

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍCH STAVEB
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

OBNOVA JEZU A MVE V LOKALITĚ HLUBOČKY

THE RENEWAL OF THE WEIR AND HYDROPOWER PLANT HLUBOČKY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JINDŘICH HAJDA

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. JAROMÍR ŘÍHA, CSc.

BRNO 2014



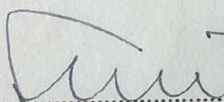
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

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

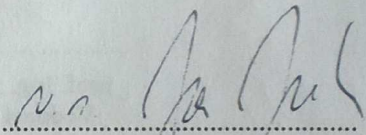
ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Jindřich Hajda
Název Obnova jezu a MVE v lokalitě Hlubočky
Vedoucí bakalářské práce prof. Ing. Jaromír Říha, CSc.
Datum zadání bakalářské práce 30. 11. 2013
Datum odevzdání bakalářské práce 30. 5. 2014

V Brně dne 30. 11. 2013


.....
prof. Ing. Jan Šulc, CSc.
Vedoucí ústavu




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

Podklady a literatura

Zaměření lokality.

Výsledky geologického průzkumu.

Hydrologické údaje lokality.

TNV 752303 - Jezy a stupně.

ČSN 75 2601 Malé vodní elektrárny - Základní požadavky.

Šlezinger, M., Uhmánová, H. Hydrotechnika I - studijní opora.

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

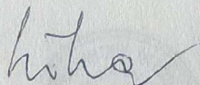
Předmětem práce je provedení návrhu obnovy jezu a malé vodní elektrárny v lokalitě Hlubočky. Návrh bude proveden a rozpracován v podrobnosti studie proveditelnosti.

Výstupem bude textová, výpočtová a výkresová část.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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



prof. Ing. Jaromír Říha, CSc.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt: Bakalářská práce se zabývá obnovou jezu a malé vodní elektrárny v lokalitě Hlubočky- Dukla. Tato práce je rozdělena na dvě části, textovou a výkresovou. Textová část je dále rozdělena na tři hlavní kapitoly – technickou zprávu, hydrotechnické a hydroenergetice výpočty a fotodokumentaci. Technická zpráva se zabývá popisem lokality a navrhovaným technickým řešením. Jednotlivé kroky navrhování byly popsány pomocí hydrovýpočtů. Fotodokumentace dokresluje současný stav návrhové lokality.

Klíčová slova: malá vodní elektrárna, jez, Hlubočky – Dukla, Kaplanova turbína, Olomouc

Abstrakt: This bachelor thesis deals with the design of weir and small hydroelectric power plant in locality Hlubočky-Dukla. This thesis is dividend into two parts: a text and drawings. The text part is further dividend into three main chapters – technical report, hydro-technical and hydro-energy calculations and photos. Technical report deals with description of the site and the propřed technical solution. The individual step sof the design described by hydro-calculations. Photo documentation illustrates the current state.

Key words: small hydro power, weir, Hlubočky – Dukla, Kaplan turbine, Olomouc

Bibliografická citace VŠKP

HAJDA, J. *Obnova jezu a MVE v lokalitě Hlubočky*. Brno, 2014. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb. Vedoucí práce prof. Ing. Jaromír Říha, CSc.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně, a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne

.....

podpis autora

Poděkování:

Za podnětné připomínky a rady k mé práci tímto děkuji vedoucímu bakalářské práce panu prof. Ing. Jaromíru Říhovi, CSc., panu Ing. Vítu Rainerovi z Vodní díla TBD a.s. a také panu Ing. Janu Rasochovi z MVE Moravia a.s.

Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům za podporu při studiu na vysoké škole.

OBSAH

OBSAH.....	8
TECHNICKÁ ZPRÁVA.....	10
1 Úvod.....	11
1.1 Předmět a cíle práce	11
1.2 Identifikační údaje stavby	11
2 Charakteristika území stavby.....	12
2.1 Hydrologické údaje	12
2.2 Geologické poměry	12
2.3 Popis stávajícího stavu	12
3 Stavební řešení hydraulického obvodu.....	15
3.1 SO1 Jez.....	16
3.1.1 Stavební objekty.....	17
3.1.2 Provozní soubory.....	18
3.2 SO 2 náhon K MVE	19
3.3 SO3 Stavební úpravy MVE.....	20
3.3.1 Stavební objekty.....	20
3.3.2 Provozní soubory – strojní část	23
3.3.3 Provozní soubory - elektročást	24
3.4 Odpadní kanál	25
4 Napojení na infrastrukturu.....	25
5 Vliv stavby na životní prostředí.....	25
6 Závěr	26
HYDROTECHNICKÉ A HYDROENERGETICKÉ VÝPOČTY	28
1 Určení odběrného množství.....	29
1.1 Výpočet sanačního průtoku	29
2 Výpočty jezu	30
2.1 Určení hladiny stálého vzdutí.....	30
2.2 Návrh šířky jezu	31
2.3 Ověření kapacity jezu	32
2.4 Měrná křivka přepadu	34
2.5 Výpočet manipulace	39
2.6 Návrh vývaru.....	42
3 Vtokový objekt, náhon a odpad elektrárny	43
3.1 Vtokový objekt.....	43
3.1.1 Návrh parametrů vtokového objektu	44
3.1.2 Výpočet ztrát na vtoku a ztrát rychlostní výškou	44
3.2 Náhon	46
3.3 Odpad.....	46
4 Hydroenergetické výpočty malé vodní elektrárny	47
FOTODOKUMENTACE	50

LITERATURA A TECHNICKÉ PODKLADY:	55
SEZNAM TABULEK	56
SEZNAM OBRÁZKŮ	57
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	58
SEZNAM PŘÍLOH	59

TECHNICKÁ ZPRÁVA

1 ÚVOD

1.1 PŘEDMĚT A CÍLE PRÁCE

Tato bakalářská práce se zabývá, v souladu se zadáním, stavbou jezu a obnovením malé vodní elektrárny (dále jen MVE) v lokalitě Hlubočky – Dukla. Od 50. let minulého století není už tato lokalita energeticky využívána, ale vzhledem k vysokým spádům je velmi energeticky zajímavá. Obnovení zdejší MVE by přispělo k efektivnímu využití hydroenergetického potenciálu na řece Bystřici a vedlo by k dalšímu využití energie z obnovitelných zdrojů v souladu s energetickou politikou ČR a Evropské Unie.

Cílem této bakalářské práce je návrh optimálního řešení pro danou lokalitu s ohledem na co nejkratší návratnost investice.

V rámci provádění této práce byla rovněž provedena rekognoskace terénu s pořízením fotodokumentace a vyhodnocením stávajícího stavu zachovalých konstrukcí.

1.2 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE STAVBY

Název projektu:	Studie obnovy jezu, obnova MVE
Charakter stavby:	Klapkový jez s balvanitým skluzem, obnova MVE
Místo stavby:	Hlubočky – Dukla
Kraj:	Olomoucký
Vodní tok:	Bystřice
Říční km:	15 - 16
Č. povodí:	4-10-03-092

2 CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ STAVBY

Jedná se o obnovu jezu a MVE v lokalitě Hlubočky – Dukla. Nový jezové těleso je navrženo v místě původního pevného jezu, jako pohyblivý jez s pevným Jamborovým prahem a klapkovým uzávěrem. Správcem toku je Povodí Moravy, s. p.

Malá vodní elektrárna bude vybavena jednou turbínou typu Kaplan. Stavební část zůstane až na drobné výjimky nezměněna.

2.1 HYDROLOGICKÉ ÚDAJE

Hydrologické údaje byly k dispozici trojí. První dva z měrného profilu Bystřice – Domašov a těsně nad soutokem Bystřice s Moravou [2]. Pro výpočet byly použity třetí údaje dle [13].

číslo povodí:	4-10-03-092
plocha povodí:	267,4 km ²
název profilu:	ř. km cca 16, nad odbočením derivačního náhonu k MVE
průměrný průtok:	1,54 m ³ /s

Tab. 1 M-denní průtoky [13]

M [dny]	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
Q [m ³ /s]	3,820	2,400	1,730	1,330	1,050	0,844	0,681	0,548	0,436	0,336	0,243	0,160	0,111

Tab. 2 N-leté průtoky [13]

N [roky]	1	2	5	10	20	50	100
Q [m ³ /s]	15,3	22,0	31,5	39,1	46,9	57,7	66,3

2.2 GEOLOGICKÉ POMĚRY

Pro danou práci nebyly k dispozici geologické podklady. Ve fázi studie byly uvažovány pouze vrty z geofondu.

2.3 POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU

Zájmová lokalita se nachází asi 8 km severovýchodně od města Olomouc. Jedná se o řeku Bystřici. Kolem 16 km řeky Bystřice byl ve 30 - 40. letech 20. století postaven jez, za účelem vzduť vody pro místní derivační elektrárnu. Do dnešní doby se dochovala pouze budova vodní elektrárny, která zanikla v 50. letech minulého století a část původního náhonu k MVE.

MVE byla vybudována ve dvacátých letech 20. století na levém břehu řeky Bystřice. Sloužila majiteli přilehlé hřebíkárny k zajištění elektrické energie pro celý areál. MVE byla osazena dvojicí Francisových turbín typu VOITH. Menší z turbín měla přibližný výkon 32 kW, větší zhruba 65 kW.

Přívod hnací vody zajišťoval bezprostředně k elektrárně asi 150 m dlouhý krytý betonový přivaděč o šířce ve dně 1,2 m, výšce 1,9 m a sklonu stěn 15:1. Přibližný spád je zde 2,5 ‰. Na tento betonový žlab pak navazoval náhon z vyskládané břidlice o rozměrech přibližně 2 m ve dně výšce 1,9 m a sklonu stěn 15:1 [14].

Vtokový objekt do náhonu se do dnešních dnů nedochoval, proto se počítá s jeho úplným obnovením.

Po ukončení provozu MVE byl jez protržen povodní a poté již neobnoven. Dodnes se nedochoval žádný manipulační řád, pouze staré výkresy jezu [14]. V současnosti je koryto přehrazeno štětovnicovou stěnou. Účel tohoto přehrazení není znám. Na levém břehu se dochovala část opěrné zdi původního jezu.

Koryto je lichoběžníkového tvaru s rozměry přibližně 9 m ve dně a až 22 m v koruně. Koryto se nachází v oblouku. Levý břeh je náporový a porostlý vegetací, pravý břeh je konvexní a jsou zde vidět vytvořené štěrkové lavice.



Obr. 1 Stávající stav jezu ze štětovnic [6]



Obr. 2 Stávající stav budovy MVE, vlevo je vidět betonová stěna náhonu [6]



Obr. 3 Pohled od betonového přivaděče před odstraněním nánosů a vegetace, dobře je vidět přelivná hrana jalového přepadu [6]



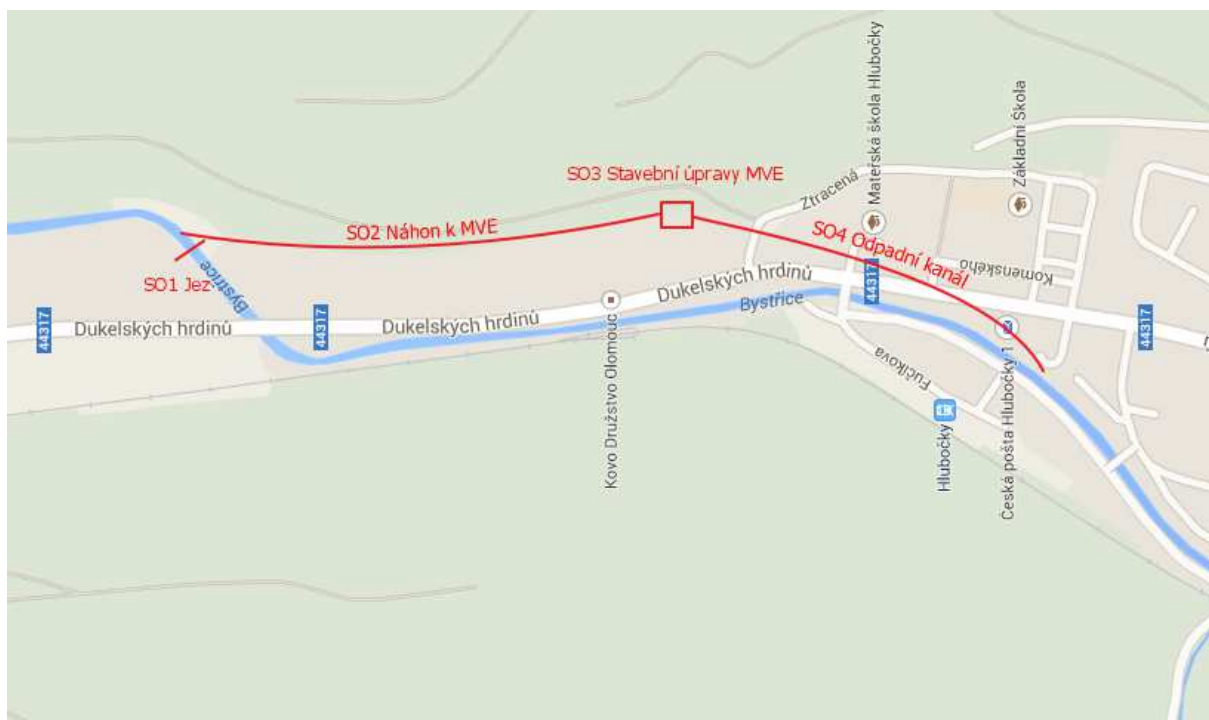
Obr. 4 Stejný pohled od betonového přivaděče po odstranění nánosů a vegetace. Zcela vlevo nátok na větší z turbín, uprostřed nátok na menší turbínu a vpravo jalový přeliv [7]

3 STAVEBNÍ ŘEŠENÍ HYDRAULICKÉHO OBVODU

Koncepční a dispoziční řešení vycházelo z původního uspořádání vodního díla. Návrh byl průběžně porovnáván s původní dokumentací [14] a dopracován pomocí zjištěných šetření na místě samém.

Hydraulický obvod se člení na tyto základní stavební části:

- SO1 – Jez
- SO2 – Náhon k MVE
- SO3 – Stavební úpravy MVE
- SO4 – Odpad z MVE



Obr. 5 Schéma hydraulického obvodu

3.1 SO1 JEZ

Samotné jezové těleso se skládá z jednopolového klapkového jezu a rybího přechodu u levého břehu, který může sloužit jako proplachovací propust. Mezi samotným jezem a rybím přechodem se nachází rozdělovací pilíř.

Jezové těleso se skládá z osmi stavebních objektů a dvou provozních souborů.

STAVEBNÍ OBJEKTY:

- SO1.1 Těleso jezu
- SO1.2 Dělicí pilíř
- SO1.3 Rybí přechod
- SO1.4 Balvanitý skluz
- SO1.5 Břehové pilíře
- SO1.6 Opevnění nadjezí
- SO1.7 Opevnění podjezí a napojení na tok
- SO1.8 Strojovna jezu

PROVOZNÍ SOUBORY:

- PS1.1 Klapkový uzávěr
- PS1.2 Stavidlový uzávěr

3.1.1 Stavební objekty

SO1.1 Těleso jezu

Jezové těleso je vyrobeno z železobetonu a je provedeno dle výkresu (Příloha 2_4). Délka přelivné hrany je 14,5 m. Přelivná hrana se skládá z pevného Jamborova prahu výšky 0,3 m ode dna v nadjezí a duté klapky výšky 1,5 m. Výška klapky a Jamborova prahu, tedy i výška vody v nadjezí je 1,8 m. Kóta dna v nadjezí je 295,7 m n. m., kóta Jamborova prahu je ve výšce 296,0 m n. m. a kóta hladiny stálého vzduší, tedy i kóta horního okraje klapky je 297,5 m n. m. Základová spára je na kótě 292,95 m n. m.

