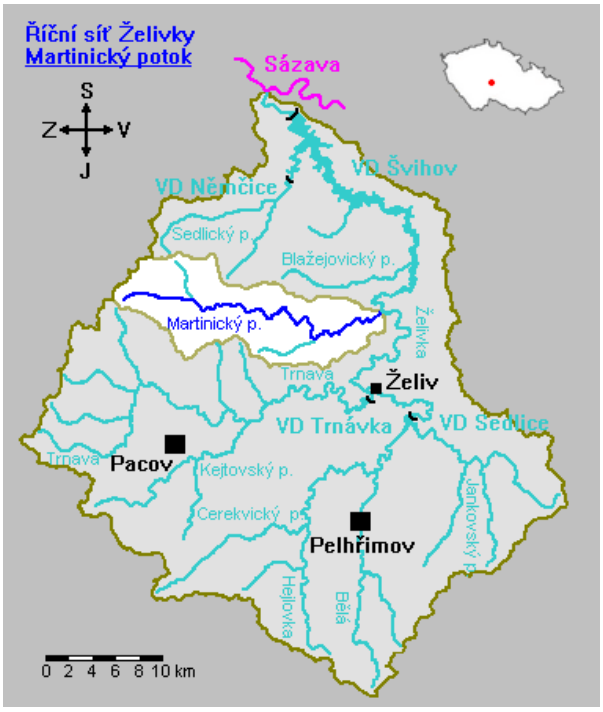
Cílem diplomové práce je navrhnout varianty konstrukčního řešení VD na Martinickém potoce ve stejném profilu jako původní projekt, a to v návaznosti na dnešní geologické, morfologické a hydrologické poměry lokality. Mezi další cíle patří vytvoření základní výkresové dokumentace, která bude navazovat na příslušné hydrotechnické výpočty.

Jako podklad a zdroj některých dat slouží historická dokumentace. Pro možnost porovnání navrhnutých variant a historického návrhu je z ní převzat hlavně údolní profil pro vybudování hráze a také rozmezí provozních hladin.

3 POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

Profil pro stavbu vodního díla se nachází poblíž obcí Senožaty, Syrov a Hořice v okrese Pelhřimov v Kraji Vysočina. Konkrétně v údolí Martinického potoka mezi obcemi Senožaty a Hořice. Martinický potok je levostranným přítokem řeky Želivky, vlévá se přímo do vodní nádrže Švihov – 37,8 ř. km. Pramení v nadmořské výšce 625 m n. m. ve vsi Slavětín, která se nachází 3 km jihovýchodně od Načeradce. Délka toku činí 35,9 km a má plochu povodí 116,1 km^2. Zájmové území se nachází v rozmezí 2,7 ř. km (hráz) a říčního kilometru 6,3 (konec zátopy).

Obr. 3.1 - Zájmové území (1)



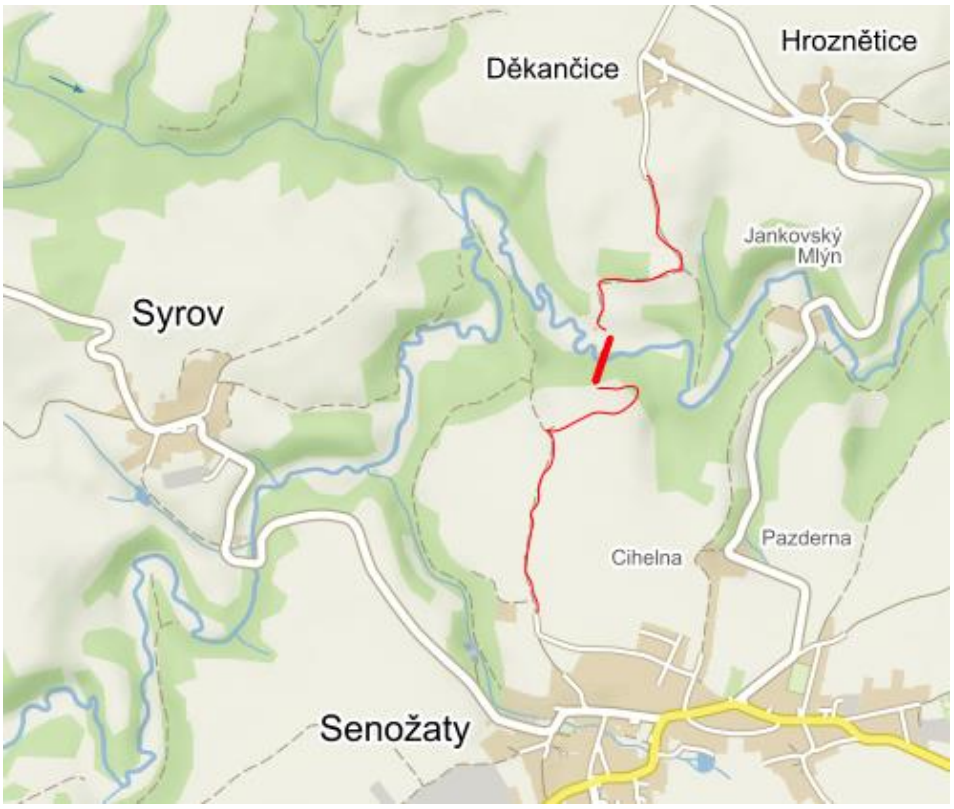
Obr. 3.2 – Mapa toku Martinického potoka (2)

Dne 16.11.2019 byl proveden vlastní terénní průzkum zájmové oblasti, při kterém byl prozkoumán profil pro stavbu hráze, oblast zátopy a možné napojení na stávající dopravní komunikace v průběhu výstavby. Během průzkumu bylo zjištěno:

V celém zájmovém území převládá travní porost a také lesní pozemky. Objekty, kterým je potřeba věnovat pozornost, se nachází v těsné blízkosti toku u konce plánované zátopy. Konkrétně se jedná o silniční most mezi Senožaty a Syrovem a také o objekt bývalého Syrovského mlýna, což jsou jediné stavby v zájmovém území. Těmto objektům se věnuje kapitola 7 – Dotčené pozemky.

Fotografie profilu pro stavbu hráze je na obrázku 3.3. Pravý svah údolí je příkrý a u jeho paty je koryto toku, dno údolí je široké odhadem 100 metrů. Levý svah je pozvolný. Na oba břehy je možné se dostat po již existující polní cestě (Obr. 3.4). Levý břeh je dostupný z obce Hořice přes Děkančice a dále po účelové komunikaci - Obr. 3.5, pravý břeh je dostupný po účelové komunikaci (Obr. 3.6) z obce Senožaty.

Obr. 3.3 - Profil hráze – pohled proti proudu [foto: autor]



Obr. 3.4 - Příjezdové cesty k hrázi (1)

Obr. 3.5 - Účelová komunikace z Děkančic – levý břeh [foto: autor]

Obr. 3.6 - Účelová komunikace ze Senožat – pravý břeh [foto: autor]

4 ZÁKLADNÍ ÚDAJE A PODKLADY

4.1 Kategorie vodního díla

Kategorizace vodních děl v ČR je založena výhradně na kvantifikaci potenciálního nebezpečí vyplývajícího z existence díla. Kvantifikace je stanovena tzv. potenciálem škod (P). Velikost nebezpečí pro území na toku pod vodními díly určuje jejich zařazení do příslušné kategorie.

Potenciál škod P se pro účely kategorizace vodních děl skládá z těchto složek:

- P_{OB} – ohrožení lidských životů
- $P_{šV}$ – přímé škody – na vodním díle samém
- $P_{šD}$ – přímé škody – na dolním toku
- $P_{NŠ}$ – nepřímé škody v území pod hrází
- P_Z – ztráty užitku vzniklé vyřazením vodního díla z provozu (3)

Hodnota potenciálu škod je v případě navrhovaného VD nejvíce ovlivněna výškou hráze (18 m). Z toho důvodu bylo VD zařazeno do III. kategorie ($15 \leq P \leq 200$).

Vzhledem k zařazení vodního díla do III. kategorie byla podle tabulky na obrázku 4.1 určena požadovaná míra bezpečnosti při povodni jako 1000letý povodňový průtok s pravděpodobností výskytu p = 0,001. To znamená, že VD musí být schopno převést tento průtok.

Kategorie vodního díla[3)]	Pravděpodobné škody při hypotetické havárii vodního díla	Hodnotící hlediska podle potenciálního rozsahu škod při hypotetické havárii vodního díla		Požadovaná míra bezpečnosti VD	
		Potencionální rozsah celkových škod	Uvažované ztráty lidských životů	*p = 1/N*	*N* (let)
I.	velmi vysoké	mimořádně vysoké ekonomické škody, škody na životním prostředí a sociální dopady v rozsahu státu	ztráty lidských životů se předpokládají	0,0001	10 000
II.	vysoké	vysoké ekonomické škody, škody na životním prostředí a sociální dopady v rozsahu regionu, případně státu	ztráty lidských životů se předpokládají	0,0001	10 000
			ztráty lidských životů jsou nepravděpodobné	0,0005	2 000
III.	střední	značné ekonomické škody, škody na životním prostředí a sociální dopady v rozsahu regionu	ztráty lidských životů se předpokládají	0,001	1 000
			ztráty lidských životů jsou nepravděpodobné	0,005	200
IV.	nízké	nízké ekonomické škody, škody na životním prostředí a sociální dopady lokálního rozsahu	předpokládají se ojedinělé ztráty lidských životů	0,005	200
			ztráty lidských životů jsou nepravděpodobné	0,01	100
		nízké ekonomické škody pouze u vlastníka VD, ostatní škody jsou nevýznamné	ztráty lidských životů jsou nepravděpodobné	0,05	20

Obr. 4.1 Tabulka požadované míry bezpečnosti VD (4)

4.2 Hydrologické podklady

Údaje o průtocích byly poskytnuty státním podnikem Povodí Vltavy z limnigrafu Senožaty.

Martinický potok – LG Senožaty

Číslo hydrologického pořadí 1-09-02-0880-0-00

Plocha povodí 115,088 km^2

Průměrný roční úhrn srážek 677 mm

Průměrný dlouhodobý roční průtok 0,627 m^3s^{-1}

Tabulka 1 - M-denní průtoky:

M-denní průtoky Q_{Md}

M [dny]	30	60	90	120	150	180	210
Q_{Md} [$m^3.s^{-1}$]	1.34	0.96	0.76	0.63	0.52	0.43	0.35

M [dny]	240	270	300	330	355	364
Q_{Md} [$m^3.s^{-1}$]	0.29	0.24	0.18	0.13	0.08	0.04

Tabulka 2 - N-leté průtoky:

N-leté průtoky Q_N

N [let]	1	2	5	10	20	50	100
Q_N [$m^3.s^{-1}$]	12.9	18.3	26.7	33.7	41.3	52.1	61.1

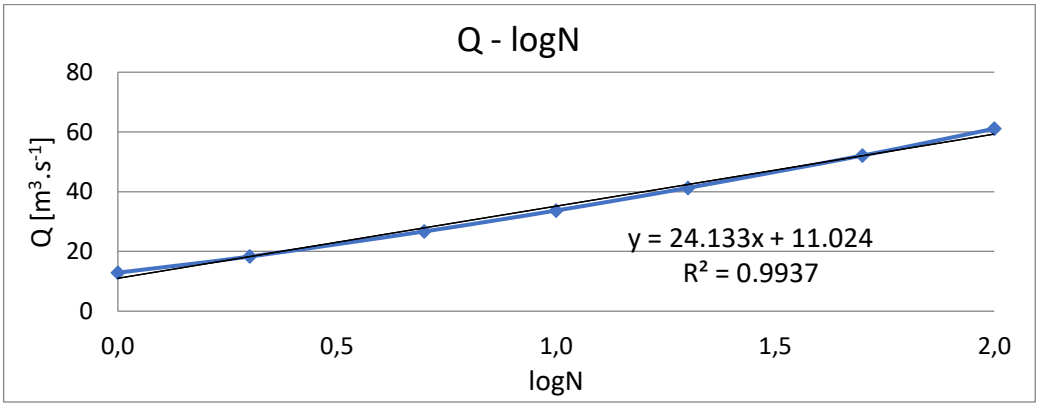
Průtok Q_{1000} není stanoven a pro další projektovou dokumentaci by bylo nutné zadat jeho zpracování ČHMÚ. Pro účely této studie byl průtok Q_{1000} určen pomocí známých průtoků Q_1 – Q_{100}. Hodnota odvozeného 1000letého průtoku byla následně upravena po provedení diskuse nad změnou N-letých průtoků, které byly dodány pro účel této práce a těch, které byly dodána HMÚ Praha v roce 1973 pod č.j. 488-4-73 a 699-4-73, jako podklad pro původní projekt.

4.2.1 Stanovení Q_{1000}

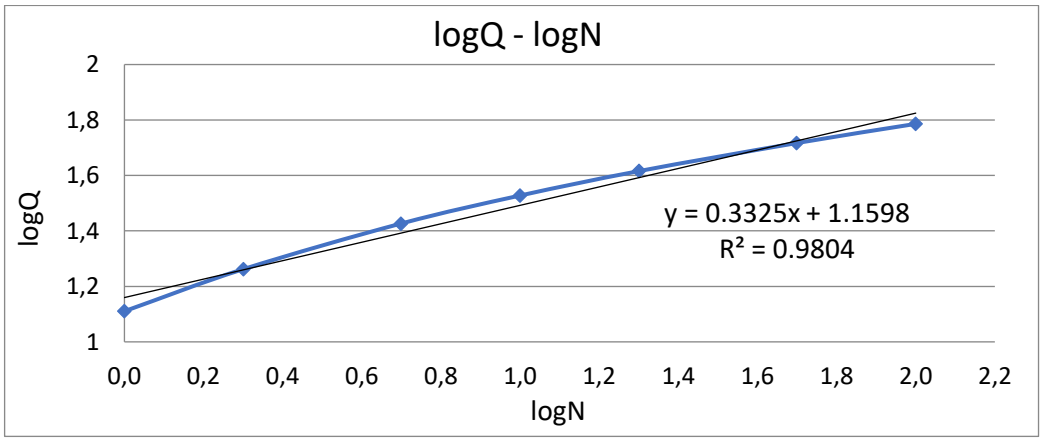
Průtoky a doby opakování byly vyneseny do grafu a proloženy lineární spojnicí trendu. Kromě předpisu přímky byla vyjádřena také hodnota spolehlivosti R^2. Následně z přepisu lineární závislosti byla určena hodnota průtoku pro N=1000. Bylo zpracováno více variant, které se liší rozdělením veličin průtoku Q a doby opakování N viz tabulka 3.

Tabulka 3 - Rozdělení průtoků a doby opakování:

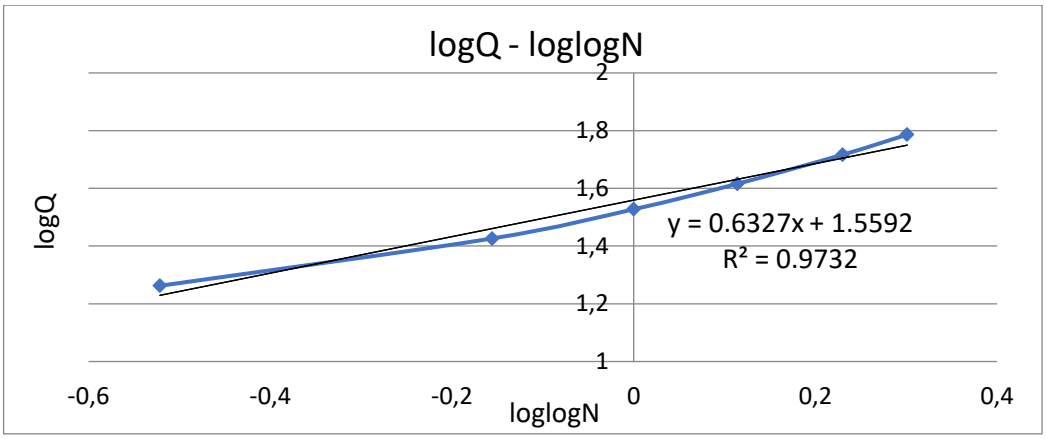
N [let]	1	2	5	10	20	50	100
Q [$m^3.s^{-1}$]	12.9	18.3	26.7	33.7	41.3	52.1	61.1
logN	0.00	0.30	0.70	1.00	1.30	1.70	2
loglogN	x	-0.52	-0.16	0.00	0.11	0.23	0.30
logQ	1.11	1.26	1.43	1.53	1.62	1.72	1.79
loglogQ	0.05	0.10	0.15	0.18	0.21	0.23	0.25



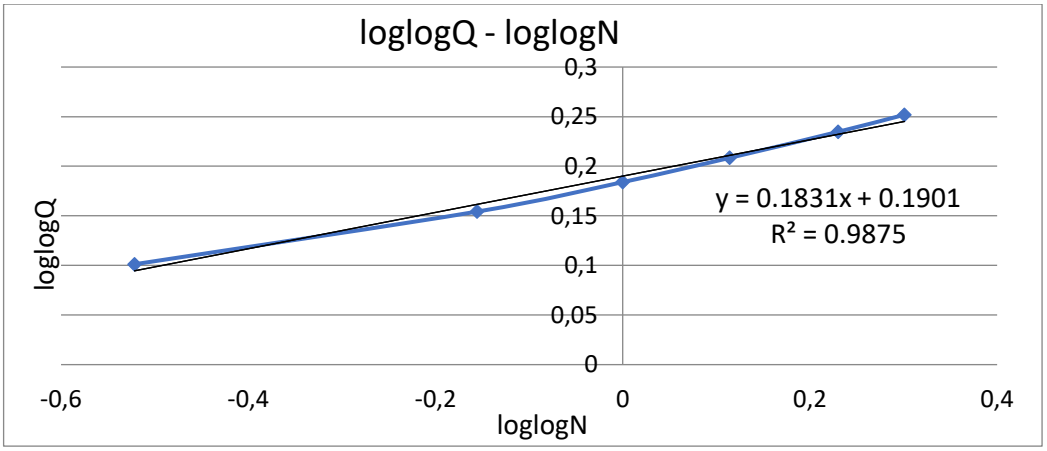
Obr. 4.2 - Graf závislosti Q-logN



Obr. 4.3 - Graf závislosti logQ-logN



Obr. 4.4 - Graf závislosti logQ-loglogN



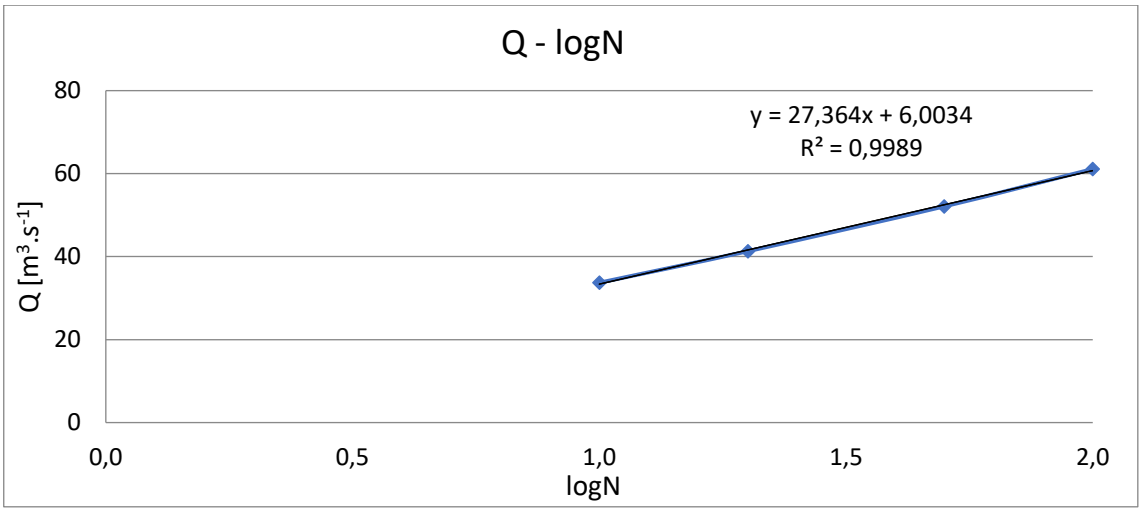
Obr. 4.5 - Graf závislosti loglogQ-loglogN

Tabulka 4 - Hodnota spolehlivosti a hledaný průtok:

	R^2	Q_{1000} [$m^3.s^{-1}$]
Q – logN	0.9937	83.42
logQ – logN	0.9804	143.65
logQ – loglogN	0.9732	72.62
loglogQ – loglogN	0.9875	78.41

Do tabulky (Tabulka 4.) byla vynesena hodnota spolehlivosti a hledaný průtok pro jednotlivá rozdělení. Průtok 143,65 $m^3.s^{-1}$ byl kvůli velké odlišnosti rovnou vyřazen z úvahy. Na grafech je možno sledovat odlišný směr konce proložené přímky a spojnice vynesených hodnot (Obr. 4.2-5).

Pro co nejpřesnější určení průtoku bylo vybráno rozdělení s nejvyšší hodnotou spolehlivost, které bylo nadále upraveno. Z grafu je patrné, že odchýlení konce proložené přímky a spojnice vynesených hodnot způsobují první tři vynesené hodnoty, proto byly z grafu odebrány a ponechány pouze průtoky Q_{10} až Q_{100}.



Obr. 4.6 - Graf závislosti Q-logN, pro N= 10-100

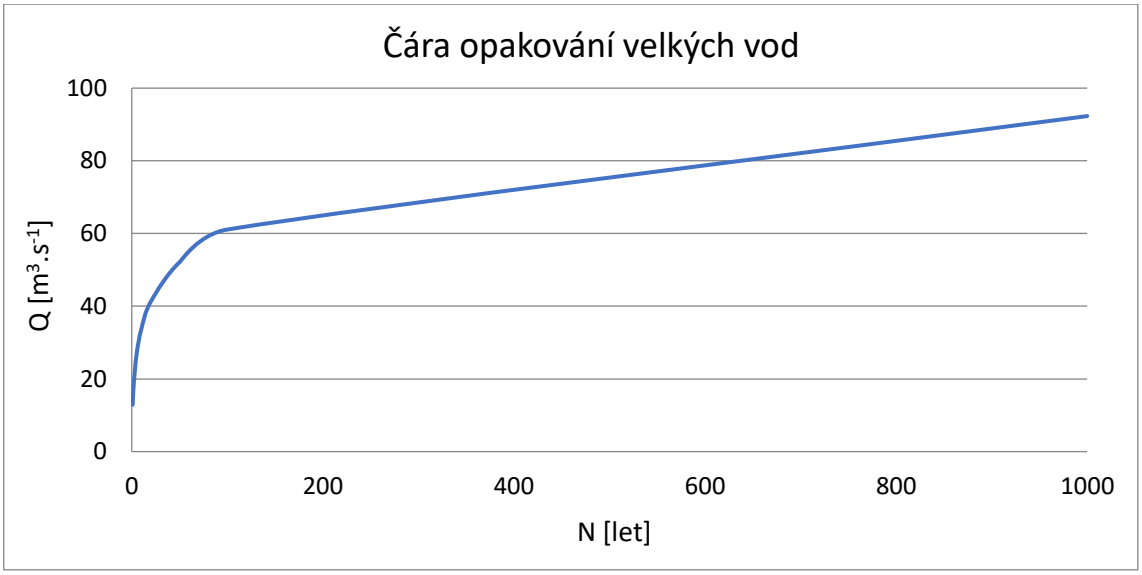
Hodnota spolehlivosti R^2 byla tímto zvýšena až na hodnotu 0,9989. A takto odvozený průtok Q_{1000} = 88,1 $m^3.s^{-1}$.

