

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra hydrotechniky



DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Návrh zkapacitnění bezpečnostních zařízení pro
převádění extrémních povodní na VD Pařížov**

Design of increase capacity of safety facilities for the
transfer extreme floods for dam Pařížov

Autor:
Vedoucí práce:

Bc. Nela Tomanová
Ing. Martin Králík, Ph.D.

Praha 2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Tomanová Jméno: Nela Osobní číslo: 439016
Zadávací katedra: K142
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Návrh zkapacitnění bezpečnostních zařízení pro převádění extrémních povodní na VD Pařížov

Název diplomové práce anglicky: Design of increase capacity of safety facilities for the transfer of extreme floods for dam Pařížov

Pokyny pro vypracování:

V rámci diplomové práce popište a zhodnoťte současný stav vodního díla Pařížov. Navrhněte řešení zkapacitnění bezpečnostních zařízení vodního díla pro převádění extrémních povodní, posuďte návrh pomocí výpočetního programu.

Seznam doporučené literatury:

Přehrady - Broža, Kratochvíl, Peter, Votruba
Hydraulika - Kolář, Patočka, Bém

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Martin Králík, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 26.9.2019

Termín odevzdání diplomové práce: 5.1.2020

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

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

27/9/2019

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

PROHLÁŠENÍ

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

V Praze dne 05. 01. 2020

Bc. Nela Tomanová

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé práce, panu Martinu Králíkovi, zejména za trpělivost, pohotové reakce, klidný přístup a pomoc při vypracování mé práce. Dále chci poděkovat rodině a partnerovi za podporu během celého magisterského studia.

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá zvýšením kapacity bezpečnostních zařízení vodního díla Pařížov a zajištěním nezatápění přepadového paprsku vlivem hladiny ve spadišti bočního přelivu. Vodní dílo musí dle vyhlášky č. 590/2002 Sb., o technických požadavcích pro vodní díla, ve znění vyhlášky č. 367/2005 Sb., převést extrémní povodeň o průtoku $Q_{10\,000}$. Práce stanovuje velikost průtoku $Q_{10\,000}$, zhodnocuje aktuální stav vodního díla, posuzuje kapacitu přelivů a zařízení pro převod vody, navrhuje zkapacitnění objektů a řeší nezatápění bočního přelivu dle normy ČSN 75 2340 Navrhování přehrad – Hlavní parametry a vybavení. Vybraná možnost řešení nezatápění bočního přelivu je zpracována pomocí programu AutoCAD do digitální podoby a pomocí výpočetního programu HEC-RAS je ověřena kapacita spadiště bočního přelivu.

ABSTRACT

This diploma thesis deals with increasing the capacity of safety equipments on dam Pařížov and with securing non-flooding of the overflow by the level inside of lateral spillway. This dam must secure the Decree No 367/2005 Coll. (which changing the Decree No 590/2002 Coll., convert the extreme flood $Q_{10\,000}$). The diploma thesis determines flood $Q_{10\,000}$, evaluates the actual state of the dam, actual capacity of spillways and equipments for water transfer. The thesis proposes new capacities of equipment and deals with the non-flooding of the side spillway according to the standard ČSN 75 2340. The chosen solution of non-flooding lateral spillway is design within AutoCAD. The capacity of the lateral spillway is verified by the HEC-RAS.

KLÍČOVÁ SLOVA

Pařížov, přehrada, bezpečnostní přeliv, extrémní povodeň, matematický model

KEY WORDS

Pařížov, dam, safety spillway, extreme flood, mathematic model

OBSAH

OBSAH	5
1 ÚVOD A CÍLE PRÁCE	7
2 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O VODNÍM DÍLE	8
2.1 Základní popis vodního díla	8
2.2 Charakteristika zájmového území	9
2.3 Historie vodního díla	9
2.3.1 <i>Povodeň 1997</i>	10
2.4 Účel vodního díla	11
2.5 Popis vodního díla	11
2.5.1 <i>Hráz</i>	11
2.5.2 <i>Korunový přeliv</i>	12
2.5.3 <i>Boční přeliv</i>	13
2.5.4 <i>Spodní výpusti</i>	14
2.5.5 <i>Výpusti v obtokové štole</i>	15
2.6 Hydrologické údaje	16
2.7 Průběh povodňové vlny	16
3 STANOVENÍ VELIKOSTI $Q_{10\ 000}$	18
3.1 První možnost stanovení	18
3.2 Druhý způsob stanovení	21
3.3 Shrnutí	22
4 HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY	23
4.1 Bernoulliho rovnice	23
4.2 Přepadová rovnice	24
4.3 Spadiště bočního přelivu	25
4.3.1 <i>Výpočet dle Ing. Komory</i>	25
4.3.2 <i>Chézyho a Manningova rovnice</i>	27
4.3.3 <i>Vznik kritické hloubky</i>	29
4.3.4 <i>Nerovnoměrné proudění</i>	29
5 STANOVENÍ SOUČASNÉ KAPACITY VD	30
5.1 Spodní výpust	30
5.2 Obtoková štoła	31
5.3 Korunový přeliv	32
5.4 Boční bezpečnostní přeliv	33
5.4.1 <i>Spadiště</i>	34
5.5 Konzumční křivka celého díla	35
6 ZHODNOCENÍ AKTUÁLNÍHO STAVU	37

6.1	Posouzení VD za povodní	37
6.2	Aktuální stav – posouzení problému	37
6.3	Možnosti řešení	39
7	VARIANTNÍ ŘEŠENÍ	40
7.1	Boční přeliv	40
7.1.1	<i>Postup výpočtu</i>	40
7.1.2	<i>Postup při hledání vhodné varianty úpravy</i>	43
7.1.3	<i>Úvaha nad alternativami – změna úrovně přelivné hrany</i>	44
7.2	Korunový přeliv	44
7.3	Spodní výpusti	45
7.4	Obtoková štola	46
7.5	Odlehčovací koryto	47
8	MATEMATICKÝ MODEL	49
8.1	Drsnost $n = 0,025$	49
8.2	Drsnost $n = 0,040$	50
9	ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	52
9.1	Výsledná konzumční křivka – nová varianta přelivu	52
9.2	Porovnání variant tabelárně a graficky	53
9.3	Zhodnocení	54
10	ZÁVĚR	55
11	SEZNAM PŘÍLOH	57
12	SEZNAM ZKRATEK	57
13	SEZNAM ZDROJŮ	58
14	SEZNAM TABULEK	59
15	SEZNAM OBRÁZKŮ	60
16	SEZNAM GRAFŮ	61

1 ÚVOD A CÍLE PRÁCE

Vodní dílo Pařížov je vybudováno na řece Doubravě, která je levostranným přítokem řeky Labe. Dílo je tvořeno zděnou půdorysně zakřivenou hrází výšky 31 m a délky v koruně 142 m se dvěma šoupátkovými věžemi na návodní straně.

VD Pařížov je dle vyhlášky č. 471/2001 Sb., Vyhláška Ministerstva zemědělství o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly, zařazeno do II. kategorie a musí dle vyhlášky č. 590/2002 Sb., o technických požadavcích pro vodní díla, ve znění vyhlášky č. 367/2005 Sb., převést extrémní povodeň o průtoku $Q_{10\,000}$. Vodní dílo je dle Posudku bezpečnosti vodního díla při povodních kapacitní na převod 10 000leté povodně s rezervou 3 cm.

Boční bezpečnostní přeliv při průchodu povodně nesplňuje normu ČSN 75 2340 Navrhování přehrad – Hlavní parametry a vybavení. Přepadový paprsek v bočním přelivu je ovlivňován a zatápen hladinou ve spadišti.

V rámci diplomové práce budou popsány objekty vodního díla, stanovena a porovnána velikost průtoku deseti tisíci leté povodně, početně ověřena aktuální kapacita spodních výpustí, potrubí v obtokové štolě, korunového a bočního přelivu. Bude stanovena výsledná konzumční křivka a vodní dílo bude posouzeno za povodní.

V další části se práce bude zabývat zkapacitněním jednotlivých objektů a hledáním optimálního návrhu spadiště bočního přelivu pro splnění podmínek neovlivňování přepadového paprsku. Možnosti řešení budou hledány při zachování i prodloužení přelivné hrany kombinací změny sklonu dna spadiště, zvětšení hloubky a snížením počtu stupňů kaskády.

Zároveň bude provedena úvaha nad alternativami návrhu úpravy bočního přelivu a úvaha nad možností zvýšení kapacity díla převodem vody ze zátopy bočním nouzovým přelivem.

Pro optimální řešení úpravy spadiště bočního přelivu bude sestaven matematický model v programu HEC-RAS a zpracovány výkresy (situace, půdorys, řez a podélný profil) v programu AutoCAD.

2 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O VODNÍM DÍLE

2.1 Základní popis vodního díla

Vodní dílo Pařížov se nachází v povodí Labe, na řece Doubravě, která je levostranným přítokem řeky Labe. Hráz je gravitační, půdorysně obloukovitě zakřivená, zděná z lomového kamene a vysoká 31 m nad základovou spárou. Maximální objem nádrže je 1,683 mil. m³, vodní plocha zaujímá 23,79 ha. Přehradě dominují dvě šoupátkové věže na návodní straně, díky kterým lze uzavřít spodní výpusti, další dva uzávěry výpustí jsou na vzdušné straně a ovládají se z manipulačních domků. Na Obr. 3.1.1 Pohled na hráz od bočního přelivu.



Obr. 2.1.1 Pohled na hráz od bočního přelivu [1]

Kolem hráze je v pravém úbočí vyražena 142 m dlouhá obtoková štola se dvěma potrubími. Každá z výpustí je osazena třemi uzávěry. Ovládací mechanismy jsou v manipulační, přístupové šachtě a ve strojovně. Na Obr. 2.1.2 Pohled na hráz z pravého břehu.



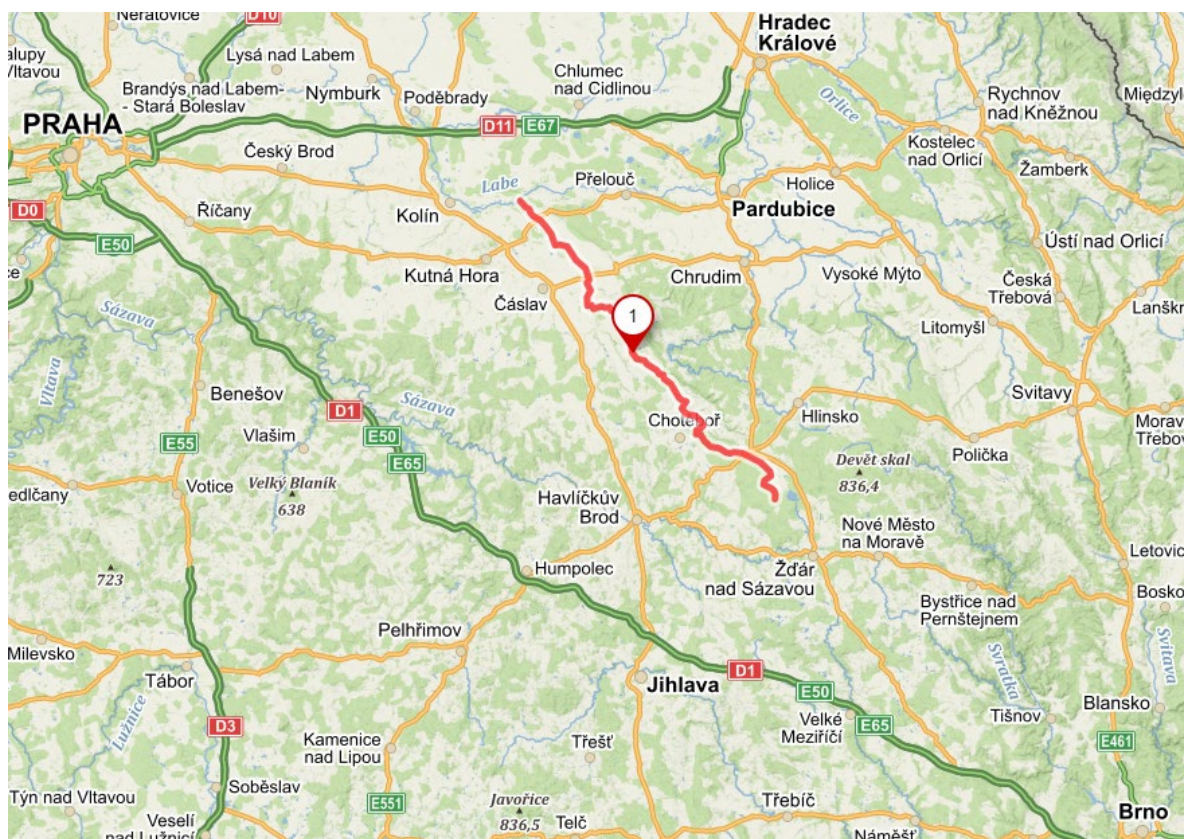
Obr. 2.1.2 Pohled na hráz z pravého břehu [2]

V pravé části hráze je patrný korunový bezpečnostní přeliv o sedmi polích překlenutých klenbami. U levého břehu je situován druhý bezpečnostní přeliv, a to boční nehrazený. Voda z přelivů je odváděna dlážděnými stupňovitými kaskádami, které ústí do upraveného koryta pod hrázi, kam též přitéká voda ze spodních výpustí a obtokové štol.

Ve smyslu vyhlášky č. 471/2001 Sb. Vyhláška Ministerstva zemědělství o technicko-bezpečnostním dohledu nad vodními díly, je Pařížov zařazen do II. kategorie podle svého významu a rozsahu možného ohrožení území při jeho selhání a ztrátách na životě.

2.2 Charakteristika zájmového území

Vodní dílo Pařížov je vybudováno na středním toku řeky Doubravy, která se line ze Žďárských vrchů (630 m n. m.) až téměř k Týnci nad Labem, v celkové délce přes 80 km. Přehrada se nachází na 40,392. říčním kilometru Doubravy v Pardubickém kraji, nedaleko města Golčův Jeníkov. Na Obr. 2.2.1 Poloha řeky Doubravy v mapě.

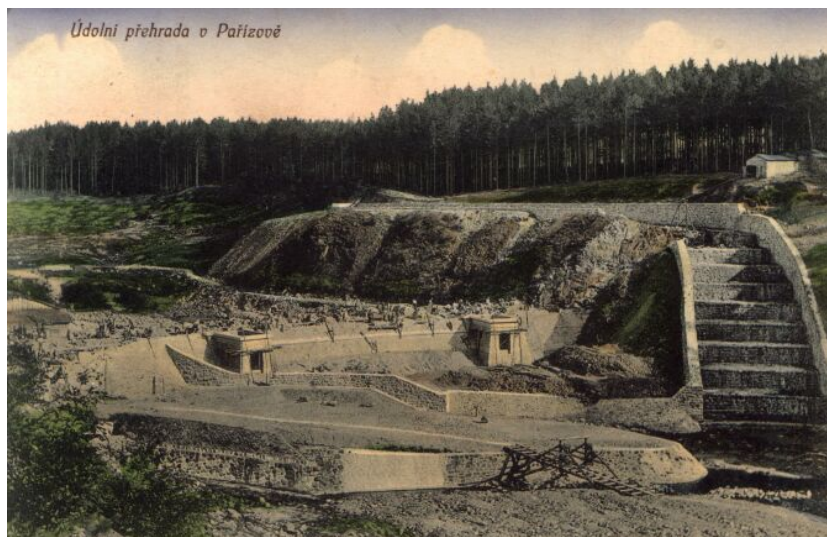


Obr. 2.2.1 Poloha řeky Doubravy v mapě [3]

2.3 Historie vodního díla

Důvodem výstavby vodního díla byly rozsáhlé povodně na konci 19. století na řece Doubravě. V té době byly vytipovány čtyři různé lokality výstavby přehrady, profil nad obcí

Pařížov byl zvolen díky dobrým morfologickým podmínkám pro velký retenční objem a výhodnou cenu okolních pozemků. Při plánování přehrady, v roce 1908, se údolím přehnala povodeň, která do té doby nebyla svou velikostí zaznamenána a projekt musel být přepracován. Stavba přehrady proběhla v letech 1909-1913, pod záštitou Ing. Dvořáka z Pardubic a arch. Kříčkou z Prahy. [4] Na Obr. 2.3.1 Pohlednice z výstavby díla.



Obr. 2.3.1 Pohlednice z výstavby díla [5]

Na vodním díle byly provedeny dodatečné opravy, a to na odpadním ocelovém potrubí (DN 150), které odvádí průsakovou vodu ze štol základových výpustí, vybudování třech revizních šachet o DN 750 (v roce 1928). V roce 1932 byl boční přeliv zabezpečen přizděním kamenné zdi o délce 19 m po sesuvu šterkových sutí při výronu vody. Napojení ovládní šoupátek a měření stavů hladiny vody limnigrafy ve Spačicích, pod hrází a v šoupátkové věži na dálkové ovládní bylo provedeno v roce 1963. Kapacita výpustných zařízení byla navýšena výměnou potrubí v obtokové štolě z DN 800 na dvě potrubí DN 1200. Spárování hráze bylo obnoveno v letech 2006 a 2008. [6]

2.3.1 Povodeň 1997

V roce 1997 zasáhly území Moravy, Slezska a východních Čech rozsáhlé povodně. Skrze vodní dílo Pařížov prošla dvacetiletá povodňová vlna, s objemem 50 mil. m³ vody, což je za běžných období průměrný průtok za celý rok. [7] Na Obr. 2.3.2 Korunový přeliv za povodně.



Obr. 2.3.2 Korunový přeliv za povodně [2]

2.4 Účel vodního díla

Hlavním účelem přehradní nádrže je zmírnění povodňových škod pod vodním dílem, respektive transformace povodňových vln. Dalšími účely díla jsou zajištění minimálního zůstatkového průtoku níže po toku pod vodním dílem o množství $0,245 \text{ m}^3/\text{s}$ (vypouštěného maximálně do vyprázdnění kapacity zásobního prostoru, potom se odtok rovná přítoku do nádrže) a také nadlepšování průtoku v řece Doubravě. Dále výroba elektrické energie při průchodu vody přes malou vodní elektrárnu a dodržování neškodného odtoku $25,0 \text{ m}^3/\text{s}$ a možné nadlepšení průtoku pro vodní sporty. [6]

2.5 Popis vodního díla

2.5.1 Hráz

Vzdouvací objekt, gravitační kamenná hráz je zděná z lomového kamene a vyspárována. V příčném řezu je hráz trojúhelníkového tvaru, vyklenutá proti vodě s poloměrem zakřivení 120 m. V pravé části hráze je vybudován korunový přeliv o sedmi přelivných polích. Hráz má sice klenutý tvar, ale klenbové účinky se do výpočtů nezapočítávají. [6] V Tab. 1 jsou shrnuty základní parametry hráze.

Tab. 1 Parametry hráze

Parametry hráze	
Maximální výška nad základovou spárou	31,0 m
Délka hráze v koruně	142,0 m
Šířka hráze v koruně	4,5 m
Šířka hráze v patě	23,0 m

Sklon návodního líce	10:1
Sklon vzdušního líce	1:0,7
Poloměr křivosti	120,0 m
Kóta základové spáry	294,9 m n. m.
Kóta koruny hráze v krajních částech	326,26 m n. m.
Kóta koruny hráze ve střední části	325,90 m n. m.
Objem hrázového tělesa	35 000 m ³

2.5.2 Korunový přeliv

Korunový nehrazený přeliv slouží spolu s bočním přelivem pro převod velkých vod. Je situován v pravé části hráze (při pohledu po vodě). Hrana korunového přelivu je výše než u bočního přelivu o 0,15 m. Délka jeho přelivné hrany je 35,0 m a skládá se ze sedmi polí o světlé šířce 5,0 m překlenutých klenbami. Voda z přelivu je usměrňována kaskádovým dlážděným skluzem a pod ním se mísí s vodou z bočního přelivu a spodních výpustí. Kapacita přelivu je 32,1 m³/s při přepadovém paprsku 0,63 m za maximální hladiny vody v nádrži na kótě 324,81 m n. m. [6] a základní parametry jsou shrnuty v Tab. 2.

Tab. 2 Parametry korunového přelivu

Parametry korunového přelivu	
Kóta přelivné hrany	324,18 m n. m.
Délka přelivné hrany	35,0 m
Kapacita při max. hl.	32,1 m ³ /s

Na Obr. 2.5.1 Korunový přeliv při pohledu z pravého břehu.



Obr. 2.5.1 Korunový přeliv [2]

2.5.3 Boční přeliv

Zděný přeliv z lomového kamene je situovaný u levého břehu. Jedná se o boční přeliv, tedy přelivná hrana je umístěna souběžně s osou toku. Délka přelivné hrany je 97,4 m. Voda z nádrže přepadá do spadiště, prochází skrze hráz a pokračuje kamenným kaskádovým skluzem do koryta pod hrází. Energie vody je částečně utlumena během přepadu přes stupně kaskády. Spadiště je půdorysně zakřivené a s proměnlivou šířkou, která je u hráze širší, 13 m, a snižuje se do šířky 4,2 m na jeho začátku. Kapacita přelivu je 98,8 m³/s při přepadovém paprsku vysokém 0,78 m za maximální hladiny vody v nádrži na kótě 324,81 m n. m. [6] Základní parametry jsou shrnuty v Tab. 3.

Tab. 3 Parametry bočního přelivu

Parametry bočního přelivu	
Kóta přelivné hrany	324,03 m n. m.
Délka přelivné hrany	97,4 m
Šířka spadiště u hráze	13,0 m
Šířka spadiště na začátku	4,2 m
Kapacita při max. hl.	98,8 m ³ /s

Ve střední části je boční přeliv zabezpečen přizděním kamenné zdi v délce 19 m, jelikož došlo k sesuvu štěrkových sutí vlivem výronu vody. [6]

Na Obr. 2.5.2 Pohled na hráz ze začátku spadiště směrem k hrázi.



Obr. 2.5.2 Pohled na hráz ze začátku spadiště směrem k hrázi [2]

2.5.4 Spodní výpusti

Skrze těleso hráze procházejí dvě spodní výpusti, obě o DN 800, ve zděných chodbách. Pravá spodní výpust o délce 28,0 m má kapacitu 7,5 m³/s. Levá spodní výpust je delší kvůli půdorysnému zakřivení, měří 55,0 m a má kapacitu 5,8 m³/s při maximální hladině v nádrži 324,81 m n. m. Nižší kapacita při stejném průměru výpusti je způsobena ztrátami, tj. jeho délkou a půdorysným zakřivením. Pro uzavření obou spodních výpustí slouží šoupata na návodní straně v šoupátkových zděných věžích a ručně ovládaná klapka na vzdušné straně.

V obou vstupních přístavcích do štol spodních výpustí jsou osazeny Bánkiho turbíny o celkovém výkonu 146 kW a s maximální hltností 2 x 0,86 m³/s. [6] Základní údaje jsou shrnuty v Tab. 4.

Tab. 4 Parametry spodních výpustí

Parametry spodních výpustí		
	Levá	Pravá
Kóta vyústění	302,75 m n. m.	302,93 m n. m.
Délka	55,0 m	28,0 m
Kapacita při max. hl.	5,8 m ³ /s	7,5 m ³ /s

Na Obr. 2.5.3 Pohled na šoupátkovou věž spodní výpusti.



Obr. 2.5.3 Pohled na šoupátkovou věž spodní výpusti [2]

2.5.5 Výpusti v obtokové štole

Obtoková štola je situována na pravém břehu a vede okolo hráze. Před vtokem do štoly je vybudovaný kamenný jízek již z dob výstavby, kdysi sloužící pro převádění vody obtokem, nyní využitelný při opravě spodních výpustí. V obtoku jsou dvě potrubí o DN 1200. Voda z obtoku vyúsťuje do vývaru za hrází před měrným jízkem. Na obou potrubích jsou osazeny tři uzávěry – provozní, revizní a havarijní. Jako provozní uzávěr slouží segment, který je umístěn na konci výtokového potrubí a lze s ním regulovat množství proteklé vody. Revizním uzávěrem je nožové šoupátko o DN 1200, které slouží pouze pro plnění části potrubí mezi havarijním a revizním uzávěrem při revizi armatur a potrubí. Havarijním uzávěrem je třmenové šoupátko DN 1200 a neslouží k regulaci průtoku, jelikož může dojít k rozkmitání srdce a poškození těsnění při určitém otevření, proto je možné s ním pracovat pouze v otevřené nebo uzavřené poloze. Uzávěry lze ovládat z kanceláře hrázného (v domku na pravém břehu) nebo i z horní plošiny šoupátkové šachty obtoku a případně každý samostatně. [6] Základní údaje jsou shrnuty v Tab. 5.

