



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV VODNÍCH STAVEB**  
INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

**NÁVRH REKONSTRUKCE JEZU**  
DESIGN OF THE GATED WEIR

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

Jakub Skřička

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ JULÍNEK, Ph.D.

BRNO 2017



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

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

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Jakub Skříčka
<b>Název</b>	Návrh rekonstrukce jezu
<b>Vedoucí práce</b>	Ing. Tomáš Julínek, Ph.D.
<b>Datum zadání</b>	30. 11. 2016
<b>Datum odevzdání</b>	26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

---

prof. Ing. Jan Šulc, CSc.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
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 Obřany. 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 (MVE) 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 uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání 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

Tato bakalářská práce se zabývá studií návrhu rekonstrukce pohyblivé jezové konstrukce u stávajícího pevného jezu na řece Svitavě v městské části Brno-Obřany. První část práce obsahuje teoretickou část týkající se tematiky jezů. V další části práce popisuje současný stav zájmového území včetně koryta řeky Svitavy s přílehlými objekty. Následně práce popisuje návrh rekonstrukce včetně výběru vhodné pohyblivé konstrukce a postup hydrotechnických výpočtů. V poslední řadě byl popsán výpočet stability navržené konstrukce.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Jez, Říční koryto, Manipulace, Malá vodní elektrárna, Rybí přechod, Pohyblivá hradící konstrukce

## ABSTRACT

The Bachelor Thesis deals with the study of the existing uncontrolled weir on the river Svitava in district Brno-Obřany. The first part of the Thesis contains a theoretical part about theme of weirs. In the next part Thesis describes the current state of the area of interest, including the riverbed of Svitavy with neighboring objects. After that the Thesis describes the design of the reconstruction, including the selection of suitable movable construction and procedure of hydrotechnical calculations. In conclusion, a calculation of the stability of the design was described.

## KEYWORDS

Weir, Riverbed, Manipulation, Small hydropower plant, Fish pass, Gate weir structure

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Jakub Skřička *Návrh rekonstrukce jezu*. Brno, 2017. 86 s., 9 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb. Vedoucí práce Ing. Tomáš Julínek, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 19. 5. 2017

---

**Jakub Skřička**  
autor práce

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Tomáši Julínkovi, Ph.D. za jeho rady, připomínky a čas, který mi věnoval při konzultacích této práce. Zároveň bych chtěl poděkovat společnosti Povodí Moravy, s. p. za poskytnutí potřebných podklad

## OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>JEZOVÉ KONSTRUKCE</b> .....	<b>12</b>
2.1	Definice jezu .....	12
2.2	Dělení jezů .....	12
2.3	Pevný jez .....	14
2.4	Pohyblivý jez .....	14
2.5	Hydraulika objektů – základní vztahy .....	20
2.6	Výstavba jezů .....	22
2.7	<b>Doprovodné stavby jezových objektů</b> .....	<b>23</b>
2.7.1	Odběrné objekty.....	23
2.7.2	Plavební komora na splavných tocích.....	24
2.7.3	Vodní elektrárna .....	24
2.7.4	Štěrková a sportovní propust .....	24
2.7.5	Rybí přechod.....	24
2.8	<b>Zkoumané poměry</b> .....	<b>25</b>
2.8.1	Hydrologické a klimatické poměry .....	25
2.8.2	Geodetické poměry .....	25
2.8.3	Geologické, hydrogeologické a geotechnické poměry .....	26
2.8.4	Záplavové území.....	26
2.8.5	Odběr a kvalita vody.....	26
<b>3</b>	<b>VSTUPNÍ ÚDAJE</b> .....	<b>27</b>
3.1	Identifikační údaje .....	27
3.2	Zájmové území .....	27
3.3	Hydrologické poměry .....	29
3.4	Klimatické a geologické poměry .....	32
3.5	Geomorfologické poměry .....	33
3.6	Hydrogeologické poměry.....	35
3.7	Záplavové území.....	37
3.8	Požadavky na odběr a kvalita vody .....	38
3.9	<b>Bezpečnostní opatření jezu</b> .....	<b>38</b>
3.9.1	Povinnosti obsluhy jezu .....	39
3.9.2	Povodňová aktivita .....	39
3.9.3	Zámrzové poměry .....	39



<b>4</b>	<b>STÁVAJÍCÍ STAV .....</b>	<b>41</b>
4.1	Stávající konstrukce pevného jezu .....	41
4.2	Nadjezí a podjezí .....	42
4.3	Přílehlé objekty .....	44
<b>5</b>	<b>NÁVRH ŘEŠENÍ REKONSTRUKCE JEZU .....</b>	<b>47</b>
5.1	Schématický návrh situace jezu s příslušenstvím .....	47
5.1.1	Umístění malé vodní elektrárny a rybiho přechodu .....	47
5.2	Specifikace rybiho přechodu .....	50
5.3	Volba typu konstrukce pohyblivého jezu .....	50
5.4	Stanovení důležitých kót .....	50
5.5	Volba hydrologických dat .....	51
5.5.1	Návrhový průtok .....	51
5.5.2	Hladina stálého vzdutí .....	52
5.5.3	Měrná křivka nadjezí a podjezí .....	52
<b>6</b>	<b>HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY .....</b>	<b>54</b>
6.1	Spodní stavba – návrh .....	54
6.1.1	Výška pevného prahu .....	54
6.1.2	Součinitel přepadu .....	55
6.1.3	Šířka přelivu pro $Q_N$ .....	55
6.1.4	Ověření kapacity pevného prahu .....	56
6.2	Měrná křivka přelivu .....	57
6.2.1	Manipulace s klapkou .....	60
6.3	Návrh Vývaru a podjezí .....	63
6.3.1	Hloubka vývaru .....	63
6.3.2	Tloušťka vývarové desky .....	64
6.3.3	Délka vývaru .....	65
6.3.4	Délka opevnění za vývarem .....	66
6.3.5	Tloušťka opevnění za vývarem .....	66
<b>7</b>	<b>STABILITA JEZOVÉ KONSTRUKCE .....</b>	<b>68</b>
7.1	Zatěžovací stav .....	68
7.2	Typy porušení .....	68
7.3	Posouzení stability .....	71
7.3.1	Proti posunutí po základové spáře .....	71
7.3.2	Proti překlopení kolem vzdušné hrany .....	72
7.3.3	Proti prolomení vývarové desky .....	73
7.3.4	Délka obtékaného obrysu .....	73
<b>8</b>	<b>TECHNICKÉ ŘEŠENÍ .....</b>	<b>74</b>

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

<b>8.1</b>	<b>Určení hladiny stálého vzduší.....</b>	<b>74</b>
<b>8.2</b>	<b>Odběrný objekt .....</b>	<b>74</b>
<b>8.3</b>	<b>Pevná stavba jezu.....</b>	<b>74</b>
8.3.1	Spodní stavba jezu .....	74
8.3.2	Dělicí pilíře .....	75
8.3.3	Břehové pilíře a zavazovací křídla.....	75
8.3.4	Vývarová deska .....	76
<b>8.4</b>	<b>Pohyblivá jezová konstrukce.....</b>	<b>76</b>
8.4.1	Manipulace s uzávěry .....	76
<b>8.5</b>	<b>Rybí přechod .....</b>	<b>77</b>
<b>8.6</b>	<b>Opevnění podjezí.....</b>	<b>77</b>
<b>8.7</b>	<b>Další objekty .....</b>	<b>77</b>
<b>8.8</b>	<b>Začlenění do krajiny .....</b>	<b>77</b>
<b>9</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>78</b>
<b>10</b>	<b>POUŽITÁ LITERATURA.....</b>	<b>80</b>
<b>11</b>	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>81</b>
<b>12</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>82</b>
<b>13</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ .....</b>	<b>84</b>
<b>14</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>86</b>

# 1 ÚVOD

Tématem této bakalářské práce byla studie současného stavu pevného jezu v Obřanech říčního kilometru 10,950. Snahou byla rekonstrukce pevného jezu na jez pohyblivý s vhodným výběrem typu jezové konstrukce. Při plánované rekonstrukci se uvažovalo s odběrem vody pro přilehlou malou vodní elektrárnu.

Bylo vypracováno posouzení stávajícího stavu zájmového území s přilehlými objekty. Pro posouzení stavu byly pořízeny fotografie jezu a dalších důležitých objektů. Zájmové území se nachází v městské části Brno-Obřany. Jako navrhovaný průtok, se kterým bylo počítáno, byl zvolen průtok  $Q_{100}$ , který byl převzat z dat ČHMÚ z roku 2017 [10].

Jako nejvhodnější typ pohyblivého jezu byla vybrána konstrukce jezu s klapkovým uzávěrem. Navržené parametry zohlednily zajištění minimálního odběru přilehlé MVE ( $Q_{MVE}=3,58 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Jez bude zároveň plnit ochrannou funkci okolního území před povodněmi.

Při rekonstrukci bylo snahou umožnit vodním živočichům migrační přechod, proto byl jako součást jezu vytvořen rybí přechod. Součástí práce byla i úvaha s alternativním přesunem malé vodní elektrárny na druhý břeh toku. Varianty změny polohy a stávajícího stavu MVE byly porovnány.

Výstupem práce jsou hydrotechnické výpočty, posouzení stability konstrukce a výkresové přílohy.

## 2 JEZOVÉ KONSTRUKCE

### 2.1 DEFINICE JEZU

Jez můžeme definovat jako vodní dílo, které je vybudováno v korytě toku, aby dočasně či trvale vzdouvalo vodu. Tento efekt může být následně využit pro různé vodohospodářské účely [1], [2]. Základními funkcemi jezu jsou:

- úprava spádových poměrů,
- zajištění spádového rozdílu, který může být využit pro energetické účely,
- zajištění potřebné hloubky pro odběr vody pro zemědělské, protipožární, vodárenské, průmyslové a jiné účely
- regulace výšky hladiny podzemní vody
- zajištění potřebné plavební hloubky pro splavnění vodních toků
- estetická úprava vodního toku [1].

### 2.2 DĚLENÍ JEZŮ

Jezy můžeme rozdělit podle použitého materiálu, půdorysného uspořádání, přelivu či konstrukce. Dle konstrukce dělíme jezy na pevné, pohyblivé a smíšené.

#### A. Podle materiálu

- dřevěné
- kamenné
- betonové
- železobetonové
- z jiných materiálů

Dřevěné jezy mohou být stavby dočasné nebo trvalé. Používají se při malé výšce vzdutí. *Prozatímní dřevěné jezy* mají malou životnost a jsou velmi propustné. Jejich výhodou je levnější pořizovací hodnota. Zřizují se zejména jako provizorní stavby. Provádí se jako pilotová stěna, která je zavázána do břehu po obou stranách a opatřena kamenným záhozem [4].

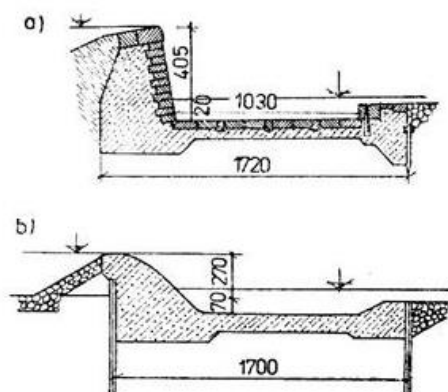
*Trvalé dřevěné jezy* jsou nejčastěji tvořeny z vodorovných trámů nebo fošen uložených do svislých sloupků. Tyto sloupky jsou zapuštěny a zaberaněny pod hradicí stěnu. Stavba je chráněna kamenným záhozem [4].

*Srubové dřevěné jezy* se zřizují na skalnatém základě, kde není možné zaberanit piloty. Skládají se ze srubových skříní, které jsou vyplněny kamenem. Nejpoužívanější dřevo je borovice nebo dub. Je to zejména proto, že tyto dřeviny nejlépe snáší střídaté provlhčení. Životnost takového jezu je 10 až 15 let [4].

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

*Kamenné jezy* stavíme z kamenitého záhozového materiálu. Jádru jezu je z jemnějšího kameniva, směrem k povrchu jezu je materiál hrubší frakce. Povrch jezu je zpevněn velkými kameny nebo dlažbou. U jezu chybí vývar, ten je nahrazen mírnějším sklonem vzdušního líce (1:2 až 1:5). Výška jezu bývá do 5m [4].

*Betonové jezy* rozlišujeme podle uspořádání a tvaru přelivné stěny na *pevné jezy se strmou přelivnou stěnou* a *pevné jezy se šikmou přelivnou stěnou*. Jezy se šikmou přelivnou stěnou odpovídají dnešním hydraulickým požadavkům, jezy se strmou přelivnou stěnou jsou staršího charakteru a dnes se považují již za zastaralé. Na obrázku 1 lze vidět a) jez se strmou přelivnou stěnou a b) jez se šikmou přelivnou stěnou [4].



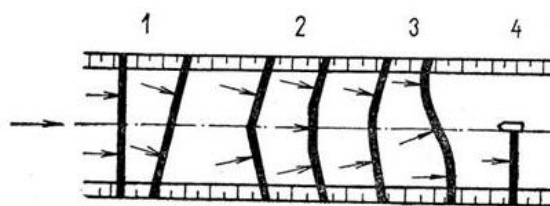
Obr. 1: Betonové jezy [4]

*Železobetonové jezy* jsou poměrně výhodné pro rychlou výstavu a úsporu stavebního materiálu. Nejjednodušším typem jsou tzv. Ambursenovy jezy, které mají šikmou tenkou hradící stěnu opřenou o pilíře. Budují se na nepropustném podloží [4].

### B. Podle půdorysného uspořádání

U tohoto způsobu rozdělení je směřodátná poloha osy vodního toku v půdorysném pohledu, viz obrázek s popisky níže [4].

- kolmé (1)
- lomené (2)
- zakřivené (3)
- částečné (4)



Obr. 2: Rozdělení jezů podle půdorysného tvaru [4]

### C. Podle přepadu

Jezy můžeme rozdělit na jezy s přepadem dokonalým či jezy s přepadem nedokonalým [4].

Zásadní rozdíl mezi jezem pevným a pohyblivým je skutečnost, že jez pevný je tvořen stabilní hradicí konstrukcí, s kterou nelze manipulovat. Z toho vyplývá, že výška vodní hladiny se mění s průtočným množstvím v toku. Stabilní konstrukce je vybudována z kamene, betonu, dřeva apod. Dle půdorysného tvaru bývají pevné jezy řešeny nejčastěji jako přímé, šikmé a zakřivené [1].

Pohyblivý jez je složen ze spodní části jezu, která je pevná a pohyblivých hradicích jezových uzávěrů různě konstrukčně řešených. Pohyblivé uzávěry umožňují regulovat výšku vzduťi vodní hladiny. Pomocí pohyblivé konstrukce tak může být reagováno na různé situace, ať už se jedná o průchod velkých vod nebo naopak období sucha.

Existují i jezy, které jsou tvořeny z více částí, přičemž jedna část tvoří pevný jez a zbylé části jsou pohyblivé [1], [2].

### **2.3 PEVNÝ JEZ**

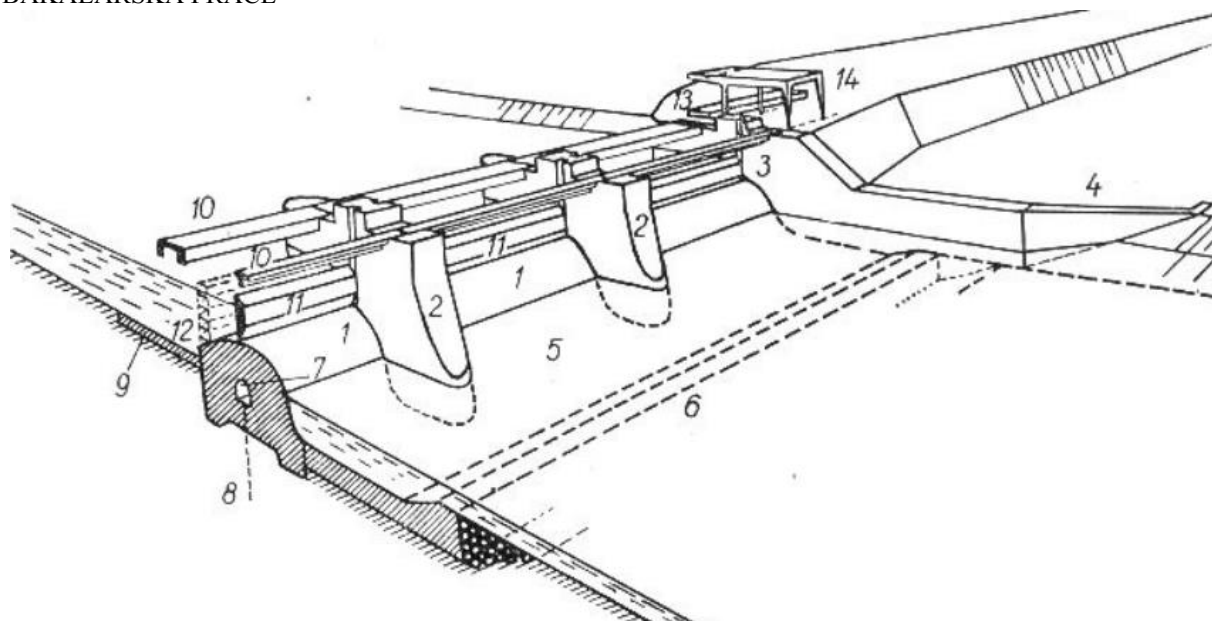
Jedná se o nejstarší jezovou konstrukci. V počátcích bylo jako materiálu nejčastěji využíváno dřeva. Životnost takových jezů však nebyla příliš velká a proto bylo od používání tohoto materiálu ve většině případů upuštěno. Výjimku tvoří srubové konstrukce jezů, které jsou doposud využívány v horských a lesnatých oblastech v korytech s balvanitým podložím. Voda, která přes takový jez teče, je většinou bystřinného charakteru. Samotná srubová konstrukce je kromě materiálu ze dřeva vyplněna kamenivem, aby docílila vhodného statického účinku. Kromě srubových konstrukcí je možné dřevo využít při výstavbě štětových stěn. Jez takového formátu se vytvoří zaražením dřevěných pilot do nepropustné zeminy. Přelivná hrana by měla být po celé své délce vodorovného rázu. Mezi štětovými stěnami je možno pro větší nepropustnost využít těsnící zeminu, která mezery mezi stěnami vyplní.

Po upuštění od výstavby pevných jezů ze dřeva, se začalo využívat materiálů jako je beton, kamenivo a železobeton. Přelivná část může být zpevněna kamennou dlažbou z opracovaného kamene. Obvodové plochy jezu mohou být zpevněny stejným způsobem.

Jak již však bylo řečeno výše, jezové konstrukce neumožňují manipulaci s vodou při různých průtocích, proto je od nich v současné době upuštěno na úkor pohyblivých jezových konstrukcí [1], [2].

