



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

NÁVRH JEZOVÉ KONSTRUKCE S POHYBLIVÝMI HRADICÍMI PRVKY

DESIGN OF A WEIR STRUCTURE WITH MOVABLE LOCKING ELEMENTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tomáš Staněk

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ JULÍNEK, Ph.D.

BRNO 2019



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	Tomáš Staněk
Název	Návrh jezové konstrukce s pohyblivými hradicími prvky
Vedoucí práce	Ing. Tomáš Julínek, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2018
Datum odevzdání	24. 5. 2019

V Brně dne 30. 11. 2018

prof. Ing. Jan Šulc, CSc.
Vedoucí ústavu

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

PODKLADY A LITERATURA

Úprava tokov, Raplík, M., Výbora, P., Mareš, K., Alfa, Praha, 1989.

Jezy, Gabriel a kol., SNTL, Praha, 1989.

Navrhování jezů, Výbora P., Podsedník, O. VUT Brno, 1989.

Vodní stavby I, Maleňák, J., Podsedník, O. Šlezinger, M., VUT Brno, 2002.

Vegetační doprovod vodních toků a nádrží, Šlezinger, M., VUT Brno, 1996.

Hydraulika a hydrologie, Jandora, J., Stara, V., Starý, M., VUT Brno, 2002

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Účelem práce je navrhnout úpravu stávající jezové konstrukce na řece Svitavě v lokalitě Brno Husovice. Návrh bude uvažovat s pohyblivými hradíci prvky. V zájmovém úseku bude zhodnocen a popsán stávající stav a navrženy parametry nové jezové konstrukce tak, aby byly zajištěny stávající funkce vzdouvacího objektu a byl dodržen stupeň ochrany okolního území před povodněmi na úroveň návrhové povodně. Návrh bude zahrnovat jak zhodnocení stávající situace (pevné konstrukce, toku, atd.), tak i návrh vhodného typu pohyblivé hradící konstrukce včetně úprav přilehlé části koryta. Ideově bude provedeno hodnocení a návrh opatření z hlediska migrační prostupnosti (rybí přechod). Součástí by měl být i návrh souvisejících objektů, uspořádání břehových partií a doprovodných porostů.

Řešení bude obsahovat textovou část včetně hydraulických výpočtů provedených za použití vhodných softwarových prostředků a část výkresovou, která bude zahrnovat jednoduchou výkresovou dokumentaci navržené konstrukce. Obsahem diplomové práce bude:

1. Technická zpráva včetně hydraulických výpočtů
2. Situace navrhovaných opatření v měř. 1:1000
3. Podélný profil v měř. 1:1000/100
4. Výkresové přílohy navržené konstrukce (půdorys, řezy)
5. Fotodokumentace

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ 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).

Ing. Tomáš Julínek, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Předmětem této bakalářské práce je návrh pohyblivé hradicí konstrukce na místě stávajícího pevného jezu v městské části Brno – Husovice na řece Svitavě v km 7,820. V první polovině práce jsou řešeny teoretické aspekty týkající se problematiky návrhu a využití jezových konstrukcí. Ve druhé polovině práce jsou teoretické poznatky aplikovány na praktický návrh pohyblivé jezové konstrukce. Nejprve je lokalizována a popsána zájmová lokalita včetně přilehlých objektů. Následně je provedeno kritické zhodnocení rozsahu a kvality vstupních podkladů. Dále následuje výběr vhodného typu konstrukce spodní stavby a pohyblivého uzávěru. Na základě zvoleného typu konstrukce jsou provedeny hydrotechnické výpočty, které zahrnují i dílčí posouzení stability jezu. Součástí práce jsou i výkresy a souhrnný popis navržené konstrukce.

KLÍČOVÁ SLOVA

Jez, Pohyblivá hradicí konstrukce, Klapkový uzávěr, Říční koryto, Manipulace

ABSTRACT

The aim of this Bachelor thesis is the design of the movable barrier structure on the site of the existing fixed weir in the city district of Brno - Husovice on the Svitava River in km 7,820. The first half of the thesis deals with theoretical aspects concerning the design and utilization of weir structures. In the second half of the thesis, theoretical knowledge is applied to practical design of the moving weir structure. First of all, the locality of interest including adjacent objects is positioned and described. Subsequently, a critical evaluation of the scope and quality of input materials is performed. The following is the selection of the appropriate type of substructure construction and movable valve. Based on the chosen type of construction, hydrotechnical calculations are performed, which include partial assessment of weir stability. The thesis also includes drawings and summary description of the designed structure.

KEYWORDS

Weir, Movable barrier structure, Butterfly valve, River channel, Handling

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Tomáš Staněk *Návrh jezové konstrukce s pohyblivými hradicími prvky*. Brno, 2019. 82 s., 8 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb. Vedoucí práce Ing. Tomáš Julínek, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Návrh jezové konstrukce s pohyblivými hradicími prvky* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 24. 5. 2019

Tomáš Staněk
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Návrh jezové konstrukce s pohyblivými hradicími prvky* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24. 5. 2019

Tomáš Staněk
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval svému vedoucímu práce Ing. Tomáši Julínkovi, Ph.D. za jeho odbornou pomoc a cenné rady, které mi pomohly při zpracování bakalářské práce.

OBSAH

1.	ÚVOD	10
2.	JEZOVÉ STAVBY	11
2.1.	JEZ	11
2.2.	ROZDĚLENÍ JEZOVÝCH KONSTRUKCÍ	11
2.2.1.	<i>Pevné jezy</i>	11
2.2.2.	<i>Pohyblivé jezy</i>	17
2.3.	OVLÁDÁNÍ POHYBLIVÝCH UZÁVĚRŮ	23
2.3.1.	<i>Pohybovací prvky</i>	23
2.3.2.	<i>Pohybovací mechanismy</i>	24
2.4.	OBJEKTY PŘI JEZU	24
2.4.1.	<i>Odběrné objekty</i>	24
2.4.2.	<i>Plavební komory</i>	25
2.4.3.	<i>Rybí přechody</i>	26
2.4.4.	<i>Štěrkové propusti</i>	26
2.4.5.	<i>Propusti pro sportovní lodě</i>	26
2.4.6.	<i>Vodní elektrárny</i>	27
2.5.	POSTUP VÝSTAVBY	27
2.6.	HYDRAULIKA JEZU	29
2.6.1.	<i>Průtočná kapacita jezu</i>	29
2.6.2.	<i>Návrh podjezí</i>	31
2.6.3.	<i>Výpočet stability</i>	33
2.7.	ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI	34
3.	NÁVRH POHYBLIVÉ JEZOVÉ KONSTRUKCE	35
3.1.	OBECNÝ POPIS POVODÍ SVITAVY	35
3.2.	ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ	36
3.3.	PODKLADY PRO NÁVRH JEZU	37
3.3.1.	<i>Hydrologické a klimatologické podklady</i>	37
3.3.2.	<i>Geologické a hydrogeologické podklady</i>	38
3.3.3.	<i>Geodetické podklady</i>	39
3.3.4.	<i>Údaje o čistotě vody</i>	39
3.3.5.	<i>Podklady pro plánovaný odběr</i>	39
3.3.6.	<i>Inundační území</i>	40
3.4.	POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU	41
3.4.1.	<i>Stávající konstrukce pevného jezu</i>	41
3.4.2.	<i>Koryto nadjezí a podjezí</i>	41
3.4.3.	<i>Přílehlé objekty</i>	43
3.5.	HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY	46
3.5.1.	<i>Návrhový průtok (Q_N)</i>	46
3.5.2.	<i>Hladina stálého vzduť (HSV)</i>	46
3.5.3.	<i>Návrh spodní stavby</i>	47
3.5.4.	<i>Měrné křivky manipulace s klapkami</i>	54

3.5.5.	<i>Návrh vývaru a podjezí.....</i>	59
3.6.	VÝPOČET STABILTY JEZU.....	64
3.6.1.	<i>Druhy porušení</i>	64
3.6.2.	<i>Hodnoty zatížení</i>	64
3.6.3.	<i>Posouzení stability</i>	65
3.7.	NÁVRH OBJEKTŮ.....	67
3.7.1.	<i>Určení hladiny stálého vzduší HSV a odběrné množství.....</i>	67
3.7.2.	<i>Odběrný objekt</i>	67
3.7.3.	<i>Malá vodní elektrárna (MVE)</i>	68
3.7.4.	<i>Rybí přechod.....</i>	68
3.7.5.	<i>Pevná spodní stavba jezu</i>	68
3.7.6.	<i>Střední dělicí a nábrežní pilíře</i>	69
3.7.7.	<i>Vývarová deska</i>	71
3.7.8.	<i>Pohyblivá hradicí konstrukce.....</i>	71
3.7.9.	<i>Manipulace s pohyblivou hradicí konstrukcí.....</i>	72
3.7.10.	<i>Provizorní hrazení a obslužná lávka</i>	72
3.7.11.	<i>Opevnění podjezí</i>	73
3.7.12.	<i>Napojení objektu na stávající tok</i>	73
3.7.13.	<i>Začlenění do krajiny</i>	73
4.	ZÁVĚR	74
5.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	76
6.	SEZNAM TABULEK	77
7.	SEZNAM OBRÁZKŮ	78
8.	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	80
9.	SEZNAM PŘÍLOH.....	82

1. ÚVOD

Bakalářská práce s názvem „Návrh jezové konstrukce s pohyblivými hradicími prvky“ se zabývá rekonstrukcí stávajícího jezu v Husovicích. Toto téma práce jsem zvolil zejména díky předmětu Úpravy toků a jezy, který podnítl můj zájem k této problematice.

V teoretické části bylo provedeno vymezení nejdůležitějších pojmů pro tuto bakalářskou práci. Byly rozděleny jezové konstrukce na jezy pevné a pohyblivé, popsány doprovodné objekty a v závěru uvedeny základní hydraulické vztahy potřebné pro následný výpočet a návrh pohyblivé jezové konstrukce.

V následující praktické části byl proveden samotný návrh pohyblivého jezu. Nejdříve bylo lokalizováno zájmové území, které se nachází v městské části Brno sever, konkrétně ve čtvrti Husovice. Stávající konstrukce pevného jezu leží na řece Svitavě v říčním kilometru 7,820. V dalším kroku byly analyzovány hydrologické, klimatologické, geologické a hydrogeologické poměry v tomto území a následně popsán stávající stav současného jezu a jeho přilehlých objektů. Celý tento popis byl doplněn o fotodokumentaci. Po analýze současného stavu, byly provedeny hydrotechnické výpočty, kterým předcházela návrh typu spodní stavby společně s pohyblivým uzávěrem a určení základních návrhových hodnot, jako jsou návrhový průtok Q_N a hladina stálého vzduť HSV. Jako nejlepší varianta řešení pro místní podmínky byla zvolena kombinace Jamborova prahu a klapkového uzávěru. Pro zvolení průtoku Q_{100} jako návrhového vedl fakt, že se jedná o zastavěnou lokalitu, v níž se počítá s výstavbou protipovodňových opatření. Výška hladiny stálého vzduť byla stanovena tak, aby zajistila dostatečně velký spád na malou vodní elektrárnu a zároveň umožnila odběr vody do umělého koryta, které bude procházet přes nově budovanou čtvrť v bývalém areálu Zbrojovky Brno. V závěru byl proveden kompletní návrh jezu a objektů k němu přilehlých, který je zaznamenán v přílohách této práce.

Cílem práce bylo tedy navrhnout takovou jezovou konstrukci, která dopomůže k lepší protipovodňové ochraně, umožní volnou migraci rybí osádky a zároveň umožní odběr vody pro MVE a nově budovanou čtvrť v areálu bývalé Zbrojovky Brno.

2. JEZOVÉ STAVBY

Úvodní teoretická část práce se bude zabývat seznámením s tematikou jezových konstrukcí a budou zde popsány jejich účely a funkce. Dále dojde k rozdělení a popisu těchto konstrukcí z pohledu několika hledisek. V závěru kapitoly budou obecně uvedeny hydrotechnické výpočty, které budou dále aplikovány v dalších kapitolách práce.

2.1. JEZ

Jezem se rozumí stavba v říčním korytě, jejímž účelem je zvýšit hladinu nad jezem a umožnit odběr vody z řeky pro různé účely. [1]

Jezy plní tyto funkce:

- Zajištění potřebné hloubky k odběru vody pro vodárenské, průmyslové, zemědělské, protipožární účely,
- Jsou nezbytnou součástí splavnění vodních toků, zajišťujících potřebnou plavební hloubku,
- Umožňují gravitační odběr vody, vytváří spád využitelný pro energetické účely,
- Regulují výšku hladiny podzemní vody v přilehlém říčním údolí v souladu s potřebou vody zemědělských plodin a lesních kultur,
- Plní funkci spádového stupně, vyrovnávají spádové poměry, umožňují vypouštění vod do podjezí,
- Mají význam estetický, vytváří vodní plochu využitelnou k rekreačním účelům. [2]

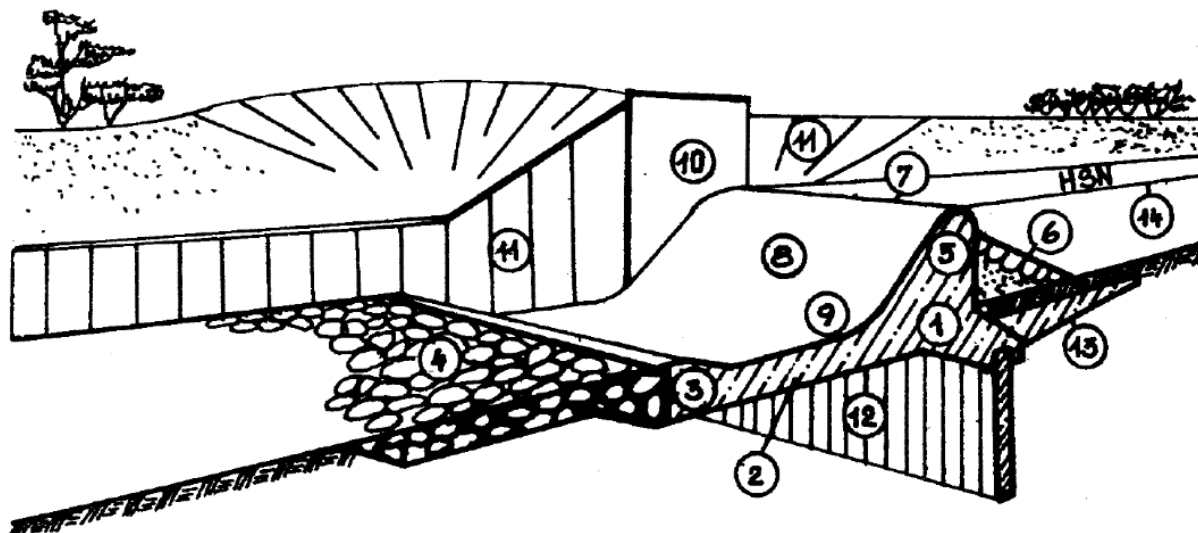
2.2. ROZDĚLENÍ JEZOVÝCH KONSTRUKCÍ

Jezové konstrukce můžeme dělit na dvě základní skupiny a to na pevné a pohyblivé.

2.2.1. Pevné jezy

Pevné jezy patří k nejstarším vodohospodářským konstrukcím. Dle historických materiálů a zachovaných konstrukcí byly první stavby jezů zhotoveny ze dřeva a kamene a až s rozvojem techniky se začaly používat pevnější a odolnější materiály. Postupem času se začali zdokonalovat i tvary přelivných ploch a celých jezových konstrukcí. Pevné jezy trvale vzdouvají vodu v nadjezí a to pouze jezovým tělesem, které není doplněno žádnými pohyblivými konstrukcemi. U tohoto druhu jezů se hladina horní vody i vzduší v jezové zdrži mění pouze v závislosti na velikosti průtoku. Jezy budované v této době mají obvykle čtyři hlavní části – pevné jezové těleso, základ s konstrukčními prvky zabraňujícími průsak pod jezovým tělesem a

zvyšujícími jeho stabilitu, podjezí upravené většinou jako vývar, a břehové pilíře se zavazovacími křídly, kterými je jez napojen na břehy koryta.



1) jezové těleso, 2) vývarová deska, 3) vývarový prah, 4) kamenný zához, 5) koruna jezového tělesa, 6) předprsí jezu, 7) přelivná hrana, 8) přelivná plocha, 9) přechodová plocha, 10) břehový pilíř, 11) jezová křídla, 12) svislý těsnící prvek, 13) vodorovný těsnící prvek, 14) HSN - hladina stálého nadržení

Obr. 1: Části pevného jezu [1]

V současné době se tedy můžeme setkat s různými typy pevných jezů, které lze dělit do několika skupin:

A. Dle užitého stavebního materiálu

- *Dřevěné*
- *Kamenné*
- *Zděné*
- *Betonové*
- *Železobetonové*
- *Kombinované*

Dřevěné jezy jsou jezy pevného typu, které se v dnešní době využívají ve formě dočasné, prozatímní konstrukce. V historii však k výstavbě těchto jezů docházelo a některé se dochovaly dodnes. Ty je třeba rekonstruovat a udržovat kvůli jejich historické hodnotě (Staroměstský jez nad Karlovým mostem, Šitkovský jez). K jejich stavbě je vhodné dřevo s vysokým obsahem pryskyřice (nejužívanější je borové, dubové a modřínové dřevo). Nevýhodou dřevěných jezů je jejich náchylnost na sluneční záření a působení atmosférických vlivů, což vede k jejich degradaci. Základní typy těchto jezů jsou srubové jezy, jezy s jednoduchou hradicí stěnou a dřevěné jezy s výplní.

Srubové jezy se používají hlavně na horských tocích a dále v těch základových podmínkách, kde není možné svislé prvky dřevěného jezu zaberanit do podloží. Jezové těleso je tvořeno srubem sestaveným z trámů. Tato jezová kostra je vyplněná lomovým kamenem, který svojí hmotností zajišťuje stabilitu celé konstrukce. Povrch dřevěné kostry bývá pokryt fošnami. [3]

Dřevěné jezy s jednoduchou hradicí stěnou vyžadují zaberanění souvislé štětové stěny do podloží. Na hlavách dřevěných štětovnic je osazen vodorovný trámec se zaoblenými hranami, který vytváří přelivnou hranu jezu. Pro zvýšení trvanlivosti jezu je možné přelivnou hranu oplechovat, popřípadě oddělit hradicí část štětovnic od části zaberaněné do podloží. [3]

Nejdokonalejším typem dřevěného jezu je dřevěný jez s výplní. Ten se skládá z jedné až tří štětových stěn a několika řad pilot. Štětové stěny jsou umístěny na návodní a vzdušné straně konstrukce jezu. Třetí štětová stěna a na ní osazený vodorovný trámec vytvářejí hranu přelivné plochy jezu. Uvnitř jímky tvořené štětovými stěnami je zaberaněno několik řad pilot. Hlavy těchto pilot jsou spojeny tránci, které ztužují konstrukci a slouží jako kotevní prvky pro obkladní vrstvy přelivné plochy jezu. Prostor mezi pilotami a štětovými stěnami je vyplněn kamenitým nebo zemním materiálem podle požadavků na vodotěsnost jezového tělesa. [3]

Kamenné jezy jsou odolné vůči mrazu a obrusu, jejich nevýhoda však je ve velké propustnosti a malé odolnosti jezového tělesa proti proudící vodě. Konstrukce kamenného jezu je tvořena kamennou hrází, sypanou z hrubého kamene napříč tokem. Návodní strana je nejčastěji ve sklonu 1:1 a vzdušná líc ve sklonu 1:2, který se směrem ke dnu zmenšuje na sklon menší (1:3). Příčný řez tělesem je přibližně lichoběžníkového tvaru. Takovéto jezové konstrukce jsou používány k hrazení menších výšek při krátkodobém využití, například při výstavbě některých objektů na toku. Odolnost kamenné sypané konstrukce je zvyšována vložení pilotové stěny sevřené ve zhlaví pilot kleštinami, tvořícími přelivnou stranu jezu.

Zděné jezy jsou zdokonalením jezů kamenných, které umožňují hrazení i vyšších průtoků. Konstrukce zděného jezového tělesa se skládá z kamenných bloků nebo kvádrů, popřípadě i z cihel na cementovou maltu. Ochranu povodního i návodního líce tvoří štětová stěna s kamenným záhozem. Výstavba zděných jezů zahrnuje značné množství těžké manuální práce, hlavně při užití přesně opracovaných kvádrů, bývá vleklá a finančně náročná.

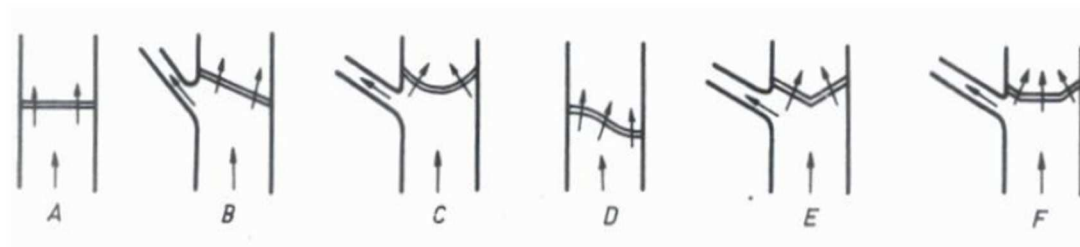
Betonové jezy jsou nepropustné konstrukce, jejichž výstavba je oproti předešlým konstrukcím méně časově náročná. Dřívější betonové konstrukce byly velmi tvarově podobné konstrukcím jezů dřevěných a kamenných. S postupem času však docházelo k zaoblování korun jezů a šikmé přelivné plochy byly napojovány k vodorovným dnům válcovou plochou. Dále docházelo k nahrazení dřevěných štětových stěn stěnami z oceli.

Železobetonové jezy jsou na rozdíl od jezů z prostého betonu složeny z tenkostěnných prvků. Tyto prvky jsou spojeny armaturou a vytváří tak duté konstrukce. Z toho vyplývá, že spotřeba betonu je zřetelně nižší než u klasických betonových konstrukcí. S tím je však spojena

vyšší pracnost při bednicích a armovacích pracích. Příkladem tohoto jezu je Ambursenův jez, pojmenovaný podle norského inženýra Ambursena.

B. Dle půdorysného tvaru

Nutnost nepřekročit stanovenou úroveň maximální hladiny a současně převést přes jez maximální průtok vede u pevných jezů k přepadovým hranám značné délky. Velmi často nebylo možné dostatečně dlouhou hranu realizovat v přímém tvaru, a proto ji bylo třeba půdorysně zakřivit. [1]



A) osa jezu kolmá na osu koryta, B) osa jezu šikmá na osu koryta, C), D) osa jezu různě zakřivená, E), F) osa jezu zalomená

Obr. 2: Půdorysné uspořádání pevných jezů [4]

Další způsob, jak můžeme jezy dělit podle půdorysného tvaru je počet polí, na která jsou rozděleny.