Součástí jezového tělesa je v nadjezí umístěná čerpací jímka průsakových vod o rozměrech 0,4 x 0,4 m a hloubce 0,5 m. Tato čerpací jímka slouží k odčerpání průsakových vod z prostoru mezi klapkou a provizorním hrazením při opravách. Jímka je umístěna u dělicího pilíře z důvodu snadnější manipulace s čerpadlem. Do nadjezí se dá sestoupit pomocí madel, umístěných na pravém a levém břehovém pilíři. Madla slouží obsluze jezu pro snadnější přístup při opravách zařízení. V dělicím pilíři i v pravém nábrežním pilíři jsou umístěny drážky provizorního hrazení tvořené U-profilem 200 mm. Drážky slouží k osazení hrazení při opravách jezu pomocí jeřábu. Z důvodu nemožnosti skladování tohoto hrazení na místě bude hrazení v případě potřeby přivezeno.

SO1.2 Dělicí pilíř

Mezi stavidlem a rybím přechodem je umístěn dělicí pilíř. Celková délka pilíře je 12 m a šířka je 1,5 m. Dělicí pilíř má proměnnou výšku danou snahou ušetřit beton. Kóta pilíře před odskokem je 298,5 m n. m., po odskoku 297,5 m n. m. (Příloha 2_5). Pilíř je založen na kótě 293,7 m n. m. Pilíř je rozdělen dilatační spárou z důvodu rozdílného sedání jezového tělesa a rybího přechodu. Čelo pilíře je v nadjezí a podjezí opatřeno půlkruhovým zaoblením o poloměru 0,75 m. Důvodem je snížení odporu vody. V horní části je umístěna lávka pro obsluhu stavidlového uzávěru o rozměrech 1,2 x 2,2 m (b x h). Na pilíři jsou taktéž umístěny madla pro usnadnění sestupu obsluhy při poruchách a údržbě rybího přechodu.

SO1.3 Rybí přechod

Nebyl na úrovni studie uvažován. Počítá se pravděpodobně s demontovatelným komůrkovým rybím přechodem pro případ oprav a proplachů jezové zdrže od splavenin. Rybí přechod nebude sloužit k manipulaci, slouží pouze k vypouštění sanačního průtoku $Q_{SAN} = 210$ l/s. Tento průtok se vypouští otvorem ve stavidle o rozměrech 0,2 x 0,3 m (š x v).

SO1. 4 Balvanitý skluz

Z hlediska přechodu z bystřinného do bystřinného proudění se vývar navrhovat nemusel. K utlumení energie postačí balvanitý skluz ve sklonu 1:10 průměru kamene 0,4 m a hloubky založení 1 m. Skluz je navržený dle [15]. Tento skluz má délku 3,3 m a poté volně přechází v těžký kamenný zához stejné frakce.

SO1.5 Břehové pilíře

Levobřežní břehový pilíř přechází z tloušťky 400 mm v nadjezí do tloušťky 800 mm v podjezí. Koruna pilíře se nachází na stejné kótě 298,5 m n. m. Odskoky nejsou u tohoto

pilíře nutné z důvodu relativně krátkého zavázání v podjezí. Založení pilíře je proměnlivé a je podrobně popsáno ve výkresech (Příloha 2_4, 2_5). V levobřežním pilíři je taktéž umístěn vtokový objekt s normou stěnou a hrubými česlemi.

Pravobřežní pilíř je tloušťky 900 mm v celé délce koruny. Výšky pravobřežního pilíře se mění z důvodu převýšení pravého břehu oproti levému. Založení pravobřežního pilíře bude na stejných kótách jako založení levobřežního. Zavazovací křídlo tohoto pilíře je v podjezí využito jako opěrná zeď pro schodiště ke strojovně.

SO1.6 Opevnění nadjezí

Opevnění v nadjezí je sestaveno z kamenné dlažby do betonu u břehových zavazovacích křídel, dále z kamenného záhozu v nadjezí zabraňujícím vymílání jezové zdrže při velkých průtocích a opevnění svahů jezové zdrže. Opevnění svahů bude provedeno z kamene stejné frakce jako je kamenný zához v nadjezí opřené o kamennou patku. Svahy budou opevněny nad hladinu stálého vzduť z důvodu snížení vymílání břehu.

SO1.7 Opevnění podjezí a napojení na tok

Opevnění v podjezí vychází z balvanitého skluzu. Balvanitý skluz plynně navazuje na těžký kamenný zához, kterým je opevněno dno v podjezí. Z důvodu zjednodušení nákupu materiálu je přistoupeno na to, že těžký kamenný zához bude stejné frakce jako balvanitý skluz, tedy průměru 0,4 m a hloubky založení 1 m. Těžký kamenný zához se po deseti metrech mění na lehký kamenný zához o průměru zrn 0,2 m a délce asi 25 m. Lehký kamenný zához bude končit na zaražených štetovnicích, které se za tímto účelem oříznou na požadovanou velikost.

SO1.8 Strojovna jezu

Strojovna jezu je situována na pravém břehu a jako základ pro ni slouží pravobřežní zavazovací pilíř. V budově strojovny budou umístěna hydraulická čerpadla, která zajišťují zvednutí a otevření klapky. Rozměry strojovny budou přizpůsobeny dodavateli technologie. Strojovna též slouží obsluze jezu jako sklad potřebných pracovních pomůcek.

3.1.2 Provozní soubory

PS1.1 Klapkový uzávěr

Bylo rozhodnuto o použití klapkového uzávěru. Důvodem je snadnější manipulace při velkých vodách a ledových jevech. Klapkový uzávěr má rozměry 14,5 x 1,5 m (š x v) a udržuje hladinu stálého vzduť na kótě 297,5 m n. m.

Ovládání klapky je hydraulické. Ovládá se dvěma písty umístěnými ve spodní stavbě. Řízení pohybu klapky probíhá ze strojovny na pravém břehu. Hydraulická kapalina ke zvedacím zařízením je dodávána skrz šachty v tělese jezu. Vzduch pod přepadový paprsek je dodáván pomocí potrubí DN 150. Potrubí je umístěno v dělícím pilíři a v pravobřežním pilíři. Průduchy potrubí jsou kryty mřížkou. Místa pohybu klapky na břehovém a středním dělícím pilíři jsou z důvodu odolnosti těsnění, pancéřována pomocí ocelové desky.

Klapka je k jezovému tělesu upevněna pomocí čepů ve spodní betonové stavbě a dosedá na dubové trámce v dosedacím poli. Klapkový uzávěr bude osazen pomocí autojeřábu.

PS1.2 Stavidlový uzávěr

Stavidlový uzávěr je umístěn nad rybím přechodem a slouží k zadržení vody v jezové zdrži a k proplachování prostoru před vtokovým prahem do náhonu. Rozměry uzávěru jsou 1,2 x 2,22 m (š x v). V pravém dolním rohu stavidlového uzávěru je umístěn otvor o rozměrech 0,2 x 0,3 m (š x v) pro vypouštění sanačního průtoku. Stavidlový uzávěr se ovládá pomocí ručního zvedacího mechanismu obsluhovaného z ocelové lávky.

3.2 SO 2 NÁHON K MVE

Náhon k MVE má délku zhruba 500 m a sklon 2,5 ‰. Je tvořen dvěma stavebními objekty - vtokovým objektem a náhonem. Vtokový objekt bude navržen zcela znovu. Z přívodního náhonu budou odstraněny nánosy a budou pročištěny zasypané části.

STAVEBNÍ OBJEKTY:

- SO2.1 Odběrný objekt
- SO2.2 Náhon

SO2.1 Odběrný objekt

Odběrné množství na MVE bylo stanoveno na 1,8 m³/s. Z této hodnoty průtoku byly vypočítány rozměry odběrného objektu. Vtokový objekt je umístěn na levém konkávním břehu z důvodu nezanášení splaveninami. Průtočný profil má šířku 2,95 m a výšku 2 m a sklon 0,4 ‰. Hladina vody je zde při návrhovém průtoku zhruba 1 m.

Kóta vtokového prahu byla zachována na 296,5 m n. m. dle [13]. Odběrný objekt bude plynule napojen na původní zachovaný lichoběžníkový náhon z vyskládané břidlice délky asi 330 m a sklonu 2,5 ‰.

Na odběrném objektu jsou ve sklonu 60° umístěny ručně stírané hrubé česle s šířkami otvorů mezi česlicemi 0,1 m. Na česlích je umístěna normá stěna tvořená z dřevěných prken. Za česlemi jsou umístěny drážky provizorního hrazení usazované pouze při poruchách a opravách náhonu, nebo při odstávkách MVE.

Nad odběrným objektem je umístěna betonová lávka z důvodu snadnějšího stírání česlí a snadnější manipulace s provizorním hrazením.

SO2.2 Náhon

Náhon k MVE má asi 500 m a je zachován v celé své délce. Náhon je rozčleněn na dvě části. První část bezprostředně navazující na vtokový objekt má délku asi 350 m a je z vyskládaného břidličného kamene. Zbytek náhonu je železobetonový krytý stropem, v délce asi 150 m.

Břidličný náhon byl po odstavení MVE zasypan v celé délce. Po provedení kopaných sond v místě náhonu bylo rozhodnuto, že náhon je zachovalý, a dá se opět použít. Tento náhon má šířku ve dně asi 2 m a výšku 1,9 m. Sklon stěn tohoto náhonu je přibližně 15:1. Podélný sklon náhonu je 2,5 ‰ [14]. Břidličný náhon navazuje asi 150 m před MVE na krytý betonový náhon.

Krytý betonový náhon má délku přibližně 150 m s rozměry ve dně 1,2 m a výškou 1,9 m. Sklony stěn jsou 15:1 a podélný sklon náhonu je 2,5 ‰. Náhon chrání betonový strop pravděpodobně kvůli zamezení vnikání listů a ostatních nečistot. Tato část nevyžaduje žádné stavební úpravy, stačí ji pouze pročistit od usazenin.

Tento náhon končí nátokem do MVE před jalovým přepadem na kótě 295,57 m n. m.

3.3 SO3 STAVEBNÍ ÚPRAVY MVE

Stavební objekt MVE se skládá ze tří stavebních objektů a čtyř provozních souborů. Provozní soubory se dále dělí na strojní část a elektročást.

STAVEBNÍ OBJEKTY:

- SO3.1 Nátok k MVE
- SO3.2 Spodní stavba MVE a kašna
- SO3.3 Stavební úpravy strojovny

PROVOZNÍ SOUBORY:

STROJNÍ ČÁST:

- PS3.1 Turbína

ELEKTROČÁST:

- PS3.2 Generátor
- PS3.3 Rozvaděče
- PS3.4 Vyvedení výkonu

3.3.1 Stavební objekty

SO3.1 Nátok k MVE

Nátok do MVE začíná v místě rozšíření betonového náhonu na kótě 295,57 m n. m. a končí u tabulových uzávěrů na kótě 294,97 m n. m.

Na pravé straně objektu ve směru od náhonu se nachází jalový přepad. Přelivná hrana přepadu je umístěna na kótě 296,77 m n. m. a dá se ještě zvýšit pomocí hradidel osazených do připravených drážek [14]. Hladina vody zde bude trvale udržována na kótě 296,75 m n. m. Tento jalový přepad chrání elektrárnu a náhon při vzedmutí hladiny v důsledku hydraulického rázu při odstávkách MVE. Jalový přepad je sveden do odpadního kanálu elektrárny a má dostatečnou kapacitu. Před česlemi se nachází vtokový práh pro zachycení splavenin. Prostor před prahem je proplachován pomocí jalové propusti ústící do odpadního kanálu elektrárny.

Nátokový objekt bude vybaven jemnými česlemi spolu se strojem ke stírání česlí. Využit bude i původní žlab na shrabky. Tyto shrabky nebudou jako v původním projektu odváděny

do odpadního kanálu. Po přidání plechového žlábků a výlomu malého otvoru ve stěně elektrárny, budou shrabky odváděny do kontejneru přistaveného před elektrárnou dle (Příloha 2_6). Před a za jemné česle bude umístěno čidlo pro snímání hladiny, které při velkém rozdílu hladin před a za česlemi spustí stírací stroj. Před jemnými česlemi je umístěna jalová propust sloužící k proplachování tohoto prostoru a k vypouštění náhonu v případě oprav. Stavidlo jalové propusti bude obnoveno v původních rozměrech.

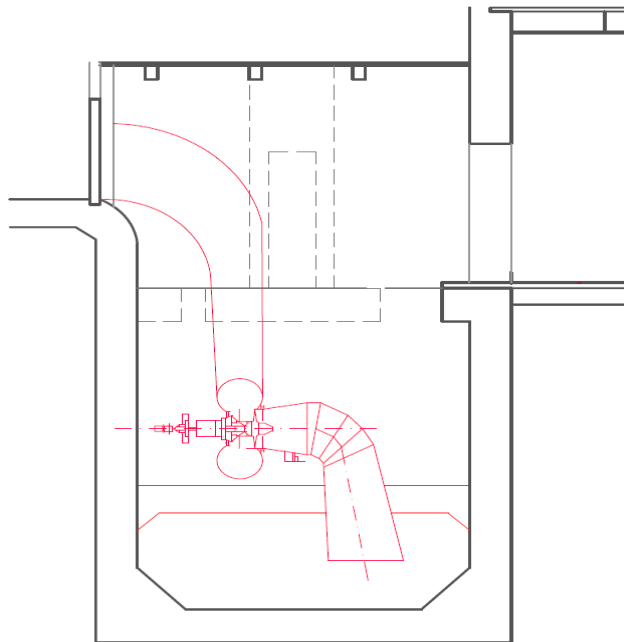
Nátok bude vybaven tabulovými uzávěry. Uvažuje se ponechat levý tabulový uzávěr zcela zavřený a na pravou stranu osadit rychlouzávěr. Ten by se uzavíral pokaždé, když je potřeba odstavit MVE od elektrické sítě a zabránit by tak nebezpečí zničení turbíny průběžnými otáčkami. Kóta prahu před stavidly je 294,97 m n. m. [14].

Vtok do MVE bude zakryt dřevěným stropem tvořeným trámy a deskami dle původního návrhu. Zabrání tak vnikání nečistot a listů do prostoru před stavidly. Toto řešení zabrání také tvorbě ledu v zimních měsících, takže při větší vstupní investici se v budoucnu zabrání problémům s ledovou celinou. U stavidel bude umístěna jednoduchá ocelová pochůzná lávka z důvodu obsluhy rychlouzávěru a stíracího stroje česlí.