Tab. 5 Parametry obtokové štoly

Parametry obtokové štoly	
Kóta osy vtoku	305,41 m n. m.
Délka štoly	142 m
Kapacita při max. hl.	30,32 m ³ /s

Na Obr. 2.5.4 Výtok z obtokové štoly při pohledu na hráz v pravé části obrázku.



Obr. 2.5.4 Výtok z obtokové štoly [2]

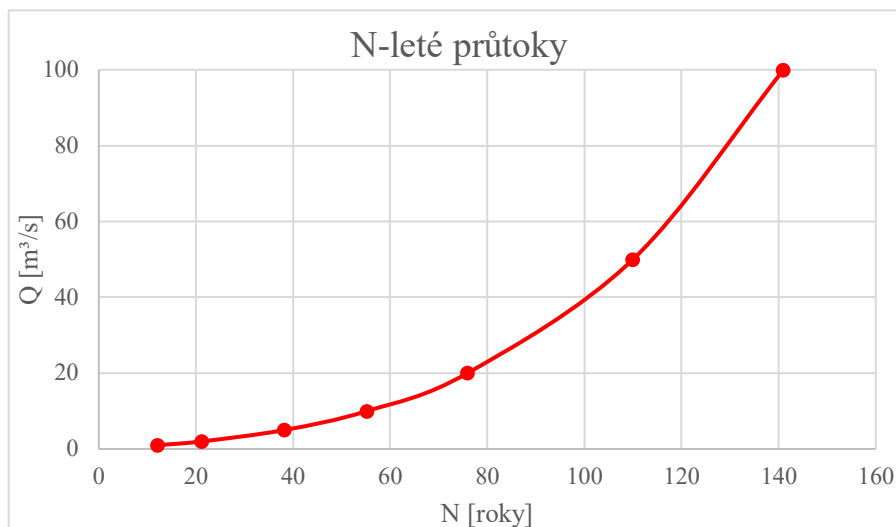
2.6 Hydrologické údaje

Hydrologické podklady pro profil hráze Pařížov poskytl Český hydrometeorologický ústav v říjnu 2019 a jsou shodné s údaji v Manipulačním řádu. ČHMÚ stanovuje údaje m-denních a N-letých průtoků v rozsahu 1-100 let. Proto je mimo jiné předmětem této práce stanovení velikosti $Q_{10\,000}$. Na Obr. 2.6.1 Hydrologické údaje.

Tok			Profil										
Doubrava			hráze VD Pařížov										
Plocha ovodí A			Průměrná dlouhodobá roční hodnota										
(km ²)			hydrologické číslo povodí					průtok Q_a (l/s)					
202,35			1 - 03 - 05 - 021					1,71					
M - denní průtoky			(l/s)					Třída III.					
M (dny)	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
Q_{md} (l/s)	4,10	2,71	1,99	1,59	1,26	1,06	0,88	0,71	0,580	0,460	0,310	0,180	0,100
N - leté průtoky			(m ³ /s)					Třída III.					
N (roky)	1		2		5		10		20		50		100
Q_n (m ³ /s)	12,2		21,2		38,3		55,2		75,9		110		141

Obr. 2.6.1 Hydrologické údaje [8]

Graf 1 Hydrologická data N-letých průtoků zobrazena graficky.

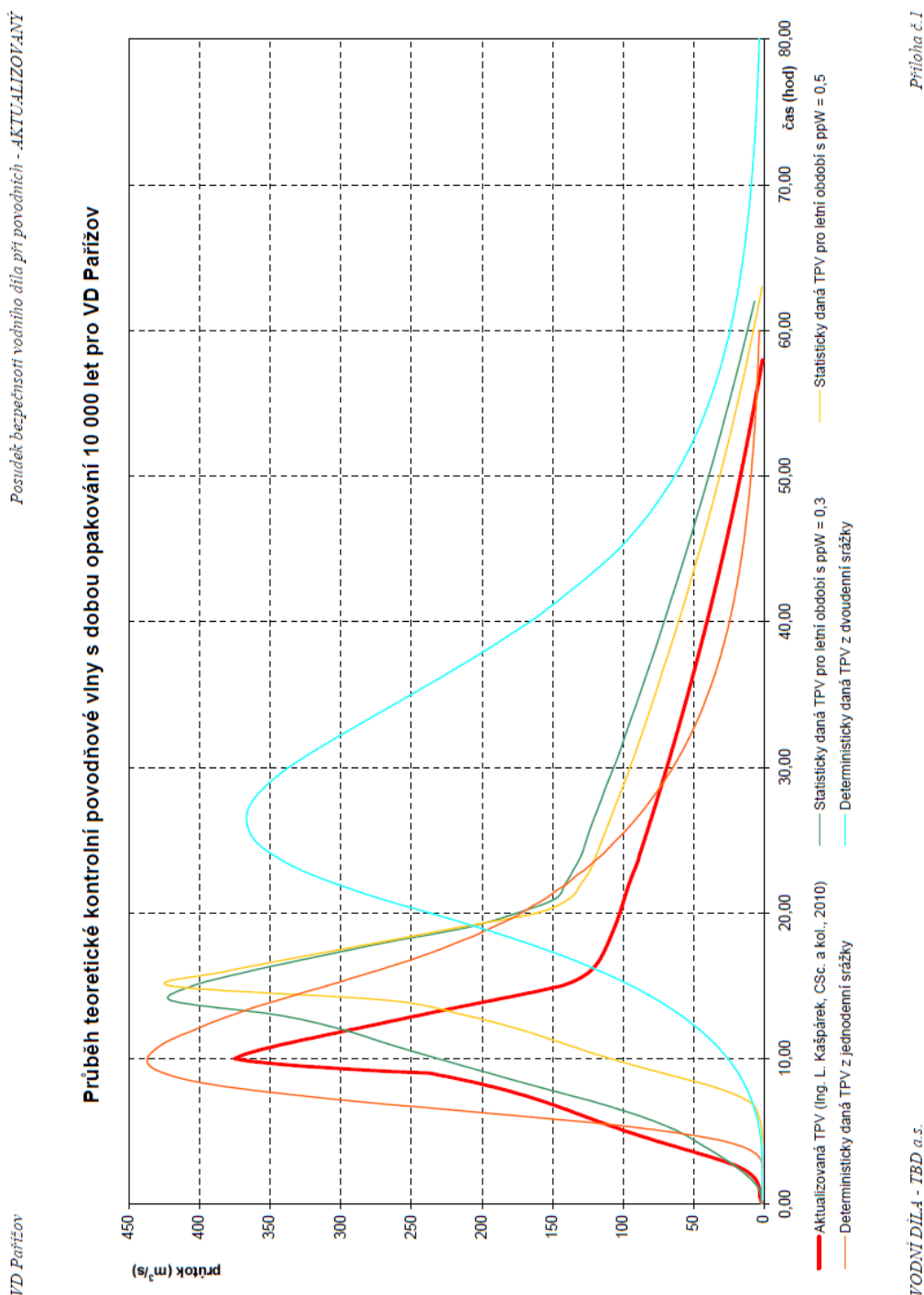


Graf 1 Hydrologická data N-letých průtoků

2.7 Průběh povodňové vlny

Průběhem povodňové vlny se zabýval i Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka v Praze. Průběh vlny a stanovení kulminačního průtoku vycházelo z průměrných denních průtoků v hydrologických stanicích na řece Doubravě s významným přihlédnutím k historickým velkým povodním, a ověřením jejich reálné doby opakování. Pro přesnější vyhodnocení kulminačního průtoku byl použit matematický model v programu HEC-RAS,

za užití nerovnoměrného ustáleného proudění. VÚV použil pro extrapolaci logaritmicko-normální rozdělení LN2, ověřil kontrolní povodňovou vlnu stanovenou statistickým přístupem také deterministickým, a to na základě stanovení výšky efektivního deště a odvození průběhu povodňové vlny na základě transformační funkce povodí při pěti významných povodňových událostech. Údaje pak byly porovnány a hodnota teoretické povodňové vlny byla stanovena na 375,0 m³/s. [9] Průběh povodňové na základě výpočtů Ing. L. Kašpárka, CSc. a kolektivu v roce 2010 na Obr. 2.7.1 Průběh povodňové vlny.



Obr. 2.7.1 Průběh povodňové vlny [9]

3 STANOVENÍ VELIKOSTI $Q_{10\ 000}$

Za mimořádnou povodňovou situaci se na vodním díle Pařížov považuje kontrolní povodňová vlna (KPV) s pravděpodobností výskytu kulminace $pQ = 0,0001$, tedy $Q_{10\ 000}$, kdy $N = 10\ 000$ let. Průtok s opakováním jednou za deset tisíc let je takový průtok, který je dosažen nebo překročen průměrně jednou za 10 000 let. [10] Hodnoty průtoků s nižším opakováním, např. jednou za deset let, jsou stanovovány na základě odpozorovaných měření, která nejsou dlouhá natolik, aby bylo možné stanovit hodnoty vyšších průtoků. Proto se průtoky s vyšším opakováním, tisíc a deset tisíc let, musejí stanovovat jinak.

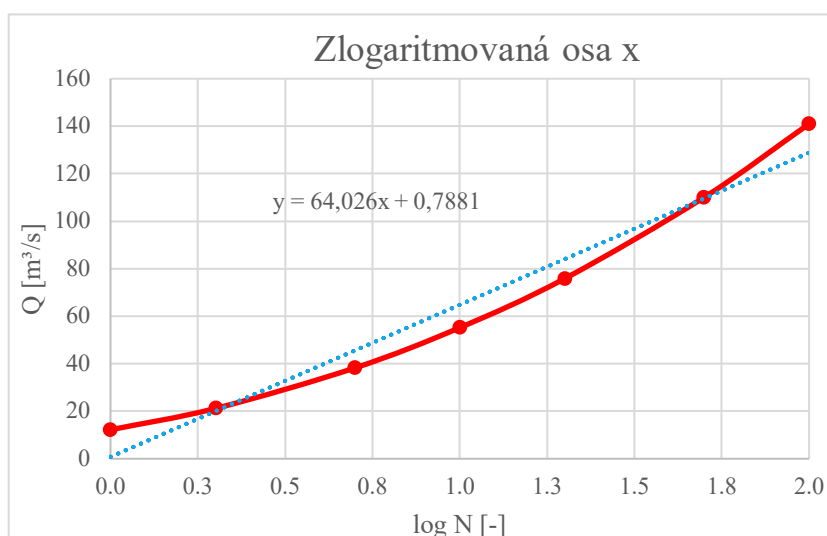
3.1 První možnost stanovení

Pro stanovení hodnot vyšších průtoků lze použít logaritmování. Základní údaje poskytnuté ČHMÚ [8] jsou znázorněny v grafu 1. Pro hodnoty průtoků $Q_1 - Q_{100}$ je zlogaritmována dekadickým logaritmem nejprve osa x, tedy N (roky), a hodnoty průtoků na ose y zůstanou stejné. Proložení grafu spojnicí trendu a pomocí její rovnice se dosazením získají hodnoty požadovaných průtoků. V Tab. 6 Souhrnné údaje pro první možnost stanovení.

Tab. 6 Souhrnné údaje pro první možnost stanovení

	Q_1	Q_2	Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}
N	1	2	5	10	20	50	100
$\text{Log } N$	0.0	0.3	0.7	1.0	1.3	1.7	2.0
$\text{Log Log } N$	-	-0.5	-0.2	0.0	0.1	0.2	0.3
Q	12.2	21.2	38.2	55.2	75.9	110	141
$\text{Log } Q$	1.1	1.3	1.6	1.7	1.9	2.0	2.1
$\text{Log Log } Q$	0.0	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3

Rovnici spojnice trendu a průběh zobrazuje Graf 2 Zlogaritmovaná osa x.



Graf 2 Zlogaritmovaná osa x

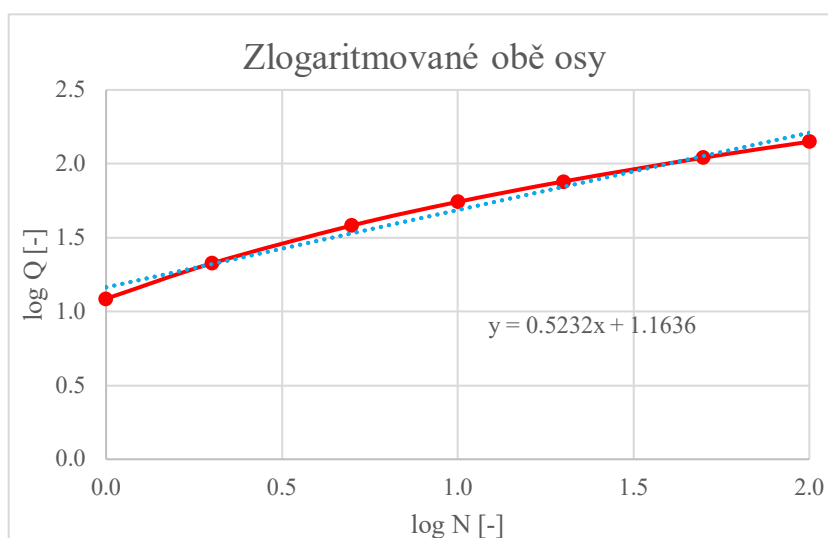
V Tab. 7 shrnuty výsledky velikostí průtoků.

Tab. 7 Tabulka výsledků $\log X$

Zlogaritmování osy x	
Q ₁₀₀₀	192,9 m ³ /s
Q _{10 000}	256,9 m ³ /s

V dalším kroku jsou zlogaritmovány obě osy, tedy $\log Q$ i $\log N$. V celkovém měřítku všech výpočtů logaritmování nejsou hodnoty těchto průtoků uvažovány pro svoji abnormalitu.

Graf 3 Zlogaritmované obě osy zobrazeny graficky.



Graf 3 Zlogaritmované obě osy

Výsledky při zlogaritmování obou os jsou shrnuty v Tab. 8.

Tab. 8 Tabulka výsledku, $\log x$ i y

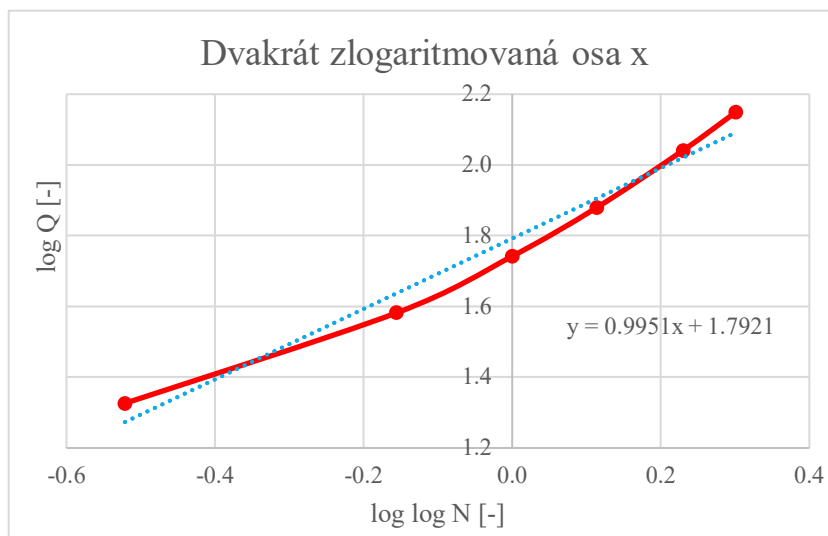
Zlogaritmování osy x i y	
Q ₁₀₀₀	541,0 m ³ /s
Q _{10 000}	1804,68 m ³ /s

Při užití druhého logaritmu již zlogaritmované osy s dobou opakování N a prvního logaritmu osy y jsou vyhodnoceny průtoky shrnuté v Tab. 9:

Tab. 9 Tabulka výsledků $\log \log x$ a $\log y$

Log Log x a Log y	
Q ₁₀₀₀	184,9 m ³ /s
Q _{10 000}	246,2 m ³ /s

Graf 4 Dvakrát zlogaritmovaná osa x zobrazeny graficky.



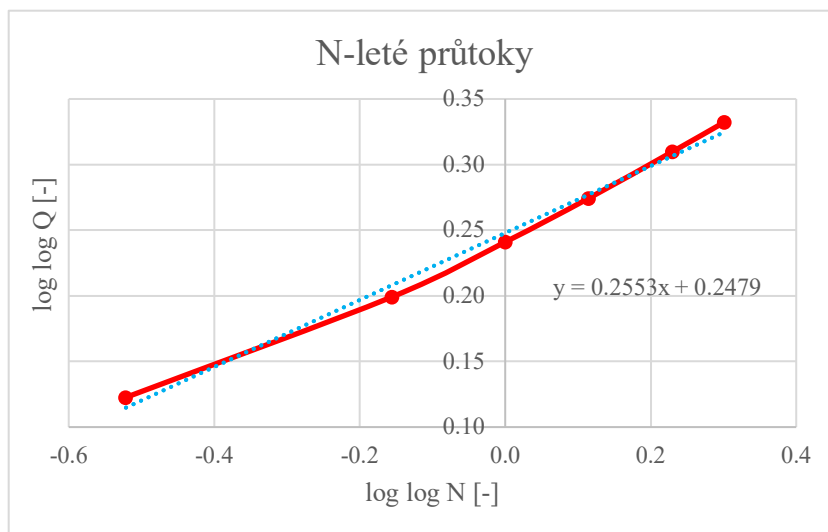
Graf 4 Dvakrát zlogaritmovaná osa x

A v posledním kroku jsou dvakrát zlogaritmovány obě osy s následujícími výsledky. Údaje jsou shrnuty v Tab. 10:

Tab. 10 Tabulka výsledků dvakrát zlogaritmovaných obou os

Log Log x a Log y	
Q ₁₀₀₀	220,1 m ³ /s
Q _{10 000}	332,0 m ³ /s

Graf 5 Dvakrát zlogaritmované osy zobrazeny graficky.



Graf 5 Dvakrát zlogaritmované osy

V poslední fázi jsou hodnoty průtoků stanoveny jako průměr z výsledků hodnot jednotlivých výpočtových variant s vyloučením dvou odlehlých hodnot z výpočtů jednou

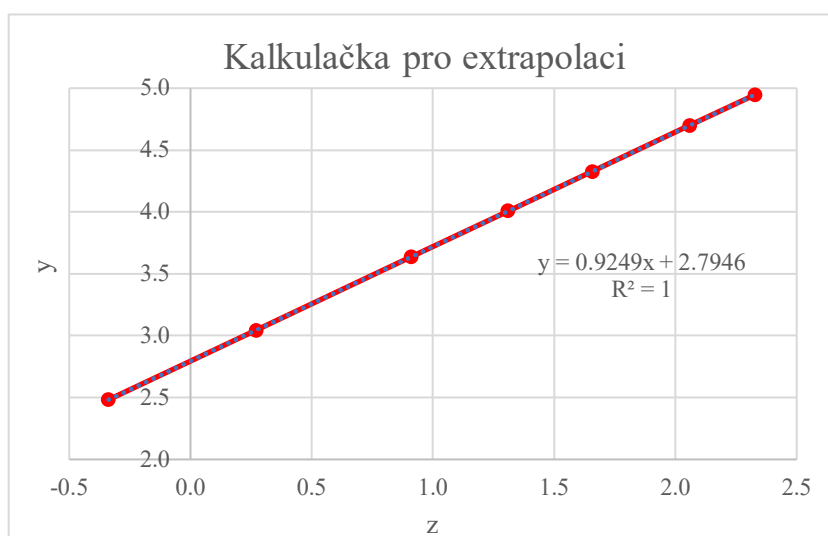
zlogaritmovaných obou os. Hodnoty jsou shrnuty v Tab. 11. Hodnota deseti tisíci letého průtoku je stanovena na 278,4 m³/s.

Tab. 11 Shrnutí výsledků první varianty

Shrnutí výsledků	
Q ₁₀₀₀	199,3 m ³ /s
Q_{10 000}	278,4 m³/s

3.2 Druhý způsob stanovení

Na základě extrapolace N-letých průtoků z tabulky základních hydrologických podkladů Q₁ – Q₁₀₀ je vytvořena kalkulačka (za pomoci programu excel) při uvažování předpokladu platnosti 3 parametrického logaritmickeo-normálního rozdělení. Tímto způsobem je hodnota Q_{10 000} stanovena na 510,1 m³/s. Na Obr. 4.2.1 Kalkulačka pro extrapolaci dat. Graf 6 Extrapolace pomocí kalkulačky zobrazena graficky. Tabelární podoba v příloze 1.



Graf 6 Extrapolace pomocí kalkulačky

Výsledky průtoků vypočítaných pomocí 3 parametrického logaritmickeo-normálního rozdělení jsou shrnuty v Tab. 12:

Tab. 12 Shrnutí výsledků druhé varianty

Shrnutí výsledků	
Q ₁₀₀₀	285,3 m ³ /s
Q _{10 000}	510,1 m ³ /s

3.3 Shrnutí

Pomocí první varianty (dvojitým logaritmováním dekadickým logaritmem) obou os je hodnota $Q_{10\,000}$ rovna $278,4 \text{ m}^3/\text{s}$, pomocí extrapolace 3 parametrického logaritmicko-normálním rozdělením je hodnota rovna $510,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Výsledek z druhé varianty je o 80 % vyšší než z varianty první. V Tab. 12 Porovnání výsledků $Q_{10\,000}$.

Tab. 13 Porovnání výsledků $Q_{10\,000}$

Porovnání výsledků $Q_{10\,000}$	
Varianta 1	$278,4 \text{ m}^3/\text{s}$
Varianta 2	$510,1 \text{ m}^3/\text{s}$

VÚV T.G. Masaryka uvažuje hodnotu průtoku $Q_{10\,000}$ rovnou $375,0 \text{ m}^3/\text{s}$, ta se od první varianty stanovení za užití dekadických logaritmů liší o 35 % a od hodnoty stanovené druhou variantou 3 parametrického logaritmicko-normálním rozdělením o 36 %.

Pro návrh zkapacitnění a posouzení VD Pařížov je $Q_{10\,000} = 375,0 \text{ m}^3/\text{s}$.

4 HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

4.1 Bernoulliho rovnice

Bernoulliho rovnice je v této práci využita pro výpočet kapacity spodních výpustí a obtokové štoly. (1)

$$\begin{aligned} & \textit{geodetická v. 1} + \textit{tlaková v. 1} + \textit{rychlostní v. 1} \\ & = \textit{geodetická v. 2} + \textit{tlaková v. 2} + \textit{rychlostní v. 2} + \textit{ztráty} \end{aligned}$$

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho * g} + \frac{\alpha * v_1^2}{2 * g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho * g} + \frac{\alpha * v_2^2}{2 * g} + Z$$

Kde

h_1 (h_2) ... úroveň hladiny v prvním (druhém) profilu [m]

p_1 (p_2) ... tlak v prvním (druhém) profilu [Pa]

ρ ... objemová hmotnost [kg/m³]

g ... tíhové zrychlení [m/s²]

α ... Coriolisovo číslo [-]

v_1 (v_2) ... rychlost v prvním (druhém) profilu [m/s]

Z ... ztráty [m]

Ztráty třením se stanovují na základě následující rovnice: (2)

$$Z_t = \frac{\lambda * L}{D} * \frac{v^2}{2 * g}$$

Kde

λ ... součinitel tření [-]

L ... délka potrubí [m]

D ... průměr potrubí [m]

v ... rychlost proudění [m/s]

g ... tíhové zrychlení [m/s²]

Ztráty místní se spočítají ze vzorce: (3)

$$Z_m = \xi * \frac{v^2}{2 * g}$$

Kde

ξ ... ztrátový součinitel [-]

v ... rychlost proudění [m/s]

g ... tíhové zrychlení [m/s²]

Ve výpočtu je uvažováno s tlakovou výškou rovnající se na obou stranách rovnice, tudíž se anuluje, a rychlostní výška na straně v nádrži je považována za nulovou, jelikož se jedná o velkou nádrž, a tedy rychlostní výška neovlivňuje výpočet.

4.2 Přepadová rovnice

Kapacita korunového a bočního bezpečnostního přelivu se vypočítá přepadovou rovnicí.

Délku přelivné hrany lze spočítat vyjádřením z přepadové rovnice: (4)

$$Q = \frac{2}{3} \mu_p * b_0 * \sqrt{2g} * h^{\frac{3}{2}}$$

Kde

μ_p ... přepadový součinitel [-]

b_0 ... efektivní délka (s vlivem kontrakcí) [m]

g ... tíhové zrychlení [m/s²]

h ... výška přepadového paprsku [m]

Vyjádřením ze vzorce se délka přelivné hrany dá zapsat následovně: (5)

$$b_0 = \frac{Q}{\frac{2}{3} \mu_p * \sqrt{2g} * h^{3/2}}$$

Přepadový součinitel μ_p se počítá s vlivem tvaru konstrukce přelivné hrany (uvažování poloměru zakřivení a hloubky vody před přelivem) a mění se v závislosti na přepadové výšce.