Pevný jez má zpravidla přepadovou hranu na celou šířku koryta a nebývá proto dělen pilíři na jednotlivá pole. Při návrhu jeho šířky je rozhodující stanovení kóty jeho přepadové hrany. [5]

U **pohyblivého jezu** se výpočtem stanovená délka přepadové hrany rozděluje na jednotlivá jezová pole obvykle tak, aby všechna měla stejnou světlost. Stejně rozměry umožní umístit do jednotlivých polí stejné uzávěry, což je výhodné jak z provozního, tak i z ekonomického hlediska. [5]

C. Dle tvaru přelivné plochy

Starší pevné jezy nebo i pevné spodní stavby pohyblivých jezů mívají tvar příčného řezu obdélníkový nebo lichoběžníkový. Novější jezy mají potom přelivné plochy zaoblené nebo se navrhují s proudnicovou přelivnou plochou, jejíž tvar je odvozen z tvaru spodní plochy paprsku přepadajícího přes ostrohranný přeliv. [5]

Součinitel přepadu „*m*“ vyjadřuje vliv tvaru jezového tělesa. Závisí na přepadové výšce, na uspořádání, drsnosti a tvaru přelivné plochy. Ekonomicky výhodné je dosažení co nejvyšší jeho hodnoty, které umožní úsporné řešení jezové konstrukce. [5]

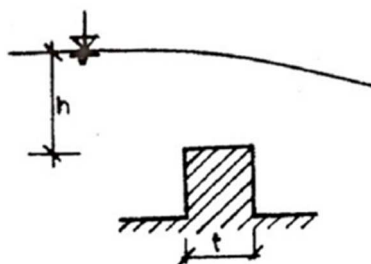
Dělení dle příčného tvaru průřezu spodní stavby:

- **Obdélníkový tvar**

pro $t \leq 0,67h$ je součinitel přepadu $m = 0$

pro $0,67h < t < 2h$ závisí na poměru h/t

$$m = 0,3 \text{ až } 0,42$$



Obr. 3: Obdélníkový průřez [5]

- **Lichoběžníkový tvar**

Vysoké jezy $p > 5m$

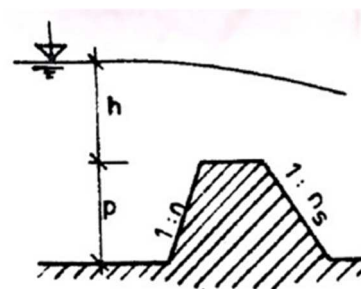
$$m = 0,35 \text{ až } 0,42$$

Střední jezy $2 < p < 5m$

$$m = 0,37 \text{ až } 0,44$$

Nízké jezy $p < 2m$

$$m = 0,35 \text{ až } 0,42$$



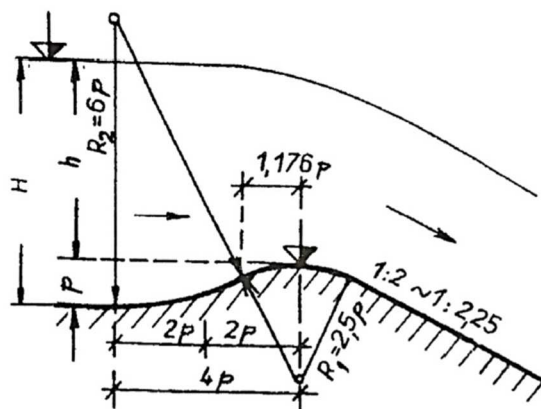
Obr. 4: Lichoběžníkový průřez [5]

- **Jamborův práh**

Způsobuje jen velmi malá vzduť hladiny horní vody. Jamborův práh tvoří dvě na sebe navazující válcové plochy o poloměrech $0,25p$ a $6p$. V dnešní době se právě Jamborův práh nejčastěji používá jako spodní stavba u pohyblivých jezových konstrukcí.

Výška p by měla být navržena v rozmezí $p = (0,15 - 0,25)H$

$$m = 0,42 \text{ až } 0,53$$



Obr. 5: Jamborův práh [5]

Pro Jamborův práh lze součinitel „ m “ spočítat podle vztahů odvozených autory J. Skaličkou a Lacem. Použití těchto vzorců je limitováno poměrem mezi výškou prahu nad dnem horní zdrže „ p “ a výškou přepadající vody při Q_n „ h “. Tyto vzorce budou použity a popsány v kapitole **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

- **Součinitel „ m “ pro klapkový uzávěr**

Součinitel přepadu přes jezové klapky závisí na poloze sklopení a na jejím geometrickém tvaru. [5]

$$m = 0,41 \text{ až } 0,44$$

D. Dle způsobu tlumení energie

Při přepadu přes pevnou spodní stavbu nebo hradicí konstrukci vzniká zpravidla bystrinné proudění. Velké kinetické energii přepadajícího vodního proudu by dno pod jezem nebylo schopné odolávat (vznikaly by zde velké výmoly), a proto je třeba ji utlumit buď v prohloubeném vývaru nebo bezvývarovým způsobem těsně pod jezem, aby se nepříznivé účinky nepřenášely na dno řeky. [5]

- **Jezy s vývarem**

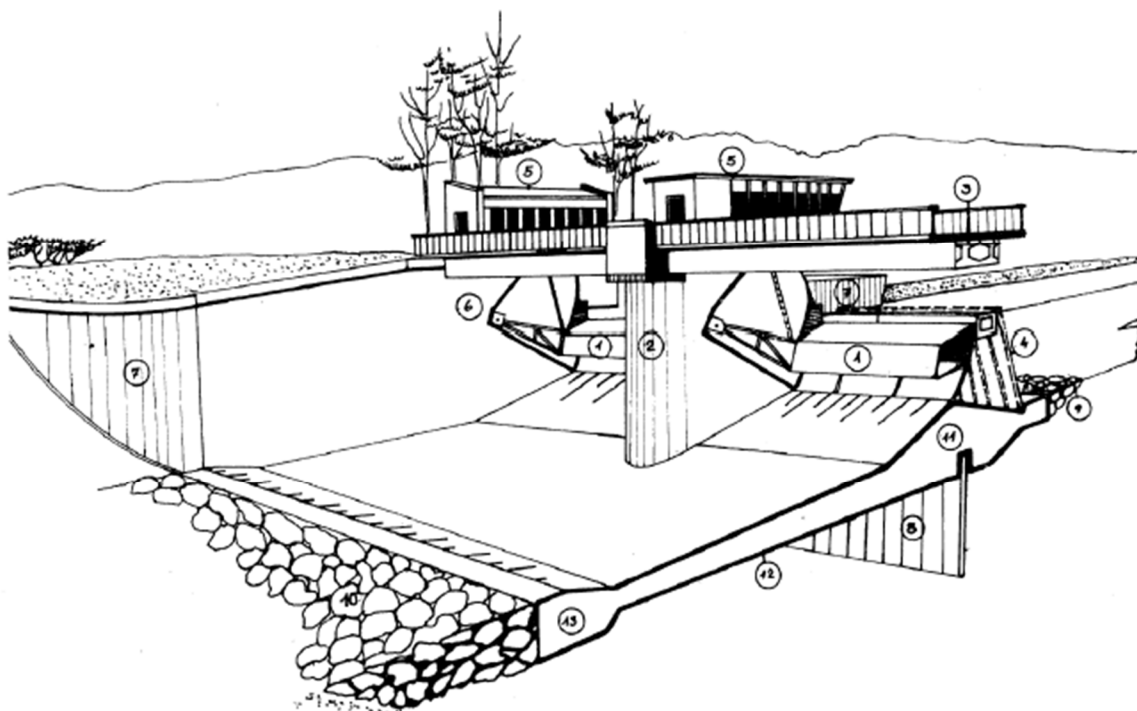
Nejvýhodnějším způsobem k utlumení vodní energie je záměrné vytvoření přílehlého vodního skoku v prohloubeném vývaru. Účinnost závisí na vhodném návrhu tlumících opatření, avšak i při nejlepším návrhu není účinek dokonalý a v korytě vznikají menší výmoly, které však nesmí ohrožovat konstrukci jezu. Proto i navazující koryto bývá těsně za vývarem chráněno před vymíláním těžkým kamenným záhozem. [5]

- **Jezy bez vývaru**

V některých výjimečných případech není nutné vytvářet v podjezí vývar a koryto bývá opevněno pouze těžkým kamenným záhozem. V tomto případě hovoříme o bezvývarovém tlumení. [5]

2.2.2. Pohyblivé jezy

Pohyblivé jezy jsou složeny ze spodní stavby, jejíž konstrukce vychází z uspořádání pevného jezu, dále z jezových pilířů, pohyblivých uzávěrů a z komunikačních a manipulačních prostorů. Prah spodní stavby se obvykle nachází v úrovni dna nadjezí nebo je nad ním lehce vyvýšen. Ve většině případů se jako spodní stavba jezu volí pevný prah ve tvaru proudnicové přelivné plochy popř. lichoběžníkového průřezu. Podle potřeby vzdutí horní hladiny vody je možné uzávěry manipulovat, tj. zvedat je, spouštět, sklápět, otáčet apod., a tím regulovat průtok profilem jezu. Při potřebě převést povodňové průtoky nebo umožnit průchod splavenin, plovoucích předmětů a ledů se uzávěry plně vyhradzují a celý průtočný profil jezu se uvolňuje.



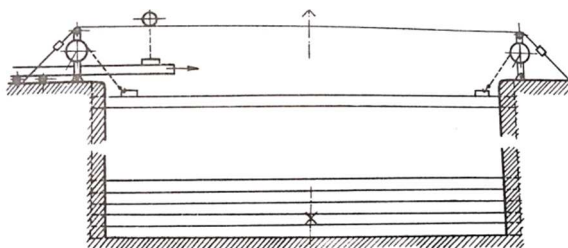
1) pohyblivý uzávěr, 2) dělicí pilíř, 3) obslužná lávka, 4) pomocné hrazení, 5) strojovna, 6) nábrežní pilíř, 7) zavazovací křídla jezu, 8) svislý těsnící prvek, 9) opevnění dna v nadjezí, 10) opevnění dna v podjezí, 11) pevná spodní stavba, 12) vývarová deska, 13) závěrečný práh vývaru

Obr. 6: části pohyblivého jezu [1]

Pohyblivé jezy lze rozdělit do několika skupin a to podle druhu pohyblivé hradicí konstrukce, kterou je vzdouvána voda v nadjezí:

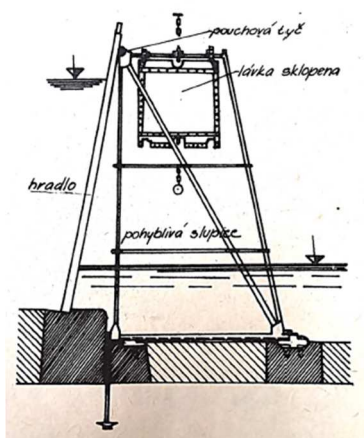
- *Jezy hradlové a hradidlové*
- *Jezy pokloповé*
- *Jezy stavidlové – tabulové*
- *Jezy segmentové*
- *Jezy válcové*
- *Jezy hydrostatické a vakové*

Hradidlový jez je velmi jednoduchým pohyblivým uzávěrem. Obdélníkový průtočný profil jezového pole je uzavírán vodorovným trámem pro malé světlé délky průtočného profilu, nebo profilovaným nosníkem (I – profil) nebo příhradovým nosníkem. Vodorovné nosníky jsou nazývány hradidly. K zahrazení jezového otvoru se vkládají do svislých drážek pilířů břehových nebo návodních. Uzavření pole je pracné a vyžaduje delší dobu k provedení. V současnosti se s tímto typem uzávěru lze setkat ve funkci provizorního hrazení jezových otvorů. Jako hlavního uzávěru jezového pole se hradidla nepoužívají. [1]



Obr. 7: Hradidlový uzávěr [6]

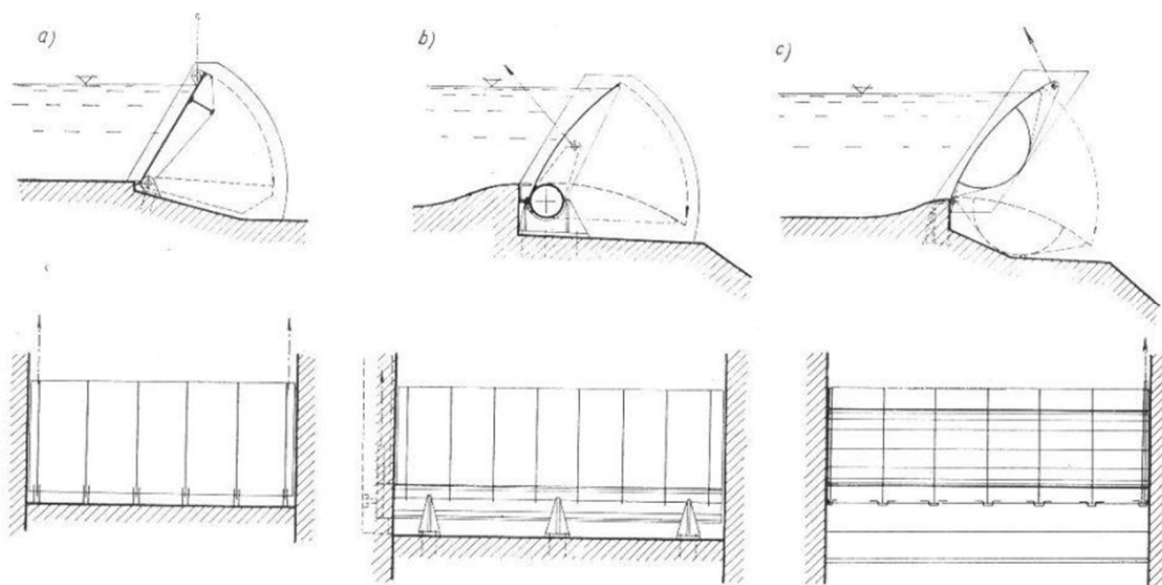
Hradlový jez byl navržen pro požadavek na zahrazení větších délek. Hradlem je nazýván trám nebo profilovaný nosník ukládaný svisle do jezového pole, který se spodním koncem opírá o pevnou spodní stavbu a horním koncem o vodorovnou tyč označovanou jako pouchová tyč. Pouchová tyč je podpírána přibližně po 5 m sklopnou slupicí, což je v podstatě příhradová svislá konzola kotvená kloubově do pevné spodní stavby. Po vyhrazení všech hradel a vyjmutí pouchové tyče sklápěly se slupice do dna spodní stavby. Vztyčení slupic a zahrazení jezového profilu hradly a stejně tak sklopení jezu bylo velmi zdlouhavé a náročné na fyzickou práci obsluhy jezu. Stejně jako hradidla i hradlový jez se nyní užívá ve funkci provizorního hrazení jezových polí. [1]



Obr. 8: Hradlový uzávěr [1]

Pokloповý jez se stal dalším vývojovým stupněm. Úzká hradla byla nahrazena deskami, které se řadily vedle sebe jako hradla, ale každá deska měla svoji vzpěru, která ji udržovala v šikmé poloze. Ke sklopení jezu tedy stačilo vysunutí vzpěry a deska – poklop se sklápěl do dna jezového profilu. Vztyčení bylo většinou prováděno pomocným jeřábem, jehož rameno zachytilo sklopený poklop a vztyčilo jej do požadované polohy. [1]

Poklop otočný kolem spodní hrany, která je kloubem kotvena do spodní stavby, se však stal, samozřejmě po konstrukčních úpravách jedním z nejrozšířenějších jezových uzávěrů. Tento uzávěr se označuje jako klapka nebo jako klapkový uzávěr. Na rozdíl od zmíněných poklopů je klapka celistvým poklopem otočeným kolem dolní hrany hradící celou šířku jezového uzávěru. Vlastní konstrukce klapky prošla vývojem od deskové klapky přes troubovou klapku až k duté klapce. [1]



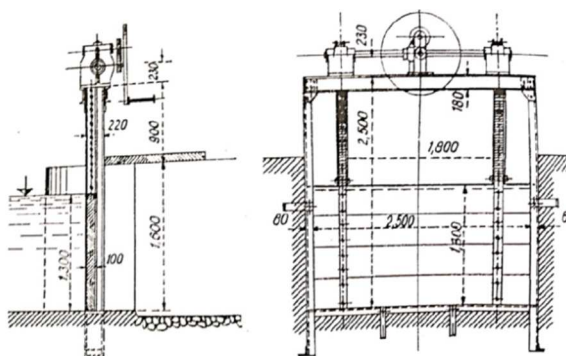
a) desková klapka, b) troubová klapka, c) dutá klapka

Obr. 9: Druhy klapek [5]

Stavidlové jezy se vyvinuly ze známého stavidla hradícího mlýnské náhony. Potřeba hradit větší šířky a výšky vedla ke konstrukcím řadícím stavidlové tabule vedle sebe i nad sebe. Vznikaly tak jezy stavidlové členěné. Hrazená výška se zvětšila konstrukcí, tzv. sdrúžené stavidlo, jehož konstrukce spočívala ve zdvojení rámu a tedy drážek, ve kterých se stavidla posouvala a bylo je tedy možné zasunout za sebe. Jejich ovládání bylo buď společné a nebo samostatné pro každé stavidlo zvlášť. [1]

Tabulové jezy byly vyvinuty za účelem hradit šířky nabývající délky až 30 m a výšky dosahující 12 m. Jejich hradící plocha byla podporována obvykle dvěma příhradovými nosníky. Zdvih tabulí dovovalo zavěšení tabulí na Gallovi řetězy procházející přes ozubený pastorek převodového soukolí, jejichž konec při jednoduchém závěsu byl upevněn na rám na pilíři umožňující uložení řetězu ve smyčkách na pilíři. [1]

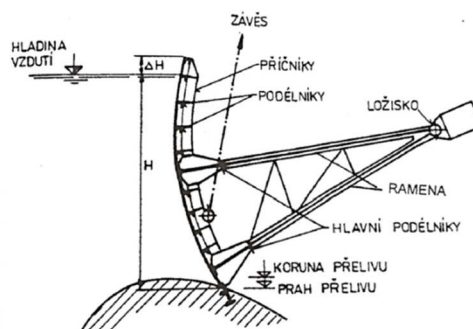
Předností stavidlových – tabulových jezů je možnost hrazení velkých šířek i výšek. Současně však nutnost vysokých pilířů je spíše nevýhodou vzhledem k nákladům na jez. Konstrukce tabulí vyžadují značné množství oceli a k jejich pohybu je třeba mohutných zdvihacích mechanismů. Další nevýhodou je, že regulace pod tabulí nedovoluje propouštění ledů a jiných plovoucích předmětů do podjezí. Přes tyto nevýhody se stavidlové tabulové jezy staly značně rozšířenou konstrukcí jezů. [1]



Obr. 10: Stavidlový uzávěr [5]

Segmentové jezy tvoří válcová hradicí plocha vyztužená podélnými nosníky podepřenými na obou koncích rameny. Ramena se opírají o čepy kotvené do zdí pilířů, kolem kterých se ramena a tedy i celý segmentový uzávěr otáčí. Starší konstrukce se řešily příhradovými nosníky. Segmenty provedené v současnosti mají řešený podélný hlavní nosník skříňový, který je prostorově tuhý. Dovoluje užití jednostranného zdvihacího mechanismu. Ramena segmentů jsou buď příhradové nebo skříňové nosníky. Skříňový profil je výhodný také tím, že lze vyhřívat celý prostor v zimním období, kdy hrozí zamrzání ledu na konstrukci segmentu. [1]

Jednou z nevýhod segmentů je podobně jako u tabulových jezů propouštění ledů a jiných plovoucích předmětů do podjezí. Segmentové uzávěry jsou výhodné vzhledem k prostorové tuhosti konstrukce dovolující hradit velké šířky a výšky. Přitom nejsou potřebné vysoké pilíře při vyhrazení uzávěru. Velikost sil potřebných ke zdvihu je menší, než v případě tabulových uzávěrů. Tyto vlastnosti segmentových uzávěrů způsobily jejich značné rozšíření při výstavbě jezů. [1]



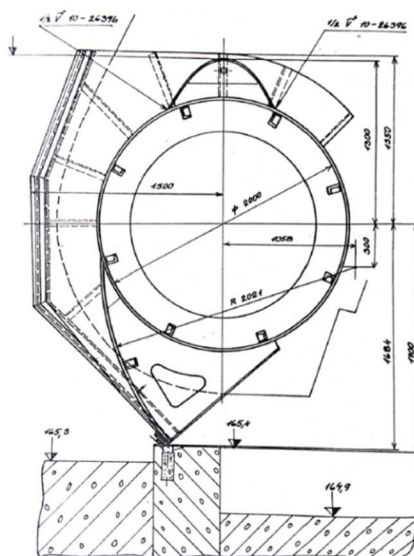
Obr. 11: Segmentový uzávěr [5]

Válcové jezy jsou konstrukce, které jsou svými konci uloženy na pilířích. Na obou koncích válce jsou osazena ozubená kola, která spočívají na ozubených kolejničkách osazených na pilířích. Ozubnice jsou v takovém sklonu, aby po přibližně 0,8 otáčky válce byl uzávěr vytažen do výše 0,5 m nad maximální hladinu v nadjezí. Délka ozubené dráhy a její sklon je tedy odvislý od hrázené výšky a tedy průměru válce. Válec je zavěšen na Gallově řetěze na jedné straně, který je naháněn ozubeným soukolím umístěným na pilíři. Druhý konec válce je pouze přidržován ocelovým lanem nebo také Gallovým řetězem, aby se ozubený věnec válce nevysmekl

z ozubnice. Ozubené dráhy jsou umístěny ve výklencích pilířů, aby přepadající paprsek nepůsobil ani na ně ani na závěs válce. [1]

Vlastní těleso válce je ztuženo prstenci a podélnou výztuhou z U – profilů. Na dolním konci je připojen dolní štít, který jednak zvyšuje hradící výšku, jednak má svou dolní hranu upravenou pro dosednutí uzávěru na spodní stavbu. K hornímu konci válce je připevněn oblý nástavec zvyšující hradenou výšku vlastního ocelového válce. [1]

Všechny tyto konstrukce vykazují značnou hmotnost a proto i zdvižné mechanismy musí být schopné vyvinout značnou tažnou sílu. Konstrukce ozubených drah a mohutnost zdvihadel vyžaduje mohutné a poměrně vysoké pilíře. Právě pro tyto vlastnosti se válcové uzávěry v současnosti velmi málo navrhují. Podstatnou výhodou jejich je možnost hradit poměrně velké šířky jezových uzávěrů vzhledem k prostorové tuhosti celé konstrukce. [1]

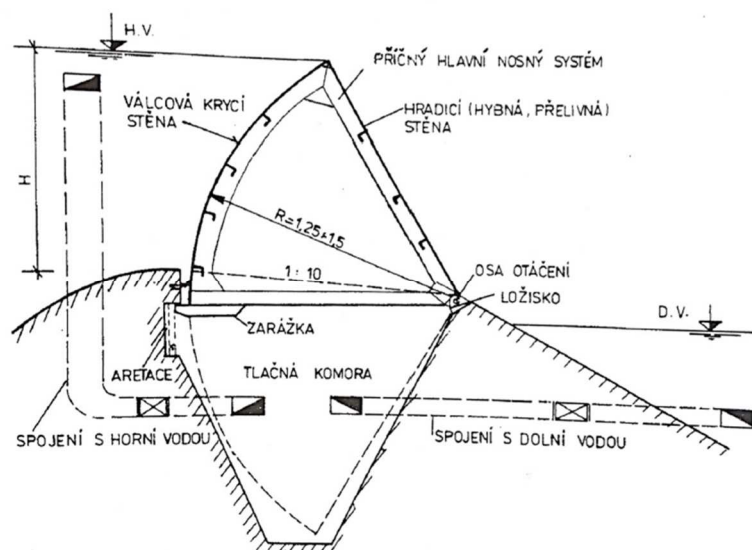


Obr. 12: Válnový uzávěr [1]

Hydrostatické jezy jsou jezové konstrukce, jejichž pohyblivý hradící uzávěr je uváděn do pohybu hydrostatickým tlakem. Hydrostatický tlak je dán výškou hladiny v jezové zdrži. Jezová zdrž je propojena uzavřeným kanálem v pilíři nebo potrubím procházejícím pilířem s tlačnou komorou jezu. Tlačná komora jezu je prostor ve spodní stavbě, uzavřený ve své horní části pohyblivým uzávěrem. Stoupající hladina v tlačné komoře vyvozuje na uzávěr tlak, kterým se uzávěr vztyčuje nad spodní stavbu a tím současně se vzdouvá i hladina v jezové zdrži. [1]

Využití hydrostatického tlaku daného hladinou v jezové zdrži odstranilo veškeré zvedací mechanismy, které byly potřebné u dřívějších typů pohyblivých jezových uzávěrů. K řízení zdvihu a spouštění zcela postačují plovákové spínače ovládající uzávěry spojovacích kanálů, které jsou umístěny v pilíři. Je tedy zřejmé, že není třeba vysokých pilířů ani strojoven, což zlevňuje náklady na výstavbu jezu. Citlivým místem všech hydrostatických jezů je těsnění, jeho porušení znamená únik vody z tlačné komory a pokles tlaku v komoře a tím znemožnění zdvihu. [1]

Byla vyvinuta celá řada typových konstrukcí hydrostatických jezů od dvoupokloповých, přes třípokloповé, tabulové, vahadlové, segmentové a ž k nejčastěji užívaným sektorovým. [5]



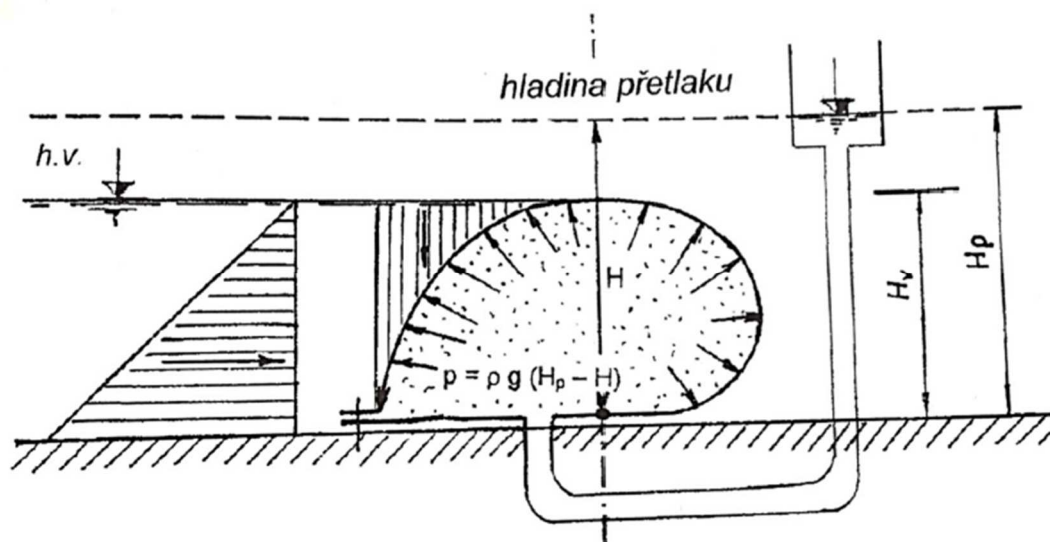
Obr. 13: Hydrostatický sektorový uzávěr [5]

Vakové jezy lze řadit k jezům hydrostatickým i přesto, že nemá charakteristickou tlačnou komoru ve spodní stavbě, neboť jeho zdvih, lépe řečeno vydutí vaku je způsobeno opět hydrostatickým tlakem vody. [1]

Na pevné spodní stavbě je připevněna dvojmo přeložená gumotextilní folie vytvářející vak. Folie se ukládá na rovinnou plochu spodní stavby, která za upevněním folie na návodní straně je vyvýšena přibližně o 10 cm. Vzniklý schodek chrání ukotvení folie před dynamickým namáháním splaveninami a jinými sunutými předměty. Na bocích se folie připevní na stěny pilířů o něco výše, než je určena hradicí výška vody. [1]

Vak je vzdouván vodou přiváděnou obvykle z jezové zdrže přes přetlakovou komoru potrubím, které je vedeno ve spodní stavbě a ukončeno kruhovým kolenem ústícím do vaku. Přetlaková komora, ze které vychází plnicí potrubí, je instalována v manipulační šachtici v břehovém pilíři nebo je vybetonována v břehu jezového lichoběžníkového profilu. Úroveň hladiny v přetlakové komoře udržuje potřebný tlak ve vaku a je obvykle vyšší, než je hladina v jezové zdrži při vztyčeném vaku. Vyprázdnění vaku umožňuje potrubí či uzavřený kanál spojující přetlakovou komoru s podjezím. [1]

Nevýhodou vakových jezů je možnost poměrně snadného poškození proříznutím či propíchnutím. Tomu však může být zabráněno zhotovením odolnější folie vaku. V závěru lze říci, že vakový jez je relativně levnou konstrukcí nevyžadující větší údržbu a lze ho užít všude tam, kde se nevyžaduje hrazení větší výšky. [1]



Obr. 14 Vakový uzávěr [5]

2.3. OVLÁDÁNÍ POHYBLIVÝCH UZÁVĚRŮ

Pohyblivé hradicí uzávěry jsou ovládány pohybovacími mechanismy – zdvihadly, ze kterých je pohyb přenášen na hradicí těleso ovládacími (pohybovacími) prvky. [5] Výjimkou jsou ovšem jezy hydrostatické a vakové, jejichž zdvihací mechanismy jsou podrobněji popsány v kapitole 2.2.2.