Tabulka 5 - Porovnání N-letých průtoků:

N [let]	1	2	5	10	20	50	100	1000
Q_{1973} [$m^3.s^{-1}$]	14	20	29	35	45	58	66	100
Q_{2019} [$m^3.s^{-1}$]	12.9	18.3	26.7	33.7	41.3	52.1	61.1	**88.1**
redukce	0.08	0.09	0.08	0.04	0.08	0.10	0.07	0.12

Pro porovnání dat z roku 1973 a současných byla vytvořena tabulka (Tabulka 5.) a vyčíslena redukce průtoků z roku 1973. Průměrná redukce pro průtoky Q_1 – Q_{100} odpovídá 7,7 %, avšak vypočtená hodnota Q_{1000} je redukována o 12 % oproti 1000letému průtoku, který byl uveden v projektu z roku 1973. Pro zachování průměrné velikosti redukce průtoků a pro přiklonění se na stranu bezpečnosti bylo rozhodnuto o upravení vypočteného průtok Q_{1000} na hodnotu 92,3 $m^3.s^{-1}$, aby odpovídala redukce o 7,7 %. Pro celou tuto studii je tak brána hodnota 1000letého průtoku **Q_{1000} = 92,3 $m^3.s^{-1}$**.

Pro další stupně projektové dokumentace je žádoucí sofistikovanější zpracování a vyčíslení průtoku Q_{1000} (včetně průběhu povodňové vlny) od ČHMÚ.



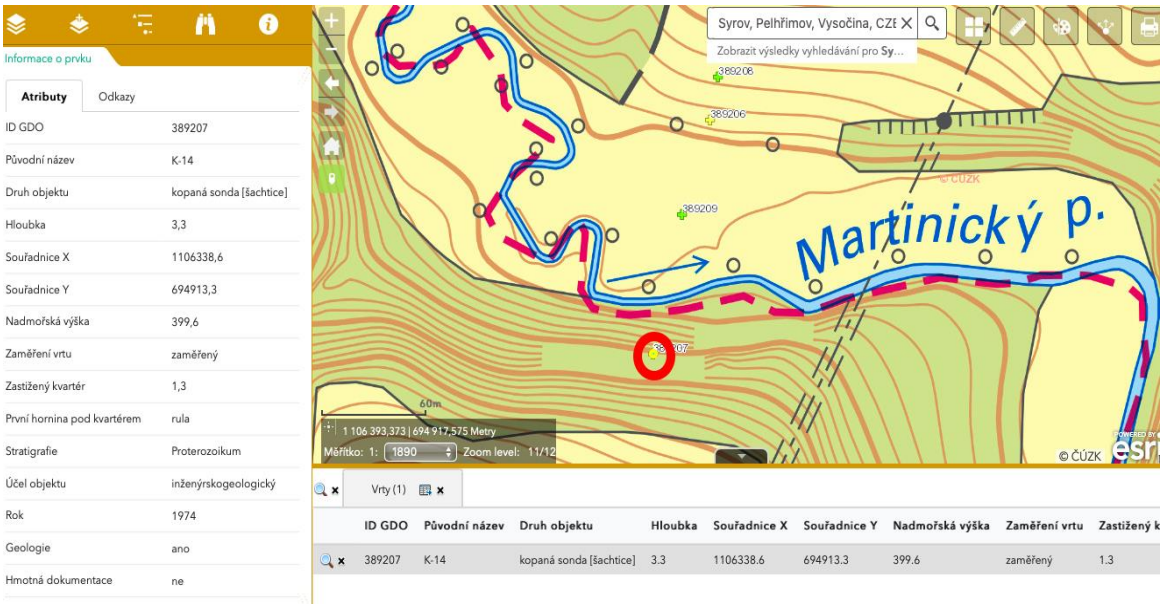
Obr. 4.7 - Čára opakování velkých vod

4.3 Geologický průzkum

Geologický průzkum byl proveden v roce 1974 a prokázal, že v daném profilu lze bezpečně založit zemní hráz včetně funkčních objektů. Skalní podloží je tvořeno pararulami, které jsou zvětralé a silně rozpukané do hloubky 2,5 – 8,5 m od úrovně terénu. Bude tak nutná injektáž do hloubky 12 m pod stávající terén. Mocnost pokryvných útvarů, zakrývajících horniny skalního podloží, je v levém údolním svahu 1,5 - 3,0 m, v údolní nivě 3 - 4 m. Pokryvné útvary tvoří na svazích deluviální písky se sutí a písčitokamenité sutě. V údolní nivě jsou málo únosné a silně stlačitelné hlinité náplavy o mocnosti 1,5 – 2,4 m. Během průzkumu bylo nalezeno na okraji plánované zátopy vhodné místo pro otevření zemníku (lomu) pro získání materiálu do stabilizační časti hráze. Vyhledávací průzkum těsnících materiálů a materiálů do filtrů vyzněl negativně. (5)

Údolní profil (Obr. 4.9) byl získán pomocí nástroje „profil“ v online prohlížecí službě Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního dostupné na: https://ags.cuzk.cz/dmr/. (6)

Pro určení hloubky skalního podloží a určení vrstvy pokryvných útvarů byla použita online mapa vrtné prozkoumanosti, ve které jsou vyneseny vrty v profilu hráze (Obr. 4.8). (7)

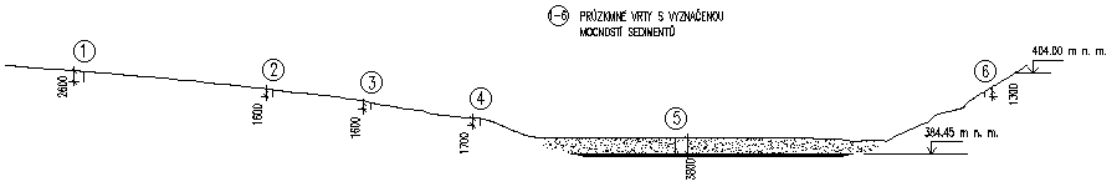


Obr. 4.8 - Vrtná prozkoumanost, dostupné z: (7)

Mocnost sedimentů byla vynesena do tabulky (Tabulka 6) a zakreslena do terénního profilu (Obr. 4.9)

Tabulka 6 - Mocnost sedimentů:

	ČÍSLO VRTU	TERÉN	MOCNOST SEDIMENŮ
	-	m n. m.	m
PRAVÝ BŘEH	1	399.6	1.3
	2	388.2	3.8
	3	393	1.7
	4	396.8	1.6
	5	400	1.6
LEVÝ BŘEH	6	404.5	2.6



Obr. 4.9 - Profil terénu a skalního podloží

S takto stanoveným profilem a výskytem skalního podloží bylo během této práce počítáno. Pro další stupeň projektové dokumentace je žádoucí dodatečný průzkum podloží. Žádoucí jsou další průzkumné vrty na dně údolí mezi současnými vrty 4-5 a 5-6 a také další vrt v pravém svahu. Vhodné by bylo také provést další průzkumné vrty i mimo osu hráze.

4.3.1 Stavební materiál stabilizační části hráze

Pro stabilizační část bude použit místní materiál. Plánována je jeho těžba v lomu, který bude otevřen v levém údolním svahu nad přehradním místem. Těženy budou místní pararuly, jedná se o kamenivo horší kvality, které zrnitostně po zpracování v hrázi bude odpovídat štěrku s příměsí písku až štěrku s příměsí slabě hlinitého písku.

Dle ČSN 75 2410 byl materiál zatříděn jako *štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy*, označovaný symbolem G-F (Obr. 4.10), který je podle tabulky určující vhodnost zemin pro různé zóny hutnění hrází velmi vhodný (Obr. 4.11). (8)

Název zeminy	Symbol	Třída	Kvalitativní znaky			
			Obsah jemnozrnné frakce (<0,06 mm) v %	C_u	C_c	Diagram plasticity
Štěrk dobře zrněný	GW	G1	<5	>4	1 až 3	-
Štěrk špatně zrněný	GP	G2	<5	<4	<1 nebo >3	-
Štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy	G-F	G3	5 až 15	-	-	-
Štěrk hlinitý	GM	G4	15 až 35	-	-	pod čárou A
Štěrk jílovitý	GC	G5	15 až 35	-	-	nad čárou A

Obr. 4.10 - Zatřídění zeminy (8)

Znak skupiny	Homogenní hráz	Těsnící část	Stabilizační část
GW	nevhodná	nevhodná	výborná
GP	nevhodná	nevhodná	výborná
G-F	málo vhodná	nevhodná	velmi vhodná
GM	výborná	velmi vhodná	málo vhodná
GC	výborná	velmi vhodná	málo vhodná

Obr. 4.11 - Vhodnost zemin pro stavbu hráze (8)

Orientační půdně mechanické vlastnosti zhutněných zemin byly určeny dle tabulky na obrázku 4.12.

Sku-pina	Zdánlivá hustota v t.m^{-3}		Standardní Proctorova zkouška		Objemová hmotnost suché zeminy		Smyková pevnost		Filtrační součinitel
	částice	částice	d_{max}	W_{opt}	max.	min.	c_{ef}	ϕ_{ef}	k
	< 4 mm	4 mm	(t.m^3)	(%)	(t.m^{-3})	(t.m^{-3})	(kPa)	(°)	v m/s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
GW	2,69	2,58	> 1,91	< 13	1,97 až 2,3	1,58 až 1,9	0	44	$5 . 10^{-4}$ až $7 . 10^{-5}$
GP	2,68	2,57	> 1,76	< 13	2,1 až 2,3	1,67 až 1,93	0	41	$5 . 10^{-4}$ až $6 . 10^{-5}$
G – F	2,70	2,5	> 1,74	< 13,5	–	–	0	38	$1 . 10^{-6}$ až $5 . 10^{-8}$
GM	2,73	2,43	> 1,8	< 20,5	2,06 až 2,16	1,7 až 1,76	5	34	$8 . 10^{-5}$ až $8 . 10^{-10}$
GC	2,73	2,57	> 1,84	< 17,7	–	–	5	27	$1 . 10^{-4}$ až $1 . 10^{-9}$
SW	2,67	2,57	1,92 až 2,11	7,4 až 10,8	1,9 až 2,1	1,48 až 1,71	0	41	$5 . 10^{-5}$ až $4 . 10^{-6}$
SP	2,65	2,62	1,7 až 2,00	8,8 až 12,8	1,73 až 1,96	1,35 až 1,64	0	37	$2 . 10^{-4}$ až $1 . 10^{-6}$
S – F	2,66	2,45	1,74 až 1,83	11,8 až 14,2	–	–	0	33	$1 . 10^{-5}$ až $1 . 10^{-7}$
SM	2,68	2,48	1,72 až 2,01	9,1 až 15,9	1,62 až 1,9	1,23 až 1,48	5	34	$1 . 10^{-5}$ až $1 . 10^{-10}$
SC	2,69	2,47	1,81 až 2,00	10 až 14,7	–	–	6	34	$1 . 10^{-7}$ až $5 . 10^{-10}$
ML	2,69	–	1,49 až 1,82	14 až 25	–	–	12	34	$5 . 10^{-7}$ až $1 . 10^{-10}$
CL	2,71	–	1,66 až 1,84	14 až 19	–	–	25	25	$1 . 10^{-7}$ až $1 . 10^{-10}$
MH	2,79	–	1,33 až 1,4	33 až 35	–	–	20	18	$8 . 10^{-9}$ až $1 . 10^{-10}$
CH	2,73	–	1,42 až 1,63	19,5 až 30,5	–	–	20	17	$4 . 10^{-7}$ až $2 . 10^{-10}$

Obr. 4.12 - Tabulka orientačních půdně mechanických vlastností zhutněných zemin (8)

Stabilizační část hráze

materiál: G-F

úhel vnitřního tření:

φ = 38 °

soudržnost zeminy:

c = 0 kPa

pórovitost:

n = 0.3

objemová hmotnost suché zeminy:

γ = 19.62 kN.m^{-3}

hydraulická vodivost:

k = 1.00E-07 m.s^{-1}

Pro další stupeň projektu je ovšem nutné získat půdně mechanické vlastnosti zemin pomocí laboratorních zkoušek.

5 ÚČEL A KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ VODNÍHO DÍLA

5.1 Účel vodního díla

Hlavním účelem vodního díla je zachytit splaveniny a zamezit přísunu fosforu do nádrže VD Švihov a tím tak omezit eutrofizační proces v ní.

V průvodní zprávě historického projektu je interpretován výsledek vodohospodářského řešení nádrže, který uvádí, že minimální provozní hladina je 399,00 m n. m. a maximální 399,50 m n.m. Při takovéto úrovni hladiny omezí VD na Martinickém potoce eutrofizační procesy na VN Švihov.

Samotné vodohospodářské řešení už bohužel neexistuje, proto bylo pro tuto studii stanoveno, že rozmezí provozních hladin zůstane shodné a od nich se bude odvíjet dále konstrukční návrh. Tím bude zajištěno splnění hlavního účelu navrhované VN.

5.2 Navrhnutá konstrukční řešení

5.2.1 Volba konstrukčního typu hráze

Analýza vhodnosti konstrukčních typů hráze byla zpracována do tabulky – Obr. 5.1.

Při volbě typu hráze byly rovnou vyřazeny betonové hráze. Pro založení betonové tížné přehrady nejsou vhodné podmínky vzhledem k zvětralému a rozpukanému skalnímu podloží do hloubky až 12 metrů. Kubatura hráze není dostatečně velká, aby se vyplatilo budovat na místě betonárku. Dovážení betonu na stavbu celé hráze není ekonomicky výhodné. Využití válcovaného betonu má stejný problém.

Vzhledem k nalezišti materiálu vhodného pro stavbu stabilizační části hráze bylo rozhodnuto o sypané přehradě z místních materiálů. Materiál pro střední zemní těsnění není v blízkosti k dispozici, takže varianta se středním zemním těsněním nepřipadá v úvahu. Střední betonové těsnění bylo zvoleno také jako nevhodné.

Jako vhodná varianta bylo zvoleno střední asfaltobetonové těsnění, které je výhodné jednoduchostí ukládání pomocí stroje (Systém Strabag), cenou a pružností asfaltobetonu, který je schován uvnitř tělesa hráze a nedochází k jeho degradaci. Stačí těsnění o tloušťce 0,5 m.

Druhou vhodnou variantou bylo zvolen návodní těsnění z geomembrány (těsnění návodního líce). Jeho výhody jsou především jednoduchá a rychlá výstavba, cena a prakticky nepropustnost. V ČR bylo použito při opravě stávajícího návodního AB těsnění.

Právě návodní AB těsnění nebylo zvoleno především kvůli své ceně v porovnání se dvěma vybranými variantami a také kvůli tomu, že část, která není pod vodou je teplotně namáhána a degraduje. U středního AB těsnění je tomu zabráněno, jelikož je chráněno uvnitř hráze.

Zvolené dvě varianty, které byly zpracovány, jsou:

- zemní sypaná hráze z místních materiálů se středním AB těsněním
- zemní sypaná hráze z místních materiálů s návodním těsnění z geomembrány

TYP HRÁZE		VHODNOST	ODŮVODNĚNÍ
BETONOVÉ	TÍŽNÉ – BETONOVÉ	nevhodné	Nejsou vhodné podmínky pro založení hráze. Velká mocnost zvětralých rul - až do hloubky 15m. Pro takovouto kubaturu hráze není efektivní a ekonomicky výhodné budovat betonárku na místě stavby. Vožení betonu v mixech není také ekonomicky výhodné.
	TÍŽNÉ – VÁLCOVANÝ BETON	nevhodné	Stejný problém s betonem jako u klasické betonové hráze.
	KLENBOVÉ	nevhodné	Sice menší spotřeba betonu, ale konstrukčně náročné řešení. Nevhodný údolní profil.
	PILÍŘOVÉ	nevhodné	Sice menší spotřeba betonu, ale konstrukčně náročné řešení. Nevhodný údolní profil.
	TĚSNĚNÍ		
PŘEHRADY Z MÍSTNÍCH MATERIÁLŮ	SYPANÉ – STŘEDNÍ ZEMNÍ	nevhodné	Dle průzkumu není v oblasti zátopy, ani v blízkém okolí vhodný materiál pro střední zemní těsnění. Jeho dovážení je nevýhodné.
	SYPANÉ – STŘEDNNÍ BETONOVÉ (ŽB)	nevhodné	Betonové, respektive železobetonové střední těsnění je velmi citlivé na deformace hráze a není možné ho opravit. Je potřeba dovážet více betonu a v porovnání se zvolenými typy těsnění je dražší jeho provedení
	SYPANÉ – STŘEDNNÍ ASFALTO-BETONOVÉ	vhodné	Výhoda tohoto řešení je: pružnost asfaltobetonu v porovnání s betonem, jednoduché ukládání těsnění pomocí stroje - Systém Strabag, cena
	SYPANÉ – NÁVODNÍ ASFALTO-BETONOVÉ TĚSNĚNÍ	nezvoleno	Finančně náročnější než zvolené dvě varianty těsnění, náchylné na degradaci-hlavně části, která není pod vodou, stékání asfaltobetonu, teplotní namáhání.
	SYPANÉ – NÁVODNÍ GEOMEMBRÁNOVÉ TĚSNĚNÍ	vhodné	Jde o "moderní" technologii, která byla použita při rekonstrukci návodního těsnění na VD Morávka, kde nahradila právě asfaltobetonové návodní těsnění. Výhodami jsou: jednoduchá a rychlá výstavba, cena a prakticky nepropustnost.

Obr. 5.1 - Analýza vhodnosti konstrukčních návrhů hráze

5.2.2 Konstrukční řešení hráze

Hráz se středním AB těsněním

Konstrukční řešení hráze bylo zvoleno takto:

Koruna o šířce 4 m, v úrovni určené podle výpočtu výběhu vln. Na koruně asfaltová vozovka. U levého břehu sjezd do nádrže i pod hráz. Návodní svah v celkovém sklonu 1:2, se dvěma lavičkami a sklonem mezi nimi 1:1,6. Na návodním svahu kamenný zához se štěrkovým podkladem. Vzdušní líc v celkovém sklonu 1:1,6 se dvěma lavičkami a sklonem mezi nimi 1:1,3. Vzdušní líc s ohumusováním a zatravněním. Založení hráze na skalnatém podloží. Střední AB těsnění o tloušťce 0,5 m ukládané strojem pro ukládání AB těsnění Strabag. Těsnění napojené na asfaltovou vozovku na koruně a dole na injekční chodbu, která je z části betonovaná ve skalním podloží. Injektáž do 10 metrů skalního podloží. U vzdušní paty hráze drenážní patka pro odvádění průsaku od vzdušního líce. Stabilizační část z místního materiálu, který bude na místě zpracován.

Hráz s návodním těsněním z geomembrány

Konstrukční řešení hráze bylo zvoleno takto:

Koruna o šířce 4 m, v úrovni určené podle výpočtu výběhu vln (oproti návrhu s AB těsněním bude hráz vyšší). Na koruně asfaltová vozovka. U levého břehu sjezd do nádrže i pod hráz. Návodní svah ve sklonu 1:2. Na návodním svahu těsnění z geomembrány a pod ním drenáž, která svádí možný průsak do injekční chodby. Vzdušní líc v celkovém sklonu 1:1,6 se dvěma lavičkami a sklonem mezi nimi 1:1,3. Vzdušní líc s ohumusováním a zatravněný. Založení hráze na skalnatém podloží. Injekční chodba u návodní paty hráze, na ní napojeno těsnění a svedena do něj drenáž. Injektáž do 10 metrů skalního podloží. Stabilizační část z místního materiálu, který bude na místě zpracován.

5.2.3 Funkční objekty

Funkční objekty a jejich uspořádání byly zvoleny stejně pro oba typy hráze. Vzhledem k účelu, který má VD plnit, a to sice snížit eutrofizační procesy ve VN Švihov, bylo zvoleno řešení převádění běžných průtoků pomocí tří odběrných oken v různých úrovních. Toto řešení se používá u vodárenských nádrží, aby bylo možné odebírat vodu požadované kvality z určité hloubky. V případě navrhovaného VD bude pomocí tohoto řešení

docíleno toho, že dále do toku bude převáděna voda z takové úrovně pod hladinou, kde bude v tu dobu nejméně fosforu – živin.

Vzhledem k potřebě umístit odběrná okna do věžového objektu, byl zvolen jako vhodný typ bezpečnostního přelivu přeliv šachtový, který bude zároveň spojen s věžovým objektem s odběrnými okny. Pro umístění dvou spodních výpustí bude využita také konstrukce šachtového přelivu, kde na úrovni jeho kolene budou vtoky spodních výpustí, které budou zaústěny do odpadní chodby bezpečnostního přelivu. Stejné řešení je použito na VD Horka (Obr. 5.2). Odpadní chodba vyústí na vzdušní straně hráze do vývaru.

Odběrná okna budou hrazena deskami, které se budou vytahovat do strojovny, která bude nad šachtovým přelivem. Přístup do strojovny bude po točitém schodišti, které povede věžovým objektem z komunikační chodby. Komunikační chodba bude umístěna nad odpadní chodbou a bude přístupná z vyústění na vzdušním líci.

Průtoky převáděné přes odběrná okna budou vedeny do levé spodní výpusti, kde přes odbočku budou pokračovat na malou vodní elektrárnu (MVE). Návrh turbíny a MVE není součástí této studie. Pro co největší spád bude využito savky, která bude vyústěna do odpadní chodby, kde bude provedeno nízké hrazení, aby byla savka pod vodou. Savka bude odplavitelná, takže při větších průtocích přes bezpečnostní přeliv se uvolní a odplaví. Pomocí turbíny se také budou regulovat běžné průtoky.