### **2.4 POHYBLIVÝ JEZ**

Pohyblivé jezy můžeme rozdělit dle typu hradicí konstrukce na stavidlové, tabulové, segmentové, válcové, hydrostatické, sektorové, vakové a poklopové [1], [2]. Výhodou pohyblivých jezů je alespoň částečná možnost regulace polohy hladiny vody (především při zvýšených průtocích) a zmenšení nebezpečí zanášení zdrží splaveninami. Nevýhodou této konstrukce jsou poměrně vysoké investiční náklady, opotřebenování uzávěrů, zvýšená potřeba údržby a trvalá nebo alespoň občasná obsluha [1].

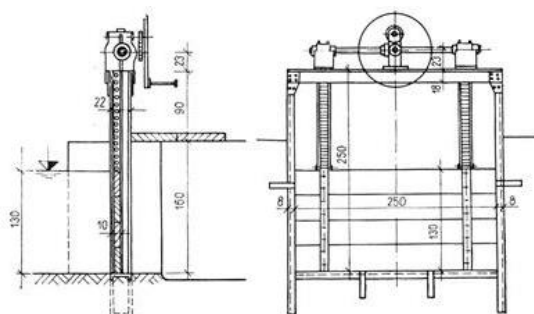


1. spodní stavba jezového prahu s přelivnou plochou, 2. střední pilíře, 3. břehové pilíře, 4. břehové křídlo, 5. vývar, 6. práh vývaru, 7. kontrolní štola, 8. injekční štola, 9. nepropustný koberec, 10. komunikační lávka, 12. provizorní hrazení, 13. skládka provizorních hrazení, 14. jeřáb

Obr. 3: Základní schéma pohyblivých jezů [1]

### Stavidlové

Charakteristickým znakem stavidlových jezů je hrací konstrukce, kterou tvoří stavidla. Se stavidlem může být manipulováno do různých poloh. Manipulace slouží pro korigování množství protékající vody. Tabule, s kterou je pohybováno, je osazena v drážkách, ve kterých se pohybuje po válečcích nebo podvozcích. Ovládání bývá mechanické. Pro větší výšky vzduť se používá dvou i více stavidlových tabulí nad sebou. Nejjednodušším řešením je stavidlová stěna s opěrnými betonovými pilíři, přičemž hladina je regulována výtokem jak pod tak nad stavidlem. Při větších vzdálenostech se použijí ocelové tabule vyztužené plnostěnnými nebo příhradovými nosníky [1], [2].



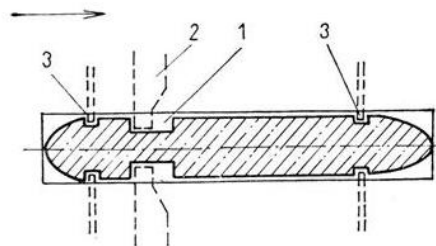
Obr. 4: Stavidlový jez [4]

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

*Tabulové*

Tabulový jez je konstrukce, jejíž hradící konstrukce je tabule. Tabule je tvořena řadou vodorovných nosníků. Nosníky jsou příhradové nebo tvořené z válcových profilů. Hradící stěna tabule je z ocelového plechu minimální tloušťky 10mm. Tabule se pohybují na válečkových podvozcích, pojíždějící po svislé kolejnici zakotvené v pilířové drážce. Tabule jsou zavěšeny na Gallových řetězech. Pilíře tabulových jezů bývají betonové, stěny jsou obloženy kamenivem. Šířka pilíře může dosahovat až 5m. K těsnění dosedacího práhu se používá dubový trámec nebo pryž [4].

Na obrázku níže je zobrazen pilíř tabulových jezů s drážkou pro tabuli (1), hradící tabulí (2) a drážkou pro provizorní hrazení (3).



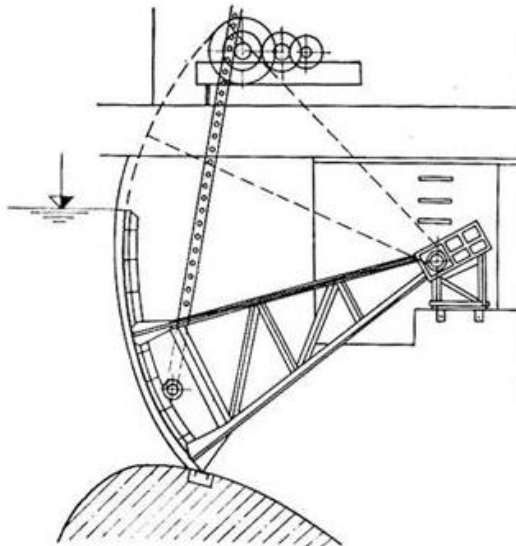
**Obr. 5: Pilíř tabulových jezů [4]**

Při větších výškách vzduť je možno použít dvoutabulové jezy. U takových jezů se buď obě tabule pohybují nezávisle na sobě po vlastních drahách, horní tabule se zasouvá za zvýšený štít dolní tabule nebo horní tabule má pouze horní vodorovný nosník a spodním koncem se opírá o návodní stěnu dolní tabule [4].

*Segmentové*

Pro zahrazení jezového pole je použito ocelových segmentů, ty se opírají o dvě ložiska osazená v pilířích jezové konstrukce a jsou ovládány hydraulickým nebo mechanickým systémem [1], [2]. Hradící konstrukce je tvořena nejčastěji částí válcové plochy. Zatížení se z hradící konstrukce přenáší do břehových pilířů. Při manipulaci se segment otáčí kolem vodorovné osy v místě čepů. Pro regulaci úrovně hladiny je využíváno buď takzvaných spustných segmentů nebo zdvižných segmentů. Spustné segmenty postupným spouštěním do spodní stavby mění úroveň přelivné hrany, přes kterou voda přepadá. V případě povodně lze celý segment zasunout do spodní stavby, tím zvýšíme průtočnou plochu. Zdvižné segmenty fungují na opačném principu. Voda proudí mezi spodní stavbou a spodní hranou segmentu. V případě povodně lze segment vysunout nad úroveň povodňové hladiny. Jejich výhodou je relativně malá hmotnost, nevýhoda je nutná větší délka pilířů [1].





Obr. 6: Zdvížený segmentový jez [4]

### *Vakové*

Hlavní konstrukce, která tvoří jez, je vak umístěný na pevné spodní stavbě jezu. Připevnění vaku je prováděno U-profil, zpravidla dvěma. Jeden je připevněn kotvami do spodní stavby, na něj je následně navařen upevňovací profil z korozivzdorné oceli a po přeložení pásu vaku se volný konec na upevňovací profil navleče. Na upevňovací profil se navleče druhý U-profil, který se přitáhne korozivzdornými maticemi. Upevnění vaku se k pevné spodní stavbě ukládá na rovinnou plochu, která je na návodní straně vyvýšena přibližně o 0,1 m. Návodní strana je vyvýšena zejména z toho důvodu, aby byl vak uchráněn před namáháním splaveninami a jinými předměty. Jako materiál pro výrobu vakové folie je používáno zejména gumotextilií, folií z umělých hmot nebo neoprenové tkaniny. Vzduť vaku je prováděno napuštěním přetlakovou vodou, která je vpuštěna přes tlakovou komoru potrubím umístěným v pevné spodní stavbě jezu do vaku. Dostatečný tlak v přetlakové komoře udržuje vztyčený vak, přetlak je vyvolán čerpadlem. V případě potřeby vypuštění vaku se použije vypouštěcího potrubí, které spojuje přetlakovou komoru s podjezím, na kterém je umístěn uzávěr. Vypouštění a napouštění vaku je řízeno obvykle v dnešní době automaticky pomocí plovákového spínače. Jakmile je v nadjezí dosaženo maximální výše hladiny, plovákový spínač zapne pohon uzávěru a začne vypouštět vodu z vaku do podjezí. Naopak pokud voda v nadjezí poklesne, plovákový spínač uvede do provozu čerpadlo, které zvýší tlak v přetlakové komoře a vak se tak začne napouštět [1], [2].

### *Hydrostatické*

Hydrostatické jezy používají k regulaci výšky hladiny vody hydrostatický uzávěr, který je vhodně přizpůsoben spodní stavbě jezu. Ten se zvedá přetlakem horní vody a sklápí se spojením tlačné komory s dolní vodou. Nejstarší konstrukcí hydrostatických jezů je jez poklopový, který se skládá z jednoho či více poklopů a spodní stavby jezu. Přední poklop jezu je rovinný a je upevněn v ložisku ve spodní jezové stavbě. Potřebný přetlak v tlakové komoře se získá přívodem vody z horní hladiny. Výhodou těchto jezů je jednoduchá obsluha, automatická regulace, menší spotřeba oceli a velmi nízké pilíře. Nevýhodou je jejich složitá

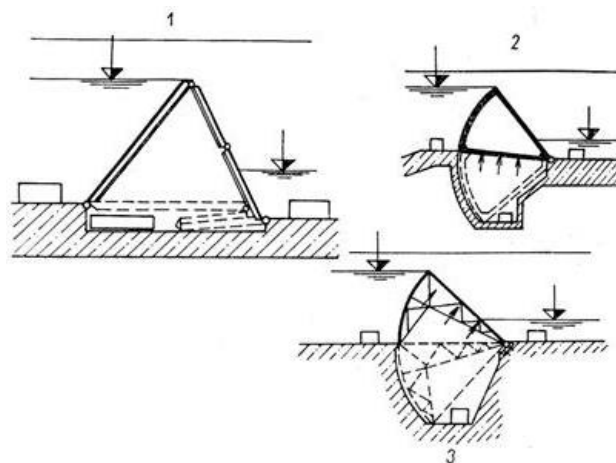
## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

spodní stavba a vysoké nároky na provedení a těsnění. Tyto jezy jsou považovány za velmi moderní. Nalezneme je na labské vodní cestě [1], [2].

*Sektorové*

Principiálně pracují podobně jako hydrostatické jezy. Sektorová ocelová hradicí konstrukce se při manipulaci zasouvá do spodní jezové stavby. Její pohyb v obou směrech závisí na tlaku vody v prostoru pod hradicí konstrukcí [1], [2].

Na obrázku 7 je zobrazen jez hydrostatický třípokloповý (1), hydrostatický segmentový (2) a sektorový (3).



**Obr. 7: Hydrostatické jezy [4]**

*Válcové*

Mezi základní charakteristiku těchto jezů považujeme hradicí konstrukci tvořenou válcovitým hradicím tělesem, které je osazeno v drážkách břehových pilířů. Při manipulaci se válec přesouvá v drážkách pilířů nahoru nebo dolů. Regulace úrovně hladiny je zajištěna pomocí spustných a zdvižných válců. Spouštěním spustných válců do spodní stavby se mění úroveň přelivné hrany, přes kterou voda přepadá. V případě povodně je možno zasunout celý válec do spodní stavby, tímto krokem vznikne hluboká spodní stavba. Zdvížené válce jsou charakteristické vysunováním nahoru. Voda proudí mezi spodní hranou válce a hranou spodní stavby. Za povodně je možné válec vytáhnout nad úroveň povodňové hladiny. Výhodou těchto jezů je použití pro velké světlosti polí. Za nevýhodu můžeme považovat velkou spotřebu oceli. V současnosti takový jez můžeme nalézt na VD Kolín na Labi, dnes se však již další takové jezy nenavrhují [1].

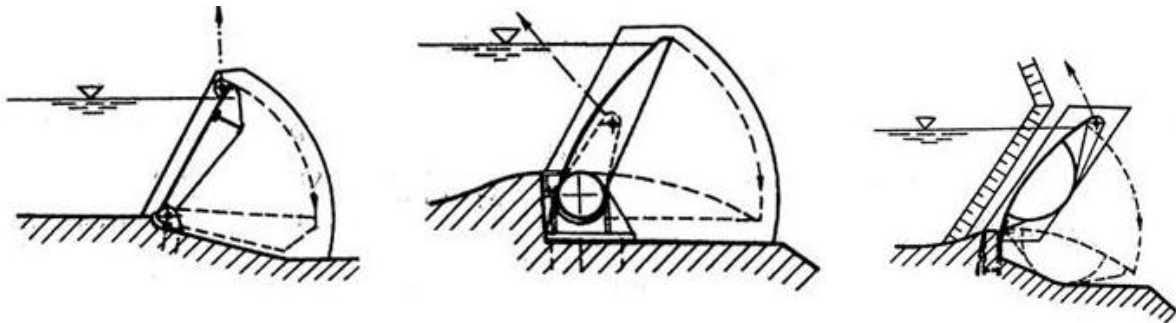
*Pokloповé*

Staly se dalším stupněm vývoje slupicových jezů. Hradicím tělesem byly namísto hradel v prvopočátku desky řazené vedle sebe jako hradla. Každá deska byla opatřena vzpěrou, která ji udržovala v šikmé poloze. V případě potřeby sklopení desky se vzpěra vysunula. Deska byla připojena kloubově k pevné spodní stavbě. Ve chvíli, kdy bylo potřeba desku vztyčit, využilo se pomocného mechanického zařízení (nejčastěji jeřábu) [4].

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

V současnosti je nejvíce využíváno pokloповých uzávěrů s poklopy otočnými kolem spodní hrany. Tyto poklopy jsou kloubově ukotveny k pevné spodní stavbě jezu. Poklop nazýváme klapkou neboli klapkovým jezovým uzávěrem [4].

Klapkové jezy prošly vývojem od deskové klapky přes troubovou klapku až na současnou dutou klapku [1].

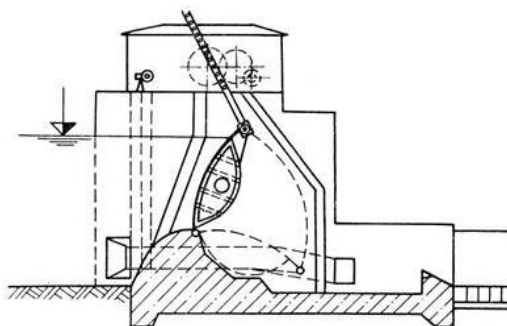


**Obr. 8: Druhy klapek: desková - troubová - dutá [1]**

Hladina vzduté vody se udržuje na stálé úrovni přepadem vody přes klapky sklopené na požadované úrovni. S vodou lze propouštět i plovoucí předměty unášené tokem, ledové kry i tříšť. Přepadový paprsek zatěžuje podjezí méně než u jiných jezových uzávěrů. Velkou výhodou klapkového uzávěru je, že zatížení od vodního tlaku a vlastní tíhy přenášejí z větší části přes ložiska do spodní stavby jezu rovnoměrně po celé délce a z ní dále do podloží, které je také rovnoměrně namáháno. Výhodou klapek je rovněž skutečnost, že jsou poměrně lehké konstrukce [1], [2].

Klapky nejsou vhodné pro návrh pohyblivého jezu do míst, kde se vyskytuje trvalý a značný chod splavenin, protože při velkých vodách mohou splaveniny zanést vývar a následně znemožnit manipulaci s klapkou. Klapkové uzávěry se hodí spíše pro neštěrkonosné toky [1].

Dutá klapka se vyznačuje tím, že se jedná o duté těleso, které má v příčném řezu čočkovitý tvar. Nejčastějším pohybovacím mechanismem klapky je cévová tyč, která má výhodu v tom, že lze nuceně sklopit i klapku, která je přimrzlá k pilířům. Nevýhodou takové tyče především u vysokých klapek je to, že může dojít k rozkmitání volného konce tyče, které se přenáší na pohybovací mechanismus a dále pak i na samotnou klapku. Cévovou tyč je tak možno nahradit Gallovým řetězem [1].



**Obr. 9: Dutá klapka s pohybovým mechanismem [4]**

## 2.5 HYDRAULIKA OBJEKTŮ – ZÁKLADNÍ VZTAHY

Základní rovnice, používaná pro výpočet přímého přepadu, je odvozena jako mezní případ ustáleného výtoku ideální kapaliny svislým otvorem. Pro výpočet přepadu přes dokonalý přepad můžeme použít Bazinovu rovnici [2]:

$$Q_{KAP} = m \cdot b_0 \cdot \sigma \cdot (2g)^{\frac{1}{2}} \cdot h_0^{\frac{3}{2}} \quad (2.5.1)$$

kde

- $Q_{KAP}$  kapacitní průtok jezu [ $m^3/s$ ]
- $m$  součinitel přepadu [-]

Tento součinitel je možné vypočítat pomocí vzorců dle Skaličky či dle Laca s kontrakcemi u břehu, břehové pilíře plavně vytvořené [3]. Tyto vzorce lze použít při různých limitech souvisejících s poměrem mezi přepadovou výškou při  $Q_N$  a výškou spodní stavby nad horním dnem. Více o výpočtu je uvedeno v kapitole 6.1.

- $b_0$  účinná šířka přelivu [m]

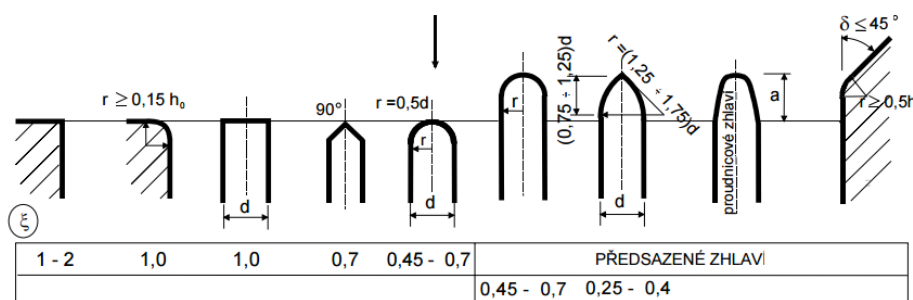
Pro tuto hodnotu je možno užít následujícího vzorce:

$$b_0 = b - 0,1 \cdot \xi \cdot n_k \cdot h \quad (2.5.2)$$

kde

- $b$  šířka přelivu [m]
- $\xi$  tvarový součinitel kontrakce [-]
- $n_k$  počet kontrakcí [-]
- $h$  energetická přepadová výška [m]

Účinná šířka přelivu ( $b_0$ ) je menší než šířka přelivu ( $b$ ). Šířka přelivu znázorňuje součet šířek jednotlivých polí jezu. Hodnota tvarového součinitele kontrakce ( $\xi$ ) určuje tvar pilíře/křídla. Obrázek 10 níže znázorňuje jednotlivé hodnoty v závislosti na tvaru pilíře či křídla [8]:



Obr. 10: Hodnoty tvarového součinitele pilířů [2]

- $\sigma$  součinitel zatopení

Hodnota tohoto součinitele závisí na tom, zda je přepad dokonalý či nedokonalý. V případě, že se jedná o dokonalý přepad, hodnota součinitele činí 1, pokud je přepad nedokonalý, hodnota je menší než 1.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Pro přesné určení hodnoty při nedokonalém zatopení slouží uvedená tabulka níže [3].  
 Přesnou hodnotu získáme interpolací.