2.3.1. Pohybovací prvky

Ocelová lana se k ovládání již téměř nepoužívají. Uplatnění nacházejí pro zavěšení protizávaží. Nevýhodou lan je jejich velká průtažnost. [5]

Článekové řetězy s klasickými oválnými oky bývají náchylné k prasknutí ve svarech ok, a proto se používají pouze pro malé zdvihové síly dnes již výjimečně. [5]

Gallovy řetězy jsou používány velmi často. Řetěz je vytvořen z krátkých lamel z ploché oceli vzájemně spojených čepy. Řetěz bývá vytvořen jako rozebíratelný pomocí dvojice šroubů.

Ozubené tyče se zhotovují z ploché oceli, ve které se z jedné strany vyfrézují zuby zapadající mezi zuby pastorku. [5]

Vřetenové tyče mají na povrchu vytvořený závit. Pohyb je zajišťován otáčející se maticí. Při větším zatížení vzniká mezi maticí a tyčí velké tření a dochází k rychlému opotřebení. [5]

Cévové tyče tvoří dvě ocelové lišty, do kterých jsou vsazeny trny (cévy). Jejich vzdálenost odpovídá rozměrům zubů pastorku. Předností je tuhost tyče umožňující namáhání tahem i tlakem. [5]

Pístní tyče jsou zhotovené z kvalitních legovaných ocelí. Mají vždy plný kruhový průřez a tvoří součást hydraulických zdvihadel. Vzhledem ke své značné tuhosti jsou schopné přenášet velká zatížení tahem i tlakem. [5]

2.3.2. Pohybovací mechanismy

Mechanická zdvihadla se používají pro velké zdvihové výšky. Zdvihadlo tvoří elektromotor, převodová skříň (snižuje otáčky asi 1:50) a řada vhodně zvolených převodových kol umožňujících převod do pomala, s pastorkem umístěným na společném hřídeli posledního největšího kola. U uzávěrů tuhých na kroucení lze použít jednostranný pohon, jinak se používají zdvihadla oboustranná, u kterých musí být pohyb synchronní. [5]

Hydraulická zdvihadla jsou tvořena olejovou nádrží, vysokotlakým čerpadlem a potrubním rozvodem oleje a z jednoho nebo více hydraulických válců (hydromotorů). Tlakový olej se přivádí nad nebo pod píst pohybující se ve válcovém tělese. Pístní tyč je kloubově připojena k hradicímu uzávěru a pracovní válec je kloubově připevněn ke spodní stavbě jezu. Zdvihadla jsou vhodná pro velké zdvihové síly, malé zdvihové výšky a malé rychlosti pohybu. [5]

2.4. OBJEKTY PŘI JEZU

Jelikož se jezy staví pro různé vodohospodářské využití, dochází tak často k případům, kdy se u jezu nachází více objektů, které s ním souvisejí. Jedná se o objekty, které umožňují dopravu na splavných tocích, využití vodní energie, odběr vody z toku, migraci ryb, rekreaci a údržbu jezové stavby.

2.4.1. Odběrné objekty

Hlavním důvodem k výstavbě jezů bývá dnes mnohdy zabezpečení odběru vody z přirozeného toku, zejména pro zásobování jaderných a tepelných elektráren i průmyslových závodů technologickou vodou, pro zemědělské závlahy, ale i pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou (po její příslušné úpravě). V těchto případech se spolu s jezem buduje vhodné odběrné zařízení, obvykle ve stejném profilu, méně často v oblasti horní zdrže, v místě více nebo méně vzdáleném od profilu jezu. [4]

Objekty mají být vhodně situovány a hydraulicky účelně řešeny, aby vyvolávaly co nejmenší tlakové ztráty a umožňovaly odběr vody v požadovaném množství nejen za normálních meteorologických podmínek, ale i v nepříznivých mimořádných situacích jako například v zimním mrazovém období, při intenzivním chodu splavenin během povodní apod. [4]

Existuje mnoho různých objektů. Můžeme je zhruba rozdělit do těchto základních skupin:

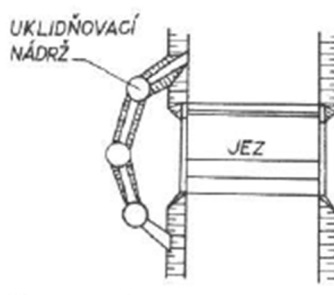
- **Boční odběry jednostranné nebo oboustranné (a,b)**

nádrž, zpravidla obdélníkového půdorysu, vybavená na styku s plavební dráhou uzávěry – vraty (s manipulačním zařízením) umístěnými v tzv. horním a dolním ohlaví komory, pomocí nichž je možno komoru otevírat a zavírat proti horní i dolní vodě při vyrovnaných hladinách. [3]

2.4.3. Rybí přechody

Vybudovaný jez nebo i souvislá kaskáda jezů nejsou vesměs žádnou překážkou pro ryby putující směrem po proudu, zejména při větších průtocích řekou. Jsou však značnou a často nepřekonatelnou překážkou při tahu ryb proti proudu. Pro možnost překonání soustředěného spádu se proto u jezů zřizují zvláštní rybovody různých typů a konstrukcí. [4]

Rybovody se nejčastěji navrhují jako úzké žlaby o velkém sklonu, kterými trvale nebo dočasně protéká voda z horní zdrže do dolní zdrže jezu. Aby proudění nebylo bystřinné nebo velmi bouřlivé, vestavuje se do žlabu řada přepážek se střídavě rozmístěnými přepadovými a výtokovými otvory. [4]



Obr. 17: Schéma ryбіho přechodu [4]

2.4.4. Štěrkové propusti

Hlavním účelem štěrkových propustí je odstraňování usazenin z jezové zdrže. Při otevření uzávěru štěrkové propusti jsou usazeniny hydraulicky transportovány do koryta pod vzdouvací stavbou. Štěrkové propusti se používají v blízkosti objektů pro odběr vody. Jsou to otvory ve spodní stavbě jezu v blízkosti dna opatřené zdvižným uzávěrem. Prostor v okolí štěrkových propustí v horní i dolní vodě musí být opevněn s ohledem na vysoké rychlosti proudící vody. [3]

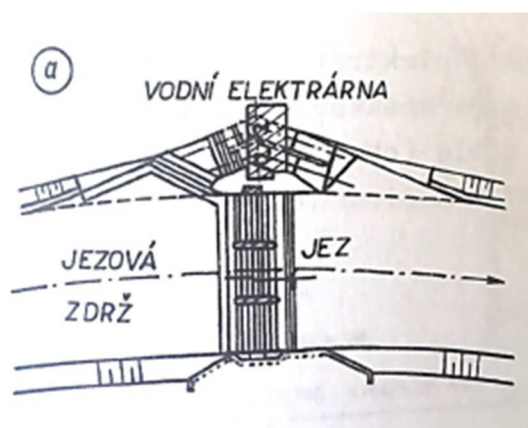
2.4.5. Propusti pro sportovní lodě

Propusti pro sportovní lodě vychází z propustí pro voroplavbu. Vorové propusti zůstali v podstatě u všech pevných jezů dodnes, u pohyblivých jezů jsou často zahrazeny trvale nebo pomocí jednoduchých uzávěrů. Ještě v době plnění své původní funkce se většina vorových propustí využívala i k proplavování malých sportovních lodí, tj. jako sportovní propusti. Některé z nich se takto využívají dosud, aniž se provádí jejich rekonstrukce nebo úprava. [4]

2.4.6. Vodní elektrárny

Podstatou využití energie vodního toku (popř. současně i více vodních toků) je jednak přeměna jednotlivých energetických složek (polohové, tlakové, rychlostní), jednak vyloučení a následná přeměna existujících hydraulických ztrát v jinou užitečnou formu energie – dnes převážně elektrickou (do 20. století vesměs mechanickou). Běžnými prostředky k zmenšení ztrát na určitém úseku toku jsou vzdutí vody (jezem, přehradou) a vedení vody přívodem s malými hydraulickými odpory. Doplnkovým opatřením popř. může být prohrábka koryta toku pod vzdouvací stavbou. [3]

Vodní elektrárnu je možno charakterizovat jako náročný technologický komplex, jehož konstrukční řešení je do značné míry dáno počtem, uspořádáním a rozměry soustrojí, tj. turbíny a generátoru. [3]



Obr. 18: Schéma vodní elektrárny [3]

2.5. POSTUP VÝSTAVBY

Jako jedno z hlavních kritérií při návrhu jezu je postup jeho výstavby, při kterém je nutné navrhnout příjezdové komunikace na staveniště, jeho zařízení, vybavení a konečně i ochranu staveniště před velkými vodami. Postup výstavby závisí především na stanovení průtoku, před kterým bude staveniště nutno chránit.

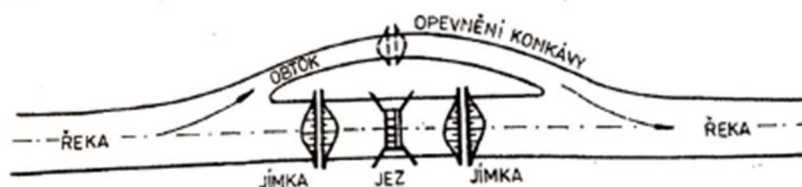
Při návrhu jezové konstrukce je možno použít tyto způsoby výstavby:

Stavba jezu v průkopu. Situování stavby jezu do průkopu umožňuje jeho výhodnou výstavbu v otevřené stavební jámě. Původní koryto není třeba při stavbě jakkoliv měnit. S výhodou se používá na značně meandrujících tocích s ostrými oblouky. Po dokončení vlastní výstavby se prodlouží koryto po i proti vodě včetně břehových opevnění. V konečné fázi, za nízkých průtoků, se dokončí průpich do dolní vody a následně i do vody horní. Původní koryto se buďto uzavře hrází nebo ponechá jako slepé neprůtočné říční rameno. Výhodné je, že je možné potřebné práce plně mechanizovat. [5]



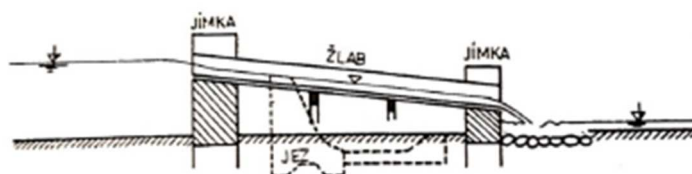
Obr. 19: Stavba jezu v průkopu [5]

Stavba jezu s bočním odvedením vody se používá na menších tocích. Provizorně vybudované nové koryto musí mít kapacitu pro převedení průtoku na nějž je chráněno staveniště. Pro jeho výstavbu lze někdy výhodně využít meandrů předchozích koryt. Při návrhu je vedení snahou, aby obtok byl co nejkratší v co největším sklonu s velkou kapacitou. Vlastní řečiště se po dobu výstavby uzavře proti horní a dolní vodě jímkami. Průběh výstavby a zatopení jímky je obdobné jako v předešlém případě. V závěrečné fázi výstavby se obtok uzavře a následně zasype. Investičně bývá tento způsob nákladnější. [5]



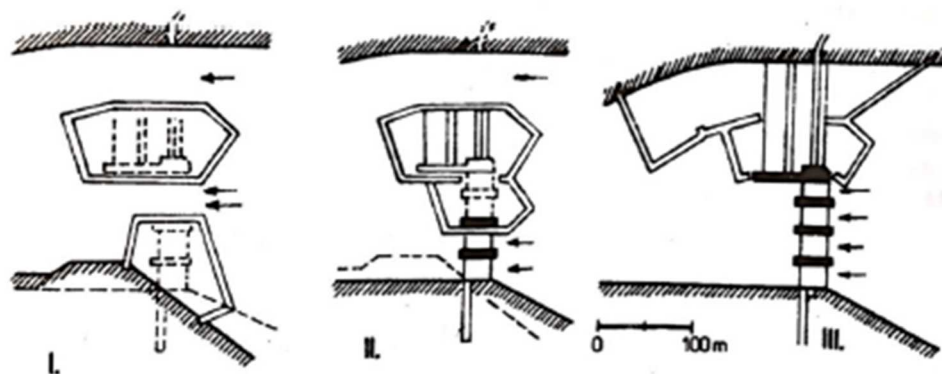
Obr. 20: Stavba jezu s bočním obvedením vody [5]

Stavba jezu s převáděním vody žlabem nebo potrubím je velmi efektivní způsob, který lze použít na malých tocích. Voda může být vedena buď přímo přes staveniště, nebo stavební jámu obchází. Celý návrhový průtok musí být soustředěn do potrubí nebo do vodotěsného žlabu. [5]



Obr. 21: Převodění vody přes staveniště žlabem [5]

Stavba jezu v jímkách je často jediný možný způsob výstavby vodního díla na větších tocích. Aby bylo možné provádět stavbu v proudící vodě, je třeba ohrázovat stavební jámu jímkami. Zejména u větších staveb je třeba rozvrhnout postup výstavby do několika etap, při kterých se staví vždy jedna část vodního díla. Tento způsob výstavby je časově delší a ekonomicky náročnější než předešlé způsoby, a proto k němu přistupujeme v případě kdy není jiného východiska. [5]



Obr. 22: Stavba jezu ve třech jímkách [5]

2.6. HYDRAULIKA JEZU

Návrh jezové konstrukce a jejích rozměrů vychází z hydrotechnického výpočtu. Na základě hydrologických podkladů lze provést návrh šířky a počtu jezových polí, tvarů a rozměrů pilířů, tvaru a šířky spodní stavby, rozměru a zahloubení vývaru a konečně i opevnění dna před a za jezem.

2.6.1. Průtočná kapacita jezu

- *Návrhový průtok Q_N*

Návrhový průtok Q_N je průtok, který musí být bezpečně převeden jezovým profilem. Jeho velikost se volí minimálně stejná jako kapacita toku nad návrhovým objektem. V některých případech, je-li jez situován v městské aglomeraci nebo v blízkosti významných komunikačních nebo průmyslových staveb se stanoví návrhový průtok jako stoletá voda Q_{100} . Orientačně lze uvažovat Q_N pro jez situovaný v zemědělsko-průmyslové oblasti Q_{50} , v zemědělské oblasti Q_{10-20} , v lesní oblasti Q_{5-10} . [5]

- *Průtočná kapacita jezu Q*

Při výpočtu šířky přelivu vycházíme z požadovaného průtoku, který musí být jezem bezpečně převeden, podle předchozí kapitoly. Při návrhu je třeba vzít v úvahu tvar přelivné plochy, typ jezu i tvar a rozměry pilířů. Pro stanovení průtoku přepadajícího přes jez používáme vztahů známých z hydrauliky. [5]

$$Q = \sigma_z m b_u \sqrt{2g} (h_0)^{3/2} \quad (2.6.1)$$

kde: b_u je účinná šířka přelivu

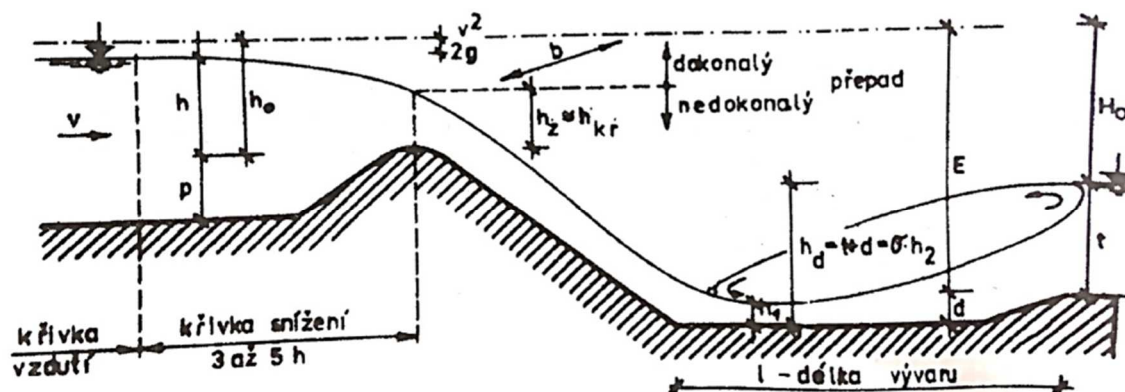
h_0 je rovna součtu rychlostní výšky „ k “ a přepadové výšky „ h “

$(h_0 = h + k)$ [m]; $k = v^2/2g$ [m]

m je součinitel přepadu viz kapitola 2.2.1 odst. C

σ_z je součinitel zatopení přelivu

g je tíhové zrychlení [m/s²]



Obr. 23: Schéma pro hydraulické výpočty jednotlivých částí jezu [5]

- **Součinitel zatopení σ_z**

Průtok přes jez může výrazně ovlivnit i poloha hladiny dolní vody. Vystoupí-li hladina dolní vody h_d o výšku h_z nad korunu přelivu, je třeba stanovit, zda se jedná o přepad dokonalý nebo nedokonalý. [5]

Při dokonalém přepadu neovlivňuje hladina vody pod jezem hladinu horní vody, ani kapacitu jezu. K přechodu z dokonalého přepadu na přepad nedokonalý dochází přibližně tehdy, vystoupí-li hladina dolní vody h_d nad úroveň kritické hloubky h_k nad korunou přelivu. Při nedokonalém přepadu ovlivňuje hladina dolní vody kótu hladiny horní vody a zároveň i kapacitu jezu v závislosti na stupni zatopení h_z/h_k . Tento jev se do výpočtu zavádí součinitelem σ_z , kterým je redukován průtok odpovídající dokonalému přepadu. Hodnota součinitele zatopení je $\sigma_z < 1$. [5]

h_z/h_0	0,50	0,60	0,70	0,80	0,85	0,90
σ_z	1,00	0,99	0,98	0,96	0,91	0,79

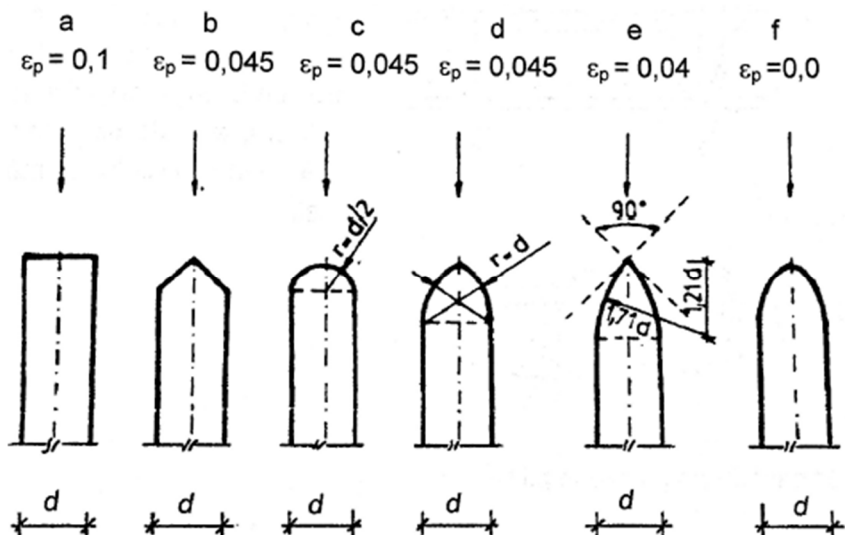
Tabulka 1: Součinitel zatopení pro Jamborův práh [5]

- **Účinná šířka přelivu b_u**

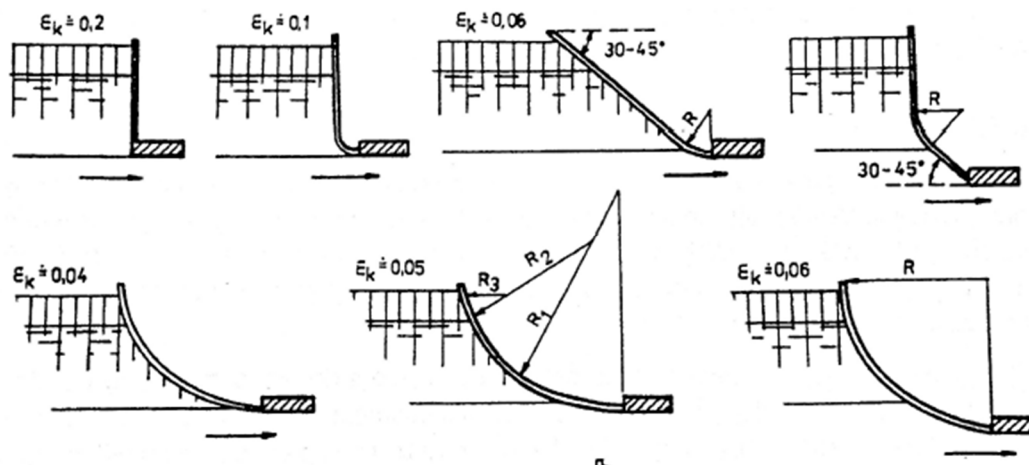
Účinnou šířku přepadu přes pohyblivý jez se zvoleným počtem jezových polí a tvarem jezových pilířů, u kterých jsou stanoveny tvarové součinitele, lze stanovit ze vztahu:

$$b_u = \sum b_1 - (n\varepsilon_p + 2\varepsilon_k)h_0 \quad (2.6.2)$$

kde: b_I je navržená šířka jezového pole
 n je počet kontrakcí návodních pilířů (každý pilíř 2)
 ε_p je tvarový součinitel návodního pilíře
 ε_k je tvarový součinitel bočních křídel břehového pilíře
 h_0 je výška přepadového paprsku včetně rychlostní výšky



Obr. 24: Tvary předního zhlaví návodních pilířů a jejich součinitele [5]



Obr. 25: Tvary křídel břehových pilířů a jejich součinitele [5]

2.6.2. Návrh podjezí

Již v kapitole 2.2.1 bylo uvedeno, že k utlumení vodní energie přepadajícího vodního proudu se zpravidla využívá dvojího řešení. A to buď vývarové nebo bezvývarové. V této práci bude použito řešení s vývarovou deskou, a tak zde bude obecně popsán postup výpočtu tohoto řešení.