Obr. 5.2 - Šachtový přeliv se strojovnou na VD Horka (9)

5.2.4 Ponořený stupeň

Součástí průvodního projektu byl návrh jezu v oblasti zátopy, který slouží jako ponořený stupeň. Ten stabilizuje hladinu v horní části nádrže a zachytává většinu splavenin. Stejné řešení bylo použito na VD Trnávka, kde se osvědčilo. Z toho důvodu bude návrh jezu zachován, a to včetně umístění v profilu toku Martinického potoka.

Konstrukční řešení oproti původnímu návrhu bude upraveno. Kvůli snížení vzdutí hladiny v oblasti Syrovského Mlýna bude navrženo snížení koruny jezu a zmenšen počet přelivných polí.

6 VÝPOČTY A NÁVRHY

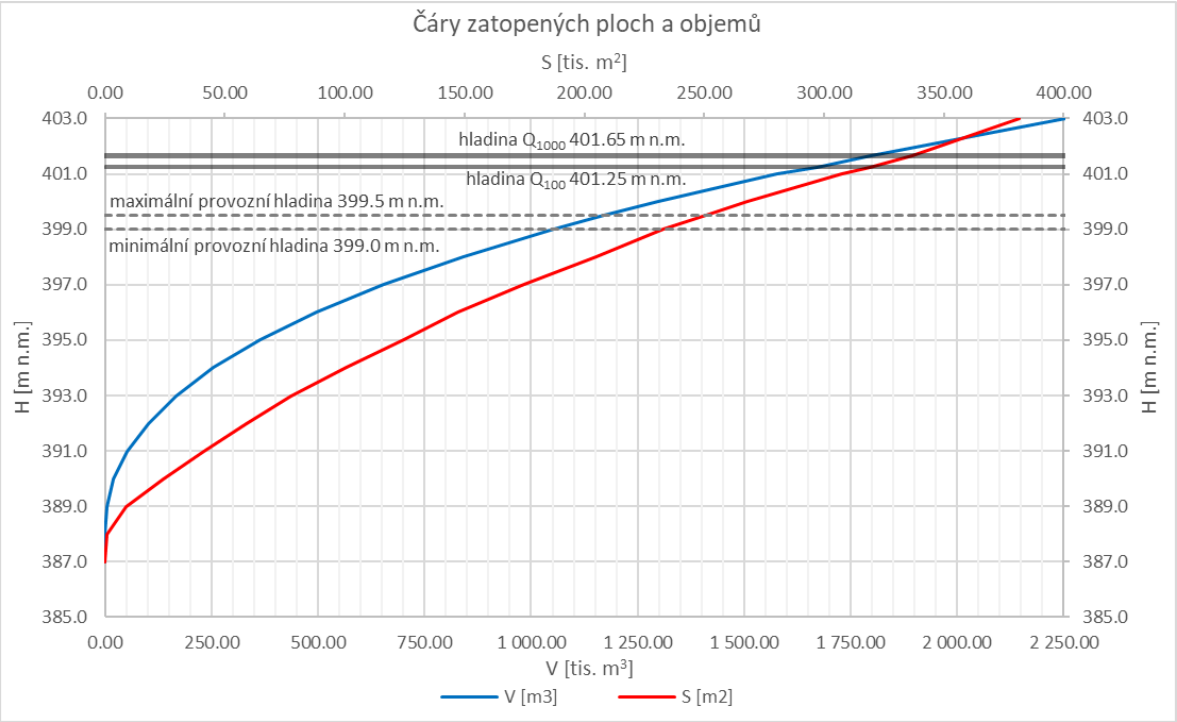
6.1 Charakteristické křivky nádrže

Hlavními charakteristickými křivkami nádrže jsou čára zatopených ploch a čára zatopených objemů. Tyto křivky jsou na sobě závislé a popisují tvar a kapacitu údolí. V různých nadmořských výškách nad tokem je vodorovně prokládána rovina, v místech průniku roviny s terénem a návodním lícem hráze vzniká hranice zatopené plochy. Pod touto plochou je objem, který odpovídá právě zvolené nadmořské výšce. Tyto hodnoty ploch a objemů odpovídající určitým nadmořským výškám, ty pak vytváří čáru zatopených ploch a čáru zatopených objemů.

V této studii byly čáry zatopených ploch a objemů vytvořeny za pomoci volně dostupné online prohlížecí služby ArcGIS Server, kterou provozuje Český úřad zeměměřičský a katastrální (Obr. 6.2). Tato aplikace využívá jako podklad digitální model reliéfu DMR 5G a pomocí nástroje "*Orientační výpočet objemu*" byly určeny hodnoty ploch a objemů odpovídajícím zvoleným nadmořským výškám. Hodnoty byly zapsány do tabulky (Tabulka 7) a následně z nich vyneseny do grafu charakteristické čáry nádrže – Obr. 6.1.

Tabulka 7 - Čára zatopených ploch a objemů:

H	**plocha**	**objem**	**H**	**plocha**	**objem**
m n.m.	***tis. m²***	***tis. m³***	***m n.m.***	***tis. m²***	***tis. m³***
387.0	0.00	0.00	397.0	174.54	654.24
388.0	0.60	0.07	398.0	204.64	839.49
389.0	8.69	4.20	399.0	232.71	1 052.94
390.0	24.15	20.30	399.5	250.62	1 170.46
391.0	41.29	51.73	400.0	267.97	1 297.01
392.0	58.94	101.10	401.0	307.35	1 576.98
393.0	77.44	167.72	401.25	318.81	1 668.38
394.0	100.60	254.00	401.65	336.49	1 796.07
395.0	124.41	364.58	403.0	381.24	2 251.39
396.0	147.26	497.25			

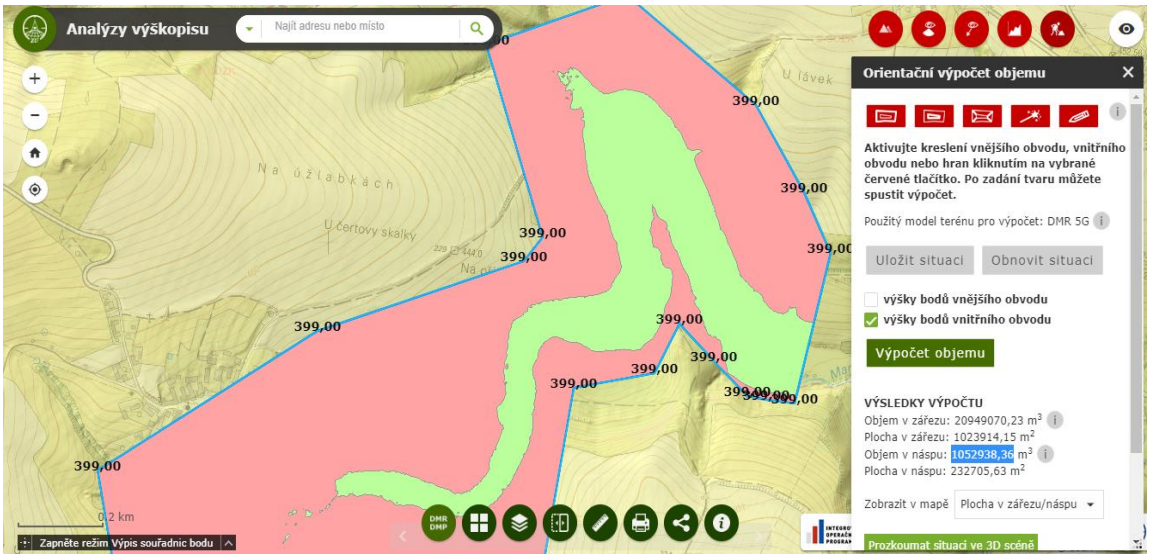


Obr. 6.1 - Čáry zatopených ploch a objemů

Online nástroj "*Orientační výpočet objemu*" slouží primárně k výpočtu objemu stavební jámy, na webové stránce je definován takto:

„Nástroj slouží pro orientační výpočet objemu stavební jámy (terénního zářezu) nebo haldy (terénního náspu). Je nutné zadat hranici vnějšího obvodu, hranici (dno stavební jámy nebo korunu náspu) a nadmořskou výšku vnitřního obvodu. (…) Výsledný objem je spočten z rozdílu mezi povrchem zadaného tvaru (dnem a svahy terénního zářezu nebo korunou a svahy terénního náspu) a stávajícím zemským povrchem (povrchem terénu), který reprezentuje digitální model terénu (DMR 5G). (…) Výsledky výpočtu udávají orientační spočtenou hodnotu objemu v zářezu, plochu v zářezu, objemu v náspu a plochu v náspu." (Analýza výškopisu: Orientační výpočet objemu [online]. [cit. 2019-12-19]. Dostupné z: https://ags.cuzk.cz/dmr/) (6)

Pro potřeby výpočtu bylo nutné pochopit zadávání hranic a interpretaci výsledku. Byl zvolen vnější obvod oblasti – modrá čára. Hranice stavební jámy reprezentuje zvolenou hladinu a byla zadána shodně jako vnější oblast. Poté pro každý krok byla měněna nadmořská výška hladiny a nástroj dopočítal plochu a objem zářezu a náspu. Zářez je znázorněn červenou barvou a násep zelenou. Jako výsledek je brána hodnota objemu a plochy v náspu, jelikož reprezentuje vodní plochu.



Obr. 6.2 - Využití ArcGis Server pro vytvoření čar zatopených ploch a objemů (6)

6.2 Funkční objekty

6.2.1 Bezpečnostní přeliv

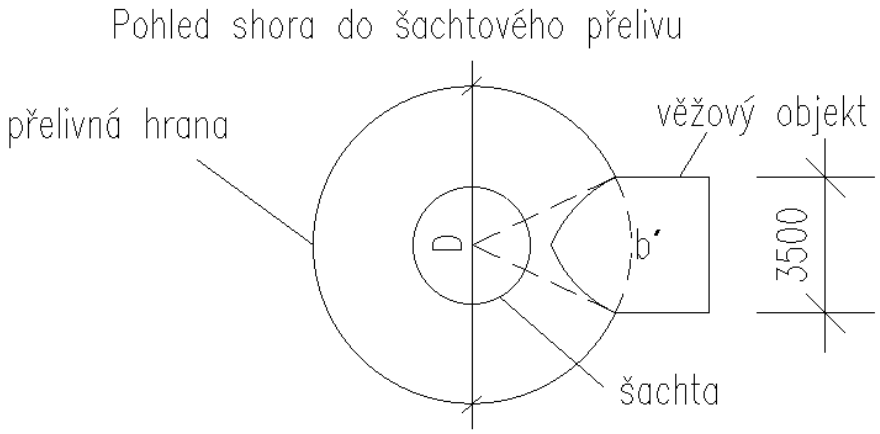
Bezpečnostní přeliv pro VD na Martinickém potoce byl navrhnut šachtový. Šachtový přeliv se skládá z vtokové části, přechodové části, šachty, kolene a ústí do odpadní chodby, která je společná pro všechny manipulační objekty. Při návrhu je důležité brát v úvahu zahlcení šachtového přelivu. Literatura, odvolávající se na modelový výzkum šachtových přelivů, udává, že od hodnoty $\frac{h}{D} > 0{,}225$ může docházet k jeho zahlcení. Kde h je přepadová výška a D je průměr nálevky šachtového přelivu.

Byl uvažován požadavek $\frac{h_{Q100}}{D} \leq 0{,}15$ a $\frac{h_{Q1000}}{D} \leq 0{,}225$, kde h_{Q100} je přepadová výška při 100letém průtoku a h_{Q1000} je přepadová výška odpovídající 1000letém průtoku. Výpočet byl proveden dle rovnice přepadu:

$$Q = mb\sqrt{2g}h^{\frac{3}{2}}$$

- Q – průtok přes přeliv [$m^3.s^{-1}$]
- m – součinitel přepadu, uvažován 0,45 [-]
- b – délka přelivné hrany [m]
- h – přepadová výška [m]
- g – tíhové zrychlení, g = 9,81 $m.s^{-2}$

Vzhledem k navrhnuté strojovně nad šachtovým přelivem, která je umístěna na věži sloužící pro přístup do strojovny a jsou v ní vedeny odběrná okna, bude délka přelivné hrany zkrácena o hodnotu b´. Hodnota b´ odpovídá části kružnice, kterou zabírá odběrná věž, která má v půdoryse uvažovanou šířku 3,5 m. (Obr. 6.3) V rovnici přepadu je tak uvažována hodnota b_0. $b_0 = b - b´$, kde $b = 2\pi D$. Hodnoty b_0 pro jednotlivé průměry nálevky šachtového přelivu jsou uvedeny v tabulce (Tabulka 8).



Obr. 6.3 - Znázornění zkrácení přelivné hrany bezpečnostního přelivu

Tabulka 8 - Hodnoty zkrácené délky přelivné hrany:

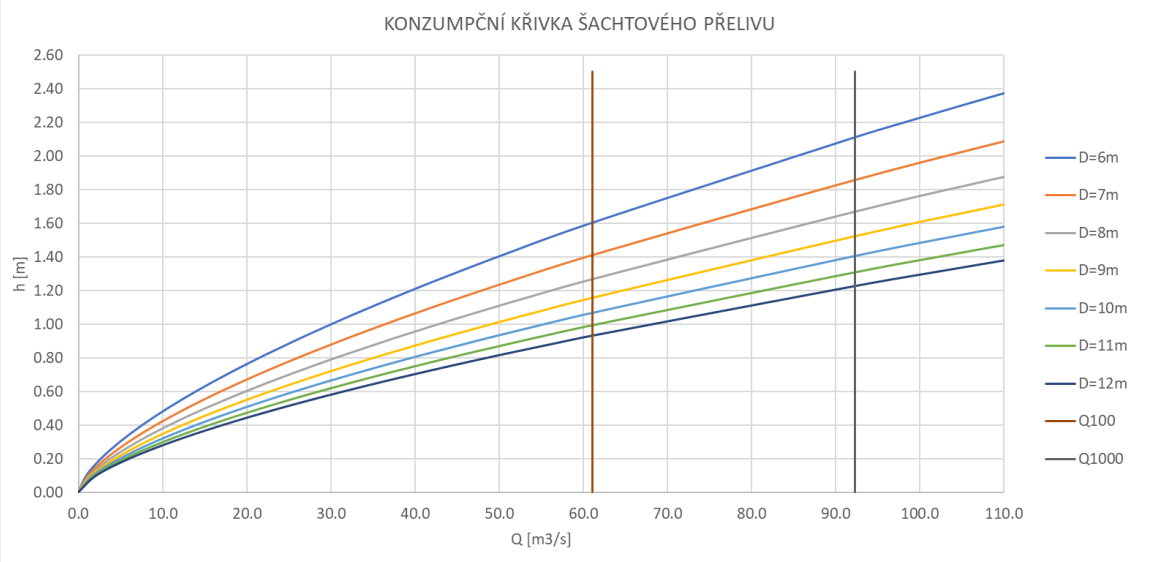
D[m]	b[m]	b´[m]	b_0[m]
6	18.85	3.74	15.11
7	21.99	3.67	18.33
8	25.13	3.62	21.51
9	28.27	3.59	24.68
10	31.42	3.58	27.84
11	34.56	3.56	31.00
12	37.70	3.55	34.15

Pro tyto průměry nálevky byla dle rovnice přepadu vynesena konzumpční křivka šachtového přelivu a přesně určena přepadová výška pro Q_{100} a Q_{1000}. Rovnice přepadu má po zavedení redukované délky přelivné hrany b_0 tvar: $Q = mb_0\sqrt{2g}h^{\frac{3}{2}}$

Vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulce (Tabulka 9) a graficky znázorněny na Obr. 6.4.

Tabulka 9 - Hodnoty konzumpční křivky šachtového přelivu pro různá D:

h[m]	$Q_{6m}[m^3/s]$	$Q_{7m}[m^3/s]$	$Q_{8m}[m^3/s]$	$Q_{9m}[m^3/s]$	$Q_{10m}[m^3/s]$	$Q_{11m}[m^3/s]$	$Q_{12m}[m^3/s]$
0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.10	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2
0.20	2.7	3.3	3.8	4.4	5.0	5.5	6.1
0.30	4.9	6.0	7.0	8.1	9.1	10.2	11.2
0.40	7.6	9.2	10.8	12.4	14.0	15.6	17.2
0.50	10.7	12.9	15.2	17.4	19.6	21.8	24.1
0.60	14.0	17.0	19.9	22.9	25.8	28.7	31.6
0.70	17.6	21.4	25.1	28.8	32.5	36.2	39.9
0.80	21.6	26.1	30.7	35.2	39.7	44.2	48.7
0.90	25.7	31.2	36.6	42.0	47.4	52.8	58.1
0.93	27.0	32.8	38.5	44.2	49.8	55.5	61.1
0.99	29.8	36.1	42.4	48.6	54.9	61.1	
1.07	33.2	40.2	47.2	54.2	61.1		
1.16	37.4	45.4	53.3	61.1			
1.27	42.9	52.1	61.1				
1.41	50.4	61.1					
1.60	61.1						
1.23							92.3
1.31						92.3	101.7
1.40					92.3	102.8	113.2
1.52				92.3	104.1	115.9	127.7
1.67			92.3	105.9	119.5	133.0	146.5
1.86		92.3	108.3	124.3	140.2	156.1	172.0
2.11	92.3	111.9	131.4	150.7	170.0	189.3	208.6
2.20	98.3	119.2	139.9	160.5	181.1	201.6	222.1
2.30	105.1	127.4	149.6	171.6	193.6	215.5	237.4
2.40	112.0	135.8	159.4	182.9	206.3	229.7	253.1
2.50	119.1	144.4	169.5	194.5	219.4	244.2	269.0



Obr. 6.4 - Konzumpční křivka šachtového přelivu

Z grafu lze vyčíst poměr přepadové výšky a průměru nálevky $\frac{h_{Q100}}{D}$ a $\frac{h_{Q1000}}{D}$ pro jednotlivé zvolené průměry. Přesně byly tyto hodnoty vyčísleny v tabulce (Tabulka 10).

Tabulka 10 - Poměry h/D šachtového přelivu:

D [m]	6	7	8	9	10	11	12
h_{Q100} [m]	1.60	1.41	1.27	1.16	1.07	0.99	0.93
h_{Q1000} [m]	2.11	1.86	1.67	1.52	1.40	1.31	1.23
h_{Q100} /D	0.27	0.20	0.16	0.13	0.11	0.09	0.08
h_{Q1000} /D	0.35	0.27	0.21	0.17	0.14	0.12	0.10

Je patrné, že pro splnění požadavku $\frac{h_{Q100}}{D} \leq 0{,}15$, respektive $\frac{h_{Q100}}{D} = 0{,}15$ bude hledaný poloměr nálevky mezi hodnotami 8 m a 9 m a pro požadavek $\frac{h_{Q1000}}{D} = 0{,}225$ rozmezí průměru 7 m až 8 m. Byl tedy proveden znovu stejný výpočet, ale pro průměry v hledaném rozmezí. (Tabulky 11-13)

Tabulka 11 – Hodnoty zkrácené délky přelivné hrany pro dopočítávané D:

D[m]	**b[m]**	**b´[m]**	**b_0[m]**
8.2	25.76	3.62	22.14
7.7	24.06	3.63	20.43

Tabulka 12 - Hodnoty konzumpční křivky šachtového přelivu pro dopočítávaná D:

h[m]	**$Q_{8.2m}$[m^3/s]**	**$Q_{7.7m}$[m^3/s]**
0	0.0	0.0
0.1	1.4	1.3
0.2	3.9	3.6
0.3	7.3	6.7
0.4	11.2	10.3
0.5	15.6	14.4
0.6	20.5	18.9
0.7	25.9	23.8
0.8	31.6	29.1
0.9	37.7	34.8
1	44.1	40.7
1.1	50.9	47.0
1.24	61.1	56.4
1.32	66.8	61.6
1.4	73.1	67.5
1.5	81.1	74.8
1.6	89.3	82.4
1.64	92.3	85.2
1.73	100.0	92.3
1.9	115.6	106.6
2	124.8	115.2
2.1	134.3	123.9
2.2	144.0	132.9
2.3	154.0	142.0
2.4	164.1	151.4
2.5	174.5	161.0
2.6	185.1	170.7

Tabulka 13 - poměry dopočtených h/d šachtového přelivu:

D [m]	8.2	7.7
h_{Q100} [m]	1.24	1.32
h_{Q1000} [m]	1.64	1.73
h_{Q100} /D	0.15	0.17
h_{Q1000} /D	0.20	0.225

Hledaný průměr pro splnění předpokladu $\frac{h_{Q100}}{D} = 0{,}15$ je D = 8,2 m a pro požadavek $\frac{h_{Q1000}}{D} = 0{,}225$ je D = 7,7 m. Pro přiklonění se na stranu bezpečnosti byl zvolen větší ze dvou průměrů. Nálevka šachtového přelivu je navržena o průměru 8,2 m.

Přepadová výška při 100letém průtoku (Q = 61,1 $m^3.s^{-1}$) je 1,24 m a 1,64 m při 1000letém průtoku (Q = 92,3 $m^3.s^{-1}$). Hrana přelivu je navržena v úrovni 400,0 m n. m., to je 0,5 m nad maximální provozní hladinu. Důvodem převýšení nad maximální provozní hladinu je snaha zabránit přelévání případných vln způsobených větrem do šachtového přelivu při normální hladině v nádrži. Úroveň hladiny při průtoku Q_{100} je určena na úroveň 401,25 m n.m. a 401,65 m n.m. při průtoku Q_{1000}.