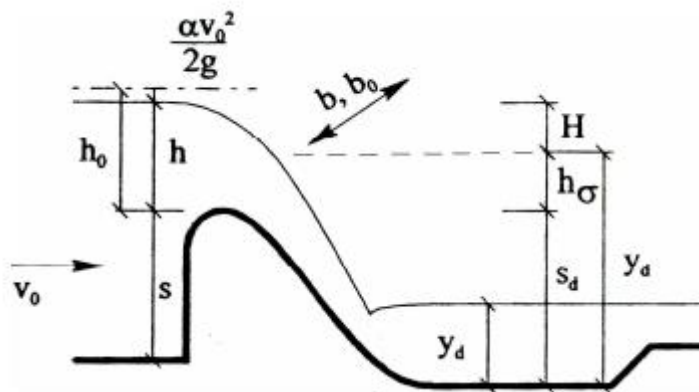
$h_z/h_0$	0,50	0,60	0,70	0,80	0,85	0,90
$\sigma_z$	1,00	0,99	0,98	0,96	0,91	0,79

Tabulka 1: Součinitel zatopení pro Jamborův práh [2]

Poměr  $h_z/h_0$  znamená poměr hloubky zatopení ( $h_z$ ) k přepadové a rychlostní výšce ( $h_0$ ).  
 $h_0 = k + h$

$$k = \frac{\alpha \cdot v_0^2}{2g} \tag{2.5.2}$$

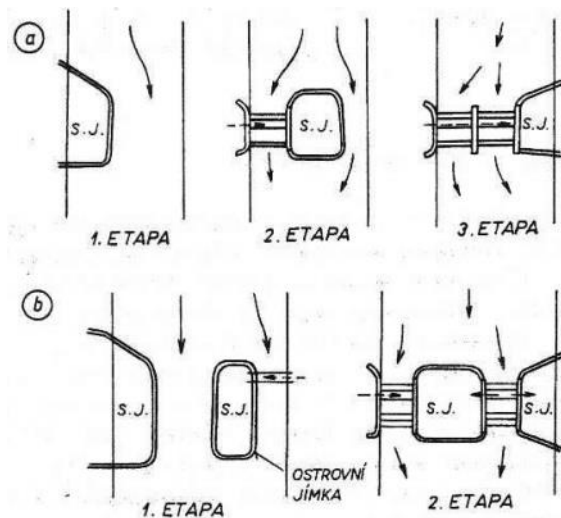
$g$  tíhové zrychlení [ $m/s^2$ ]



Obr. 11: Zaznačení základních rozměrů u jezu [2]

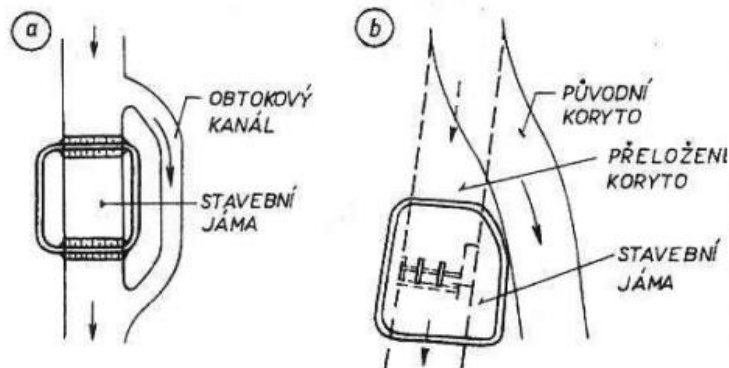
## 2.6 VÝSTAVBA JEZŮ

Ve většině případů probíhá výstavba při postupném zajímkování části průtočného profilu. Výstavba probíhá buď postupně od jednoho břehu k druhému (a) nebo přes ostrovní jímku (b), jak je znázorněno na obrázku 12 [1].



Obr. 12: Výstavba jezu [1]

Může nastat varianta, kdy výstavba jezu probíhá mimo původní koryto (b), jen výjimečně pak probíhá výstavba s dočasným přeložením koryta toku (a). Obě situace zobrazuje obrázek 13.



Obr. 13: Výstavba jezu se změnou toku [1]

V případě rekonstrukce jezu v Obřanech by byl zvolen postup výstavby pracovních jímek postupně od jednoho břehu k druhému.

## 2.7 DOPROVODNÉ STAVBY JEZOVÝCH OBEJKTŮ

Součástí jezové stavby jsou kromě vzdouvacích staveb často i další objekty, které umožňují využít stavbu k dalším požadovaným účelům.

Doprovodné stavby jezových objektů jsou:

- odběrné objekty
- plavební komora na splavných tocích
- vodní elektrárna
- šterková propust
- sportovní propust
- rybí přechod

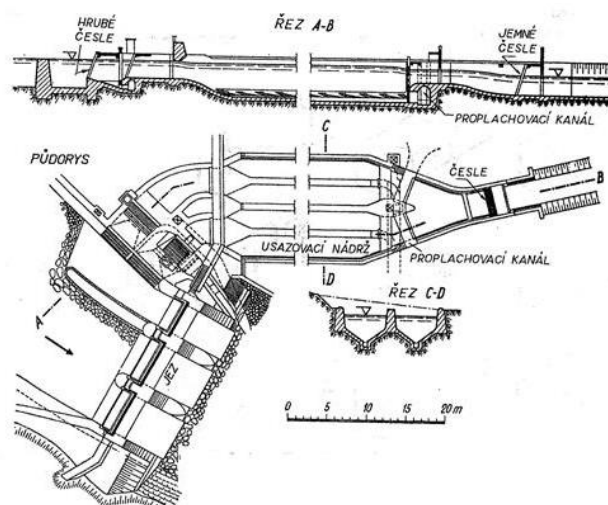
### 2.7.1 Odběrné objekty

Odběrné objekty by měly být hydraulicky vhodně řešeny (co nejmenší tlakové ztráty), měly by být umístěny tak, aby nebyly zanášeny splaveninami a tak, aby bylo zabráněno vniku plavenin do vtoku. Pokud nelze odběrný objekt umístit do lokalit, které nejsou splaveninami tak zatíženy, je možné doplnit konstrukci odběrného objektu o zařízení, která zajistí možnost případného čištění vtoku, jako je například vybudování prahu u dna vtoku do objektu, osazení česlí či norných stěn [4].

Musí se dbát na minimální požadovaný průtok toku. Regulace je možno provádět pomocí uzavěru či provizorního hrazení [4].

Odběrné objekty můžeme rozdělit na beztlakové, ve kterých hladina vody kolísá velmi málo a tlakové. U tlakových odběrných objektů je vtoková část ponořená pod hladinou v celém rozsahu kolísání hladin [4].

Voda je odebírána především pro účely zavlažování různých pozemků a ploch, pro výrobu elektrické energie, odlehčení hlavního toku při povodních či pro odebírání pitné nebo průmyslové vody [4].



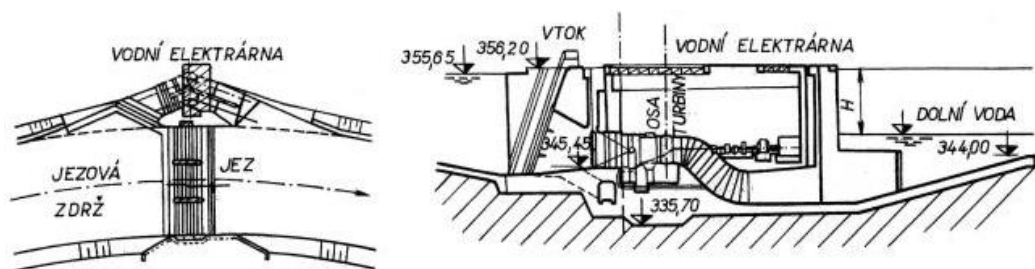
Obr. 14: Beztlakový odběrný objekt [4]

### 2.7.2 Plavební komora na splavných tocích

Plavební komora je základní stavební konstrukcí při splavňování toků. Umožňuje plavidlům a lodním sestavám překonávat rozdíl hladin v horních a dolních tocích, vzniklého jezovou konstrukcí. Komora má v horní i dolní části ovladatelné pohyblivé uzávěry – vrata, kterými se uzavírá plavební komora proti horní vodě. Následnou manipulací s uzavíráním a otevíráním vrat je umožněn pohyb plavidla ve svislém směru nahoru nebo dolů po toku [4].

### 2.7.3 Vodní elektrárna

Vodní elektrárny potřebují pro svoji správnou funkčnost dostatečný spád, ten může být zajištěn buď doplňkovým opatřením, jako je například prohrábka koryta toku pod vzdouvací stavbou nebo právě využití vzdouvací stavby jako je pevný nebo pohyblivý jez anebo přehrada [4].



Obr. 15: Vodní elektrárna při jezu [4]

Odběrné zařízení z jezové zdrže musí být umístěno tak, aby do přivaděče nevnikaly těžké i lehké splaveniny a aby odběr mohl být regulován či uzavřen. Otevřený odpad ze savek elektrárny je zaústěn do toku ve výši dna v nejhlubším místě. Zaústění musí být provedeno u konkávního břehu koryta, aby nedocházelo k jeho zanášení [4].

### 2.7.4 Štěrková a sportovní propust

Propust je část jezu umožňující volné protékání vody. Její přelivná hrana je umístěna níže než přelivná hrana zbylé části jezu a zpravidla má propust výrazně menší spád než samotný jez. Slouží buď k dopravním účelům či k regulaci vodní hladiny. V současné době jsou některé propusti na vodácký atraktivních řekách využívány ke sportovní plavbě na malých plavidlech [7].

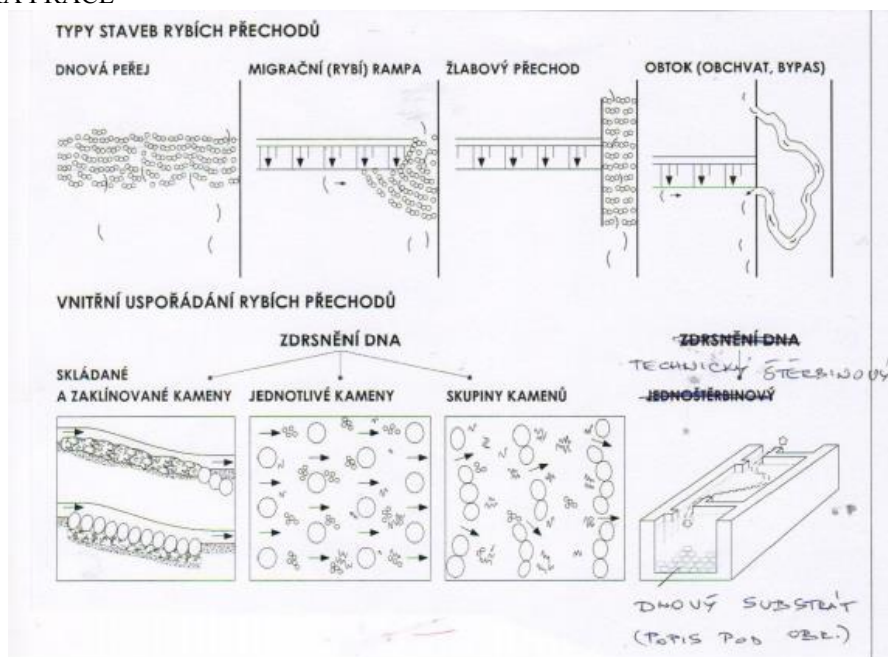
Štěrková propust slouží zejména pro převedení štěrkových náplavů a k možnosti snížení hladiny ve zdrži u pevných jezových konstrukcí [1].

### 2.7.5 Rybí přechod

Jezy znemožňují hlavně postup živočichů proti proudu. Rybí přechod je stavba umožňující rybám a jiným vodním živočichům libovolný přesun po toku. Tyto objekty jim zaručí snadnější pohyb v toku a překonání spádových objektů.

Dostatečná funkčnost rybích přechodů je značně závislá na správné dispozici, správném konstrukčním provedení, správném provozování a dostatečné údržbě. Spolehlivé rybí přechody vyžadují dostatek prostoru [7].





Obr. 16: Typy rybích přechodů [19]

Existují celkem čtyři rybí pásma, která jsou pojmenována podle druhu ryb, které se v daném pásmu vyskytují. Jedná se o *pstruhové pásmo* (vysokohorské toky a potoky), *lipanové pásmo* (tok, kde se spád a proudění zřetelně zmenšil), *parmové pásmo* (začátek výskytu kaprovitých ryb) a *cejnové pásmo* (vodní tok, který se již stal veletokem) [6].

## 2.8 ZKOUMANÉ POMĚRY

Impuls pro výstavbu, modernizaci, popřípadě rekonstrukci jezu vyplývá převážně z potřeby rozvoje vodních zdrojů, stabilizace vodního toku, ochrany před povodněmi či energetického nebo plavebního využití. Koncepční řešení stavby musí vycházet z přírodních podmínek místa, kde se má stavba realizovat a ze vztahu vodního díla k okolí. Při jeho návrhu je nutno brát v úvahu stavební podmínky dané lokality, proto je nezbytné podniknout příslušné průzkumy. Jedná se především o zjištění těchto poměrů:

- hydrologické a klimatické poměry
- geodetické poměry
- geologické, hydrogeologické a geotechnické poměry
- rozsah záplavového území
- požadavky na odběr a kvalita vody [4]

### 2.8.1 Hydrologické a klimatické poměry

Tyto poměry řeší charakteristiku povodňového režimu, údaje o splaveninovém a zimním režimu toku, teplotní změny, zatížení větrem, ledovými vlivy, sněhem a přivalovými dešti [4].

### 2.8.2 Geodetické poměry

Jsou nezbytným podkladem od prvních studií až po podrobné projektové řešení díla. Využívá se topografických a vodohospodářských map, v nichž jsou vyznačena jednotlivá povodí dílčích

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

toků. Systémy pro zaměření map jsou Balt po vyrovnání a Jadran, který byl užíván v historii. Jejich výškový rozdíl je 0,41m (jadranský systém je výše) [4], [6].

Geodetické práce provádějí specializovaní zeměměřiči [4].

### 2.8.3 *Geologické, hydrogeologické a geotechnické poměry*

*Geologické poměry* mají pro projektanta i stavitele velký význam s ohledem na bezprostřední interakci vodního díla s podložím. Geologický průzkum je zaměřen na poznání geologické stavby území v místě zakládání a výstavby díla. Řeší podmínky stability a bezpečnosti objektů, zaměřuje se rovněž na řešení dopadu zatopení území. Zajímá se také o režim podzemních vod v daném území [4].

Geologický průzkum můžeme rozdělit na předběžný a podrobný. Předběžný průzkum se opírá o geologické mapy a využívá orientačních sond. Cílem je co nejdříve dát projektantovi podklady o vhodnosti či nevhodnosti realizace jeho záměrů z hlediska vlastnosti podloží. Podrobný geologický průzkum se provádí pomocí vrtaných kopaných sond, používá průzkumných šachet a štol [4].

*Hydrogeologické poměry* popisují průsakový režim v podloží konstrukce a vliv vzduší vody, způsob napájení a odvodňování povrchových vod v bezprostředním okolí [4].

*Geotechnické poměry* zkoumají charakteristiku pevnosti a propustnosti hornin, jejich přetvárné vlastnosti apod. V zeminách se dále provádějí penetrační a vrtulové zkoušky pomocí vrtů, kterými je zkoumána soudržnost zeminy. Propustnost má velký vliv na ztráty vody průsakem a stabilitu díla (vztlakové účinky, sufózní jevy) [4].

### 2.8.4 *Záplavové území*

Záplavová území jsou podle § 66 zákona č. 254/2001 Sb. O vodách a o změně některých vodních zákonů (vodní zákon), administrativně určená území, která mohou být při výskytu přirozené povodně zaplavena vodou. Vymezení záplavových území pomůže předcházet a snižovat škody způsobené povodněmi [11].

Rozsah záplavových území je povinen stanovit na návrh správce vodního toku vodoprávní úřad. Ministerstvo životního prostředí podle podkladů správců vodních toků zajišťuje vedení dokumentace o stanovených záplavových územích na území České republiky a zabezpečuje jejich evidenci v informačním systému veřejné správy. Vedením této agendy je pověřen VÚV TGM. Na jejich internetové adrese je možno prohlížet záplavová území [12].

Budováním pohyblivých jezů je možné pomocí manipulace částečně ovlivňovat velikost rozlivů a do určité míry vodu zadržet v nadjezí. Jezy, zejména ty s pohyblivou konstrukcí, tak lze vhodně využít jako ochrana proti povodním [11].

### 2.8.5 *Odběr a kvalita vody*

Pokud se v lokalitě nachází objekt, který potřebuje odběr vody, je potřeba zajistit na toku hladinu stálého vzduší. Voda bývá k objektu většinou přiváděna napojením v podobě náhonu.

Kvalita vody se na území ČR sleduje pomocí státní sítě provozované ČHMÚ. Naměřené hodnoty vybraných ukazatelů ve vodě vyhodnocuje VÚV TGM. Vyhodnocení je prováděno dle ČSN 75 7221 Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod. Třídy jakosti vody pro povrchové vody tekoucí se dělí do 5 tříd, přičemž třída I je neznečištěná voda a třída V je voda silně znečištěná [12].

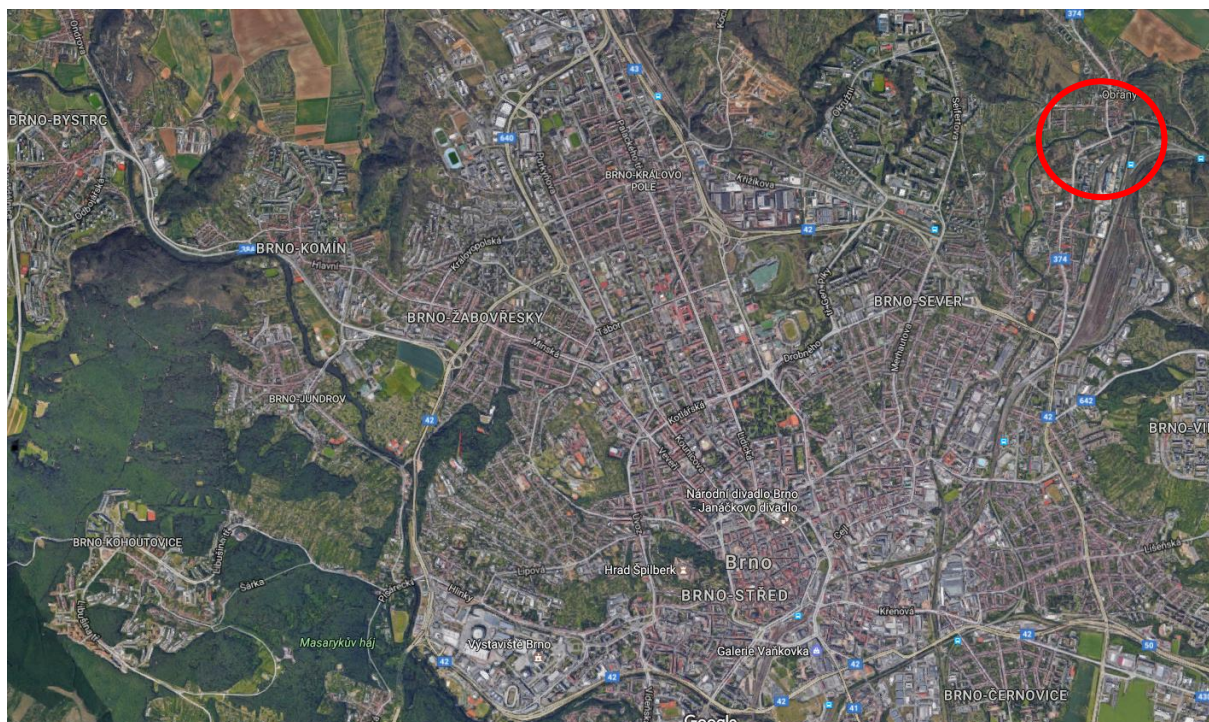
### 3 VSTUPNÍ ÚDAJE

#### 3.1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název toku:	Svitava
Říční kilometr:	10,950
Katastrální území:	Brno - Obřany
Kraj:	Jihomoravský
Správce:	povodí Moravy s. p.; Dřevařská 11, Brno
Číslo vodohospodářské mapy:	24 - 32

#### 3.2 ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ

Území se nachází v Jihomoravském kraji v katastru města Brna, přesněji v městské části Brno – Obřany. Město Brno leží na jihovýchodě České republiky na soutoku řek Svatky a Svitavy. Délka toku Svitavy, na kterém je lokalizováno zájmové území, činí ve městě Brně přibližně 13 km. Katastrální výměra Brna činí 230,22 km<sup>2</sup>. Samotná městská čtvrť Brno – Obřany má rozlohu 5,28 km<sup>2</sup> [6]. Zájmové území je situováno mezi Obřanským silničním mostem a železničním mostem. V blízkosti se rovněž nachází ostrůvek se starou textilní továrnou. Součástí továrny je také vodní elektrárna o výkonu 100 kW [16].