- **Hloubka vývaru d**

$$d = \sigma h_2 - h_d \quad (2.6.2)$$

kde: σ je součinitel určující doporučenou míru vzduť stabilního přilehlého vodního skoku. Zpravidla požadujeme, aby hodnota $\sigma = (1,05 - 1,1)$.

h_2 druhá vzájemná hloubka viz Obr. 26

h_d je hloubka dolní vody pod jezem

- **Délka vývaru l**

$$l = K(h_2 - h_1) \quad (2.6.3)$$

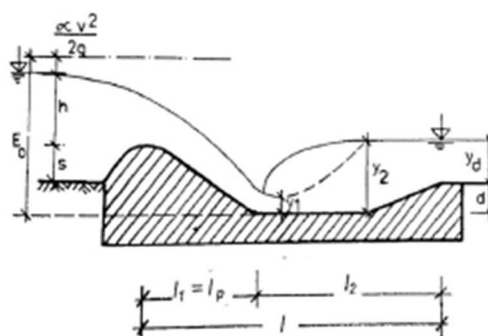
kde: l je aktivní délka vývaru, na které se vytvoří vodní skok (závisí na tvaru a výšce přelivné konstrukce a na průtoku).

y_1 a y_2 jsou vzájemné hloubky viz Obr. 26, mezi kterými existuje jednoznačný vztah vycházející z Bernoulliho rovnice.

K je součinitel závislý na poměru y_2/y_1

y_2/y_1	3 až 4	4 až 6	6 až 20	> 20
K	5,5	5,0	4,5	4,0

Tabulka 2: Součinitel K [5]



Obr. 26: Rozměry vývaru [5]

- **Hloubka výmolu A**

$$A_0 = 6H^{0,25}q^{0,5}\left(\frac{t}{d_{90}}\right)^{1/3} - t \quad (2.6.4)$$

- kde: A_0 je hloubka výmolu měřená od původního dna [m]
- H je rozdíl hladin dolní a horní vody [m]
- q je specifický průtok – průtok dělený celou šířkou jezu včetně pilířů [m³/s. m]
- t je hloubka dolní vody [m]
- d_{90} je 90% zrna zeminy dna koryta [mm]

Za klasickým způsobem navrženým vývarem vzniká výmol přibližně poloviční. Podle Novákem upraveného vztahu:

$$A_v = cA_0 \quad (2.6.5)$$

- kde: c je rovno hodnotám 0,45 – 0,65

2.6.3. Výpočet stability

Základním předpisem pro stanovení zatížení je ČSN 73 0035 Zatížení stavebních konstrukcí, ČSN 73 7502 Zatížení vodohospodářských objektů a EN 1997-1: Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí. Zatížení je možno dělit na dvě základní skupiny, a to na **stálá (G)** a **nahodilá (Q)**, která se dále dělí na dlouhodobá, krátkodobá a mimořádná. [5]

Nejčastější zatížení působící na konstrukci jezu:

- **Vlastní tíha konstrukce (G_G)**
- **Zemní tlak (G_w)**
- **Tlak vody (V) - vertikální tlak v důsledku tíhy vody, hydrostatický horizontální tlak**
- **Tlak vody (W) – hydrostatický vertikální tlak (vztlak)**

Podmínky stability, kterým jezová konstrukce musí odolat:

- **Stabilita proti posunutí**
- **Stabilita proti překlopení**
- **Stabilita proti nadzvednutí**

V této kapitole jsou zatížení působící na konstrukci a podmínky její stability jen stručně popsány. Jejich schematizace a popis bude podrobněji proveden v kapitole 3.4.

2.7. ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI

V teoretické části práce byly uvedeny informace o pevných a pohyblivých konstrukcích jezu, doprovodných stavbách, postupu výstavby a nakonec i o obecném hydraulickém výpočtu jezu. Na základě těchto údajů, popsaných v předchozích kapitolách je provedena volba typu jezové konstrukce s pohyblivým hradicím prvkem i celkový návrh konstrukce včetně souvisejících objektů.

Pro návrh spodní stavby se předpokládá použití nízkého Jamborova prahu, a to z důvodů jeho dobrých hydraulických vlastností. Dalšími jeho výhodami jsou možnost průchodu splavenin a nenáročnost výstavby.

Pro své vlastnosti a pro charakter místních podmínek byl jako hradicím prvek vybrán pokloповý uzávěr a to konkrétně dutá klapka. Klapka bude ovládána pístními tyčemi, které budou poháněny hydraulicky.

Důvody zvolení klapkového uzávěru jsou následující:

- ***Estetické*** (netřeba vysokých pilířů)
- ***Zatížení*** (přenáší ho po celé délce rovnoměrně)
- ***Regulace*** (umožňuje jemnější regulaci průtoku a zároveň převedení plávi)
- ***Statické*** (duté průřezy jsou po statické stránce velmi výhodné)
- ***Zimní provoz*** (lze pohybovat klapkou i při jejím lehkém přimrznutí)

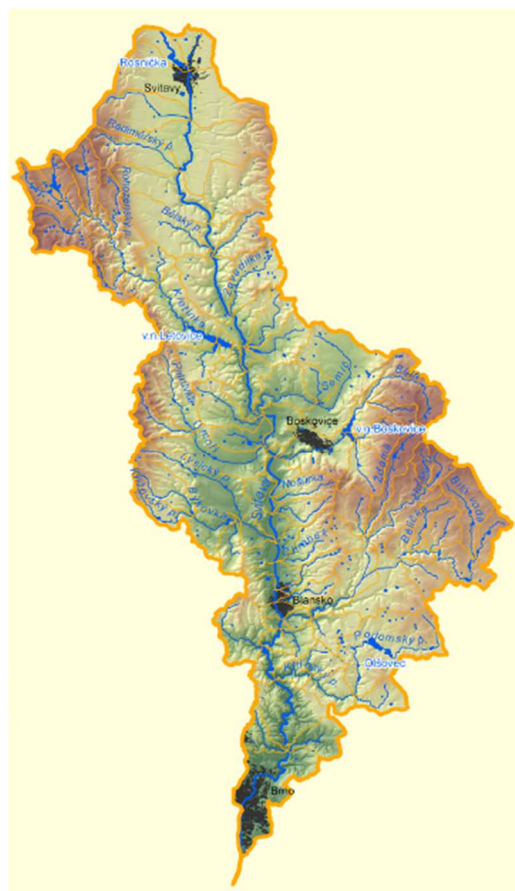
3. NÁVRH POHYBLIVÉ JEZOVÉ KONSTRUKCE

V této části bude proveden návrh pohyblivé jezové konstrukce, který naváže na informace z kapitoly 2. Nejdříve proběhne lokalizace a popis zájmového území, k nimž se přidají vstupní údaje potřebné pro návrh jezu. Dalším krokem bude hydraulický výpočet doplněný o samotný návrh jezu a jeho částí.

3.1. OBECNÝ POPIS POVODÍ SVITAVY

- **Kraj:** Pardubický - Jihomoravský
- **Název toku:** Svitava
- **Identifikátor toku:** TOK_ID = 414290000100
- **Členění toku podle Gravelia:** V.řád
- **Správce povodí** Povodí Moravy, s.p.
- **Číslo povodí** HLGP_ID = 4-15-02-001/0 až 4-15-01-109/0
- **Plocha povodí** 1 149,4 km²
- **Délka toku** 98,39 km

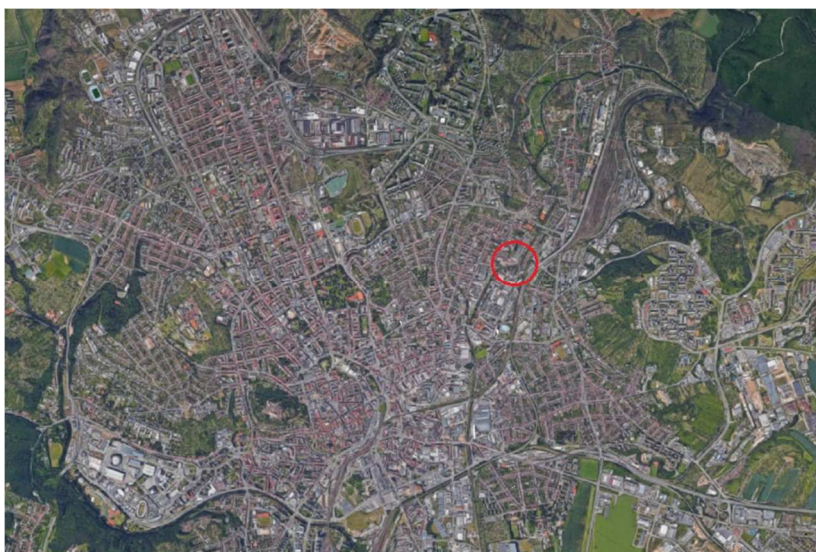
Svitava je levostranný přítok Svratky, do které se vlévá v Brně na jejím 34,97 ř. km v nadmořské výšce 191,29 m. Pramení ve Svitavské pahorkatině asi 3 km severozápadně od Svitav v nadmořské výšce 471,93 m. největším přítokem je Křetínka (31,40 km). V povodí se nachází 583 vodních ploch s celkovou rozlohou 407,49 ha. Největší z nich jsou vodní nádrže Letovice (97,80 ha) a Boskovice (50,97 ha). [7]



Obr. 27: Povodí Svitavy [7]

3.2. ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ

Zájmová lokalita navrhované jezové konstrukce se nachází v Jihomoravském kraji, v intravilánu města Brna. Konkrétněji se jedná o městskou čtvrť Husovice, která se nachází v městské části Brno-sever. Úsek řeky Svitavy, na němž bude řešen návrh pohyblivé jezové konstrukce měří zhruba 430 m a nachází se mezi říčními kilometry 7,658 (most ul. Dačického) a 8,085 (ocelová lávka). Tento úsek je z východní strany ohraničen Bárovým nábřežím, jenž je po celé své délce zastavěno rodinnými domy. Na jižní straně sousedí řešený úsek toku s bývalým areálem Zbrojovky, ve kterém se počítá s revitalizací a je zde v plánu vybudovat novou moderní čtvrť. Ze severovýchodní strany lemuje úsek toku Sportovní nábřeží, které je zastavěno průmyslovými skladovacími a výrobními halami.



Obr. 28: Vyznačení lokality Husovického jezu [8]



Obr. 29: Zájmová lokalita [8]



Obr. 30: Nejbližší okolí husovického jezu [8]

3.3. PODKLADY PRO NÁVRH JEZU

Kapitola 3.3 obsahuje vstupní údaje pro návrh jezové konstrukce. Budou zde uvedeny hydrologické, klimatologické, geologické, hydrogeologické, a geodetické podklady, které budou charakterizovat zájmovou lokalitu. V závěru kapitoly jsou uvedeny údaje o kvalitě a odběru vody a dále i informace o záplavovém území v zájmové oblasti.

3.3.1. Hydrologické a klimatologické podklady

Hydrologické údaje o průtocích v toku byly získány ze dvou zdrojů. Prvním zdrojem je hlásný profil v Bílovicích nad Svitavou, jehož provozovatelem je ČHMÚ Brno. Druhým zdrojem dat je manipulační řád jezu v Maloměřicích, který se nachází v říčním kilometru 8,833, což je cca 1 km nad jezem v Husovicích.

	Bílovice nad Svitavou_2019				
N-leté průtoky	Q ₁	Q ₅	Q ₁₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀
(m ³ /s)	37	61	79	140	180

Tabulka 3: N-leté průtoky [9]

	Bílovice nad Svitavou_2007						
N-leté průtoky	Q ₁	Q ₂	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀
(m ³ /s)	37	54.5	78	99	120	153	179

Tabulka 4: N-leté průtoky [10]

	Jez Maloměřice_1961-2005						
M-denní průtoky	30d	90d	180d	270d	330d	355d	364d
(m ³ /s)	11.00	5.64	3.60	2.50	1.90	1.52	1.30

Tabulka 5: M-denní průtoky [10]

Průměrný roční průtok je podle hlásného profilu v Bílovicích nad Svitavou 4,26 m³/s.

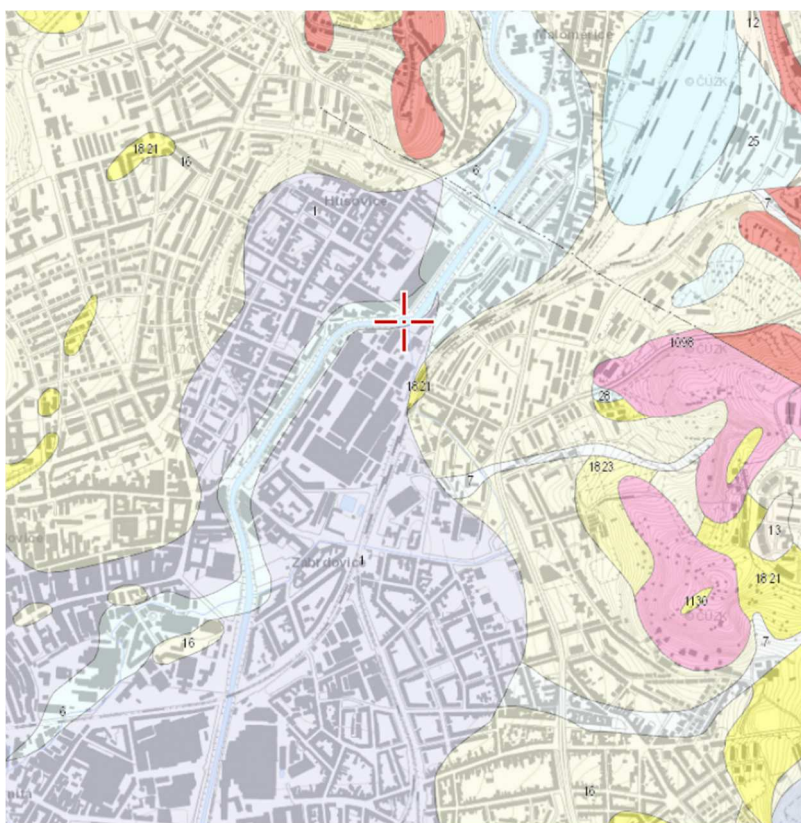
Pro klimatologické údaje byla vybrána srážkoměrná stanice Brno – Tuřany, která se nachází zájmové lokalitě nejbližší a zároveň byl přístup k jejím historickým datům volně přístupný.

Průměrný roční úhrn srážek činí za období 1981-2010 503,3 mm. Průměrná roční teplota je v tom samém období 9,4 °C. [11]

3.3.2. Geologické a hydrogeologické podklady

Území dílčího povodí Dyje zasahuje z hlediska regionální geologie do obou základních geologických jednotek České republiky – Českého masivu, který zaujímá západní, severní a střední část a Vnějších Západních Karpat na jihovýchodě území. [12]

Na Obr. 31 je červeným křížkem vyznačena zájmová lokalita. V nejbližším okolí se vyskytují horniny typu štěrk, písek, hlína (barva světle modrá). V širším okolí to pak jsou horniny jako navážka, halda, výsypka a odval, které jsou na mapě zaznamenány světle fialovou barvou.



Obr. 31: Geologická mapa zájmového území [13]

Pro přesnější určení geologických podmínek v zájmové lokalitě byl vybrán jeden svislý vrt, který se nachází v těsné blízkosti stávajícího husovického jezu.

- **Vrt J-6**

Hloubka (m)	Stratigrafie	Popis
0 - 3,50	Kvartér	navážka ulehlý
3,5 - 7,20	Kvartér	šterk písčitý opracovaný zvodnělý ulehlý
7,20 - 16,00	Neogén	jíl písčitý pevný tvrdý

Tabulka 6: Vrt J-6 [14]

Většina území oblasti povodí Dyje náleží k oblastem chudým na podzemní vody. Oblast Českomoravské vrchoviny je převážně tvořena krystalickými horninami, které jsou pro vytváření zásob podzemní vody krajně nepříznivé. [12]

Hladina podzemní vody v zájmové lokalitě je stanovena v hloubce 3,50 metru. Tento údaj vychází z informací o vrtu J-6.

3.3.3. Geodetické podklady

Jako jeden z geodetických podkladů byla pořízena situace stávající jezové konstrukce, která je doplněna výškovými kótami. Dalším podkladem je podélný profil, ve kterém se nachází řešená zájmová lokalita. Tento podélný profil je dlouhý zhruba 3,4 kilometru a je v něm zakreslen úsek toku mezi mosty v ulicích Hladíkova a Provoznickova. Posledním podkladem je devět příčných řezů, ve kterých je zakresleno nadjezí, podjezí a i samotná konstrukce stávající jezové stavby husovického jezu.

3.3.4. Údaje o čistotě vody

Hodnocení kvality vody je provedeno podle normy **ČSN 75 7221 – Jakost vody – Klasifikace jakosti**. Tato norma dělí kvalitu vody do 5 tříd (I. Třída neznečištěná voda; V. třída velmi silně znečištěná voda). Pro základní klasifikaci jakosti vody je použito ukazatelů - BSK₅, CHSK_{Cr}, N-NO₃, N-NH₄, celkový fosfor a saprobní index makrozoobentosu. Výsledná (celková) třída je určena podle nejnepríznivějšího zařazení zjištěného u těchto parametrů. [15]

Zájmová lokalita se nachází mezi profilem Bílovice nad Svitavou a profilem, kde Svitava ústí do Svatky. Na obou těchto profilech je dle ČSN 75 7221 třída jakosti 4. Proto lze uvažovat stejnou třídu jakosti i pro zájmovou lokalitu.

3.3.5. Podklady pro plánovaný odběr

Na levém břehu zájmového úseku toku se nachází bývalý areál Zbrojovky. V tomto areálu je pod vedením realitní a investiční skupiny CPI Property Group plánován multifunkční projekt „**Nová Zbrojovka**“. Projekt počítá s vytvořením nové plnohodnotné moderní čtvrti, která poskytne možnosti bydlení, odpočinku, ale i velkou nabídku služeb a pracovních příležitostí.

Pro zpracování architektonického řešení bylo pověřeno několik architektonických kanceláří, které zpracovaly několik možných variant řešení. Některé z variant uvažují o vytvoření umělého vodního kanálu, který by protékal středem nově vytvořeného území.

Jelikož na webových stránkách, kde jsou studie stručně popsány, není uvedeno, jaký průtok by měl kanálem téct, byla jeho velikost na základě přiložených obrázků a průtokových možností Svitavy stanovena do $1 \text{ m}^3/\text{s}$.

Jako další možnost odběru vody se jeví odběr pro MVE, která je umístěna na levém břehu. Jelikož je stávající MVE od roku 1995 mimo provoz, bylo by nutné provést její celkovou rekonstrukci. Avšak nejlepší volbou by byla výstavba nové malé vodní elektrárny.

3.3.6. Inundační území

- $Q_5 (61 \text{ m}^3/\text{s})$ - Při hladině pětiletého průtoku nedochází k žádnému rozlivu vody a koryto je schopno toto množství bez problému převést.
- $Q_{20} (120 \text{ m}^3/\text{s})$ – Za tohoto průtoku nedochází k významnému rozlívání vody z koryta a je jím zasaženo jen nejbližší okolí toku.
- $Q_{100} (180 \text{ m}^3/\text{s})$ – Za tohoto stavu je záplava značně veliká. Na pravém břehu se táhne od husovického mostu dále směrem po toku v šířce cca 350 m a končí zhruba po 1,4 km před jezem Radlas. Na levém břehu je hned za husovickým mostem zatopeno jen malé území a zátopa opět začíná až v místě husovického jezu. Zde by se voda rozlila do vzdálenosti zhruba 350 m a rozliv by opět skončil v místech jezu Radlas.

Při průtocích Q_5 a Q_{20} nedochází víceméně k žádnému rozlivu a nemůže tak dojít k žádným škodám na majetku. Toto ovšem nelze tvrdit o průtoku Q_{100} , který by zcela jistě škody na majetku způsobil. Lze tedy stanovit, že stávající stupeň protipovodňové ochrany se v zájmové lokalitě pohybuje na úrovni Q_{20} .



Q_5 (tmavě modrá), Q_{20} (světle modrá), Q_{100} (zelená), jez Husovice (křížek)

Obr. 32: Mapa záplavového území zájmové lokality [16]

3.4. POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU

Kapitola 3.4 mapuje současný stav pevné jezové konstrukce husovického jezu a objektů v jeho nejbližším okolí. Dále tato kapitola popisuje stav koryta v nadjezí a v podjezí.

3.4.1. Stávající konstrukce pevného jezu

Stávající konstrukce pevného jezu je zhotovena z kamenného zdiva a nachází se na řece Svitavě v říčním kilometru 7,820. Přelivná hrana jezu má délku 37,7 m a nachází se na kótě 202,08 m n.m. Jejím úkolem bylo původně vzdouvat vodu pro levobřežní náhon, který poskytoval odběr vody jednak pro bývalý areál Zbrojovky a rovněž dále zásoboval vodou Svitavskou strouhu. V dnešní době je tento náhon u jezu zaslepen a dále se nevyužívá. Další funkcí jezu bylo využití hydroenergetického potenciálu pro MVE, která leží na levém břehu. Tato elektrárna je již od roku 1995 mimo provoz. Jez je viditelný na Obr. 33.



Obr. 33: Jez Husovice

3.4.2. Koryto nadjezí a podjezí

V zájmové lokalitě nad stávajícím pevným jezem Husovice, má koryto lichoběžníkový charakter. Svahy koryta mají travnatý pokryv, který je doplněn značným množstvím dřevin a keřů. Dle kapitoly 3.3.6 by měla být kapacita tohoto úseku koryta zhruba $120\text{m}^3/\text{s}$, což odpovídá dvacetileté vodě. Po pravé straně je koryto lemováno sportovním nábřežím, na němž stojí skladovací a výrobní haly. Levou stranu koryta ohraničuje Baarovo nábřeží, které je zastavěno rodinnými domy. V bezprostřední blízkosti jezu je dno koryta na kótě 201,50 m n.m.



Obr. 34: Nadjezí jezu Husovice

Koryto toku v podjezí husovického jezu by se dalo opět charakterizovat jako lichoběžník, ovšem s tím rozdílem, že oproti korytu v nadjezí, je doplněn na pravé straně o bermu. Stejně jako v nadjezí je koryto kapacitní na Q_{20} . Na pravém břehu koryta stojí stejně jako v nadjezí výrobní a skladovací haly. Levý břeh obklopuje cca 2 m vysoká zeď, za níž se nachází industriální zástavba bývalé Zbrojovky Brno. Ihned za jezem má dno koryta nadmořskou výšku 201,00 m n.m.



Obr. 35: podjezí jezu Husovice

3.4.3. Přilehlé objekty

- **MVE** - Tento objekt leží na levobřežním pilíři pevného jezu v Husovicích na 7,820 ř. km. MVE je vybavena strojním zařízením KT 1000 Morava o hltnosti 4,17 m³/s a výkonu 2 x 30 kW - 2 asynchronní motory ve funkci generátorů. Celkový instalovaný výkon je tedy 60 kW. Elektrárna byla v provozu od roku 1993 do roku 1995. Dva roky poté však byla poškozena při povodních. [17] Objekt je viditelný na Obr. 33 a Obr. 36.
- **Náhon MVE** – Osa náhonu je umístěna zhruba 15 metrů nad přelivnou hranou pevného jezu (ř. km 7,820). Ústí do náhonu je vybaveno ocelovou lávkou, na které je zavěšena norná stěna chránící vtok před plovoucími předměty. Za touto lávkou následují strojně stírané česle, jež zachycují jemnější předměty vznášející se v proudu a na hladině. Úkolem náhonu bylo zajistit odběr vody pro přilehlou MVE a bývalou Zbrojovku. Dále pak tento objekt zásoboval vodou Svitavskou strouhu. V současnosti je náhon zaslepen a dále se nevyužívá. Objekt je viditelný na Obr. 36.