Přepadový součinitel lze napsat vzorcem:

(6)

$$\mu_p = 1,02 - \frac{1,015}{\frac{h}{r} + 2,08} + \left(0,04 * \left(\frac{h}{r} + 0,19 \right)^2 + 0,0223 \right) * \frac{r}{s}$$

Kde

h ... přepadová výška [m]

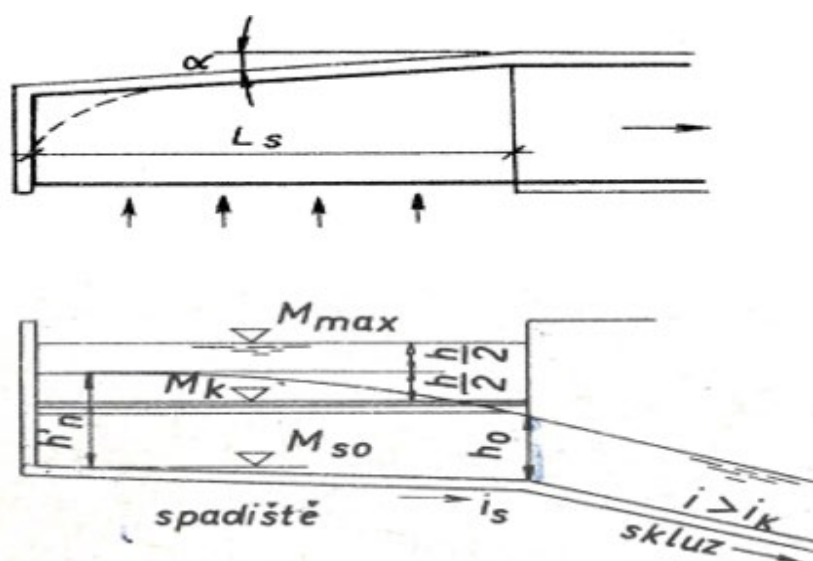
r ... poloměr zaoblení přelivné hrany [m]

s ... hloubka vody před přelivem [m]

4.3 Spadiště bočního přelivu

4.3.1 Výpočet dle Ing. Komory

Úroveň hladiny ve spadišti načítána za užití grafu sestaveného Ing. Komorou vychází z předpokladu známé úrovně hladiny na konci spadiště. Na konci spadiště je kritická hloubka, která vzniká při změně režimu proudění – ve spadišti je říční proudění a přechází do bystrinného. Úhel α udává půdorysné zúžení šířky spadiště. V případě zachování stávajících šířek spadiště je úhel α roven 5° . Předpoklad neovlivňování přepadu v bočním přelivu hladinou vody ve spadišti se uvažuje při hladině ve spadišti maximálně do poloviny přepadového paprsku. Tato úroveň hladiny ode dna ve spadišti je označena h'_n . Délka spadiště po kritickou hloubku je označena L_s , jedná se o vodorovnou délku spadiště. Na Obr. 4.3.1 Schema spadiště pro Komorův graf.



Obr. 4.3.1 Schema spadiště pro Komorův graf [11]

Křivka pro daný úhel α je převedena do tabelární podoby, proložena polynommickou spojnicí trendu druhého stupně a z rovnice pro předpis této funkce je vyjádřena hodnota G : (7)

$$f(G) = \frac{h'_n}{h_0}$$

Kde

h'_n ... hledaná maximální hloubka ve spadišti [m]

h_0 ... h_{krit} hloubka vody na konci spadiště [m]

Zároveň je hodnota G vypočítána vztahem zahrnující vliv sklonu a délky spadiště. (8)

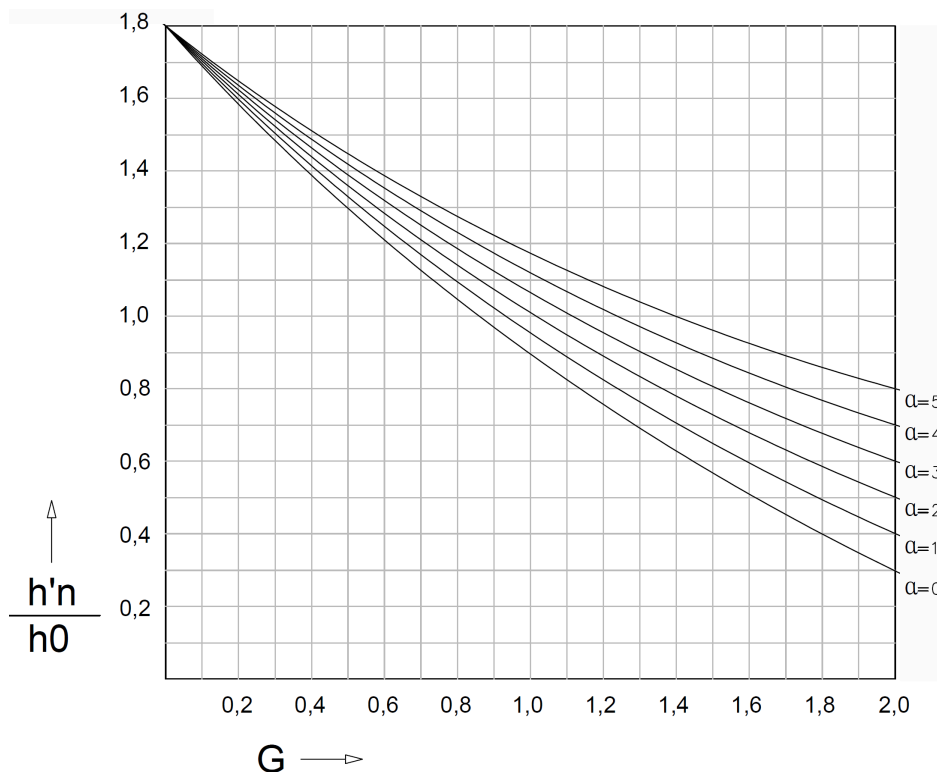
$$G = \frac{i_s * L_s}{h_0}$$

Kde

i_s ... sklon dna spadiště [-]

L_s ... délka spadiště [m]

Při vzrůstající h'_n je hledána taková hodnota G , kdy se rovná vyjádřené předpisem funkce (7) hodnotě G spočítané ze vzorce (8). Na Obr. 5.3.2 Komorův graf.



Obr. 4.3.2 Komorův graf [11]

Při rovnosti hodnot G je zjištěna úroveň hladiny na začátku spadiště, tj. největší hloubka ve spadišti. Tato hodnota je následně porovnána s maximální možnou hloubkou ve spadišti, která je dána konstrukčním řešením – tedy vzdáleností ode dna spadiště na jeho začátku (nejdále od hráze) po úroveň přelivné hrany zvětšené o polovinu výšky přepadového paprsku. Pokud vyhovuje podmínka menší hladiny ve spadišti oproti přepadovému paprsku (hladině v nádrži), je návrh vyhovující. V případě nevyhovujících podmínek je ověřena kapacita pro dané rozměry a zjištěno množství vody, které je potřeba převést jinudy. Znovu je proveden nový návrh a zároveň opět ověřena kapacita a množství vody potřebné k převedení jiným způsobem, dokud není nalezeno optimální řešení.

4.3.2 Chézyho a Manningova rovnice

Kombinací rovnic Chézyho, Manninga a rovnice kontinuity lze vypočítat průtok v otevřených korytech, za předpokladu ustáleného proudění. Z kombinace těchto rovnic lze spočítat kritický průtok, tedy takový průtok, který nastane při kritické hloubce.

Chézyho rovnice: (9)

$$v = C * \sqrt{R * i}$$

Kde

v ... rychlost proudění [m/s]

C ... Chézyho rychlostní součinitel

R ... hydraulický poloměr [m]

i ... sklon dna [-]

Manningova rovnice: (10)

$$v = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * i_0^{1/2}$$

Kde

v ... rychlost proudění [m/s]

n ... Manningův drsnostní součinitel

R ... hydraulický poloměr [m]

i_0 ... sklon dna [-]

Porovnáním Chézyho a Manningovy rovnice vznikne rychlostní součinitel: (11)

$$C = \frac{1}{n} * R^{1/6}$$

Kde

C ... Chézyho rychlostní součinitel

n ... Manningův drsnostní součinitel

R ... hydraulický poloměr [m]

Rovnice kontinuity: (12)

$$Q = v * S$$

Kde

Q ... průtok [m³/s]

v ... rychlost proudění [m/s]

S ... plocha průtočného profilu [m²]

Spojením těchto rovnic vznikne následující rovnice: (13)

$$Q = \frac{1}{n} * R^{1/6} * S * \sqrt{R * i}$$

Plocha S se počítá jako plocha proudící vody, tudíž při nastoupení do úrovně klenby ve spadišti bočního přelivu a v korunovém přelivu je zapotřebí uvažovat s plochou obdélníka a plochou úseče. Omočený obvod je ta délka příčného profilu, kterou omývá voda. Hydraulický poloměr R se počítá: (14)

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

Režim proudění, pro ověření vzniku říčního proudění se počítá vyjádřením ze vzorce Froudova čísla, tedy: (15)

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g * \frac{S}{B}}}$$

Kritické proudění nastává při rovnosti Froudova čísla jedné.

4.3.3 Vznik kritické hloubky

Kritická hloubka vzniká při změně režimu proudění z říčního na bystřinný. [11] Tato změna nastává při přechodu ze spadiště na kaskádu, tedy při změně sklonů z podkritického na nadkritický. Zjištění úrovně kritické hloubky je v tomto případě provedeno za pomoci programu EXCEL a rovnic Chézyho a Manniga. Je hledána taková úroveň hladiny, při které je Froudovo číslo rovno jedné. Pro tento výpočet je použit příčný profil v úrovni hráze, a to z toho důvodu, že je zhora omezen klenbou, která bude snižovat jeho kapacitu v případě hladiny v úrovni klenby. Profil na konci v začátku kaskády není zhora omezen klenbou a má obdobné rozměry jako ten v hrázi, proto lze uvažovat stejné hodnoty kritických hloubek vypočtených jak z profilu na hraně stupně kaskády, tak v profilu v úrovni hráze.

4.3.4 Nerovnoměrné proudění

Ve výpočtu nerovnoměrného proudění se hledá metodou po úsecích taková ΔL (16), která v součtu bude rovna délce spadiště. Hloubka v této vzdálenosti odpovídá hloubce na začátku spadiště. Délka úseku dána vzdáleností: (16)

$$\Delta L = \frac{(y_2 + \frac{\alpha * v_2^2}{2 * g}) - (y_1 + \frac{\alpha * v_1^2}{2 * g})}{i_0 - \frac{Q^2}{C_p^2 * S_p^2 * R_p}}$$

Kde

y_1 (y_2) ... hladina v dolním (horním) profilu [m]

v_1 (v_2) rychlost proudění v dolním (horním) profilu [m/s]

g ... tíhové zrychlení [m/s^2]

i_0 ... sklon dna [-]

Q ... průtok [m^3/s]

C_p ... průměrný Chézyho rychlostní součinitel

S ... průměrná plocha průtočného profilu [m^2]

R ... hydraulický poloměr [m]

5 STANOVENÍ SOUČASNÉ KAPACITY VD

Následující kapitola se zabývá stanovením současné kapacity jednotlivých zařízení na vodním díle, tedy výpočtem konzumčních křivek spodních výpustí, obtokové štol, korunového a bočního bezpečnostního přelivu.

5.1 Spodní výpust

Výpočet kapacity spodní výpusti se provádí za pomoci Bernoulliho rovnice (1) při načítající se kótě hladiny v nádrži a známé kótě výtoku spodní výpusti. Ve výpočtu je uvažováno se součinitelem Δ , zvoleném na základě typu a stavu potrubí jako „ocelové, staré zrezivělé a inkrustované“ na straně směrem k „použitému, mírně zrezivělému“, průměr potrubí je DN 800. Součinitel λ vychází z Moodyho diagramu na základě uvažování kvadratické oblasti roven 0,024. Pro levou spodní výpust je uvažováno s délkou potrubí 55 m, kótou výtoku 302,75 m n. m. a součinitelem $\xi = 1,5$ zanášejícího do výpočtu ztráty. Základní údaje jsou shrnuty v Tab. 14.

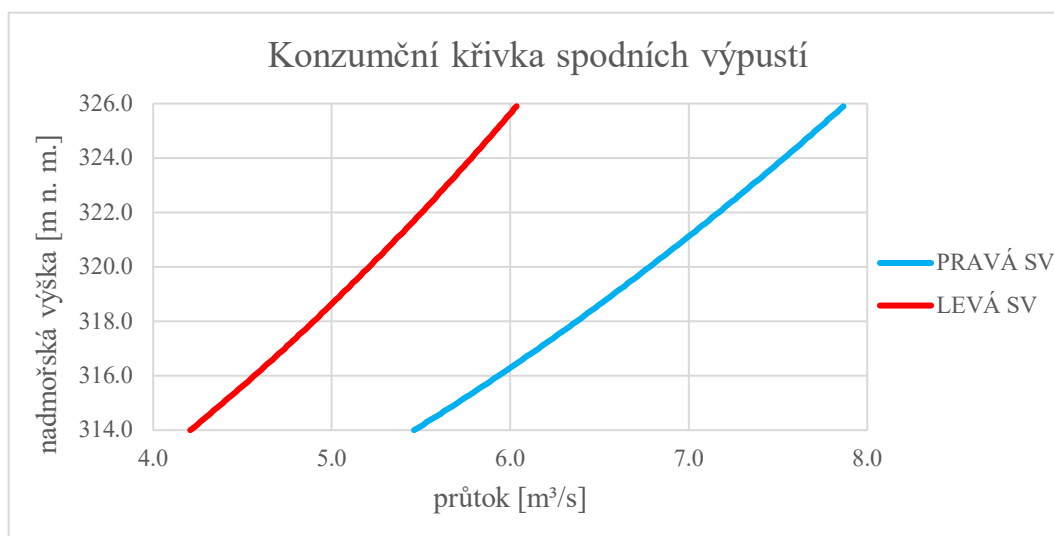
Tab. 14 Parametry spodní výpusti

Spodní výpusti		
	Levá	Pravá
DN	800 mm	
L	55 m	28 m
Δ	0,0015	
Δ/D	0,002	
λ	0,024	
ξ	1,5	1,0

Ve výpočtu pro pravou spodní výpust je uvažováno s hodnotami obdobným jako pro levou, tedy stav oceli pro součinitel Δ zvolen „stará, zrezivělá a inkrustovaná ocel“, hodnota DN 800, poměr Δ/D roven 0,002 a na základě kvadratické oblasti Moodyho diagramu součinitel λ pak roven 0,024. Kóta výtoku 302,93 m n. m., součinitel místních ztrát ξ je uvažován roven 1 a délka potrubí je 28 m.

Tabelární podoba konzumční křivky spodní výpusti je uvedena v příloze 2.

Výsledný Graf 7 Konzumní křivka spodních výpustí.

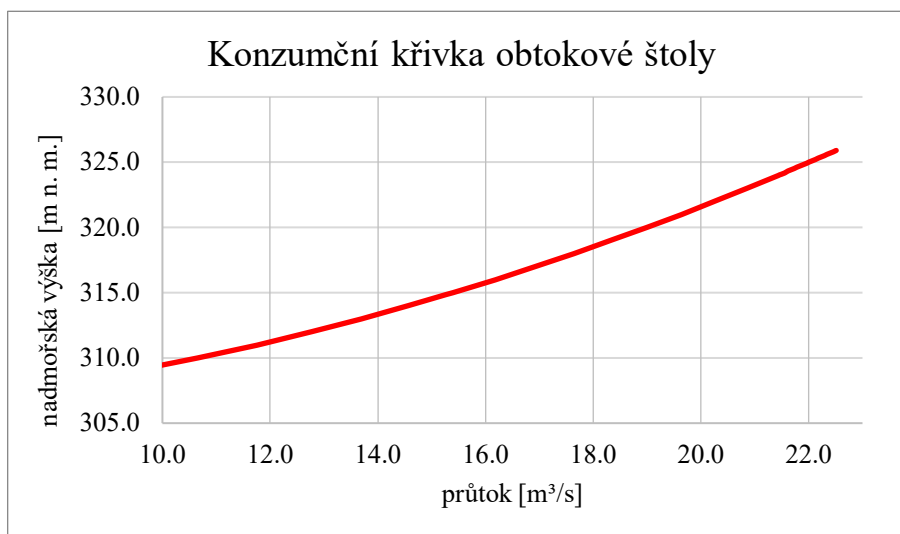


Graf 7 Konzumní křivka spodních výpustí

5.2 Obtoková štola

Pro výpočet konzumní křivky potrubí v obtokové štole je použita Bernoulliho rovnice sestavená na úrovni vody v nádrži a na výtoku. V obtokové štole jsou dvě potrubí DN 1200. Ve výpočtu je uvažováno s délkou potrubí 146,2 m, kótou osy výtoku 305,41 m n. m., součinitelem ztrát $\xi = 1,5$ (uvažované podélné zakřivení a ztráta na vtoku). Poměr $\Delta/D = 0,002$, potom součinitel λ uvažován 0,024 (odečten z Moodyho diagramu při uvažování kvadratické oblasti proudění). Kapacita obou potrubí při hladině v nádrži na úrovni bočního přelivu je 21,5 m³/s. Tabešní podoba je uvedena v příloze 3.

Výsledný Graf 8 Konzumní křivka obtokové štoly.



Graf 8 Konzumní křivka obtokové štoly

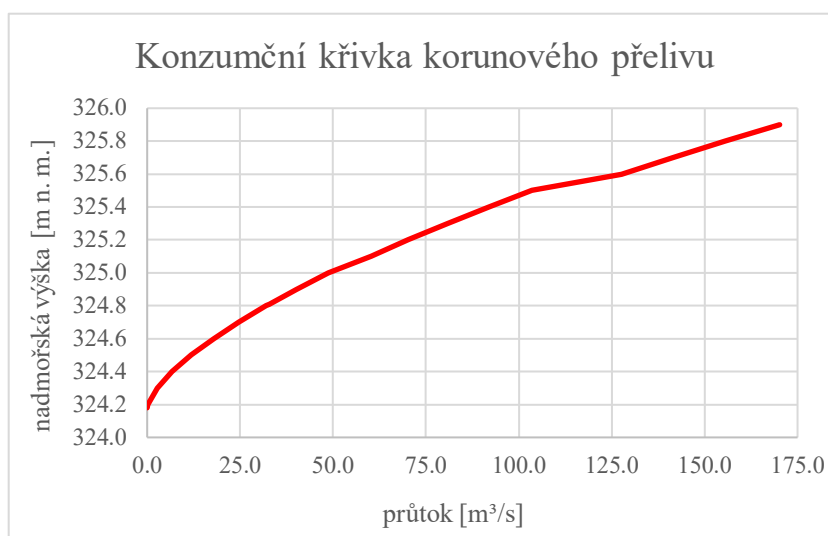
Údaje pro potrubí v obtokové štolě jsou shrnuty v Tab. 15.

Tab. 15 Obtoková štola

Obtoková štola	
DN	1200 mm
L	146,2 m
Δ	0,0015
Δ/D	0,002
λ	0,024
ξ	1,5

5.3 Korunový přeliv

Výpočet průtoku vody přes korunový přeliv se nejdříve chová jako přepad, při zatopení přelivných oken dochází k přechodové oblasti a následně se jev dá označit jako výtok otvorem. Vliv těchto jevů se projeví ve výpočtu jako součinitelé pro oblast přepadu, přechodu a výtoku otvorem. Pro každou oblast zvlášť je stanoven součinitel μ , který je použit pro rovnici přepadu analogicky z empirických měření na vodním díle Harcov, které má korunový přeliv obdobných rozměrů. Do výpočtu je zanesen vliv tvaru a počtu přelivných oken na obou dílech. Tři součinitele μ jsou použity pro aproximaci křivky a následně využity pro výpočet z rovnice přepadu na VD Pařížov. Kóta koruny přelivu je na 324,18 m n. m., délka přelivné hrany je 35 m, výška okna 1,4 m, součinitel μ pro oblast přepadu 0,635, pro přechodnou oblast 0,660 a pro chování jako výtok otvorem je součinitel uvažován 0,730. Konzumní křivka je stanovena pro všechna přelivná pole. Výsledek deklaruje Graf 9.



Graf 9 Konzumní křivka korunového přelivu

Údaje jsou shrnuty v Tab. 16 Korunový přeliv. Tabelární podoba křivky je v příloze 4.

Tab. 16 Korunový přeliv

Korunový přeliv	
L	35 m
h	1,4 m
μ_1	0,635
μ_2	0,660
μ_3	0,730
h	324,18 m n. m.

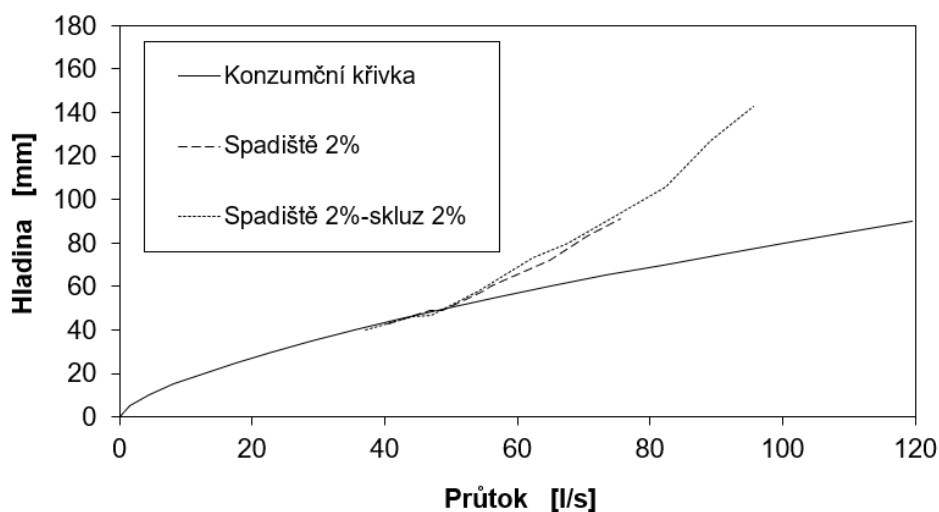
5.4 Boční bezpečnostní přeliv

Ve výpočtu kapacity bočního přelivu je uvažována známá délka přelivné hrany 97,4 m, zúžení paprsku při krajích přelivu boční zídou a na druhém konci hrázi, tedy výpočet s uvažováním bočních kontrakcí, rovnice (5) a s proměnlivým součinitelem přepadu μ , rovnice (6), v závislosti na tvaru přelivné hrany a hloubky před přelivem.

Při uvažování zatopeného přepadu se užívá navíc součinitel σ , tedy součinitel zatopení. Tento součinitel je aproximován z empirických měření na modelu bočního přelivu o rozměrech délky 2 m a šířky spadiště 0,25 m [12]. Aproximace je provedena proložení grafu výsledků měření konzumční křivky na modelu při zatopení spojnicí trendu a na základě předpisu této funkce a poměru h/h_{\max} jsou vyhodnoceny součinitelé zatopení σ pro vodní dílo Pařížov. Křivka výsledků měření na modelu čárkovanou čarou na Obr. 5.4.1.

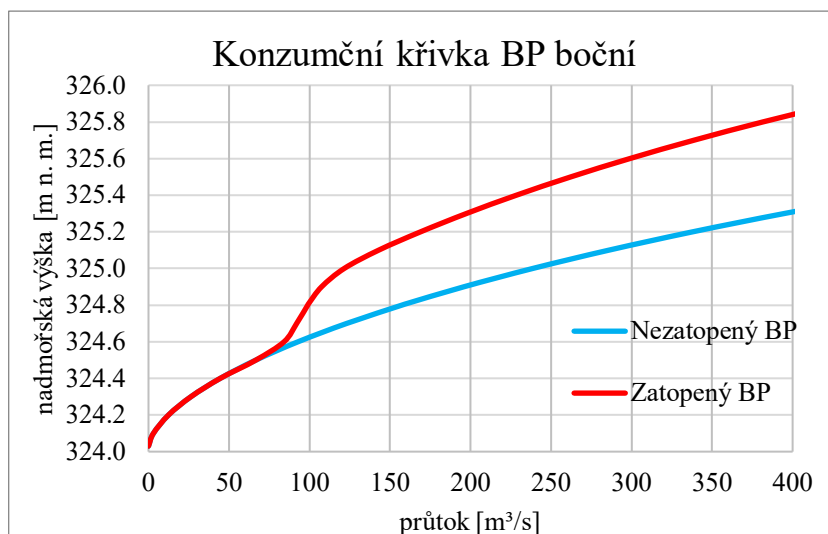
Srovnání jednostranných bočních přelivů

Spadiště 2% - skluz 2%



Obr. 5.4.1 Výsledný graf konzumční křivek měřených na modelu [12]

S uvažováním zatopení se výsledná konzumní křivka od nezatopené odkloní, jelikož průtoky jsou menší, respektive při stejném průtoku se zvýší úroveň hladiny. Tabelární podoba konzumní křivky je v příloze 5, grafickou podobu deklaruje Graf 10.