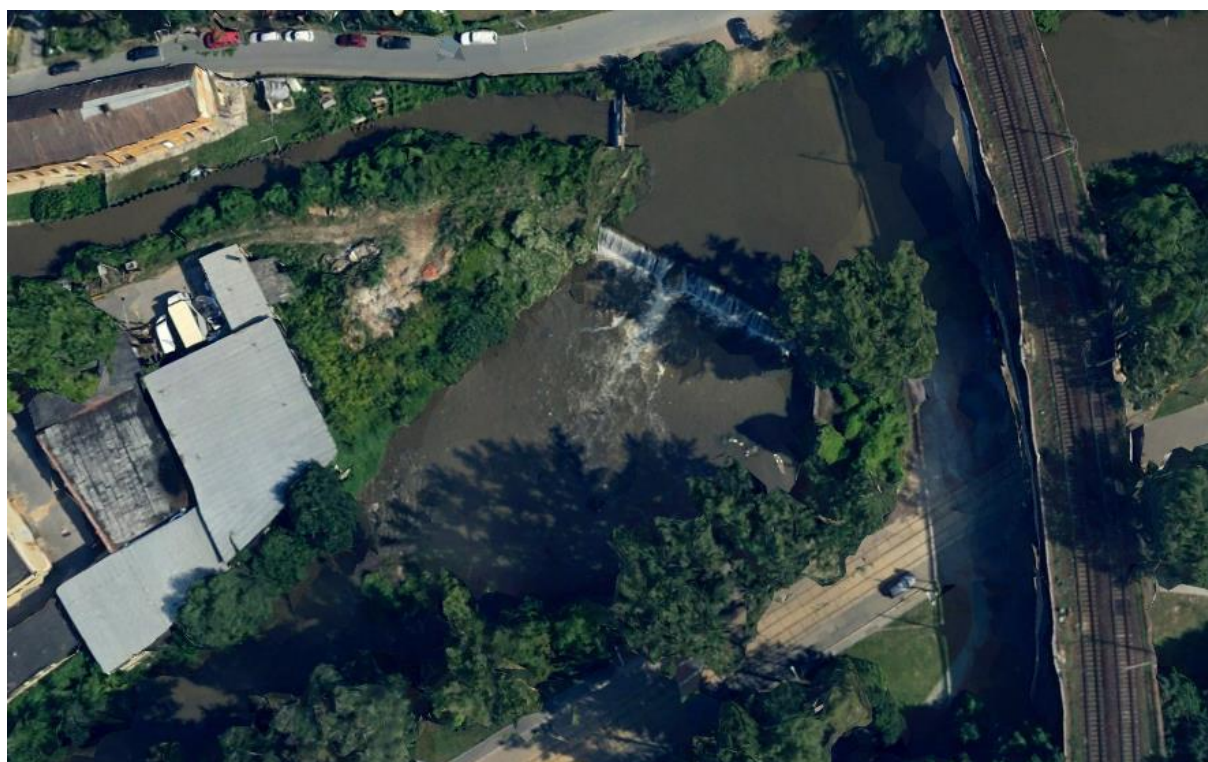


Obr. 17: Upřesnění lokality městské části Brno – Obřany [15]

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



Obr. 18: Zájmové území [15]



Obr. 19: Detailnější záběr jezu [15]



Obr. 20: 3D pohled na jez [15]

### 3.3 *HYDROLOGICKÉ POMĚRY*

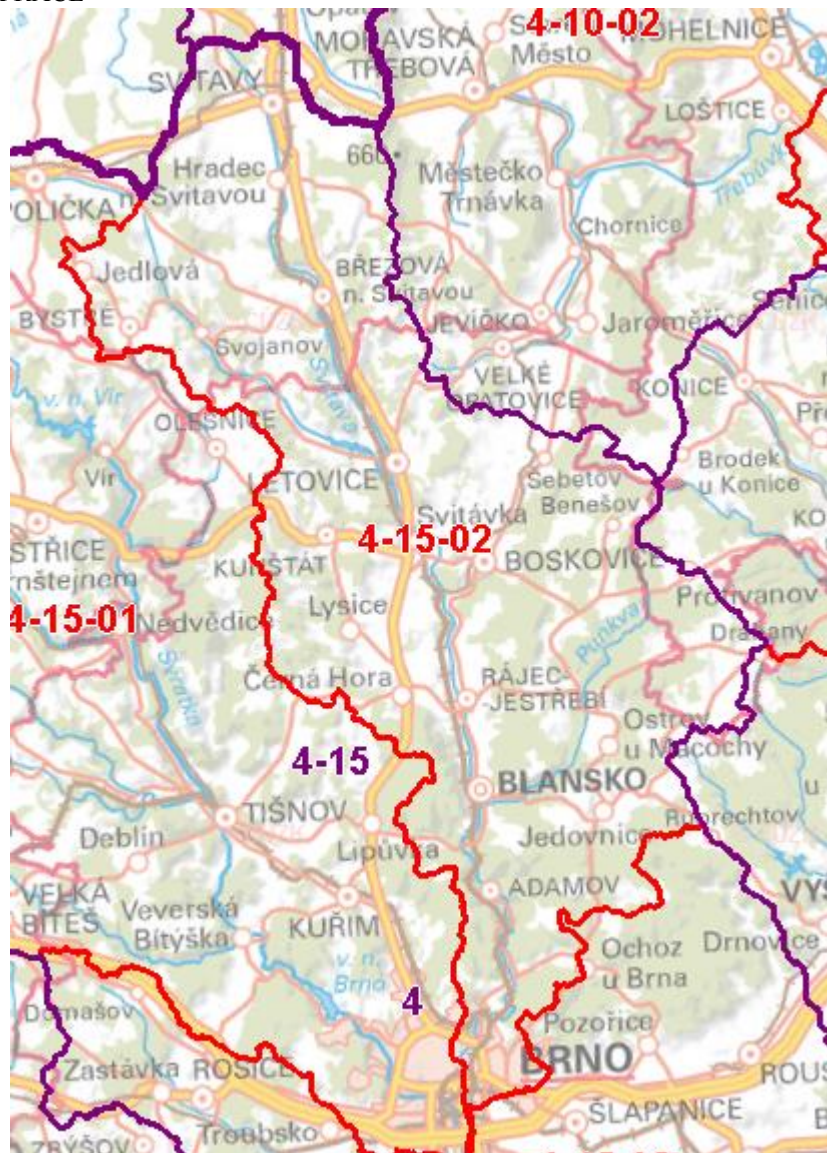
Řeka Svitava pramení severozápadně od Svitav ve Svitavské pahorkatině na hranici rozvodí Černého a Severního moře v nadmořské výšce 472 m n. m. Vytváří se z několika pramenů v tzv. pramenné oblasti této řeky. Nejvýznamnější prameny jsou Javornický (mezi obcemi Javorník a Kukle) a Lačnovský. Protéká okresy Svitavy v Pardubickém kraji a Blansko, Brno-město, Brno-venkov v Jihomoravském kraji. K významným přítokům patří Křetínka (zprava, říční km 66,4), Bělá (zleva, říční km 49,5), Křtinský potok a Punkva (zleva, říční km 32,9). Údolí Svitavy je velmi hustě osídleno – na řece leží města Svitavy, Hradec nad Svitavou, Březová nad Svitavou, Letovice, Svitávka, Skalice nad Svitavou, Blansko, Adamov, Bílovice nad Svitavou a Brno. Po trase dlouhé 98,39 km řeka v Brně ústí zleva do Svatky ve výšce 191 m n. m. [4]. Mezi největší vodní nádrže v povodí patří vodní nádrž Letovice (97,80 ha) a vodní nádrž Boskovice (50,97 ha), které však nemají významnější vliv na povodňové průtoky [14]. Z vodáckého pohledu je řeka za vyššího stavu vody sjízdná prakticky po celé délce toku. V horní části do Letovic se na toku vyskytuje však mnoho špatně přenositelných jezů, řeka je zde místy zarostlá a meandruje v úzkém korytě. Na středním toku se nejvíce využívá úsek ze Skalice do Rájce a dolní části od Blanska. Okolí řeky v horním úseku se může charakterizovat zejména širokými kotlinami lesnatého údolí, případně loukami. Dolní úsek toku protéká údolními, postupně řeka teče do obydlené krajiny. [18]

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Průměrný dlouhodobý úhrn srážek činí pro oblast povodí Dyje 590 mm. V dlouhodobém průměru je srážkově nejbohatší měsíc červen s úhrnem srážek 77 mm, následují měsíce květen a červenec se shodným úhrnem 70 mm. Na srážky nejchudší jsou měsíce únor a březen s dlouhodobým úhrnem srážek 33 mm. Jen nepatrně lepší je říjen, kdy obsahuje průměrných 36 mm [11].

Níže jsou uvedeny důležité údaje o povodí řeky Svitavy:

celková plocha povodí	1116,56 km <sup>2</sup>
specifický odtok	4,5 l/s/km <sup>2</sup>
průměrný roční průtok řeky	5,22 m <sup>3</sup> /s
průměrný roční úhrn srážek povodí	649 mm
průměrná roční teplota vody	8,2 °C
minimální roční teplota vody	7,2 °C
maximální roční teplota vody	9,2 °C
maximální dosud zjištěná teplota vody	24,3 °C (rok 1957) [8]



**Obr. 21: Hydrologické povodí řeky Svitavy (4-15-02) [10]**

Pro monitoring aktuální situace na toku je možné využívat tři hlásných profilů, které se vyskytují v Rozhraní (říční km 69,60), Letovicích (říční km 59,40) a Bílovicích nad Svitavou (říční km 15,50) [1]. Hodnoty návrhových průtoků budou porovnávány a následně vybrány z dat stanice v Bílovicích nad Svitavou, jelikož se nachází k zájmovému území nejbližší a dat z Manipulačního řádu jezu v Obřanech (viz kapitola 5.5.1).

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Bílovice vodočet						1970 [21]					
Q <sub>m</sub> - m-denní průtoky [m <sup>3</sup> /s]						Q <sub>N</sub> - N-leté průtoky [m <sup>3</sup> /s]					
30	90	180	270	355	364	1	5	10	20	50	100
10,5	5,32	3,44	2,33	1,44	1,03	39	85	105	126	156	179

Manipulační řád jez Obrány						2005 [8]					
Q <sub>m</sub> - m-denní průtoky [m <sup>3</sup> /s]						Q <sub>N</sub> - N-leté průtoky [m <sup>3</sup> /s]					
30	90	180	270	355	364	1	5	10	20	50	100
11	5,64	3,6	2,5	1,52	1,3	37	78	99	122	153	170

Bílovice vodočet						2017 [10]					
Q <sub>N</sub> - N-leté průtoky [m <sup>3</sup> /s]											
1	5	10	20	50	100						
37	78	99	122	153	179						

Tabulka 2: Hodnoty průtoků na řece Svitavě [8], [10], [21]

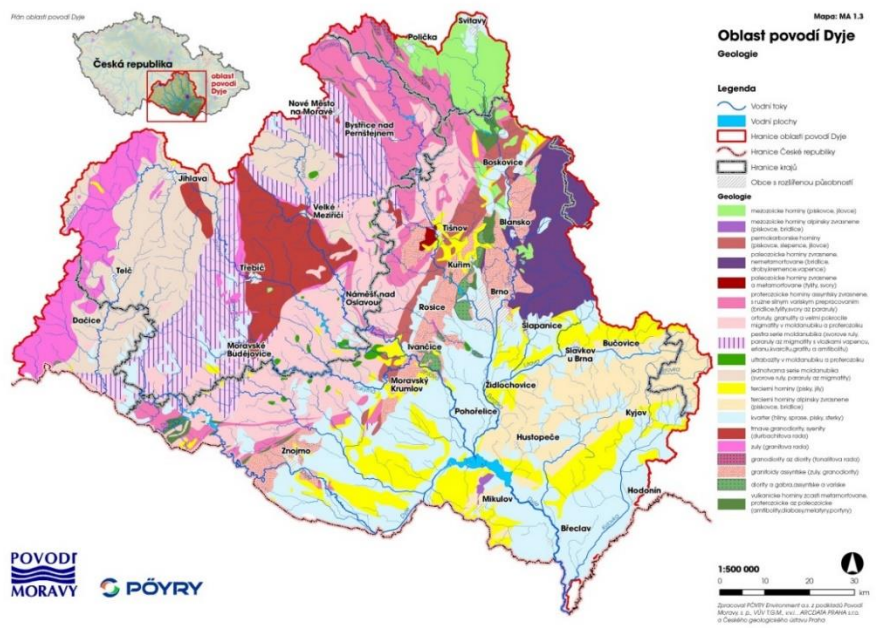
### 3.4 KLIMATICKÉ A GEOLOGICKÉ POMĚRY

Řeka Svitava leží po celé své délce v mírném evropském pásmu. Klimatické poměry se v této lokalitě nijak nevymykají od obvyklých hodnot v mírném pásmu. Působí zde kombinace vlivů kontinentálního a ve výjimečných situacích i oceánského podnebí [11].

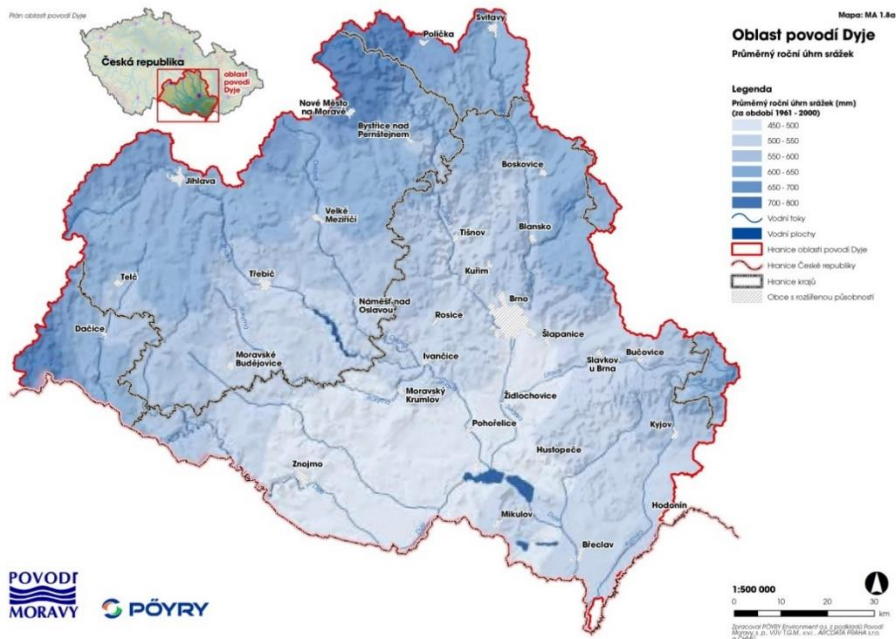
Průměrná dlouhodobá roční teplota vzduchu v oblasti povodí Dyje je 7,8°C, nejchladnějším měsícem je leden, s průměrnou dlouhodobou teplotou vzduchu -2,8°C, nejteplejším měsícem je červenec, s průměrnou dlouhodobou teplotou vzduchu 17,5°C [11].

Z geologického hlediska území povodí Dyje zasahuje do obou základních geologických jednotek ČR – Českého masivu, který zaujímá západní, severní a střední část, i Vnějších Západních Karpat na jihovýchodě území. V zájmové lokalitě se vyskytují granitoidy assyntské (žuly, granodiority) a kvartér (hlíny, spraše, písky, štěrky). Z hlediska ložiskové geologie jsou v zájmové lokalitě hospodářsky významné akumulace vápenců a cementářských surovin (okolí Brna, Mokré, aj.), uranu (Rožná), železa (Županovice), černého uhlí (Rosice) a kaolínu (Únanov). Kvartérní a terciérní sedimenty poskytují místy cihlářské suroviny, slévárenské písky (Blansko, Kunštát, Boskovice) a stavební suroviny [11].





Obr. 22: Mapa geologie povodí Dyje [11]



Obr. 23: Mapa ročního úhrnu srážek v povodí Dyje [11]

### 3.5 GEOMORFOLOGICKÉ POMĚRY

Oblast povodí Dyje na území ČR leží na rozhraní systémů Hercynského a Alpsko-Himalájského. Do oblasti povodí zasahují dvě provincie – Česká vysočina (Český masiv) a

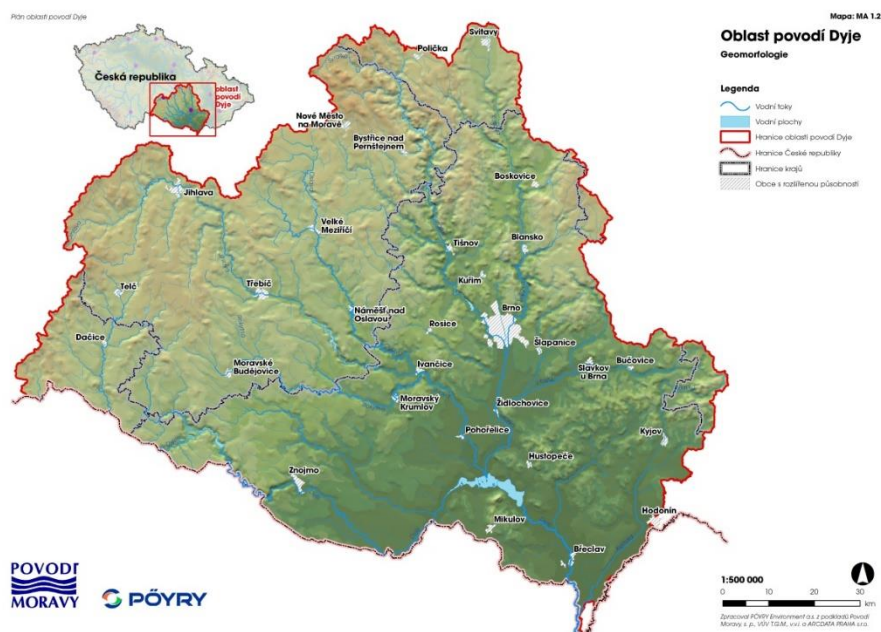
## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Západní Karpaty, které ve směru JZ-SV rozdělují území povodí na dvě zhruba stejně velké části [11].