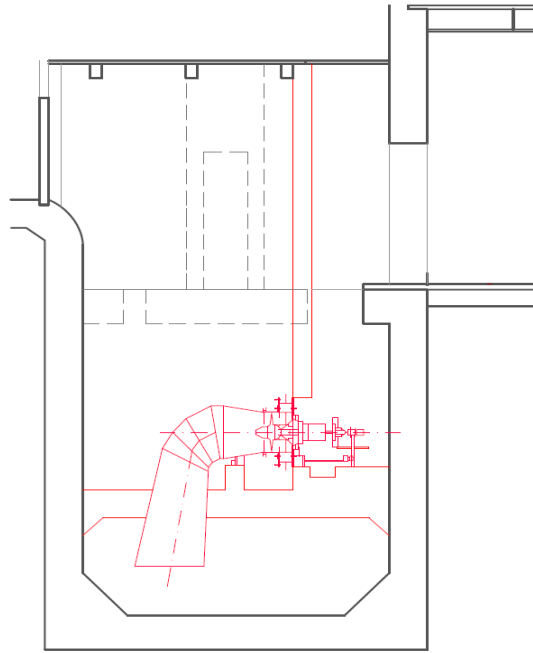
SO3.2 Spodní stavba MVE a kašna

Stavba elektrárny začíná u stavidlových uzávěrů na kótě 294,97 m n. m. a končí nátokem do odpadního kanálu na kótě 288,57 m n. m. [14].

Navrhována byla dvě technické řešení a to řešení s nátokem na turbínu pomocí spirály a kašny. Řešení s nátokem spirálou spočívá v umístění potrubí těsně za vtokové stavidlo, které by přivedlo vodu až ke spirále turbíny. Naproti tomu řešení s nátokem kašnou počítá s probouráním vnitřních zdí a přivedení vody přímo k oběžnému kolu.



Obr. 6 Spirálový vtok, červeně znázorněny nově vybudované konstrukce



Obr. 7 Kašnový vtok, červeně znázorněny nově vybudované konstrukce

Po zvážení všech pro a proti těmto dvou variant byla vybrána varianta nátoku na turbínu pomocí kašny. Hlavním důvodem je jednodušší konstrukce a menší ztráty než je tomu u potrubí.

Osazení kašny vyžaduje stavební úpravy elektrárny. Z původního stavebního řešení zůstanou pouze obvodové zdi. Vnitřní zdi přijdou vybourat a zbude pouze část vtokového pilíře a dvě stavidla. Původní podlaha, na které byly turbíny umístěny, bude probourána. Nová podlaha bude vystavěna o 5,16 m níže a bude mít tloušťku 0,5 m. Ve dně této nové podlahy bude umístěn uzávěr sloužící k vypuštění dané zdrže při opravách. Do prostoru bude dle (Příloha 2_6, 2_7) osazena T-Kaplanova turbína o průměru oběžného kola 710 mm [3]. Původní prostor turbín bude rozdělen příčkou o tloušťce 0,3 m, aby mohly být hřídel a převodový řemen turbíny v suchém prostoru. Z hlediska bezpečnosti a lepšího sestupu k hřídeli turbíny bude tento prostor rozšířen výlomem na levé straně elektrárny dle (Příloha 2_6, 2_7). Převodový řemen bude vyveden asi o 2,5 m nahoru ke generátoru, který je umístěn v otvoru spojujícím původní budovu strojovny s nově vybudovanou místností. K turbíně se bude dát sestoupit pomocí stupaček, pro sestoupení do kašny turbíny bude sloužit žebřík. Turbínová část bude vybavena odnímatelnou střechou tvořenou dřevěnými trámy s nataženými deskami (pro případ opravy nebo demontáže turbíny a jejích částí). Pouze nad hřídelí turbíny a generátorem bude tato odnímatelná střecha ocelová. Toto řešení je praktické i z důvodu oprav, které se budou moci provádět za přístupu denního světla.

Pod novou podlahou turbínové části je vytvořen prostor pro vyústění savky. Toto místo se nebude nijak upravovat a bude ponecháno v původním stavu. Na vyústění savky navazuje původní odpadní kanál.

SO3.3 Stavební úpravy strojovny

Strojovna byla ponechána téměř v původním stavu. Bude zde provedeno pouze vybourání průchodu do nově vzniklé místnosti s hřídelí a převodovým řemenem a znovu vybetonována

podlaha. Nově opravená podlaha bude na kótě 293,47 m n. m. čili asi 1,7 m pod okolním terénem. Terén kolem strojovny je zhruba na kótě 295,18 m n. m. Strojovna má v půdorysu téměř tvar čtverce o stranách 6,5 x 6,55 m a výšku od podlahy ke stropu asi 4,49 m. Strop je tlustý asi 0,47 m a střecha je umístěna kótě 298,47 m n. m.

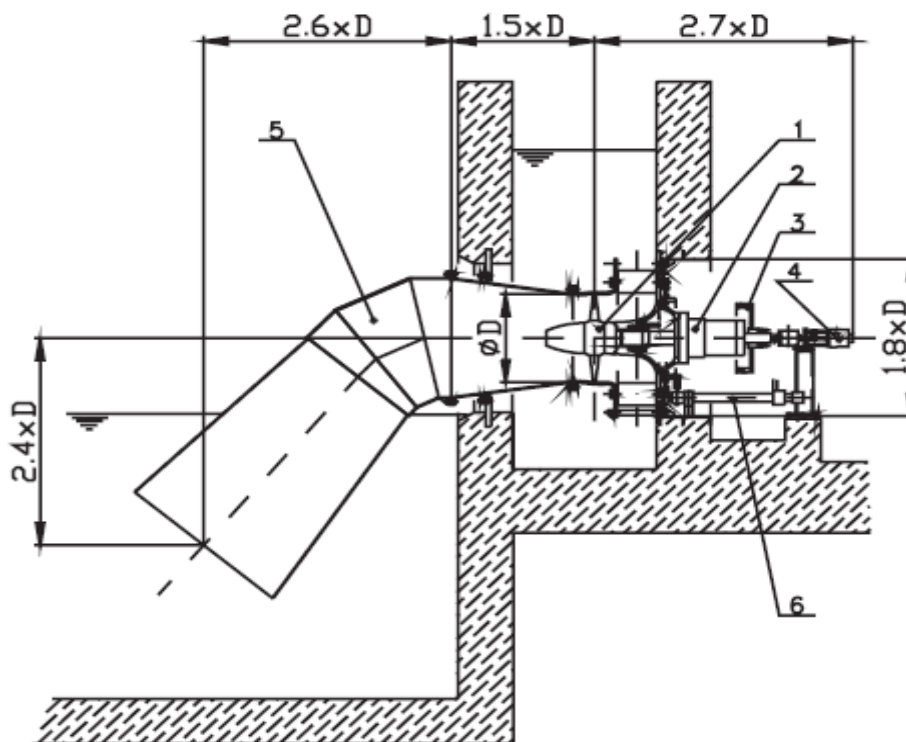
Ve zdi, která odděluje strojovnu od suché části elektrárny bude probourán otvor o šířce 2,5 m a výšce taktěž 2,5 m. V tomto otvoru bude umístěn generátor, odnímatelné zábradlí a stupačky k turbíně (Příloha 2_6, 2_7).

3.3.2 Provozní soubory – strojní část

PS3.1 Turbína

Navržena je Kaplanova turbína v provedení T-Kaplan o průměru oběžného kola 710 mm od výrobce ČKD Turbo Technics. Kaplanova turbína je navržena z důvodu lepšího systému regulace pomocí rozvaděče a oběžného kola. Lépe tak reaguje na změny v průtocích a spádech. Lopatky oběžného kola jsou odlity z kvalitního nerezového materiálu odolného proti kavitaci. Nad turbínou ve skladu oleje bude umístěn čerpací agregát oleje umožňující natačení lopatek oběžného kola. Turbína bude osazena do nově zbudované zdi dle (Příloha 2_6, 2_7).

Zahrazení vtoku na turbínu je řešeno pomocí rychlouzávěru umístěného v místech původních stavidel. U turbíny je oproti skutečnosti pozmeněna savka a to zkroucením téměř do pravého úhlu. Tyto změny bude nutné probrat s výrobcem. Savka turbíny je umístěna 0,3 m pod minimální hladinu dolní vody, což je v souladu s normou. Návrhový průtok na turbínu byl zvolen mezi 60ti a 90ti denními průtoky. Odběrné množství na turbínu je tedy stanoveno na 1,8 m³/s.



Obr. 8 Schéma osazení turbíny [3]

Tab. 3 Parametry turbíny [3]

Typ	T - Kaplan	
Výrobce	ČKD Turbo Technics	
Počet strojů	1	ks
Průměr oběžného kola	710	mm
Rozsah spádů	1,5-8,0	m
Max. průtok	3,2	m ³ /s
Max. výkon turbíny	300	kW

3.3.3 Provozní soubory - elektročást

PS3.2 Generátor

Maximální dosažitelný výkon MVE je 114 kW. Instalován bude jeden asynchronní generátor o štítkovém výkonu 120 kW. Základní údaje o navrhovaném generátoru jsou uvedeny v tabulce.

Generátor bude do sítě připojován automaticky.

Tab. 4 Parametry generátoru [4]

Typ	Asynchronní	
Výrobce	Siemens	
Počet strojů	1	ks
Počet pólů	6	ks
Jmenovitý výkon	120	kW
Frekvence	60	Hz
Kostra	šedá litina	-

PS3.3 Rozvaděče

Rozvaděče skříňového typu budou umístěny u schodiště a mají rozměry 3 x 0,8 x 1,9 m (š x h x v). Rozvody budou vedeny v krytých kabelových kanálcích v podlaze strojovny. Do rozvaděčů bude ústít výstup z generátoru, budou k nim taktéž připojena ostatní elektrozařízení. Ochrana proti vzplanutí rozvaděčů bude realizována pískovou vanou, do které bude vytékat hořící olej.

PS3.4 Vyvedení výkonu

Vyvedení výkonu bude realizováno kabelem v zemi, skrz pozemky bývalé hřebíkárny, do rozvodné sítě NN napětí firmy ČEZ. Vedení bude realizováno přes rozvaděče umístěné ve strojovně. Ve strojovně budou rovněž umístěny přístroje pro dálkové měření vyrobené energie a odebrané energie pro vlastní spotřebu.

Výkupní ceny pro MVE obnovenou od 1. 1. 2014 jsou stanoveny Cenovým rozhodnutím ERÚ a to ve výši 3 230 Kč za MWh [5].

3.4 ODPADNÍ KANÁL

V původním stavu je ponechán i odpadní kanál, který má délku asi 500 m a sklon 5,5 %. Kanál má tvar obdélníku s šířkou ve dně 2,2 m a výškou 2 m [14]. Po prohlídce tohoto kanálu odborníky bylo konstatováno, že se nachází v dobrém technickém stavu a bude připraven přenést daný návrhový průtok. Kapacita kanálu je 10 m³/s.

4 NAPOJENÍ NA INFRASTRUKTURU

Objekty jezu a MVE budou napojeny na všechny dostupné a potřebné sítě. Napojení objektu MVE na silniční síť se řešit nemusí z hlediska umístění v areálu bývalé hřebíkárny. Napojení jezu bude realizováno pomocí obslužné betonové komunikace na pravém břehu, která vedla k areálu bývalých skladů.

Elektrická energie bude k jezu přivedena pomocí místní distribuční sítě od nejbližšího sloupu elektrického vedení. Tato přípojka bude vedená pomocí chráničky v zemi. Stavba jezu bude zahájena stavbou této přípojky kvůli zajištění elektrické energie na stavbě. Vedení elektrické energie do a z budovy MVE bude realizováno pomocí podzemní kabelové přípojky. V budově MVE budou umístěny měřící hodiny odebrané a vyrobené elektrické energie. Vedení bude realizováno do sítě NN skupiny ČEZ.

5 VLIV STAVBY NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Vliv stavby elektrárny a MVE na životní prostředí bude minimální. Nejvíce bude životní prostředí zatíženo v průběhu výstavby. Pravděpodobné problémy způsobí přesuny hmot pomocí nákladních aut při výstavbě. Příjezdová cesta do areálu bývalé hřebíkárny i k místu stavby jezu totiž protíná vesnici Hlubočky. Bude proto nutné omezit stavební práce pouze na denní dobu z hlediska hlučnosti automobilů a stavebních strojů. Bude taktéž nutno zajistit očistu strojů a automobilů, směřujících především ze stavby jezu, kvůli znečištění příjezdové komunikace. V suchých měsících bude muset být zajištěno kropení cest z hlediska prašnosti.

Odpady vzniklé při stavbě jezu budou především stavebního charakteru a budou likvidovány v souladu se zákonem 185/2001 Sb. Může se jednat například o beton, železo, kámen, zdivo apod.

Stavební objekt jezu a MVE neprodukuje odpady ve smyslu zákona č. 185/2001 Sb. Pokud budou v elektrárně skladovány mazací oleje, musí být skladovány dle zákona o odpadech a následně likvidovány na příslušných místech. Odpady vzniklé při rekonstrukcích a generálních opravách budou likvidovány taktéž v souladu s tímto zákonem.

Jediným vznikajícím odpadem na MVE budou shrabky stírané z jemných česlí. Shrabky se po setření dostanou do perforovaného kontejneru, kde vyčkají na odvoz. Dá se předpokládat, že shrabky se budou skládat pouze z listů a drobných větví. Nepředpokládá se ani velké množství těchto shrabků z hlediska toho, že část náhonu a MVE je kryta stropem. Po zkušebním provozu MVE se určí četnost odvozu těchto shrabků.

Za účelem ochrany života v toku bude zachován minimální zůstatkový průtok. Bude vypouštěn pomocí rybího přechodu a má hodnotu $Q_{san} = 210$ l/s. Tento průtok bude při ideálních podmínkách v toku pouze 130 dní v roce. Zbylé dny bude průtok v korytě vždy větší. Migrace rybí osádky bude zajištěna pomocí výše zmíněného rybího přechodu.

6 ZÁVĚR

Úlohou bakalářské práce bylo zpracování problematiky obnovy jezu a MVE v lokalitě Hlubočky. Cílem bylo zjistit, jestli je rentabilní využít hydroenergetický potenciál lokality, který zde od 50. let minulého století využíván není.

Bylo stanoveno odběrné množství, které bude přiváděno derivačním kanálem na elektrárnu. Odběrné množství $Q_{od} = 1,8$ m³/s bylo určeno z křivky překročení průtoků a umístěno zhruba mezi 60ti a 90ti denní průtok. Odběrné množství mohlo být i větší, ale s ohledem na nestálost a zmenšování průtoků ve vodních tocích je toto číslo dostačující. V toku pod jezem je zachován sanační průtok, který je stanoven pomocí výpočtu z metodického pokynu na hodnotu $Q_{SAN} = 210$ l/s. Tento sanační průtok bude vypouštěn otvorem ve stavidle, dále přes rybí přechod do toku.

Komplikovanější byl návrh derivačního náhonu k MVE. Bylo rozhodnuto postupovat dle [14]. Snaha byla co nejvíce využít původní návrh, který se zdá být nejlevnějším a nejefektivnějším řešením. Součástí řešení bylo opět navrhnout vtokový objekt do náhonu, který byl v minulosti úplně zničen.