6.2.2 Spodní výpusti

Návrhový průtok pro spodní výpust byl zvolen jako jednoletá povodeň (Q_1=12,9 $m^3.s^{-1}$). Kapacita výpusti byla řešena jako krátké potrubí s ustáleným prouděním dle rovnice:

$$Q = S.v = S\mu\sqrt{2gH} = S\sqrt{\frac{2gH}{1 + \Sigma\xi_{místní} + \xi_{tření}}} = S\sqrt{\frac{2gH}{1 + \Sigma\xi_{místní} + \lambda\frac{l}{4R}}}$$

- S – plocha průřezu potrubí [m^2]
- g – tíhové zrychlení, g = 9,81 $m.s^{-2}$
- H – hydraulická výška, (rozdíl mezi hladinou a osou výpusti) [m]
- $\xi_{místní}$ – místní ztráty [-]
- $\xi_{tření}$ – ztráta třením, závislá na délce, materiálu a poloměru potrubí [-]
- λ – součinitel ztráty třením, z Moodyho diagramu [-]
- l – délka potrubí [m]
- R – poloměr potrubí [m]

Výpočet:

$Q_{návrhový}$ =	Q_1 =	12.9	$m^3.s^{-1}$
maximální provozní hladina:		399.5	m n. m.
osa spodní výpusti:		388.0	m n. m.
hrana bezpečnostního přelivu:		400.0	m n. m.
navrhnutý průměr:	**D =**	**1.2**	**m**

místní ztráty

vtok:		0.3
rozstřikovací uzávěr:		0.65
klínový:		0.1

ztráty třením

délka potrubí	l=	10	m
drsnost	Δ=	0.0002	m
	Δ/D=	0.00017	
teplota	T=	10	°C
viskozita	v=	1.31E-06	$m^2.s^{-1}$
Reynoldsovo číslo:	Re=	1.0E+07	
součinitel ztráty třením:	λ=	0.013	(Moodyho diagram)

ztráta třením: $\xi_{tření}$= 0.05

výpočet

kapacita výusti pří maximální provozní hladině

Q= 11.7 $m^3.s^{-1}$ ≈ Q_1 = 12.9 $m^3.s^{-1}$

kapacita výusti pří hladině dosahující hrany bezpečnostního přelivu

Q= 12.0 $m^3.s^{-1}$

NAVRHUJI DVĚ VÝPUSTI O PRŮMĚRU 1,2 m
(10)

Navrhnuty byly dvě stejné spodní výpusti o průměru 1,2 m. Kapacita jedné výpusti při maximální provozní hladině je 11,7 $m^3.s^{-1}$, což odpovídá téměř jednoletému průtoku (Q1=12,9 $m^3.s^{-1}$) a pro VD je to dostatečná kapacita. Druhá výpust je navrhnuta kvůli požadavku 100% rezervy. Při výpočtu byly uvažovány místní ztráty na vtoku a u dvou provozních uzávěrů, na revizním uzávěru nebyly uvažovány místní ztráty. Spodní

výpusti jsou vyvedeny okolo šachty a kolene šachtového přelivu do společné odpadní chodby.

6.2.3 Odběrné objekty

K převedení běžných průtoků budou sloužit odběrná okna. Ty byly navrhnuty v různých úrovních, aby bylo možné převádět dále do toku vodu z různých hloubek nádrže. To je důležité hlavně pro kvalitu vody v toku pod vodním dílem. Průtoky převáděné odběrnými okny jsou vedeny přes malou vodní elektrárnu (MVE). Celkem byla navrhnuta tři odběrná okna. Nejvyšší odběrné okno je navrženo 2 metry pod minimální provozní hladinou. Jeho osa je tak na kótě 397,0 m n.m. Další dvě odběrná okna jsou navržena vždy po dalších 3 metrech. Jejich osa je tak na kótě 394,0 m n.m. a 391,0 m n.m.

Navrhnuté okno je čtvercového tvaru, kde strana čtverce odpovídá průměru potrubí, které je do okno zabetonované. Okna jsou umístěna na odběrné věži, která je součástí šachtového přelivu. Odběrné okno je hrazeno tabulí, která je umístěna v drážkách a je vytahována nahoru do strojovny. Potrubí z jednotlivých odběrů jsou vedena do levé spodní výpustě a z té dále odbočkou na MVE.

Výpočet kapacity

Požadovaná kapacita byla uvažována okolo hodnoty 60denní vody (Q_{60d} = 0,96 $m^3.s^{-1}$). Výpočet byl proveden pro nejvyšší odběrné okno, které bude mít nejmenší kapacitu vzhledem nejdelšímu potrubí. Výpočet byl proveden podle stejného vzorce jako výpočet spodních výpustí:

$$Q = S\sqrt{\frac{2gH}{1 + \Sigma\xi_{místní} + \xi_{tření}}} = S\sqrt{\frac{2gH}{1 + \Sigma\xi_{místní} + \lambda\frac{l}{4R}}}$$

Hydraulická výška H je uvažována jako rozdíl kóty hladiny a zaústění do spodní výpusti.

	$Q_{návrhový}$ = Q_{60d} =	0.96	$m^3.s^{-1}$
osa 1. odběrného okna:		397	m n. m.
minimální provozní hladina:		399	m n. m.
maximální provozní hladina:		399.5	m n. m.
zaústění do spodní výpusti:		388	m n. m.
navrhnutý rozměr	**D =**	**0.4**	**m**

(šířka, výška okna = průměr potrubí)

místní ztráty

vtok – ostrá vstupní hrana:		0.5	
2 x koleno 90°:		2.26	

ztráty třením

délka potrubí	l=	10	m
drsnost	Δ=	0.0002	m
	Δ/D=	0.0005	
teplota	T=	10	°C
viskozita	v=	1.3101E-06	$m^2.s^{-1}$
Reynoldsovo číslo:	Re=	2.3E+06	
součinitel ztráty třením:	λ=	0.017	(Moodyho diagram)

ztráta třením:	$\xi_{tření}$=	0.21	

výpočet

kapacita 1. odběrného okna pří minimální provozní hladině

Q= 0.93 $m^3.s^{-1}$ ≈ Q_{60d} =0,96 $m^3.s^{-1}$

kapacita 1. odběrného okna pří maximální provozní hladině

Q= 0.95 $m^3.s^{-1}$ ≈ Q_{60d} =0,96 $m^3.s^{-1}$

Tabulka 14 - Kapacity odběrných oken v rozmezí provozních hladin:

osa odběru [m n.m.]	$Q_{399\ m\ n.m.}$ [$m^3.s^{-1}$]	$Q_{399.5\ m\ n.m.}$ [$m^3.s^{-1}$]
397	0.93	0.95
394	0.93	0.95
391	0.94	0.96

Kapacity všech odběrných oken pro minimální i maximální provozní hladinu jsou uvedeny v tabulce (Tabulka 14). Kapacita odpovídá průtoku 60denní vody. Navrhnutý rozměr odběrných oken je tak D = 0,4 m. (11)

6.2.4 Odpadní chodba

Odpadní chodba byla navržena společná pro všechny manipulační objekty. Navazuje na šachtový přeliv, jsou do ní zaústěny spodní výpusti a také savka z MVE, přes kterou se

převádějí běžné průtoky. Chodba byla navržena dostatečně kapacitně, aby bylo zachováno proudění s volnou hladinou i při převádění vysokých průtoků Q_{100} – Q_{1000}. Navržená vnitřní šířka odpadní chodby je 3 m, je shodná s šířkou šachty bezpečnostního přelivu. Podélný sklon chodby je 2,5 % a vnitřní výška chodby 3,2 m. Výška chodby byla vypočtena z hloubky rovnoměrném ustáleného proudění při Q_{1000} a rezervy 27 cm. Kapacita odpadní chodby při rovnoměrném ustáleném proudění je uvedena v tabulce (Tabulka 15). Výpočet byl proveden podle Chezyho rovnice:

$$Q = CS\sqrt{Ri}$$

- i – sklon dna [-]
- S – průtočná plocha [m^2]
- R – hydraulický poloměr [m], $R = \frac{S}{O}$
- O – omočený obvod [m]
- C – Chezyho rychlostní součinitel [$m^{0.5}.s^{-1}$], $C = \frac{1}{n}R^{1/6}$
- n – Manningův drsnostní součinitel [$s.m^{-0.33}$], uvažováno 0,015

Tabulka 15 - Kapacita odpadní chodby při rovnoměrném ustáleném proudění:

y [m]	S [m^2]	O [m]	R [m]	C [$m^{0.5}.s^{-1}$]	Q [$m^3.s^{-1}$]	v [$m.s^{-1}$]	Fr [-]	
2.93	8.80	8.87	0.99	66.58	92.30	10.49	1.96	Q_{1000}
2.11	6.33	7.22	0.88	65.22	61.10	9.66	2.12	Q_{100}
1.86	5.59	6.73	0.83	64.64	52.10	9.32	2.18	Q_{50}
1.56	4.68	6.12	0.77	63.76	41.30	8.82	2.25	Q_{20}
1.34	4.02	5.68	0.71	62.94	33.70	8.37	2.31	Q_{10}
1.13	3.39	5.26	0.64	61.97	26.70	7.87	2.36	Q_5
0.86	2.59	4.73	0.55	60.31	18.30	7.06	2.43	Q_2
0.68	2.03	4.36	0.47	58.72	12.90	6.34	2.46	Q_1
0.13	0.38	3.25	0.12	46.62	0.96	2.52	2.26	Q_{60d}

6.2.5 Vývar

Pro tlumení kinetické energie odtékající vody z odpadní chodby a tím tak zabránění poškození koryta pod hrází a samotné hráze byl navrhnut vývar. Snaha u návrhu vývaru

je, aby došlo k mírně vzdutému vodnímu skoku. Míra vzdutí je vyjádřena součinitelem míry vzdutí σ a požadované rozmezí hodnot je σ Є (1,05 – 1,1). Součinitel je vyjádřen vztahem: $\sigma = \frac{y_d+d}{y_2}$, kde y_d je hloubka vody v korytě pod hrází, d je hloubka vývaru a y_2 je druhá vzájemná hloubka vodního skoku. Pro výpočet druhé vzájemné hloubky bylo použito postupně těchto vztahů:

specifický průtok:

$$q = \frac{Q}{b}$$

- q – specifický průtok [$m^2.s^{-1}$]
- Q – průtok [$m^3.s^{-1}$]
- b – průtočná šířka ve vývaru [m]

energetická výška přitékající vody:

$$E_0 = h_0 + d = h + \frac{\alpha v_0^2}{2g} + d$$

- d – hloubka vývaru [m]
- h – hloubka vody v odpadní chodbě [m], použita hloubka při rovnoměrném ustáleném proudění
- $\frac{\alpha v_0^2}{2g}$ – rychlostní výška přitékající vody [m]
- α – Coriolisovo číslo, α = 1,0
- g – tíhové zrychlení, g = 9,81 $m.s^{-2}$
- v_0 – přítoková rychlost [$m.s^{-1}$], $v_0 = \frac{Q}{S}$
- Q – průtok [$m^3.s^{-1}$]
- S – průtočná plocha [m^2]

první vzájemná hloubka vodního skoku:

$$y_c = y_1 = \frac{q}{\varphi\sqrt{2g(E_0 - y_1)}}$$

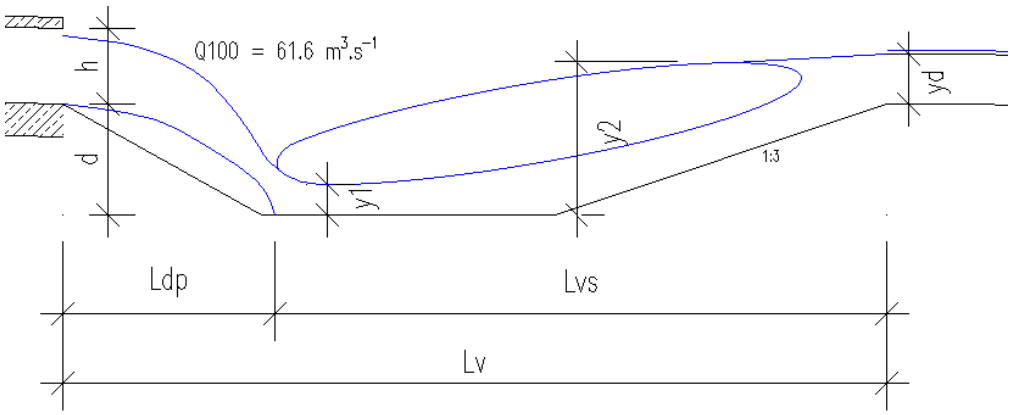
- φ – rychlostní součinitel, $\varphi = 1{,}0$

První vzájemná hloubka y_1 odpovídá kritické hloubce y_c. Vzhledem k tomu, že se ve vzorci pro výpočet první vzájemné hloubky objevuje hledaná hodnota y_1, byla určena iteračně. V prvním kroku byla hodnota y_1 pod odmocnino zvolena $y_1 = 0$ a v dalších krocích byla zpřesněna.

druhá vzájemná hloubka vodního skoku:

$$y_2 = \frac{y_1}{2}\left[-1 + \sqrt{1 + \frac{8 \cdot \beta \cdot q^2}{g \cdot y_1^3}}\right]$$

- β – Boussinesqovo číslo, β = 1,0



Obr. 6.5 - Schéma pro výpočet vývaru

Pomocí Chezyho rovnice byl proveden výpočet hloubky (y_d) vody v korytě za vývarem. Za vývarem bylo počítáno s korytem lichoběžníkového tvaru s šířkou ve dně 3 metry a sklony svahů 1:2. Drsnost koryta byla odhadnuta na n = 0.025 a sklon koryta 0,5%.

Tabulka 16 - Výpočet hloubky vody v korytě za vývarem:

N [let]	y_d [m]	S [m^2]	O [m]	R [m]	C [$m^{0.5}.s^{-1}$]	Q [$m^3.s^{-1}$]	v [$m.s^{-1}$]	Fr [-]
1000	2.81	24.28	15.59	1.56	43.07	92.30	3.80	0.43
100	2.33	17.86	13.42	1.33	41.95	61.10	3.42	0.45
50	2.16	15.86	12.68	1.25	41.52	52.10	3.28	0.46
20	1.94	13.35	11.68	1.14	40.90	41.30	3.09	0.47
10	1.76	11.49	10.88	1.06	40.37	33.70	2.93	0.48
5	1.57	9.67	10.04	0.96	39.75	26.70	2.76	0.49
2	1.31	7.33	8.84	0.83	38.77	18.30	2.50	0.51
1	1.09	5.68	7.90	0.72	37.86	12.90	2.27	0.53

Návrh rozměrů vývaru byl proveden na 100letý průtok, tak aby hodnota míry vzdutí σ = 1,05. Rozhodnutí nenavrhovat vývar na průtok odpovídající 1000leté povodni bylo z důvodu moc velkých rozměrů vývaru a stejně nedostatečné kapacitě koryta toku dále pod hrází, kdy při tak velkém průtoku je voda stejně vylita z koryta toku a zaplavuje přilehlá území.

Vývar byl navrhnut bez bočního rozšíření oproti odpadní chodbě. Aby míra vzdutí pro Q_{100} odpovídala hodnotě 1,05, byla navrhnuta hloubka vývaru **d = 5,1 m**.

Tabulka 17 - Výpočet návrhu vývaru:

N let	Q $m^3.s^{-1}$	b m	q $m^2.s^{-1}$	y_D m	h m	$v_0^2/2g$ m	h_0 m
1	12.90	3.00	4.30	1.09	0.68	2.05	2.73
2	18.30	3.00	6.10	1.31	0.86	2.54	3.40
5	26.70	3.00	8.90	1.57	1.13	3.16	4.29
10	33.70	3.00	11.23	1.76	1.34	3.57	4.92
20	41.30	3.00	13.77	1.94	1.56	3.96	5.52
50	52.10	3.00	17.37	2.16	1.86	4.43	6.29
100	**61.10**	**3.00**	**20.37**	**2.33**	**2.11**	**4.75**	**6.86**
1000	92.30	3.00	30.77	2.81	2.93	5.61	8.54

E m	y_C m	y_{C2} m	y_{C3} m	odmocnina	y_2 m	Δy m	σ
7.83	0.35	0.35	0.36	337.50	3.09	1.99	2.01
8.50	0.47	0.49	0.49	264.61	3.71	2.41	1.73
9.39	0.66	0.68	0.68	205.40	4.54	2.97	1.47
10.02	0.80	0.84	0.84	176.35	5.14	3.38	1.33
10.62	0.95	1.00	1.00	154.58	5.73	3.79	1.23
11.39	1.16	1.23	1.23	133.11	6.48	4.32	1.12
11.96	**1.33**	**1.41**	**1.42**	**120.15**	**7.05**	**4.72**	**1.05**
13.64	1.88	2.03	2.04	92.10	8.76	5.95	0.90

Výpočet délky vývaru L_v závisí na délce dopadu vodního L_{dp} paprsku a délce vodního skoku L_{vs}. Délka vývaru je tak vyjádřena vztahem: $L_v = L_{dp} + L_{vs}$

Délka dopadu vodního paprsku: $L_{dp} = v_0 t$

- t – vyjádřeno ze vztahu: $s = \frac{1}{2} g t^2$, kde *s* odpovídá hloubce vývaru *d*

Délka vodního skoku: $L_{vs} = K \cdot (y_2 - y_1)$

- K – konstanta, dle Nováka K = 5,0 pro předpoklad $4 < \frac{y_2}{y_1} < 6$

<u>výpočet délky vývaru:</u>

dopad paprsku:			*vodní skok:*		
t=	1.02	s	y_2/y_1=	4.98	
L_{dp}=	9.8	m	K=	5	
			L_{vs}=	28.2	m

celková délka vývaru:

L_v= 38.0 m

Vývar byl navrhnut o hloubce 5,1 m, šířce 3 m a celkové délce 38 m. Dno vývaru u uzavíracího prahu bude v podélném sklonu 1:3 a u vyústění odpadní chodby ve sklonu 1:1,5. Pro lepší tlumení kinetické energie budou na dně vývaru rozražeče čtvercového půdorysu s rozměrem 0,5 m x 0,5 m a výšky 1,0 m. Rozmístění je znázorněno na výkresu B.3. (12)

6.3 Převýšení koruny hráze

Nádrž byla navrhnuta tak, že hladina při kontrolním povodňovém průtoku je na kótě 401,65 m n.m. Této hladiny je dosáhnuto při přepadávání průtoku Q_{1000} přes bezpečnostní šachtový přeliv při uzavřených spodních výpustech. Nad tuto maximální hladinu bylo navrhnuto převýšení koruny tak, aby bylo zamezeno přelití koruny hráze při výběhu větrových vln.

6.3.1 Výpočet výběhu větrových vln

Pří vypočtu výběhu větrových vln na těleso hráze bylo postupováno dle normy ČSN 75 0255. Nejdříve byla určena efektivní délka rozběhu větru L_{ef} a rychlost větru ve výšce 10 m nad terénem w_{10z}, respektive rychlost větru ve výšce 10 m nad hladinou w_{10v}.

Délka efektivního rozběhu větru L_{ef}

ČSN 75 0255 uvádí:

„Předpokládá se, že vítr přenáší energii na hladinu vody ve všech směrech v rozpětí úhlu 90° s osou shodnou s hlavním směrem větru. Efektivní délka rozběhu větru se stanoví z

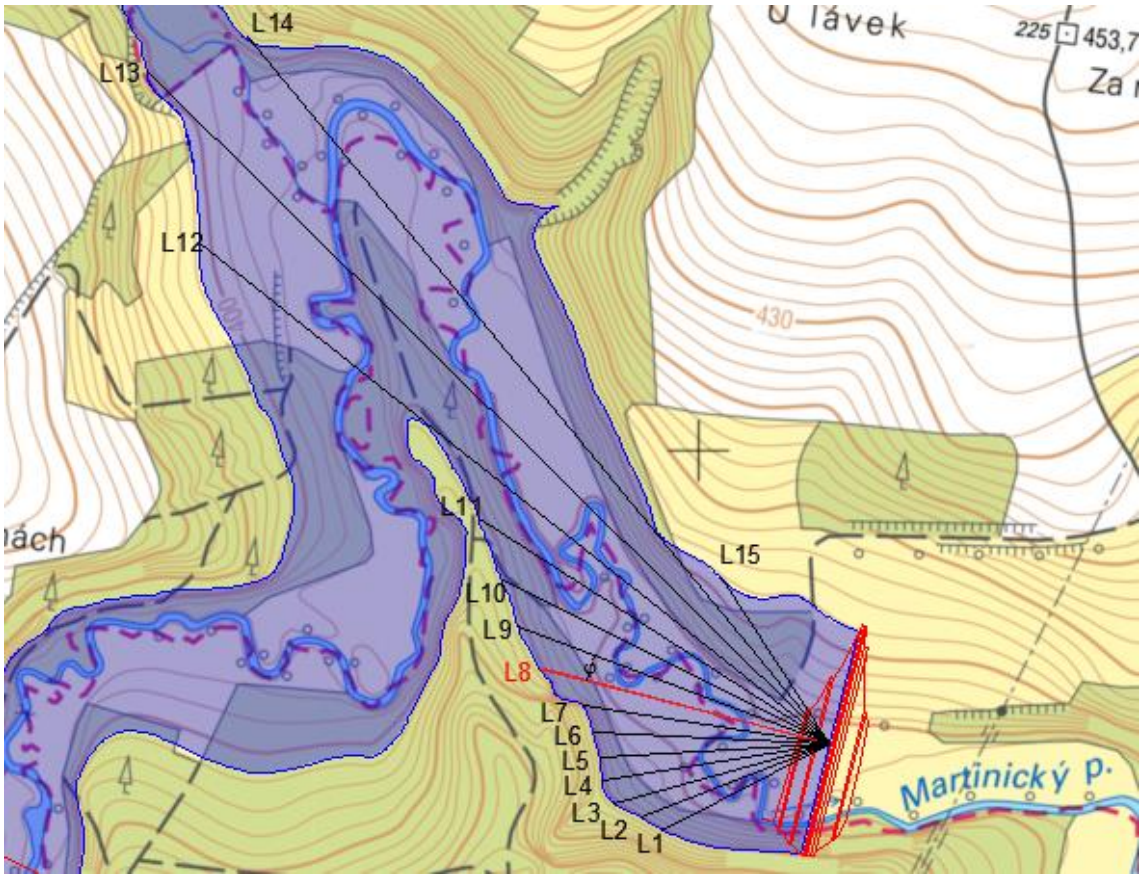
15 radiál vedených zkoumaným bodem tak, že střední radiála je totožná s hlavním směrem větru a sedm radiál po její každé straně se kreslí v intervalech po 6°.“ (13)

Vzorec pro výpočet efektivní délky rozběhu větru:

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

- L_i – délka i-té radiály [m]
- φ – úhel, který i-tá radiála svírá s hlavním směrem větru [°]

Délky a úhly jednotlivých radiál spolu s výpočtem jsou uvedeny v tabulce (Tabulka 18) a znázorněny na Obr. 6.6.