Obr. 36: Pohled na náhon pro svitavskou strouhu a MVE

- **Most ulice Gargulákova** – Tento železobetonový most spojuje Baarovo se Sportovním nábřežím a nachází se hned nad pevnou konstrukcí jezu, a to v ř. km 7,842. Rozměry mostu jsou 54 m na délku a 12 m na šířku. Spodní hrana mostovky se nachází na kótě 206,12 m n.m. Tato výška je dostačující na to, že ani při stoletém průtoku mostovka nezasahuje do hladiny vody. Průtočná kapacita je zde ovlivněna pouze břehovými pilíři. Tento most je viditelný na Obr. 37



Obr. 37: Most ulice Gargulákova

- *Lávky v nadjezí* – O něco výše v nadjezí se nacházejí dvě ocelové lávky spojující Baarovo a Sportovní nábreží. První z nich (ř. km 7,993) slouží k přemostění trubního vedení a je vidět na Obr. 39. Druhá lávka (ř. km 8,085) slouží jako přechod pro pěší, k vidění na Obr. 38. Rozměry lávky pro pěší jsou 40 m na délku a 3,5 m na šířku. Spodní hrana obou lávek je dostatečně vysoko, a tak průtočné profily při N – letých průtocích budou u obou lávek ovlivněny pouze krajními mostovými pilíři.



Obr. 38: Ocelová lávka pro pěší v nadjezí [18]



Obr. 39: Ocelová lávka pro trubní vedení v nadjezí [18]

- **Most ulice Dačického** – Tento železobetonový objekt překlenuje koryto v podjezí, a to v ř. km 7,658 (tj. 162 m pod pevným jezem). Na délku měří most 34 metrů a jeho šířka činí 5,7 m. Při vyšších N- letých průtocích by se spodní hrana mostovky, která se nachází na kótě 204,65 m n.m., dostávala pod hladinu vody a snižovala by tak průtočnou kapacitu. Dále by průtok negativně ovlivňovaly břehové i středové pilíře, které by rovněž snižovaly průtočnou kapacitu. Tento most jde vidět na Obr. 40.



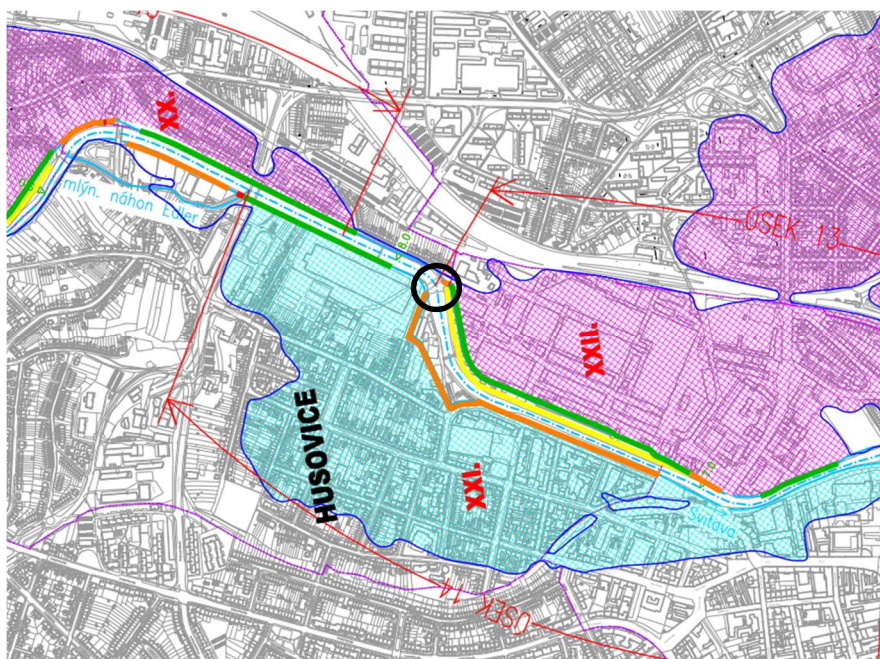
Obr. 40: Železobetonový most v ulici Dačického [18]

3.5. HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

Kapitola 3.5 bude obsahovat výpočet návrh rozměrů pohyblivé jezové konstrukce a jejích dílčích částí. Budou zde aplikovány výpočty, které byly obecně popsány v kapitole 2.6.

3.5.1. Návrhový průtok (Q_N)

I když koryto v nadjezí a podjezí má kapacitu zhruba dvacetileté vody, což odpovídá 120 m^3/s , byl jako návrhový průtok zvolen Q_{100} , který je roven průtoku 180 m^3/s . Stanovení tohoto průtoku jako návrhového vychází z podkladů Generelu odvodnění města Brna, kde je počítáno s budoucí výstavbou protipovodňových opatření, která jsou vidět na Obr. 41. [19]



Sypaná hráz – zelená; ŽB zídka – oranžová; Možnost vytvoření bermy – žlutá; Jez Husovice - černá

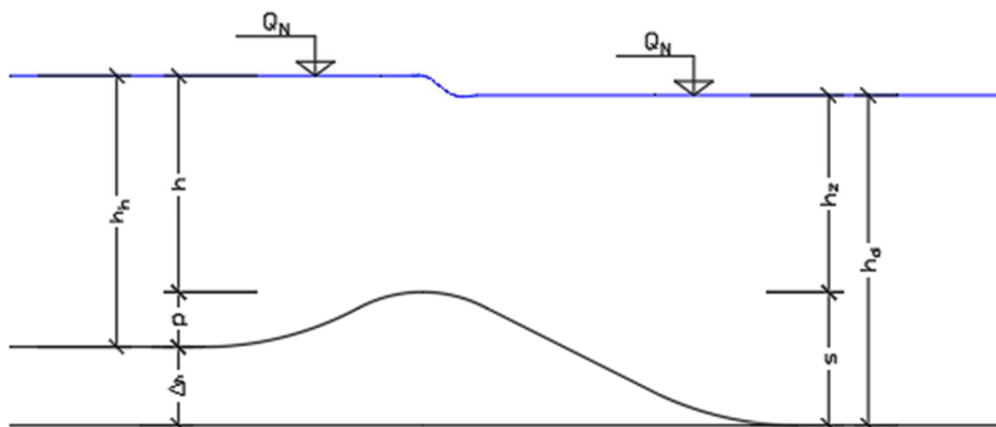
Obr. 41: Protipovodňová opatření v zájmové lokalitě [19]

3.5.2. Hladina stálého vzduť (HSV)

Hladina stálého vzduť byla stanovena na kótě 204,20 m n.m. Jelikož dno nadjezí leží na kótě 201,50 m n.m., výška nadržované vody je tedy 2,7 m. Tato výška by měla zajistit dostatečně velký energetický spád pro MVE a zároveň by dále umožňovala odběr vody do umělého koryta, které povede vodu skrz nově budovanou čtvrť v místě bývalého areálu Zbrojovky Brno. Z pohledu hladiny podzemní vody by došlo k jejímu navýšení, což by mohlo pomoci zvětšit její zásoby a zároveň by nedošlo k ohrožení a následnému narušení základových konstrukcí přilehlé zástavby.

3.5.3. Návrh spodní stavby

Jako spodní stavba byl zvolen nízký Jamborův práh, který charakterizují jeho dobré hydraulické vlastnosti. Dalšími přednostmi této konstrukce jsou schopnost převedení splavenin a dále pak nenáročnost jeho výstavby. Tento práh je navrhnut v bodech A. až E. a pro bližší popis schematizován na Obr. 42.



Obr. 42: Schéma návrhu Jamborova prahu

Popis schématu:

- h_h - výška hladiny v nadjezí při Q_N 4,07 m
- h - přepadová výška při Q_N 3,37 m
- p - výška prahu nad horním dnem 0,70 m
- Δh - rozdíl horního a dolního dna 0,50 m
- s - výška prahu nad dolním dnem 1,20 m
- h_z - rozdíl mezi výškou dolní vody a výškou koruny prahu 3,02 m
- h_d - výška hladiny v podjezí při Q_N 4,22 m

A. Návrh výšky pevného prahu (p):

Návrh výšky pevného Jamborova prahu by měl být proveden tak, aby se jeho výška pohybovala v rozmezí 15 až 25 % výšky vody v nadjezí při návrhovém průtoku Q_N .

$$h_h = 4,07 \text{ m}$$

$$p = 0,15 \cdot h_{QN} = 0,15 \cdot 4,07 = 0,61 \text{ m}$$

$$p = 0,20 \cdot h_{QN} = 0,20 \cdot 4,07 = 1,02 \text{ m}$$

$$p = \underline{\underline{0,70 \text{ m}}}$$

Výška Jamborova prahu „p“ byla zvolena 0,70 m, což vyhovuje požadavku 15 – 25% výšky při hladině Q_N .

B. Součinitel přepadu (m):

Součinitel přepadu pro Jamborův práh lze určit podle vztahů odvozených autory Skaličkou a Lacem. Použití těchto vztahů je ovšem limitováno poměrem mezi výškou prahu „p“ a výškou přepadající vody při Q_N „h“.

- *Skalička:*

$$m = 0,36273 + 0,05616 \cdot \frac{h}{p} - 0,009213 \cdot \left(\frac{h}{p}\right)^2 \quad (3.5.1)$$

Lze použít v rozmezí: $0,5 < h/p < 2,8$

Poměr h/p: $3,37 / 0,7 = 4,81 \rightarrow$ **NELZE POUŽÍT**

- *Laco (bez kontrakce u břehu, ale s pilířem v ose přelivu):*

$$m = \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{0,61}{\left(\frac{p}{h}\right)^{0,09}} \right) \quad (3.5.2)$$

Lze použít v rozmezí: $0,15 < p/h < 0,6$

Poměr h/p: $0,7 / 3,37 = 0,21 \rightarrow$ **LZE POUŽÍT**

Po dosazení do rovnice 3.5.2 dostáváme hodnotu pro součinitel přepadu:

$$m = \underline{\underline{0,468}}$$

C. Návrh šířky přelivu (b_n):

Při návrhu šířky přelivu vycházíme z rovnice pro výpočet průtoku přes jez, kdy odvodíme vzorec:

$$b = \frac{Q_N}{m \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h^{\frac{3}{2}}} \quad (3.5.3)$$

Kde: $Q_N = 180 \text{ m}^3$ návrhový průtok

$h = 3,37 \text{ m}$ přepadová výška při Q_N

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2 \quad \text{tíhové zrychlení}$$

$$m = 0,468 \quad \text{součinitel přepadu}$$

$$b = 14,02 \text{ m} \quad \text{vypočítaná šířka přelivu}$$

Přestože z rovnice 3.5.3 vyšla návrhová šířka přelivu 14,02 m, jako návrhová šířka bude brána $b_n = 20 \text{ m}$. K tomuto návrhovému řešení jsme dospěli z několika důvodů. Jednak vznikne možnost využít celou šíři koryta pro umístění dvou jezových polí, MVE a rybího přechodu. Dalším důvodem je zvětšení kapacity přelivu, čímž dosáhneme větší rezervy při převádění návrhového průtoku. Celkové řešení návrhu jezu bude spočívat v rozdělení jezové konstrukce na dvě části, což povede k vytvoření dvou jezových polí o šířce 10 m.

$$b_n = \underline{\underline{20 \text{ m}}}$$

D. Kapacita přelivu (Q_{KAP})

Při výpočtu kapacity přelivu vycházíme z návrhové šířky „ b_n “ a přepadové výšky „ h_N “, která je navýšena o rychlostní výšku „ k “. Dalšími parametry rovnice jsou tíhové zrychlení „ g “, součinitel přepadu „ m “ viz. kapitola 2.2.1 a součinitel zatopení „ σ_z “ viz. kapitola 2.6.1. Závěrečným výstupem tohoto výpočtu by mělo být ověření, že kapacita jezu dostatečně přesahuje návrhový průtok „ Q_N “ a tedy to, že jez bez problému převede tento návrhový průtok.

Základní vztah pro určení kapacitního průtoku „ Q_{KAP} “ je tedy:

$$Q_{KAP} = \sigma_z \cdot m \cdot b_0 \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot (h_0)^{3/2} \quad (3.5.4)$$

Kde: $m = 0,468$ součinitel přepadu

$\sigma_z = 0,872$ součinitel zatopení

Při splnění podmínky $h_z/h_0 < 0,85$, kde:

„ h_z “ je rozdíl mezi hladinou v podjezí při Q_N a výškou pevného prahu,

„ h_0 “ je přepadová výška při Q_N ,

může být použito hodnot z tabulky 7. Jelikož byla podmínka splněna, byl součinitel zatopení z této tabulky interpolován.

h_z/h_0	0,50	0,60	0,70	0,80	0,85	0,90
σ_z	1,00	0,99	0,98	0,96	0,91	0,79

Tabulka 7: Součinitel zatopení pro Jamborův práh [5]

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$ tíhové zrychlení

$b_0 = 19,24 \text{ m}$ návrhová šířka zúžená o kontrakce na středových a břehových pilířích

$$b_0 = b_n - (n \cdot \varepsilon_p + 2 \cdot \varepsilon_k) \cdot h_0 \quad (3.5.5)$$

Kde: $b_n = 20 \text{ m}$ návrhová šířka přelivu

$n = 2$ počet kontrakcí středových pilířů (1 pilíř = 2 kontrakce)

$\varepsilon_p = 0,045$ tvarový součinitel středového pilíře

$\varepsilon_k = 0,06$ tvarový součinitel zavazovacích křídel

$h_{N0} = 3,63 \text{ m}$ přepadová výška navýšená o rychlostní výšku „ k “

$$h_0 = h + k \quad (3.5.6)$$

Kde: $h = 3,37 \text{ m}$ přepadová výška při Q_N

$k = 0,26 \text{ m}$ rychlostní výška

$$h_N = h_h - p \quad (3.5.7)$$

$$k = \frac{\alpha \cdot v_0^2}{2 \cdot g} \quad (3.5.8)$$

Kde: $h_h = 4,07 \text{ m}$ výška vody v nadjezí při Q_N

$p = 0,7 \text{ m}$ výška prahu

$\alpha = 1,05$ Coriolisovo číslo

$v_0 = 2,21 \text{ m}$ přítoková rychlost

$$v_0 = \frac{Q_N}{A} \quad (3.5.9)$$

Kde: $Q_N = 180 \text{ m}^3/\text{s}$ návrhový průtok

$A = 81,4 \text{ m}^2$ plocha průtočného průřezu před jezem

$$A = h_h \cdot b_n \quad (3.5.10)$$

Po dosažení do rovnice 3.5.4 dostáváme kapacitní průtok:

$$Q_{KAP} = \underline{240,90 \text{ m}^3/\text{s}} > QN = 180 \text{ m}^3/\text{s}$$

Z výsledků tohoto výpočtu vyplývá, že jez bude značně předimenzován. To je zapříčiněno především návrhem větší délky přelivné hrany, než jaká by byla třeba. Odečteme-li od šířky koryta (37,5 m) světlu šířku přelivu, dostaneme zhruba 17,5 m volného místa, které bude využito pro rybí přechod, MVE a středový pilíř. Požadavek na to, aby kapacita přelivu byla větší než je návrhový průtok byl splněn s dostatečnou rezervou.

E. Měrná křivka přelivu (MKP)

Výpočet měrné křivky přelivu byl proveden stejným postupem jako výpočet kapacitního průtoku. Při výpočtu MKP byly voleny výšky přepadající vody „ h “ po 0,1 m a pomocí iterací byly stanoveny jednotlivé průtoky pro danou výšku. Celý postup tohoto výpočtu je znázorněn v Tabulka 8, ze které je vytvořen graf viz Obr. 43. Tento graf popisuje měrné křivky podjezí, nadjezí a měrnou křivku Jamborova prahu.

Vzorce použité při výpočtu:

$$m = \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{0,61}{\left(\frac{p}{h}\right)^{0,09}} \right) \quad k = \frac{\alpha \cdot v_0^2}{2 \cdot g}$$

$$A = b_n \cdot (p + h) \quad h_0 = h + k$$

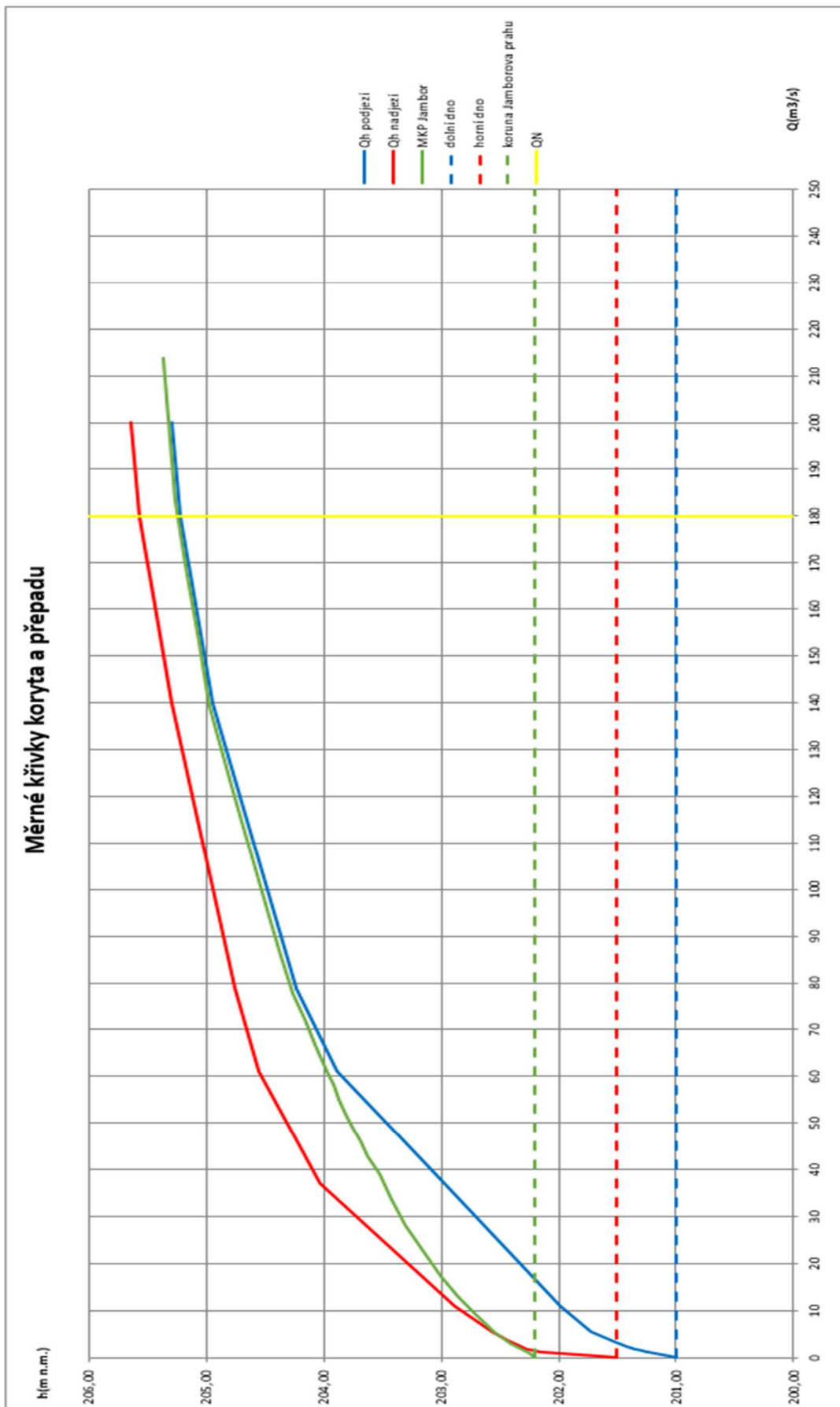
$$Q_1 = m \cdot b_n \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h^{\frac{3}{2}} \quad b_0 = b_n - (n \cdot \varepsilon_p + 2 \cdot \varepsilon_k) \cdot h_0$$

$$Q_2 = m \cdot \sigma \cdot b_0 \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h_0^{\frac{3}{2}}$$

Při výpočtu bylo bráno v potaz ověření platnosti pro použití vzorce na výpočet součinitele „ m “ podle Skaličky a Laca.

h (m)	m (-)	A (m ²)	Q1 (m ³ /s)	v0 (m/s)	k (m)	h0 (m)	b0 (m)	hd (m)	hz (m)	hz/h0 (-)	σz (-)	Q2 (m ³ /s)	(Q2-Q1) (m ³ /s)
0	0,000	14	0,000	0,00	0,000	0,00	20,00	0,00	-1,20	0,000	1,000	0,000	0,000
0,1	0,341	16	0,958	0,06	0,000	0,10	19,98	0,18	-1,02	-10,158	1,000	0,958	0,000
0,2	0,363	18	2,902	0,16	0,001	0,20	19,95	0,45	-0,74	-3,681	1,000	2,903	0,000
0,3	0,377	20	5,582	0,28	0,004	0,30	19,94	0,72	-0,48	-1,585	1,000	5,582	0,000
0,4	0,387	22	8,915	0,41	0,009	0,41	19,91	0,88	-0,32	-0,793	1,000	8,915	0,000
0,5	0,395	24	12,861	0,54	0,015	0,52	19,89	1,05	-0,15	-0,297	1,000	12,861	0,000
0,6	0,401	26	17,397	0,67	0,024	0,62	19,87	1,23	0,03	0,043	1,000	17,397	0,000
0,7	0,407	28	22,506	0,80	0,035	0,73	19,85	1,42	0,22	0,318	1,000	22,507	0,000
0,8	0,412	30	28,181	0,94	0,047	0,85	19,82	1,64	0,44	0,520	1,000	28,181	0,000
0,9	0,416	32	33,656	1,05	0,059	0,96	19,80	1,85	0,65	0,679	0,982	33,656	0,000
1,0	0,420	34	39,059	1,15	0,071	1,07	19,78	2,06	0,86	0,801	0,959	39,059	0,000
1,1	0,424	36	42,831	1,19	0,076	1,18	19,75	2,20	1,00	0,851	0,907	42,831	0,000
1,2	0,427	38	45,902	1,21	0,078	1,28	19,73	2,32	1,12	0,874	0,851	45,902	0,000
1,3	0,430	40	48,970	1,22	0,080	1,38	19,71	2,43	1,23	0,894	0,805	48,969	0,000
1,4	0,433	42	52,027	1,24	0,082	1,48	19,69	2,55	1,35	0,911	0,764	52,027	0,000
1,5	0,436	44	55,079	1,25	0,084	1,58	19,67	2,67	1,47	0,925	0,728	55,079	0,000
1,6	0,438	46	58,129	1,26	0,085	1,69	19,65	2,78	1,58	0,938	0,697	58,129	0,000
1,7	0,440	48	61,319	1,28	0,087	1,79	19,62	2,90	1,70	0,949	0,670	61,318	0,000
1,8	0,443	50	66,777	1,34	0,095	1,90	19,60	2,98	1,80	0,951	0,666	66,776	0,000
1,9	0,445	52	72,270	1,39	0,103	2,00	19,58	3,08	1,91	0,953	0,661	72,269	0,000
2	0,447	54	77,792	1,44	0,111	2,11	19,56	3,18	2,02	0,955	0,655	77,792	0,000
2,1	0,449	56	85,702	1,53	0,125	2,23	19,53	3,29	2,12	0,951	0,665	85,702	0,000
2,2	0,451	58	94,391	1,63	0,142	2,34	19,51	3,38	2,22	0,947	0,676	94,391	0,000
2,3	0,453	60	103,197	1,72	0,158	2,46	19,48	3,47	2,32	0,943	0,685	103,196	0,000
2,4	0,454	62	112,104	1,81	0,175	2,57	19,46	3,59	2,42	0,940	0,693	112,105	0,000
2,5	0,456	64	121,102	1,89	0,192	2,69	19,43	3,68	2,52	0,937	0,699	121,101	0,000
2,6	0,458	66	130,176	1,97	0,208	2,81	19,41	3,79	2,63	0,936	0,703	130,176	0,000
2,7	0,459	68	139,318	2,05	0,225	2,92	19,39	3,88	2,73	0,934	0,706	139,318	0,000
2,8	0,461	70	153,029	2,19	0,256	3,06	19,36	3,99	2,83	0,927	0,725	153,029	0,000
2,9	0,462	72	167,429	2,33	0,289	3,19	19,33	4,07	2,93	0,919	0,743	167,429	0,000
3,0	0,464	74	183,490	2,48	0,329	3,33	19,30	4,19	3,03	0,911	0,762	183,490	0,000
3,1	0,465	76	213,615	2,81	0,424	3,52	19,26	4,28	3,13	0,890	0,815	213,615	0,000

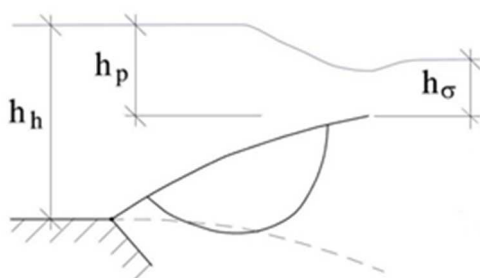
Tabulka 8: Výpočet MKP



Obr. 43: Graf měrných křivek nadjezí, podjezí a Jamborova prahu

3.5.4. Měrné křivky manipulace s klapkami

Při výpočtu manipulace s klapkovým uzávěrem byl určován součinitel přepadu „ m “ dle Čiháka. Jelikož se při manipulaci mění charakter přepadu z ostrohranného na přepad přes širokou korunu, mění se tím i přepadový součinitel „ m “, který dále závisí i na geometrii klapkového uzávěru. Hodnoty tohoto součinitele byly stanoveny z tabulky 9, kde jsou vztaženy na poměry výšek znázorněných ve schématu na obrázku 44. Výsledné hodnoty součinitele „ m “ jsou uvedeny v tabulce 10. a na Obr. 46, kde je počítáno se dvěma návrhovými situacemi pro manipulaci. Celý výpočet manipulací obou variant je uveden v tabulkách 11, 12 a 13. Podrobněji budou manipulace s klapkami uvedeny v kapitole 3.7.9.