Graf 10 Konzumní křivka bočního přelivu

Při uvažování nezatopeného přelivu se při maximální hladině v nádrži skrze přeliv převede 161,1 m³/s, při uvažování zatopení je při maximální hladině převedeno 99,6 m³/s.

5.4.1 Spadiště

Posouzení kapacity spadiště se provádí na základě výpočtu kritické hloubky a za pomoci Komorova grafu (Obr. 4.3.2 Komorův graf). Při posouzení aktuálního stavu je napočítána kritická hloubka 3,4 m a hladina na začátku spadiště pak vychází 7,4 m při uvažování průměrného sklonu dna spadiště 2,5 %. Maximální možná hodnota výšky hladiny ve spadišti, aby nedocházelo k zatápní, může být maximálně do poloviny přelivného paprsku, tedy 1,4 m. Údaje shrnuty v Tab. 17.

Tab. 17 Spadiště bočního přelivu

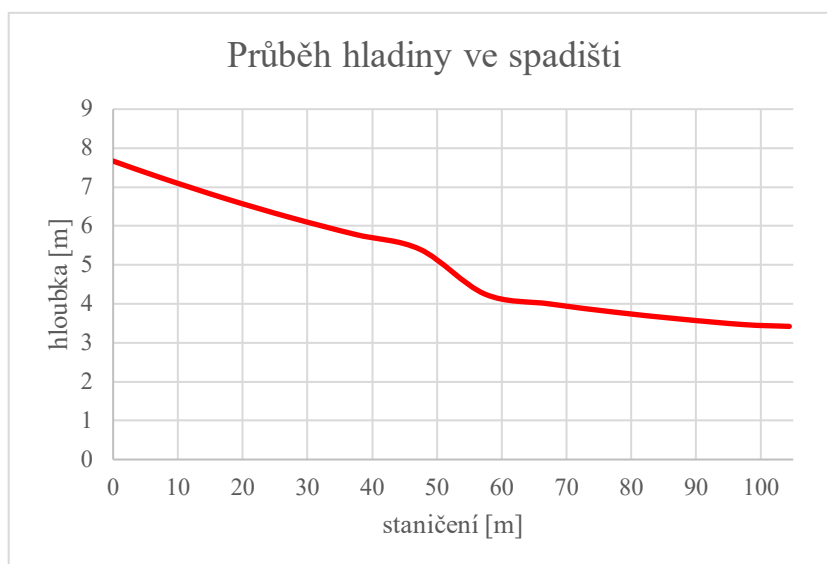
Spadiště bočního přelivu	
L	104,4 m
i	2 a 3 %
$h_0 = y_k$	3,4 m
h'_n	7,4 m
h_{max}	1,4 m
h	324,18 m n. m.

Z výsledků je patrné, že k zatápní přepadu vlivem vody ve spadišti dojde.

Maximální možná kapacita přelivu, aby nedocházelo k zatápnění paprsku, je 106,6 m³/s.

Nerovnoměrné proudění

V rámci zjednodušeného a přibližného zjištění průběhu hladin je použit výpočet nerovnoměrného proudění, tzv. metoda po úsecích. Tato metoda uvažuje načítání hladiny po zvolených krátkých úsecích od známé hladiny. [11] Je vypočítána kritická hloubka, vzniklá na přechodu spadiště ve skluz, ověřen typ proudění po celé délce spadiště – říční. Z tohoto důvodu je postup výpočtu veden proti proudu a začíná u známé (kritické) hloubky na přechodu spadiště ve skluz. Ve výpočtu je uvažován zvýšený součinitel drsnosti, jelikož ve spadišti vzniká šroubovitě proudění v důsledku bočního nátoky. Součinitel n je uvažován 0,035, tedy o 0,01 více než pro zvolený materiál. Ve výpočtu je zahrnut i aspekt změny šířky dna a změny průtoku. Tento průtok je průměrován po úsecích, a to tak, že v posledním profilu (nejdále od hráze, na začátku spadiště), je uvažována polovina vzdálenosti k dalšímu profilu a příslušný průtok, v dalších profilech pak polovina vzdálenosti ve směru toku a polovina vzdálenosti proti toku. Vliv zmenšování šířky spadiště ve směru průběhu výpočtu a vliv snižování průtoku ve směru výpočtu ve výsledcích udává odchylku od skutečného průběhu hladin. V polovině délky spadiště vzniká nuance vlivem změny sklonu dna spadiště. Na Graf 11 Průběh hladiny ve spadišti, tabelární podoba v příloze 6.

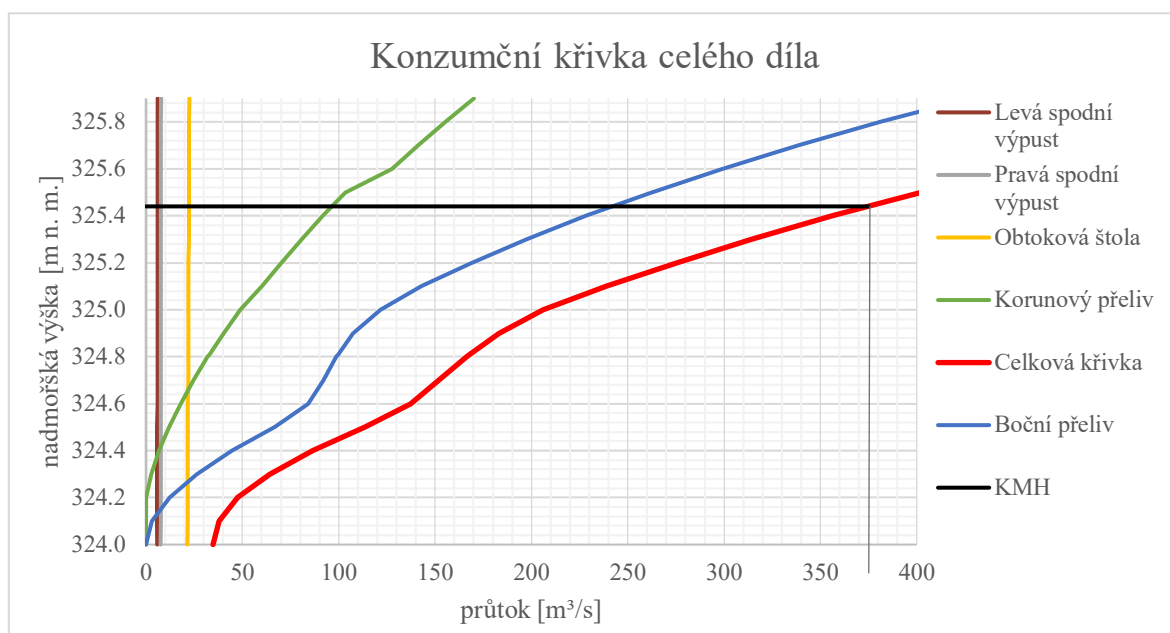


Graf 11 Průběh hladiny ve spadišti

5.5 Konzumní křivka celého díla

Konzumní křivka deklaruje chování hladiny v závislosti na průtoku skrze celé vodní dílo za předpokladu užití všech zařízení pro převod vody v plném rozsahu. Výpočet tedy

neuvažuje s možnou odstávkou nebo nefunkčností jednotlivých zařízení, která by měla vliv na množství převedené vody, čímž by se změnila i konzumční křivka. Měřítko osy průtoků nedovoluje znázornit průběh konzumčních křivek výpustí a štoly zároveň s vykreslením celkové křivky, jelikož rozdíl v průtocích je velký. Z grafu je patrné, že spodní výpusti a obtoková štola nemají výrazný vliv na převádění velkých povodňových průtoků, jako bezpečnostní přelivy. Korunový přeliv, na grafu zelenou barvou, má podstatný vliv na převod vody a aktivuje se až v úrovni hladiny 324,18 m n. m., což je 0,15 m nad hranou bočního přelivu, 324,03 m n. m. Důvod, proč celková konzumční křivka celého díla, na grafu červeně, nezačíná v nulovém průtoku, je ten, že už při nastoupení hladiny do úrovně 324,0 m n. m., což je úroveň, ve které začíná graf, je voda odváděna spodními výpustmi. Z výpočtu ostatních zařízení při uvažování $Q_{10\,000}$ vyplývá, že boční přeliv musí převést 285 m³/s. Průběh hladiny znázorňuje Graf 12 Konzumční křivka celého díla. Vodorovně je znázorněna hladina při průtoku $Q_{10\,000}$. Tabelární podoba je uvedena v příloze 7.



Graf 12 Konzumční křivka celého díla

6 ZHODNOCENÍ AKTUÁLNÍHO STAVU

6.1 Posouzení VD za povodní

Kontrolní maximální hladina (KMH) je úroveň hladiny vody v nádrži při posuzované kontrolní povodňové vlně (KPV). [13] Požadovaná míra bezpečnosti se stanoví na základě skupiny a kategorie vodního díla dle vyhlášky č. 590/2002 Sb., o technických požadavcích pro vodní díla, ve znění vyhlášky č. 367/2005 Sb. Při druhé kategorii, kdy se očekávají značné ztráty na životech, se pro skupinu A volí požadovaná míra bezpečnosti $N = 10\,000$ let. Průběh vlny je uveden na grafu (Obr. 2.7.1 Průběh povodňové vlny) a převzat z [9].

Úroveň KMH se zjistí na základě transformace povodňové vlny, která je uvedena v příloze 8. V případě Pařížova je průtok $Q_{10\,000} = 375\text{ m}^3/\text{s}$ a hladina vystoupá na úroveň 325,4 m n. m.

Mezní bezpečná hladina (MBH) je taková maximální hladina, při které je v dané lokalitě právě ještě zaručena bezpečnost a stabilita vodního díla. [13] Stanovuje se na základě ČSN 75 2935 Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních. V případě zděné hráze se jedná o kótu koruny hráze, u Pařížova je to střední část, která je snižena, a to 325,9 m n. m. Posouzení bezpečnosti vodního díla za povodní se provede rozdílem hladin MBH – KMH,

$$MBH - KMH = 325,90\text{ m n. m.} - 325,4\text{ m n. m.} = + 0,5\text{ m}$$

Vodní dílo shledáno z hlediska hladin za bezpečné. Údaje shrnuty v Tab. 18.

Tab. 18 Posouzení VD Pařížov

Vodní dílo Pařížov	
KMH	325,4 m n. m.
MBH	325,9 m n. m.
MBH-KMH	+ 0,5 m

6.2 Aktuální stav – posouzení problému

Hodnoty výsledků výpočtů provedených v rámci diplomové práce se liší od výsledků uvedených v rámci Posudku bezpečnosti vodního díla při povodních. V posudku [9] je stanovena KMH na kótě 325,87 m n. m. za předpokladu chodu všech zařízení vodního díla, která slouží pro převod povodňových vod, snižena o 10 % kapacity bezpečnostních přelivů. Rozdíl KMH a MBH podle posudku je tedy

$$MBH - KMH = 325,90\text{ m n. m.} - 325,87\text{ m n. m.} = + 0,03\text{ m [9]},$$

tudíž bezpečnost je zajištěna, ale dle posudku nezbývá téměř žádná rezerva při překročení těchto hodnot. [9]

Rozdíl ve výsledcích může být dán užitím odlišných součinitelů pro výpočet kapacit, jelikož stanovení těchto součinitelů je velmi obtížné a vychází z empirických měření. Zároveň výpočty nejsou tak přesné jako provedená měření na fyzikálních modelech nebo přímo vodních dílech. Vzhledem k množství součinitelů užitých ve výpočtech se odchylka načítá.

I přesto, že bylo vodní dílo stanoveno jako bezpečné, se tato diplomová práce zabývá mimo jiné i zvětšením kapacity zařízení. K problému při povodních by totiž mohlo dojít za opravy nebo poruchy jednotlivých zařízení, při výpadku elektrického proudu nebo v případě např. zanesení korunového bezpečnostního přelivu neseným plávlím. V případě negativního souběhu více nepříznivých aspektů by mohlo krátkodobě dojít k přelévání koruny hráze ve sníženém místě ve středu hráze. K přelévání může dojít zejména při nepříznivých povětrnostních podmínkách (při rychlosti větru více než 22 m/s) po výběhu větrové vlny dojde ke stékání vody po vzdušném líci. [9] Tím může dojít k narušení zásypu u vzdušní paty hráze a při delším trvání i postupně k jeho částečnému odplavení, a tím i k možnému snížení celkové stability hráze. Posudek [9] proto doporučuje realizaci nápravných opatření i přesto, že vodní dílo vyhovuje s malou rezervou požadavkům na bezpečnost.



Obr. 6.2.1 Sucho v nádrži [14]

V posledních letech za období sucha chybí v nádrži podstatné množství vody v zásobním prostoru. Na Obr. 6.2.1 Sucho v nádrži. I přesto je však potřeba dílem převést povodňové průtoky a zajistit ochranu obcí pod přehradou.

Při současném stavu vodního díla by při průchodu $Q_{10\,000}$ došlo k zatápní bočního přelivu, tedy k ovlivňování jeho kapacity hladinou ve spadišti. Boční přeliv je dimenzován na průchod Q_{100} , kdy nedochází k ovlivňování jeho kapacity. V normě ČSN 75 2340 Navrhování přehrad – Hlavní parametry vybavení, se v odstavci 7.7.1 píše, že:

„Odpad od přelivu (u bočního přelivu spadiště) musí být dimenzován tak, aby neomezoval až do úrovně mezní bezpečné hladiny (...) jeho kapacitu.“

Z tohoto důvodu je podstatnou částí této diplomové práce návrh nového spadiště tak, aby vyhovělo normě a nedocházelo k zatápní.

6.3 Možnosti řešení

Rezervu v bezpečnosti lze zvýšit zvětšením kapacity zařízení pro převod vod. Vzhledem k tomu, že korunový přeliv má přelivnou hranu o 0,15 m výše, než přeliv boční, nabízí se možnost sjednocení přelivných hran na stejnou úroveň, tím tedy zvětšení jeho kapacity. U korunového přelivu se nabízí možnost přidání ještě jednoho přelivného pole a zdelšení tak přelivné hrany. Dalším možným řešením by mohlo být zvětšení kapacity spodních výpustí a obtokové štoly, převedením vody skrze obtokovou štolu, respektive zvětšením její kapacity, tedy rozšířením DN potrubí nebo přidáním dalšího potrubí.

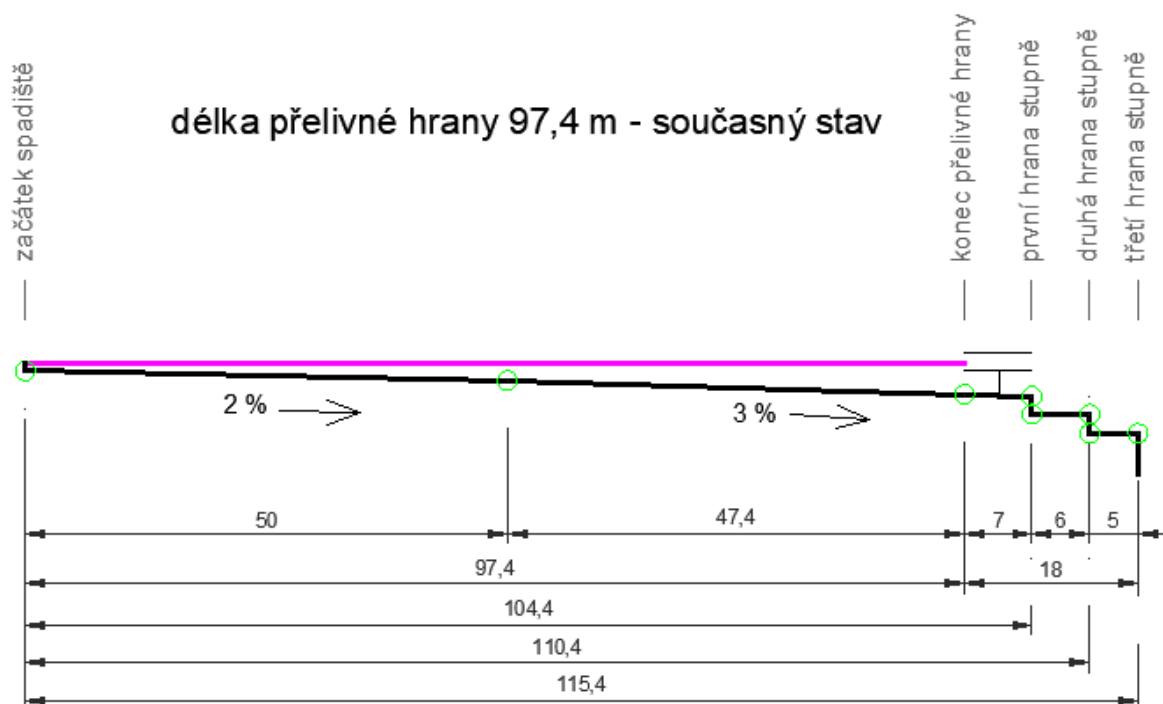
Normě ČSN 75 2340 (odstavci uvedeném v kapitole 6.2), která shledává spadiště přelivu za nedostatečné, lze vyhovět posouzením změny sklonu spadiště, jeho délky a hloubky, a zároveň posouzení prodloužení přelivné hrany bočního přelivu. Kombinace těchto aspektů vyvolá mnoho variant řešení uvedených v kapitole 7.1.

Alternativní možnost odvedení velkých vod z nádrže je odvod vody ze zátopy na pravém břehu, odkud by se voda dostala do koryta pokračujícího do toku za obcí Pařížov.

7 VARIANTNÍ ŘEŠENÍ

7.1 Boční přeliv

Při průchodu vody skrze celé dílo, tedy všemi zařízeními (spodními výpustmi, obtokovou štolou, korunovým a bočním přelivem), je zapotřebí bočním přelivem převést $285 \text{ m}^3/\text{s}$ (ostatní objekty dohromady převedou $90 \text{ m}^3/\text{s}$). Z tohoto důvodu je proveden nový návrh spadiště přelivu a jednotlivé varianty jsou rozebrány v následujících kapitolách. Na Obr. 7.1.1 Schema současné situace přelivu. Růžovou barvou je znázorněna hrana přelivu, černě silně obrys dna spadiště. Zelenými kružnicemi jsou naznačeny body zlomu. Při hledání vhodného řešení pro nezatápění spadiště jsou posuzovány změny sklonu dna, jeho délka a hloubka, a také vliv změny hrany přelivu – její délky a úrovně. Všechny tyto parametry jsou zahrnuty do kombinací, které jsou popsány v následujících kapitolách.



Obr. 7.1.1 Schema současné situace přelivu

7.1.1 Postup výpočtu

Následující kapitola udává souhrnný postup výpočtu všech kombinací. Nejdříve je třeba pomocí programu AutoCAD sestavit schéma obdobné Obr. 7.1.1 Schema současné situace přelivu, následně odměřit rozhodující hodnoty, a to výšku obdélníkové části příčného profilu v hrázi, hloubku na konci spadiště a délku spadiště. Následně sestavit výpočet pro plochu okna v hrázi, tedy příčného profilu na úrovni hráze, a to z toho důvodu, že tento profil je

zhora omezen klenbou, která by mohla značně snižovat průtočnou kapacitu. Jedná se o plochu obdélníka zvětšenou při nastoupaní hladiny nad jeho výšku (při rozdílných sklonech dna pokaždé jiná) o plochu části úseče. Na Obr. 7.1.2 Spadiště ve hrázi.



Obr. 7.1.2 Spadiště ve hrázi [2]

Následně je třeba najít takovou kritickou hloubku, která vznikne v tomto profilu při průtoku $Q_{10\,000}$ skrze dílo, tedy při průtoku $285\text{ m}^3/\text{s}$ přes boční přeliv. Důvod výpočtu kritické hloubky v tomto profilu je popsán v kapitole 4.3.3.

Následně se pro danou šířku a délku přelivu určí úhel α , křivka v Komorově grafu se proloží spojnicí trendu a z této rovnice se vyjádří hodnota G . Následně se zvolí h'_n po $0,1\text{ m}$, následně se vypočítá poměr h'_n/h_0 a porovnává se G vypočtené z křivky a G vypočtené z rovnice (8). Podrobný postup je uveden v kapitole 5.3.3, na str. 29.

Úroveň hladiny vody na začátku spadiště je ta hladina, při které se G stanovené dvěma různými způsoby rovnají (rovnice (7) a rovnice (8)). Tato úroveň hladiny se porovná s maximální možnou výškou ve spadišti a v případě, že je hladina níže, než povolená pro danou konstrukci spadištěm je považováno za vyhovující. V případě, že je úroveň hladiny ve spadišti výše, než maximálně do poloviny přepadového paprsku, spočítá se, jaké množství vody je třeba převést jiným způsobem, než přes boční přeliv.

Následující tabulka (Tab. 19) udává souhrnné výsledky výpočtů. Pro přehlednost a jednoduchost v práci nejsou uvedeny jednotlivé výpočty zvlášť, neboť princip výpočtu je obdobný. Pro každou kombinaci zvlášť je sestaven vlastní výpočetní soubor v Excelu, zkresleno schéma v AutoCADu a proveden výpočet a posouzení.

Tab. 19 Souhrnná tabulka výsledků návrhu spadiště

L [m]	L_{sp} [m]	n_s [ks]	i [%]	h_{max} [m]	h_{sp} [m]	Δ [m]	Q_{out} [m ³ /s]	STAV
97.4	104.4	0.x	2	1.40	-	-	-	-
		0.x	3	1.40	5.6	-4.20	145.7	ne
	110.4	1	5	0.53	1.8	-1.27	50.8	ne
			2	3.78	3.8	-0.02	136.4	ne
			3	2.57	5.6	-3.03	98.7	ne
			4	1.46	3.2	-1.74	68.9	ne
	115.4	2	3	4.47	5.2	-0.73	21.8	ne
			3.5	3.89	3.9	-0.01	0.4	OK
		2	4	3.37	2.8	0.57	-19	ANO
	L	L_{sp}	n_s	i	h_{max}	h_{sp}	Δ	Q_{out}
100	107.4	0	3	1.35	5.3	-3.95	142.0	ne
	118	2	3	4.41	4.7	-0.29	12.7	ne
			4	3.26	2.0	1.26	-64.2	ANO
105	118	1	3	2.41	2.6	-0.19	82.9	ne
			4	1.14	2.0	-0.86	42.7	ne
	123	2	3	4.24	4.5	-0.26	8.0	ne
			4	3.04	1.8	1.24	-66.7	ANO
L	L_{sp}	n_s	i	h_{max}	h_{sp}	Δ	Q_{out}	STAV
110	123	1	3	2.15	4.4	-2.25	44.2	ne
			4	0.92	2.2	-1.28	57.4	ne
	128	2	3	4.09	4.1	-0.01	2.2	ne
			4	2.84	1.5	1.34	-71.7	ANO
115	128	1	3	2.13	4.1	-1.97	75.5	ne
			4	0.34	1.5	-1.16	67.0	ne
	133	2	3	3.93	3.9	0.03	-2.4	ANO
			4	2.63	2.8	-0.17	-74.3	ANO

L ... délka přelivné hrany bočního přelivu

L_{sp} ... délka spadiště po hranu stupně kaskády

n_s ... počet stupňů odebraných z kaskády

i ... podélný sklon dna spadiště

h_{max} ... maximální možná úroveň hladiny ve spadišti (do poloviny přelivného paprsku)

h_{sp} ... úroveň hladiny ve spadišti napočítaná z Komorova grafu

Δ ... rozdíl hodnot hladin, kladná hodnota udává příznivý návrh, záporná nedostatečný

Q_{out} ... průtok, který přeliv nepřevede, záporná hodnota udává předimenzování.

Hodnota n_s v Tab. 19 udává počet odebraných stupňů kaskády. Zachování celé současné kaskády, všech stupňů, je označeno číslem 0. Snížení hrany současného prvního stupně je označeno hodnotou 0.x. Hodnota 1, respektive 2, udává odebrání jednoho, respektive dvou, stupňů kaskády. Hladina h_{max} je taková maximální hladina, po kterou může voda nastoupat.

Stav „ne“ znamená nevyhovující spadiště, tedy nutnost řešit odvod vody jiným způsobem. Stav „ANO“ udává vyhovující až předdimenzovaný návrh a označením „OK“ je zvýrazněna vyhovující varianta.

Pro variantu označenou „OK“ je zpracován matematický model a výkresy v příloze této diplomové práce.