Obr. 6.6 - Výpočet efektivní délky rozběhu větru

Tabulka 18 - Výpočet efektivní délky rozběhu větru:

č.	φ_i [°]	L_i [m]	$\cos(\varphi_i)$ [-]	$\cos^2(\varphi_i)$ [-]	$L_i*\cos^2(\varphi_i)$ [m²]
1	42	156.03	0.74	0.55	86.17
2	36	168.26	0.81	0.65	110.13
3	30	184.21	0.87	0.75	138.16
4	24	187.6	0.91	0.83	156.56
5	18	187.45	0.95	0.90	169.55
6	12	192.14	0.98	0.96	183.83
7	6	203.78	0.99	0.99	201.55
8	0	245.2	1.00	1.00	245.20
9	6	272.13	0.99	0.99	269.16
10	12	299.5	0.98	0.96	286.55
11	18	340.62	0.95	0.90	308.09
12	24	663.94	0.91	0.83	554.10
13	30	789.65	0.87	0.75	592.24
14	36	762.95	0.81	0.65	499.36
15	42	175.32	0.74	0.55	96.82
		Σ	13.51		3897.48

$$\boldsymbol{L_{ef}} = \frac{\sum_{i=1}^{15} L_i \cdot cos^2\varphi_i}{\sum_{i=1}^{15} cos\varphi_i} = \frac{3897{,}48}{13{,}51} = \boldsymbol{288{,}5\ m}$$

Rychlost větru nad vodní hladinou w_{10v}

Rychlost větru ve výšce 10 m nad hladinou byla vypočtena ze vztahu:

$$w_{10v} = k \cdot w_{10z}$$

- w_{10v} – rychlost větru ve výšce 10 m nad hladinou [m.s^{-1}]
- k – součinitel pro převod rychlosti větru nad terénem na rychlost větru nad vodu, závisí na $L_{ef,}$ určen z tabulky na Obr. 6.7

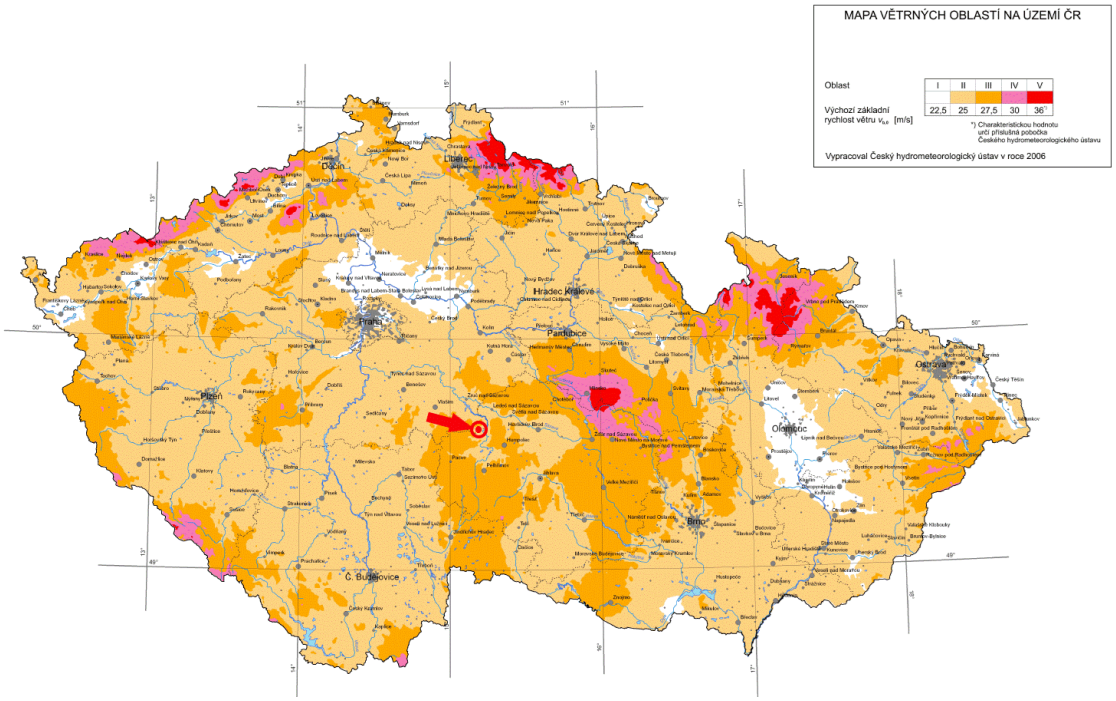
  k=1,08
- w_{10z} – rychlost větru ve výšce 10 m nad terénem, určena z mapy větrných oblastí v ČR (Obr. 6.8)

  w_{10z} = 25 m.s^{-1}

$$\boldsymbol{w_{10v}} = k \cdot w_{10z} = 1{,}08 \cdot 25 = \boldsymbol{27\ m.s^{-1}}$$

L_{ef} (10^3 m)	0.8	1	2	3	4	5	6	7	≥8
k	1.08	1.1	1.15	1.2	1.23	1.26	1.28	1.29	1.3

Obr. 6.7 - tabulka pro určení součinitele pro převod rychlosti větru nad vodu (13)

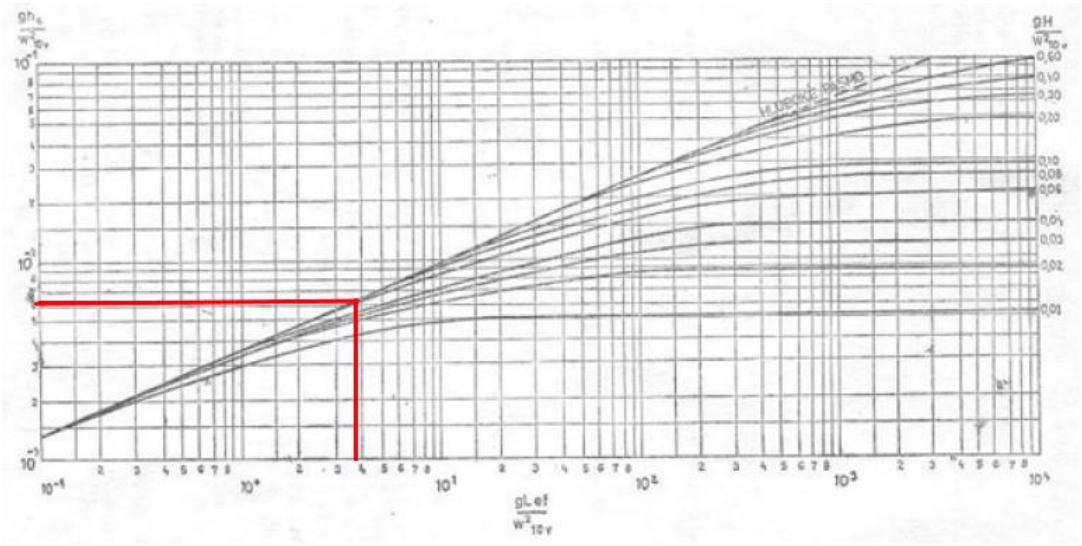


Obr. 6.8 - Mapa větrných oblastí ČR (14)

Parametry vlny

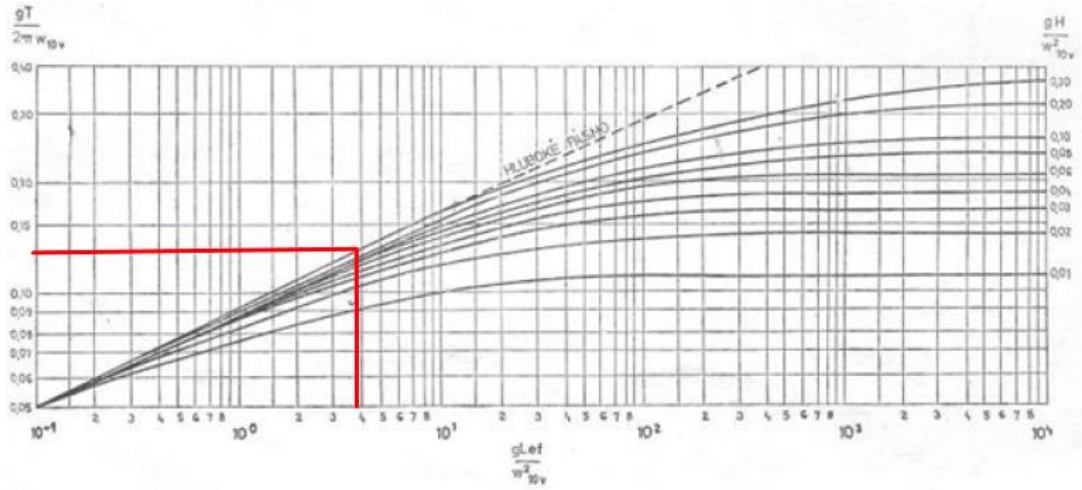
Parametry vlny jsou: charakteristická délka vlny h_{0c}, perioda vlny T_{0c} a délka vlny λ_{0c}**.** Byl stanoven předpoklad, že vlny vznikají v hlubokém pásmu, což znamená, že dno neovlivňuje tvar ani rozměr vlny. Tento předpoklad platí za podmínky $\frac{H}{\lambda_{0c}} > 0{,}5$, kde H je hloubka vody v nádrži.

Charakteristická výška vlny h_{0c} ($h_{0c} \equiv h_c$) byla vyčíslena z výrazu $\frac{gh_c}{w_{10v}^2}$, který byl odečten z grafu na Obr. 6.9 pro hodnotu $\frac{gL_{ef}}{w_{10v}^2}$.



Obr. 6.9 – Graf pro určení charakteristické výšky vlny (13)

Perioda vlny T_{0c} ($T_{0c} \equiv T$) byla vyčíslena z výrazu $\frac{gT}{2\pi w_{10v}}$, který byl odečten z grafu na Obr. 6.10 pro hodnotu $\frac{gL_{ef}}{w_{10v}^2}$.



Obr. 6.10 – Graf pro určení periody vlny (13)

gL_{ef}/w_{10v}^2=	3.88		pro odečtení z grafu
gh_c/w_{10v}^2=	0.0061		odečteno z grafu
$h_{0c}=h_c$=	**0.45**	**m**	charakteristická výška vlny, p=13 %
$gT/2\pi w_{10v}$=	0.13		odečteno z grafu
$T_{0c}=T$=	**2.25**	**s**	perioda vlny

Délka vlny λ_{0c} byla vypočtena ze vzorce:

$$\lambda_{0c} = \frac{gT_{0c}^2}{2\pi} = 1{,}56T_{0c}^2$$

$$\boldsymbol{\lambda_{0c} = 1{,}56 \cdot 2{,}25^2 = 7{,}88\ m}$$

Dále byl ověřen předpoklad vzniku vln v hlubokém pásmu. Nejdříve pro největší hloubku v nádrži a poté pro průměrnou hloubku, která je získána jako podíl objemu vody v nádrži a plochy hladiny při úrovni hladiny 401,65 m n.m.

HLADINA	401.65	m n.m.		
DNO	388.25	m n.m.		
H =	13.4	m		
H/λ_{0c}=	1.70	>	0,5	*splněno*

hladina	*401.65*	*m n.m.*		
S =	336 494	m^2		
V=	1 796 072	m^3		
H=V/S=	5.34	m		
H/λ_{0c}=	0.68	>	0,5	*splněno*

Výška výběhu vlny na svah

Vypočteno dle vzorce:

$$h_{v1\%} = k_p k_d h_{1\%}$$

- $h_{v1\%}$ – výška výběhu vlny na svah s pravděpodobností 1 % [m]
- k_p – součinitel z grafu na Obr. 6.12, odečten z křivky $\frac{\lambda_{0c}}{h_{1\%}}$ pro hodnotu cotgα, kde α je úhel svahu hráze [-]
- k_d – součinitel druhu opevnění hráze Obr. 6.13 [-]
- $h_{1\%}$ – výška vlny s pravděpodobností 1 % [m]

$$h_{1\%} = k_{p1\%} h_c$$

- $k_{p1\%}$ – součinitel pravděpodobnosti překročení výšky vlny Obr. 6.11 [-]
- h_c – charakteristická výška vlny, p=13 % [m]

Pravděpodobnostní překročení [%]	1	2	5	10	13
Součinitel k_p	1,40	1,28	1,17	1,05	1,00

Obr. 6.11 - tabulka součinitelů pravděpodobnosti překročení výšky vlny (13)

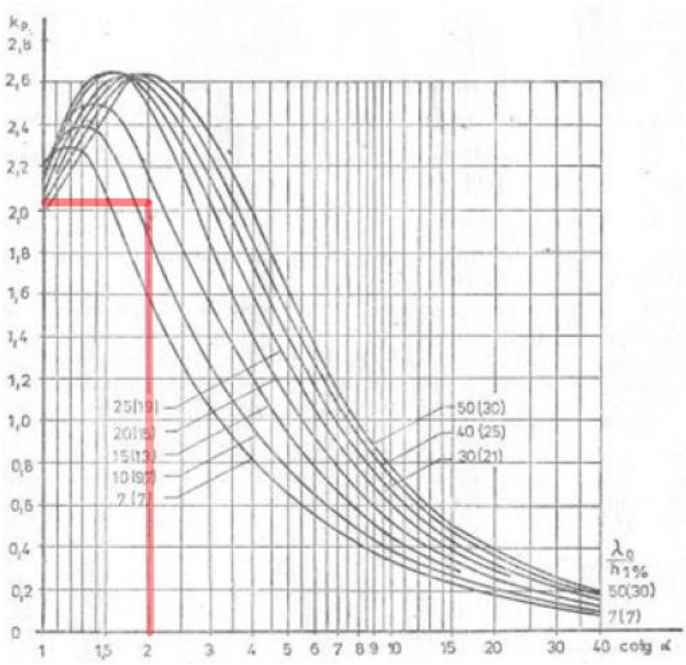
$$h_{1\%} = k_{p1\%} h_c$$

$$\boldsymbol{h_{1\%} = 1{,}4 \cdot 0{,}45 = 0{,}63\ m}$$

$$\frac{\lambda_{0c}}{h_{1\%}} = \frac{7{,}88}{0{,}63} = 12{,}4$$

$$cotg\alpha = 2\ (sklon\ 1:2)$$

$$\boldsymbol{k_p = 2{,}02}$$



Obr. 6.12 – Graf pro určení součinitele k_p (13)

Pro variantu s návodním geomembránovým těsněním byla uvažována hodnota součinitele **k_d=1,0** a pro variantu se středním asfaltobetonovým těsněním a kamenným záhozem na návodním lící **k_d=0,45**.

Způsob opevnění svahu	Poměrná drsnost $\frac{d}{h_{1\%}}$	Součinitel k_d
Hladký beton, asfaltový beton	-	1,0
Drsný beton, dlažba z betonových tvárnic	-	0,9
Dlažba z kamene, prolévaný makadam	-	0,8
Pohoz štěrkem, kamenem, betonovými tvárnicemi, bloky apod.	0,02 0,05 0,1 >0,2	0,8 0,7 0,6 0,45

Obr. 6.13 - Tabulka pro určení součinitele druhu opevnění hráze (13)

Při výpočtu výběhu vlny na svah pro určení převýšení koruny hráze se volí pravděpodobnost překročení 13 %. Výška výběhu vlny $h_{v1\%}$ tak byla přepočítána na požadovanou pravděpodobnost přenásobením součinitelem $k_{13\%}$, který má dle tabulky (Obr. 6.14) hodnotu 0,85.

$$h_v = h_{v1\%} \cdot k_{13\%}$$

Pravděpodobnost překročení výšky výběhu i [%]	0,1	1	2	5	10	13	30	50
Součinitel k_i	1,1	1,0	0,96	0,91	0,86	0,85	0,76	0,68

Obr. 6.14 - Určení součinitele pravděpodobnosti překročení výšky výběhu (13)

STŘEDNÍ ASFALTOBETONOVÉ TĚSNĚNÍ

k_d = 0.45 kamenný zához, d= 45 cm

k_p = 2.02 odečteno z grafu

$h_{1\%}$ = 0.63 m

$h_{v1\%}$ = 0.58 m

$k_{13\%}$ = 0.85

h_v = 0.49 m

NÁVODNÍ GEOMEMBRÁNOVÉ TĚSNĚNÍ

k_d = 1 geomembrána

k_p = 2.02 odečteno z grafu

$h_{1\%}$ = 0.63 m

$h_{v1\%}$ = 1.28 m

$k_{13\%}$ = 0.85

h_v = 1.09 m

Výsledná hodnota výběhu vln na svah byla přičtena k úrovni hladiny a poté zaokrouhlena na jedno desetinné místo nahoru. Takto byly určeny kóty koruny hráze, které jsou odlišné pro námi zvolené dvě varianty. Kóta koruny hráze se středním asfaltobetonovým těsněním je 402,20 m n.m. Koruna hráze s geomembránovým návodním těsněním je na úrovni 402,80 m n.m.

6.4 Posouzení bezpečnosti VD při povodních

Vzhledem k utěsnění hráze až po úroveň koruny byla určena mezní bezpečná hladina na úrovni koruny hráze, tedy MBH_{AB} = 402,20 m n.m. a MBH_{GEO} = 402,80 m n.m. (AB – návrh s asfaltobetonovým středním těsněním, GEO – návrh s návodním těsněním z geomembrány). Dle ČSN 75 2935 *Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních* spočívá posudek v porovnání mezní bezpečné hladiny (MBH) a kontrolní maximální hladiny (KMH). Je požadováno MBH > KMH.

Kontrolní maximální hladina pro toto vodní dílo byla určena jako hladina při průtoku Q_{1000}, tj. KMH = 401,65 m n. m. Požadavek MBH > KMH je tedy splněn a vodní dílo je dostatečně zabezpečeno pro převod kontrolní povodně s dobou opakování 1000 let. Ovšem pro další stupeň stavební dokumentace je nutné znát průběh kontrolní povodňové vlny pro dobu opakování 1000 let , aby mohla být vypočtena její transformace a určena tak KMH přesně.

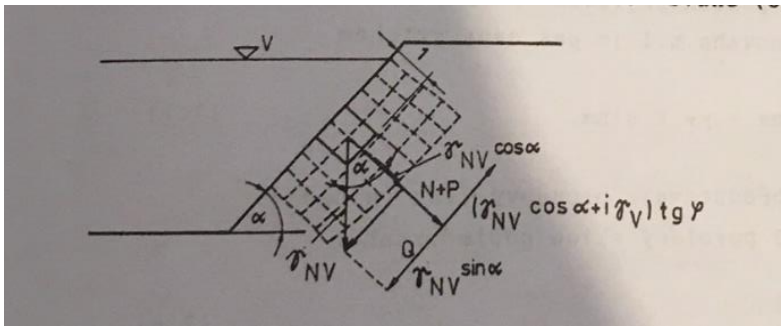
6.5 Statické výpočty

6.5.1 Statické posouzení stability svahů

Stabilizační část hráze je navržena z nesoudržného materiálu – štěrk s příměsí písku. Posouzení stability je tak provedeno podle vzorců pro nesoudržné zeminy. Požadované stupně bezpečnosti podle *m* je 1,25. (Součinitel dle Eurokódu)

Hráz se střední AB těsněním – návodní líc

Předpokládáno proudění vody z nádrže do svahu, dle Obr. 6.15. Je nutné brát v úvahu nadlehčení zeminy vodou a silové účinky prosakující vody.



Obr. 6.15 - Schéma pro výpočet stability při proudění vody do svahu (11)

Z rovnováhy sil vyplývá vztah: $(\gamma_{nv} \cdot cos\alpha + i \cdot \gamma_v) \cdot tg\varphi = \gamma_{nv} \cdot sin\alpha$

- φ – úhel vnitřního tření zeminy [°]
- α – úhel sklonu svahu [°]
- i – hydraulický gradient [-], $i = \sin(90° - \alpha)$
- γ_{nv} – objemová tíha zeminy nadlehčené vodou [kN]

$$\gamma_{nv} = (1 - n)(\gamma_m - \gamma_v)$$

- n – pórovitost [-]
- γ_v – měrná tíha vody [kN]
- γ_m – měrná tíha zeminy [kN]

stupeň bezpečnosti m je vyjádřen: $m = \frac{tg\varphi \cdot \left(1 + \frac{i \cdot \gamma_v}{\gamma_{nv} \cdot cos\alpha}\right)}{tg\alpha}$

STŘEDNÍ AB TĚSNĚNÍ
voda prosakuje do svahu

Úhel vnitřního tření ϕ [°]

ϕ=	38	°	
tgϕ=	0.78		
$\gamma_{m_štěrk}$=	19.62	kN/m^3	odhad z tabulek
γ_{v_vody}=	9.81	kN/m^3	
n=	0.30		odhad pórovitosti z tabulek

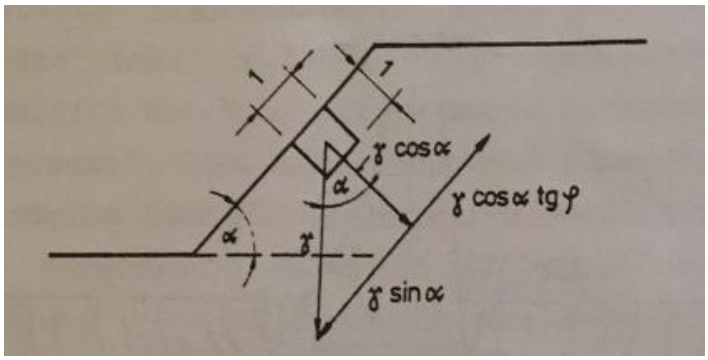
největší sklon návodního líce 1 : 1,6

tgα=	0.625		
cosα=	0.85		
i=	0.85		
γ_{nv}=	6.87	kN/m^3	
m =	**3.0**		

Výpočtem byla prokázána stabilita návodního líce hráze se středním AB těsněním.

Hráz s návodním geomembránovým těsněním – návodní líc

Předpokládáno, že vzhledem k použitému návodnímu těsnění z geomembrány bude svah bez vody. Na svahu bez vody působí na jednotkový objem V=1 síla vyplývající z objemové tíhy zeminy γ – Obr. 6.16. Tuto sílu lze rozložit na složku Q rovnoběžnou se svahem a na složku N kolmou ke svahu. Ve směru posunutí působí síla Q, proti posunutí působí tření. (11)



Obr. 6.16 - Schéma pro výpočet stability svahu bez proudění vody (11)

Rovnováha sil popsána vztahem: $\gamma \cdot sin\alpha = \gamma \cdot cos\alpha \cdot tg\varphi$

- φ – úhel vnitřního tření zeminy [°]
- α – úhel sklonu svahu [°]
- γ – objemová tíha zeminy [kN]

po úpravě nám zůstane vztah: $tg\alpha = tg\varphi$. To znamená, že úhel sklonu svahu na mezi bezpečnosti je shodný s úhlem vnitřního tření zeminy. Stupeň bezpečnosti m se vyjádří:

$$m = \frac{tg\varphi}{tg\alpha}$$

GEOMEMBRÁNA
svah bez vody

Úhel vnitřního tření ϕ
ϕ= 38 °
tgϕ= 0.78
sklon návodního líce 1:2
tgα= 0.5

m = 1.56

Výpočtem byla prokázána stabilita návodního líce hráze s návodním těsněním z geomembrány.

Vzdušní líc

Vzdušní líc je stejný u obou navrhnutých variant. Je v celkovém sklonu 1:1,6 se dvěma přitěžovacími lavičkami. Jeho stabilita byla vypočtena jako stabilita svahu bez vody. Největší sklon svahu mezi lavičkami je 1:1,3. Při posouzení svahu ve sklonu 1:1,6 vychází stupeň stability m = 1,25 a při posouzení svahu ve sklonu 1:1,3 je stupeň stability m=1,02.