Návrh jezu vycházel z místních poměrů. Požadavkem bylo nezhoršit průtokové poměry v toku, ochránit průmyslový závod na levém břehu a zahrádkářskou kolonii na pravém břehu výše po toku. S ohledem na to, že se stavba nachází téměř v extravilánu, byl za návrhový průtok zvolen dvacetiletý průtok $Q_{20} = 46,9$ m³/s. Zvolen byl klapkový uzávěr o délce přelivné hrany 14,5 m a výšce klapky 1,5 m, výška pevného Jamborova prahu je 0,3 m. Klapkový jez byl zvolen z důvodu lepšího převedení povodňových průtoků při sklopené klapce. O pohyb klapky se starají dva hydraulické pístové zvedáky umístěné ve spodní stavbě.

Z výpočtů v programu HEC-RAS bylo zjištěno, že pod jezem dochází k bystřinnému proudění, tudíž není nutné zřizovat nákladný vývar. Postačí levnější balvanitý skluz z těžkého kamene průměru 0,4 m. Na balvanitý skluz navazuje těžký kamenný zához v délce 10 m na který navazuje lehký kamenný zához o průměru kamene 0,2 m. Tento lehký kamenný zához se opírá o jez ze štětovic, které jsou seříznujuty na potřebnou výšku. Součástí jezu je rybí přechod pro migraci rybí sádky dále po toku. Rybí přechod nebyl na úrovni této studie uvažován. Rybí přechod bude uvažován až v dalším stupni projektové dokumentace.

Při návrhu MVE byla snaha o co největší využití stávajících konstrukcí, ať už betonových nebo konstrukcí stavidel. Půdorys, řez i zaměření byly získány z původních plánů MVE [14]. K veškerým kótám uvedeným ve výkresu byla nutnost přičíst pouze 0,88 m, zřejmě z důvodu přepočítávání výškových systémů. V původní MVE byly osazeny zdvojené Francisovy turbíny. Vzhledem k jejich špatnému technickému stavu bylo rozhodnuto o jejich nahrazení jednou turbínou typu T-Kaplan od firmy ČKD Turbo Technics [3]. Výkon MVE touto úpravou vzrostl z původních asi 88 kW na zhruba 100 kW. Pro instalaci Kaplanovy turbíny bylo nutné provést určité stavební zásahy, především z důvodu zkrácení délky savky kvůli kavitaci. Uvažované nově budované stavební konstrukce neprošly žádnými statickými výpočty. Tyto výpočty budou provedeny v dalších stupních projektové dokumentace. Uvažovány byly dvě varianty jedna s přívodem vody potrubím do spirály a druhá s přívodem

vody do turbíny kašnou. Nakonec bylo rozhodnuto o kašnové variantě. Odpadní kanál od elektrárny bude zachován původní ve sklonu asi 5,5 % a zaústěním pod jezem u teplárny.

Při stavbě jezu a obnově MVE se počítá s hrubými náklady kolem 15 milionů korun. Díky hydroenergetickým výpočtům byla stanovena průměrná roční výroba elektrické energie v ideálních podmínkách na cca 408,5 MWh. Při státem garantované výkupní ceně 3 230 Kč/MWh vychází hrubý roční příjem 1 319 609 Kč. Při odečtení ročních nákladů na provoz elektrárny a jezu, které mohou dosáhnout cca 250 000 Kč, vychází statická doba návratnosti zhruba 15 let.

S přihlédnutím k výše uvedeným údajům tato studie ukazuje, že stavba jezu i obnova MVE je vcelku dobře realizovatelná, co se stavebních a technických konstrukcí týče. Problém se vyskytne pravděpodobně v ekonomické sféře tohoto záměru. Předpokládaná statická návratnost kolem 15 – 20 let, je na hranici efektivnosti této investice.

V Brně dne

Jindřich Hajda

.....

.....

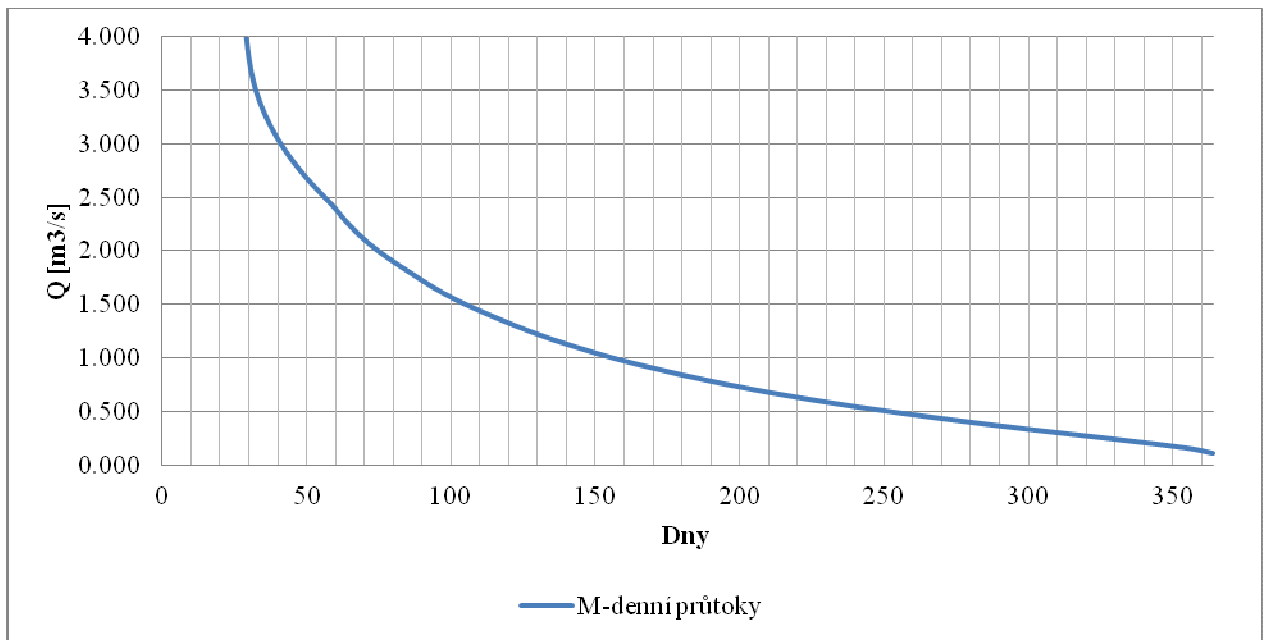
HYDROTECHNICKÉ A HYDROENERGETICKÉ VÝPOČTY

1 URČENÍ ODBĚRNÉHO MNOŽSTVÍ

Při určení odběrného množství vycházíme z křivky překročení M-denních průtoků. [13]
Pro návrh Q_{od} vycházíme zhruba z 60ti až 90ti denního průtoku.

Tab. 5 M-denní průtoky [13]

M [dny]	1	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
Q [m^3/s]	15.300	3.820	2.400	1.730	1.330	1.050	0.844	0.681	0.548	0.436	0.336	0.243	0.160	0.111



Obr. 9 Křivka překročení M-denních průtoků

1.1 VÝPOČET SANAČNÍHO PRŮTOKU

Od m-denních průtoků, musíme odečíst průtok sanační, který musí zůstat v toku po celou dobu chodu MVE. [16]

$$Q_{355} = 0,160 \text{ m}^3/s$$

$$Q_{330} = 0,243 \text{ m}^3/s$$

$$Q_{355} \text{ mezi } (0,05 - 0,5) \text{ m}^3 / s$$

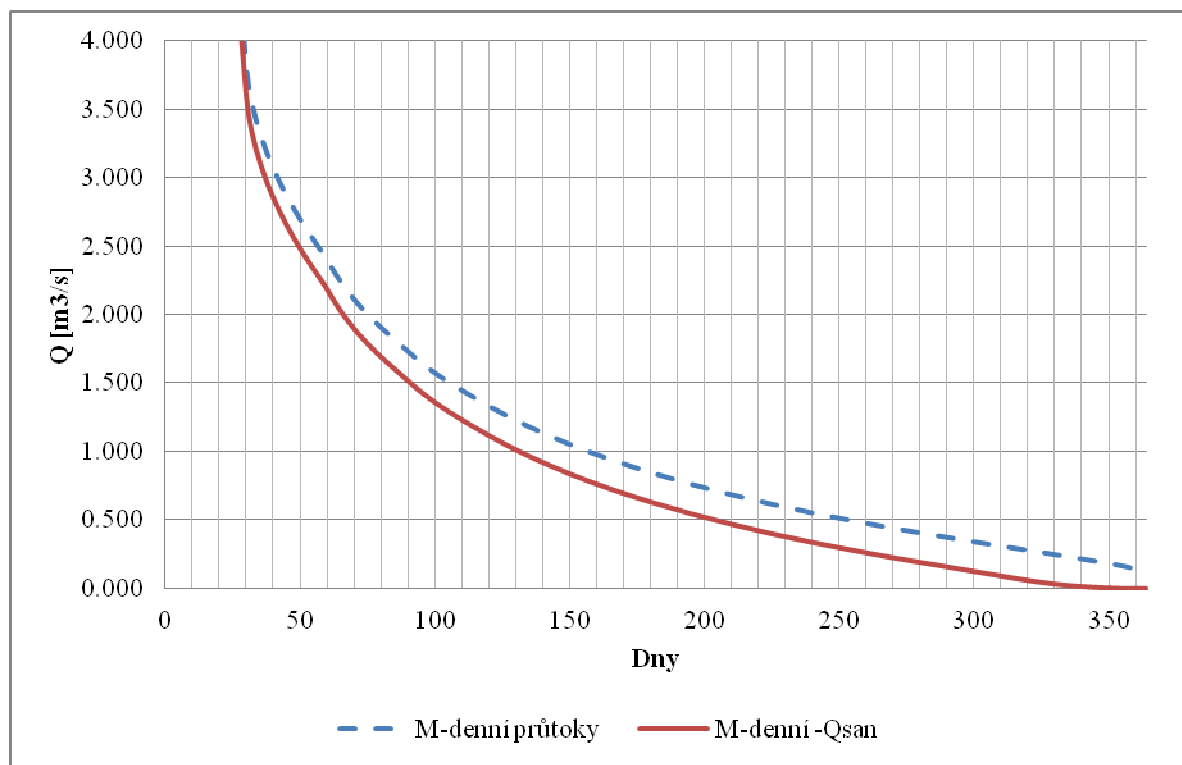
$$Q_{san} = (Q_{330} + Q_{355}) \cdot 0,5$$

$$Q_{san} = (0,243 + 0,160) \cdot 0,5 = 0,201 \text{ m}^3/s$$

$$\text{Navrhuji } Q_{san} = 0,21 \text{ m}^3/s$$

Tab. 6 M-denní průtoky po odečtení sanačního průtoku [13]

M [dny]	1	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
Q [m ³ /s]	15.090	3.610	2.190	1.520	1.120	0.840	0.634	0.471	0.338	0.226	0.126	0.033	0.000	0.000



Obr. 10 Křivka překročení M-denních průtoků po odečtení Qsan

Po odečtení sanačního průtoku volím $Q_{od} = 1,8 \text{ m}^3/\text{s}$.

2 VÝPOČTY JEZU

2.1 URČENÍ HLADINY STÁLÉHO VZDUTÍ

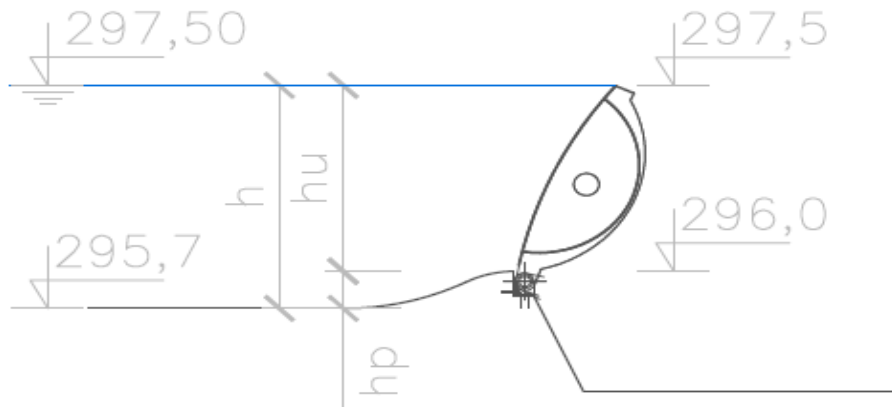
Při určení hladiny stálého vzdutí vycházíme z výšek břehů a okolního terénu. Hodnoty se pohybují od 301,12 m n. m. do 300 m n. m. na pravém břehu a 298,77 m n. m. na břehu levém. Vzhledem k tomu, že na pravém břehu jsou umístěny pouze chaty zahrádkářské kolonie a na levém břehu je (ve větší vzdálenosti od toku) částečně zchátralý objekt bývalé hřebíkárny, byla určena maximální hladina podzemní vody min. 1,2 m pod terénem.

Hladina stálého vzdutí byla určena na kótě 297,5 m n. m. Tato hladina je v souladu s maximální hladinou podzemní vody v okolním terénu.

Návrh výšky klapky

Je uvažováno s využitím Jamborova prahu z hlediska zlepšení průtokových poměrů během povodně.

Navrhuji výšku prahu	$h_p = 0,3 \text{ m}$
Navrhuji výšku uzávěru	$h_u = 1,5 \text{ m}$
Výška uzávěru a prahu je	$h = 1,8 \text{ m}$



Obr. 11 Výpočtové schéma jezu

2.2 NÁVRH ŠÍŘKY JEZU

Pomocí programu HEC-RAS byl proveden výpočet výšky hladin pro N-leté průtoky. Z výsledků vyplývá, že nejvyšší průtok, kdy tok ještě nevybřežuje je Q_{20} . Budu proto uvažovat $Q_{20} = Q_N = 46,9 \text{ m}^3/\text{s}$

Šířku přelivné hrany pro převedení návrhového průtoku zjistíme pomocí rovnice (2.2). K vypočtení součinitele m byla použita rovnice dle Laca (2.1) [11].