Reliéf oblasti povodí Dyje je vzhledem k zastoupení jednotlivých provincií poměrně různorodý a pestrý. Základním rysem reliéfu je rozdíl mezi starší Českou vysočinou na západě a mladým pásemmým pohořím Karpat na východě [11].

Nejvyšším bodem v povodí je Javořice (837 m n. m.) na západní hranici povodí. Nejnižším bodem je soutok Dyje s Moravou na hranicích území ČR (150 m n. m.) [11].

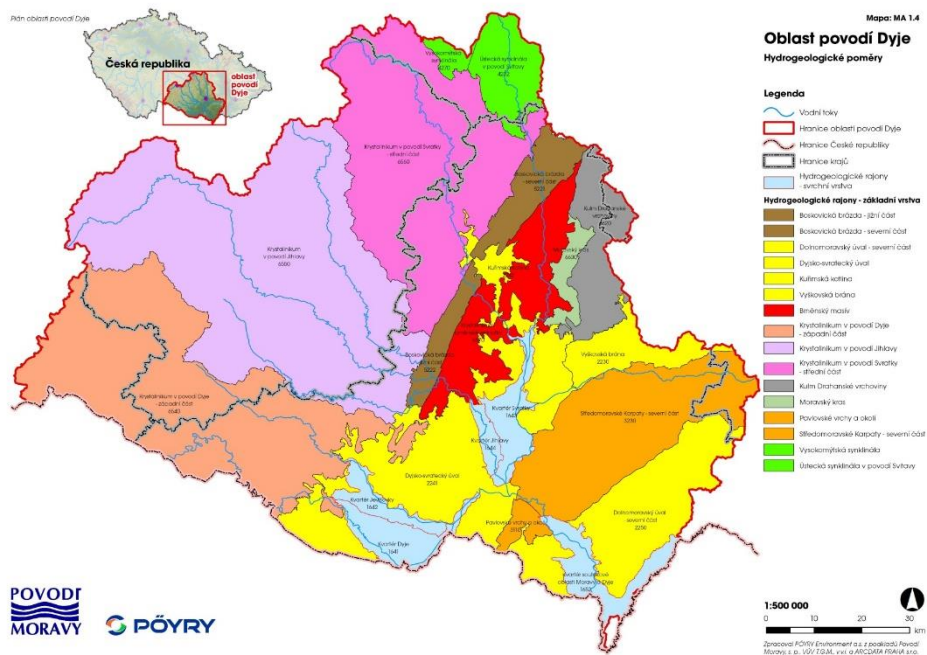
Samotné město Brno je ze tří stran chráněno kopci Brněnské vrchoviny a od jihozápadu pak začínají nížiny Dyjsko-svrateckého úvalu. Nadmořská výška města se pohybuje mezi 190 a 425 m n. m [7].



Obr. 24: Mapa geomorfologie povodí Dyje [11]

### 3.6 HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Většina území oblasti povodí Dyje náleží k oblastem chudým na podzemní vody. Oblast Českomoravské vrchoviny je převážně tvořena krystalickými horninami, které jsou pro vytvoření zásob podzemní vody krajně nepříznivé. Roční úhrny srážek v této oblasti přesahují 700 mm jen ve vrcholových částech. Oběh podzemních vod je velmi mělký, vázaný na nepříliš hlubokou puklinovou zónu, zvětralinový plášť a sutě [11].



Obr. 25: Mapa hydrogeologie povodí Dyje [11]

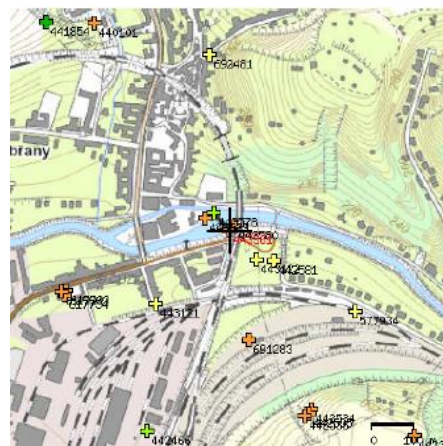
Přímo v zájmovém území se vyskytuje několik vrtů, přičemž pro studii podloží byly zvoleny dva svislé vrty pod názvy J-1 a J-4. Tyto vrty se nacházejí v bezprostředním okolí jezu v Obřanech, jak dokládají obrázky 26 a 27. Vrty slouží k orientačnímu určení geomorfologických poměrů. Profily vrtů jsou následující [13]:

Vrt J-1:	0 – 0,1 m	kvartér – písek hlinitý
	0,1 - 0,5 m	kvartér – navážka slabě hlinitý písčité
	0,5 – 1,4 m	kvartér – štěrk v ostrohranných úlomcích
	1,4 – 2,1 m	kvartér – hlína tuhá hnědá
	2,1 – 3,4 m	kvartér – hlína měkká hnědá
	3,4 – 4,3 m	kvartér – hlína měkká písčité
	4,3 – 12 m	kvartér – písek hlinitý ulehlý



**Obr. 26: Lokalizace vrtu J-1 v mapě [13]**

Vrt J-4:	0 – 0,5 m	kvartér – navážka hlinitý písčité
	0,5 – 2,9 m	kvartér – navážka hlinitý pevný kamenitý
	2,9 – 4,4 m	kvartér – hlína tuhá hnědá
	4,4 – 6,8 m	kvartér – štěrk hlinitý písčité
	6,8 – 7 m	proterozoikum – písek jílovitý



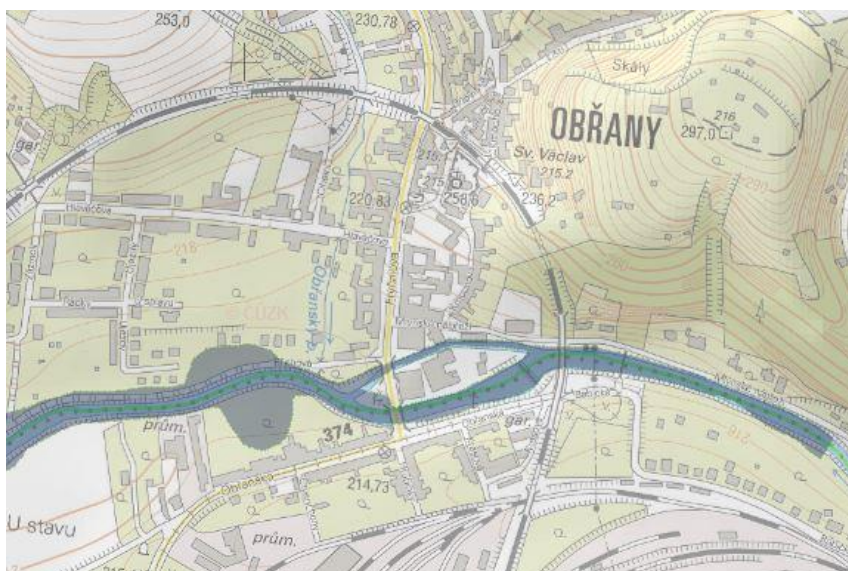
**Obr. 27: Lokalizace vrtu J-4 v mapě [13]**

### 3.7 ZÁPLAVOVÉ ÚZEMÍ

Pro určení rozsahu záplavového území v zájmové lokalitě byl využit portál CDS na webových stránkách ČHMÚ [9].

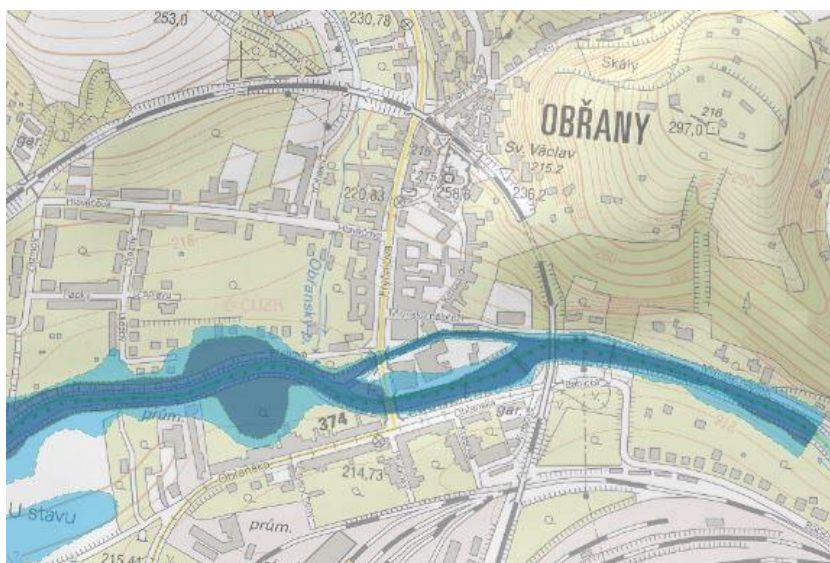
Níže jsou přiloženy obrázky dokládající rozsah zaplaveného území v zájmové lokalitě při úrovních hladiny průtoků  $Q_5$ ,  $Q_{20}$ ,  $Q_{100}$ .

Při úrovni hladiny vody pětiletého průtoku nedochází v zájmovém území k většímu rozlivu vody, jak dokládá obrázek 28.



Obr. 28: Zaplavené území při  $Q_5$  [10]

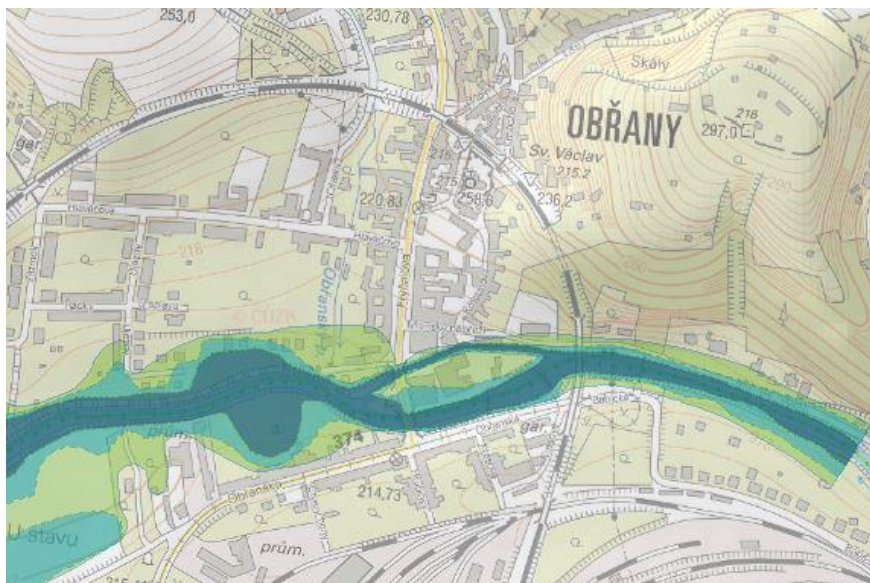
Při úrovni hladiny vody dvacetiletého průtoku dochází v zájmovém území k většímu rozlivu v podjezí asi 200m za jezem, kde do toku přitéká náhon z přílehlé MVE. Hladina zaplavuje i zastavěné území. Bezprostředně za jezem k většímu rozlivu nedochází zejména díky sklonu svahů, viz obrázek 29. Zahrádkářská oblast na levé straně toku by byla téměř celá pod vodou.



Obr. 29: Zaplavené území při  $Q_{20}$  [10]

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Při úrovni hladiny stoletého průtoku dochází v zájmovém území k rozlivu vody po celém ostrůvku s MVE, který se nachází na pravé straně toku. Na soutoku s MVE a toku Svitavy však již dochází k výraznějšímu zaplavení přilehlých ploch včetně zahrádkářské kolonie a zástavby.



Obr. 30: Zaplavené území při  $Q_{100}$  [10]

Stávající stupeň ochrany zájmového území je přibližně na úrovni  $Q_{20}$ , kdy dochází k výraznějšímu rozlivu pouze na zahrádkářskou kolonii, ale zástavba zůstává téměř nezasázena. Dochází jen k lokálním škodám. Vyšší průtoky mohou způsobit větší škody na majetku. Rekonstrukcí pevného jezu v Obřanech by mohlo dojít ke zvýšení stupně protipovodňové ochrany.

### 3.8 POŽADAVKY NA ODBĚR A KVALITA VODY

Na pravém břehu řeky před jezem se nachází náhon do MVE soukromého vlastnictví. Obsluhu a provoz vtokového objektu do náhonu zajišťuje vlastník malé vodní elektrárny dle manipulačního řádu [8].

Kvalita vody v zájmovém území spadá dle hodnocení ČSN 75 7221 Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod do III. třídy znečištění – *znečištěné vody* [11].

### 3.9 BEZPEČNOSTNÍ OPATŘENÍ JEZU

Vodní dílo Jez Obřany nemá samostatný povodňový plán, veškeré předpisy a povinnosti pro ochranu před povodněmi jsou uvedeny v manipulačním řádu [8].

Vodní dílo Jez Obřany není napojena na předpovědní a hláskou službu. Stupně povodňové aktivity stanovené v manipulačním řádu ukládají obsluze jezu za normálního provozu na jezu povinnost provést na jezu předepsané manipulace a o povodňovém nebezpečí informovat Magistrát města Brna. Obsluha jezu za povodní sleduje vodní stavy, zapisuje a označuje úroveň dosažené hladiny v četnosti dle dosažených stupňů povodňové aktivity, označí nejvyšší dosaženou hladinu a informuje Magistrát města Brna a jeho povodňovou komisi o průtoku 45-49  $m^3/s$ , kdy se v případě očekávání větších povodní nástavky na jezu musí vyhradit. Magistrát

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

města Brna a jeho povodňová komise by měla být rovněž informována o situaci, kdy je na jezu dosaženo maximální hladiny a mohlo by docházet k rozlivům [8].

### 3.9.1 Povinnosti obsluhy jezu

V zimním období sleduje vývoj ledových jevů. Řídí se příkazy příslušných povodňových orgánů. Zajišťuje varovnou službu při nebezpečí povodně způsobené umělými vlivy (poruchy hradicí konstrukce a podobně). Zúčastňuje se dle nařízení vedoucího nutných povodňových zabezpečovacích prací na vodním díle. Zajišťuje předepsané, operativní nebo mimořádné manipulace dle manipulačního řádu nebo dle nařízení povodňových orgánů, podle situace a znalosti poměrů na vodním díle. Zajišťuje a zodpovídá za evidenční a dokumentační práce o povodni na vodním díle a jeho okolí, tj. zaznamenává do provozního deníku podrobně průběh povodně dle všech předepsaných měření, i nad rámec předpisů. Provádí veškeré mimořádné manipulace. Hlásí kulminace povodně, označuje maximální dosažené stavy v terénu. Zajišťuje prohlídku vodního díla. Eviduje vzniklé povodňové škody a informuje o nich vlastníka díla. Zodpovídá za předání zprávy ze záznamů o dokumentaci povodně. Zajišťuje dokumentační práce po povodni, které nebylo možno provádět v průběhu povodně, zejména označení nejvyšší dosažených hladin, vyhodnocení rozlivů apod. [8].

### 3.9.2 Povodňová aktivita

Vznik povodňové aktivity na jezu je stanoven ve vztahu na průtoky ve vodoměrné stanici Svitava – Bílovice nad Svitavou:

- I. Stupeň povodňové aktivity** nastává při stavu v Bílovicích 200 cm ( $27,6 \text{ m}^3/\text{s}$ ), na jezu je stav na vodočetné lati 137 cm, nástavky jsou zahrazeny, přepadový paprsek je tloušťky 53 cm.
- II. Stupeň povodňové aktivity** je vyhlášen při stavu v Bílovicích 270 cm ( $49,8 \text{ m}^3/\text{s}$ ), na jezu se sleduje stav 156-160 cm, kdy se rozhoduje o vyhrazení nástavků.
- III. Stupeň povodňové aktivity** je vyhlášen při stavu v Bílovicích 350 cm ( $79,3 \text{ m}^3/\text{s}$ ), u jezu je stav na vodočetné lati – pokud budou nástavky vyhrazeny 111 cm, pokud nástavky vyhrazeny nebudou 190 cm.[8]

Vodočetná lat' u jezu je osazena na pravém břehovém pilíři. 0 vodočtu je na kótě přepadové hrany pevného jezu 211,61 m n. m.

Kontrolu jezu a odečítání vodních stavů zajišťuje obsluha jezu s četností:

- I. Stupeň PA 1x denně
- II. Stupeň PA 2x denně
- III. Stupeň PA po 6 hodinách [8].

### 3.9.3 Zámrzové poměry

Vznik ledových bariér je nebezpečný z toho důvodu, že může dojít ke značnému zvýšení vzduť vlivem zatarasení větší části průtočného profilu ledovou kaší nebo ledovou tříští přinášenou z horní části toku. Ledová tříšť podplave pod ledovou celinu, přimrzne na ni, a zatarasí větší

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

část průtočného profilu. Následně může dojít k rozlívání vody z břehů, přelévání hrází. Ledové kry mohou poškozovat břehové opevnění nad jezem [11].

V případě průchodu ledu se na jezu nemanipuluje. Ledy se nechají přepadat přes jez do toku. Pokud by k odchodu ledů došlo za menších průtoků, přepadají ledy přes nástavky, za vyšších průtoků jsou nástavky vyhrazeny. Pokud se vytvoří v zimním období ve zdrži ledová celina, platí zásada, že pokud to poměry připustí, nechá se led roztát ve zdrži. Vytvoří-li se ledové bariéry v toku nad jezem, pod jezem nebo ve zdrži, obsluha jezu se zásadně řídí dle pokynů vodoprávního úřadu (povodňového orgánu) [8].

V případě nutnosti uvolnění ledových bariér (odštělem, pomocí mechanizace) rozhoduje Povodňová komise [8].



## 4 STÁVAJÍCÍ STAV

Tato kapitola je věnována popisu současného stavu koryta řeky Svitavy a objektů, které se v blízkosti obřanského jezu nacházejí.

### 4.1 STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE PEVNÉHO JEZU

Jez Obrány je situován na řece Svitavě v km 10,950. Stávající pevný jez jednak vzdouvá vodu pro zajištění výroby elektrické energie přílehlé MVE, dále také plní funkci stabilizačního stupně [11].