Celkově je svah tedy stabilní, jen není dosaženo požadovaného stupně bezpečnosti u přitěžovacích laviček.

6.6 Průsak hrází

Hráz je podle návrhu založena na skalním podloží, které je tvořené navětralými pararulami. Po provedení plánované injektáže je podloží bráno jako nepropustné. Výpočet průsaku byl tak proveden pouze pro hráz, nikoliv pro podloží.

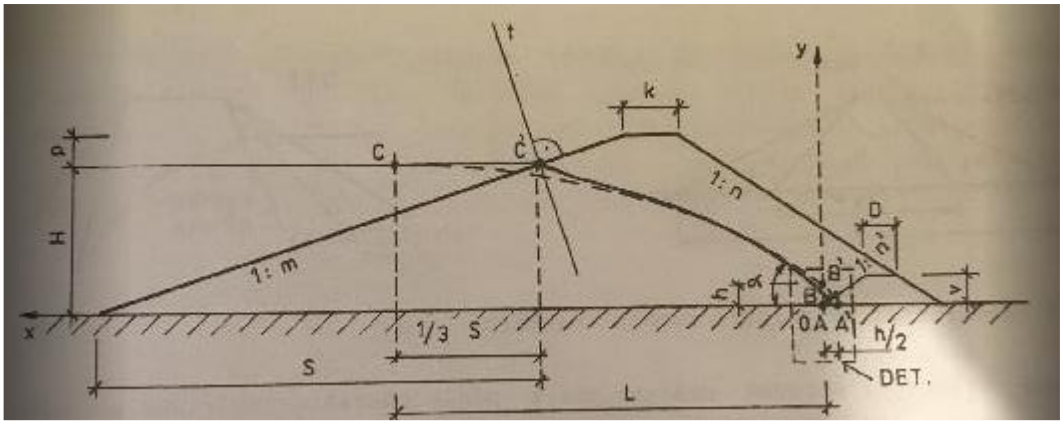
6.6.1 Hráz se středním AB těsněním

Průsak hrází

Pro řešení průsaku hrází bylo použito těchto vzorců:

Průsak na jednotkovou délku hráze dle Darcyho zákona: $q = k\frac{(H^2-h^2)}{2\cdot L} = k \cdot h$

- L – vodorovná vzdálenost ohniska paraboly křivky volné hladiny od průsečíku teoretické polohy volné hladiny s hladinou vody v nádrži = vodorovná vzdálenost bodů C a A dle Obr. 6.17 [m]
- H – hloubka vody před hrází [m]
- k – hydraulická vodivost [$m.s^{-1}$]
- h – výška výronové plochy na vzdušním líci [m], $h = -L + \sqrt{L^2 + H^2}$



Obr. 6.17 - Schéma pro výpočet průsaku (11)

Vzhledem k tomu, že takto uvedený výpočet platí pro homogenní hráz, bylo nutné místo středního AB těsnění vytvořit náhradní jádro – Obr. 6.18. To bylo provedeno tak, že vlastní AB těsnění o tloušťce t bylo nahrazeno odpovídající tloušťkou zeminy j s filtračním koeficientem shodným s materiálem hráze.

$$j = t\frac{k_{hráze}}{k_{těsnění}}$$

<u>těsnění</u>
asfaltobeton

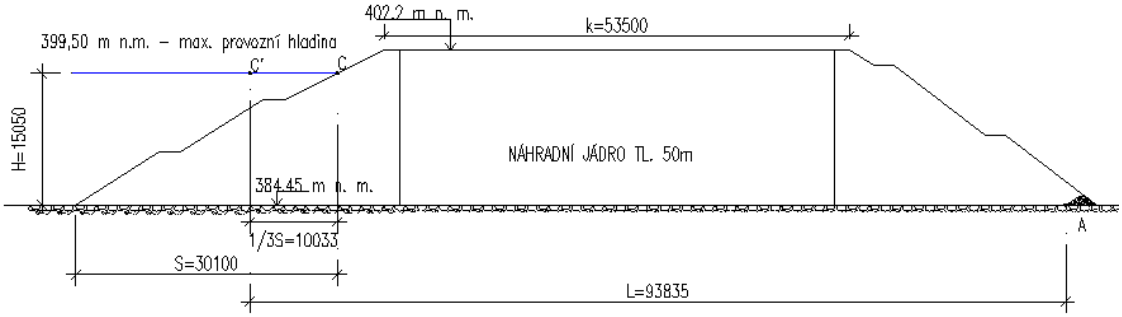
hydraulická vodivost:
k = 1.00E-09 $m.s^{-1}$

tloušťka těsnění:
t= 0.5 m

<u>stabilizační část</u>
štěrk s příměsí písku

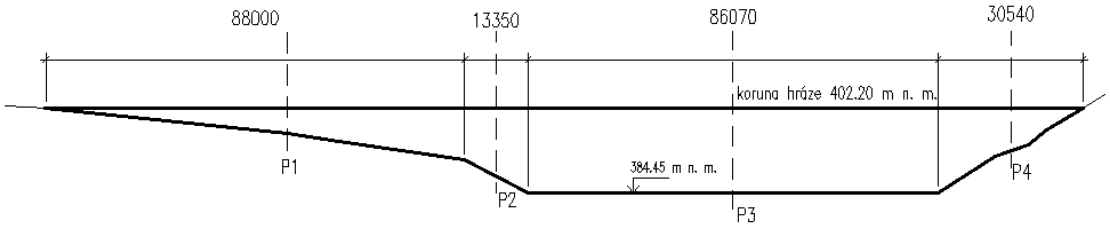
hydraulická vodivost:
k = 1.00E-07 $m.s^{-1}$

<u>náhradní jádro:</u>
j= 50.00 m
k = 1.00E-07 $m.s^{-1}$



Obr. 6.18 - Schéma řezu přehradou pro výpočet se zavedením náhradního jádra

Pro stanovení celkového průsaku byly provedeny výpočty pro čtyři charakteristické řezy hrází – Obr. 6.19. Řezy byly zvoleny tak, aby reprezentovaly znázorněnou délku D úseku hráze. Obr. 6.18 je řez P4.



Tabulka 19 - Výpočet průsaku:

	L	H	D	h	q	Q
	m	m	m	m	$m^3.s^{-1}.m^{-1}$	$m^3.s^{-1}$
P1	67.25	2.76	88.00	0.06	5.6E-09	5.0E-07
P2	84.74	10.09	13.35	0.60	6.0E-08	8.0E-07
P3	93.84	15.05	86.10	1.20	1.2E-07	1.0E-05
P4	74.70	6.36	30.50	0.27	2.7E-08	8.2E-07

Q_{celkem}= 1.24E-05 $m^3.s^{-1}$ = 0.012 $l.s^{-1}$

= 392.4 $m^3.rok^{-1}$

	L	H	D	h	q	Q
	m	m	m	m	$m^3.s^{-1}.m^{-1}$	$m^3.s^{-1}$
P1	67.25	2.76	88.00	0.06	5.6E-09	5.0E-07
P2	84.74	10.09	13.35	0.60	6.0E-08	8.0E-07
P3	93.84	15.05	86.10	1.20	1.2E-07	1.0E-05
P4	74.70	6.36	30.50	0.27	2.7E-08	8.2E-07

Q_{celkem}= 1.24E-05 $m^3.s^{-1}$ = 0.012 $l.s^{-1}$

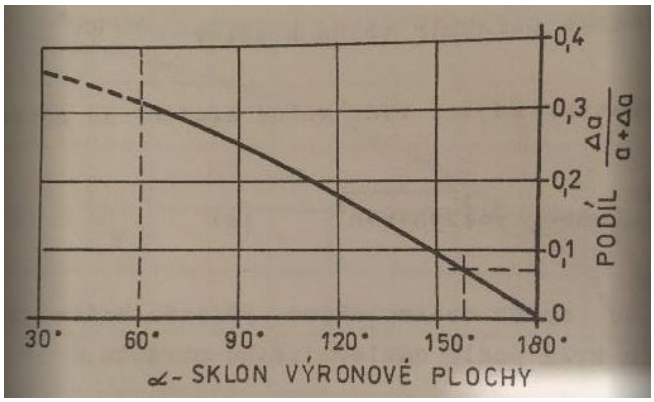
Celkový průsak hrází vyšel 0,012 $l.s^{-1}$, což odpovídá za rok objemu 392,4 m^3

Depresní křivka

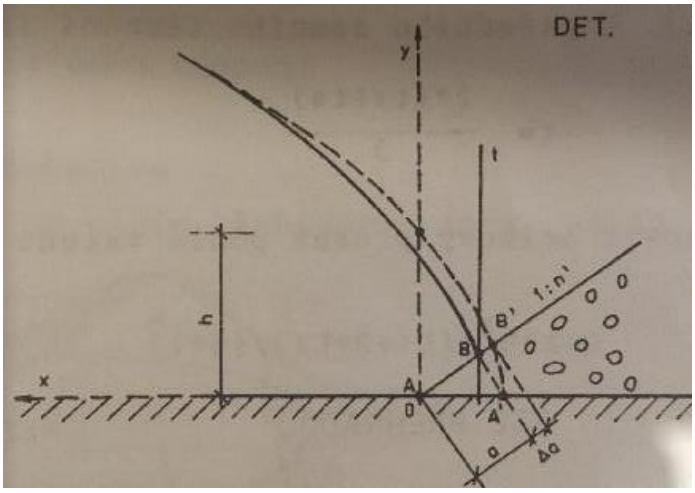
Depresní křivka představuje tvar volné hladiny v tělese hráze. Její teoretický průběh je popsán pomocí paraboly a prochází body A´, B´ a C´ viz Obr. 6.17. Bylo tedy opět využito náhradního jádra místo AB těsnění. Předpis paraboly je:

$$x = \frac{(y^2 - h^2)}{2 \cdot h}, nebo\ pro\ y: y = \sqrt{2 \cdot h \cdot x + h^2}$$

Počátek souřadného systému x,y je znázorněn na stejném obrázku (Obr. 6.17), je to bod A, který je od bodu A´ vzdálen *h/2* a je ohniskem celé paraboly teoretického průběhu hladiny. Reálný tvar je ovšem odlišný, prochází body A, B a C. Bod A jak bylo zmíněno je ohniskem paraboly teoretického průběhu hladiny, bod B je od bodu B´ vzdálen o Δa viz Obr. 6.20, tato hodnota se určí podle sklonu výronové plochy - Obr. 6.19. Výsledná depresní křivka je na Obr. 6.21.



Obr. 6.19 - určení podílu $\frac{\Delta a}{a+\Delta a}$ dle sklonu výronové plochy (11)

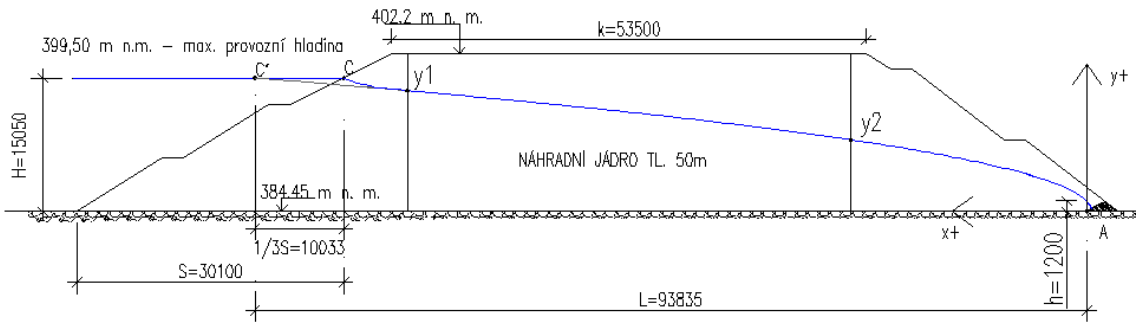


Obr. 6.20 - Detail průběhu paraboly depresní křivky u výronové plochy (11)

Souřadnice depresní křivky:

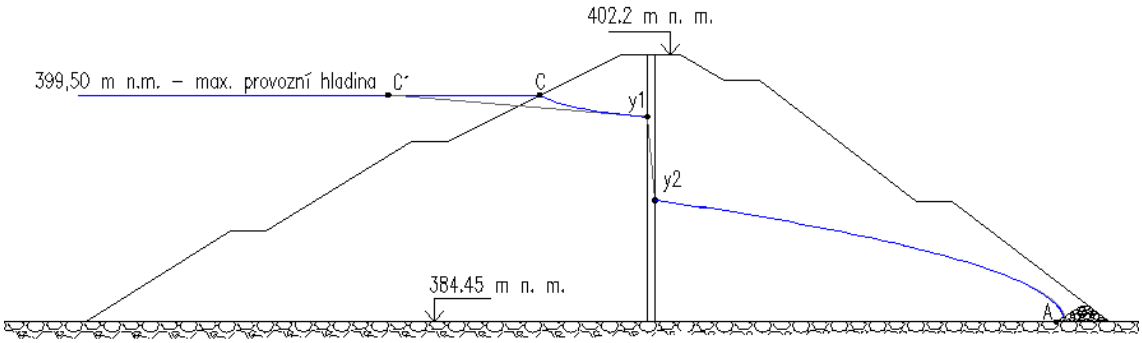
Tabulka 20 - Souřadnice depresní křivky:

x [m]	-0.60	-0.3	0	0.5	1	2	5	10	15	25	50	93.84
y [m]	0.00	0.85	1.20	1.62	1.96	2.50	3.66	5.04	6.12	7.84	11.02	15.05



Obr. 6.21 - Depresní křivka v řezu s náhradním jádrem

Body y_1 a y_2 jsou průsečíky depresní křivky a stěn náhradního jádra. Při opětovném zavedení těsnění zůstanou body y_1 a y_2 na ve stejné úrovni. Rozdíl úrovní mezi body je však překonán na kratší vzdálenosti – Obr. 6.22.



Obr. 6.22 - Depresní křivka volné hladiny v řezu hrází

Depresní křivka byla znázorněna pro řez hrázi P4. Patní drén byl navrhnut tak, aby se křivka hladiny nepřiblížila na méně, než 1 m ke vzdušnímu líci hráze. Je to z důvodu promrzání, které by mohlo způsobit poškození hráze. Patní drén byl navrhnut lichoběžníkového tvaru s podstavou 3,5 m a výškou 1 m. Sklon drénu na straně, která není společná se vzdušním lícem je 1:1,6.

6.6.2 Hráz s návodním těsnění z geomembrány

Vzhledem k hodnotám hydraulické vodivosti geomembrán (PVC, bitumen), které se pohybují mezi 1.10^{-14}–10^{-17} $m.s^{-1}$ se jedná prakticky o nepropustné materiály. Pod geomembránou je drenážní vrstva, která svede možný průsak do injekční štoly. Je tak zabráněno průniku vody dále do tělesa hráze.

6.7 Ponořený stupeň – jez

6.7.1 Konstrukční řešení

Historický návrh ponořeného stupně měl 8 přelivných polí o šířce 5,4 metru, což odpovídá celkové délce přelivné hrany 43,2m. Koruna přelivu byla navržena na úrovni 400,5 m n. m. (převýšení koruny 1,0 - 1,5 m nad dolní hladinou) a příčný průřezu byl lichoběžníkového tvaru s kolmou návodní stranou.

Kvůli snaze vyhnout se zatopení Syrovského mlýna bylo navrhnuto snížení úrovně přelivné hrany na 400,0 m n.m. Pro zjednodušení konstrukce byl navrhnut menší počet přelivných polí – 3 pole po 12 m. I příčný průřez jezu byl změněn – navržena půlkruhová

koruna o poloměru 0,75 m. Vzhledem k vysoké hladině dolní vody (y_d= 2,9 - 3,4 m) byl navrhnut pouze konstrukční vývar o hloubce 0,5 m a délce 5 m. Vývar bude mít funkci při napouštění nádrže a v době kdy bude snížená hladina v nádrži kvůli těžení sedimentů nad jezem. Z toho důvodu jsou také navrhnuty v levém přelivném poli dvě propusti, které budou při normální hladině zahrazeny. Vyhrazeny budou jen při napouštění přehradní nádrže, nebo při snižování hladiny kvůli těžbě sedimentů.

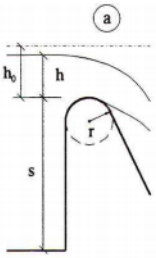
6.7.2 Výpočet kapacity a přepadové výšky

Výpočet kapacity jezu a přepadové výšky byl vzhledem k hloubce dolní vody proveden podle rovnice pro nedokonalý přepad:

$$Q = \sigma_z \frac{2}{3} \mu b_0 \sqrt{2g} h_0^{3/2}$$

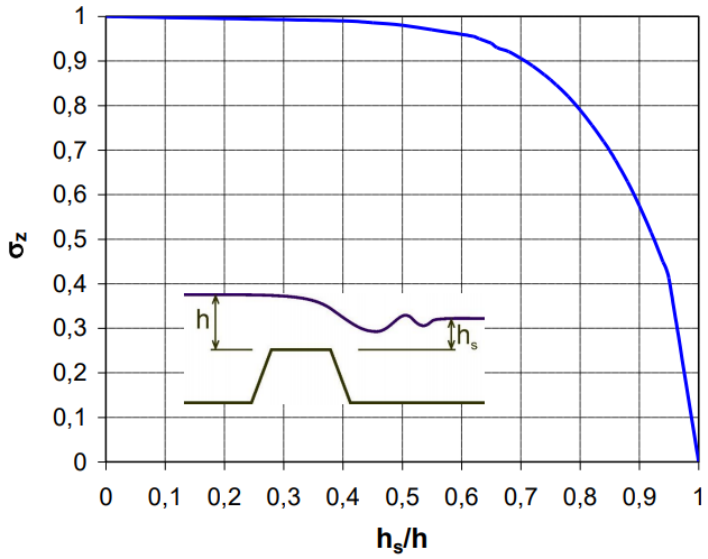
- Q – průtok přes přeliv [$m^3.s^{-1}$]
- b_0 – účinná šířka přelivu [m]
- h_0 – přepadová výška včetně rychlostní výšky [m]
- g – tíhové zrychlení, g = 9,81 $m.s^{-2}$
- μ– součinitel přepadu, vypočten podle rovnice – Obr. 6.23 [-]
- σ_z – součinitel zatopení, odečten z grafu – Obr. 6.24 [-]

Jezové přelivy se zaoblenou korunou



a - Kramer $\mu_p = 1.02 - \frac{1.015}{\frac{h}{r} + 2.08} + \left[0.04 \cdot \left(\frac{h}{r} + 0.19\right)^2 + 0.0223\right] \cdot \frac{r}{s}$

Obr. 6.23 - Rovnice součinitele přepadu pro zaoblenou korunu dle Kramera (12)



Obr. 6.24 - Součinitel zatopení pro přelivy jednoduchého profilu dle Pikalova (12)

Účinná šířka přelivu zohledňuje boční kontrakce způsobené pilíři a vypočte se podle vzorce: $b_0 = b - 0.1 \cdot \Sigma\xi \cdot h_0$, kde ξ je součinitel zúžení, který závisí na tvaru pilíře a jeho předsazení.

Výpočet byl proveden pomocí funkce řešitel – hledána přepadová výška pro odpovídající průtok, podle ní upraven součinitel zatopení dle grafu a opakováno znovu, dokud se hodnota přepadové výšky a součinitele zatopení neměnila.

Q_{100}=	61.6	$m^3.s^{-1}$
koruna jezu	400	m n.m.
dolní voda	401.25	m n.m.
poloměr zaoblení koruny		
r=	0.75	m
výška jezu		
s=	2.4	m
3 x pole á 12 m		
pole:	12	m
hydraulicky vhodně řešený pilíř šířky 1 m		
ξ=	0.15	m
n=	6	počet zúžení

<u>1. zanedbání přítokové rychlosti a kontrakce pilířů</u>

h=	1.34	m
b=	36	m
μ=	0.81	
σ=	0.46	
Q=	61.60	$m^3.s^{-1}$

2. Vliv přítokové rychlosti a kontrakce pilířů

hladina:	401.34	m n. m.
S=	348.17	m^2
v_0=	0.18	$m.s^{-1}$
h=	**1.34**	**m**
b_0=	35.88	m
h_0=	1.34	m
μ=	0.81	
σ=	0.46	
Q=	61.60	$m^3.s^{-1}$

Pomocí rovnice přepadu bylo zjištěno, že při 100letém průtoku, kdy je jez značně zatopen, je rozdíl mezi hladinou nad jezem a pod jezem 10 cm. Při takovémto stupni zatopení je skoro lepší využít výpočtu nerovnoměrného proudění s místními ztrátami, ale pro ověření míry vzdutí nad jezem je tento výpočet dostačující. Stejným výpočtem byla také zjištěna přepadová výška pro 1000letý průtok, která vyšla 1,75 m, což je také 10 cm nad úrovní dolní vody.

Takto navrhnutý jez je dostatečně kapacitní a nezpůsobuje při vysokých průtocích velké vzdouvání hladiny, což je dobře s ohledem na objekty na konci zátopy. Při průměrných ročních průtocích se bude jednat o dokonalý přepad a přepadová výška odpovídající Q_a je 5 cm.

6.7.3 Statické posouzení

Posouzení stability bylo provedeno pro nejvíce nepříznivý stav, co může nastat. V tomto případě to znamená, že hladina vody v nádrži bude tak nízko, že nebude zasahovat vzdutí k jezu. A naopak přitékat bude Q_{100}. Posuzována byla pouze spodní stavba jezu bez vývaru a posudek byl proveden k její patě. Vzhledem k mimořádnému návrhovému stavu nebyly použity dílčí koeficienty pro zatížení. A požadovaná hodnota bezpečnosti byla stanovena na 1,1. Samotný posudek je přiložený jako Příloha č.1. Do výpočtu bylo nutné zvolit úhel vnitřního tření zeminy, jelikož z průzkumu a měření není známý. Byla zvolena hodnota 30°. Stabilitní požadavek byl splněn. Do další projektové dokumentace je ale nutné provést průzkum a parametry zeminy určit.

6.8 Výpočet kubatur

6.8.1 Výpočet kubatury hráze

Pro výpočet kubatury byly zpracovány příčné řezy hrází po 20 metrech. Po vynásobení střední plochy řezu vzdáleností řezů od sebe byla získána kubatura příslušné časti hráze.

Tímto způsobem byl vypočten objem stabilizačního materiálu potřebného pro stavbu hráze a objem výkopových prací.