V rámci diplomové práce je zvážena varianta zachování délky přelivné hrany. Aby se tímto docílilo požadované hloubky spadiště v začátku, je potřeba změnit podélný sklon jeho dna. Výpočet ověřuje varianty se sklonem dna od 2 do 5 %. Varianta se zachováním současných proporcí a změnou pouze dna na sjednocený 2% sklon je nevyhovující, proto v tabulce není uvedena, jelikož výpočet udává hladiny na začátku spadiště přes 10 m, což není relevantní. Možnost 5% sklonu není z konstrukčních důvodů možná, jelikož by dno spadiště nastoupalo až nad úroveň přelivné hrany.

7.1.2 Postup při hledání vhodné varianty úpravy

Při hledání vhodné varianty je nejprve posuzována současná délka přelivné hrany, a to změnou sklonu dna spadiště. Sjednocení na 2 % přineslo vysokou úroveň hladiny, proto je zvolen jednotný sklon 3 %, který začíná v prvním profilu v aktuální hloubce. Další variantou je ubrání jednoho stupně kaskády a znovu ověření sklonů 2, 3 a 4 %. Dalším krokem je zdelšování přelivné hrany na 100, 105, 110 a 115 m. Ani varianta prodloužení přelivné hrany na 115 m a ubrání jednoho stupně kaskády nepomohla zlepšení nezatopení ve spadišti. Nakonec je zvolena varianta ubrání dvou stupňů kaskády. Toto ubrání je prověřeno zpětně u všech variant. Díky tomuto ubrání již nastávají vyhovující varianty. V tabulce nejsou výpočty uvedeny chronologicky, ale pro přehlednost jsou seřazeny podle délky přelivné hrany. Nejvhodnější varianta je v Tab. 18 označena symbolem „OK“.

Výpočetně je ověřena i varianta rozšíření spadiště dále do svahu, tedy zvětšení šířky na jeho začátku, tím snížení úhlu α a změna ve výpočtu parametru G. Tato varianta ale nemá výrazný vliv na výsledky, proto s ní není uvažováno.

7.1.3 Úvaha nad alternativami – změna úrovně přelivné hrany

Pro zkapacitnění bočního přelivu lze uvažovat se snížením části jeho přelivné hrany. V důsledku snížení hrany se zmenší zásobní prostor v nádrži a dojde ke snížení hloubky spadiště. Jelikož na začátku přelivu (nejdále od hráze) je spadiště nejmělkčí a hladina ve spadišti zde nejvíce ovlivňuje přepadový paprsek, musela by se tato úprava provést na části blíže k hrázi. Zároveň posouzení zatápnění paprsku pomocí Komorova grafu tato varianta výrazně neovlivní, jelikož graf neuvažuje rozdílné přítoky do spadiště podél přelivné hrany.

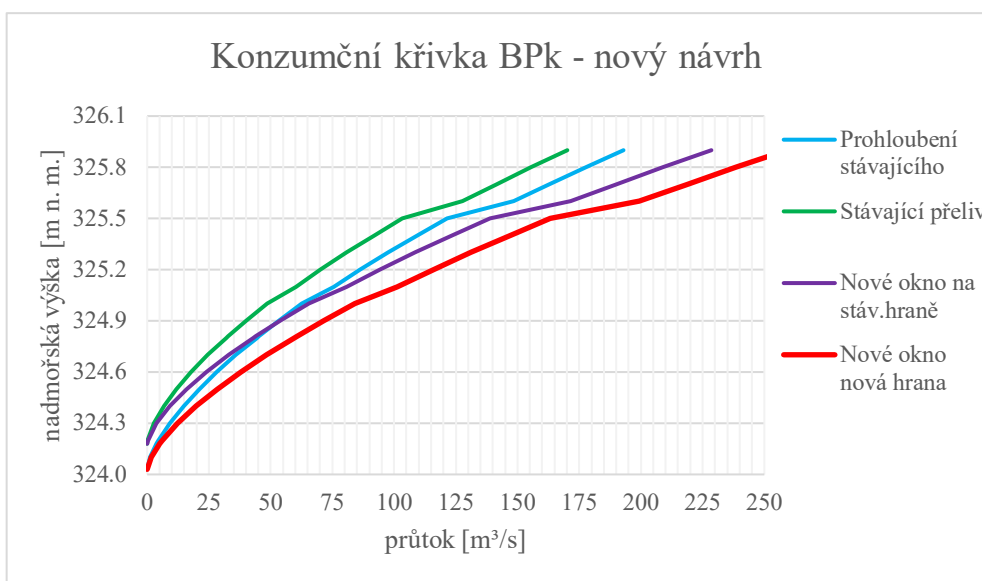
Načítáním délky přelivné hrany nebyl problém zatápnění vyřešen, jelikož Komora uvažuje zvyšování hladiny po délce spadiště, ale jeho hloubka v začátku (nejdále od hráze) je nejnižší. Vzhledem k tomu, že nevyhověla na nezatopení paprsku navyšující se délka hrany ani na 115 m, nabízí se možnost navýšení úrovně současné přelivné hrany v začátku spadiště tam, kde dochází k ovlivňování přepadového paprsku nejvíce. Bylo by zapotřebí najít takové řešení, které by zajistilo podmínku nezatápnění paprsku a zároveň zajistilo kapacitu přelivu. Z tohoto důvodu by bylo vhodné sestavit model v laboratoři, kvůli zjištění přesného průběhu hladiny a tím i potřebné délky navýšení.

Pro zvolenou variantu úpravy přelivu je zapotřebí ověřit dostatečnost konstrukcí pod hrázi, zejména kaskády a místa soutoku vody od přelivů, výpustí a štoly. V podélném profilu, příloha G5, je uvažováno s navýšením zdí kaskády, kvůli zamezení vylévání vody.

7.2 **Korunový přeliv**

Nabízí se varianta zkapacitnění korunového přelivu, a to snížením přelivné hrany na úroveň přelivné hrany bezpečnostního přelivu bočního. V současnosti je hrana bočního přelivu na kótě 324,03 m n. m. a hrana korunového přelivu na úrovni 324,18 m n. m., a tak dochází k jeho aktivaci později než u bočního přelivu.

Graf 13 Konzumční křivka korunového přelivu - nový návrh. Kapacita stávajícího přelivu je znázorněna zeleně, modře je naznačeno sjednocení hran přelivů. Kapacita se při snížení přelivné hrany na hranu bočního zvýší o 15,3 m³/s při hladině 325,1 m n. m. V případě dodání dalšího přelivného okna a zachování stávající hrany se kapacita zvýší na kótě 325,1 m n. m. o 20,6 m³/s, a v případě snížení přelivné hrany na úroveň bočního přelivu a přidání dalšího okna se kapacita zvýší o 41,2 m³/s na úrovni 325,1 m n. m. Tabeleární podoba je v příloze 9.



Graf 13 Konzumční křivka korunového přelivu - nový návrh

Varianta přidání dalšího přelivného okna by znamenala usměrnit vodu při dopadu na kaskádu. Na Obr. 7.2.1 Pohled na vzdušný líc hráze.



Obr. 7.2.1 Pohled na vzdušný líc hráze [2]

7.3 Spodní výpusti

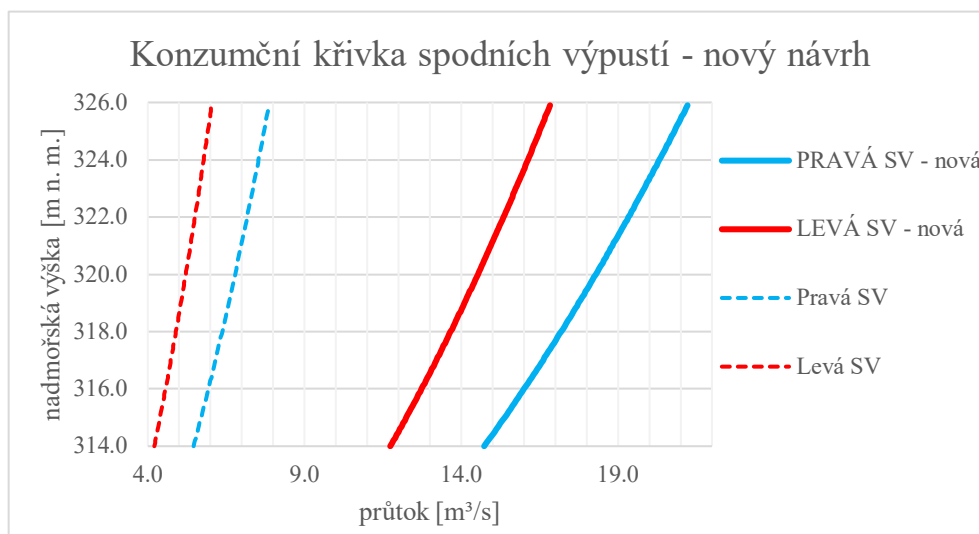
V současnosti jsou na vodním díle dvě spodní výpusti se šoupátkovými věžemi. Výstavba nové by znamenala narušení zdění hráze a byla by otázkou výstavba další šoupátkové věže, která by změnila charakter pohledu na vodní dílo. Při zvětšení současných potrubí z DN 800 na DN 1200 by se kapacita levé výpusti zvýšila o $10,8 \text{ m}^3/\text{s}$ (z $6,0$ na $16,8 \text{ m}^3/\text{s}$) a pravé o $13,4 \text{ m}^3/\text{s}$ (z původních $7,9 \text{ m}^3/\text{s}$ na $21,2 \text{ m}^3/\text{s}$) k úrovni aktuální maximální hladiny na kótě

325,1 m n. m. Ve výpočtu je uvažováno s hodnotou $\Delta = 0,0001$ pro ocelové potrubí nové nebo nezkorodované a vyčištěné, potom λ na základě poměru Δ/D a uvažování kvadratické oblasti vyšla rovna 0,012. Údaje jsou shrnuty v Tab. 20. Tato varianta, se vzhledem k náročnosti provedení, jeví jako méně vhodná.

Tab. 20 Spodní výpusti - nový návrh

Spodní výpusti - nové		
	Levá	Pravá
DN	1 200 mm	
L	55 m	28 m
Δ	0,0001	
Δ/D	0,00008	
λ	0,012	
ξ	1,5	1,0

Graf 14 Konzumní křivka spodních výpustí - nový návrh. Tabeleární podoba je uvedena v příloze 10.

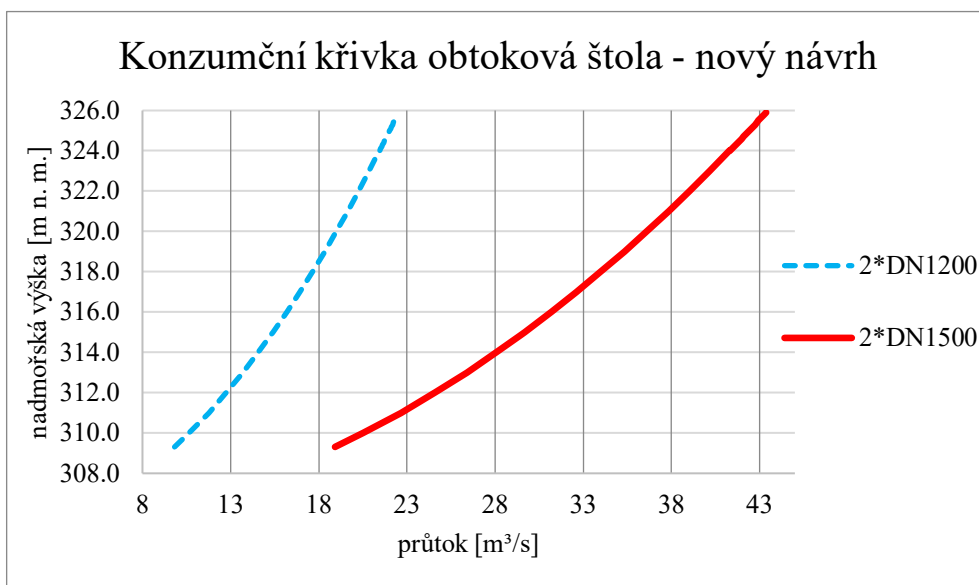


Graf 14 Konzumní křivka spodních výpustí - nový návrh

7.4 Obtoková štola

Rozšíření potrubí v obtokové štole se nabízí jako ucházející, jelikož šířka štoly je 4,5 m. Obdobné rozšíření bylo provedeno v letech 2006-2008, kdy z DN 800 byla štola zkapacitněna na dvě potrubí DN 1200. V případě výměny ocelových rour místo 2 x DN 1200 za 2 x DN 1500 je do výpočtu zahrnuta nová drsnost potrubí Δ uvažována 0,0001 pro ocelové potrubí „nové a po delším provozu vyčištěné“, tedy bez koroze, tím pádem po uvažování

poměru Δ/D je λ odečtena z Moodyho diagramu 0,012. Následné porovnání a zvýšení kapacity zobrazuje Graf 15 Konzumční křivka obtokové štoly - nový návrh. Kapacita obtoku se zvýší téměř dvakrát, kdy při hladině v nádrži na kótě 324,03 m n. m. (tedy hrana bezpečnostního přelivu bočního), bude kapacita zvýšena z 21,5 m³/s na 41,3 m³/s. Tabelární podoba v příloze 11.



Graf 15 Konzumční křivka obtokové štoly - nový návrh

7.5 Odlehčovací koryto

Alternativní možností odlehčení průtoku skrze vodní dílo je vybudovat na kraji zátopy hrázku, díky které by narůstající průtok nebyl převáděn skrze dílo (přelivy, výpusti a štoly), ale rovnou by voda odtékala z nádrže přes hrázku a vlévala by se do levostranného přítoku Běstvinského potoka. Tento potok by se pro tyto účely musel opevnit a zkapacitnit. Voda by natékala do Starého rybníka a dále by se vracela pod obcí Pařížov do řeky Doubravy.

Na Obr. 7.5.1 Schematická situace odlehčovacího koryta s hladinou při $Q_{10\,000}$ je zobrazena hrázka s převodem vody do vodního toku při perspektivním pohledu, žlutě je naznačena vodní plocha a vodní toky, modře hladina při $Q_{10\,000}$ a světlou barvou je naznačena hrázka a dvě varianty odlehčovacího koryta. Na obrázku jsou dvě varianty, vrchnější plně, a spodnější, přímá, čárkovaně – zároveň tato varianta požaduje větší zábor pozemků.



Obr. 7.5.1 Schematická situace odlehčovacího koryta

V případě uvažování varianty vyřešení převodu vody skrze vodní dílo jinak než stavebními úpravami přímo na díle, jeví se možnost výstavby hrázky jako relativně vhodná. Při uvažování nezatopeného bočního přelivu bez jeho úprav chybí převést skrze dílo $178 \text{ m}^3/\text{s}$. Při takovémto objemu a možné výšce hladiny 324,6 m n. m. (kvůli nezatápnění přelivu bez úprav) by hrázka byla extrémně dlouhá (více než 100 m). Z tohoto důvodu se nabízí varianta hrazeného přelivu, který by ve funkčnost přišel až při nastoupaní hladiny na úroveň 324,6 m n. m. Jeho otevírání by bylo závislé na přítékajícím průtoku a zvedající se hladině tak, aby neovlivňovala zatápnění paprsku bočního přelivu. Hrazený přeliv by reguloval hladinu na maximální 324,6 m n. m.

Další variantou výstavby odlehčení je odplavitelná hrázka, fungující jako nouzový přeliv. Hrázka by se po nastoupaní do určité hladiny začala odplavovat až na úroveň neodplavitelné části. Po povodni by se tato hrázka musela opět obnovit.

Pro obě varianty je potřeba upravit koryto stávajícího potoka a zkapacitnit ho, aby nedošlo k jeho destrukci a neřízenému vylití vody.

8 MATEMATICKÝ MODEL

Pro ověření a porovnání výsledků je sestaven matematický model pro variantu plného zkapacitnění bezpečnostního přelivu bočního, varianta s odebráním dvou stupňů a podélný sklon 3,5 %. Model je sestaven v počítačovém programu HEC-RAS, Hydrologic Engineering Center's, River Analysis System, vyvinutým Americkými inženýry. Tento program umožňuje modelovat jednorozměrné ustálené proudění, jedno a dvou rozměrné neustálené proudění, dále pak výpočty transportu sedimentů a modelování kvality vody.

Pro sestavení modelu je třeba zpracovat příčné profily s hodnotami staničení a k nim odpovídající výšky, pro tuto práci jsou sestaveny v programu EXCEL, a následně se přes funkci cross section zadají do programu. Je třeba také zadat souřadnice osy toku, v tomto případě osy spadiště. Tyto souřadnice jsou získány za pomoci známého umístění geodetických bodů v okolí vodního díla a usazení půdorysu do souřadného systému v programu AutoCAD, odkud jsou souřadnice osy (křivky) přejaty pomocí funkce maker (exportcoords). Manuálně souřadnice lomových bodů osy lze z AutoCADu získat pomocí souřadnic středů kružnic umístěných v bodech.

Jako dolní okrajová podmínka je uvažován vznik kritické hloubky na konci spadiště, při přechodu v kaskádu, a horní okrajová podmínka je konzumční křivka při známém příčném profilu a průtoku v prvním profilu.

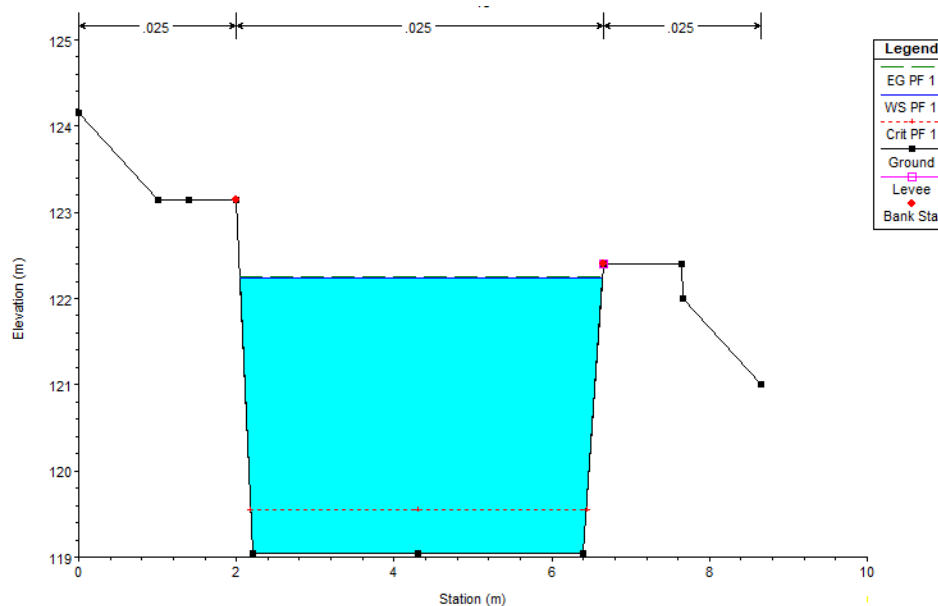
S vlivem přítoku z boku, kolmo na příčné profily, je v programu uvažováno pomocí poměrového rozpočítání průtoků do jednotlivých profilů – do programu se tato informace zadá pomocí vstupní podmínky.

Výškové kóty příčného profilu jsou uvedeny ve výškových kótách z původní dokumentace, kde hrana přelivu (324,03 m n. m.) je rovna hodnotě 122.40, tedy o 201,63 níže.

8.1 Drsnost $n = 0,025$

Matematický model je sestaven pro variantu ubrání dvou stupňů a o podélném sklonu 3,5 %. Předpoklad Manningova drsnostního součinitele je dle druhu povrchu, $n = 0,025$. Na Obr. 8.1.1 Příčný řez spadištěm, $n = 0,025$ Příčný řez spadištěm na jeho začátku (nejdále od hráze) při užití součinitele 0,025.

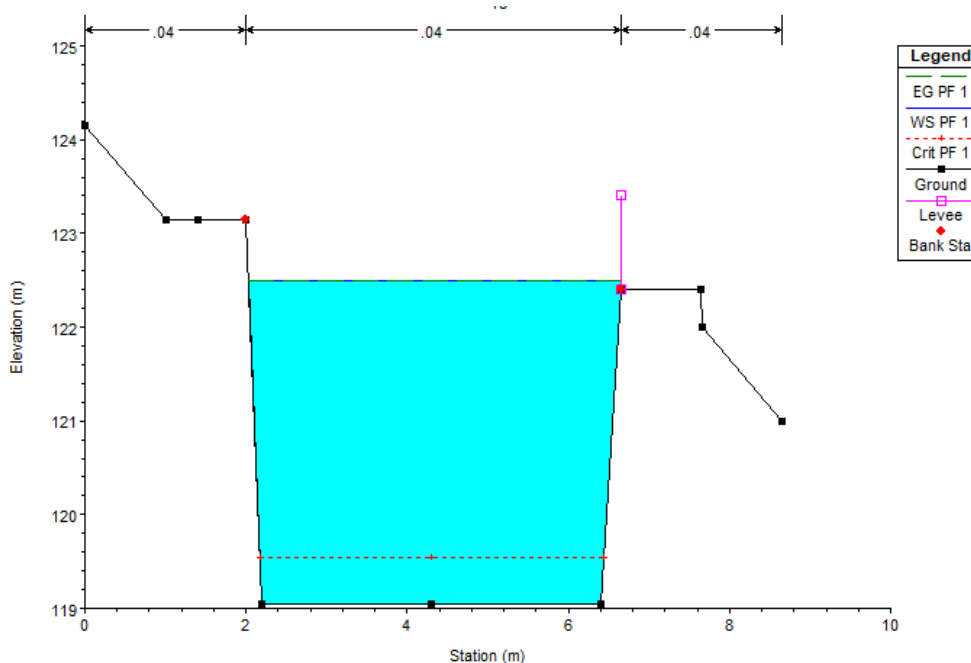
Při uvažování drsnostního součinitele dle typu materiálu hladina ve spadišti nastoupala do úrovně 122.25, tedy 323,88 m n. m., a to je o 0,15 m níže než hrana přelivu.



Obr. 8.1.1 Příčný řez spadištěm, $n = 0,025$

8.2 Drsnost $n = 0,040$

Ve variantě dva je užit vyšší Manningův součinitel drsnosti (0,04) pro předpoklad uvažování šroubovitého proudění, které je do výpočtu zaneseno vyšším drsnostním součinitelem. Hladina nastoupala do výšky 0,1 m nad hranu přelivu. Na Obr. 8.2.1 Příčný řez spadištěm, $n = 0,04$.

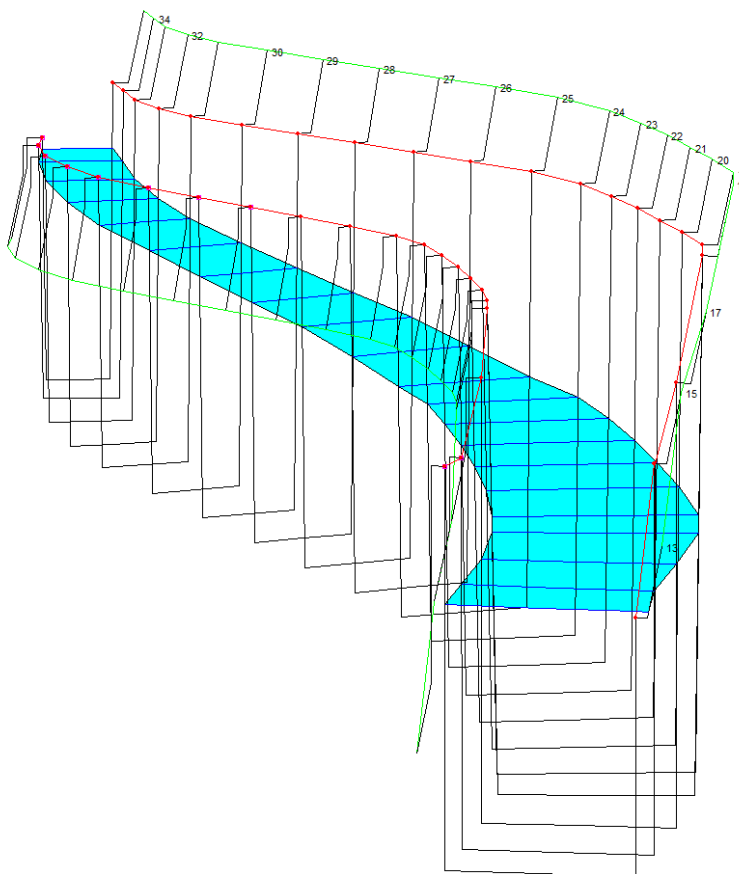


Obr. 8.2.1 Příčný řez spadištěm, $n = 0,04$

Z výstupu z matematického modelu je vidět nuance od výsledků napočítaných pomocí Komorova grafu, a to zejména v hladině na začátku spadiště. Tato odchylka může být

způsobena vlivem užití součinitele drsnosti pro vyjádření šroubovitého proudění ve spadišti. Zároveň další odchylkou v tomto modelu může být horní okrajová podmínka, která je zadána konzumční křivkou a uvažuje průtok v prvním profilu jako polovinu vzdálenosti ke druhému – reálně je ale tento průtok rozdělen kontinuálně na délku hrany. Dalším aspektem pro odlišnost výpočtů z modelu a výpočtů Komorovým grafem je fakt, že Komora graf sestavil na základě empirických měření na půdorysně nezakřiveném modelu. Z výsledků měření v laboratoři na fyzikálním modelu VD Hostivař, které má také půdorysně zakřivené spadiště bočního přelivu, bylo patrné, že Komorův graf lze použít, jelikož výsledky měření na modelu odpovídaly hodnotám napočítaným z Komorova grafu. Za předpokladu užití vyššího součinitele drsnosti se model podobá více výpočtům pomocí Komorova grafu.