Návrhové parametry:

Návrhový průtok	$Q_N = 46,9 \text{ m}^3/\text{s}$
Součinitel přepadu	$m_L = 0,419$
Výška vody při Q_N	$h_N = 1,5 \text{ m}$

Použité vzorce:

$$m_L = \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{0,6}{\left(\frac{p}{h_N} \right)^{0,05}} \right) \quad (2.1)$$

$$Q_N = m_L \cdot \sqrt{2g} \cdot b \cdot h_N^{3/2} \quad (2.2)$$

kde:

h_N – výška vody ve zdrži při Q_N	[m]
p – výška Jamborova prahu	[m]
m_L – součinitel přepadu dle Laca	[-]
b – šířka přelivné hrany	[m]
Q_N – návrhový průtok	[m ³ /s]
h_N – výška při návrhovém průtoku	[m]

Výpočet:

$$m_L = 0,429$$

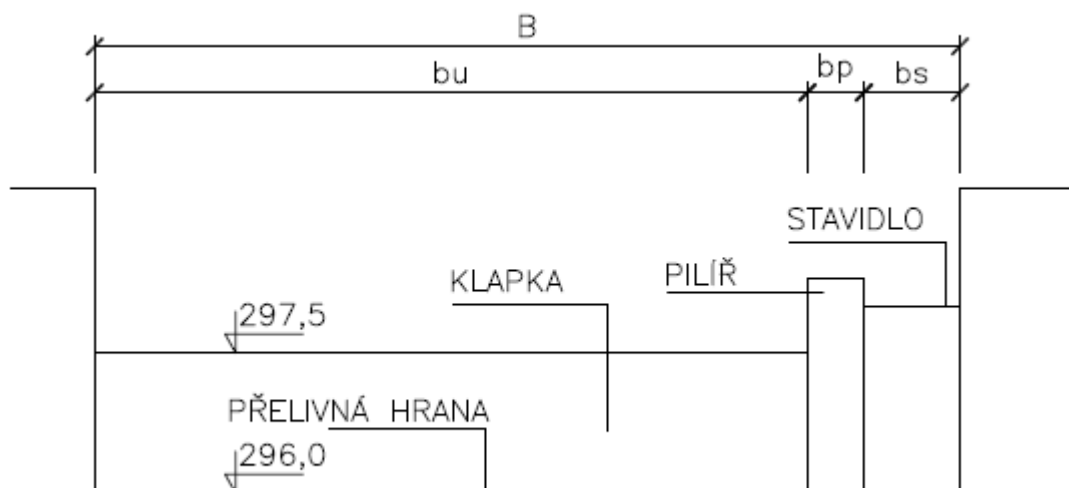
$$\Rightarrow b = \frac{Q}{m_L \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h_N^{3/2}} = 13,74 \text{ m}$$

Navrhuji šířku přelivné hrany $b = 14,5$ m.

2.3 OVĚŘENÍ KAPACITY JEZU

Vybrána varianta jednoho jezového pole s rybím přechodem. Rybí přechod je ve skutečnosti štěrková propust, která se při provádění velkých průtoků nepoužívá. Není tudíž započítána do délky přelivné hrany.

Nejprve musíme určit šířku jezové zdrže B dle rovnice (2.3). Dále musíme vypočítat rychlost ve zdrži dle rovnice (2.4). Po výpočtu rychlostní výšky nezbytné k určení odběrné výšky (2.5) vypočítáme kapacitní průtok dle rovnice (2.6).



Obr. 12 Výpočtové schéma pro ověření kapacity

Návrhové parametry:

Šířka uzávěru	$b_u = 14,5 \text{ m}$
Šířka pilíře	$b_p = 1,5 \text{ m}$
Šířka stavidla	$b_s = 1,2 \text{ m}$

Použité vzorce:

$$B = b_u + b_p + b_s \quad (2.3)$$

$$Q_N = A \cdot v \quad (2.4)$$

$$k = \frac{v^2 \cdot \alpha}{2 \cdot g} \quad (2.5)$$

$$Q_{KAP} = \sigma \cdot m_L \cdot b_o \cdot h_o^{\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{2 \cdot g} \quad (2.6)$$

kde:

B – šířka jezové zdrže	[m]
b_u – délka přelivné hrany	[m]
b_p – šířka pilíře	[m]
b_s – šířka stavidla	[m]
A – průtočná plocha	[m ²]

v – rychlost v jezové zdrži	[m/s]
Q_N – návrhový průtok	[m ³ /s]
k – rychlostní výška	[m]
α – Coriolisovo šíslo	[-]
σ – součinitel nedokonalého přepadu (náš případ 1)	[-]
m_L – součinitel přepadu dle LACA	[-]
b_o – zúžení šířky jezu	[m]
h_o – přepadová výška	[m]

Výpočet:

$$B = b_u + b_p + b_s = 17,2m$$

$$\Rightarrow v = \frac{A}{Q_N} = 2,16m / s$$

$$k = \frac{v^2 \cdot \alpha}{2 \cdot g} = \frac{2,16^2 \cdot \alpha}{2 \cdot 9,81} = 0,237m$$

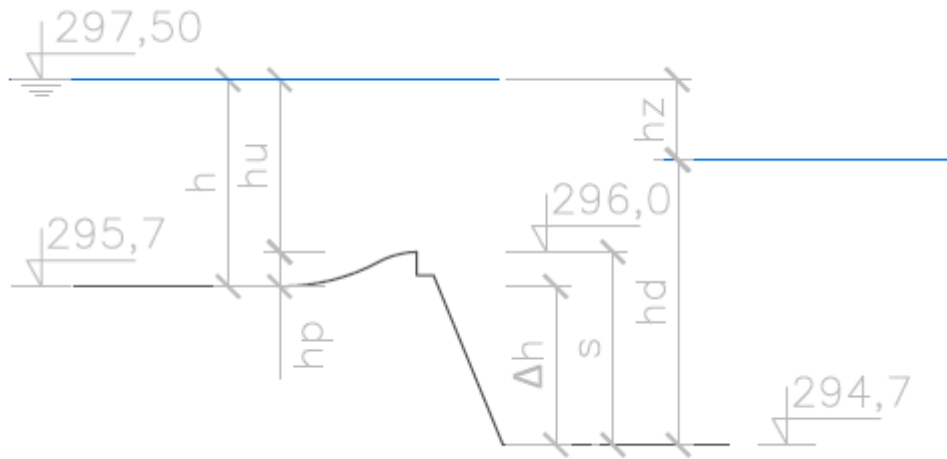
$$Q_{KAP} = \sigma \cdot m \cdot b_o \cdot h_o^{\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{2 \cdot g} = 47,38m^3$$

Kapacitní průtok $Q_{KAP} = 47,38 \text{ m}^3/\text{s}$ je větší než $Q_N = 46,9 \text{ m}^3/\text{s}$ a proto délka přelivné hrany $b_u = 14,5 \text{ m}$ vyhovuje návrhu.

2.4 MĚRNÁ KŘIVKA PŘEPADU

Výpočty měrné křivky jsou zpracovány pomocí programu Microsoft Office Excel. Zprvu jsou hodnoty brány po 0,1 m, poté když přijdou na řadu iterace po 0,2 m. Pro výpočet měrné křivky přepadu je bráno stejné schéma jako pro ověření kapacity jezu, tedy obr. 11 a výpočtové schéma obr. 12.

Tabulka je barevně rozlišena, modře zaznačené buňky znázorňují průtok QI, který se pak dál iteruje, zeleně zaznačené buňky znázorňují hladinu dolní vody branou z programu HEC-RAS a žlutě zaznačené znázorňují výsledné průtoky pro jednotlivé přepadové výšky. Sloupeček Vz. označuje použitý vzorec součinitele přepadu m S – Skalička, L – Laco.



Obr. 13 Výpočtové schéma pro měrnou křivku přepadu

Návrhové parametry:

Šířka uzávěru	$b_u = 14,5 \text{ m}$
Šířka pilíře	$b_p = 1,5 \text{ m}$
Šířka stavidla	$b_s = 1,2 \text{ m}$
Šířka zadrž	$B = 17,2 \text{ m}$
Rozdíl horní – dolní dno	$\Delta h = 1 \text{ m}$
Výška konstrukce od dolního dna	$s = 1,3 \text{ m}$

Použité vzorce:

$$m_s = 0,36273 + 0,05616 \cdot \left(\frac{h}{p}\right) + 0,009213 \cdot \left(\frac{h}{p}\right)^2 \quad (2.7)$$

$$m_L = \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{0,6}{\left(\frac{p}{h}\right)^{0,05}} \right) \quad (2.8)$$

$$QI = m_{(s,L)} \cdot b \cdot h^{\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{2 \cdot g} \quad (2.9)$$

$$h_z = h_d - s \quad (2.10)$$

$$QII = \sigma \cdot m_{(s,L)} \cdot b_o \cdot h_o^{\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{2 \cdot g} \quad (2.11)$$

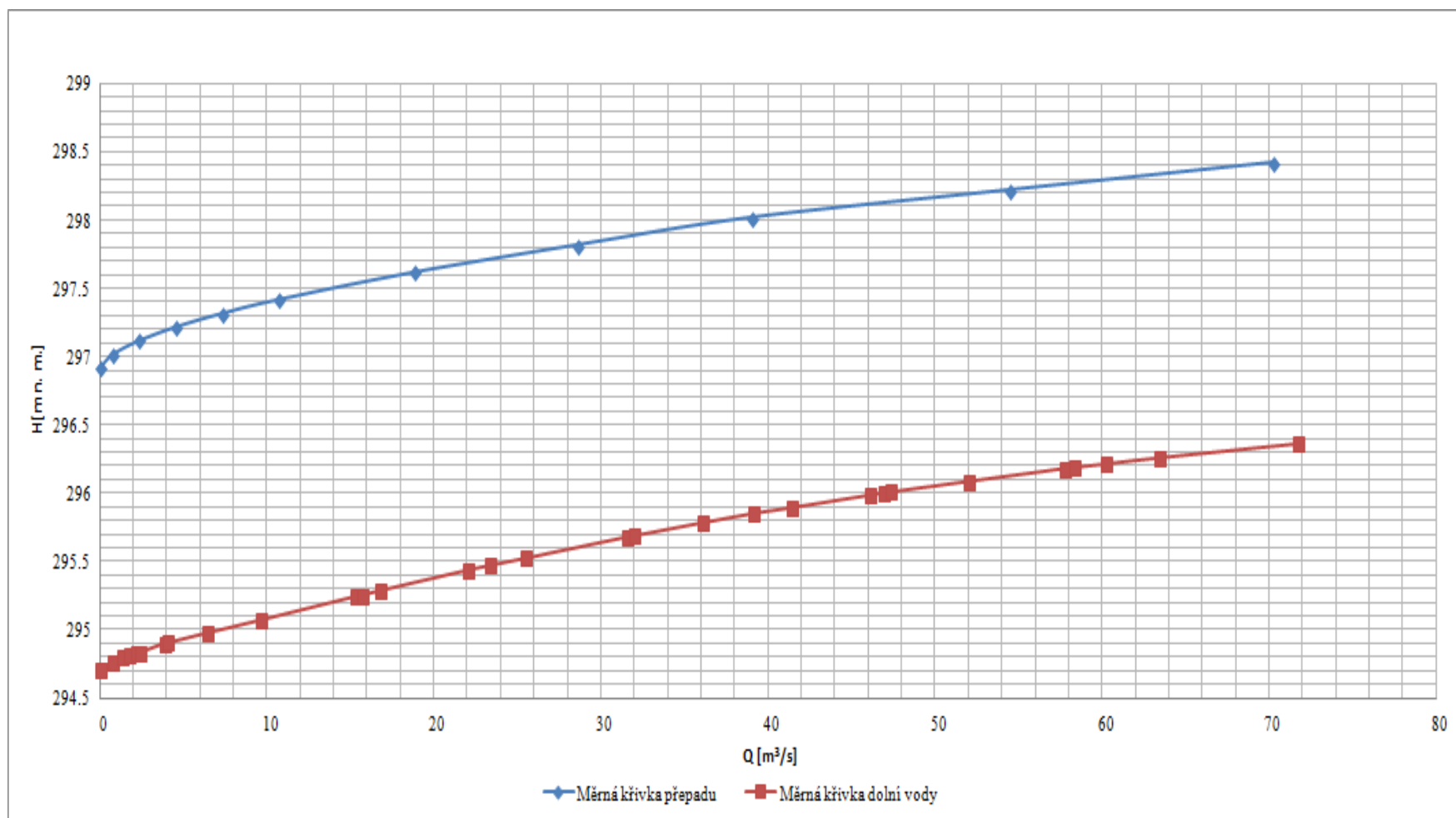
kde:

b – délka přelivné hrany	[m]
p – výška Jamborova prahu	[m]
h – přepadová výška	[m]
$m_{(S,L)}$ – součinitel přepadu	[-]
Q_I – návrhový průtok	[m ³ /s]
Q_{II} – konečný průtok	[m ³ /s]
σ – součinitel nedokonalého přepadu (náš případ 1)	[-]
b_o – zúžení šířky jezu	[m]
h_o – přepadová výška	[m]

Výpočet:

nedokonalý přepad																			
Hm n.m.	h[m]	h/p	p/h	Vz. m	A[m ²]	QI[m ³ /s]	vo[m/s]	k	ho[m]	bo[m]	hd[m]	hz[m]	hz/h	přepad	sigma	QII[m ³ /s]	QII-QI		
296.1	0.1	0.33	3.00	S	0.380	6.88	0.77	0.11	0.00	0.10	14.49	0.06	-1.24	-12.40	dok	1	0.78	0.01	ok
296.2	0.2	0.67	1.50	S	0.396	8.6	2.28	0.26	0.00	0.20	14.48	0.13	-1.17	-5.85	dok	1	2.34	0.06	ok
296.3	0.3	1.00	1.00	S	0.410	10.32	4.32	0.42	0.01	0.31	14.46	0.20	-1.10	-3.66	dok	1	4.52	0.19	ok
296.4	0.4	1.33	0.75	S	0.421	12.04	6.84	0.57	0.02	0.42	14.45	0.28	-1.03	-2.56	dok	1	7.27	0.42	iterace
	0.4	1.33	0.75	S	0.421	12.04	7.27	0.60	0.02	0.42	14.45	0.40	-0.90	-2.25	dok	1	7.33	0.06	ok
296.5	0.5	1.67	0.60	S	0.431	13.76	9.78	0.71	0.03	0.53	14.44	0.37	-0.93	-1.86	dok	1	10.54	0.76	iterace
	0.5	1.67	0.60	S	0.431	13.76	10.54	0.77	0.03	0.53	14.44	0.38	-0.93	-1.85	dok	1	10.67	0.13	ok
296.7	0.7	2.33	0.43	S	0.444	17.2	16.69	0.97	0.05	0.75	14.41	0.56	-0.74	-1.06	dok	1	18.40	1.72	iterace
	0.7	2.33	0.43	S	0.444	17.2	18.40	1.07	0.06	0.76	14.41	0.60	-0.70	-1.00	dok	1	18.81	0.40	iterace
	0.7	2.33	0.43	S	0.444	17.2	18.81	1.09	0.06	0.76	14.41	0.63	-0.67	-0.96	dok	1	18.91	0.10	ok
296.9	0.9	3.00	0.33	S	0.448	20.64	24.58	1.19	0.08	0.98	14.38	0.78	-0.52	-0.58	dok	1	27.53	2.95	iterace
	0.9	3.00	0.33	S	0.448	20.64	27.53	1.33	0.10	1.00	14.38	0.83	-0.47	-0.52	dok	1	28.35	0.82	iterace
	0.9	3.00	0.33	S	0.448	20.64	28.35	1.37	0.10	1.00	14.38	0.90	-0.40	-0.44	dok	1	28.60	0.24	ok
297.1	1.1	3.67	0.27	S	0.445	24.08	32.96	1.37	0.10	1.20	14.36	0.99	-0.32	-0.29	dok	1	37.19	4.23	iterace
	1.1	3.67	0.27	S	0.445	24.08	37.19	1.54	0.13	1.23	14.35	1.07	-0.23	-0.21	dok	1	38.46	1.27	iterace
	1.1	3.67	0.27	S	0.445	24.08	38.46	1.60	0.14	1.24	14.35	1.10	-0.20	-0.18	dok	1	38.88	0.42	iterace
	1.1	3.67	0.27	S	0.445	24.08	38.88	1.61	0.14	1.24	14.35	1.13	-0.17	-0.15	dok	1	39.02	0.14	ok
297.3	1.3	4.33	0.23	L	0.464	27.52	44.18	1.61	0.14	1.44	14.33	1.22	-0.08	-0.06	dok	1	50.78	6.60	iterace
	1.3	4.33	0.23	L	0.464	27.52	50.78	1.85	0.18	1.48	14.32	1.33	0.03	0.02	dok	1	53.12	2.34	iterace
	1.3	4.33	0.23	L	0.464	27.52	53.12	1.93	0.20	1.50	14.32	1.38	0.08	0.06	dok	1	54.04	0.92	iterace
	1.3	4.33	0.23	L	0.464	27.52	54.04	1.96	0.21	1.51	14.32	1.39	0.09	0.07	dok	1	54.41	0.37	ok
297.5	1.5	5.00	0.20	L	0.470	30.96	55.46	1.79	0.17	1.67	14.30	1.41	0.11	0.07	dok	1	64.35	8.89	iterace
	1.5	5.00	0.20	L	0.470	30.96	64.35	2.08	0.23	1.73	14.29	1.54	0.24	0.16	dok	1	67.78	3.43	iterace
	1.5	5.00	0.20	L	0.470	30.96	67.78	2.19	0.26	1.76	14.29	1.59	0.29	0.19	dok	1	69.26	1.48	iterace
	1.5	5.00	0.20	L	0.470	30.96	69.26	2.24	0.27	1.77	14.29	1.82	0.52	0.34	dok	1	69.92	0.66	iterace
	1.5	5.00	0.20	L	0.470	30.96	69.92	2.26	0.27	1.77	14.29	1.85	0.55	0.37	dok	1	70.23	0.30	ok