Obr. 44: Schéma manipulace s klapkou [1]

Hodnoty přepad. součinitele m_{σ}				
h_p/h_h	Poměr h_{σ}/h_h			
	0,0	0,1	0,5	0,7
0,10	0,479	0,479	0,487	0,487
0,20	0,456	0,456	0,461	0,465
0,30	0,435	0,435	0,438	0,441
0,40	0,416	0,416	0,418	0,421
0,50	0,399	0,399	0,398	0,396
0,60	0,384	0,384	0,373	0,368
0,70	0,372	0,372	0,355	0,348
0,80	0,368	0,368	0,351	0,343
0,90	0,378	0,378	0,370	0,363
1,00	0,443	0,443	0,413	0,409

Tabulka 9: Orientační hodnoty pro součinitel přepadu „ m “ [1]

Určení součinitele přepadu při manipulaci						
poloha	h_i	h_p	h_h	h_p/h_h	m	s
0	h_1	0,05	2,05	0,024	0,496	3,2
	h_2	0,1	2,1	0,048	0,491	3,2
1	h_3	0,2	2,1	0,095	0,480	3,1
2	h_4	0,4	2,1	0,190	0,458	2,9
3	h_5	0,6	2,1	0,286	0,438	2,7
4	h_6	0,8	2,1	0,381	0,419	2,5
5	h_7	1,0	2,1	0,476	0,403	2,3
6	h_8	1,2	2,1	0,571	0,388	2,1
7	h_9	1,4	2,1	0,667	0,376	1,9
8	h_{10}	1,6	2,1	0,762	0,369	1,7
9	h_{11}	1,8	2,1	0,857	0,374	1,5
10	h_{12}	2	2,1	0,952	0,412	1,3
11	h_{13}	2,1	2,1	1,000	0,443	1,2

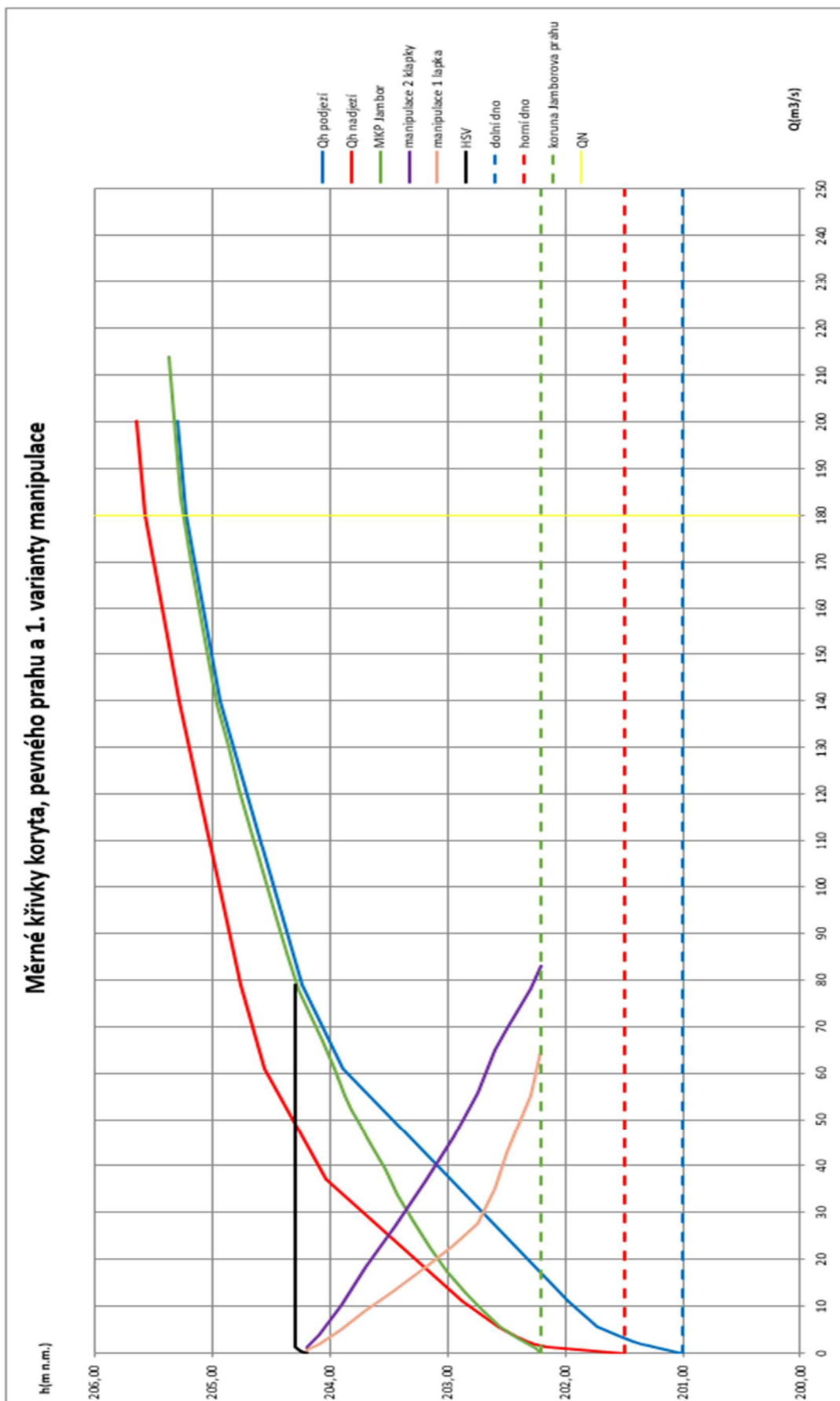
Tabulka 10: Součinitel přepadu „ m “ při jednotlivých výškách sklopení

hp	m	A	Q1	v0	k	hp0	b0	hh	s	hd	ha	ha/hh	hp/hh	mσ	Q2	Q1-Q2
m	-	m2	m3/s	m/s	m	m	m	m	m	m	m			-	m3/s	m3/s
0,0	0,000	54,00	0,000	0,00	0,000	0,00	20,00	2,00	3,20	0,00	-3,20	-1,60	0,000	0,000	0,000	0,000
0,05	0,496	55,00	0,491	0,01	0,000	0,05	19,99	2,05	3,20	0,09	-3,11	-1,51	0,024	0,496	0,491	0,000
0,1	0,491	56,00	1,375	0,02	0,000	0,10	19,98	2,1	3,20	0,26	-2,94	-1,40	0,048	0,491	1,375	0,000
0,2	0,480	56,00	3,802	0,07	0,000	0,20	19,95	2,1	3,10	0,56	-2,54	-1,21	0,095	0,480	3,802	0,000
0,4	0,458	56,00	10,290	0,18	0,002	0,40	19,92	2,1	2,90	0,95	-1,95	-0,93	0,190	0,458	10,290	0,000
0,6	0,438	56,00	18,172	0,32	0,005	0,61	19,87	2,1	2,70	1,26	-1,44	-0,69	0,286	0,438	18,172	0,000
0,8	0,419	56,00	26,948	0,48	0,012	0,81	19,83	2,1	2,50	1,59	-0,91	-0,43	0,381	0,419	26,948	0,000
1,0	0,403	56,00	36,531	0,65	0,023	1,02	19,79	2,1	2,30	1,96	-0,34	-0,16	0,476	0,403	36,531	0,000
1,2	0,388	56,00	46,422	0,83	0,037	1,24	19,74	2,1	2,10	2,34	0,24	0,11	0,571	0,388	46,422	0,000
1,4	0,376	56,00	55,602	0,99	0,053	1,45	19,69	2,1	1,90	2,69	0,79	0,37	0,667	0,376	55,602	0,000
1,6	0,369	56,00	64,912	1,16	0,072	1,67	19,65	2,1	1,70	2,97	1,27	0,60	0,762	0,369	64,912	0,000
1,8	0,374	56,00	68,963	1,23	0,081	1,88	19,60	2,1	1,50	3,04	1,54	0,74	0,857	0,374	68,963	0,000
2,0	0,412	56,00	77,984	1,39	0,104	2,10	19,56	2,1	1,30	3,22	1,92	0,91	0,952	0,412	77,984	0,000
2,1	0,443	56,00	82,837	1,48	0,117	2,22	19,53	2,1	1,20	3,28	2,08	0,99	1,000	0,443	82,837	0,000

Tabulka 12: První varianta manipulace (2 klapky)

hp	m	A	Q1	v0	k	hp0	b0	hh	s	hd	ha	ha/hh	hp/hh	mσ	Q2	Q1-Q2
m	-	m2	m3/s	m/s	m	m	m	m	m	m	m			-	m3/s	m3/s
0,0	0,000	27,00	0,000	0,00	0,000	0,00	10,00	2,00	3,20	0,00	-3,20	-1,60	0,000	0,000	0,000	0,000
0,05	0,496	27,50	0,246	0,01	0,000	0,05	9,99	2,05	3,20	0,05	-3,15	-1,54	0,024	0,496	0,246	0,000
0,1	0,491	28,00	0,687	0,02	0,000	0,10	9,99	2,1	2,21	0,13	-2,07	-0,99	0,048	0,491	0,687	0,000
0,2	0,480	28,00	1,901	0,07	0,000	0,20	9,98	2,1	3,10	0,35	-2,75	-1,31	0,095	0,480	1,901	0,000
0,4	0,458	28,00	5,145	0,18	0,002	0,40	9,96	2,1	2,90	0,68	-2,22	-1,06	0,190	0,458	5,145	0,000
0,6	0,438	28,00	9,086	0,32	0,006	0,61	9,94	2,1	2,70	0,89	-1,61	-0,66	0,286	0,438	9,086	0,000
0,8	0,419	28,00	13,473	0,48	0,012	0,81	9,91	2,1	2,50	1,08	-1,42	-0,68	0,381	0,419	13,473	0,000
1,0	0,403	28,00	18,266	0,65	0,023	1,02	9,89	2,1	2,30	1,26	-1,04	-0,50	0,476	0,403	18,266	0,000
1,2	0,388	28,00	23,211	0,83	0,037	1,24	9,87	2,1	2,10	1,45	-0,65	-0,31	0,571	0,388	23,211	0,000
1,4	0,376	28,00	27,801	0,99	0,053	1,45	9,85	2,1	1,90	1,63	-0,27	-0,13	0,667	0,376	27,801	0,000
1,6	0,369	28,00	35,199	1,26	0,085	1,68	9,82	2,1	1,70	1,91	0,21	0,10	0,762	0,369	35,199	0,000
1,8	0,374	28,00	42,766	1,53	0,125	1,92	9,80	2,1	1,50	2,20	0,70	0,33	0,857	0,374	42,766	0,000
2,0	0,412	28,00	55,229	1,97	0,208	2,21	9,77	2,1	1,30	2,67	1,37	0,65	0,952	0,412	55,229	0,000
2,1	0,443	28,00	64,805	2,31	0,287	2,39	9,75	2,1	1,20	2,96	1,76	0,84	1,000	0,443	64,805	0,000

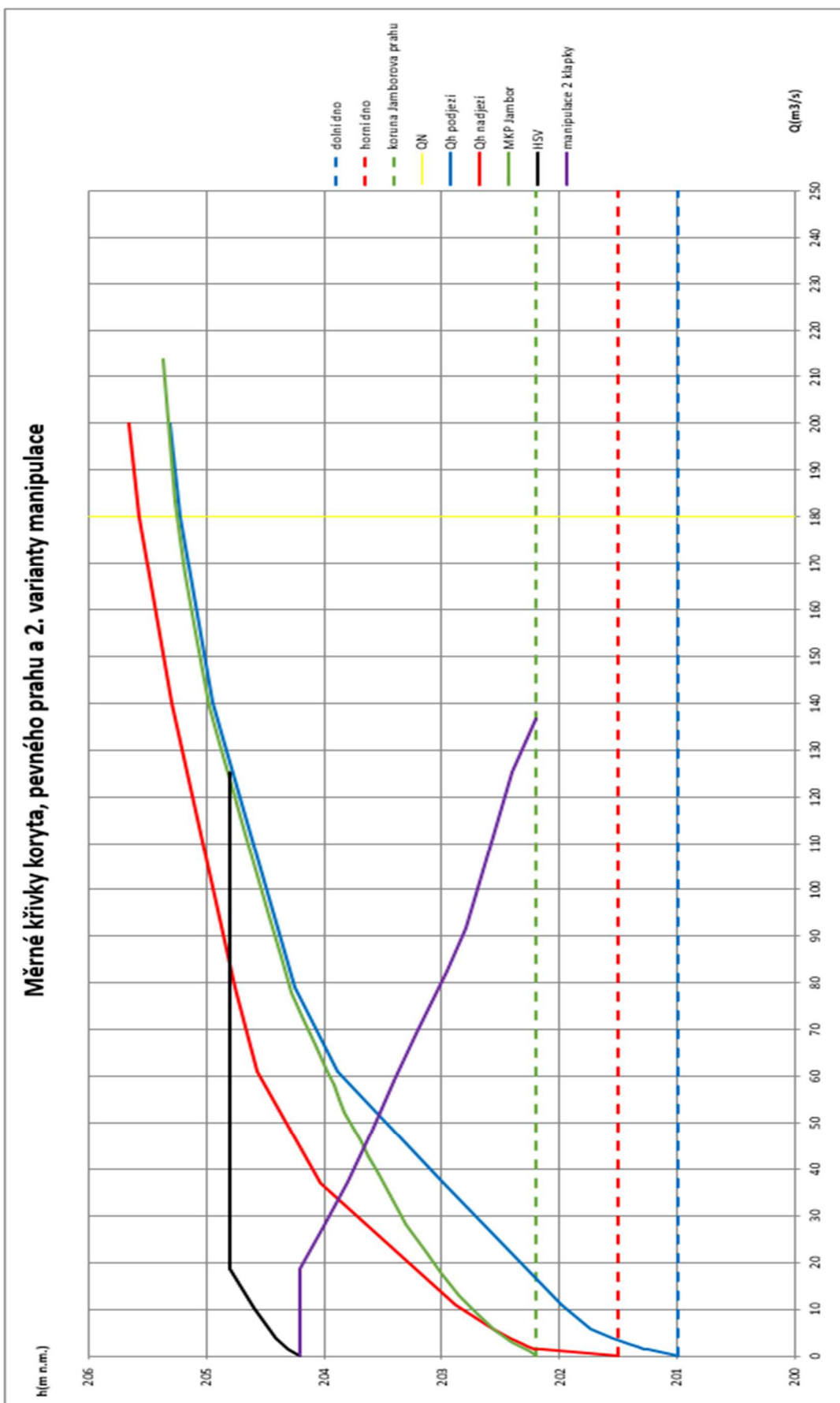
Tabulka 11: První varianta manipulace (1 klapka)



Obr. 45: Graf měrných křivek při první variantě manipulance

hp m	m	A m ²	Q1 m ³ /s	v0 m/s	k	hp0 m	b0 m	hh m	s	hd m	ha m	ha/hh	hp/hh	ma	Q2 m ³ /s	Q1-Q2 m ³ /s
0,0	0,000	54,00	0,000	0,00	0,000	0,00	20,00	2,00	3,20	0,00	-3,20	-1,60	0,000	0,000	0,000	0,000
0,05	0,496	55,00	0,491	0,01	0,000	0,05	19,99	0,05	3,20	0,09	-3,11	-62,11	1,000	0,496	0,491	0,000
0,1	0,491	56,00	1,375	0,02	0,000	0,10	19,98	2,1	3,20	0,26	-2,94	-1,40	0,048	0,491	1,375	0,000
0,2	0,489	58,00	3,643	0,06	0,000	0,20	19,96	2,2	3,20	0,54	-2,66	-1,21	0,091	0,460	3,643	0,000
0,4	0,460	62,00	10,323	0,17	0,001	0,40	19,92	2,4	3,20	0,95	-2,25	-0,94	0,167	0,460	10,323	0,000
0,6	0,453	66,00	18,733	0,28	0,004	0,60	19,87	2,6	3,20	1,28	-1,92	-0,74	0,231	0,453	18,733	0,000
0,8	0,434	66,00	27,762	0,42	0,009	0,81	19,83	2,6	3,00	1,62	-1,38	-0,53	0,308	0,434	27,763	0,000
1,0	0,414	66,00	37,214	0,564	0,017	1,02	19,79	2,6	2,80	1,99	-0,81	-0,31	0,385	0,414	37,214	0,000
1,2	0,405	66,00	48,228	0,731	0,029	1,23	19,74	2,6	2,60	2,41	-0,19	-0,07	0,462	0,405	48,228	0,000
1,4	0,393	66,00	59,130	0,896	0,043	1,44	19,70	2,6	2,40	2,82	0,42	0,16	0,538	0,391	59,130	0,000
1,6	0,382	66,00	69,904	1,058	0,060	1,66	19,65	2,6	2,20	3,06	0,86	0,33	0,615	0,375	69,805	0,000
1,8	0,373	66,00	82,370	1,248	0,083	1,88	19,60	2,6	2,00	3,28	1,28	0,49	0,692	0,367	82,370	0,000
2,0	0,368	66,00	91,689	1,389	0,103	2,10	19,56	2,6	1,80	3,39	1,59	0,61	0,769	0,347	91,689	0,000
2,2	0,373	66,00	107,835	1,634	0,143	2,34	19,51	2,6	1,60	3,57	1,97	0,76	0,846	0,348	107,836	0,000
2,4	0,391	66,00	125,188	1,897	0,193	2,59	19,46	2,6	1,40	3,77	2,37	0,91	0,923	0,348	125,188	0,000
2,6	0,443	66,00	136,635	2,070	0,229	2,83	19,41	2,6	1,20	3,79	2,70	1,04	1,000	0,334	136,635	0,000

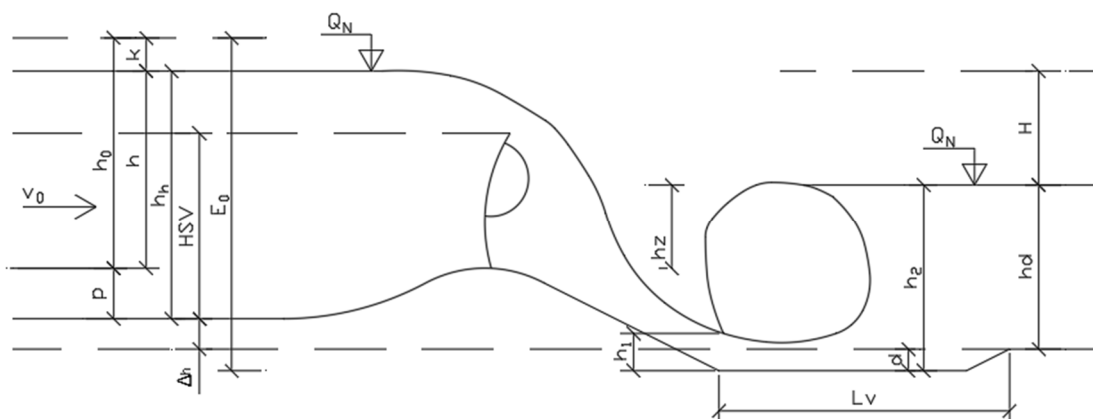
Tabulka 13: Druhá varianta manipulace (2 klapky)



Obr. 46: Graf měrných křivek při druhé variantě manipulace

3.5.5. Návrh vývaru a podjezí

Dimenzování a posouzení vývaru bylo provedeno pro návrhové průtoky, které jsou uvedeny v kapitole 3.3.1. Budou zde aplikovány rovnice z kapitoly 2.6, kde byly obecně popsány a zde bude do nich dosazeno. Celý výpočet návrhu bude zaznamenán v přehledných tabulkách, ze kterých budou stanoveny výsledné hodnoty. Přiblížení výpočtových hodnot je zakresleno ve schématu na Obr. 47.



Obr. 47: Schéma výpočtových hodnot vývaru

A. Návrh hloubky vývaru (d)

Návrhem dostatečného zahloubení vývaru docílíme požadovaného vzdutého vodního skoku v podjezí. Celý výpočet je proveden z níže uvedených vzorců, které jsou následně sestaveny do tabulek 14 a 15.

Pro návrh hloubky vývaru byly použity tyto vzorce:

$$q = \frac{Q}{b_n} \quad (3.5.11)$$

$$k = \frac{\alpha \cdot v_0^2}{2 \cdot g} \quad (3.5.12)$$

$$h_1 = h_c = \frac{q}{\varphi \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot (E_0 - h_c)}} \quad (3.5.13)$$

$$E_0 = d + s + h_0 \quad (3.5.14)$$

$$h_2 = \frac{h_1}{2} \cdot \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{8 \cdot \beta \cdot q^2}{g \cdot h_1^3}} \right] \quad (3.5.15)$$

$$h_0 = h + k \quad (3.5.16)$$

$$\sigma = \frac{h_d - d_N}{h_2} \quad (3.5.17)$$

d=		0	m								
Qm,QN	Q [m3/s]	q [m2/s]	h [m]	v0 [m/s]	k [-]	s [m]	E0 [m]	h1 [m]	h2 [m]	hd [m]	σ [-]
Q90d	5,64	0,282	0,260	0,294	0,005	3,2	3,464	0,036	0,651	0,730	1,121
Q30d	11	0,550	0,416	0,493	0,013	3,2	3,629	0,069	0,910	0,980	1,077
Q1	37	1,850	0,995	1,091	0,064	2,8	3,859	0,231	1,627	1,980	1,217
Q5	61	3,050	1,435	1,429	0,109	2,4	3,944	0,384	2,038	2,890	1,418
Q10	79	3,950	1,746	1,615	0,140	2	3,886	0,511	2,253	3,240	1,438
Q50	140	7,000	2,875	1,958	0,205	1,2	4,280	0,905	2,900	3,940	1,359
Q100	180	9,000	3,148	2,339	0,293	1,2	4,641	1,143	3,272	4,220	1,290

Tabulka 14: Návrh hloubky vývaru pro d = 0,0 m

d=		0,3	m								
Qm,QN	Q [m3/s]	q [m2/s]	h [m]	v0 [m/s]	k [-]	s [m]	E0 [m]	h1 [m]	h2 [m]	hd [m]	σ [-]
Q90d	5,64	0,282	0,260	0,294	0,004	3,2	3,464	0,036	0,651	0,730	1,581
Q30d	11	0,550	0,416	0,493	0,012	3,2	3,629	0,069	0,910	0,980	1,407
Q1	37	1,850	0,995	1,091	0,061	2,8	3,859	0,231	1,627	1,980	1,401
Q5	61	3,050	1,435	1,429	0,104	2,4	3,944	0,384	2,038	2,890	1,565
Q10	79	3,950	1,746	1,615	0,133	2	3,886	0,511	2,253	3,240	1,571
Q50	140	7,000	2,875	1,958	0,195	1,2	4,280	0,905	2,900	3,940	1,462
Q100	180	9,000	3,148	2,339	0,279	1,2	4,641	1,143	3,272	4,220	1,381

Tabulka 15: Návrh hloubky vývaru pro d = 0,3 m

Jelikož platí podmínka, že $h_2 < h_d$ a zároveň, že míra vzduť $\sigma > 1$, jedná se o vzduť vodní skok. Rozměr zahloubení vývaru je zvolen na konstrukční výšku 0,3 m.

$$d = \underline{0,3 \text{ m}}$$

B. Návrh délky vývaru (L_v)

Návrh délky vývaru vychází z délky vodního skoku a jeho dvou vzájemných hloubek „ h_1 “ a „ h_2 “. Podle poměru těchto dvou hloubek byl zvolen součinitel „ K “. Výpočet délky vývaru byl proveden podle rovnice, kterou uvedl Novák:

$$L_v = K \cdot (h_2 - h_1) \quad (3.5.18)$$

Výpočet délky vývaru (dle Nováka):					
Qm, QN	h1 [m]	h2 [m]	h2/h1	K	Lv
Q90d	0,04	0,65	18,00	4,00	2,46
Q30d	0,07	0,91	13,13	4,50	3,78
Q1	0,23	1,63	7,05	4,50	6,28
Q5	0,38	2,04	5,31	5,00	8,27
Q10	0,51	2,25	4,41	5,00	8,71
Q50	0,91	2,90	3,20	5,00	9,97
Q100	1,14	3,27	2,86	5,50	11,71
Lv=	12	m			

Tabulka 16: Výpočet délky vývaru

h2/h1	3-4	4-6	6-20	>20
K	5,5	5,0	4,5	4,0

Tabulka 17: Součinitel vzájemných hloubek K

Dle výpočtu vyšla délka vývaru „Lv“ 11,71 m. Tato hodnota byla zaokrouhlena a jako návrhová délka byla určena hodnota 12 m.

$$Lv = \underline{12,0\text{ m}}$$

C. Návrh tloušťky vývarové desky (t_d)

Návrh tloušťky vývaru byl proveden podle empirických vztahů autorů Dombrovského a Tarajmoviče.