Na Obr. 8.2.2 Prostorový pohled na spadiště, výstup modelu z programu HEC-RAS při pohledu od kaskády, tedy proti vodě.

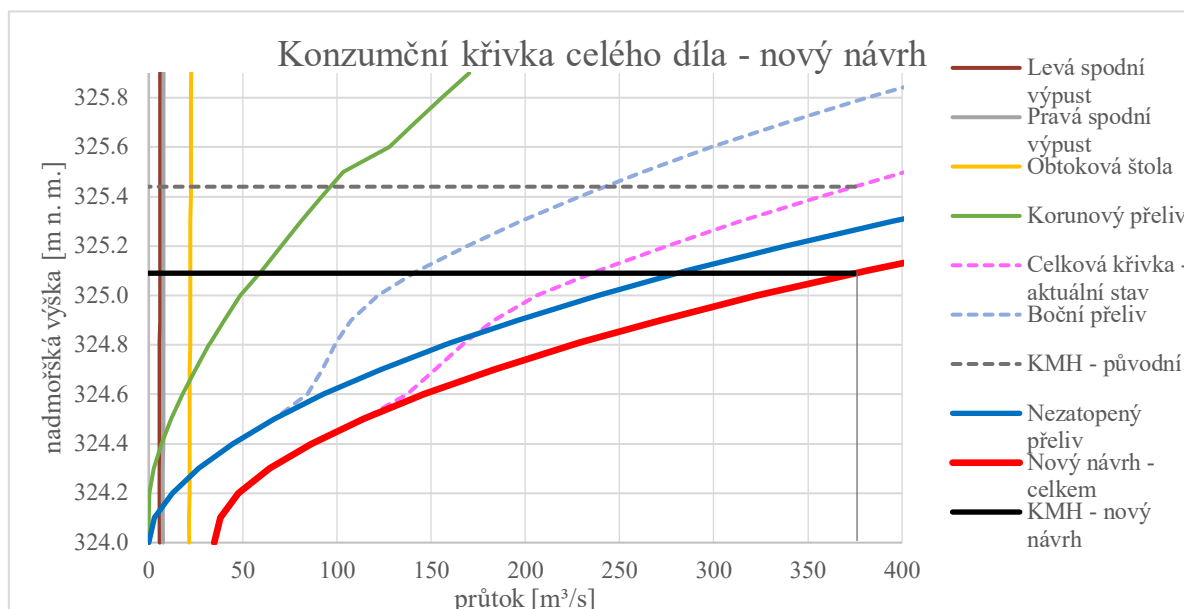


Obr. 8.2.2 Pohled na spadiště, $n = 0,025$

9 ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

9.1 Výsledná konzumční křivka – nová varianta přelivu

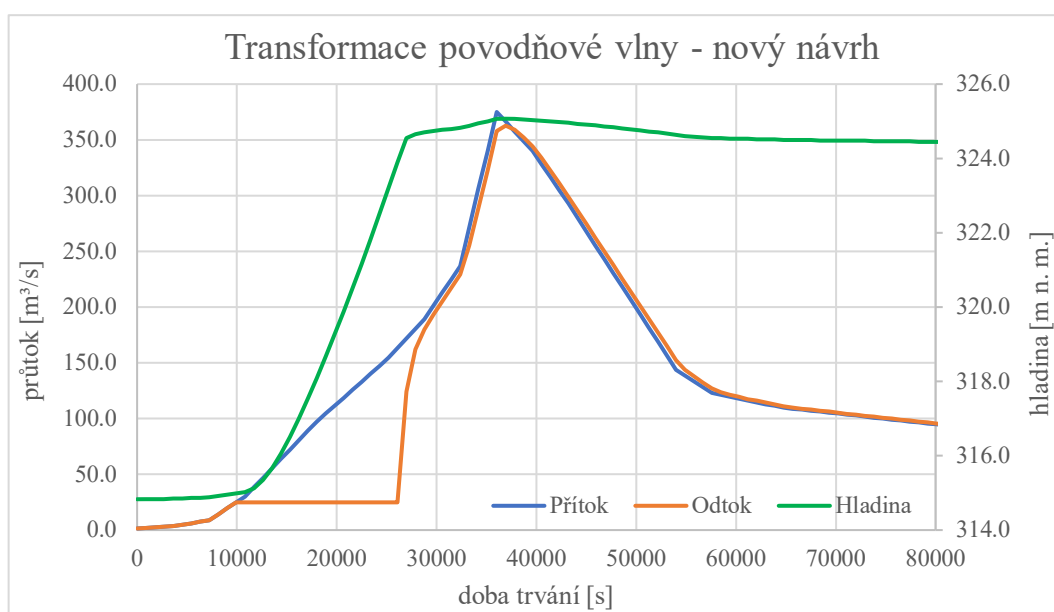
Pro nový návrh bezpečnostního přelivu bočního bez ovlivnění přepadového paprsku zatápěním hladinou ve spadišti výsledná konzumční křivka vypadá následovně, Graf 16.



Graf 16 Výsledná konzumční křivka - nový návrh přelivu

Zároveň byla provedena transformace povodňové, tabelární podoba v příloze 12. Graf 17 Transformace povodňové vlny - nový návrh. Úroveň KMH je na kótě 325,07 m n. m., tedy

$$MBH - KMH = 325,90 \text{ m n. m.} - 325,07 \text{ m n. m.} = +0,83 \text{ m}$$



Graf 17 Transformace povodňové vlny - nový návrh

Údaje jsou shrnuty v Tab. 21.

Tab. 21 Posouzení nového návrhu

Nový návrh spadiště přelivu	
KMH	325,07 m n. m.
MBH	325,90 m n. m.
MBH-KMH	+ 0,83 m

Vodní dílo Pařížov je shledáno za bezpečné. Zároveň vyhovuje normě ČSN 75 2340 Navrhování přehrad – Hlavní parametry a vybavení, jelikož úroveň hladiny vody ve spadišti neovlivňuje přepadový paprsek bočního přelivu.

9.2 Porovnání variant tabelárně a graficky

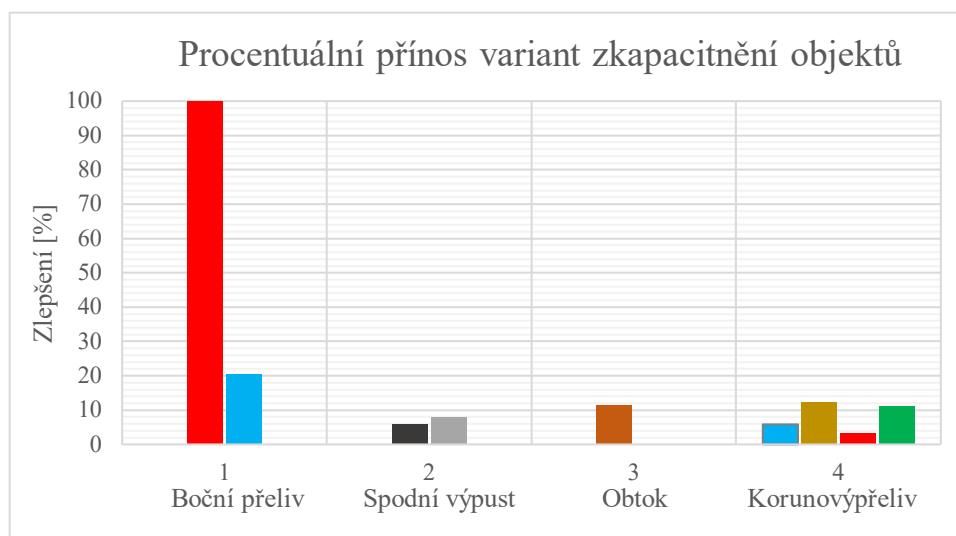
Porovnání výsledků jednotlivých metod je zapsáno do tabulky a vyhodnoceno v grafu. V tabulce jsou uvedeny varianty zkapacitnění spodních výpustí, obtoku a korunového přelivu. Varianty bočního přelivu jsou uvedeny pouze dvě, jelikož ostatní návrhy jsou uvedeny v Tab. 19 Souhrnná tabulka výsledků návrhu spadiště. V následující tabulce, Tab. 22 Porovnání variant zkapacitnění.

Objekt [1-4]	Úprava	Kapacita [m ³ /s]	nová kapacita [m ³ /s]	Zlepšení [m ³ /s]	Zlepšení [%]
1 BPb	2 schody + 3.5 %	106.6	285.0	178	100
	100 m + 3%	106.6	143.0	36	20
2 SV-L	z DN800 na DN1200	5.9	16.4	11	6
2 SV-P		7.6	21.6	14	8
3 Obtok	z DN1200 na DN1500	21.8	42.0	20	11
4 BPk	snižit o 0.15 m	17.9	28.2	10	6
	snižit o 0.3 m	17.9	40.1	22	12
	další okno	17.9	24.0	6	3
	okno + snížit 0.15 m	17.9	37.9	20	11

Tab. 22 Porovnání variant zkapacitnění

V tabulce je u každého objektu uvedeno číslo a jednotlivé varianty (řádky v tabulce) jsou od sebe v grafu odlišeny barevně. Tedy obtok má jednu variantu, proto je v grafu jen jeden sloupec výsledků, korunový přeliv naopak čtyři apod

Graf 18 Porovnání variant zkapacitnění v procentech.



Graf 18 Porovnání variant zkapacitnění v procentech

V současném spadišti bočního přelivu, aby nedocházelo k zatápní paprsku, může hladina maximálně nastoupat do úrovně 324,6 m n. m. Při této úrovni hladiny bude přeliv převádět 106,6 m³/s. Z tohoto důvodu je uvažováno, že potřebuje-li být přelivem převedeno 285 m³/s, zbývá na ostatní zařízení (bez uvažování jakýchkoli úprav bočního přelivu) 178 m³/s. Tato hodnota je označena jako 100 %, čili přeliv při zkapacitnění na 285 m³/s převede 100 %, a ostatním variantám jsou přiřazeny jednotlivá procenta. Graf pak výsledky zobrazuje přehledněji. Hodnota aktuální kapacity je stanovena pro hladinu 324,6 m n. m., tedy hladinu, při které ještě nedochází k zatápní bočního přelivu. Tento fakt vnáší do procentuálního vyjádření jistou nuanci, jelikož při zvětšení kapacit zařízení se bude pohybovat i úroveň hladiny.

9.3 Zhodnocení

Nejvhodnější variantou se jeví zkapacitnění bočního přelivu a tím i eliminaci zatápní jeho přepadového paprsku. Možnou alternativou je zkapacitnění ostatních zařízení a ubrání tak množství potřebného průtoku na boční přeliv a tím i objemu stavebních úprav přelivu.

Jako nejpravděpodobnější varianta úpravy bočního přelivu tak, aby nedocházelo k ovlivňování zatápním, se jeví odstranění dvou stupňů kaskády a plynulé navázání spadiště se sklonem 3,5 % při zanechání původní délky přelivné hrany, a bez dalších úprav ostatních zařízení.

10 ZÁVĚR

V první části se práce zabývá podrobným popisem jednotlivých objektů vodního díla Pařížov, základními údaji o území a historii výstavby.

V další části byla stanovena velikost extrémní deseti tisíci leté povodně dvěma způsoby, a to dvojnásobným zlogaritmováním obou os a pomocí tříparametrického logaritmicko-normálního rozdělení. Obě tyto varianty byly porovnány s údaji uvedenými v Posudku bezpečnosti vodního díla při povodních [9] a byla zvolena hodnota $Q_{10\,000} = 375 \text{ m}^3/\text{s}$. S touto hodnotou bylo uvažováno ve všech výpočtech.

Nejprve byla ověřena aktuální kapacita jednotlivých zařízení na převod vody a sestaven průběh konzumčních křivek. Křivka pro spodní výpusti a obtokovou štolu byla stanovena pomocí Bernoulliho rovnice. Pro výpočet křivky korunového přelivu byly aplikovány znalosti z měření na vodním díle Harcov, jenž má stavebně obdobný korunový přeliv.

Pro stanovení současné kapacity bočního přelivu byla uvažována rovnice přepadu s vlivem zatopení. Byla spočítána úroveň hladiny ve spadišti pomocí Komorova grafu za uvažování úhlu α . Následný výpočet úrovně hladiny prokázal zatápění, jelikož hladina ve spadišti dosahovala více než poloviny výšky přelivného paprsku. Hodnoty součinitele zatopení v rovnici přepadu byly analogicky stanoveny z měření na fyzikálním modelu v rámci dizertační práce Boční přelivy a bezpečnost přehrad [12] s uvážením vlivu tvaru a velikosti spadiště Pařížova vs. modelu. Boční přeliv nevyhovuje normě ČSN 75 2340 Navrhování přehrad – Hlavní parametry a vybavení, jelikož je ovlivněn hladinou ve spadišti.

Na základě posouzení bočního přelivu byly hledány možnosti řešení zlepšení situace a vyhovění normě. Bylo uvažováno s variantami změn sklonu dna spadiště, a jeho výškového umístění – tzn. jeho snížení o stupeň kaskády. Nebylo reálné najít takové vyhovující řešení, při kterém by se sklon dna volil od 2 % až po 4 % a zároveň byl odstraněn jen jeden stupeň kaskády. Bylo proto přistoupeno na variantu odstranění dvou stupňů kaskády a hledán takový sklon, který by vyhovoval podmínce nezatopení přepadového paprsku. Těmto požadavkům vyhovuje varianta odstranění dvou stupňů kaskády, tím prodloužení délky spadiště, a o sklonu dna 3,5 %.

Pro tuto variantu byly zpracovány výkresy v programu AutoCAD, a to zanesení polohy vodního díla do vodohospodářské mapy, situace širších vztahů, půdorys nového přelivu, jeho příčný řez a podélný rozvinutý profil. Výkresy jsou uvedeny v příloze této diplomové práce.

Zároveň pro optimální úpravu byl sestaven matematický model v programu HEC-RAS a výsledky byly porovnány s hodnotami zjištěných za pomoci Komorova grafu.

Dále byla provedena úvaha nad alternativní variantou řešení převodu extrémní povodně, a to na základě odvodu vody ze zátopy a odlehčení tak bezpečnostním zařízením. Touto variantou je myšlen odvod vody ze zátopy skrze boční nouzový přeliv vystavěný v zátopě jako hrázka, která bude převádět vodu jen v případě zvýšení hladiny do úrovně ohrožující bezpečnost VD.

Součástí práce je i zkapacitnění jednotlivých objektů pro převod vody, a to spodních výpustí, potrubí v obtokové štole a korunového přelivu snížením hrany nebo přidáním dalšího přelivného okna.

V závěrečné části byla provedena transformace povodňové vlny, posouzení vodního díla za povodní a porovnány jednotlivé varianty tabelárně i graficky.

11 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Výpočet $Q_{10\ 000}$	
Příloha 2	Konzumční křivka spodní výpusti – aktuální stav	
Příloha 3	Konzumční křivka potrubí v obtokové štolě – aktuální stav	
Příloha 4	Konzumční křivka korunového přelivu – aktuální stav	
Příloha 5	Konzumční křivka bočního přelivu – aktuální stav	
Příloha 6	Průběh nerovnoměrného proudění – aktuální stav	
Příloha 7	Konzumční křivka celého díla – aktuální stav	
Příloha 8	Transformace povodňové vlny – aktuální stav	
Příloha 9	Konzumční křivka korunového přelivu – nový návrh	
Příloha 10	Konzumční křivka spodní výpusti – nový návrh	
Příloha 11	Konzumční křivka potrubí v obtokové štolě – nový návrh	
Příloha 12	Transformace povodňové vlny – nový návrh	
G1	Situace – vodohospodářská mapa	M1:50 000
G2	Situace širších vztahů	M1:10 000
G3	Podrobná situace	M1:600
G4	Řez spadištěm	M1:100
G5	Podélný profil bočního přelivu	M1:200

12 SEZNAM ZKRATEK

VD	Vodní dílo
SV	Spodní výpust
BP	Bezpečnostní přeliv
BPk	Bezpečnostní přeliv korunový
BPb	Bezpečnostní přeliv boční
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
VÚV TGM	Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka
KMH	Kontrolní maximální hladina
MBH	Mezní bezpečná hladina
KPV	Kontrolní povodňová vlna

13 SEZNAM ZDROJŮ

- [1] „Pohled na vzdušní líc,“ [Online]. Available: https://www.andysworld.eu/img/mid/2789/img_6228_tonemapping.jpg.
- [2] *Archiv vedoucího práce.*
- [3] „Mapy.cz,“ [Online]. Available: www.mapy.cz. [Přístup získán 29 11 2019].
- [4] „Povodí Labe, s.p. Pařížov,“ [Online]. Available: <https://1url.cz/hzMuT>. [Přístup získán Říjen 2019].
- [5] „Pohlednice z výstavby,“ [Online]. Available: <http://www.chrudim.info/fotogalerie/parizov/velke057.jpg>.
- [6] Povodí Labe,s.p., *Manipulační řád pro vodní dílo Pařížov*, 2017.
- [7] M. Horský, „Červencová povodeň,“ [Online]. Available: <https://1url.cz/nzMud>. [Přístup získán Říjen 2019].
- [8] ČHMÚ, *Hydrologická data*, Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2019.
- [9] VODNÍ DÍLA - TBD a.s., *Posudek bezpečnosti vodního díla při povodních AKTUALIZOVANÝ*, Praha, 2011.
- [10] „Metodika odvozování N-letých průtoků na nepozorovaných povodích,“ 2016. [Online]. Available: <https://1url.cz/UzMuk>.
- [11] P. B. Kolář, *Hydraulika*, Praha: SNTL, 1983.
- [12] Ing. Martin Králík, PhD., *Boční přelivy a bezpečnost přehrad*, Praha, 2004.
- [13] „Metodický pokyn odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí k posuzování bezpečnosti přehrad za povodní,“ [Online]. Available: <https://1url.cz/8zMu3>. [Přístup získán Prosinec 2019].
- [14] „Sucho,“ [Online]. Available: <https://1url.cz/nzLD4>. [Přístup získán Prosinec 2019].
- [15] „Povodeň,“ [Online]. Available: <https://1url.cz/GzLDD>. [Přístup získán Prosinec 2019].

14 SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Parametry hráze	11
Tab. 2 Parametry korunového přelivu	12
Tab. 3 Parametry bočního přelivu	13
Tab. 4 Parametry spodních výpustí	14
Tab. 5 Parametry obtokové štoly	15
Tab. 6 Souhrnné údaje pro první možnost stanovení	18
Tab. 7 Tabulka výsledků logX	19
Tab. 8 Tabulka výsledku, log x i y	19
Tab. 9 Tabulka výsledků log log x a log y	19
Tab. 10 Tabulka výsledků dvakrát zlogaritmovaných obou os	20
Tab. 11 Shrnutí výsledků první varianty	21
Tab. 12 Shrnutí výsledků druhé varianty	21
Tab. 13 Porovnání výsledků $Q_{10\ 000}$	22
Tab. 14 Parametry spodní výpusti	30
Tab. 15 Obtoková štola	32
Tab. 16 Korunový přeliv	33
Tab. 17 Spadiště bočního přelivu	34
Tab. 18 Posouzení VD Pařížov	37
Tab. 19 Souhrnná tabulka výsledků návrhu spadiště	42
Tab. 20 Spodní výpusti - nový návrh	46
Tab. 21 Posouzení nového návrhu	53
Tab. 22 Porovnání variant zkapacitnění	53

15 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1.1 Pohled na hráz od bočního přelivu [1].....	8
Obr. 2.1.2 Pohled na hráz z pravého břehu [2].....	8
Obr. 2.2.1 Poloha řeky Doubravy v mapě [3].....	9
Obr. 2.3.1 Pohlednice z výstavby díla [5]	10
Obr. 2.3.2 Korunový přeliv za povodně [2].....	11
Obr. 2.5.1 Korunový přeliv [2]	12
Obr. 2.5.2 Pohled na hráz ze začátku spadiště směrem k hrázi [2].....	13
Obr. 2.5.3 Pohled na šoupátkovou věž spodní výpusti [2].....	14
Obr. 2.5.4 Výtok z obtokové štolý [2].....	15
Obr. 2.6.1 Hydrologické údaje [8]	16
Obr. 2.7.1 Průběh povodňové vlny [9].....	17
Obr. 4.3.1 Schema spadiště pro Komorův graf [11]	25
Obr. 4.3.2 Komorův graf [11].....	26
Obr. 5.4.1 Výsledný graf konzumční křivek měřených na modelu [12].....	33
Obr. 6.2.1 Sucho v nádrži [14].....	38
Obr. 7.1.1 Schema současné situace přelivu.....	40
Obr. 7.1.2 Spadiště ve hrázi [2]	41
Obr. 7.2.1 Pohled na vzdušní líc hráze [2]	45
Obr. 7.5.1 Schematická situace odlehčovacího koryta.....	48
Obr. 8.1.1 Příčný řez spadištěm, $n = 0,025$	50
Obr. 8.2.1 Příčný řez spadištěm, $n = 0,04$	50
Obr. 8.2.2 Pohled na spadiště, $n = 0,025$	51

16 SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Hydrologická data N-letých průtoků.....	16
Graf 2 Zlogaritmovaná osa x	18
Graf 3 Zlogaritmované obě osy	19
Graf 4 Dvakrát zlogaritmovaná osa x.....	20
Graf 5 Dvakrát zlogaritmované osy	20
Graf 6 Extrapolace pomocí kalkulačky	21
Graf 7 Konzumční křivka spodních výpustí.....	31
Graf 8 Konzumční křivka obtokové štoly	31
Graf 9 Konzumční křivka korunového přelivu.....	32
Graf 10 Konzumční křivka bočního přelivu	34
Graf 11 Průběh hladiny ve spadišti	35
Graf 12 Konzumční křivka celého díla	36
Graf 13 Konzumční křivka korunového přelivu - nový návrh	45
Graf 14 Konzumční křivka spodních výpustí - nový návrh	46
Graf 15 Konzumční křivka obtokové štoly - nový návrh.....	47
Graf 16 Výsledná konzumční křivka - nový návrh přelivu	52
Graf 17 Transformace povodňové vlny - nový návrh.....	52
Graf 18 Porovnání variant zkapacitnění v procentech	54

PŘÍLOHA 1

N	1	2	5	10	20	50	100	let
Qn	12.20	21.20	38.20	55.20	75.90	110.00	141.00	[m ³ /s]
F	0.37	0.61	0.82	0.90	0.95	0.98	0.99	fce EXP
z	-0.34	0.27	0.91	1.31	1.66	2.06	2.33	fce NORMINV

x0	0.22							
y	2.48	3.04	3.64	4.01	4.33	4.70	4.95	fce LN
r	1.00	fce CORREL						

a	0.92	fce SLOPE
b	2.79	fce INTERCEPT

N	100	200	1 000	10 000	let
F	0.99	1.00	1.00	1.00	fce EXP
z	2.33	2.58	3.09	3.72	fce NORMINV
	4.95	5.18	5.65	6.23	
x=Qn	141.1	177.5	285.3	510.1	[m ³ /s]