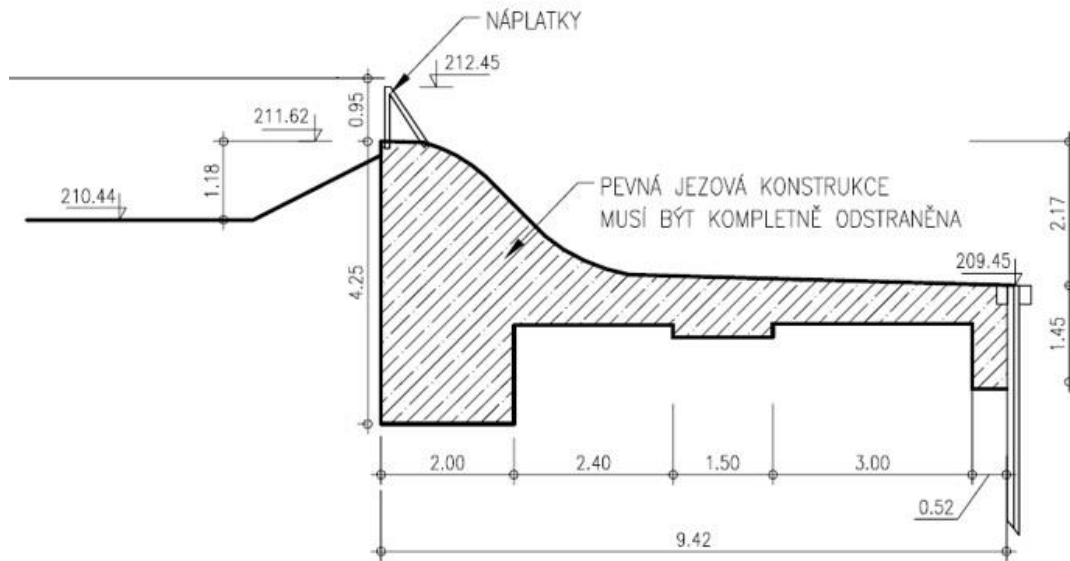
Jez je pevný betonový s vyhraditelnými dřevěnými nástavky. Jezové těleso tvoří betonový blok s proudnicovou přelivnou plochou šířky 4,40 m, v podjezí přechází spádově jezu do betonového bloku vývaru – ve dně délky 5,30 m, tloušťky 0,5 – 0,6 m. Celková šířka betonového tělesa jezu ve směru toku je 9,50 m. Práh jezu je stabilizován štetovou stěnou z dřevěné kulatiny. Práh má kótu 209,41 m n. m. Přestože v níže přiloženém obrázku číslo 31 zobrazujícího řez současného stavu pevného jezu je práh označen výškovou kótou 209,45 m n. m., v textu manipulačního řádu i přiložené tabulce 3 je uvedena hodnota 209,41 m n. m., ta je také brána jako rozhodující hodnota, se kterou se bude uvažovat, viz kapitola 5.4) [11].

Na koruně jezu jsou připevněné vzpěry pro dřevěné nástavky. Nástavky jsou z dřevěných prken, nástavků je celkem 34, jejich rozměry jsou 1,1 x 0,84 m. Nástavky se vyhradzují za vyšších průtoků automaticky tlakem vody [11].

Krajní nástavky je možné vyrazit ručně, ostatní nástavky se pak vyvrátí tlakem vody při vyšších stavech. Pro případ, že při povodni nedojde k uvolnění všech nástavků (automaticky nebo po ručním vyhrazení krajních nástavků), je na nástavcích připevněno lano, kterým se nástavky tahem ze břehu (pomocí mechanismu) uvolní. Vztyčování nástavků se provádí po opadnutí povodně ručně. Břehové opěrné zdi jsou zděné z kamene s korunou na kótě 213,08 m n. m., u vývaru až 213,60 m n. m. v nadjezí. Spád jezu s nástavky je 3,04 m [11].

Délka pevného jezu	37,4 m
Kóta koruny pevného jezu	211,61 m n.m.
Kóta horní hrany nástavků	212,45 m n.m.
Kóta závěrečného prahu v podjezí	209,41 m n.m.
Počet nástavků	34
Šířka nástavků	1,1 m
Výška nástavků	0,84 m

Tabulka 3: Parametry pevného jezu [11]



Obr. 31: Řez současného pevného jezu [8]



Obr. 32: jez Obřany

## 4.2 NADJEZÍ A PODJEZÍ

V zájmovém území nad jezem je koryto neupraveno a má charakter přírodního toku. Vyskytuje se zde větší množství dřevin a keřů. S tím je spojený výskyt kořenů podél svahu koryta. Po pravé straně břehu se zpevněnou cestou na říčce nachází zástavba v podobě rodinných domků. Dle záplavového území (viz kapitola 3.7) by však ani v době větších průtoků neměla voda

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

dosáhnout až k zástavbě [9]. Bezprostředně před jezem dosahuje úroveň dna nadjezí nadmořské výšky 210,44 m n. m. [8].

Pod jezem Obřany (ř. km 10,950) přechází koryto toku do úseku se souvislou zástavbou, koryto se dá považovat za neupravené. Podél levého břehu se nachází řadová zástavba se zahradami směrem k toku, po pravé straně toku má břeh stejný charakter jako v nadjezí. Od jezu Cacovice (ř. km 10,157) se koryto pozvolně stává upraveným tokem [9]. V podjezí leží nadmořská výška dna na kótě 209,41 m n. m.

Mezi jezem a výtokem z MVE (říční km 10,700) má koryto tvar jednoduchého lichoběžníku. Šířka koryta se pohybuje okolo 25 až 30 metrů.



**Obr. 33: pohled na nadjezí směrem k jezu v Obřanech**



Obr. 34: pohled na podjezí směrem k jezu v Obřanech

### 4.3 PŘILEHLÉ OBJEKTY

V okolí jezu se vyskytují mosty, lávky, náhony a další jezy. Některé objekty ovlivňují průtokové poměry v zájmovém území.

- Makovského lávka – Lávka se nachází v říčním kilometru 11,104. Lávka je určena pro pěší a cyklisty. Je vyrobena z oceli a dolní mostovkou spojuje Obřanskou ulici s Mlýnským nábřežím. Lávka je dlouhá 34 metrů a široká 5 metrů [16]. Lávka nemá pilíř a ani při vyšších průtocích by neměla voda dosáhnout výšky mostovky, tudíž by konstrukce neměla ovlivňovat průtok.
- Železniční viadukt – Nachází se na říčním kilometru 11,022 na rozhraní Maloměřic a Obřan na trati Brno – Havlíčkův Brod [6]. Most má na obou průčelích kamenné obložení. Most je celkem 140 metrů dlouhý, 11 metrů široký a jeho vzepětí je 8,3 metru. Horní hrana drážního tělesa je ve výšce 10,5 metru nad hladinou řeky [20]. Tento most neovlivňuje průtokové poměry toku Svitavy.



Obr. 35: železniční viadukt

- MVE a její součásti – Odběrný objekt do náhonu je umístěn na pravém břehu vodního toku Svitava v ř. km 10,962. Hradicí konstrukci vtoku do náhonu tvoří 4 dřevěná stavidla. Ovládání stavidel je ruční z betonové lávky.
  - Šířka stavidel 1,59 m
  - Výška stavidel 1,30 m
  - Kóta betonového prahu pod stavidly 211,17 m n. m.
  - Kóta betonové lávky 213,47 m n. m.

Náhon odbočuje těsně nad jezem a jeho celková délka je 94,5 m. Náhon má obdélníkový profil s betonovými zdmi, stěny jsou zpevněny Larsenami.

Elektrárna je průtočného charakteru s nepřetržitým provozem [11].

počet turbín	1
typ turbíny	Kaplanova
výkon	100 kW
hltnost	max. 5,0 m <sup>3</sup> /s, prům. 3,58 m <sup>3</sup> /s
ovládání	poloautomatika, ručně

Tabulka 4: Parametry MVE [12]

Vtok do elektrárny je řešen hradicí konstrukcí formou dřevěného stavidla o rozměrech 3,6 x 1,8 m. Jemné česle před vtokem jsou šířky 5,8 m. Pohyb stavidla je zajištěn mechanismem na elektrický pohon [11].

Jalová propust je umístěna vpravo od elektrárny. Šířka propusti je 3,10 m, výška propusti je 2,30 m. Propust je hrazená jedním stavidlem. Pohyb stavidla je zajištěn mechanismem na elektrický pohon, ovladatelným ze strojovny elektrárny [11].

Délka odpadu od elektrárny je 140 m [11].

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Elektrárna je již delší dobu mimo provoz, ovšem obnovení provozu a její případná inovace se po přestavbě jezu předpokládá [11].

- Obřanský most – Most leží v říčním kilometru 10,750 a slouží pro chodce i dopravu. Spojuje Obřanskou ulici a Fryčajovu ulici. Poblíž mostu se nachází bývalá Esslerova textilní továrna, jejíž součástí je výše zmiňovaná malá vodní elektrárna. Most je dlouhý 45 metrů, 17 metrů široký. Komunikace leží v nadmořské výšce 215 m n. m.

## 5 NÁVRH ŘEŠENÍ REKONSTRUKCE JEZU

### 5.1 SCHÉMATICKÝ NÁVRH SITUACE JEZU S PŘÍSLUŠENSTVÍM

Celková šířka současného pevného jezu je 37,4 metrů, snahou je pokusit se tento rozměr co nejvíce ctít, aby nemuselo dojít k větším výkopovým a dalším souvisejícím pracím. Pro uvedené rozměry je uvažováno s návrhem nového pohyblivého jezu o dvou jezových polích s jedním dělicím pilířem. Na ten bude potřeba zajistit v důsledku případných nutných manipulací přístup. Nabízí se řešení montáže lávky napříč jezovou konstrukcí.

#### 5.1.1 Umístění malé vodní elektrárny a rybího přechodu

Dle informace z manipulačního řádu [8] se předpokládá obnovení provozu momentálně nefunkční malé vodní elektrárny po rekonstrukci jezu (viz kapitola 4.3). Jak plyne z vyjádření v manipulačním řádu, obnovení provozu se pouze předpokládá. Z tohoto tvrzení plyne, že realizace obnovy provozu není jistá. Náznaky k pochybnostem a spekulacím dodává na věci skutečnost, že stav celého areálu zahrnující malou vodní elektrárnu již dlouhou dobu chátrá a nic nenaznačuje zlepšení stavu. Fakt, že součástí jezu by měla být malá vodní elektrárna, je brán v potaz, nicméně nabízí se otázka, zda neexistuje vhodnější řešení umístění elektrárny. Tato myšlenka je naznačena v následujících orientačních schématech, která budou jednotlivě popsána:

- Varianta I – stávající poloha MVE, rybí přechod na levé straně jezu
- Varianta II – stávající poloha MVE, rybí přechod veden bypassem po levé straně
- Varianta III – stávající poloha MVE, rybí přechod na pravé straně jezu
- Varianta IV – přesun MVE na levou stranu jezu, rybí přechod veden pravou stranou

#### *Varianta I.*

Tato varianta počítá se zachováním malé vodní elektrárny v současné poloze. Náhon by zůstal taktéž neměnný, rekonstrukce by se tak dotkla prakticky pouze samotného pevného jezu a jeho břehů. Na pravém břehu by byl vybudován zpevněný břehový pilíř, který by navazoval na současné uspořádání situace. Na levé straně by byl vybudován rybí přechod. Jelikož by rybí přechod zasahoval do současné šířky jezu, muselo by dojít k ověření, zda nová, menší šířka pohyblivého jezu bude dostačující pro převod požadovaného průtoku.



Obr. 36: Schéma situace jezu, varianta I.

### Varianta II.

Varianta druhá by byla prakticky stejná jako varianta předchozí, co se týče uspořádání malé vodní elektrárny a pravé strany jezu. Rozdíl by nastal v levé části situace, kdy by byl veden rybí přechod mimo současnou šířku jezu. Nedošlo by tak k snížení průtočné plochy, naopak by byla mírně navýšena kapacita, jelikož by voda proudila i přes nově vybudovaný rybí přechod. Kromě dělícího pilíře mezi dvěma jezovými poli by byl postaven dělící pilíř mezi levým jezovým polem a rybím přechodem. Nově vybudovaný rybí přechod by mohl svým způsobem rekultivovat krajinu okolí jezu.



Obr. 37: Schéma situace jezu, varianta II.

### Varianta III.

Malá vodní elektrárna by opět byla ponechána na svém místě. Tato varianta je velmi blízká variantě I., jediný rozdíl je v usazení rybního přechodu. Ten by byl v této variantě položen na pravé straně mezi náhonem do MVE a pravým jezovým polem. Levý břeh by byl doplněn nově



## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

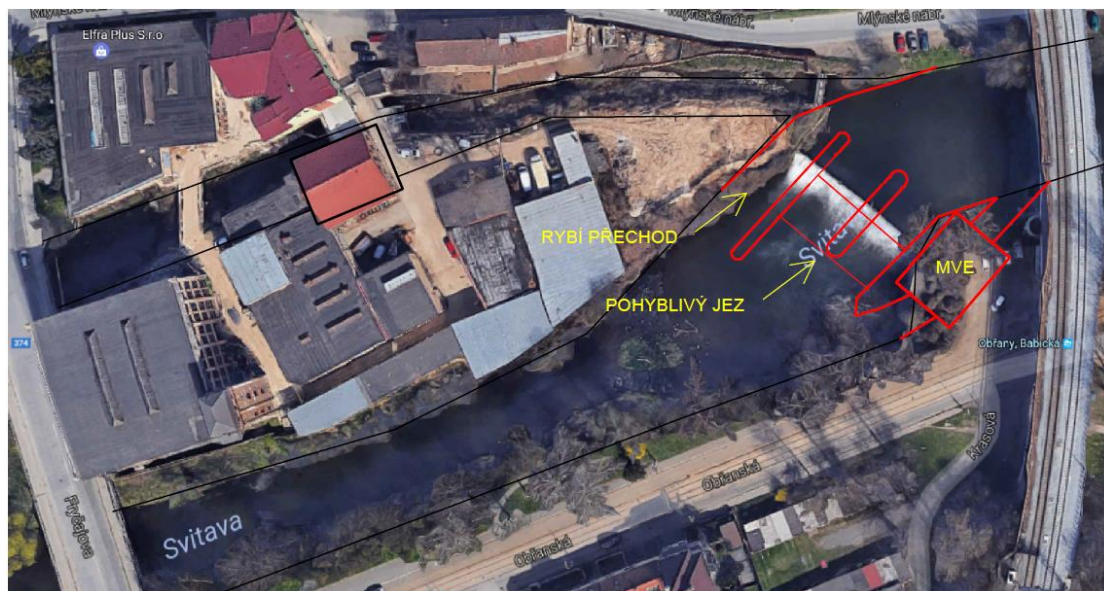
vybudovaným zavazovacím křídlem, případně by co nejvíce korespondoval se současným stavem. To by bylo zkoumáno podrobněji při výběru této varianty jako nejvhodnější.



Obr. 38: Schéma situace jezu, varianta III.

*Varianta IV.*

V této variantě by došlo k výraznějším změnám. Náhon na pravém břehu by byl uzavřen a malá vodní elektrárna byla přesunuta na levou stranu jezu. Rybí přechod by se nacházel na pravé straně. Byly by vybudovány dva dělící pilíře, jednak pilíř oddělující dvě pole jezu a pak také pilíř oddělující pravé jezové pole od nově vybudovaného náhonu do MVE.



Obr. 39: Schéma situace jezu, varianta IV.

Shrnutí:

Přestože, jak již bylo uvedeno výše, není znovuobnovení provozu současné MVE garantováno, bylo rozhodnuto ponechat elektrárnu v současné lokalitě. Varianta IV. tak byla z užšího výběru vyloučena. K jejímu zamítnutí došlo zejména proto, že by došlo k výrazným změnám (přesun elektrárny, výkopové práce většího charakteru) současné situace. To by vedlo k velkým

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

finančním nákladům. Zároveň by došlo k zahrazení současného náhonu, což by bylo kontraproduktivní.

V užším výběru konečné podoby situace zůstaly varianty I. a II., ty byly porovnány mezi sebou:

Varianta I

- Výhoda: Není nutné větších výkopových prací, konstrukce nezasahuje do míst, kde je v současnosti břeh.
- Nevýhoda: Zmenšení průtočné šířky vlivem výstavby rybího přechodu

Varianta II

- Výhody: Dojde k zachování průtočné šířky. Umístěním nového rybího přechodu může dojít k revitalizaci levého břehu.
- Nevýhoda: Nutnost vyhloubení kanálu pro rybí přechod

Po porovnání kladů a záporů byla k realizaci zvolena varianta I. Přestože dojde k zúžení současného koryta vlivem umístění rybího přechodu, šířka jezových polí bude nadále dostačující. Skutečnost, že nebude potřeba vykopat nový kanál, kudy by vedl rybí přechod, je taktéž příznivá po finanční stránce (menší výkopové práce).

## 5.2 SPECIFIKACE RYBÍHO PŘECHODU

Společně s jezovou konstrukcí musí být jako doprovodný objekt postaven rybí přechod. Zájmové území spadá nejvíce do pásma parmového, tedy pásma, kde začíná výskyt kaprovitých ryb. Jako nejvhodnější řešení rybího přechodu, který bude součástí rekonstrukce obřanského jezu, se jeví (i s ohledem na prostor) typ štěrbinového přechodu.

Další doprovodné objekty nejsou potřeba stavět. V daném území není příliš rozšířeno vodáctví. Jiná lodní doprava na tomto úseku není provozována, tudíž není nutné stavět další doprovodné objekty (například plavební komora).

## 5.3 VOLBA TYPU KONSTRUKCE POHYBLIVÉHO JEZU

Vzhledem k výše popsaným informacím v kapitole 2.4 se jeví jako ideální řešení v zájmové oblasti použití *poklopového uzávěru s dutou klapkou*. Při volbě bylo přihlédnuto k následujícím vlastnostem:

- jedná se o poměrně lehkou konstrukci s vyšší životností
- vhodné i do zimního režimu, cévovou tyčí s elektromotorem je možno sklopit klapku i při jejím mírném přimrznutí k pilířům
- přenáší vhodně vodní tlak i vodní tíhu přes ložiska rovnoměrně po celé délce do spodní stavby a také splňuje požadavek na prostorovou tuhost
- přepadový paprsek minimálně zatěžuje podjezí, zároveň klapkový uzávěr umožňuje propouštět plovoucí předměty unášené po proudu
- jedná se o hojně využívaný a dobře prověřený typ pohyblivého jezu

## 5.4 STANOVENÍ DŮLEŽITÝCH KÓT

Pro zjištění výškových kót bylo využito materiálu z Generelu odvodnění města Brna [9] a Manipulačního řádu jezu v Obřanech [11]. Je potřeba zmínit, že výškové kóty v některých

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

místech mezi sebou nekorespondovaly, jednak mezi Generelem odvodnění města Brna a Manipulačním řádem, tak mezi některými přílohami samotného Manipulačního řádu navzájem. Důvod nepřesností je neznámý, většinou se však jednalo o nesrovnalosti v řádech centimetrů. Obecně se dá říci, že bylo snahou brát veškeré hodnoty z Manipulačního řádu, jelikož by se mělo jednat o nejvěrohodnější publikaci v tomto ohledu. Výškové kóty byly zvoleny s těmito hodnotami:

hladina stálého vzduť	212,54 m n. m.
dno v nadjezí	210,44 m n. m.
dno v podjezí	209,41 m n. m.
přelivná hrana prahu	211,04 m n. m.
hladina $Q_N$ v nadjezí	213,95 m n. m.
hladina $Q_N$ v podjezí	213,66 m n. m.