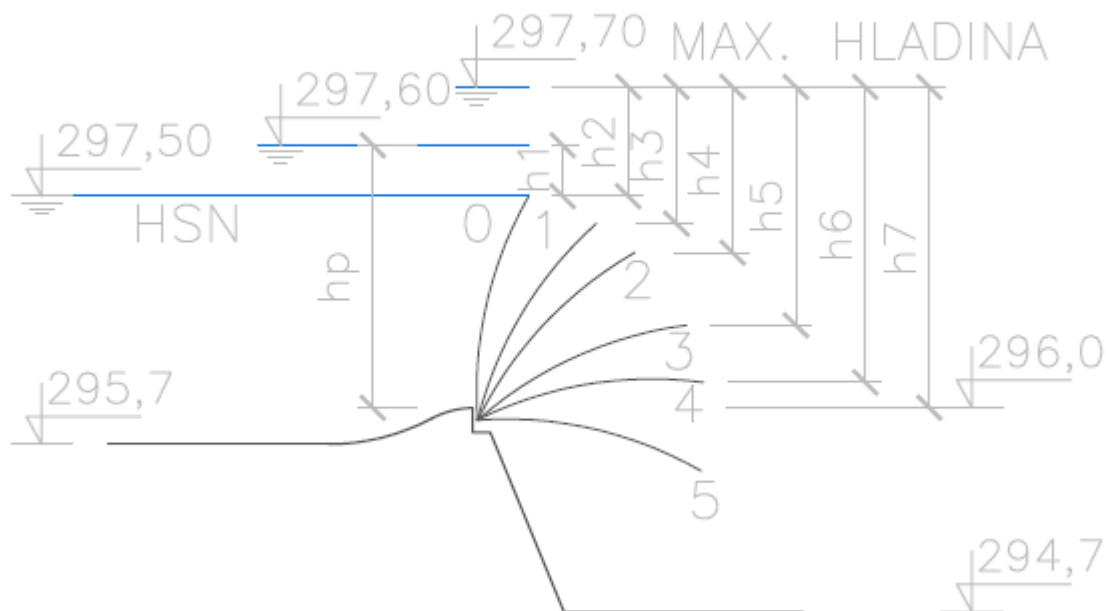
Tab. 7 Tabulka výpočtu měrné křivky přepadu



Obr. 14 Měrná křivka přepadu

2.5 VÝPOČET MANIPULACE

Křivka manipulace je zpracovávána kvůli obsluze jezového tělesa, aby při větších průtocích věděla, jak s jezem manipulovat a nedocházelo k zatápnění nadjezí a poškození klapky. Pro větší přehlednost je tabulka výpočtů manipulace na samostatné straně.



Obr. 15 Výpočtové schéma pro jezovou manipulaci

Návrhové parametry:

Šířka uzávěru	$b_u = 14,5 \text{ m}$
Šířka pilíře	$b_p = 1,5 \text{ m}$
Šířka stavidla	$b_s = 1,2 \text{ m}$
Šířka zdrže	$B = 17,2 \text{ m}$
Rozdíl horní – dolní dno	$\Delta h = 1 \text{ m}$
Výška konstrukce od dolního dna	$s = 1,3 \text{ m}$
Výška uzávěru	$h_u = 1,5 \text{ m}$

Použité vzorce:

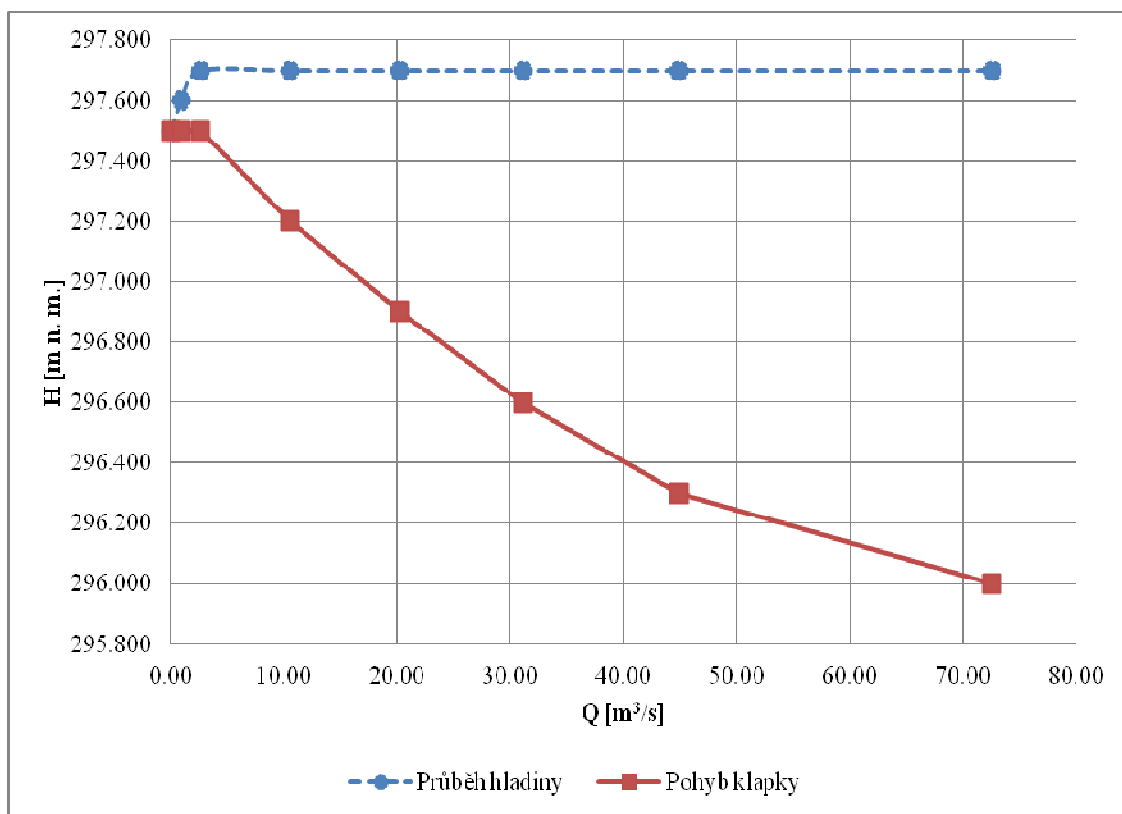
$$h_z = h_p + s - h_d \quad (2.12)$$

$$Q_{II} = m_o \cdot h_o^{\frac{3}{2}} \cdot b_o \cdot \sqrt{2 \cdot g} \quad (2.13)$$

Výpočet:

Tab. 8 Polohy a výšky klapky

poloha		h	h_p	h/h_p	m
0	h1	0.1	1.6	0.06	0.479
	h2	0.2	1.7	0.12	0.477
1	h3	0.5	1.7	0.29	0.438
2	h4	0.8	1.7	0.47	0.405
3	h5	1.1	1.7	0.65	0.379
4	h6	1.4	1.7	0.82	0.370
5	h7	1.7	1.7	1	0.443



Obr. 16 Graf znázorňující průběh hladiny a klapky

Poloha	h[m]	m	A[m ²]	Q[m ³ /s]	v _o [m/s]	k[m]	h _o [m]	b _o [m]	h _p [m]	h _d [m]	h _z [m]	h _σ [m]	h _σ /h _p	h _p /h	m _σ	QII[m ³ /s]	QII-QI	ITERACE
0	0.100	0.479	27.550	0.973	0.035	0.000	0.100	14.479	1.600	0.068	2.832	0.000	0.000	0.063	0.479	0.972	0.000	ok
	0.200	0.477	34.400	2.741	0.080	0.000	0.200	14.458	1.700	0.143	2.857	0.000	0.000	0.118	0.479	2.751	0.010	ok
1	0.500	0.438	34.400	9.942	0.289	0.004	0.504	14.394	1.700	0.396	2.604	0.000	0.000	0.294	0.438	9.996	0.054	ok
2	0.800	0.405	34.400	18.611	0.541	0.015	0.815	14.329	1.700	0.674	2.326	0.000	0.000	0.471	0.405	18.909	0.297	ok
3	1.100	0.379	34.400	28.071	0.816	0.034	1.134	14.262	1.700	0.878	2.122	0.000	0.000	0.647	0.379	28.896	0.824	iterace
	1.100	0.379	34.400	28.896	0.840	0.036	1.136	14.261	1.700	0.880	2.120	0.000	0.000	0.647	0.379	28.972	0.076	ok
4	1.400	0.370	34.400	39.382	1.145	0.067	1.467	14.192	1.700	1.160	1.840	0.000	0.000	0.824	0.370	41.337	1.955	iterace
	1.400	0.370	34.400	41.337	1.202	0.074	1.474	14.191	1.700	1.180	1.820	0.000	0.000	0.824	0.370	41.621	0.283	ok
5	1.700	0.443	34.400	63.066	1.833	0.171	1.871	14.107	1.700	1.580	1.420	0.280	0.165	1.000	0.421	67.404	4.338	iterace
	1.700	0.443	34.400	67.404	1.959	0.196	1.896	14.102	1.700	1.610	1.390	0.310	0.182	1.000	0.419	68.291	0.887	iterace
	1.700	0.443	34.400	68.291	1.985	0.201	1.901	14.101	1.700	1.620	1.380	0.320	0.188	1.000	0.417	68.242	-0.049	ok

Tab. 9 Tabulka pro výpočet manipulace

2.6 NÁVRH VÝVARU

Vývar nebylo nutné navrhovat vzhledem k vysokým rychlostem a Fredovu číslu, jak jde vidět z příložené tabulky. K utlumení energie postačí Balvanitý skluz navržený dle [15].

Tab. 10 Výpočty z programu HEC-RAS

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude
1	15.89452		Inl Struct									
1	15.89254	PF 1	0.11	295.03	295.05	295.05	295.06	0.092757	0.43	0.26	14	1
1	15.89254	PF 2	0.16	295.03	295.05	295.05	295.07	0.108238	0.52	0.31	14	1.11
1	15.89254	PF 3	0.24	295.03	295.06	295.06	295.08	0.09326	0.58	0.42	14	1.08
1	15.89254	PF 4	0.34	295.03	295.07	295.07	295.09	0.076683	0.63	0.54	14	1.02
1	15.89254	PF 5	0.44	295.03	295.08	295.08	295.1	0.069911	0.68	0.64	14	1.01
1	15.89254	PF 6	0.55	295.03	295.08	295.08	295.11	0.065595	0.73	0.75	14	1
1	15.89254	PF 7	0.68	295.03	295.09	295.09	295.12	0.067509	0.8	0.85	14	1.03
1	15.89254	PF 8	0.84	295.03	295.1	295.1	295.14	0.060045	0.84	1	14	1
1	15.89254	PF 9	1.05	295.03	295.11	295.11	295.15	0.056781	0.9	1.16	14	1
1	15.89254	PF 10	1.33	295.03	295.13	295.13	295.18	0.054766	0.98	1.36	14	1
1	15.89254	PF 11	1.73	295.03	295.15	295.15	295.2	0.051213	1.06	1.62	14	1
1	15.89254	PF 12	2.4	295.03	295.17	295.17	295.25	0.048464	1.19	2.01	14	1
1	15.89254	PF 13	3.82	295.03	295.23	295.23	295.32	0.044351	1.39	2.74	14	1.01
1	15.89254	PF 14	15.3	295.03	295.52	295.52	295.77	0.034232	2.21	6.92	14	1
1	15.89254	PF 15	22	295.03	295.66	295.66	295.98	0.032468	2.5	8.81	14	1.01
1	15.89254	PF 16	31.5	295.03	295.83	295.83	296.23	0.030859	2.82	11.19	14	1.01
1	15.89254	PF 17	39.1	295.03	295.95	295.95	296.42	0.030033	3.03	12.92	14	1.01
1	15.89254	PF 18	46.9	295.03	296.07	296.07	296.6	0.0294	3.21	14.59	14	1
1	15.89254	PF 19	57.7	295.03	296.23	296.23	296.83	0.028803	3.44	16.75	14	1
1	15.89254	PF 20	66.3	295.03	296.34	296.34	297.01	0.028436	3.61	18.38	14	1
1	15.89254	PF 21	90	295.03	296.65	296.65	297.45	0.027541	3.98	22.62	14	1

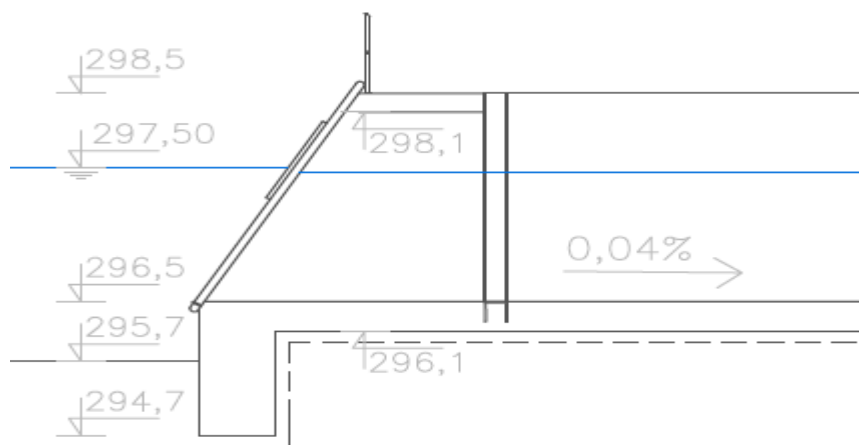
3 VTOKOVÝ OBJEKT, NÁHON A ODPAD ELEKTRÁRNY

Náhon je složen ze dvou částí. První, navazující těsně na vtokový objekt, je z vyskládané břidlice a navazuje na krytý betonový náhon. Náhon je využit v původním provedení. Břidličná část má šířku ve dně 2 m a výšku 1,9 m. Sklony svahů jsou 15:1. Betonová část náhonu má šířku ve dně 1,2 m výšku 1,9 m a sklon svahu 15:1. Sklon náhonu je 2,5 ‰.