Dle Dombrovského:

$$t_d = 0,15 \cdot v_1 \cdot \sqrt{h_1} \quad (3.5.19)$$

Kde: $v_1 = \frac{q}{h_1}$

Dle Tarajmoviče:

$$t_d = 0,4 \cdot \left(\frac{q}{2}\right)^{0,5} \cdot H^{0,25} \quad (3.5.20)$$

Kde: H je rozdíl hladin při Q_N

Tloušťka vývarové desky dle Dombrovského					Tloušťka vývarové desky dle Tarajmoviče			
Qm,QN	h1 [m]	q [m2/s]	v1 [m/s]	td [m]	h [m]	hd [m]	H [m]	td [m]
Q90d	0,04	0,28	7,79	0,22	0,26	0,73	2,73	0,19
Q30d	0,07	0,55	7,94	0,31	0,42	0,98	2,64	0,27
Q1	0,23	1,85	8,02	0,58	1,00	1,98	1,82	0,45
Q5	0,38	3,05	7,94	0,74	1,44	2,89	0,95	0,49
Q10	0,51	3,95	7,73	0,83	1,75	3,24	0,51	0,47
Q50	0,91	7,00	7,73	1,10	2,87	3,94	0,18	0,49
Q100	1,14	9,00	7,87	1,26	3,15	4,22	0,18	0,55
td=	1,30	m						

Tabulka 18: Tloušťka dle Dombrovského a Tarajmoviče

Podle výše uvedené tabulky, vyšli mezní návrhové hodnoty „ td “ od 0,55 do 1,26 m. Jelikož se jedná o hodnoty získané z empirických vztahů, bude navržena tloušťka vývarové desky na střední hodnotu 1,00 m. Tento návrh dále vychází i z předchozích aplikací, kdy tato tloušťka plně vyhovovala.

$$t_d = \underline{1,00 \text{ m}}$$

D. Návrh délky opevnění za vývarem (L_0)

Výpočet délky opevnění za vývarem byl proveden podle níže uvedeného Čertousova vztahu.

$$L_0 = (10 \div 13)h_d \quad (3.5.21)$$

Qm,QN	hd [m]	10 hd	13 hd	L_0 [m]
Q90d	0,730	7,30	9,49	8,00
Q30d	0,980	9,80	12,74	10,00
Q1	1,980	19,80	25,74	20,00
Q5	2,890	28,90	37,57	29,00
Q10	3,240	32,40	42,12	33,00
Q50	3,940	39,40	51,22	40,00
Q100	4,220	42,20	54,86	43,00

Tabulka 19: Délka opevnění za vývarem

V Tabulka 19 byly jako návrhové meze brány desetinásobky h_d , které byly následně zaokrouhlovány na celá čísla směrem nahoru. Jelikož se opět jedná o hodnoty vycházející z empirických vztahů, byla jako návrhová délka opevnění zvolena hodnota 30,00 m.

$$L_0 = \underline{30,00 \text{ m}}$$

E. Návrh tloušťky opevnění za vývarem

Výpočet hloubky opevnění byl proveden podle autorů Jaegera (těsně za přelivem) a Nováka (za vývarovým prahem).

Dle Jaegera:

$$A_0 = 6 \cdot H^{0,25} \cdot q^{0,5} \cdot \left(\frac{h_d}{d_{90}}\right)^{1/3} - t \quad (3.5.22)$$

Za klasickým způsobem navrženým vývarem vzniká výmol přibližně poloviční. Podle Novákem upraveného vztahu:

Dle Nováka:

$$A = k \cdot A_0 \quad (3.5.23)$$

Součinitel „k“ byl zvolen z intervalu $k = (0,45 \div 0,65)$. Jako 90% velikost zrna byla pro tok Svitavy zvolena velikost 72 mm.

Qm,QN	q [m2/s]	hd [m]	H [m]	d90[mm]	A0	k'	A
Q90d	0,28	0,73	2,73	72	0,89	0,5	0,44
Q30d	0,55	0,98	2,64	72	1,35	0,5	0,68
Q1	1,85	1,98	1,82	72	2,86	0,5	1,43
Q5	3,05	2,89	0,95	72	3,54	0,5	1,77
Q10	3,95	3,24	0,51	72	3,58	0,5	1,79
Q50	7,00	3,94	0,18	72	3,95	0,5	1,98
Q100	9,00	4,22	0,18	72	4,54	0,5	2,27

Tabulka 20: Tloušťka opevnění za vývarem

Dle Tabulka 20 vyšla jako návrhová hloubka opevnění dna za vývarem 2,27 m. Na základě zkušeností a faktu, že se jedná o empirický vztah, byla tato hloubka zmenšena na hodnotu 1,3 m. V této hloubce bude provedeno prvních 10 metrů za vývarovým prahem a bude zde užito těžkého kamenného záhozu. Zbýlých 20 metrů se provede v hloubce 0,65 m a bude zde užito lehčího kamenného záhozu.

$$A = \underline{1,30 \text{ m}}$$

3.6. VÝPOČET STABILTY JEZU

Výpočet stability jezu byl zhotoven pro jeden zatěžovací stav. Tento stav odpovídá trvalé návrhové situaci, kdy je klapka plně vztyčena a jezová zdrž zcela plná, což se rovná hladině ležící na kótě 204,20 m n.m. V podjezí se při tomto stavu výška hladiny nachází na kótě 201,35 m n.m., čemuž odpovídá průtok Q_{330d} . V příloze P8 je znázorněno zatěžovací schéma, kde jsou zakresleny jednotlivé síly působící na konstrukci jezu. Toto schéma bylo vytvořeno v programu Autocad, odkud byly převzaty plochy a těžiště jednotlivých částí konstrukce.

Při posouzení stability jezové konstrukce byly využity podklady z vrtu J-6 o složení základových zemín v lokalitě jezu. Únosná zemina, kterou tvoří jíly písčité se nachází v hloubce 7,20 m. Podrobnější popis viz kapitola 3.3.2.

3.6.1. Druhy porušení

Posouzení stability bylo provedeno pro dva typy porušení:

- Posunutí po základové spáře (se/bez spolupůsobení vývarové desky)
- Nadzdvihnutí (zvláště přeliv a vývarová deska)

Dále pak bylo provedeno posouzení odolnosti proti prolomení vývarové desky a posouzení délky obtékaného obrysu.

Na konstrukci působí následující zatížení:

- *Tíha konstrukce*
- *Tíha uzávěru*
- *Zatížení od vody* - hydrostatický horizontální tlak
- *Zatížení od vody* - hydrostatický vertikální tlak (vztlak)
- *Zatížení od zeminy*

3.6.2. Hodnoty zatížení

A. Vlastní tíha konstrukce (G_i)

$$G_1 = 137,1 \text{ kN}$$

$$G_2 = 196,4 \text{ kN}$$

$$G_3 = 377,7 \text{ kN}$$

B. Vlastní tíha uzávěru (G_u)

$$G_u = 23,4 \text{ kN}$$

C. Zatížení od nasycené zeminy pod konstrukcí (G_{zi})

$$G_{z1} = 38,7 \text{ kN}$$

D. Aktivní zemní tlak (Z_{ai})

$$Z_{a1} = 35,3 \text{ kN} \quad Z_{a2} = 43,7 \text{ kN} \quad Z_{a3} = 85,1 \text{ kN}$$

E. Zatížení od vertikálního tlaku vody - vztlaku (W_i)

$$W_1 = 35,3 \text{ kN} \quad W_2 = 43,7 \text{ kN} \quad W_3 = 85,1 \text{ kN}$$

F. Zatížení od vertikálního tlaku vody (V_{iv})

$$V_{1v} = 223,8 \text{ kN} \quad V_{2v} = 96,0 \text{ kN}$$

G. Zatížení od horizontálního tlaku vody (V_{ih})

$$V_{1h} = 95,8 \text{ kN} \quad V_{2h} = 13,3 \text{ kN}$$

3.6.3. Posouzení stability

Posouzení stability bylo provedeno podle mezních stavů únosnosti a použitelnosti.

$$E_{d,dst} = \gamma_1 \sum_{i=1}^n \gamma_{Q,i} F_{dst} \leq E_{d,stb} = \sum_{i=1}^n \gamma_{G,i} F_{stb} \quad (3.6.1)$$

F_{dst} je návrhová hodnota destabilizujících sil, F_{stb} je návrhová hodnota stabilizujících sil, γ_1 je součinitel významu, $\gamma_{Q,i}$ jsou dílčí součinitele vyjadřující nejistoty při stanovení destabilizujících sil, $\gamma_{G,i}$ jsou dílčí součinitele vyjadřující nejistoty při stanovení stabilizujících sil.

A. Posouzení bezpečnosti proti posunutí základové spáry

- *se spolupůsobením vývarové desky*

$$E_{d,dst} = 192,4 \text{ kN} \leq E_{d,stb} = 570,6 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

- *bez spolupůsobení vývarové desky*

$$E_{d,dst} = 192,4 \text{ kN} \leq E_{d,stb} = 344,0 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

B. Posouzení bezpečnosti proti nadzdvihnutí

- Přeliv

$$E_{d,dst} = 306,2 \text{ kN} \leq E_{d,stb} = 638,8 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

- Vývarová deska

$$E_{d,dst} = 153,5 \text{ kN} \leq E_{d,stb} = 546,8 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

C. Posouzení odolnosti proti prolomení vývarové desky

$$0,846 \cdot x \leq t_d \quad (3.6.2)$$

Kde: $x = 1,51 \text{ m}$ pořadnice tlaku z přetlaku

$t_d = 1,00 \text{ m}$ tloušťka vývarové desky

$$1,27 \leq 1,00 \rightarrow \text{NEVYHOVUJE}$$

D. Posouzení délky obtékaného obrysu

$$L_n = c_B \cdot H \leq L_s \quad (3.6.3)$$

Kde: $H = 2,77 \text{ m}$ spád hladin

$L_s = 1,00 \text{ m}$ skutečná délka obtékaného obrysu

$L_n = 1,00 \text{ m}$ potřebná délka obtékaného obrysu

$C_B = 5,7$ - empiricky stanovený součinitel

$$15,79 \leq 28,07 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Při posouzení stability vyhověla jezová konstrukce na všechny druhy porušení až na odolnost proti prolomení vývarové desky. Bylo by proto nutné provést opatření, která by snížila velikosti vztakových sil. Tímto opatřením by bylo přidání štětové stěny délky cca 6,00 m, čímž by došlo k prodloužení délky obtékaného obrysu a snížení zatížení vztlakem.

3.7. NÁVRH OBJEKTŮ

Kapitola 3.7 se zabývá popisem návrhu pohyblivé jezové konstrukce a objektů k ní přilehlých.

3.7.1. *Určení hladiny stálého vzduť HSV a odběrné množství*

Při určování hladiny stálého vzduť bylo hlavním cílem dosáhnout takové hladiny, která jednak umožní odběr vody do akumulární nádrže, která bude dále zásobovat umělé koryto procházející skrze nově budovanou čtvrť v bývalém areálu Zbrojovky Brno a dále zajistí dostatečně velký energetický spád pro nově navrženou malou vodní elektrárnu. Současně však bylo nutné navrhnout hladinu stálého vzduť tak, aby nebyla extrémně zvýšena hladina podzemních vod a nedošlo tak k ohrožení přilehlé zástavby.

Hladina stálého vzduť byla stanovena na kótu 202,40 m n. m. Jelikož se dno v nadjezí nachází na kótě 201,50 m n. m., je výška vzdouvané vody 2,70 m. Touto výškou bude dosaženo dostatečně velkého energetického spádu pro MVE a zároveň umožněn odběr do akumulární nádrže.

Hladina stálého vzduť se pohybuje na hraně základových konstrukcí v nadjezí, čímž by se i hladina spodních vod dostala na tuto úroveň. I přes tento fakt by tyto konstrukce neměly být ohroženy.

Hladina stálého vzduť by neměla být ovlivněna objekty v nadjezí jako jsou mosty a lávky. To znamená, že spodní hrany mostovek by neměly ovlivňovat proudění v toku a měly by se nacházet nad úrovní 204,20 m n.m. Tento předpoklad byl splněn a je ho možno ověřit v příloze P5.

Odběrné množství pro MVE bylo jednoduchým výpočtem určeno v rozmezí $Q_{MVE}=1,65$ až $4,79$ m³/s. Množství odebírané vody do akumulární nádrže bude proměnlivé v závislosti na velikosti průtoku v korytě řeky. Za nízkých stavů nebude odběr prováděn a umělé koryto bude dotované pouze z akumulární nádrže. Jelikož není znám plánovaný průtok umělým korytem skrze areál Zbrojovky, bylo by nutné provést podrobnější návrh.

3.7.2. *Odběrný objekt*

Odběrný objekt je navržen za vtokem do stávajícího levobřežního náhonu v zavazovacím křídle levého náběžního pilíře jezu. Vzdálenost objektu od vtoku do náhonu je 9 m na jeho osu. Jeho světlé rozměry činí 3,60 m na výšku a 1,10 m na šířku. Objekt je vybaven vtokovým prahem převýšeným 0,30 m nad dnem nadjezí, které má kótu 201,50 m n. m. Tímto opatřením bude chráněn náhon před splaveninami sunoucích se po dně toku. Objekt je dále vybaven hrubými česlemi proti plovoucím předmětům a ručním stavidlovým uzávěrem. Hrubé česle jsou navrženy z kulatých ocelových tyčí o průměru 15 mm s rozstupem 100 mm. Stavidlový uzávěr je tvořen

stavidlovým mechanismem, rámem, cévovou tyčí a stavidlovou tabulí. Odběrný objekt je možno vidět v přílohách P5, P6, P6, P4.

3.7.3. Malá vodní elektrárna (MVE)

Malá vodní elektrárna je koncipována na levém břehu u nově navržené jezové konstrukce. Konkrétně je navržena mezi levým břehovým pilířem a středním dělicím pilířem oddělujícím ji od rybího přechodu. MVE je rozdělena na tři stavební objekty. Objekty MVE lze vidět v přílohách P5 a P6.

Prvním stavebním objektem je vtoková část rampového typu o šířce 3,00 m a tloušťce dna 0,80 m. Objekt je vybaven vtokovým prahem umístěným 0,30 m nad dnem nadjezí, což odpovídá výškové kótě 201,80 m n. m. Dalším vybavením nátoky jsou hrubé česle, obslužná lávka, revizní stavidlový uzávěr, jemné česle a strojní čistící zařízení.

Druhým stavebním objektem je strojovna MVE. Objekt má navržený půdorysný rozměr 9,40 x 3,80 m a je zastřešen plochou konstrukcí, jejíž atika se nachází ve výšce 210,75 m n. m. V objektu je umístěn provozní tabulový uzávěr, generátor a turbína typu semi-Kaplan s hltností 4,79 m³/s průměrem oběžného kola 1200 mm.

Třetím stavebním objektem je výtoková část rampového typu šířky 3,00 m, která bezprostředně navazuje na strojovnu MVE. Dno má tloušťku 0,80 m a je zakončeno koncovým prahem umístěným na kótě 0,30 m nad dolním dnem, což odpovídá výškové kótě 201,30 m n.m. V tomto objektu jsou umístěny drážky pro provizorní hrazení včetně dosedacího prahu.

3.7.4. Rybí přechod

Rybí přechod je situován na levé straně koryta, a to hned vedle malé vodní elektrárny, od které je oddělen středním dělicím pilířem. Jedná se o štěrbinový rybí přechod o šířce 2,50 m a tloušťce dna 0,80 m se sklonem 18 ‰. Délka rybího přechodu je 28,05 m a po délce je rozdělena 12 páry příček, které vytváří bazénky o délce 2,00 m. Výškový rozdíl mezi příčkami je 0,05 m. Vtok i výtok rybího přechodu je doplněn o práh, který je navýšen o 0,30 m nad dnem. Na vtoku i výtoku jsou umístěny drážky provizorního hrazení. Objekt lze vidět v přílohách P5 a P6.

3.7.5. Pevná spodní stavba jezu

Pro konstrukci pevné spodní stavby jezu byl navržen Jamborův práh, a to zejména pro jeho dobré hydraulické vlastnosti a nenáročnost výstavby.

Koruna pevného Jamborova prahu se nachází na kótě 202,20 m n.m. Přelivná hrana prahu je o 0,70 m výše než horní dno (výška prahu p=0,70 m) a o 1,20 m výše než dolní dno toku. Základová spára Jamborova prahu se nachází na kótě 199,70 m n.m. Celková délka přelivné hrany byla výpočtem stanovena na 20,00 m a bylo ověřeno, že je plně dostačující pro převedení

návrhového průtoku $Q_{100}=180 \text{ m}^3/\text{s}$. Z konstrukčních důvodů je tato délka rozdělena na 2 části po 10 metrech, čímž dojde k vytvoření 2 jezových polí. Dále musí být stavba z důvodů možných tvarových deformací jednotlivých částí rozdělena do dilatačních bloků. Pro rozdělení konstrukce po směru toku jsou dilatační spáry vedeny osami středových dělicích pilířů. Pro rozdělení konstrukce ve směru kolmém na osu toku jsou dilatační spáry umístěny na začátku a konci Jamborova prahu, tedy mezi předprším jezu a prahem a dále mezi prahem a vývarem. Rozdělení je viditelné v přílohách P5, P6 a P6.

3.7.6. Střední dělicí a nábrežní pilíře

Všechny navržené konstrukce jsou v prostoru pilířů doplněny ostruhou. Úroveň základové spáry je v těchto místech o 0,70 m hlouběji oproti ostatním konstrukcím. K tomuto návrhovému řešení bylo přistoupeno proto, že informace o skladbě podložních vrstev a parametrech zemin byly zajištěny pouze z jednoho vrtu (J-6), nelze je tedy považovat za dostačující a slouží jen jako orientační hodnoty. Pro zajištění vyšší stability konstrukce bylo třeba přistoupit k návrhu na stranu bezpečnou a konstrukci do jisté míry předdimenzovat. Objekty lze vidět v přílohách P5, P6, P6, P5.

A. Střední dělicí pilíře

Dělicí pilíře jsou umístěny mezi MVE a rybím přechodem, mezi rybím přechodem a levým jezovým polem, mezi pravým a levým jezovým polem.

- ***Střední dělicí pilíř mezi MVE a rybím přechodem***

Pilíř je široký 2,30 m a na délku měří 28,05 m. Základová spára pilíře je lomená v místě dilatace mezi pevným prahem a předloženou deskou jezu. V části předprší jezu se nachází na kótě 199,50 m n.m. a v části vývarové desky na kótě 199,00 m n.m. Koruna pilíře leží na kótě 205,72 m n.m. Obě zhlaví pilíře jsou řešena proudnicovým tvarem z důvodu snížení ztrát na vtoku do MVE.

V pilíři jdou navrženy na vtoku i výtoku drážky provizorního hrazení. Drážky jsou umístěny z obou líců pilíře pro možnost zahrazení jak vtoku a výtoku rybího přechodu, tak možnost zahrazení výtoku MVE.

- ***Střední dělicí pilíř mezi rybím přechodem a levým jezovým polem***

Rozměry pilíře jsou 2,00 m na šířku a 28,05 m na délku. Základová spára se zalamuje v místě, kde začíná pevný Jamborův práh. Vyšší úroveň založení má kótu 199,50 m n.m. Nižší úroveň založení leží na kótě 199,00 m n.m. Koruna má kótu 205,72. Zhlaví pilíře je obou stranách řešeno půlkruhem o poloměru 1,00 m.

Na horní i dolní straně pilíře jsou umístěny drážky provizorního hrazení. Z jedné strany slouží k zahrazení rybího přechodu a z druhé pro zahrazení levého jezového pole. Pilíř má v sobě navržené tři kapsy pro osazení přenosného jeřábu. Kapsy jsou umístěny v ose pilíře. Na koruně

pilíře je navržen betonový bloček, na kterém je usazeno zavěšení hydraulického zařízení pro manipulaci s uzávěrem. Bloček je vysoký 2,20 m a jeho půdorysný rozměr je 1,50 x 0,50 m. Bloček je umístěn na hraně líce směrem k jezovému poli a 6,00 m od horního zhlaví. Pro zavzdušnění prostoru pod klapkou je v pilíři umístěno zavzdušňovací potrubí DN 200 mm. Potrubí je umístěno 0,50 m od líce pilíře směrem k jezovému poli.

- ***Střední dělicí pilíř mezi pravým a levým jezovým polem***

Šířka pilíře je 3,00 m a délka 20,55 m. Základová spára je opět zalomena v místě, kde začíná pevný Jamborův práh. V místech předprsí jezu leží základová spára na kótě 199,50 m n.m. V místech vývarové desky se základová spára nachází na kótě 199,00 m n.m. Výška koruny pilíře je sjednocena s ostatními a nachází se na kótě 205,72 m n.m. Na obou stranách pilíře je zhlaví řešeno půlkruhovým tvarem o poloměru 3,00 m.

Drážky provizorního hrazení jsou navrženy na obou lících pilíře a nacházejí se 2,60 m od horního zhlaví a 4,25 m od dolního zhlaví pilíře. V pilíři byly navrženy dvě kapsy pro osazení jeřábu. Kapsy jsou umístěny v ose pilíře v osové vzdálenosti 14,70 m. Na koruně pilíře jsou navrženy dva betonové bločky o půdorysných rozměrech 1,50 x 0,50 m. Bločky jsou vysoké 2,20 m a slouží pro usazení zavěšení hydraulického zařízení, kterým je prováděna manipulace klapky. V objektu byly navrženy zavzdušňovací potrubí DN 200 mm. Potrubí je umístěno 0,50 m od obou líců pilíře ve vzdálenosti 8,50 m od horního zhlaví.

B. Nábřežní pilíře a zavazovací křídla

Byly navrženy dva nábřežní pilíře. Oba byly doplněny o zavazovací křídla, která dopomůžou ke zvýšení stability konstrukce díky jejich zavázání do břehových linií.

- ***Levý břehový pilíř***

V průřezu má pilíř tvar „L“, čímž docílíme větší stability konstrukce. Rozměry pilíře jsou 33,20 m na délku, 2,00 m na šířku v koruně. V základové spáře má pilíř šířku 4,00 m. Toto 2 m široké vyložení v patě pilíře má výšku 1 m. Základová spára pilíře je lomená v místě dilatace mezi pevným prahem a předloženou deskou jezu. V místě předprsí jezu se nachází na kótě 199,50 m n.m. V místech vývaru leží na kótě 199,00 m n.m. Koruna pilíře se nachází na kótě 205,72 m n.m.

Pilířem je vedena šterková propust šířky 0,80 m. a délky 22,00 m. Propust slouží pro proplach vtokového objektu MVE. Nátok do propusti je vybaven ručním stavidlem. Ve spodní části pilíři je navržena drážka provizorního hrazení. Po celé délce pilíře je navrženo bezpečnostní zábradlí výšky 1,10 m.

Zavazovací křídlo v horní části pilíře je zahrnuto do zaslepeného náhonu, a slouží tak jako jeho břehová zeď. V křídle je umístěn vtokový objekt, který byl již popsán v kapitole 3.7.2. Zavazovací křídlo ve spodní části pilíře je zavázáno do levého břehu v podjezí.

- **Pravý břehový pilíř**

Pilíř má průřezový tvar „L“, čímž se snažíme docílit větší stability konstrukce. Na délku měří pilíř 51,60 m a jeho šířka v koruně je 2,00 m. V základové spáře je jeho šířka zdvojnásobena na hodnotu 4,00 m. Výška tohoto vyložení je 1 m. Pilíř má základovou spáru zalomenou v místě, kde začíná pevný Jamborův práh. Výšky základové spáry se rovnají výškám základové spáry u levobřežního pilíře. Kóta koruny přelivu má hodnotu 205,72 m n.m.