Hráz s AB středním těsněním

HRÁZ S ASFALTOBETONOVÝM STŘEDNÍM TĚSNĚNÍM - KÓTA KORUNY HRÁZE 402.20 M N. M.							
		stabilizační materiál			výkop		
řez	Δl	S_i	$0.5(S_i+S_{i-1})$	V_i	S_i	$0.5(S_i+S_{i-1})$	V_i
[-]	[m]	[m^2]	[m^2]	[m^3]	[m^2]	[m^2]	[m^3]
	0	0	0	0			
1	9	80.6	40.3	362.8	37.6	18.8	169.3
2	20	585.5	333.1	6661.3	176.3	107.0	2139.2
3	20	640.0	612.7	12254.8	238.1	207.2	4144.2
4	20	640.0	640.0	12799.4	238.1	238.1	4762.6
5	20	640.0	640.0	12799.4	238.1	238.1	4762.6
6	20	640.0	640.0	12799.4	238.1	238.1	4762.6
7	20	279.8	459.9	9197.8	83.3	160.7	3214.4
8	20	150.7	215.2	4304.6	47.1	65.2	1304.4
9	20	69.1	109.9	2197.4	38.5	42.8	856.5
10	20	27.9	48.5	970.0	26.3	32.4	648.3
11	20	4.8	16.4	327.1	6.6	16.4	329.0
12	9	0.0	2.4	21.6	0.0	3.3	29.7
celkem m^3:		stabilizační materiál		74 695.6	výkopy		27 122.53

Obr. 6.25 - Výpočet kubatury hráze s AB těsněním

Vyčíslena byla také potřebná kubatura asfaltobetonu pro střední těsnění, která odpovídá 885 m^3 v uloženém stavu.

Hráz s návodním těsněním z geomembrány

HRÁZ S GEOMEMBRÁNOVÝM NÁVODNÍM TĚSNĚNÍM - KÓTA KORUNY HRÁZE 402.80 M N. M.							
		stabilizační materiál			výkop		
řez	Δl	S_i	$0.5(S_i+S_{i-1})$	V_i	S_i	$0.5(S_i+S_{i-1})$	V_i
[-]	[m]	[m^2]	[m^2]	[m^3]	[m^2]	[m^2]	[m^3]
	0	0	0	0			
1	9.7	102.0	51.0	494.8	43.4	21.7	210.7
2	20	624.6	363.3	7266.6	180.3	111.9	2237.1
3	20	678.8	651.7	13034.0	243.7	212.0	4239.8
4	20	678.8	678.8	13575.1	243.7	243.7	4874.3
5	20	678.8	678.8	13575.1	243.7	243.7	4874.3
6	20	678.8	678.8	13575.1	243.7	243.7	4874.3
7	20	312.7	495.8	9915.0	89.9	166.8	3336.2
8	20	176.7	244.7	4894.1	46.8	68.4	1367.2
9	20	88.8	132.7	2654.4	41.3	44.1	881.1
10	20	40.2	64.5	1289.9	28.6	35.0	699.2
11	20	10.6	25.4	507.7	10.3	19.5	389.7
12	15.5	0.0	5.3	81.8	0.0	5.2	80.2
celkem m^3:		stabilizační materiál		80 863.6	výkopy		28 064.14

Obr. 6.26 - Výpočet kubatury hráze s Geomembránovým těsněním

Potřeba geomembrány byla vypočtena obdobným výpočtem, jen nebyl uvažován její objem ale potřebná plocha (Obr.6.27). Ta byla určena pomocí délky návodního pláště v daném řezu. Výsledná potřeba geomembrány odpovídá 5 036 m^2.

HRÁZ S GEOMEMBRÁNOVÝM NÁVODNÍM TĚSNĚNÍM				
		stabilizační materiál		
řez	Δl	$l_{plášť}$	$0.5(l_i+l_{i-1})$	S_i
[-]	[m]			
	0	0.0	0.0	0.0
1	9.7	14.3	7.2	69.4
2	20	31.4	22.9	457.0
3	20	34.9	33.1	662.6
4	20	34.9	34.9	697.2
5	20	34.9	34.9	697.2
6	20	34.9	34.9	697.2
7	20	26.9	30.9	617.2
8	20	20.0	23.4	468.7
9	20	13.2	16.6	332.1
10	20	8.4	10.8	215.8
11	20	3.8	6.1	121.8
12	15.5			
celkem m^2:		geomembrána:		5 036

Obr. 6.27 - Výpočet potřebného množství geomembrány

6.8.2 Výpočet kubatury betonu

Stejným způsobem (pomocí řezů) byl proveden orientační výpočet kubatury betonu potřebného pro jednotlivé funkční objekty.

sdružený objekt (přeliv, SV, odběry, MVE)		983.4	m^3
odpadní a komunikační chodba		1 327.8	m^3
vývar		433.5	m^3
injekční chodba	AB střední	3 656.4	m^3
	GEOMEMBRÁNA	3 625.4	m^3

Obr. 6.28 - tabulka orientační potřeby betonu

6.8.3 Skrývka ornice a odlesnění

V oblasti zátopy a hráze je potřeba provést skrývka ornice a odlesnění. Detailní půdní průzkum a přesný výpočet nebyl hlavní náplní této práce, proto byl proveden zjednodušený vypočet pomocí průměrného profilu.

Odlesnění

Lesnické práce budou obsahovat odlesnění plochy o celkové výměře 11,1 ha, což je celkový zábor lesních pozemků dle katastrální mapy.

Skrývka ornice

Podle půdní mapy byla určena v oblasti zátopy plocha půdy, která je potřeba skrýt. Celková plocha odpovídá 13 ha a tloušťka skrývané vrstvy je v rozmezí 15-30 cm. Podle řezů bylo počítáno s průměrnou hodnotou 20 cm. Celkové množství ornice je tak 26 000 m^3.

Obr. 6.29 - Půdní mapa (15)

7 DOTČENÉ POZEMKY

Mezi dotčené pozemky byly uvažovány všechny parcely, které se nacházejí v zátopě 1000leté povodně, která odpovídá hladině 401,70 m n. m., dále pak pozemky, na kterých stojí hráz a také pozemky na kterých vede pozemní komunikace sloužící pro příjezd k VD.

Všechny dotčené pozemky včetně katastrálního území, čísla parcely, vlastníka, druhu, výměry a velikosti záboru jsou uvedeny v příloze (Příloha č.2 - Seznam dotčených pozemků) a také zakresleny v katastrální mapě – výkres A.3. Celkový zábor podle druhu pozemku je uveden v tabulce (Tabulka 21). Zábor území byl uvažován jako trvalý a je počítáno s vykoupením dotčených pozemků.

Tabulka 21 - Celkový zábor podle druhu pozemku:

DRUH POZEMKU	CELKEM ZÁBOR [m^2]	% CELKOVÉHO ZÁBORU
trvalý travní porost	180 226	52.51 %
lesní pozemek	111 000	32.34 %
vodní plocha	41 721	12.16 %
ostatní plocha	9 372	2.73 %
zastavěná plocha a nádvoří	795	0.23 %
orná půda	60	0.02 %
zahrada	38	0.01 %
celkem:	343 212 m^2	

Největší podíl, více jak polovinu, tvoří trvalé travní porosty. Přes 30 % zabírají lesní pozemky, mají celkový výměr 111 000 m^2, a právě tato plocha bude vyžadovat při výstavbě odlesnění. Vodní plocha odpovídá korytu Martinického potoka a Suchého potoka, což je levostranný přítok Martinického potoka v oblasti zátopy. Vlastníky vodních ploch jsou převážně státní podniky Povodí Vltavy a Lesy České republiky, ale také soukromé osoby a firmy. Mezi ostatní plochy patří příjezdové cesty a komunikace. Ornou půdu zasáhne zátopa jen minimálně. V oblasti zátopy je pouze jeden obydlený objekt, jedná se o objekt bývalého Syrovského Mlýna.

Syrovský Mlýn

Syrovský Mlýn je jediným obydleným objektem v oblasti plánované zátopy. Nachází se na jejím samém konci v blízkosti silničního mostu přes Martinický potok mezi obcemi

Syrov a Senožaty. Terénní průzkum ukázal, že v současné době je budova nejspíše využívána jako rekreační chata, a ne k trvalému bydlení.

Obr. 7.1 - Syrovský mlýn – pohled po proudu od silnice [foto: autor]

Obr. 7.2 - Syrovský mlýn-pohled proti proudu [foto: autor]

Vzhledem ke stálému využívání objektu se dá předpokládat možný problém s výkupem objektu. Pokud by nebylo možné objekt vykoupit a následně provést

demolici, nebo by to bylo finančně moc náročné, je možnost navrhnout individuální povodňovou ochranu právě pro objekt Syrovského Mlýna.

Na obrázku 7.3 je pomocí online prohlížecí služby ArcGIS znázorněna hladina na úrovni 400,0 m n.m., což odpovídá vzdutí ponořeným stupněm při běžné provozní hladině v nádrži (399,0 – 399,5 m n. m.). Při takovéto hladině nejsou budovy mlýna zaplaveny.

Obr. 7.3 - Znázornění hladiny 400,0 m n.m. u Syrovského mlýna (6)

Při 1000leté povodni je úroveň hladiny 401,7 m n.m. a budovy již budou částečně zaplaveny, jak je vidět na obrázku 7.4. Jako možné řešení individuální ochrany by mohla být výstavba protipovodňové stěny, respektive rekonstrukce stávající stěny, kterou je možno vidět na obrázku 7.2. Současné koryto není také dostatečně kapacitní pro převod vysokých průtoků, takže při vysokých průtocích bude docházet k zaplavování budovy mlýna i za současného stavu. Řešení detailní protipovodňové ochrany Syrovského Mlýna není součástí této práce, ale v následujícím stupni projektové dokumentace bude muset být řešeno, pokud nebude možná demolice.

Obr. 7.4- Znázornění hladiny 401,7 m n.m. u Syrovského mlýna (6)

Silniční most

Silniční most přes Martinický potok je na konci plánované zátopy mezi obcemi Senožaty a Syrov na silnici 13029. Během terénního průzkumu se zdál být most v odbrém stavu a dostatečně kapacitní. Polohy hladin zátopy pod mostem je možné vidět na obrázku 7.3 a 7.4 u znázornění hladin u Syrovského mlýna. Úprava mostu není potřeba a může zůstat ve stávajícím stavu i po napuštění přehradní nádrže.

Obr. 7.5 - Silniční most na konci zátopy [foto: autor]

8 ZÁVĚR

Výše v této variantní studii byly zpracovány a popsány dva konstrukční návrhy pro zbudování nové sypané přehrady na Martinickém potoce. Obě varianty jsou proveditelné a liší se jen málo. Hráz se s AB těsněním je, při splnění historicky navrženého rozmezí hladin nižší. Znamená to tedy že potřebná kubatura materiálu na stavbu hráze je menší. Samotné ukládání jádra pomocí systému firmy Strabag je velmi rychlé. V ČR ale prozatím neexistuje žádná hráz se středním asfaltobetonovým těsněním, což by mohl být problém kvůli zkušenosti s celou výstavbou. Naopak geomembránové těsnění návodního líce již v ČR použito bylo, a to při opravě VD Morávka. Na VD Morávka bylo nahrazeno staré nevyhovující asfaltobetonové plášťové těsnění geomembránou Sibelon, což je velmi tenké PVC – 2,5 mm. Malá tloušťka, respektive náchylnost takto tenké geomembrány na poničení je zápor této varianty. Nejpříznivěji se tak jeví asfaltová geomembrána bitumen, která je tlustší a odolnější.

Jak ale bylo řečeno, obě varianty jsou vhodným řešením a nejvíce záviset bude na ceně provedení právě těsnění a jeho uložení.

Reference

1. mapy.cz. Prohlížení map. [Online] www.mapy.cz.

2. Wikipedie. [Online] 1. Ledna 2020. https://cs.wikipedia.org/wiki/Martinick%C3%BD_potok_(p%C5%99%C3%ADtok_%C5%BDelivky).

3. zemědělství, Ministerstvo. TECHNICKOBEZPEČNOSTNÍ DOHLED NAD VODNÍ DÍLY. VYBRANÉ INFORMACE PRO VODOPRÁVNÍ ÚŘADY A VLASTNÍKY VODNÍCH DĚL. [Online] 2014. http://eagri.cz/public/web/file/341366/Technickobezpecnostni_dohled_nad_vodnimi_dily_2014.pdf.

4. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. ČSN 75 2935: Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních. 2014.

5. Praha, Hydroprojekt. Projektová dokumentace - Nádrž na Martinickém potoce. Vodovod ze Želivky - II stavba. 1974.

6. Mapový prohlíže . Český úřad zeměměřičský a katastrální. [Online] https://ags.cuzk.cz/dmr/.

7. Vrtná prozkoumanost, Geologická mapa 1 : 50 000. Geovědní mapy 1 : 50 000 . [Online] Česká geologická služba. [Citace: 1. Leden 2020.] https://mapy.geology.cz/vrtna_prozkoumanost/.

8. ČSN 75 2410: Malé vodní nádrže. 2011.

9. Ohře, Povodí. Povodí Ohře - VD Horka. [Online] 1. Leden 2020. https://www.poh.cz/sachtovy-bezpecnostni-preliv/g-1352/id_obrazky=1525&typ_sady=1.

10. Broža, Kratochvíl, Petera, Votruba. Přehrady. Praha : ALFA, 1987.

11. Vojtěch Broža, Ladislav Satrapa. Navrhování přehrad. místo neznámé : ČVUT, 2007.

12. ČVUT, Katedra hydrauliky. Přednášky předmětu Hydraulika 2. http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Hydraulika/Hydraulika/Predmety/HY2V/prednasky.htm.

13. ČSN 75 0255:Výpočet účinků vln na stavby na vodních nádržích a zdržích. 1988.

14. úřad, Český hydromteorologický. Sticka.cz. [Online] 2006. http://www.sticka.cz/user/10774/upload/ftp_client/mapa_vetrna.gif.

15. půdy, Výzkumný ústav meliorací a ochrany. Půda v číslech. Mapový prohlížeč. [Online] https://statistiky.vumop.cz/?core=map.

16. kolektiv, Vojtěch Broža a. Přehrady Čech Moravy a Slezka. Liberec : Knihy 555, 2005.

17. Misar I., Jůn P., Breul Bernard, Breul Bertrand. HYDROIZOLACE KAMENITÉHRÁZE PŘEHRADNÍNÁDRŽE POMOCÍ BITUMENOVÉGEOMEMBRÁNY. Článek z XXXIV Přehrádních dní. [Online] http://docplayer.cz/15842927-Hydroizolace-kamenite-hraze-prehradni-nadrze-pomoci-bitumenove-geomembrany.html.

18. A. Scuero, G. Vaschetti, CARPI TECH, V. Subramanian, CARPI INDIA Waterproofing Specialists. GEOMEMBRANES FOR SEEPAGE CONTROL IN DAMS. [Online] https://www.damsafety.in/ecm-includes/PDFs/Conference/3NDSC/Presentation/TS3/TS3_4.pdf.

19. Alberto Scuero, Gabriella Vaschetti, Marco Bacchelli. The Use of Geomembranes in Dams. [Online] https://pdfs.semanticscholar.org/bc07/837614822c2954900ecb7e102f2654d811d3.pdf.

20. RENOLIT ALKORGEO . Waterproofing of Dams . [Online] https://www.renolit.com/fileadmin/renolit/waterproofing_civil_engineering/hydraulic_works/dams/specification-waterproofing-of-dams-en.pdf.

Seznam obrázků

Obr. 3.1 - Zájmové území (1) 3
Obr. 3.2 – Mapa toku Martinického potoka (2) 3
Obr. 3.3 - Profil hráze – pohled proti proudu [foto: autor] 4
Obr. 3.4 - Příjezdové cesty k hrázi (1) 5
Obr. 3.5 - Účelová komunikace z Děkančic – levý břeh [foto: autor] 5
Obr. 3.6 - Účelová komunikace ze Senožat – pravý břeh [foto: autor] 6
Obr. 4.1 Tabulka požadované míry bezpečnosti VD (4) 7
Obr. 4.2 - Graf závislosti Q-logN 2
Obr. 4.3 - Graf závislosti logQ-logN 2
Obr. 4.4 - Graf závislosti logQ-loglogN 3
Obr. 4.5 - Graf závislosti loglogQ-loglogN 3
Obr. 4.6 - Graf závislosti Q-logN, pro N= 10-100 4
Obr. 4.7 - Čára opakování velkých vod 5
Obr. 4.8 - Vrtná prozkoumanost, dostupné z: (7) 6
Obr. 4.9 - Profil terénu a skalního podloží 6
Obr. 4.10 - Zatřídění zeminy (8) 7
Obr. 4.11 - Vhodnost zemin pro stavbu hráze (8) 7
Obr. 4.12 - Tabulka orientačních půdně mechanických vlastností zhutněných zemin (8) 8
Obr. 5.1 - Analýza vhodnosti konstrukčních návrhů hráze 11
Obr. 5.2 - Šachtový přeliv se strojovnou na VD Horka (9) 13
Obr. 6.1 - Čáry zatopených ploch a objemů 16
Obr. 6.2 - Využití ArcGis Server pro vytvoření čar zatopených ploch a objemů (6) 17
Obr. 6.3 - Znázornění zkrácení přelivné hrany bezpečnostního přelivu 18
Obr. 6.4 - Konzumpční křivka šachtového přelivu 19
Obr. 6.5 - Schéma pro výpočet vývaru 27
Obr. 6.6 - Výpočet efektivní délky rozběhu větru 30
Obr. 6.7 - tabulka pro určení součinitele pro převod rychlosti větru nad vodu (13) 32
Obr. 6.8 - Mapa větrných oblastí ČR (14) 32
Obr. 6.9 – Graf pro určení charakteristické výšky vlny (13) 33
Obr. 6.10 – Graf pro určení periody vlny (13) 33

Obr. 6.11 - tabulka součinitelů pravděpodobnosti překročení výšky vlny (13)..... 34
Obr. 6.12 – Graf pro určení součinitele k_p (13)..... 35
Obr. 6.13 - Tabulka pro určení součinitele druhu opevnění hráze (13) 35
Obr. 6.14 - Určení součinitele pravděpodobnosti překročení výšky výběhu (13)..... 36
Obr. 6.15 - Schéma pro výpočet stability při proudění vody do svahu (11)..... 37
Obr. 6.16 - Schéma pro výpočet stability svahu bez proudění vody (11)..... 39
Obr. 6.17 - Schéma pro výpočet průsaku (11)..... 40
Obr. 6.18 - Schéma řezu přehradou pro výpočet se zavedením náhradního jádra 41
Obr. 6.19 - určení podílu $\Delta a/a + \Delta a$ dle sklonu výronové plochy (11)..... 43
Obr. 6.20 - Detail průběhu paraboly depresní křivky u výronové plochy (11) 43
Obr. 6.21 - Depresní křivka v řezu s náhradním jádrem..... 43
Obr. 6.22 - Depresní křivka volné hladiny v řezu hrází..... 44
Obr. 6.23 - Rovnice součinitele přepadu pro zaoblenou korunu dle Kramera (12) 45
Obr. 6.24 - Součinitel zatopení pro přelivy jednoduchého profilu dle Pikalova (12) 46
Obr. 6.25 - Výpočet kubatury hráze s AB těsněním..... 48
Obr. 6.26 - Výpočet kubatury hráze s Geomembránovým těsněním..... 49
Obr. 6.27 - Výpočet potřebného množství geomembrány..... 49
Obr. 6.28 - tabulka orientační potřeby betonu 50
Obr. 6.29 - Půdní mapa (15)..... 50
Obr. 7.1 - Syrovský mlýn – pohled po proudu od silnice [foto: autor] 52
Obr. 7.2 - Syrovský mlýn-pohled proti proudu [foto: autor] 52
Obr. 7.3 - Znázornění hladiny 400,0 m n.m. u Syrovského mlýna (6) 53
Obr. 7.4- Znázornění hladiny 401,7 m n.m. u Syrovského mlýna (6) 54
Obr. 7.5 - Silniční most na konci zátopy [foto: autor]..... 54

Seznam tabulek

Tabulka 1 - M-denní průtoky: 8
Tabulka 2 - N-leté průtoky: 8
Tabulka 3 - Rozdělení průtoků a doby opakování: 2
Tabulka 4 - Hodnota spolehlivosti a hledaný průtok: 3
Tabulka 5 - Porovnání N-letých průtoků: 4
Tabulka 6 - Mocnost sedimentů: 6
Tabulka 7 - Čára zatopených ploch a objemů: 15
Tabulka 8 - Hodnoty zkrácené délky přelivné hrany: 18
Tabulka 9 - Hodnoty konzumpční křivky šachtového přelivu pro různá D: 19
Tabulka 10 - Poměry h/D šachtového přelivu: 20
Tabulka 11 – Hodnoty zkrácené délky přelivné hrany pro dopočítávané D: 20
Tabulka 12 - Hodnoty konzumpční křivky šachtového přelivu pro dopočítávaná D: 20
Tabulka 13 - poměry dopočtených h/d šachtového přelivu: 21
Tabulka 14 - Kapacity odběrných oken v rozmezí provozních hladin: 24
Tabulka 15 - Kapacita odpadní chodby při rovnoměrném ustáleném proudění: 25
Tabulka 16 - Výpočet hloubky vody v korytě za vývarem: 27
Tabulka 17 - Výpočet návrhu vývaru: 28
Tabulka 18 - Výpočet efektivní délky rozběhu větru: 31
Tabulka 19 - Výpočet průsaku: 42
Tabulka 20 - Souřadnice depresní křivky: 43
Tabulka 21 - Celkový zábor podle druhu pozemku: 51