PŘÍLOHA 2

Konzumční křivka - levá spodní výpust

Kóta hladiny	Hloubka	Rychlost proudění	Průtok
			DN 800
m n. m.	m	m/s	m ³ /s
324.00	21.25	11.50	5.78
324.10	21.35	11.53	5.80
324.20	21.45	11.56	5.81
324.30	21.55	11.59	5.82
324.40	21.65	11.61	5.84
324.50	21.75	11.64	5.85
324.60	21.85	11.67	5.86
324.70	21.95	11.69	5.88
324.80	22.05	11.72	5.89
324.81	22.06	11.72	5.89
324.90	22.15	11.75	5.90
325.00	22.25	11.77	5.92
325.10	22.35	11.80	5.93
325.20	22.45	11.83	5.94
325.30	22.55	11.85	5.96
325.40	22.65	11.88	5.97
325.50	22.75	11.90	5.98
325.60	22.85	11.93	6.00
325.70	22.95	11.96	6.01
325.80	23.05	11.98	6.02
325.90	23.15	12.01	6.04

max hladina

koruna

Konzumční křivka - pravá spodní výpust

Kóta hladiny	Hloubka	Rychlost proudění	Průtok
			DN 800
m n. m.	m	m/s	m ³ /s
324.00	21.07	14.99	7.53
324.10	21.17	15.02	7.55
324.20	21.27	15.06	7.57
324.30	21.37	15.10	7.59
324.40	21.47	15.13	7.61
324.50	21.57	15.17	7.62
324.60	21.67	15.20	7.64
324.70	21.77	15.24	7.66
324.80	21.87	15.27	7.68
324.81	21.88	15.27	7.68
324.90	21.97	15.31	7.69
325.00	22.07	15.34	7.71
325.10	22.17	15.38	7.73
325.20	22.27	15.41	7.75
325.30	22.37	15.44	7.76
325.40	22.47	15.48	7.78
325.50	22.57	15.51	7.80
325.60	22.67	15.55	7.82
325.70	22.77	15.58	7.83
325.80	22.87	15.62	7.85
325.90	22.97	15.65	7.87

PŘÍLOHA 3

Konzumční křivka - obtok štolou

Kóta hladiny	Hloubka	Rychlost proudění	Průtok	
			DN 1200	2*DN 1200
m n. m.	m	m/s	m ³ /s	m ³ /s
324.03	18.6	9.49	10.73	21.46
324.10	18.7	9.51	10.75	21.50
324.20	18.8	9.53	10.78	21.56
324.30	18.9	9.56	10.81	21.61
324.40	19.0	9.58	10.84	21.67
324.50	19.1	9.61	10.86	21.73
324.60	19.2	9.63	10.89	21.79
324.70	19.3	9.66	10.92	21.84
324.80	19.4	9.68	10.95	21.90
324.81	19.4	9.68	10.95	21.90
324.90	19.5	9.71	10.98	21.96
325.00	19.6	9.73	11.01	22.01
325.10	19.7	9.76	11.03	22.07
325.20	19.8	9.78	11.06	22.12
325.30	19.9	9.81	11.09	22.18
325.40	20.0	9.83	11.12	22.23
325.50	20.1	9.85	11.15	22.29
325.60	20.2	9.88	11.17	22.35
325.70	20.3	9.90	11.20	22.40
325.80	20.4	9.93	11.23	22.46
325.90	20.5	9.95	11.26	22.51

PŘÍLOHA 4

Konzumční křivka - korunový přeliv

Kóta hladiny	Přepadový paprsek	Přepadový součinitel	Průtok
m n. m.	m	-	m ³ /s
-	-	-	-
324.18	0.0	0.00	0.00
324.20	0.0	0.64	0.19
324.30	0.1	0.64	2.73
324.40	0.2	0.64	6.77
324.50	0.3	0.64	11.88
324.60	0.4	0.64	17.86
324.70	0.5	0.64	24.61
324.80	0.6	0.64	32.04
max hladina 324.81	0.6	0.64	32.82
324.90	0.7	0.64	40.10
325.00	0.8	0.64	48.73
325.10	0.9	0.66	60.19
325.20	1.0	0.66	70.27
325.30	1.1	0.66	80.85
325.40	1.2	0.66	91.92
325.50	1.3	0.66	103.45
325.60	1.4	0.73	127.67
325.70	1.5	0.73	141.39
325.80	1.6	0.73	155.57
koruna 325.90	1.7	0.73	170.19

PŘÍLOHA 5

Konzumční křivka - bezpečnostní přeliv boční

Kóta hladiny	Přepadový paprsek	Přepadový součinitel	Průtok	Ovlivnění zatopením	Ovlivněný průtok
m n. m.	m	-	m ³ /s	-	m ³ /s
324.03	0	0.544	0.00	1.00	0.00
324.10	0.07	0.576	3.07	1.00	3.07
324.20	0.17	0.617	12.44	1.00	12.44
324.30	0.27	0.654	26.40	1.00	26.40
324.40	0.37	0.689	44.55	1.00	44.55
324.50	0.47	0.721	66.75	1.00	66.75
324.60	0.57	0.751	92.94	0.91	84.23
324.70	0.67	0.781	123.14	0.75	92.03
324.80	0.77	0.811	157.41	0.63	98.89
324.81	0.78	0.814	161.06	0.62	99.62
324.90	0.87	0.840	195.87	0.55	107.51
325.00	0.97	0.869	238.65	0.51	121.55
325.10	1.07	0.899	285.94	0.50	142.97
325.20	1.17	0.930	337.94	0.50	168.97
325.30	1.27	0.961	394.87	0.50	197.44
325.40	1.37	0.992	457.00	0.50	228.50
325.50	1.47	1.025	524.59	0.50	262.29
325.60	1.57	1.058	597.93	0.50	298.96
325.70	1.67	1.093	677.34	0.50	338.67
325.80	1.77	1.129	763.14	0.50	381.57
325.90	1.87	1.166	855.68	0.50	427.84

PŘÍLOHA 6

Průběh hladiny

Staničen í	y	b	S	O	R	n	C	v	ryhl. výš.	C	S	R	čit.	Q pom na díly	Q poměr	jmen.	ΔL	Délka
m	m	m	m ²	m	m	-	-	m/s	-	m ³ /s	m ²	m	-	m ³ /s	m ³ /s	-	m	m
104.4	3.4	13.0	44.5	19.8	2.2	0.0	32.7	8.5	3.7					0.0	285.0			0.0
97.4	3.5	13.0	45.1	19.9	2.3	0.0	32.7	8.5	3.7	32.7	44.8	2.3	0.1	14.6	285.0	0.0	7.0	7.0
87.4	3.6	12.1	43.7	19.3	2.3	0.0	32.7	8.5	3.7	32.7	44.4	2.3	0.1	29.3	270.4	0.0	10.0	17.0
77.4	3.8	11.2	42.4	18.8	2.3	0.0	32.7	8.5	3.7	32.7	43.0	2.3	0.2	29.3	241.1	0.0	10.0	27.0
67.4	4.0	10.3	41.1	18.3	2.2	0.0	32.7	8.5	3.7	32.7	41.8	2.3	0.2	29.3	211.8	0.0	10.0	37.0
57.4	4.2	9.4	39.9	17.9	2.2	0.0	32.7	8.4	3.6	32.7	40.5	2.2	0.2	29.3	182.6	0.0	10.0	47.0
47.4	5.4	8.5	45.8	19.3	2.4	0.0	33.0	7.2	2.6	32.8	42.8	2.3	0.2	29.3	153.3	0.0	10.0	57.0
37.4	5.8	7.6	43.8	19.1	2.3	0.0	32.8	7.0	2.5	32.9	44.8	2.3	0.3	29.3	124.1	0.0	10.0	67.0
27.4	6.2	6.7	41.5	19.1	2.2	0.0	32.5	6.8	2.3	32.7	42.7	2.2	0.3	29.3	94.8	0.0	10.0	77.0
17.4	6.7	5.8	38.7	19.2	2.0	0.0	32.1	6.5	2.1	32.3	40.1	2.1	0.3	29.3	65.5	0.0	10.0	87.0
7.4	7.2	4.9	35.2	19.3	1.8	0.0	31.6	6.0	1.9	31.8	37.0	1.9	0.3	25.5	36.3	0.0	10.0	97.0
0.0	7.7	4.2	32.2	19.5	1.6	0.0	31.1	5.6	1.6	31.3	33.7	1.7	0.2	10.8	10.8	0.0	7.4	104.4

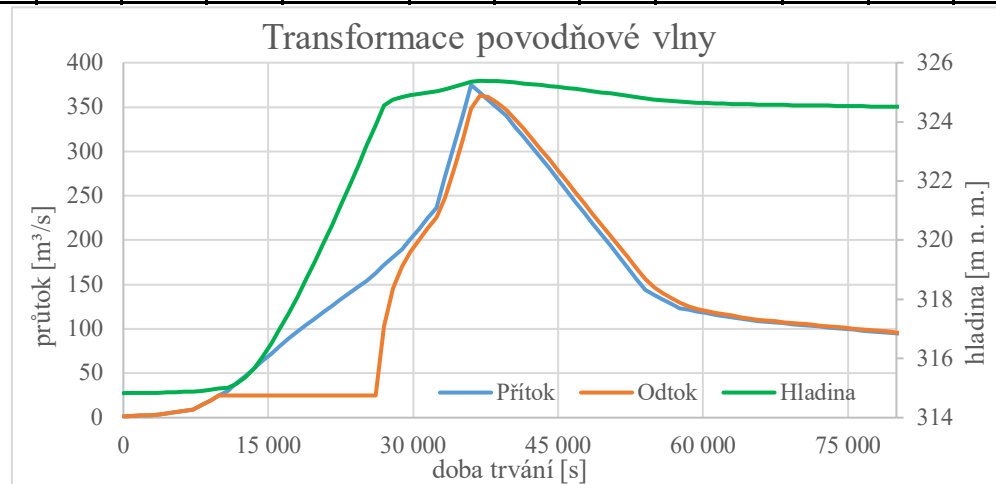
PŘÍLOHA 7

Konzumční křivka - celé vodní dílo

	Kóta hladiny	Levá SV	Pravá SV	Obtok	BPk	BPb	BPb-zat	Celk- nez	Celk-zat	zbývá na BPb
	m n. m.	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
	324.03	5.78	7.53	21.44	0.00	0.00	0.00	34.76	34.76	0.00
	324.10	5.80	7.55	21.50	0.00	3.07	3.07	37.92	37.92	3.07
	324.20	5.81	7.57	21.56	0.19	12.44	12.44	47.57	47.57	12.44
	324.30	5.82	7.59	21.61	2.73	26.40	26.40	64.15	64.15	26.40
	324.40	5.84	7.61	21.67	6.77	44.55	44.55	86.44	86.44	44.55
	324.50	5.85	7.62	21.73	11.88	66.75	66.75	113.83	113.83	66.75
	324.60	5.86	7.64	21.79	17.86	92.94	84.23	146.09	137.38	84.23
	324.70	5.88	7.66	21.84	24.61	123.14	92.03	183.12	152.02	92.03
	324.80	5.89	7.68	21.90	32.04	157.41	98.89	224.91	166.40	98.89
max hladina	324.81	5.89	7.68	21.90	32.82	161.06	99.62	229.36	167.92	99.62
	324.90	5.90	7.69	21.96	40.10	195.87	107.51	271.51	183.16	107.51
	325.00	5.92	7.71	22.01	48.73	238.65	121.55	323.02	205.92	121.55
	325.10	5.93	7.73	22.07	60.19	285.94	142.97	381.86	238.89	142.97
	325.20	5.94	7.75	22.12	70.27	337.94	168.97	444.02	275.05	168.97
	325.30	5.96	7.76	22.18	80.85	394.87	197.44	511.63	314.19	197.44
	325.40	5.97	7.78	22.23	91.92	457.00	228.50	584.90	356.41	228.50
	325.50	5.98	7.80	22.29	103.45	524.59	262.29	664.11	401.82	262.29
	325.60	6.00	7.82	22.35	127.67	597.93	298.96	761.76	462.79	298.96
	325.70	6.01	7.83	22.40	141.39	677.34	338.67	854.97	516.30	338.67
	325.80	6.02	7.85	22.46	155.57	763.14	381.57	955.04	573.47	381.57
koruna	325.90	6.04	7.87	22.51	170.19	855.68	427.84	1062.29	634.45	427.84

PŘÍLOHA 8 Transformace povodňové vlny - zkráceno, aktuální stav

Čas	Přítok	Hladina	Plocha	dQ	Q-n	K1	h1	dQ1	Q-n	K2	h2	dQ2	Qn2	K3	h3	dQ4	Qn4	K4
[s]	[m ³ /s]	[m n. m.]	[m ²]	[m ³ /s]	[m ³ /s]		[m n. m.]	[m ³ /s]	[m ³ /s]		[m n. m.]	[m ³ /s]	[m ³ /s]		[m n. m.]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	
0	1.4	314.8	69024	25.3	1.4	0.00	314.8	25.3	1.4	0.00	314.8	25.3	1.4	0.00	314.8	25.3	1.4	0.01
900	2.0	314.8	69066	25.3	2.0	0.00	314.8	25.3	2.0	0.00	314.8	25.3	2.0	0.00	314.8	25.3	2.0	0.01
1800	2.5	314.8	69109	25.3	2.5	0.00	314.8	25.3	2.5	0.00	314.8	25.3	2.5	0.00	314.8	25.3	2.5	0.01
2700	3.0	314.8	69150	25.3	3.0	0.00	314.8	25.3	3.0	0.00	314.8	25.3	3.0	0.00	314.8	25.3	3.0	0.01
3600	3.5	314.8	69192	25.3	3.5	0.00	314.8	25.3	3.5	0.01	314.8	25.3	3.5	0.01	314.9	25.3	3.5	0.02
4500	4.8	314.9	69302	25.3	4.8	0.00	314.9	25.3	4.8	0.01	314.9	25.3	4.8	0.01	314.9	25.3	4.8	0.02
5400	6.2	314.9	69413	25.3	6.2	0.00	314.9	25.3	6.2	0.01	314.9	25.3	6.2	0.01	314.9	25.3	6.2	0.02
6300	7.5	314.9	69523	25.3	7.5	0.00	314.9	25.3	7.5	0.01	314.9	25.3	7.5	0.01	314.9	25.3	7.5	0.02
7200	8.8	314.9	69634	25.3	8.8	0.00	314.9	25.3	8.8	0.03	314.9	25.4	8.8	0.03	314.9	25.4	8.8	0.07
8100	14.1	314.9	70071	25.4	14.1	0.00	314.9	25.4	14.1	0.03	314.9	25.4	14.1	0.03	314.9	25.4	14.1	0.07
9000	19.4	314.9	70508	25.4	19.4	0.00	314.9	25.4	19.4	0.03	315.0	25.5	19.4	0.03	315.0	25.5	19.4	0.07
9900	24.7	315.0	70946	25.5	24.7	0.00	315.0	25.5	24.7	0.03	315.0	25.5	24.7	0.03	315.0	25.5	24.7	0.07
10800	30.0	315.0	71383	25.5	25.0	0.06	315.0	25.5	25.0	0.12	315.1	25.6	25.0	0.12	315.1	25.6	25.0	0.17
26100	163.2	323.9	196636	34.6	25.0	0.63	324.2	56.6	25.0	0.65	324.2	57.5	25.0	0.65	324.5	102.8	25.0	0.67
27000	171.9	324.5	228392	102.8	102.8	0.27	324.7	130.9	130.9	0.18	324.6	120.6	120.6	0.22	324.8	150.6	150.6	0.12
27900	180.6	324.7	241174	145.3	145.3	0.13	324.8	162.0	162.0	0.09	324.8	156.0	156.0	0.11	324.9	173.3	173.3	0.06
36000	375.0	325.4	292655	348.2	348.2	0.08	325.4	365.8	365.8	0.01	325.4	351.3	351.3	0.06	325.4	373.7	373.7	-0.02
36900	366.3	325.4	296204	363.0	363.0	0.01	325.4	365.1	365.1	-0.01	325.4	360.9	360.9	0.00	325.4	364.4	364.4	-0.02
37800	357.6	325.4	295795	361.3	361.3	-0.01	325.4	358.9	358.9	-0.02	325.4	357.6	357.6	-0.01	325.4	355.6	355.6	-0.02
85500	89.3	324.5	224306	90.6	90.6	-0.01	324.5	90.2	90.2	-0.01	324.5	90.2	90.2	-0.01	324.5	89.7	89.7	-0.01
86400	88.4	324.5	224000	89.7	89.7													



PŘÍLOHA 9

BPk - hrana na 324.18 m n. m.

Kóta hladiny	Přepad. paprsek	Přepad. součinitele	Průtok
m n. m.	m	-	m ³ /s
324.03	0.0	0.64	0.00
324.10	0.1	0.64	1.22
324.18	0.2	0.64	3.81
324.20	0.2	0.64	4.60
324.30	0.3	0.64	9.21
324.40	0.4	0.64	14.77
324.50	0.5	0.64	21.15
324.60	0.6	0.64	28.24
324.70	0.7	0.64	35.99
324.80	0.8	0.64	44.34
324.81	0.8	0.64	45.21
324.90	0.9	0.64	53.26
325.00	1.0	0.64	62.70
325.10	1.1	0.66	75.50
325.20	1.2	0.66	86.33
325.30	1.3	0.66	97.63
325.40	1.4	0.66	109.38
325.50	1.5	0.66	121.58
325.60	1.6	0.73	148.42
325.70	1.7	0.73	162.83
325.80	1.8	0.73	177.67
325.90	1.9	0.73	192.94

max hladina

koruna

BPk - hrana na 323.88 m n. m.

Kóta hladiny	Přepad. paprsek	Přepad. součinitele	Průtok
m n. m.	m	-	m ³ /s
323.88	0.0	0.64	0.00
324.10	0.2	0.64	6.77
324.18	0.3	0.64	10.78
324.20	0.3	0.64	11.88
324.30	0.4	0.64	17.86
324.40	0.5	0.64	24.61
324.50	0.6	0.64	32.04
324.60	0.7	0.64	40.10
324.70	0.8	0.64	48.73
324.80	0.9	0.64	57.91
324.81	0.9	0.64	58.86
324.90	1.0	0.64	67.61
325.00	1.1	0.64	77.79
325.10	1.2	0.66	91.92
325.20	1.3	0.66	103.45
325.30	1.4	0.66	115.43
325.40	1.5	0.66	127.83
325.50	1.6	0.66	140.65
325.60	1.7	0.73	170.19
325.70	1.8	0.73	185.25
325.80	1.9	0.73	200.72
325.90	2.0	0.73	216.61

BPk - další okno 324.18 m n. m.

Kóta hladiny	Přepad. paprsek	Přepad. součinitele	Průtok
m n. m.	m	-	m ³ /s
-	-	-	-
324.18	0.0	0.64	0.00
324.20	0.0	0.64	0.25
324.30	0.1	0.64	3.66
324.40	0.2	0.64	9.09
324.50	0.3	0.64	15.95
324.60	0.4	0.64	23.99
324.70	0.5	0.64	33.05
324.80	0.6	0.64	43.02
324.81	0.6	0.64	44.07
324.90	0.7	0.64	53.84
325.00	0.8	0.64	65.44
325.10	0.9	0.66	80.83
325.20	1.0	0.66	94.36
325.30	1.1	0.66	108.57
325.40	1.2	0.66	123.44
325.50	1.3	0.66	138.92
325.60	1.4	0.73	171.44
325.70	1.5	0.73	189.86
325.80	1.6	0.73	208.91
325.90	1.7	0.73	228.54
-	-	-	-

BPk - další okno 324.03 m n. m.

Kóta hladiny	Přepad. paprsek	Přepad. součinitele	Průtok
m n. m.	m	-	m ³ /s
324.03	0.0	0.64	0.00
324.10	0.1	0.64	1.63
324.18	0.2	0.64	5.12
324.20	0.2	0.64	6.18
324.30	0.3	0.64	12.36
324.40	0.4	0.64	19.84
324.50	0.5	0.64	28.40
324.60	0.6	0.64	37.93
324.70	0.7	0.64	48.33
324.80	0.8	0.64	59.55
324.81	0.8	0.64	60.71
324.90	0.9	0.64	71.52
325.00	1.0	0.64	84.20
325.10	1.1	0.66	101.39
325.20	1.2	0.66	115.93
325.30	1.3	0.66	131.10
325.40	1.4	0.66	146.89
325.50	1.5	0.66	163.26
325.60	1.6	0.73	199.31
325.70	1.7	0.73	218.65
325.80	1.8	0.73	238.58
325.90	1.9	0.73	259.08

PŘÍLOHA 10

Konzumční křivka - levá spodní výpust

Kóta hladiny	Hloubka	Rychlost proudění	Průtok
			DN 1200
m n. m.	m	m/s	m ³ /s
324.00	21.25	14.26	16.13
324.10	21.35	14.29	16.17
324.20	21.45	14.33	16.20
324.30	21.55	14.36	16.24
324.40	21.65	14.39	16.28
324.50	21.75	14.43	16.32
324.60	21.85	14.46	16.36
324.70	21.95	14.49	16.39
324.80	22.05	14.53	16.43
324.81	22.06	14.53	16.43
324.90	22.15	14.56	16.47
325.00	22.25	14.59	16.50
325.10	22.35	14.63	16.54
325.20	22.45	14.66	16.58
325.30	22.55	14.69	16.61
325.40	22.65	14.72	16.65
325.50	22.75	14.76	16.69
325.60	22.85	14.79	16.73
325.70	22.95	14.82	16.76
325.80	23.05	14.85	16.80
325.90	23.15	14.88	16.83

max hladina

koruna

Konzumční křivka - pravá spodní výpust

Kóta hladiny	Hloubka	Rychlost proudění	Průtok
			DN 1200
m n. m.	m	m/s	m ³ /s
324.00	21.07	17.97	20.32
324.10	21.17	18.01	20.37
324.20	21.27	18.06	20.42
324.30	21.37	18.10	20.47
324.40	21.47	18.14	20.52
324.50	21.57	18.18	20.56
324.60	21.67	18.23	20.61
324.70	21.77	18.27	20.66
324.80	21.87	18.31	20.71
324.81	21.88	18.31	20.71
324.90	21.97	18.35	20.75
325.00	22.07	18.39	20.80
325.10	22.17	18.43	20.85
325.20	22.27	18.48	20.90
325.30	22.37	18.52	20.94
325.40	22.47	18.56	20.99
325.50	22.57	18.60	21.04
325.60	22.67	18.64	21.08
325.70	22.77	18.68	21.13
325.80	22.87	18.72	21.18
325.90	22.97	18.76	21.22