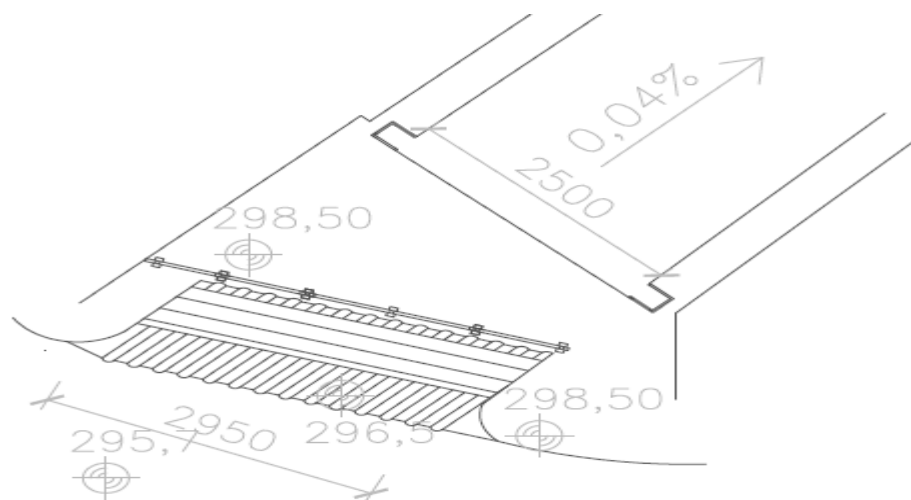
Vtokový objekt je navržen znovu. Kóta prahu je 296,5 m n. m., to dělá převýšení 0,8 m oproti dnu v nadjezí. Toto převýšení je důležité při chodu splavenin. Sklon vtokového objektu je 0,4 ‰, kvůli co největšímu snížení vtokové rychlosti. Šířka česlí je navržena na 2,95 m.

Odpad z elektrárny je použit taktéž původní. Po prohlídce tohoto odpadu bylo konstatováno, že je ve vynikajícím stavu. Odpad má tvar obdélníku se zaklenutým stropem, šířkou ve dně 2,2 m a výškou 2 m. Kapacitní je na 10 m³/s, ale s tímto průtokem se zde nesetkáme.

3.1 VTOKOVÝ OBJEKT



Obr. 17 Schéma vtokového objektu



Obr. 18 Schéma vtokového objektu

3.1.1 Návrh parametrů vtokového objektu

Návrhové parametry:

Odběrné množství	$Q_{od} = 1,8 \text{ m}^3/\text{s}$
Návrh šířky vtokového objektu:	$b = 2,5 \text{ m}$
Sklon	$i = 0,0004$
Drsnost stěn a dna (beton)	$n = 0,017$
Výška stěn	$h = 1,9 \text{ m}$

Použité vzorce:

$$A = b \cdot h \quad (3.1)$$

$$O = b + 2 \cdot h \quad (3.2)$$

$$R = \frac{A}{O} \quad (3.3)$$

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}} \quad (3.4)$$

$$v = c \cdot \sqrt{R \cdot i} \quad (3.5)$$

$$Q = A \cdot v \quad (3.6)$$

Výpočet:

Tab. 11 Průtok odběrným objektem

h [m]	A [m ²]	O [m]	R [m]	C	v [m/s]	Q [m ³ /s]
0.90	2.50	4.30	0.58	53.74	0.82	2.05
0.93	2.75	4.36	0.63	54.47	0.87	2.38
1.00	3.00	4.50	0.67	54.98	0.90	2.69

Odběrné množství $Q_{od} = 1,8 \text{ m}^3/\text{s}$ přeneso výškou $h_{od} = 0,93 \text{ m}$

3.1.2 Výpočet ztrát na vtoku a ztrát rychlostní výškou

K výpočtu ztrátové výšky na česlích použijeme vzorec (3.1), výpočet provedeme v programu Microsoft Office Excel. Jedná se o hrubé česle s šířkami průlin 10 cm.

Po výpočtu ztrát na česlích vypočteme dle rovnice (3.8) ztrátu rychlostní výšky. Po zjištění obou ztrát tyto ztráty sečteme s výškou vody v náhonu při Q_{od} dle rovnice (3.9) [11].

Návrhové parametry:

Počet česlí	$n_1 = 15$
Počet mezer	$n_2 = 16$
Šířka česlí	$b_1 = 0,09 \text{ m}$
Šířka mezer	$b_2 = 0,1 \text{ m}$
Celková šířka česlí	$b_c = 2,95 \text{ m}$
Tvarový součinitel	$\beta = 1,79$
Úhel česlí	$\alpha = 60^\circ$
Šířka vtoku	$b = 2,5 \text{ m}$
Odběrné množství	$Q_{od} = 1,8 \text{ m}^3/\text{s}$

Použité vzorce:

$$h_c = \beta \cdot \left(\frac{b_1}{b_2} \right)^{\frac{4}{3}} \cdot \sin \alpha \quad (3.7)$$

$$h_v = \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (3.8)$$

$$H = h_c + h_v + h_{od} \quad (3.9)$$

Výpočet:

Počet česlí n1=	15	m		
Šířka česlí b1=	0.09			
Počet mezer n2=	16			
Šířka mezer b2=	0.1	m		
Rychlost na č. vč=	0.6576	m/s		
Šířka česlí Bč:	2.95	m		
Ztráta na česlích:				
tvar. Součinitel β=	1.79			
úhel česí α=	60 stupňů	1.0472	rad	
hč=	0.0297	m		
Ztrátová výška česle:	0.0297	m		

Obr. 19 Výpočet pomocí MS Excel

$$h_c = 1,79 \cdot \left(\frac{0,09}{0,1} \right)^{\frac{4}{3}} \cdot \sin 60 = 0,029 \text{ m}$$

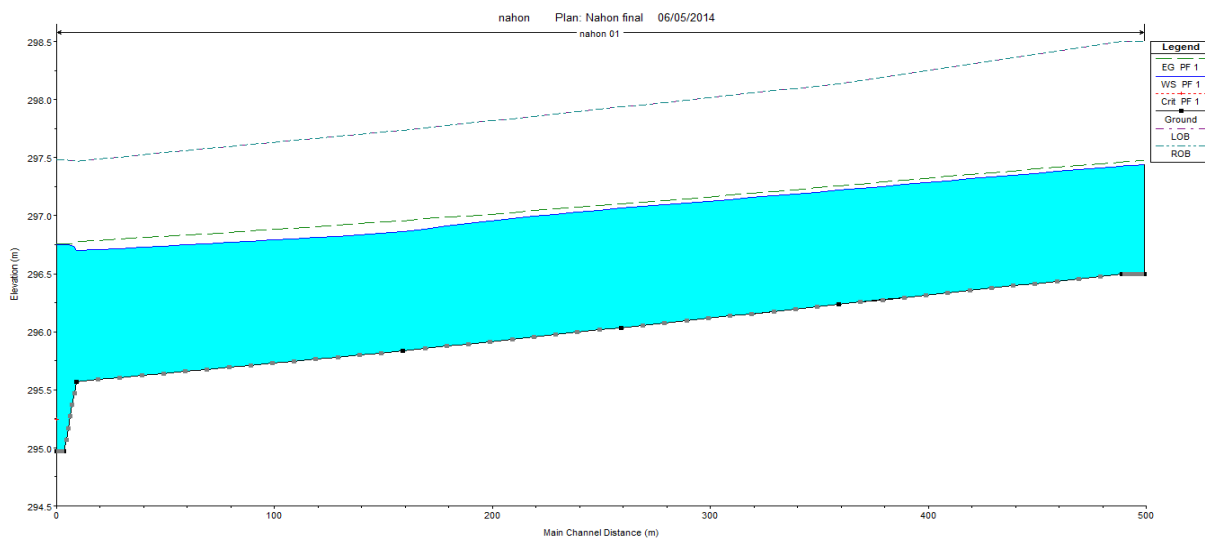
$$h_v = \frac{0,77^2}{2 \cdot 9,81} = 0,030 \text{ m}$$

$$H = 0,029 + 0,030 + 0,93 = 0,99m$$

Navrhuji výšku odběru na 1 m.

3.2 NÁHON

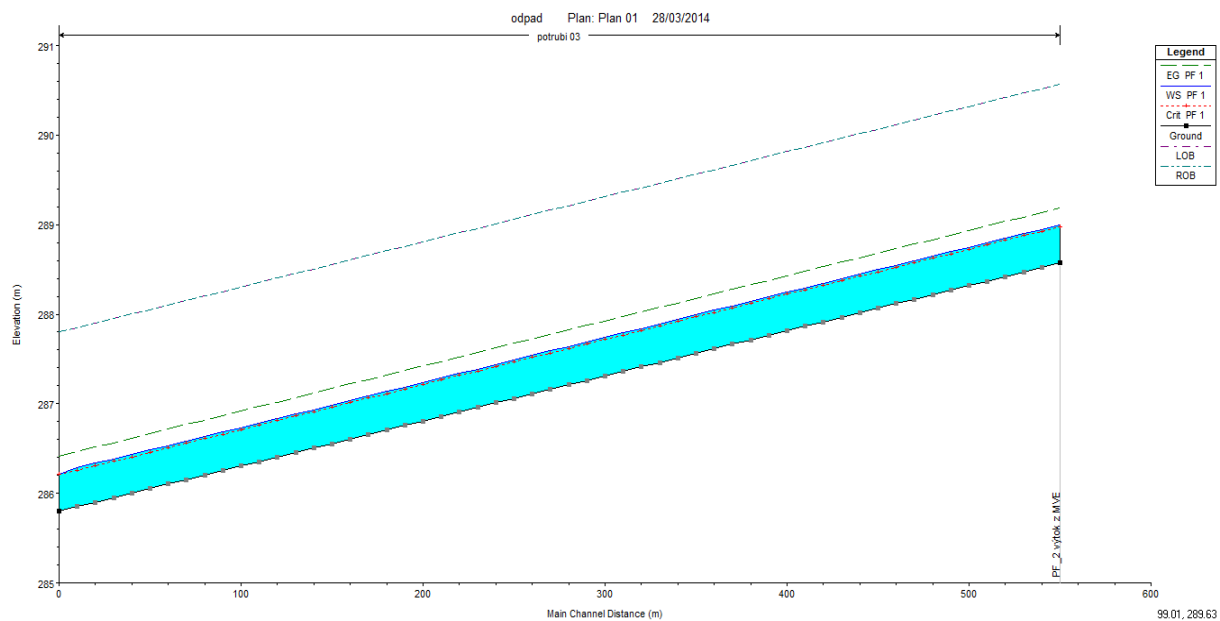
Kapacita a průběhy hladin jsou spočítány pomocí programu HEC-RAS, po odkrytí původního břidlicového náhonu budou tyto výpočty zpřesněny.



Obr. 20 Výpočet průběhů hladin v přírodním kanálu pomocí programu HEC-RAS

3.3 ODPAD

Odpad je spočítán rovněž pomocí programu HEC-RAS.



Obr. 21 Výpočet průběhů hladin v odpadu pomocí programu HEC-RAS

4 HYDROENERGETICKÉ VÝPOČTY MALÉ VODNÍ ELEKTRÁRNY

Hydroenergetice výpočty MVE byly provedeny pomocí programu Microsoft Excel. Po výpočtu sanačního průtoku byl získán průtok, který můžeme pustit na MVE. Po konzultacích a zvážení byl tento průtok stanoven na 1,8 m³/s.

Po výpočtech náhonu a odpadního kanálu v programu HEC-RAS byly nalezeny kóty hladin pro jednotlivé průtoky. Kóta horní vody se bere stále stejná, mění se pouze kóty vody dolní. Interpolací byly dopočítány průtoky mezi dny uvedenými v tabulce, aby se výpočet zpřesnil.

Po těchto výpočtech byli obesláni výrobci turbín, aby byla navržena ta nejlepší varianta dané turbíny. Bohužel žádný z obeslaných výrobců se neozval, proto byla navržena turbína od společnosti ČKD Blansko, pro kterou byl k dispozici katalog [3].

Navržená turbína je typu T-Kaplan s radiálním rozvaděčem. Průměr oběžného kola je 710 mm. Účinnost turbíny byla z hlediska studie brána na 83 %. Maximální hltnost turbíny je 1,8 m³/s při užitém hrubém spádu 7,75 m.

Dle vzorce (4.1) byl dopočítán výkon pro jednotlivé průtoky a spády. Dle vzorce (4.2) byla dopočítána výroba elektrické energie. Postupnými součty byla zjištěna celková roční výroba elektrické energie.

Návrhové parametry:

Teoretická účinnost $\mu = 83 \%$

Použité vzorce:

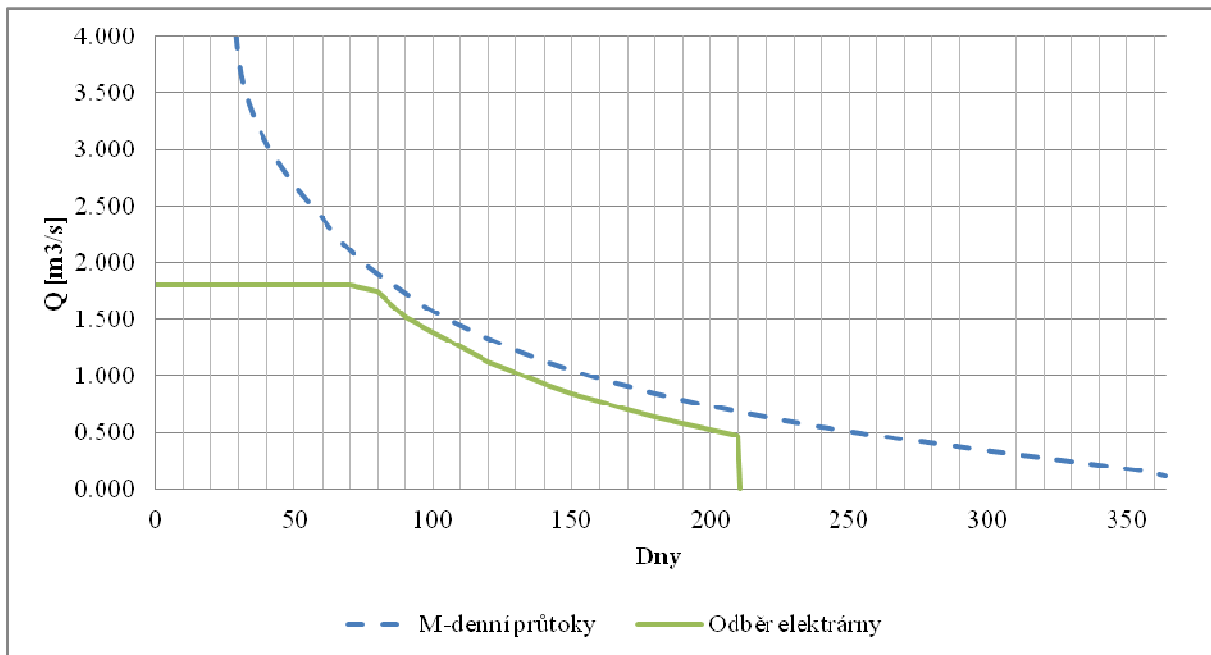
$$P = Q_{MVE} \cdot H_b \cdot \mu \cdot g \quad (4.1)$$

$$E = P \cdot t \quad (4.2)$$

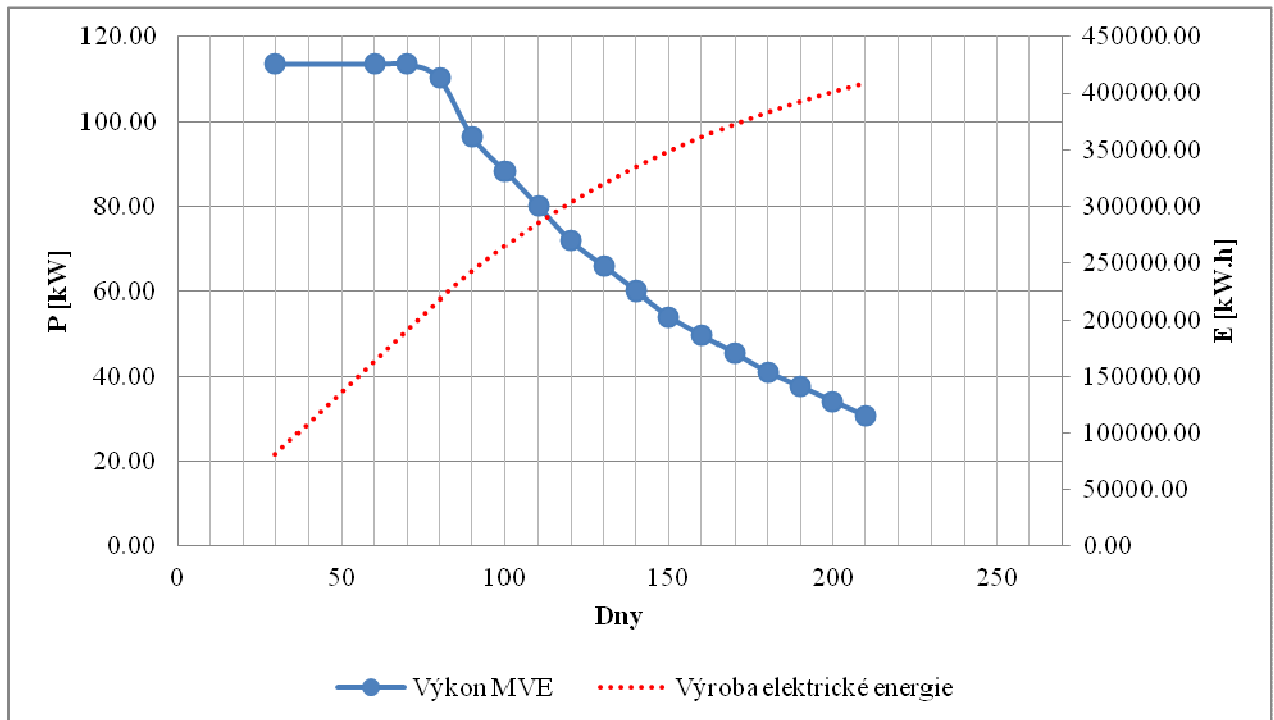
Výpočet:

Tab. 12 Hydroenergetické výpočty výkonu turbíny a výroby elektrické energie

Dny	Průtoky				Kóta hladiny			Návrhové parametry elektrárny			
	Q	Q _{jez}	Q _{zan}	Q _{MVE}	Nad MVE	Pod MVE	Hb	μ	P	E	ΣE
	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m]	[%]	[kW]	[kW.h]	[kW.h]
30	3.84	1.83	0.21	1.8	296.75	289	7.75	0.83	113.59	81781.26	81781.26
60	2.40	0.39	0.21	1.8	296.75	289	7.75	0.83	113.59	81781.26	163562.52
70	2.18	0.17	0.21	1.8	296.75	289	7.75	0.83	113.59	27260.42	190822.94
80	1.95	0.00	0.21	1.74	296.75	288.99	7.76	0.83	110.15	26848.35	217671.30
90	1.73	0.00	0.21	1.52	296.75	288.95	7.8	0.83	96.54	24802.36	242473.66
100	1.60	0.00	0.21	1.39	296.75	288.93	7.82	0.83	88.29	22179.36	264653.02
110	1.46	0.00	0.21	1.25	296.75	288.91	7.84	0.83	80.01	20196.03	284849.05
120	1.33	0.00	0.21	1.12	296.75	288.88	7.87	0.83	71.77	18213.22	303062.27
130	1.24	0.00	0.21	1.03	296.75	288.87	7.88	0.83	65.87	16517.01	319579.28
140	1.14	0.00	0.21	0.93	296.75	288.85	7.9	0.83	60.04	15108.98	334688.26
150	1.05	0.00	0.21	0.84	296.75	288.83	7.92	0.83	54.17	13704.60	348392.86
160	0.98	0.00	0.21	0.77	296.75	288.82	7.93	0.83	49.80	12476.75	360869.61
170	0.91	0.00	0.21	0.70	296.75	288.8	7.95	0.83	45.48	11434.60	372304.21
180	0.84	0.00	0.21	0.63	296.75	288.79	7.96	0.83	41.09	10389.09	382693.30
190	0.79	0.00	0.21	0.58	296.75	288.77	7.98	0.83	37.66	9450.65	392143.95
200	0.74	0.00	0.21	0.53	296.75	288.76	7.99	0.83	34.18	8620.89	400764.84
210	0.68	0.00	0.21	0.47	296.75	288.75	8	0.83	30.68	7782.81	408547.65
240	0.55	0.34	0.21	0.00							
270	0.44	0.23	0.21	0.00							
300	0.34	0.13	0.21	0.00							
330	0.24	0.03	0.21	0.00							
355	0.16	0.00	0.16	0.00							
364	0.11	0.00	0.11	0.00							



Obr. 22 Graf průtoků na jez a odběrů na MVE



Obr. 23 Graf výkonů a výroby elektrické energie

FOTODOKUMENTACE



Foto 1 Pohled na štětovou stěnu z pravého břehu [7]



Foto 2 Pohled proti proudu Bystřice od štětové stěny [7]



Foto 3 Zbytky původního levobřežního pilíře [7]



Foto 4 Kopaná sonda v břidlicové části náhonu [7]



Foto 5 Zastřešený betonový náhon pohled k budově MVE [7]



Foto 6 Pohled na nátokový objekt SO3_1 stav v roce 2013 [6]



Foto 7 Pohled na nátokový objekt SO3_1 stav v roce 2014 [7]



Foto 8 Pohled na demontovanou malou Francisovu turbínu stav v roce 2013 [7]

LITERATURA A TECHNICKÉ PODKLADY:

- [1] RAINER, V. VODNÍ DÍLA TBD BRNO. *Zaměření lokality 15 - 17 říčního kilometru toku Bystřice*. Brno, 2012.
- [2] POVODÍ MORAVY. *Podélné a příčné profily toku Bystřice 14 - 16 říční kilometr*. Brno, 2013.
- [3] ČKD TURBO TECHNICS. *Schéma osazení soustrojí*. 1998.
- [4] Nízkonapěťové standardní motory. SIEMENS ČESKÁ REPUBLIKA. *Siemens Česká republika*[online]. [cit. 2014-04-29]. Dostupné z: <http://www.siemens.cz/ad/current/index.php?vw=0&ctxnh=c29d3fed28&ctxp=home>
- [5] VITÁSKOVÁ, A. ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Energetický regulační věštník: Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č.4/2013*. Jihlava, 2013. Dostupné z: <http://www.eru.cz/>
- [6] RAINER, V. VODNÍ DÍLA TBD BRNO. *Fotografie lokality Hlubočky*. 2012.
- [7] HAJDA, J. VUT BRNO FAKULTA STAVEBNÍ. *Fotografie lokality Hlubočky*. 2014.
- [8] BEDNÁŘ, J. *Turbíny: (malé vodní elektrárny)*. Češkovice: Marcela Bednářová, c2013, 357 s. ISBN 978-80-905437-0-6.
- [9] BROŽA, V. *Hydrotechnické stavby: (malé vodní elektrárny)*. 1. vyd. Praha: Informační centrum ČKAIT, 1998, 195 s. ISBN 80-902-4605-2.
- [10] BROŽA, V. *Malé vodní elektrárny: (malé vodní elektrárny)*. 1. vyd. Bratislava: Jaga, 2003, 175 s. ISBN 80-889-0545-1.
- [11] JANDORA, J. *Hydraulika a hydrologie*. Brno: CERM, 2011, 186 s. ISBN 978-80-7204-739-0.
- [12] VÝBORA, P. *Navrhování jezů*. 1. vyd. Brno: VUT, 2011, 186 s. ISBN 80-214-1070-1.
- [13] ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV. *Hydrologické údaje povrchových vod: Lokalita Bystřice*. Ostrava: ČHMÚ, 2012.
- [14] RASOCHA, J. MVE MORAVIA. *Původní plány jezu a MVE*. 2014.
- [15] ZÁSTĚRA, Z. HYDROPROJEKT. *Balvanité skluzy*. Brno: TISK n.p., 1984.

Normy:

- [16] TNV 75 2303. *Jezy a stupně*. Praha: Hydroprojekt, 1998.
- [17] TNV 75 2321. *Zprůchodňování migračních bariér rybími přechody*. Praha: Hydroprojekt, 2011.
- [18] ČSN 75 2601. *Malé vodní elektrárny - Základní požadavky*. Praha: Hydroprojekt, 2010.

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 M-denní průtoky [13].....	12
Tab. 2 N-leté průtoky [13].....	12
Tab. 3 Parametry turbíny [3].....	24
Tab. 4 Parametry generátoru [4]	24
Tab. 5 M-denní průtoky [13].....	29
Tab. 6 M-denní průtoky po odečtení sanačního průtoku [13].....	30
Tab. 7 Tabulka výpočtu měrné křivky přepadu	37
Tab. 8 Polohy a výšky klapky	40
Tab. 9 Tabulka pro výpočet manipulace	41
Tab. 10 Výpočty z programu HEC-RAS	42
Tab. 11 Průtok odběrným objektem.....	44
Tab. 12 Hydroenergetické výpočty výkonu turbíny a výroby elektrické energie	48

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Stávající stav jezu ze štětovic [6].....	13
Obr. 2 Stávající stav budovy MVE, vlevo je vidět betonová stěna náhonu [6].....	14
Obr. 3 Pohled od betonového přivaděče před odstraněním nánosů a vegetace, dobře je vidět přelivná hrana jalového přepadu [6].....	14
Obr. 4 Stejný pohled od betonového přivaděče po odstranění nánosů a vegetace. Zcela vlevo nátok na větší z turbín, uprostřed nátok na menší turbínu a vpravo jalový přeliv [7].....	15
Obr. 5 Schéma hydraulického obvodu	16
Obr. 6 Spirálový vtok, červeně znázorněny nově vybudované konstrukce	21
Obr. 7 Kašnový vtok, červeně znázorněny nově vybudované konstrukce.....	22
Obr. 8 Schéma osazení turbíny [3].....	23
Obr. 9 Křivka překročení M-denních průtoků	29
Obr. 10 Křivka překročení M-denních průtoků po odečtení Qsan.....	30
Obr. 11 Výpočtové schéma jezu	31
Obr. 12 Výpočtové schéma pro ověření kapacity	33
Obr. 13 Výpočtové schéma pro měrnou křivku přepadu	35
Obr. 14 Měrná křivka přepadu	38
Obr. 15 Výpočtové schéma pro jezovou manipulaci	39
Obr. 16 Graf znázorňující průběh hladiny a klapky.....	40
Obr. 17 Schéma vtokového objektu	43
Obr. 18 Schéma vtokového objektu	43
Obr. 19 Výpočet pomocí MS Excel	45
Obr. 20 Výpočet průběhů hladin v přírodním kanálu pomocí programu HEC-RAS	46
Obr. 21 Výpočet průběhů hladin v odpadu pomocí programu HEC-RAS.....	46
Obr. 22 Graf přítoků na jez a odběrů na MVE.....	48
Obr. 23 Graf výkonů a výroby elektrické energie.....	49
Foto 1 Pohled na štětovou stěnu z pravého břehu [7]	51
Foto 2 Pohled proti proudu Bystřice od štětové stěny [7].....	51
Foto 3 Zbytky původního levobřežního pilíře [7].....	52
Foto 4 Kopaná sonda v břidlicové části náhonu [7].....	52
Foto 5 Zastřešený betonový náhon pohled k budově MVE [7]	53
Foto 6 Pohled na nátokový objekt SO3_1 stav v roce 2013 [6].....	53
Foto 7 Pohled na nátokový objekt SO3_1 stav v roce 2014 [7].....	54
Foto 8 Pohled na demontovanou malou Francisovu turbínu stav v roce 2013 [7].....	54

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Q_{355} ... Třistapadesátipětidenní průtok [m^3]

Q_{330} ... Třistatřicetidenní průtok [m^3]

Q_{san} ... Sanační průtok [m^3]

Q_{od} ... Odběr [m^3]

Q ... Průtok [m^3]

h_p ... Výška prahu [m]

h_u ... Výška uzávěru [m]

h_p ... Výška uzávěru a prahu [m]

Q_N ... Návrhový průtok [m^3]

m_L ... Součinitel přepadu dle Laca [-]

m_S ... Součinitel přepadu dle Skaličky [-]

h_N ... Výška vody při návrhovém průtoku [m]

b ... Šířka přelivné hrany [m]

b_u ... Šířka uzávěru [m]

b_p ... Šířka pilíře [m]

b_s ... Šířka stavidla [m]

α ... Coriolisovo číslo [-]

v ... Průtočná rychlost [m/s]

g ... Gravitační konstanta [-]

σ ... Součinitel zatopení [-]

B ... Šířka jezové zdrže [m]

A ... Průtočná plocha [m^2]

k ... Rychlostní výška [m]

b_o ... Šířka jezu s kontrakcemi [m]

h_o ... Přepadová výška [m]

Δh_o ... Rozdíl horní – dolní dno [m]

s ... Výška konstrukce od dolního dna [m]

i ... Sklon [%o]

n ... Drsnost stěn [-]

R ... Hydraulický poloměr [m]

O ... Omočený obvod [m]

C ... Chézyho rychlostní součinitel [-]

β ... Tvarový součinitel [-]

SEZNAM PŘÍLOH

1. Textová část

2. Výkresová dokumentace

2_1 Situace širších vztahů	A3 1: 200 000
2_2 Hydraulický obvod	A3 1:10 000
2_3 JEZ Situace jezu	A3 1: 200
2_4 JEZ Situace jezu, řez B-B´	A1 1:100
2_5 JEZ Řezy A-A´, C-C´, D-D´	A2 1:100
2_6 MVE Půdorys, řezy B-B´, D-D´	A3 1:100
2_7 MVE Řezy A-A´,C-C´	A3 1:100

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

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

V Brně dne

.....

podpis autora