Hladina stálého vzduť byla převzata z textové části Manipulačního řádu [8], ve které je zmíněno, že HSV je na hodnotě výšky nástavků současného pevného jezu, tedy ve výšce 212,54 m n. m. Více o výběru HSV pojednává kapitola 5.5.2.

Dno nadjezí bylo převzata z podélného řezu pevného jezu, který byl součástí Manipulačního řádu [8] jezu Obrány (viz obrázek 31), jelikož v textové části se o výšce dna v nadjezí nepodařilo zjistit žádné informace.

Výška podjezí byla zvolena z textové části Manipulačního řádu [8]. Přestože se výška dna podjezí lišila v textové části Manipulačního řádu [8] (209,41 m n. m.) a přílohy v podobě podélného řezu pevného jezu (209,47 m n. m.), jednalo se o rozptyl 6 cm. Jako rozhodující hodnota tak byla zvolena kóta hodnoty 209,41 m n. m.

Úroveň přelivné hrany pevné spodní stavby byla zvolena na základě informace z textové části Manipulačního řádu [8].

Hodnoty úrovně hladin odpovídající  $Q_N$  byly stanoveny na základě vykreslených měrných křivek nadjezí a podjezí. O vykreslování měrných křivek více kapitola 5.5.3.

## 5.5 VOLBA HYDROLOGICKÝCH DAT

### 5.5.1 Návrhový průtok

V tabulce 2 kapitoly 3.3 jsou uvedeny hodnoty N-letých průtoků z vodočtu v Bílovicích a z dat Manipulačního jezu v Obránech. Hodnoty se výrazně neliší, přesto dochází k drobnému kolísání. Jako směrodatné hodnoty, se kterými bude uvažováno v hydrotechnických výpočtech, byly zvoleny ty z Bílovického vodočtu z roku 2017, které byly pořízeny z ČHMÚ. Tyto hodnoty byly vybrány zejména proto, že jsou čerstvé, zároveň  $Q_{100}$  dosahuje hodnoty 179 m<sup>3</sup>/s, což je oproti hodnotě uvedené v Manipulačním řádu mírně vyšší. Z hlediska jisté rezervy je vhodné uvažovat s vyšší hodnotou průtoku. Rozdíl 9 m<sup>3</sup>/s by zároveň neměl být dramatický.

Jez Obrány se nachází v oblasti intravilánu, proto jako adekvátní návrhový průtok, se kterým bude pracováno, byl zvolen  $Q_N = Q_{100}$ , tedy 179 m<sup>3</sup>/s.

### 5.5.2 Hladina stálého vzduť

Hladina stálého (provozního) vzduť souvisí s požadovaným odběrem vody v zájmové lokalitě, viz kapitola 4.3. Povolený odběr pro MVE je průměrně  $Q_{MVE} = 3,58 \text{ m}^3/\text{s}$ . Stávající hladina stálého vzduť dle Manipulačního řádu pevného jezu leží na kótě 212,45 m n. m. [8]. Dojde k mírnému navýšení hladiny stálého vzduť, konkrétně o 9 cm. Jedná se o malý rozměr a toto navýšení napomůže k lepšímu měření a následné výstavbě výšky prahu pevné spodní stavby a výšky klapky pohyblivého jezu. V souvislosti s tímto krokem bude možné v přilehlé malé vodní elektrárně pracovat s větším průtokem, což může vést k vyšším výkonům elektrárny.

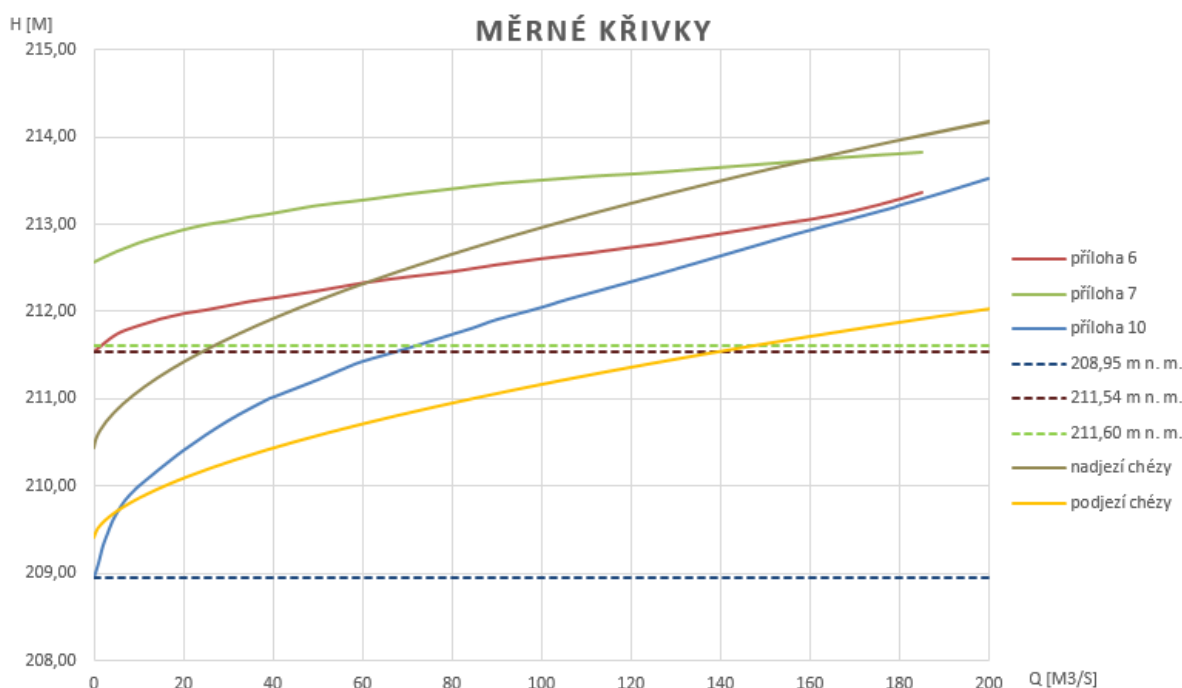
### 5.5.3 Měrná křivka nadjezí a podjezí

Pro další výpočet bylo nutné stanovit měrné křivky nadjezí a podjezí. V přílohách Manipulačního řádu [8] se nacházely celkem tři vykreslení měrné křivky v různých místech zájmové lokality:

- *MKP vyhrazeno* - příloha 6 Manipulačního řádu – „Konzumpční křivka přepadu po vyhrazení nástavků jezu v Obřanech“, 211,54 m n. m.
- *MKP zahrazeno* - příloha 7 Manipulačního řádu – „Konzumpční křivka přepadu přes nástavky jezu v Obřanech), 212,57 m n. m. (211,60 m n. m. přelivná hrana, nástavky 0,97 m)
- *MKK pod* - příloha 10 Manipulačního řádu – „Měrná křivka mezi jezem a mostem Obřany“, 208,95 m n. m.

Z Generelu odvodnění města Brna [9] byly převzaty příčné řezy koryta pro nadjezí (km 11,2113 a km 11,0022) a podjezí (km 10,9450 a km 10,7500), ze kterých byly za zjednodušujícího předpokladu rovnoměrného ustáleného proudění stanoveny měrné křivky nadjezí a podjezí.

Těchto pět měrných křivek vykresluje následující graf (Obr. 40):



Obr. 40: Graf měrných křivek nadjezí a podjezí

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Jelikož se měrná křivka MKK podjezí („příloha 10 Manipulačního řádu“) nachází mezi jezem (myšleno Cacovickým jezem, umístěným dále po toku Svitavy) a mostem Obřany, jedná se o podjezí jezu v Obřanech. Tato křivka by tak měla plně korespondovat s reálnou křivkou podjezí. Z grafu lze vidět, že při vyšších průtocích ( $180 \text{ m}^3/\text{s}$  a výše) dochází k mírnému zahlcení s největší pravděpodobností v důsledku vlivu silničního mostu, který se při vyšších průtocích může zahlcovat. Tomuto jevu však bohužel nelze při současném stavu podjezí zabránit, jelikož geometrie koryta nedovoluje převádět vyšší průtoky. Z výše popsaných faktů je však zřejmé, že tato křivka nejspíše vykresluje stav podjezí, proto bude s touto křivkou uvažováno jako s křivkou podjezí při dalších výpočtech.

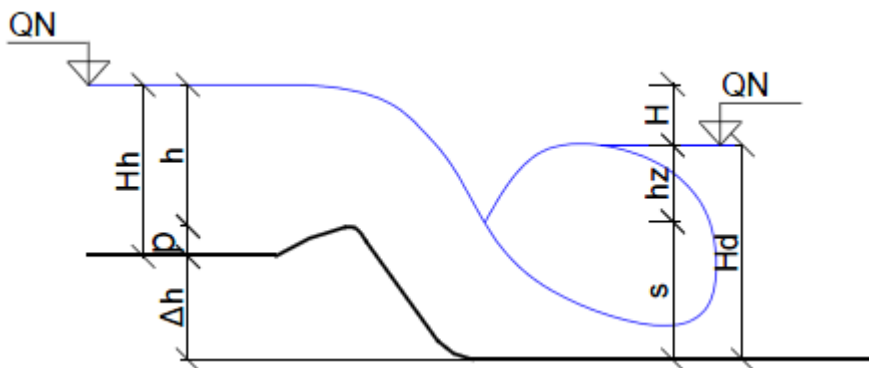
Bohužel, Manipulační řád ani žádné další dostupné materiály neobsahují data, která by mohla popsat reálný stav nadjezí v relativní blízkosti jezu v Obřanech. Jako řešení se nabízelo užít měrnou křivku současné přelivné hrany pevného jezu, tedy přílohu 6 či 7 Manipulačního řádu a posunout ji do nadmořské výšky nadjezí jezu v Obřanech (tedy předpokládat, že poměr hloubky a průtoku koryta se v nadjezí nebude příliš lišit od stavu na jezu) nebo pomocí Chézyho rovnice vykreslit křivku mezi dvěma příčnými řezy toku, které byly získány z Generelu odvodnění města Brna [9]. Přestože oba typy řešení úlohy mohou reálný stav dosti zjednodušovat, jako křivka pro nadjezí byla určena s ohledem na její přijatelnější tvar (tvar křivky s ohledem na tvar koryta v nadjezí nejvíce koresponduje) křivka vykreslená pomocí Chézyho rovnice, tedy křivka pod názvem „nadjezí chézy“ v obrázku č. 40.

## 6 HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

### 6.1 SPODNÍ STAVBA – NÁVRH

Jako spodní stavba byl zvolen Jamborův práh a to zejména díky jeho vhodným rozměrům oproti lichoběžníkovému profilu, dále pak díky jeho vhodným hydraulickým vlastnostem. Z pohledu konstrukce spodní stavby se rovněž jedná o vcelku jednoduché provedení.

Pro bližší popis rozměrů je přiložen níže obrázek 41 s uvedenými důležitými kótami konstrukčních rozměrů. Tyto kóty byly vypočteny na základě daných pevných výškových kót, viz kapitola 5.4.



Obr. 41: Schéma spodní stavby jezu

Popis konstrukčních rozměrů:

Hh	horní dno hloubka při $Q_N$	3,51 m
$\Delta h$	rozdíl horního a dolního dna	1,03 m
p	přepadová výška při $Q_N$	0,60 m
h	přepadová výška při $Q_N$	2,91 m
s	výška spodní stavby nad dolním dnem	1,63 m
$h_z$	výška dolní vody nad přelivnou hranou	2,62 m
H	spád hladiny při $Q_N$	0,29 m
Hd	dolní dno hloubka při $Q_N$	4,25 m

#### 6.1.1 Výška pevného prahu

Výšku prahu  $p$  je vhodné navrhnout tak, aby poměr jeho výšky k hloubce  $h$ , kdy  $h$  je hloubka vody nad korunou prahu při  $Q_N$ , byl v rozmezí 0,15 – 0,25.

Hodnoty:

$p = 0,60$ m	výška Jamborova prahu nad horním dnem
$h = 2,91$ m	přepadová výška nad korunou prahu při $Q_N$

*ověření navrhované výšky prahu na základě poměru  $s$  přepadovou výškou  $h$*

$$p/h = 0,21 \quad \text{požadavek } 0,15 - 0,25 \quad \rightarrow \text{hodnota } p = 0,60 \text{ m vyhovuje}$$

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

6.1.2 *Součinitel přepadu*

Hodnota součinitele přepadu lze při návrhu určit podle vztahu dle J. Skaličky (6.1.1) či dle Laca s kontrakcí u břehu, břehové pilíře plavně vytvořené (6.1.2) [3]. U obou těchto vzorců existují jisté limity, kdy je možno je použít a kdy nikoliv.

**dle J. Skaličky**

$$m = 0,36273 + 0,05616 \frac{h}{p} - 0,009213 \left(\frac{h}{p}\right)^2 \quad (6.1.1)$$

limity použití:  $0,5 < h/p < 2,8$

dosazení do vzorců:

$h/p = 4,85 \rightarrow$  **nesplňuje limit pro použití**

**dle Laca**

$$m = \frac{2}{3} \left( \frac{0,6}{\left(\frac{p}{h}\right)^{0,05}} \right) \quad (6.1.2)$$

limity použití:  $0,08 < p/h < 0,6$

dosazení do vzorců:

$p/h = 0,21 \rightarrow$  **splňuje limit pro použití**

Pro výpočet přepadového součinitele tedy bylo použito vzorce dle Laca s kontrakcí u břehu, břehové pilíře plavně vytvořené.

**m = 0,433**

Nejvyšší možná hodnota součinitele přepadu pro Jamborův práh je stanovena na 0,433.

6.1.3 *Šířka přelivu pro  $Q_N$* 

Pro výpočet minimální potřebné šířky přelivu při  $Q_N$  můžeme užít následujícího odvozeného vzorce:

$$b = \frac{Q_N}{m \cdot (2g)^{\frac{1}{2}} \cdot h^{\frac{3}{2}}} \quad (6.1.3)$$

kde

$Q_N$	$= 179 \text{ m}^3/\text{s}$	návrhový průtok
$m$	$= 0,433$	součinitel přepadu
$g$	$= 9,81 \text{ m/s}^2$	tíhové zrychlení
$h$	$= 2,91 \text{ m}$	přepadová výška nad korunou prahu při $Q_N$
$b$	$= 23,08 \text{ m}$	potřebná šířka přelivu

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Počítá se s tím, že při potřebné šířce klapkového jezového pole 23,08 m, budou navržena dvě jezová pole, proto navrhovanou hodnotu uvažujeme jako 29 m, tzn. dvě jezová pole o šířce 14,5 m. Tuto hodnotu uvažujeme také proto, že se přibližuje rozměrům současné šířky koryta v oblasti jezu.

#### 6.1.4 Ověření kapacity pevného prahu

Pro výpočet hradičí konstrukce vycházíme z úrovní výšky spodní stavby nad horním dnem a hladiny stálého vzduť. Snahou je docílit toho, aby kapacitní průtok byl větší než průtok návrhový. Navrhovaná šířka a počet jezových polí je tak v souvislosti s tímto požadavkem patřičně zohledněna. Hladina stálého vzduť odpovídá stávajícímu stavu. S ohledem na navrženou výšku hradičí konstrukce byla navýšena o 9cm.

HSV	= 212,54 m n. m.	kóta hladiny stálého vzduť
m	= 0,433	součinitel přepadu
$\alpha$	= 1,05	Coriolisovo číslo
h	= 2,91 m	hloubka vody nad korunou prahu při $Q_N$
$h_z$	= 2,62 m	výška dolní vody nad korunou přelivu
$h_{kl}$	= 1,50 m	výška hradičí konstrukce tzn. klapky
$\dot{s}_u$	= 14,50 m	šířka jednoho pole hradičí konstrukce
d	= 3,00 m	šířka dělicího pilíře
$B_C$	= 32,00 m	celková šířka konstrukce
n	= 2	počet kontrakcí
$\varepsilon_p$	= 0,045	součinitel zúžení [14]
$\varepsilon_k$	= 0,060	součinitel pilířů [14]

Pro dosažení hodnoty kapacitního průtoku bylo počítáno postupně s těmito vzorci:

$$v_0 = \frac{Q_N}{B_C \cdot H_h} = 1,76 \text{ m/s} \quad (6.1.4)$$

$$k = \frac{\alpha \cdot v_0^2}{2g} = 0,17 \text{ m} \quad (6.1.5)$$

$$h_0 = k + h = 3,07 \text{ m} \quad (6.1.5)$$

$$b_0 = (2 \cdot \dot{s}_u) - ((n \cdot \varepsilon_p + 2 \cdot \varepsilon_k)h_0) = 28,26 \text{ m} \quad (6.1.6)$$

$$h_z/h_0 = 0,85 \quad (6.1.6)$$

Při stupni zatopení  $h_z/h_0 < 0,85$  lze zjistit hodnoty součinitelů dle tabulky níže. Vzhledem k tomu, že tato podmínka splněna byla, učiníme tak interpolační metodou z dat tabulky 5.



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

Tabulka 5: součinitel zatopení pro Jamborův práh [2]

$$\sigma_z = 0,904$$

$$Q_{KAP} = m \cdot b \cdot \sigma \cdot (2g)^{\frac{1}{2}} \cdot h_0^{\frac{3}{2}} = 263,961 \text{ m}^3/\text{s} \quad (6.1.7)$$

Jak bylo uvedeno na začátku této kapitoly, snahou je, aby kapacitní průtok dosahoval vyšší hodnoty než průtok návrhový (179,00 m<sup>3</sup>/s), čehož bylo dosaženo. Návrh počtu a šířky jezových polí pro Jamborův práh tak vyhoví. Kapacitní průtok (263,96 m<sup>3</sup>/s) navíc zabezpečuje výraznou rezervu (47,5 %) z návrhového průtoku. Jez je předimenzovaný zejména z toho důvodu, že je využita téměř celá šíře toku, aby nemuselo dojít k větším terénním úpravám kvůli zúžení toku, viz kapitola 5.1.