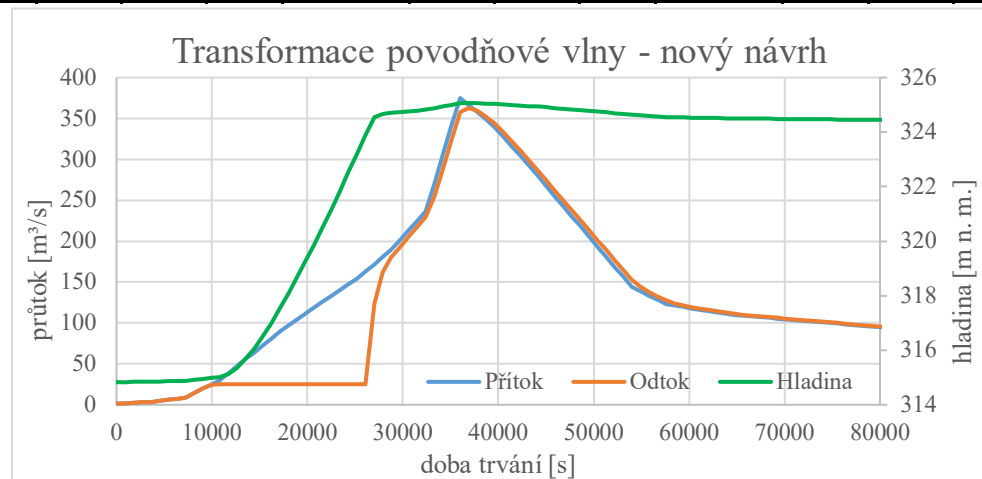
PŘÍLOHA 11

Konzumční křivka - obtok štolou - nové

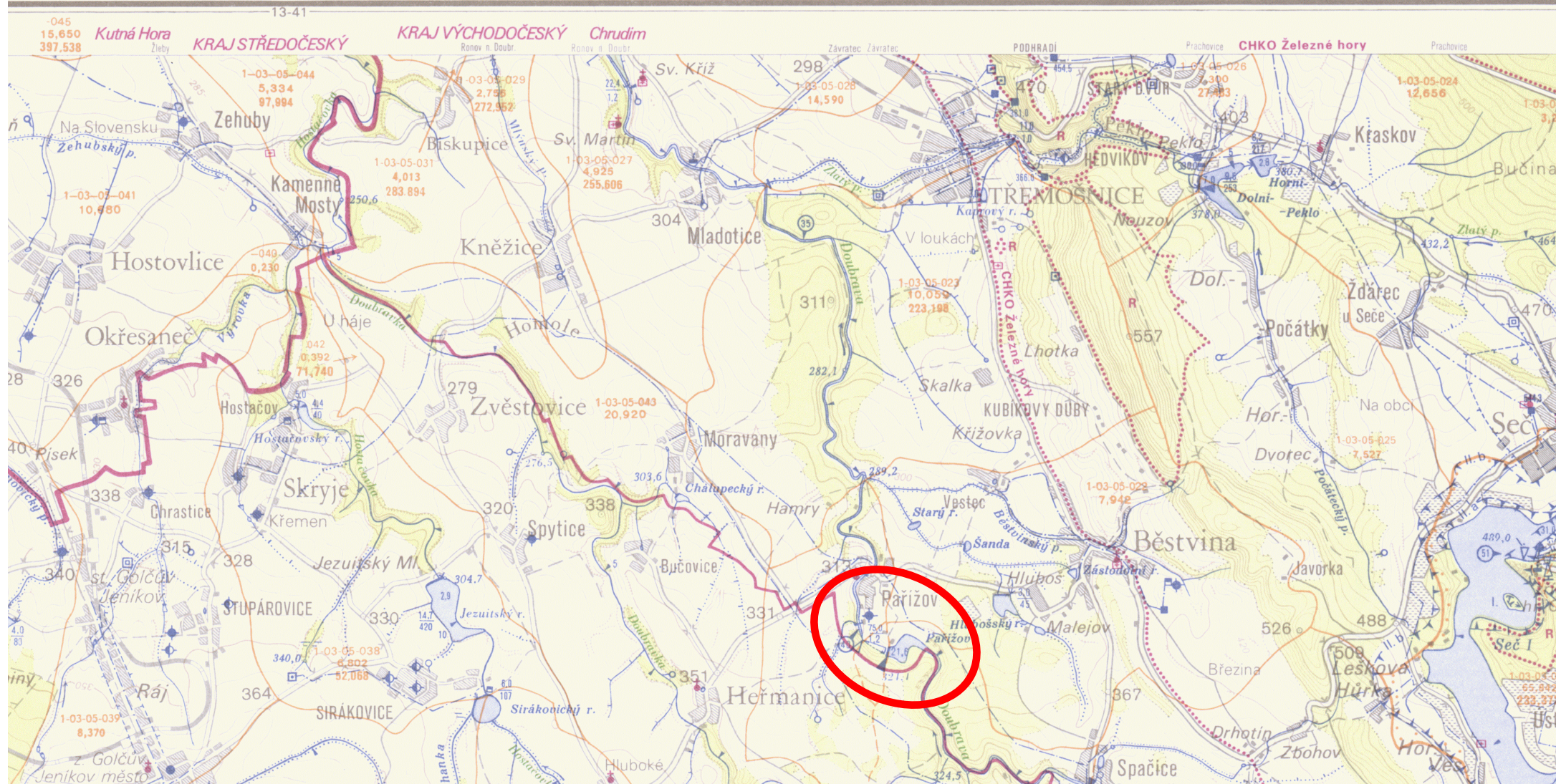
Kóta hladiny	Hloubka	Rychlost proudění	Průtok	
			DN 1500	2*DN1500
m n. m.	m	m/s	m ³ /s	m ³ /s
324.03	18.6	11.70	20.67	41.34
324.10	18.7	11.72	20.71	41.42
324.20	18.8	11.75	20.77	41.53
324.30	18.9	11.78	20.82	41.64
324.40	19.0	11.81	20.88	41.75
324.50	19.1	11.84	20.93	41.86
324.60	19.2	11.88	20.99	41.97
324.70	19.3	11.91	21.04	42.08
324.80	19.4	11.94	21.09	42.19
324.81	19.4	11.94	21.10	42.20
324.90	19.5	11.97	21.15	42.30
325.00	19.6	12.00	21.20	42.41
325.10	19.7	12.03	21.26	42.51
325.20	19.8	12.06	21.31	42.62
325.30	19.9	12.09	21.37	42.73
325.40	20.0	12.12	21.42	42.84
325.50	20.1	12.15	21.47	42.94
325.60	20.2	12.18	21.53	43.05
325.70	20.3	12.21	21.58	43.16
325.80	20.4	12.24	21.63	43.26
325.90	20.5	12.27	21.68	43.37

PŘÍLOHA 12 Transformace povodňové vlny - zkráceno, nový návrh

Čas	Přítok	Hladina	Plocha	dQ	Q-n	K1	h1	dQ1	Q-n	K2	h2	dQ2	Qn2	K3	h3	dQ4	Qn4	K4
[s]	[m ³ /s]	[m n. m.]	[m ²]	[m ³ /s]	[m ³ /s]		[m n. m.]	[m ³ /s]	[m ³ /s]		[m n. m.]	[m ³ /s]	[m ³ /s]		[m n. m.]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	
0	1.4	314.8	69024	25.3	1.4	0.00	314.8	25.3	1.4	0.00	314.8	25.3	1.4	0.00	314.8	25.3	1.4	0.01
900	2.0	314.8	69066	25.3	2.0	0.00	314.8	25.3	2.0	0.00	314.8	25.3	2.0	0.00	314.8	25.3	2.0	0.01
1800	2.5	314.8	69109	25.3	2.5	0.00	314.8	25.3	2.5	0.00	314.8	25.3	2.5	0.00	314.8	25.3	2.5	0.01
2700	3.0	314.8	69150	25.3	3.0	0.00	314.8	25.3	3.0	0.00	314.8	25.3	3.0	0.00	314.8	25.3	3.0	0.01
3600	3.5	314.8	69192	25.3	3.5	0.00	314.8	25.3	3.5	0.01	314.8	25.3	3.5	0.01	314.9	25.3	3.5	0.02
4500	4.8	314.9	69302	25.3	4.8	0.00	314.9	25.3	4.8	0.01	314.9	25.3	4.8	0.01	314.9	25.3	4.8	0.02
5400	6.2	314.9	69413	25.3	6.2	0.00	314.9	25.3	6.2	0.01	314.9	25.3	6.2	0.01	314.9	25.3	6.2	0.02
6300	7.5	314.9	69523	25.3	7.5	0.00	314.9	25.3	7.5	0.01	314.9	25.3	7.5	0.01	314.9	25.3	7.5	0.02
7200	8.8	314.9	69634	25.3	8.8	0.00	314.9	25.3	8.8	0.03	314.9	25.4	8.8	0.03	314.9	25.4	8.8	0.07
8100	14.1	314.9	70071	25.4	14.1	0.00	314.9	25.4	14.1	0.03	314.9	25.4	14.1	0.03	314.9	25.4	14.1	0.07
9000	19.4	314.9	70508	25.4	19.4	0.00	314.9	25.4	19.4	0.03	315.0	25.5	19.4	0.03	315.0	25.5	19.4	0.07
9900	24.7	315.0	70946	25.5	24.7	0.00	315.0	25.5	24.7	0.03	315.0	25.5	24.7	0.03	315.0	25.5	24.7	0.07
10800	30.0	315.0	71383	25.5	25.0	0.06	315.0	25.5	25.0	0.12	315.1	25.6	25.0	0.12	315.1	25.6	25.0	0.17
11700	38.5	315.1	72920	25.6	25.0	0.17	315.2	25.7	25.0	0.22	315.2	25.8	25.0	0.22	315.3	25.9	25.0	0.27
26100	163.2	323.9	196636	34.6	25.0	0.63	324.2	51.1	25.0	0.65	324.2	52.3	25.0	0.65	324.5	124.1	25.0	0.67
27000	171.9	324.5	228392	124.1	124.1	0.19	324.6	155.8	155.8	0.08	324.6	137.0	137.0	0.15	324.7	178.7	178.7	0.01
35100	340.4	325.0	260439	322.6	322.6	0.06	325.0	340.2	340.2	0.06	325.0	339.9	339.9	0.06	325.1	358.3	358.3	0.06
36000	375.0	325.1	265462	357.7	357.7	0.06	325.1	375.4	375.4	-0.02	325.1	352.9	352.9	0.06	325.1	394.7	394.7	-0.10
36900	366.3	325.1	266171	362.7	362.7	0.01	325.1	366.3	366.3	-0.01	325.1	358.2	358.2	0.01	325.1	370.3	370.3	-0.04
85500	89.3	324.4	221279	90.2	90.2	0.00	324.4	89.7	89.7	0.00	324.4	89.7	89.7	0.00	324.4	89.3	89.3	0.00
86400	88.4	324.4	221075	89.3	89.3													




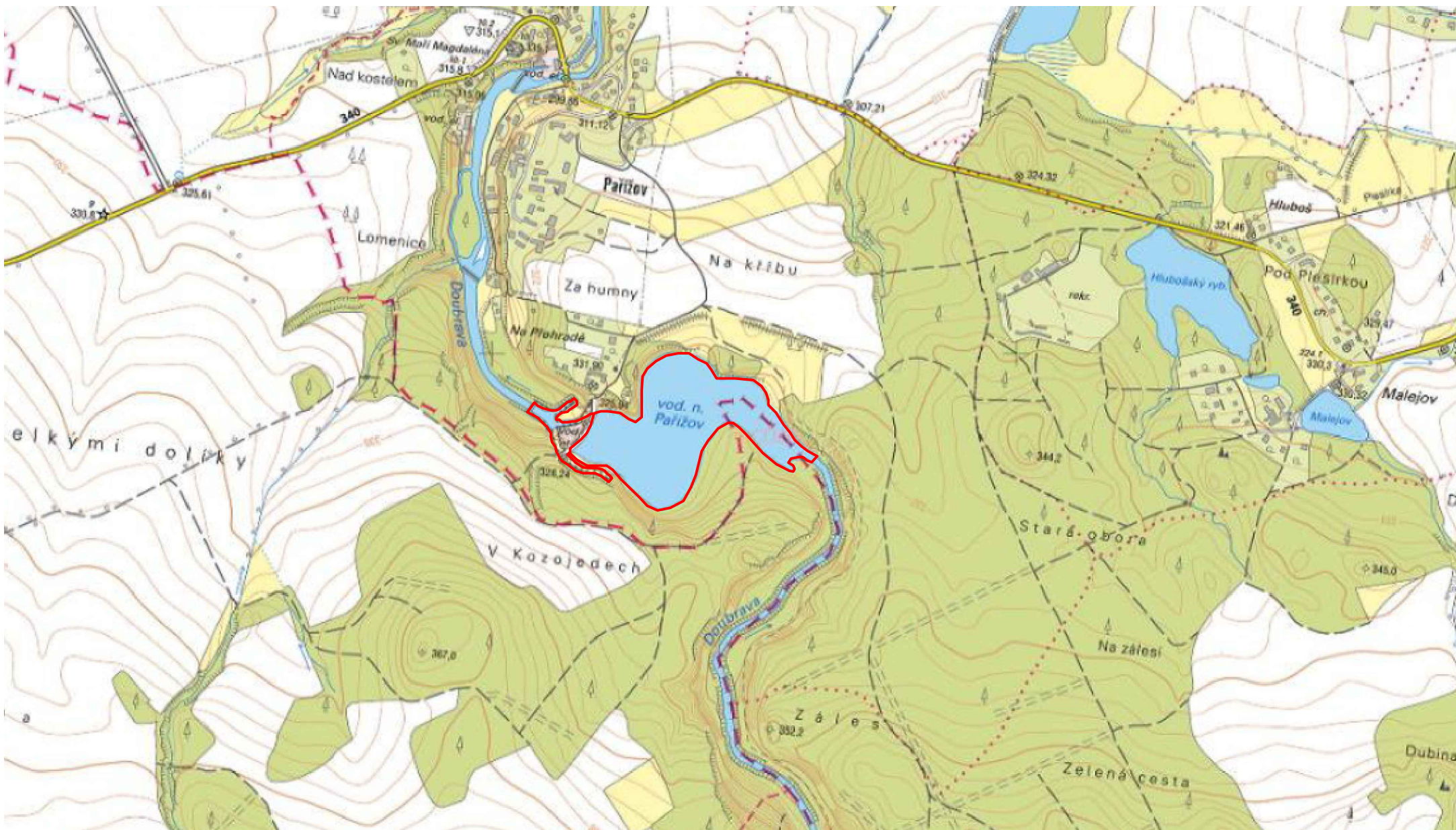
ČESKÝ ÚŘAD ZEMĚMĚŘICKÝ A KATASTRÁLNÍ
13-43 Golčův Jeníkov



LEGENDA

— LOKALIZACE VODNÍHO DÍLA PAŘÍŽOV


Předmět: DIPLOMOVÁ PRÁCE	Vedoucí práce: Ing. M. KRÁLÍK, PhD.	Akademický rok: 2019/2020	Fakulta stavební ČVUT  Meřítko: 1:50 000 Číslo výkresu: G1
Zpracovala:	Bc. NELA TOMANOVÁ		
Název výkresu:	SITUACE - VODOHOSPODÁŘSKÁ MAPA		

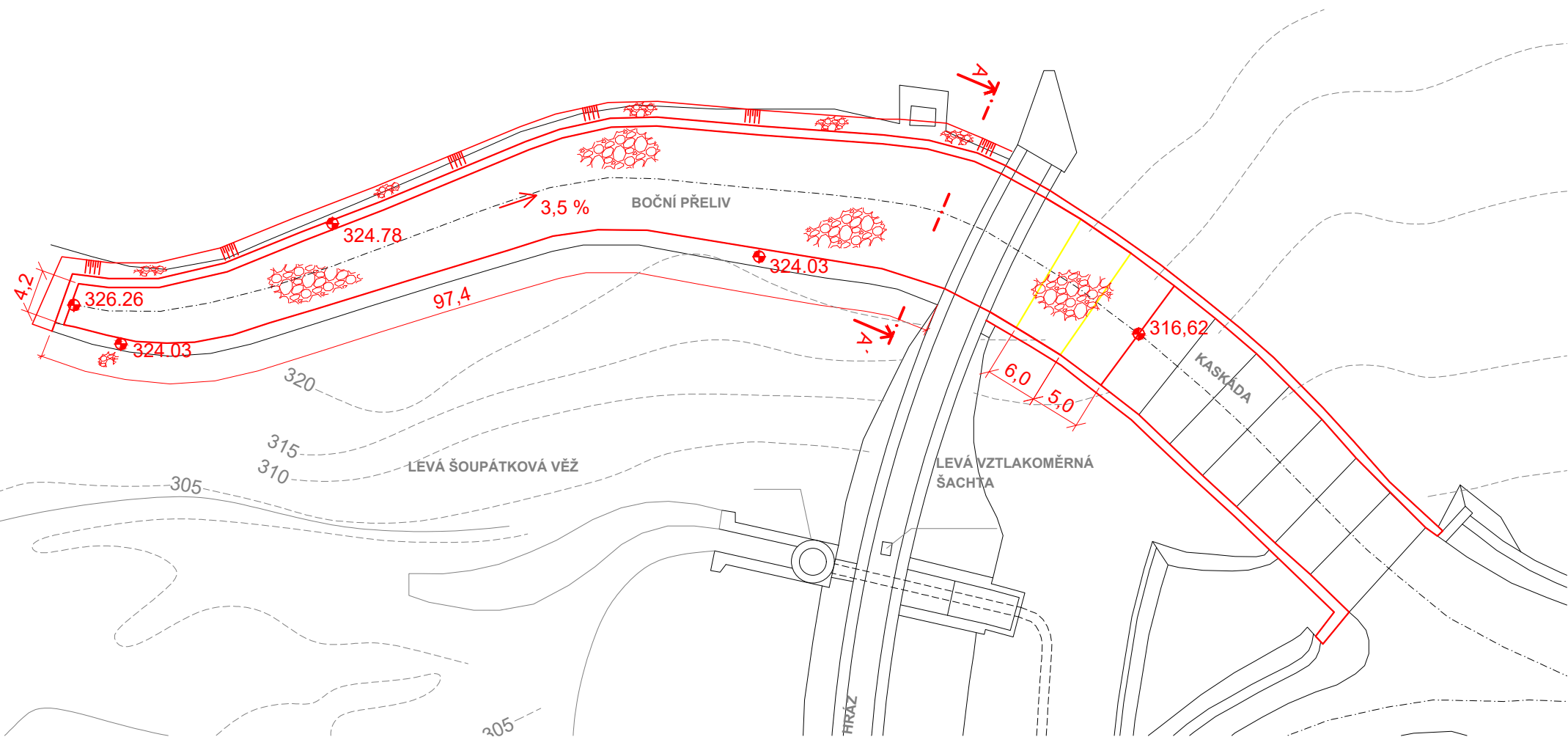


LEGENDA



LOKALIZACE VODNÍHO DÍLA PAŘÍŽOV


Předmět: DIPLOMOVÁ PRÁCE	Vedoucí práce: Ing. M. KRÁLÍK, PhD.	Akademický rok: 2019/2020	Fakulta stavební ČVUT  Meřítko: 1:10 000 Číslo výkresu: G2
Zpracovala:	Bc. NELA TOMANOVÁ		
Název výkresu:	SITUACE ŠIRŠÍCH VZTAHŮ		

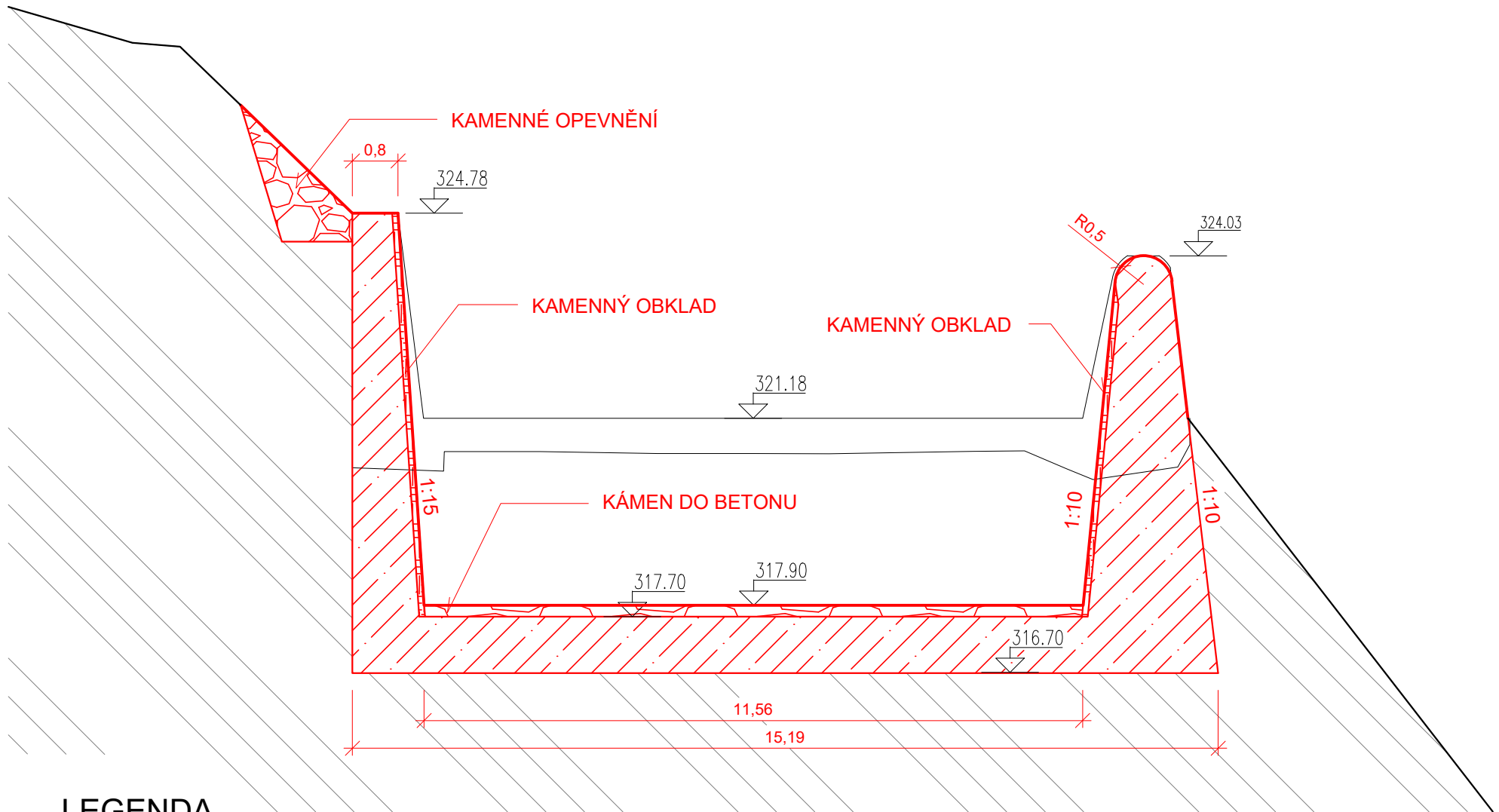


LEGENDA

- NOVÁ KONSTRUKCE
- BOURANÁ KONSTRUKCE
- STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE

VÝŠKOVÝ SYSTÉM Bpv

Předmět: DIPLOMOVÁ PRÁCE	Vedoucí práce: Ing. M. KRÁLÍK, PhD.	Akademický rok: 2019/2020	Fakulta stavební ČVUT 
Zpracovala: Bc. NELA TOMANOVÁ		Meřítko: 1:600	
Název výkresu: PODROBNÁ SITUACE		Číslo výkresu: G3	

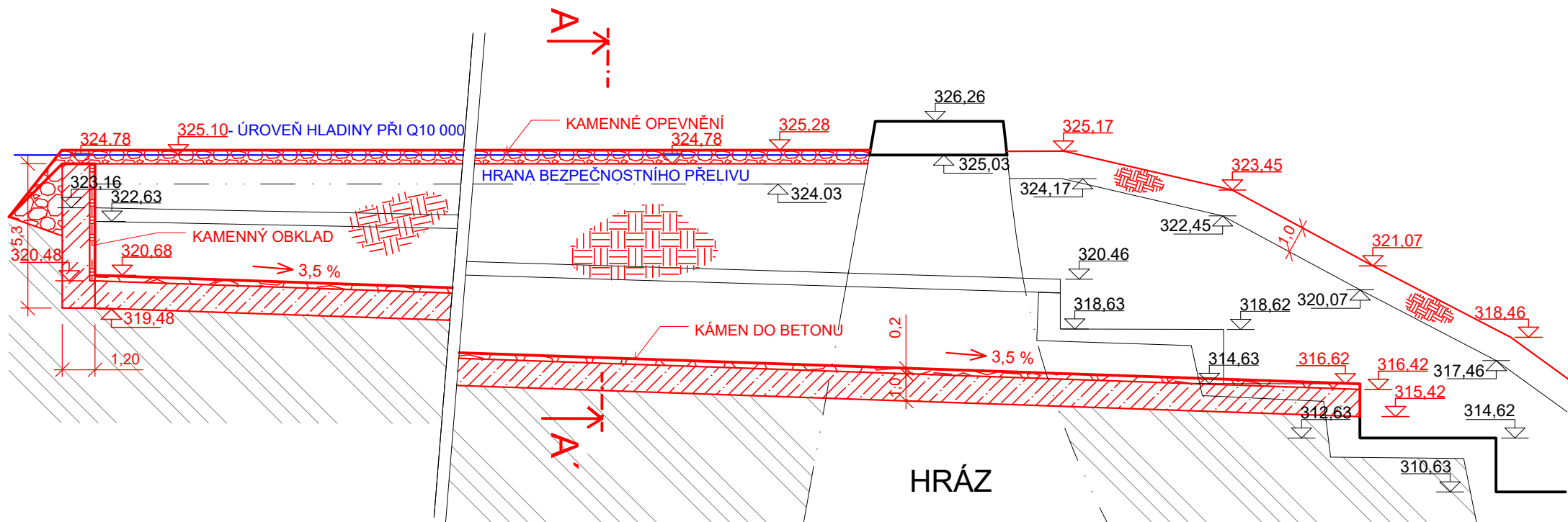


LEGENDA

	NOVÁ KONSTRUKCE
	STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE
	ŽELEZOBETON
	KÁMEN DO BETONU
	KAMENNÝ OBKLAD
	KAMENNÉ OPEVNĚNÍ

VÝŠKOVÝ SYSTÉM Bpv


Předmět: DIPLOMOVÁ PRÁCE	Vedoucí práce: Ing. M. KRÁLÍK, PhD.	Akademický rok: 2019/2020	Fakulta stavební ČVUT
Zpracovala: Bc. NELA TOMANOVÁ			
Název výkresu: ŘEZ SPADIŠTĚM			Meřítko: 1:100 Číslo výkresu: G4



LEGENDA

- NOVÁ KONSTRUKCE
- STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE
- ŽELEZOBETON
- KÁMEN DO BETONU
- KAMENNÝ OBKLAD
- KAMENNÉ OPEVNĚNÍ

VÝŠKOVÝ SYSTÉM Bpv

Předmět: DIPLOMOVÁ PRÁCE	Vedoucí práce: Ing. M. KRÁLÍK, PhD.	Akademický rok: 2019/2020	Fakulta stavební ČVUT 
Zpracovala: Bc. NELA TOMANOVÁ			
Název výkresu: PODÉLNÝ ŘEZ			Číslo výkresu: G5