Pilíř je opatřen dvěma kapsami pro osazení jeřábu. Kapsy jsou umístěny v ose pilíře. Na koruně pilíře je navržen betonový bloček, na kterém je usazeno zavěšení hydraulického zařízení pro manipulaci s uzávěrem. Bloček je vysoký 2,20 m a jeho půdorysný rozměr je 1,50 x 0,50 m. Bloček je umístěn na hraně líce směrem k jezovému poli. V pilíři byly navrženy drážky provizorního jezového pole. Na vnějším líci pilíře bylo z bezpečnostních důvodů navrženo oplocení výšky 2,50 m.

Zavazovací křídlo v horní části pilíře bylo zavázáno do stávajícího mostního pilíře nacházejícího se nad jezem. Zavazovací křídlo v dolní části pilíře bylo pod úhlem 135° zavázáno do pravého břehu. Koncem křídla prochází výust' DN 800 mm.

3.7.7. Vývarová deska

Oproti původní navrhované délce vývarové desky (12,00 m) byla délka vývaru navýšena na hodnotu 14,00 m z důvodu úprav a umístění klapky. Šířka desky je 23,00 m. Tloušťka desky je 1,00 m a na konci je ukončena závěrečným prahem výšky 1,30 m. Závěrečný práh je řešen ve sklonu 1:2 a ve své koruně má šířku 1 m, kde dále přechází do kamenného záhozu. Dilatační spáry ve směru kolmém na osu toku jsou umístěny na přechodu mezi pevnou spodní stavbou a vývarem a dále pak jsou napojeny na dilatace středových pilířů. Ve směru rovnoběžném s osou toku je deska dilatována uprostřed konstrukce v pokračování dilatace středového pilíře. Výškové kóty dna desky a její základové spáry jsou umístěny na kótě 200,70 m n.m. a 199,70 m n.m. Závěrečný práh desky má kótu 201,00 m n.m. Tento objekt lze vidět v přílohách P5, P6, P6 a P5.

3.7.8. Pohyblivá hradicí konstrukce

Jako pohyblivá hradicí konstrukce byl zvolen dutý klapkový uzávěr délky 10,00 m a výšky 2,00 m. Každé jezové pole je osazeno vlastním uzávěrem, to znamená, že jsou navrženy 2 samostatně ovládané uzávěry. Klapka je oboustranně zavěšena na ocelový píst, který umožňuje zdvih nebo sklopení klapky pomocí tlaku oleje v servoválcích. Písty jsou zavěšeny na betonových blocích, které jsou umístěny na korunách přilehlých pilířů. Pohyb pístu zajišťuje hydraulický pohon umístěný v betonovém bločku, na kterém je píst zavěšen. Po obou stranách klapky je v dělicím pilíři vedeno potrubí DN 200 mm pro zajištění zavzdušnění prostoru pod klapkou. Objekt je možno vidět v přílohách P5, P6 a P6.

3.7.9. Manipulace s pohyblivou hradicí konstrukcí

Pro manipulaci s klapkou byly provedeny dvě návrhové situace, jejichž výpočet je zaznamenán v tabulkách 11 a 12. Výstupy z tabulek jsou průběhy manipulací, které jsou znázorněny v grafech na obrázcích 46 a 47.

A. První varianta manipulace

První návrhová situace počítá s nárůstem hladiny o 0,10 m nad hranu vztyčené klapky (202,20 m n.m.), což odpovídá kótě 204,30 m n.m. Tuto hladinu budeme sklápěním uzávěrů schopni udržet zhruba do průtoku cca 83,00 m³/s. Při tomto průtoku dojde k úplnému vyhrazení klapky (202,20 m n.m.) a dále nebude manipulace možná. Toto řešení manipulace bude použito v situaci, kdy předpovědi budou očekávat průtok na maximální úrovni $Q_{10}=79$ m³/s, který již dále narůstat nebude. Pro tuto variantu byly spočítané měrné křivky manipulace obou klapek zároveň sklápěných (synchronní pohyb) a manipulace pouze jedné klapky, kdy by byla předpokládána oprava druhé klapky nebo jiná situace, která by to vyžadovala. Maximální ovladatelná kapacita jezu při manipulaci jedním jezovým polem je 64,00 m³/s.

B. Druhá varianta manipulace

Druhým řešením manipulace je situace, kdy se hladina nechá nastoupat o 0,60 m nad hranu vztyčené klapky (202,20 m n.n.) a to na kótu 204,80 m n.m. Pomocí manipulace budeme schopni tuto hladinu udržovat do průtoku cca 137,00 m³/s, kdy dojde k úplnému vyhrazení klapky na kótu 202,20 m n.m. a dále nebude manipulace možná. Toto řešení manipulace lze použít v případě, kdy budou očekávány větší průtoky. Zároveň tím bude možné manipulovat ve větším rozsahu průtoků. V této variantě by bylo zcela zbytečné počítat manipulaci jen s jednou klapkou, jelikož se jedná o stav, kdy budou přes jez převáděny velké průtoky a bude potřeba manipulovat s oběma klapkami současně (synchronní pohyb).

C. Běžný stav

Za běžných stavů je klapka vztyčena na maximální možnou úroveň 204,20 m n.m. a vzdouvá hladinu vody v jezové zdrži, aby byl zajištěn spád pro MVE a možnost odběru do akumulární nádrže v areálu Zbrojovky Brno. Při narůstajícím průtoku, kdy hladina vzdouvané vody překročí výšku 202,30 m n.m. začne probíhat manipulace s klapkami směrem dolů a tím je udržována hladina stálého vzduť na kótě 202,30 m n.m. Ve chvíli, kdy se průtok začne zmenšovat a voda opadat, začnou se klapky synchronním pohybem opět zvedat nahoru aby byla udržena hladina stálého vzduť (202,30 m n.m.).

3.7.10. Provizorní hrazení a obslužná lávka

Jako provizorní hrazení byl zvolen hradidlový uzávěr, jež funguje na jednoduchém principu, kdy jsou na sebe skládány vodorovné trámce (hradidla) o průměru 20 mm. Hradidla jsou ukládány do drážek umístěných ve středových a břehových pilířích a dosedají na ocelový

UE profil široký 300 mm. Manipulaci obstará přenosný jeřábek, který má u každého hrazení svou úložnou kapsu. Hrazení bude skladováno v přilehlém provozním objektu, který se nachází na levém břehu. Vzhledem ke spodní stavbě jezu je provizorní hrazení umístěno 5,80 m proti proudu od přelivné hrany Jamborova prahu a 8,90 m po proudu od této hrany.

Obslužná lávka je ocelová konstrukce, která přemostí celou jezovou konstrukci a tím spojí oba břehy. Lávka byla navržena o 0,45 m nad hladinu Q_{100} . Šířka lávky byla navržena 1,85 m a její délka 28,50 m. Lávka byla vybavena zábradlím výšky 1,1 m a uzamykatelnými vrátky, která umožňují vstup obsluhy na pilíře. Lávka je vynesena na dvou nosnících, které jsou pevně uchyceny ke středovým i břehovým pilířům. Oba tyto objekty lze vidět v přílohách P5, P6, P6 a P2.

3.7.11. Opevnění podjezí

Opevnění dna v podjezí bylo navrženo v délce 30,00 m a bylo rozděleno do dvou částí. První třetina (10,00 m) opevnění dna ihned za vývarovou deskou byla provedena ze záhozového kamene velikosti 400 mm v mocnosti 1,30 m. Zbylé dvě třetiny (20,00 m) opevnění byly provedeny ze záhozového kamene velikosti 200 mm o mocnosti 0,65 m. Celková délka opevnění dna za vývarem byla provedena v délce 30,00 m. Možno vidět v přílohách P5, P6 a P2.

Opevnění svahů na levém břehu koryta bylo navrženo z kamenné dlažby na sucho s velikostí kamene 400 mm. Svah na levém břehu byl takto opevněn až k jeho horní hraně. Opevnění svahů na pravém břehu bylo navrženo se stejným opatřením. Opevnění svahů bylo provedeno ve stejné délce jako opevnění dna v podjezí. Navržená opatření lze vidět v přílohách P5, P6 a P2.

3.7.12. Napojení objektu na stávající tok

Návrh jezu byl koncipován tak, aby se jezová konstrukce co největší mírou přizpůsobila stávajícímu stavu a plynule navázala na linie koryta a přilehlých objektů.

Zavazovací křídla v nadjezí byla napojena na stávající konstrukce mostu a levobřežního náhonu. V podjezí byla křídla zavázána do břehů a napojena na nově navržené betonové hrázky, které byly navrženy i na dalších úsecích toku viz příloha P5, P2 a P6.

3.7.13. Začlenění do krajiny

Výstavbou jezu jistě dojde ke změně charakteru nejbližšího okolí. Na místo stávajícího pevného jezu zde vznikne nová masivnější betonová konstrukce nabývající velkých rozměrů. Při vzniku nové moderní čtvrti v bývalém areálu Zbrojovky Brno by mohlo být okolí jezu doplněno výsadbou nové zeleně a mohla by tak zde vzniknout nová rekreační zóna.

4. ZÁVĚR

Bakalářská práce byla řešena ve dvou částech. V první části byla provedena rešerše zabývající se tematikou a problematikou jezových konstrukcí. Druhá část práce se pak zabývala praktickým návrhem pohyblivé jezové konstrukce. Návrhu předcházela analytická část, ve které byly uvedeny a popsány vstupní údaje potřebné pro návržení této konstrukce. Výstupem praktické části pak byly výkresové přílohy.

Byla navržena jezová konstrukce o dvou jezových polích se světlou šířku jednoho pole 10,00 m. Pole byla od sebe oddělena středovým dělicím pilířem šířky 3,00 m a délky 20,55 m. Jako spodní stavba jezu byl zvolen Jamborův práh převýšený 0,70 m nad horním dnem. Na tento práh byla posazena klapka výšky 2,00 m, která byla zavěšena na pístových tyčích. Společně s jezem byl navržen rybí přechod široký 2,50 m, který se nachází vedle levého jezového pole a je od něho oddělen středovým dělicím pilířem o šířce 2,00 m a délce 28,00 m. Mezi levým břehem a rybím přechodem byla navržena malá vodní elektrárna o půdorysných rozměrech 3,80 x 9,40 m. Elektrárna byla od rybího přechodu oddělena středovým dělicím pilířem širokým 2,30 m a dlouhým 28,00 m. Odběrný objekt výšky 3,60 m a šířky 1,10 m byl umístěn do zavazovacího křídla v prostoru stávajícího zaslepeného náhonu. Byla navržena i protipovodňová ochrana ve formě betonových hrázek.

Úvodní kapitola stanovila cíle, které bylo nutné naplnit, aby byla práce úspěšná. Hladina stálého vzduť byla stanovena na takovou hodnotu, aby byl zajištěn dostatečně velký spád pro MVE. Požadavek na umožnění migrace rybí osádky byl splněn výstavbou šterbinového rybího přechodu. Dalším požadavkem bylo zajištění odběru vody pro nově budovanou čtvrť v bývalém areálu Zbrojovky Brno. Požadavek byl splněn návrhem odběrného objektu, kterým bude voda přiváděna do akumulární nádrže. Posledním požadavkem bylo zlepšení protipovodňové ochrany. Rozsah ovlivnění povodňových průtoků byl dán jednak kapacitou jezu, která byla navržena na dostatečnou hodnotu a jednak kapacitou koryta v nadjezí i podjezí. Bezpečně lze manipulovat do průtoku cca Q_{50} . Vyšší průtoky pak přímo souvisí s návrhem protipovodňových opatření. V závěru tedy lze konstatovat, že byly splněny všechny cíle, které byly stanoveny v úvodní kapitole.

Návrh jezové konstrukce byl spjat i s výskytem několika problémů, které bylo třeba řešit. Prvním z nich byla přesnost vstupů kapacity koryta, která byla převzata od Povodí Moravy [21]. Kapacita byla PMO stanovena modelem v delším úseku toku a nejspíše tak plně nekoresponduje s reálným stavem. Základním přepočtem byla stanovena Q/h křivka, která se neshodovala s Q/h křivkou převzatou od PMO. Dalším problémem byla neznalost požadovaného odběru pro areál Zbrojovky. Tento problém by byl řešen oslovením architektů projektu o poskytnutí informací o plánované velikosti odběru. Při užití informací z archivního vrtu J-6 se vyskytla velká nejasnost o skutečném geologickém složení základových vrstev. Z tohoto důvodu byla konstrukce v oblasti pilířů založena o něco hlouběji a vyložení břehových pilířů bylo provedeno masivněji. Posledním řešeným problémem bylo umístění rybího přechodu. Bylo zvoleno úsporné řešení, kdy se rybí

přechod umístil do toku. Variantou by pak bylo vytvoření bysspasového rybího přechodu, který by obtékal jezovou konstrukci přes areál Zbrojovky a mohl by tak plnit i funkci odběrného objektu.

Doporučením by bylo provést podrobný inženýrsko-geologický průzkum a přesné zaměření stávajícího stavu lokality. Dále by bylo třeba provést detailnější návrh objektů MVE a rybího přechodu. Odběr vody pro nově budovanou čtvrť v areálu Zbrojovky také nebyl řešen podrobně, a tak by bylo nutné provést detailnější návrh a zvážit, zda by byla akumulace nutná. Dle vstupních informací o kapacitě koryta, která se nejeví reálná, by byl třeba provést přepočítání a vytvoření nové Q/h křivky koryta. Všechny tyto aspekty by se daly použít jako předmět další práce.

5. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Výbora, P. 1985. Jezy. STNL, Praha.
- [2] Veselý, J. 2004. Vodohospodářské stavby, Modul 03, Vodní stavby, Brno.
- [3] Broža V., Satrapa, L. 2007. Hydrotechnické stavby 1. Nakladatelství ČVUT, Praha. ISBN: 978-80-01-03653-2.
- [4] Gabriel, P., Granotner, T. Průcha, M. Výbora, P. 1989. JEZY. SNTL, Praha.
- [5] Medřický, V. Valenta, P. 2009. Hydrotechnické stavby 1, Navrhování jezů. ČVUT, Praha. ISBN. 978-80-01-04309-7.
- [6] Průcha, M. 1982. Jezy. ČVUT, Praha
- [7] VÚV T.G.M. 2016. Charakteristiky toků a povodí ČR. [Online 21. 3 2019.] <http://www.dibavod.cz/>.
- [8] Google. 2019. Mapová data. [Online: 22. 3. 2019] <https://www.google.cz/maps/>.
- [9] Český hydrometeorologický ústav. 2019. Hlásná a předpovědní povodňová služba. [Online: 5. 4. 2019] <http://hydro.chmi.cz/>.
- [10] Edler, J. Manipulační řád pro jez a MVE Maloměřice na toku Svitava v km 8,833, Brno
- [11] Český hydrometeorologický ústav. 2019. Historická data - meteorologie a klimatologie. [Online: 5. 4. 2019] <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/denni-data/>.
- [12] Povodí Moravy. 2009. Plán oblasti povodí. [Online: 23.3. 2019] <http://www.pmo.cz/>.
- [13] ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA. 2019. Geovědní mapy 1 : 50 000. [Online 28.3. 2019] <https://mapy.geology.cz/geocr50/>.
- [14] ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA. 2019. Vrtná prozkoumanost. [Online: 28.3. 2019] https://mapy.geology.cz/vrtna_prozkoumanost/.
- [15] Procházková, L., a kol. 2018. Souhrnná zpráva o vývoji jakosti povrchových vod v povodí Moravy ve dvouletí 2016–2017. [Online: 30.3. 2019] <http://www.pmo.cz/download/souhrnna-zprava-2016-17.pdf>.
- [16] Český hydrometeorologický ústav. 2019. CDS. [Online: 3.4. 2019] <http://cds.chmi.cz/>.
- [17] Atlas zařízení využívajících obnovitelné zdroje energie. 2008. Malé vodní elektrárny. [Online: 7.4. 2019] <http://www.calla.cz/atlas/>.
- [18] Musil, M. *flickr.2011*. [Online: 7.4. 2019] <https://www.flickr.com/>.
- [19] Generel odvodnění města Brna. 2019. Situace Svitava. [Online: 28.4. 2019]
- [20] Povodňový plán České republiky. 2019. [Online: 30.3. 2019] <http://www.dppcr.cz>.
- [21] Povodí Moravy. 2019. Záplavové území, příčné řezy, situace. Digitální podklad..

6. SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Součinitel zatopení pro Jamborův práh [5]	30
Tabulka 2: Součinitel K [5]	32
Tabulka 3: N-leté průtoky [9].....	37
Tabulka 4: N-leté průtoky [10].....	37
Tabulka 5: M-denní průtoky [10]	37
Tabulka 6: Vrt J-6 [14]	39
Tabulka 7: Součinitel zatopení pro Jamborův práh [5]	49
Tabulka 8: Výpočet MKP	52
Tabulka 9: Orientační hodnoty pro součinitel přepadu „m“ [1].....	54
Tabulka 10: Součinitel přepadu „m“ při jednotlivých výškách sklopení	54
Tabulka 11: První varianta manipulace (1 klapka)	55
Tabulka 12: První varianta manipulace (2 klapky)	55
Tabulka 13: Druhá varianta manipulace (2 klapky).....	57
Tabulka 14: Návrh hloubky vývaru pro $d = 0,0$ m.....	60
Tabulka 15: Návrh hloubky vývaru pro $d = 0,3$ m.....	60
Tabulka 16: Výpočet délky vývaru	61
Tabulka 17: Součinitel vzájemných hloubek K	61
Tabulka 18: Tloušťka dle Dombrovského a Tarajmoviče	62
Tabulka 19: Délka opevnění za vývarem	62
Tabulka 20: Tloušťka opevnění za vývarem.....	63

7. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Části pevného jezu [1].....	12
Obr. 2: Půdorysné uspořádání pevných jezů [4]	14
Obr. 3: Obdélníkový průřez [5]	15
Obr. 4: Lichoběžníkový průřez [5]	15
Obr. 5: Jamborův práh [5]	16
Obr. 6: části pohyblivého jezu [1]	17
Obr. 7: Hradidlový uzávěr [6].....	18
Obr. 8: Hradlový uzávěr [1]	18
Obr. 9: Druhy klapek [5]	19
Obr. 10: Stavidlový uzávěr [5].....	20
Obr. 11: Segmentový uzávěr [5].....	20
Obr. 12: Válcový uzávěr [1]	21
Obr. 13: Hydrostatický sektorový uzávěr [5]	22
Obr. 14 Vakový uzávěr [5]	23
Obr. 15: Druhy odběrů [4]	25
Obr. 16: Odběr v koruně přelivu jezu [1]	25
Obr. 17: Schéma rybího přechodu [4]	26
Obr. 18: Schéma vodní elektrárny [3]	27
Obr. 19: Stavba jezu v průkopu [5].....	28
Obr. 20: Stavba jezu s bočním obvedením vody [5]	28
Obr. 21: Převedení vody přes staveniště žlabem [5]	28
Obr. 22: Stavba jezu ve třech jímkách [5]	29
Obr. 23: Schéma pro hydraulické výpočty jednotlivých částí jezu [5].....	30
Obr. 24: Tvary předního zhlaví návodních pilířů a jejich součinitele [5]	31
Obr. 25: Tvary křídel břehových pilířů a jejich součinitele [5].....	31
Obr. 26: Rozměry vývaru [5].....	32
Obr. 27: Povodí Svitavy [7]	35
Obr. 28: Vyznačení lokality Husovického jezu [8]	36
Obr. 29: Zájmová lokalita [8]	36
Obr. 30: Nejbližší okolí husovického jezu [8]	37
Obr. 31: Geologická mapa zájmového území [13].....	38
Obr. 32: Mapa záplavového území zájmové lokality [16]	40

Obr. 33: Jez Husovice	41
Obr. 34: Nadjezí jezu Husovice	42
Obr. 35: podjezí jezu Husovice.....	42
Obr. 36: Pohled na náhon pro svitavskou strouhu a MVE	43
Obr. 37: Most ulice Gargulákova	44
Obr. 38: Ocelová lávka pro pěší v nadjezí [18].....	44
Obr. 39: Ocelová lávka pro trubní vedení v nadjezí [18].....	45
Obr. 40: Železobetonový most v ulici Dačického [18].....	45
Obr. 41: Protipovodňová opatření v zájmové lokalitě [19].....	46
Obr. 42: Schéma návrhu Jamborova prahu	47
Obr. 43: Graf měrných křivek nadjezí, podjezí a Jamborova prahu.....	53
Obr. 44: Schéma manipulace s klapkou [1].....	54
Obr. 46: Graf měrných křivek při první variantě manipulace.....	56
Obr. 47: Graf měrných křivek při druhé variantě manipulace.....	58
Obr. 48: Schéma výpočtových hodnot vývaru	59

8. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Q_1	[m ³ /s]	Jednoletý průtok
Q_2	[m ³ /s]	Dvouletý průtok
Q_5	[m ³ /s]	Pětiletý průtok
Q_{10}	[m ³ /s]	Desetiletý průtok
Q_{20}	[m ³ /s]	Dvacetiletý průtok
Q_{50}	[m ³ /s]	Padesátiletý průtok
Q_{100}	[m ³ /s]	Stoletý průtok
Q_N	[m ³ /s]	Návrhový průtok
Q_{KAP}	[m ³ /s]	Kapacitní průtok
Q_{MVE}	[m ³ /s]	Průtok na MVE
h_h	[m]	Výška vody v horní zdrži při Q_N
h_d	[m]	Výška vody v podjezí při Q_N
h	[m]	Výška přepadající vody
h_0	[m]	Výška přepadající vody navýšená o rychlostní výšku „k“
k	[m]	Rychlostní výška
h_z	[m]	Rozdíl mezi výškou dolní vody a výškou koruny prahu
p	[m]	Výška koruny pevného prahu nad horním dnem
s	[m]	Výška koruny pevného prahu nad spodním dnem
m	[-]	Součinitel přepadu
σ_z	[-]	Součinitel zatopení
b	[m]	Šířka přelivu
b_n	[m]	Návrhová šířka přelivu
b_0	[m]	Účinná šířka přelivu
g	[m/s ²]	Tíhové zrychlení
n	[-]	Počet kontrakcí
ϵ_p	[-]	Tvarový součinitel středového pilíře
ϵ_k	[-]	Tvarový součinitel zavazovacích křídel
α	[-]	Coriolisovo číslo
v_0	[m/s]	Přítoková rychlost
A	[m ²]	Plocha průtočného průřezu
d	[m]	Zahloubení vývaru
q	[m ² /s]	Specifický průtok

ϵ_p	[-]	Tvarový součinitel středového pilíře
h_1, h_2	[m]	Vzájemné hloubky vodního skoku
h_c	[m]	Kritická hloubka
E_0	[m]	Energetická výška
σ	[-]	Míra vzduť
L_v	[m]	Délka vývaru
K	[-]	Součinitel vzájemných hloubek
t_d	[m]	Tloušťka vývarové desky
H	[m]	Rozdíl hladin dolní a horní vody
L_0	[m]	Délka opevnění za vývarem
A_0	[m]	Délka výmolu v podjezí
HSV	[m]	Hladina stálého vzduť
MKP	[-]	Měrná křivka přelivu
G_i	[kN]	tíha konstrukce
G_u	[kN]	tíha uzávěru
G_{zi}	[kN]	zatížení od nasycené zeminy
Z_{ai}	[kN]	aktivní zemní tlak
W_i	[kN]	zatížení od vertikálního tlaku vody – vztlak
V_{iv}	[kN]	zatížení od vertikálního tlaku vody
V_{ih}	[kN]	zatížení od horizontálního tlaku vody
F_{dst}	[kN]	návrhová hodnota destabilizujících sil
F_{stb}	[kN]	návrhová hodnota stabilizujících sil
γ_1	[-]	součinitel významu
γ_{Qi}	[-]	dílčí součinitel nejistoty destabilizujících sil
γ_{Gi}	[-]	dílčí součinitel nejistoty stabilizujících sil
X	[-]	pořadnice tlaku z přetlaku
L_s	[m]	skutečná délka obtékaného obrysu
L_n	[m]	potřebná délka obtékaného obrysu

9. SEZNAM PŘÍLOH

- P1 MAPA ŠIRŠÍCH VZTAHŮ M 1:20000**
- P2 SITUACE M 1:500**
- P3 PŘÍČNÉ ŘEZY M 1:200**
- P4 PŘEHLEDNÝ PODÉLNÝ PROFIL M 1:1000/100**
- P5 PŮDORYS M 1:100**
- P6 PODÉLNÝ ŘEZ M 1:100**
- P7 PŘÍČNÝ ŘEZ M 1:100**
- P8 STATICKÉ SCHÉMA**