Seznam výkresů

A.1 – ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ

A.2 – ŠIRŠÍ VZTAHY

A.3 – KATASTRÁLNÍ MAPA

B.1a – SITUACE – VARIANTA S AB TĚSNĚNÍM

B.1b – SITUACE – VARIANTA S GEOMEMBRÁNOVÝM TĚSNĚNÍM

B.2a – VZOROVÝ ŘEZ HRÁZÍ – VARIANTA S AB TĚSNĚNÍM

B.2B – VZOROVÝ ŘEZ HRÁZÍ – VARIANTA S GEOMEMBRÁNOVÝM TĚSNĚNÍM

B.3 – ŘEZ FUNKČNÍMI OBJEKTY

B.4 – PODÉLNÝ ŘEZ HRÁZÍ

C.1 – ŘEZ ZDRŽÍ

D – VÝKRES PONOŘENÉHO STUPNĚ

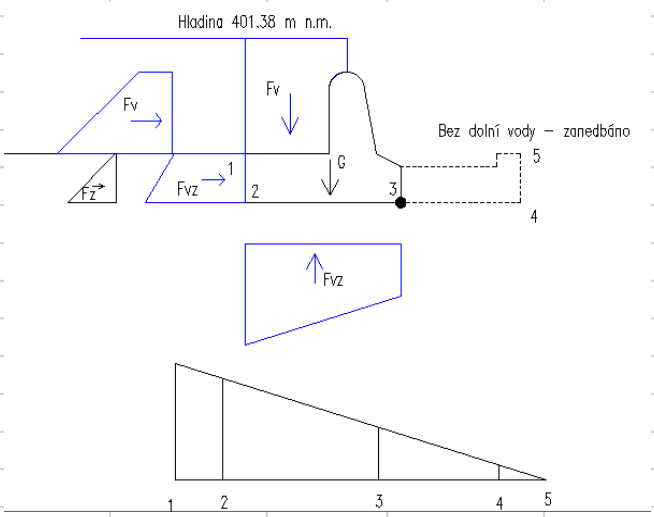
Seznam příloh

Příloha č. 1 – Statický výpočet ponořeného stupně

Příloha č. 2– Seznam dotčených pozemků

Příloha č. 1 – Statický výpočet ponořeného stupně

POSOUZENÍ STABILITY JEZU



	SPODNÍ STAVBA						
		Plocha [m^2]	γ [kN/m^2]				Rameno [m]
↓	G_1	18.27	23	G_1 =	420.23	kN	2.955
	POVRCHOVÁ VODA						
		Plocha [m^2]	γ [kN/m^2]				Rameno [m]
→	F1	10.47	10	F_1 =	104.72	kN	1.385
↓	F2	17.89	10	F_2 =	178.86	kN	4.59
	ZEMINA						
		Plocha [m^2]	γ [kN/m^2]				Rameno [m]
→	F7	2.00	12	F_7 =	24.00	kN	0.67
	VZTLAK						
		Plocha [m^2]	γ [kN/m^2]				Rameno [m]
→	F9	7.10	10	F_8 =	70.97	kN	0.94
↑	F10	20.53	10	F_8 =	205.29	kN	3.59

MIMOŘÁDNÁ NÁVRHOVÁ SITUACE -nepoužívám dílčí součinitele

$\gamma_1 = 1{,}1$ požadovaný součinitel významu

POSOUZENÍ NA POSUNUTÍ

podmínka spolehlivosti: $E_{d_stb} > \gamma E_{d_dst}$ $SF = \frac{E_{d.stb}}{E_{d.dst}} > \gamma$

$E_{d.stb}$ návrhová hodnota účinku stabilizujících zatížení

$E_{d.dst}$ návrhová hodnota účinku destabilizujících zatížení

$$SF = \frac{E_{d.stb}}{E_{d.dst}} = \frac{(\Sigma F_{v,z} + G)tg\varphi}{\Sigma F_{v,x}}$$

↓	$\Sigma F_{v,z}$=	-26.4	kN		
↓	G=	420.2	kN		
→	$\Sigma F_{v,x}$=	199.7	kN		
	tgφ=	0.577		neznám zeminu na které zakládám, volím úhel vnitřního tření 30°	
	SF=	**1.1**	>	1.1	**VYHOVUJE**

POSOUZENÍ NA PŘEKLOPENÍ

podmínka spolehlivosti: $\frac{E_{d.stb}}{E_{d.dst}} > \gamma$

$$SM = \frac{E_{d.stb}}{E_{d.dst}} = \frac{M+}{M-}$$

	M^+=	2 062.7	kNm		
	M^-=	964.8	kNm		
	SM=	**2.1**	>	1.1	**VYHOVUJE**

Příloha č. 2 – Seznam dotčených pozemků

KATASTRÁLNÍ ÚZEMÍ	ČÍSLO PARCELY	VLASTNÍK	DRUH POZEMKU	VÝMĚRA PARCELY [m^2]	ZÁBOR [m^2]
Hořice u Humpolce	835	Chmel Miroslav Ing.	trvalý travní porost	468	183
Hořice u Humpolce	836	Chmel Miroslav Ing.	trvalý travní porost	2 050	1 665
Hořice u Humpolce	837	Vondráček Luboš	trvalý travní porost	1 672	1 401
Hořice u Humpolce	838	Sůva Václav	lesní pozemek	1 852	1 648
Hořice u Humpolce	839	Sůva Václav	ostatní plocha	611	611
Hořice u Humpolce	840	Sůva Václav	trvalý travní porost	2 302	2 302
Hořice u Humpolce	1129	Lesy České republiky, s.p.	vodní plocha	3 543	382
Hořice u Humpolce	1130	Lesy České republiky, s.p.	vodní plocha	342	342
Hroznětice	473/5	Obec Hořice	lesní pozemek	31 542	796
Hroznětice	481	Medová Jaroslava	trvalý travní porost	7 967	7 967
Hroznětice	482	Brázdil Bohumil (1/2) Satrapa Miloslav (1/2)	trvalý travní porost	3 884	3 884
Hroznětice	484	zemědělské obchodní družstvo Hořice	trvalý travní porost	5 449	550
Hroznětice	485	Zemědělské obchodní družstvo Hořice	trvalý travní porost	108	33
Hroznětice	486	Ryšavý Alois	trvalý travní porost	2 877	1 054
Hroznětice	494	Ryšavý Alois	trvalý travní porost	6 582	1 420
Hroznětice	550	Křikava Jaroslav	trvalý travní porost	2 032	56
Hroznětice	551	Křikava Jaroslav	trvalý travní porost	198	58
Hroznětice	553	Zemědělské obchodní družstvo Hořice	trvalý travní porost	4 208	2 649
Hroznětice	554	Medová Jaroslava	lesní pozemek	2 751	2 751
Hroznětice	555	Medová Jaroslava	lesní pozemek	1 807	1 474

Hroznětice	556/1	SJM Vejsada Ladislav a Vejsadová Marie	trvalý travní porost	707	707
Hroznětice	556/2	Křikava Jaroslav	trvalý travní porost	2 518	2 518
Hroznětice	557/1	Novosádová Marie	trvalý travní porost	4 010	4 010
Hroznětice	557/2	SJM Vejsada Ladislav a Vejsadová Marie	trvalý travní porost	899	899
Hroznětice	558/1	Zemědělské obchodní družstvo Hořice	trvalý travní porost	1 446	1 446
Hroznětice	558/2	Medová Jaroslava	trvalý travní porost	2 165	2 165
Hroznětice	558/3	SJM Vejsada Ladislav a Vejsadová Marie	trvalý travní porost	550	550
Hroznětice	558/4	Kloc Miloslav	trvalý travní porost	587	587
Hroznětice	558/5	Kurková Hana	trvalý travní porost	917	917
Hroznětice	558/6	SJM Vejsada Ladislav a Vejsadová Marie	trvalý travní porost	773	773
Hroznětice	558/7	Červenka Josef (3/4) Červenková Marie (1/4)	trvalý travní porost	2 029	2 029
Hroznětice	558/8	SENAGRO a.s.	trvalý travní porost	892	892
Hroznětice	559/1	Zemědělské obchodní družstvo Hořice	trvalý travní porost	1 780	1 780
Hroznětice	559/2	Kurková Hana	trvalý travní porost	1 760	1 760
Hroznětice	559/3	Medová Jaroslava	trvalý travní porost	1 996	1 996
Hroznětice	559/4	Kurková Hana	trvalý travní porost	1 909	1 909
Hroznětice	559/5	Zemědělské obchodní družstvo Hořice	trvalý travní porost	450	450
Hroznětice	560/1	Obec Hořice	lesní pozemek	1 169	535
Hroznětice	560/3	Obec Hořice	lesní pozemek	39 015	17 094
Hroznětice	622/1	Obec Hořice	lesní pozemek	13 743	1 032
Hroznětice	681/2	Obec Hořice	ostatní plocha	1 305	700
Hroznětice	683	Obec Hořice	ostatní plocha	4 064	127
Hroznětice	689	Povodí Vltavy, státní podnik	vodní plocha	31 506	13 210
Hroznětice	692	Lesy České republiky, s.p.	vodní plocha	330	330
Senožaty	775	Pajer Rudolf Ing.	trvalý travní porost	2 136	1 538

Senožaty	776	SENAGRO a.s.	trvalý travní porost	2 985	2 985
Senožaty	777/3	Obec Senožaty	lesní pozemek	21 186	403
Senožaty	777/10	Obec Senožaty	lesní pozemek	5 124	925
Senožaty	778	Jirásková Marie (1/8) Pípal Zbyněk (5/8) Pípalová Věra (1/4)	ostatní plocha	1 119	690
Senožaty	779	Jirásková Marie (1/8) Pípal Zbyněk (5/8) Pípalová Věra (1/4)	ostatní plocha	219	219
Senožaty	849	SENAGRO a.s.	vodní plocha	370	370
Senožaty	850/1	Hošek Miroslav	lesní pozemek	200	81
Senožaty	850/2	SENAGRO a.s.	ostatní plocha	42	37
Senožaty	853	Beneš Stanislav	lesní pozemek	1 388	1 388
Senožaty	854	Beneš Stanislav	trvalý travní porost	227	171
Senožaty	855/1	Beneš Stanislav	lesní pozemek	928	408
Senožaty	856	Beneš Stanislav	lesní pozemek	543	696
Senožaty	911	Lavryšyn Vasyl	lesní pozemek	1 192	1 063
Senožaty	912/1	SENAGRO a.s.	trvalý travní porost	8 445	944
Senožaty	912/2	Burda Pavel	lesní pozemek	1 798	123
Senožaty	913	Lavryšyn Vasyl	lesní pozemek	975	975
Senožaty	914	Vašíček Josef	ostatní plocha	759	70
Senožaty	915/2	Mikulová Hana	lesní pozemek	717	15
Senožaty	919/1	Pinkas Václav	lesní pozemek	4 301	179
Senožaty	921	SENAGRO a.s.	trvalý travní porost	1 784	1 784
Senožaty	922	Ošťádal Pavel	trvalý travní porost	1 226	1 226
Senožaty	923	SENAGRO a.s.	trvalý travní porost	3 532	3 332
Senožaty	926	Obec Senožaty	lesní pozemek	40 495	2 879
Senožaty	955	Moučka Josef	trvalý travní porost	2 431	2 431

Senožaty	956	Čepelák František	trvalý travní porost	2 126	2 126
Senožaty	957	Křížová Marie	trvalý travní porost	2 029	2 029
Senožaty	980	Obec Senožaty	lesní pozemek	41 598	20 588
Senožaty	984	Obec Senožaty	lesní pozemek	7 970	798
Senožaty	985	Obec Senožaty	lesní pozemek	230	230
Senožaty	988	Knězů Eva (1/3) Urban František (1/3) Urban Jaroslav (1/3)	lesní pozemek	8 830	5 459
Senožaty	998	Pinkas Jiří Mgr., Ph.D.	lesní pozemek	6 981	1 685
Senožaty	1000/1	Jirásková Marie (1/8) Pípal Zbyněk (5/8) Pípalová Věra (1/4)	lesní pozemek	5 274	588
Senožaty	1000/2	Jirásková Marie (1/8) Pípal Zbyněk (5/8) Pípalová Věra (1/4)	trvalý travní porost	3 513	3 513
Senožaty	1004	Pinkas Jiří Mgr., Ph.D.	trvalý travní porost	8 017	8 017
Senožaty	1008/1	SENAGRO a.s.	trvalý travní porost	3 514	3 514
Senožaty	1008/2	Příhoda Stanislav (1/2) Trubnyjová Miluše (1/2)	trvalý travní porost	3 514	3 514
Senožaty	1008/3	SENAGRO a.s.	trvalý travní porost	1 707	1 489
Senožaty	1009	Pajer Jindřich	lesní pozemek	746	544
Senožaty	1010	Knězů Eva (1/3) Urban František (1/3) Urban Jaroslav (1/3)	lesní pozemek	324	324
Senožaty	1011	Knězů Eva (1/3) Urban František (1/3) Urban Jaroslav (1/3)	lesní pozemek	277	277
Senožaty	1012	Hadrava Josef Ing. (1/2) Soulková Eva Ing. (1/2)	ostatní plocha	165	165
Senožaty	1014	Hadrava Josef Ing. (1/2) Hadrava Miloslav Ing. (1/2)	lesní pozemek	1 086	1 086
Senožaty	1015/1	Hadrava Josef Ing. (1/2) Hadrava Miloslav Ing. (1/2)	lesní pozemek	306	306
Senožaty	1015/2	Hadrava Josef Ing. (1/2) Hadrava Miloslav Ing. (1/2)	ostatní plocha	133	133
Senožaty	1016	Hadrava Josef Ing. (1/2) Soulková Eva Ing. (1/2)	lesní pozemek	680	680
Senožaty	1024/1	AGROSEN s.r.o.	trvalý travní porost	7 279	7 279

Senožaty	1024/2	AGROSEN s.r.o.	ostatní plocha	694	694
Senožaty	1024/3	AGROSEN s.r.o.	vodní plocha	266	266
Senožaty	1026	Turek Stanislav	lesní pozemek	255	255
Senožaty	1027	SENAGRO a.s.	trvalý travní porost	820	820
Senožaty	1032/1	SENAGRO a.s.	vodní plocha	126	126
Senožaty	1032/2	Červenka Josef (3/4) Červenková Marie (1/4)	trvalý travní porost	94	94
Senožaty	1033/2	SENAGRO a.s. (21/24) Příhoda Josef (3/24)	ostatní plocha	108	108
Senožaty	1034	SENAGRO a.s.	trvalý travní porost	313	313
Senožaty	1039/1	SENAGRO a.s.	trvalý travní porost	4 974	4 974
Senožaty	1039/2	Ošťádal Pavel	vodní plocha	1 010	1 010
Senožaty	1039/3	SENAGRO a.s. (21/24) Příhoda Josef (3/24)	trvalý travní porost	4 028	4 028
Senožaty	1040	SENAGRO a.s.	trvalý travní porost	511	511
Senožaty	1041	Ošťádal Pavel	trvalý travní porost	429	429
Senožaty	1047	Ošťádal Pavel	vodní plocha	709	709
Senožaty	1116/1	Obec Senožaty	lesní pozemek	23 391	5 387
Senožaty	1116/2	Obec Senožaty	lesní pozemek	41 590	4 009
Senožaty	2396/1	Obec Senožaty	ostatní plocha	7 355	456
Senožaty	2420/2	Státní Pozemkový úřad	ostatní plocha	27 690	127
Senožaty	2422	Státní Pozemkový úřad	ostatní plocha	759	42
Senožaty	2595	Povodí Vltavy, státní podnik	vodní plocha	547	547
Senožaty	2596	Povodí Vltavy, státní podnik	vodní plocha	129	129
Senožaty	2597	Povodí Vltavy, státní podnik	vodní plocha	142	142
Senožaty	2598	Povodí Vltavy, státní podnik	vodní plocha	108	108
Senožaty	2599	Povodí Vltavy, státní podnik	vodní plocha	814	814

Senožaty	2600	Povodí Vltavy, státní podnik	vodní plocha	464	464
Senožaty	2605	Povodí Vltavy, státní podnik	vodní plocha	129	129
Syrov	st. 33	Brassány Jan Ing. (1/2) SJM Brassány Jan Ing. A Brassányová Jana (1/2)	zastavěná plocha a nádvoří	795	795
Syrov	174/1	Obec Syrov	lesní pozemek	6 480	343
Syrov	174/7	Obec Syrov	trvalý travní porost	2 670	2 194
Syrov	174/8	Obec Syrov	lesní pozemek	3 618	107
Syrov	263	Křížová Marie	orná půda	10 017	60
Syrov	268	Chmel Miroslav Ing.	lesní pozemek	1 295	3 990
Syrov	270	Kastlová Jiřina	ostatní plocha	575	575
Syrov	271/1	Olišar Miroslav	trvalý travní porost	1 277	1 277
Syrov	271/2	SENAGRO a.s.	trvalý travní porost	1 964	1 964
Syrov	271/3	Matějková Jana (1/2) Soulková Eva Ing. (1/2)	trvalý travní porost	1 183	1 183
Syrov	271/4	Bublík Martin (1/3) Jelínek Josef Ing. (1/3) Sobková Ladislava (1/3)	trvalý travní porost	658	658
Syrov	271/5	Kastlová Jiřina	trvalý travní porost	1 906	1 906
Syrov	272	Durasová Jana	lesní pozemek	396	376
Syrov	273	Durasová Jana	lesní pozemek	324	324
Syrov	274	Čepelák František	trvalý travní porost	557	557
Syrov	275	Čepelák František	trvalý travní porost	9 046	4 346
Syrov	281	Moučka Josef	trvalý travní porost	2 949	1 661
Syrov	282	Moučka Josef	ostatní plocha	90	90
Syrov	283	Hálová Stanislava Bc.	ostatní plocha	216	216
Syrov	284	Hálová Stanislava Bc.	trvalý travní porost	39 560	1 485
Syrov	289	Paulík Josef (1/2) Paulíková Marie (1/2)	lesní pozemek	5 654	1 355
Syrov	290	Paulík Josef (1/2) Paulíková Marie (1/2)	ostatní plocha	356	356

Syrov	291/2	Moučka Josef	lesní pozemek	1 039	1 039
Syrov	292/2	Hadrava Josef Ing. (1/2) Hadrava Miloslav Ing. (1/2)	lesní pozemek	820	820
Syrov	292/3	Bublík Martin (1/3) Jelínek Josef Ing. (1/3) Sobková Ladislava (1/3)	lesní pozemek	205	205
Syrov	292/4	Čihák Josef (1/2) Čiháková Skálová Věra (1/2)	lesní pozemek	856	856
Syrov	292/5	Čihák Josef (1/2) Čiháková Skálová Věra (1/2)	lesní pozemek	4 755	1 018
Syrov	304/8	Obec Syrov	lesní pozemek	24 491	7 545
Syrov	305/1	Čihák Josef (1/2) Čiháková Skálová Věra (1/2)	lesní pozemek	133	133
Syrov	305/2	Čihák Josef (1/2) Čiháková Skálová Věra (1/2)	lesní pozemek	2 043	252
Syrov	306	Čihák Josef (1/2) Čiháková Skálová Věra (1/2)	lesní pozemek	10 602	4 300
Syrov	307	Čepelák František	trvalý travní porost	1 385	1 385
Syrov	308	Kastlová Jiřina	trvalý travní porost	2 500	2 500
Syrov	309	Čihák Josef (1/2) Čiháková Skálová Věra (1/2)	lesní pozemek	809	809
Syrov	310/1	Čihák Josef (1/2) Čiháková Skálová Věra (1/2)	trvalý travní porost	7 948	7 948
Syrov	310/2	Bublík Martin (1/3) Jelínek Josef Ing. (1/3) Sobková Ladislava (1/3)	trvalý travní porost	1 640	1 640
Syrov	310/3	Moučka Josef	trvalý travní porost	2 654	2 654
Syrov	311	Obec Syrov	trvalý travní porost	917	917
Syrov	340/1	Maleček Jiří	lesní pozemek	1 121	1 121
Syrov	340/2	Obec Syrov	trvalý travní porost	11 897	2 098
Syrov	340/7	Obec Syrov	lesní pozemek	14 784	3 660
Syrov	340/9	Obec Syrov	lesní pozemek	5 480	841
Syrov	340/10	Maleček Jiří	lesní pozemek	462	462
Syrov	340/12	Obec Syrov	trvalý travní porost	5 628	30
Syrov	341	AGROSEN s.r.o.	trvalý travní porost	4 460	4 460

Syrov	343	Čepelák František	trvalý travní porost	737	737
Syrov	346/1	Moučka Josef	lesní pozemek	268	268
Syrov	346/2	Moučka Josef	ostatní plocha	182	182
Syrov	349/2	Dospělová Dagmar (3/4) Janák Jiří (1/4)	trvalý travní porost	11 837	873
Syrov	351	Paulík Josef (1/2) Paulíková Marie (1/2)	trvalý travní porost	3 525	3 525
Syrov	352	Paulík Josef (1/2) Paulíková Marie (1/2)	trvalý travní porost	3 687	3 687
Syrov	353	Burda Jaroslav (15/18) Křížová Marie (1/18) Mendl Jaromír (1/18) Mendl Josef (1/18)	trvalý travní porost	5 934	5 680
Syrov	354	Čepelák František	trvalý travní porost	1 924	1 673
Syrov	355/1	SENAGRO a.s.	ostatní plocha	1 942	1 942
Syrov	355/2	Beneš Stanislav	ostatní plocha	155	155
Syrov	356	BIO TOP s.r.o. (1/3) Červ Michal (1/3) Olšbauer Ladislav (1/3)	ostatní plocha	234	234
Syrov	357	BIO TOP s.r.o. (1/3) Červ Michal (1/3) Olšbauer Ladislav (1/3)	trvalý travní porost	1 410	1 410
Syrov	358	BIO TOP s.r.o. (1/3) Červ Michal (1/3) Olšbauer Ladislav (1/3)	ostatní plocha	180	180
Syrov	359	Brassány Jan Ing. (1/2) SJM Brassány Jan Ing. A Brassányová Jana (1/2)	zahrada	38	38
Syrov	368/1	Skála Bedřich	lesní pozemek	1 923	1 714
Syrov	368/2	Burda Pavel	trvalý travní porost	1 966	1 751
Syrov	368/3	Krajská správa a údržba silnic Vysočiny, příspěvková organizace	ostatní plocha	857	168
Syrov	368/4	Skála Bedřich	ostatní plocha	465	465
Syrov	369/1	Dospělová Dagmar (3/4) Janák Jiří (1/4)	trvalý travní porost	10 467	10 467
Syrov	369/2	Dospělová Dagmar (3/4) Janák Jiří (1/4)	lesní pozemek	2 781	2 781
Syrov	369/3	Dospělová Dagmar (3/4) Janák Jiří (1/4)	trvalý travní porost	2 595	2 595
Syrov	376/1	BIO TOP s.r.o. (1/3) Červ Michal (1/3) Olšbauer Ladislav (1/3)	trvalý travní porost	2 482	665
Syrov	376/2	BIO TOP s.r.o. (1/3) Červ Michal (1/3) Olšbauer Ladislav (1/3)	trvalý travní porost	629	629

Syrov	1090/2	Úřad pro zastupování státu ve věcech majetkových	ostatní plocha	519	401
Syrov	1094	Státní Pozemkový úřad	ostatní plocha	3 430	204
Syrov	1104	Povodí Vltavy, státní podnik	vodní plocha	42 031	21 270
Syrov	1106	Lesy České republiky, s.p.	vodní plocha	346	346
Syrov	1107/3	Lesy České republiky, s.p.	vodní plocha	4 562	405
Syrov	1108	Lavryšyn Vasyl	vodní plocha	2 078	280
Syrov	1109	BIO TOP s.r.o. (1/3) Červ Michal (1/3) Olšbauer Ladislav (1/3)	vodní plocha	378	342
Syrov	1122/4	Obec Syrov	ostatní plocha	747	25