## 6.2 MĚRNÁ KŘIVKA PŘELIVU

Vykreslení měrné křivky přelivu bylo provedeno z hodnot pro návrhový průtok, kdy se postupně volily jednotlivé výšky přepadového paprsku až do odpovídající výšky hladiny při Q<sub>N</sub>. Postup návrhu je znázorněn v tabulce 6 a grafu na obr 42. Pro získání hodnot bylo použito následujících vzorců [1]:

$$Q = m \cdot 2\check{s}_u \cdot (2g)^{\frac{1}{2}} \cdot (h)^{\frac{3}{2}} \quad (6.2.1)$$

$$b_0 = (2\check{s}_u) - \left( (n \cdot \varepsilon_p + 2 \cdot \varepsilon_K) \cdot h_0 \right) \quad (6.2.2)$$

$$h_0 = k + h \quad (6.2.3)$$

$$k = \frac{\alpha \cdot v_0^2}{2g} \quad (6.2.4)$$

$$Q_{KAP} = m \cdot b_0 \cdot \sigma \cdot (2g)^{\frac{1}{2}} \cdot h_0^{\frac{3}{2}} \quad (6.2.5)$$

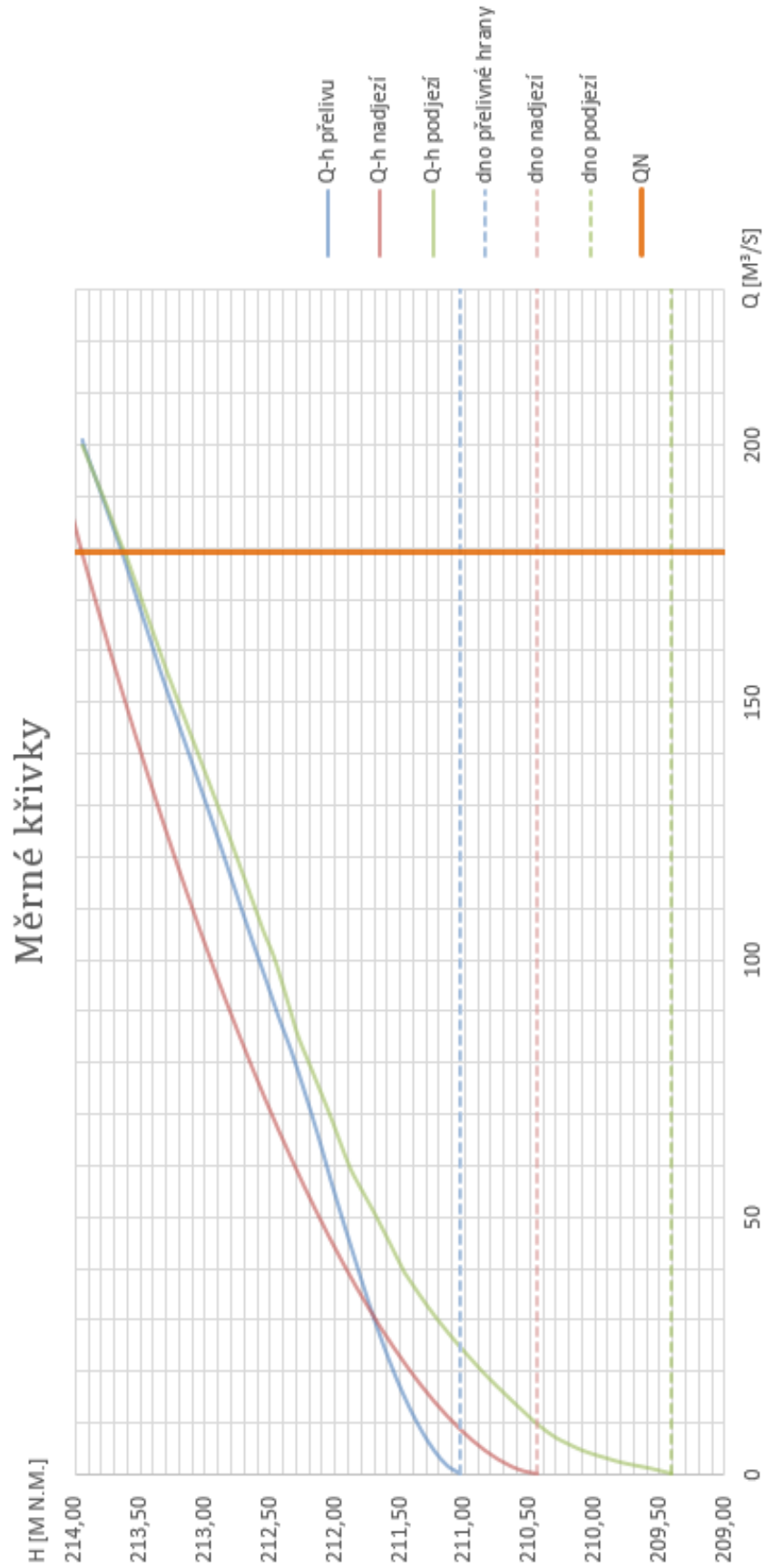
$$m = \frac{2}{3} \left( \frac{0,6}{\left(\frac{p}{h}\right)^{0,05}} \right) \quad (6.2.6)$$

$$A = b \cdot H_h \quad (6.2.7)$$

Při výpočtu bylo zohledněno ověření platnosti pro použití vzorce na stanovení hodnoty součinitele přepadu  $m$  podle Skaličky Laca. Dále bylo použito iterační metody porovnávající hodnoty průtoku na vstupu a na výstupu pomocí funkce citlivostní analýzy v programu Excel.

h	m	A	$Q_1$	$h_d$	$h_z$	$\sigma_z$	$Q_2$	$/Q_1-Q_2/$
[m]	[-]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]	[m]	[m]	[-]	[m <sup>3</sup> /s]	
0,00	0,00	17,4	0,000	0,00	-1,63	1,00	0,00	0,0
0,10	0,37	20,3	1,480	0,26	-1,37	1,00	1,49	0,0
0,20	0,38	23,2	4,410	0,67	-0,96	1,00	4,41	0,0
0,30	0,39	26,1	8,350	0,96	-0,67	1,00	8,36	0,0
0,40	0,39	29	13,230	1,18	-0,45	1,00	13,23	0,0
0,50	0,40	31,9	18,960	1,42	-0,21	1,00	18,96	0,0
0,60	0,40	34,8	25,500	1,65	0,02	1,00	25,50	0,0
0,70	0,40	37,7	32,800	1,88	0,25	1,00	32,82	0,0
0,80	0,41	40,6	40,740	2,08	0,45	1,00	40,74	0,0
0,90	0,41	43,5	48,870	2,25	0,62	0,99	48,87	0,0
1,00	0,41	46,4	57,230	2,42	0,79	0,97	57,23	0,0
1,10	0,41	49,3	66,120	2,57	0,94	0,96	66,12	0,0
1,20	0,41	52,2	74,350	2,70	1,07	0,94	74,35	0,0
1,30	0,42	55,1	82,080	2,82	1,19	0,92	82,08	0,0
1,40	0,42	58	88,876	2,94	1,31	0,89	88,87	0,0
1,50	0,42	60,9	96,266	3,05	1,42	0,87	96,27	0,0
1,60	0,42	63,8	103,520	3,16	1,53	0,85	103,52	0,0
1,70	0,42	66,7	110,940	3,26	1,63	0,83	110,94	0,0
1,80	0,42	69,6	118,530	3,37	1,74	0,81	118,53	0,0
1,90	0,42	72,5	126,130	3,48	1,85	0,79	126,12	0,0
2,00	0,42	75,4	133,420	3,59	1,96	0,78	133,42	0,0
2,10	0,43	78,3	140,720	3,70	2,07	0,76	140,73	0,0
2,20	0,43	81,2	148,030	3,81	2,18	0,75	148,04	0,0
2,30	0,43	84,1	155,350	3,92	2,29	0,74	155,35	0,0
2,40	0,43	87	163,140	4,03	2,40	0,73	163,15	0,0
2,50	0,43	89,9	170,990	4,14	2,51	0,71	170,99	0,0
2,60	0,43	92,8	178,850	4,25	2,62	0,71	178,84	0,0
2,70	0,43	95,7	185,900	4,36	2,73	0,69	185,90	0,0
2,80	0,43	98,6	193,070	4,47	2,84	0,68	193,06	0,0
2,90	0,43	101,5	200,010	4,58	2,95	0,67	200,01	0,0
2,91	0,43	101,79	201,120	4,59	2,96	0,67	201,13	0,0

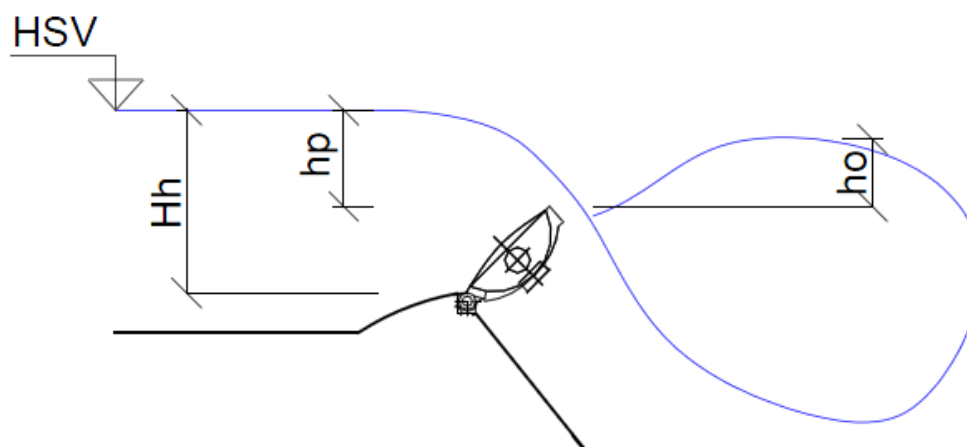
Tabulka 6: Měrná křivka přelivu



Obr. 42: Graf měrných křivek

### 6.2.1 Manipulace s klapkou

Během manipulace s klapkou se při zahájení předpokládá navýšení hladiny až o cca 20 cm, tedy na výškovou kótu **212,74 m n. m.** U klapkového uzávěru budeme při výpočtu určovat součinitel přepadu  $m$  podle Čiháka. Ten závisí na poloze sklopení klapky a na geometrickém tvaru hradící plochy. Při proměnlivé poloze klapky a s ní spojené výšce přepadového paprsku se mění charakter přepadu. Postupně přechází z ostrohranného přepadu až po přepad přes širokou korunu v momentě, kdy je klapka zcela sklopená. Hodnoty součinitele byly určeny pomocí tabulky 7, kde se vychází z jednotlivých poměrů výšek vztažených k hladině při  $Q_N$ . Hodnoty jednotlivých výšek sklopení jsou uvedeny v tabulce 8 [3]. Jelikož má jez dvě jezová pole a tím pádem i dvě klapky, mohou být zavírány společně nebo pouze jedna z nich, přičemž druhá je například z důvodu opravy uzavřena. Tyto dvě různé manipulace jsou znázorněny v grafu na obrázku číslo 44 níže.



Obr. 43: Schéma klapky při manipulaci

$h_p/H_h$	Poměr $h_o/H_h$			
	0	0,1	0,5	0,7
0,1	0,479	0,479	0,487	0,487
0,2	0,456	0,456	0,461	0,465
0,3	0,435	0,435	0,438	0,441
0,4	0,416	0,416	0,418	0,421
0,5	0,399	0,399	0,398	0,396
0,6	0,384	0,384	0,373	0,348
0,7	0,372	0,372	0,355	0,348
0,8	0,368	0,368	0,351	0,343
0,9	0,378	0,378	0,37	0,363
1	0,443	0,443	0,413	0,409

Tabulka 7: Hodnoty součinitele přepadu  $m$  [2]

poloha	hi	hp	Hh	hp/Hh	m	s
[-]	[-]	[m]	[m]	[-]	[-]	[m]
0	h1	0,1	1,6	0,063	0,488	3,13
0	h2	0,2	1,7	0,118	0,475	3,13
1	h3	0,4	1,7	0,235	0,449	2,93
2	h4	0,6	1,7	0,353	0,425	2,73
3	h5	0,8	1,7	0,471	0,404	2,53
4	h6	1,0	1,7	0,588	0,386	2,33
5	h7	1,2	1,7	0,706	0,372	2,13
6	h8	1,4	1,7	0,824	0,370	1,93
7	h9	1,5	1,7	0,882	0,376	1,83
8	h10	1,7	1,7	1,000	0,443	1,63

Tabulka 8: Manipulace s klapkovým uzávěrem

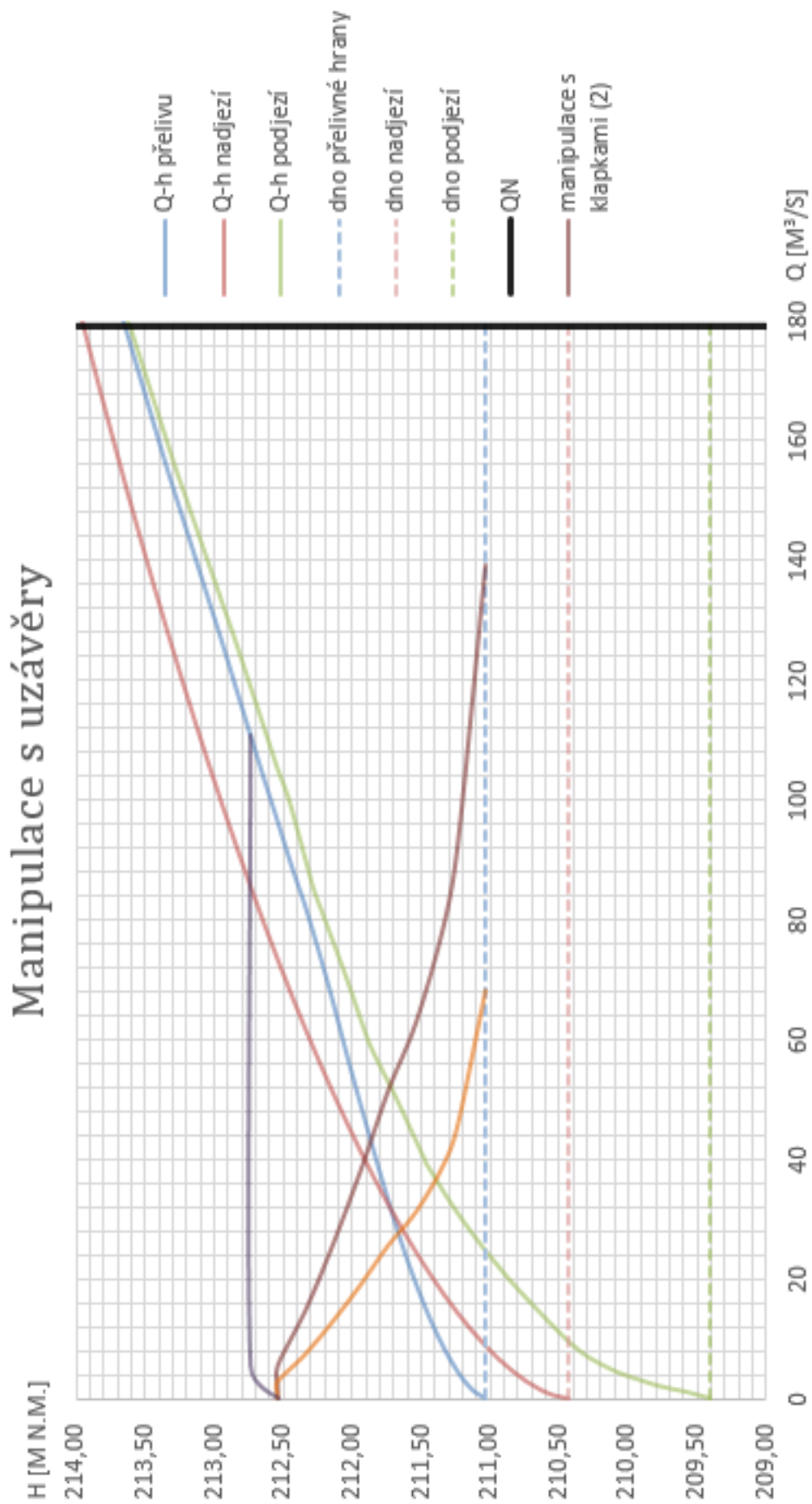
### manipulace obou klapek

h <sub>p</sub>	m	A	Q <sub>1</sub>	h <sub>p0</sub>	b <sub>0</sub>	m <sub>σ</sub>	Q <sub>2</sub>	/Q <sub>1</sub> -Q <sub>2</sub> /
[m]	[-]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]	[m]	[m]	[-]	[m <sup>3</sup> /s]	
0,10	0,488	66,70	1,981	0,10	28,98	0,49	1,98	0,00
0,20	0,475	66,70	5,460	0,20	28,96	0,47	5,46	0,00
0,40	0,449	66,70	14,680	0,40	28,92	0,45	14,68	0,00
0,60	0,425	66,70	25,760	0,61	28,87	0,42	25,76	0,00
0,80	0,404	66,70	38,130	0,82	28,83	0,40	38,13	0,00
1,00	0,386	66,70	51,560	1,03	28,78	0,39	51,56	0,00
1,20	0,372	66,70	62,930	1,25	28,74	0,35	62,93	0,00
1,40	0,370	66,70	79,190	1,48	28,69	0,35	79,19	0,00
1,50	0,376	66,70	92,650	1,60	28,66	0,36	92,65	0,00
1,70	0,443	66,70	139,250	1,93	28,59	0,41	139,25	0,00

### jedna klapka

h <sub>p</sub>	m	A	Q <sub>1</sub>	h <sub>p0</sub>	b <sub>0</sub>	m <sub>o</sub>	Q <sub>2</sub>	/Q <sub>1</sub> -Q <sub>2</sub> /
[m]	[-]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]	[m]	[m]	[-]	[m <sup>3</sup> /s]	
0,10	0,49	31,90	0,990	0,10	14,48	0,49	0,99	0,00
0,20	0,47	33,35	2,730	0,20	14,46	0,47	2,73	0,00
0,40	0,45	33,35	7,320	0,40	14,42	0,45	7,32	0,00
0,60	0,42	33,35	12,820	0,61	14,37	0,42	12,82	0,00
0,80	0,40	33,35	18,940	0,82	14,33	0,40	18,94	0,00
1,00	0,39	33,35	25,520	1,03	14,28	0,39	25,56	0,04
1,20	0,37	33,35	31,140	1,25	14,24	0,35	31,14	0,00
1,40	0,37	33,35	39,090	1,47	14,19	0,35	39,09	0,00
1,50	0,38	33,35	45,660	1,60	14,16	0,36	45,66	0,00
1,70	0,44	33,35	68,110	1,92	14,10	0,41	68,11	0,00

Tabulka 9: Manipulace s oběma klapkami a jednou klapkou



Obr. 44: Graf manipulace s uzávěry

### 6.3 NÁVRH VÝVARU A PODJEZÍ

Pro návrh a posouzení podjezí byly použity návrhové hodnoty převzaté z hlásné stanice Bílovice nad Svitavou, viz tabulka č. 2.

#### 6.3.1 Hloubka vývaru

Vzhledem k tomu, že byla navržena dostatečná hloubka v podjezí, vznikl zde přílehlý vodní skok. Postup výpočtu návrhu hloubky vývaru je doložen tabulkami níže společně s názorným schématem a výpisem použitých vzorců [2].

$$q = \frac{Q}{Bc} \quad (6.3.1)$$

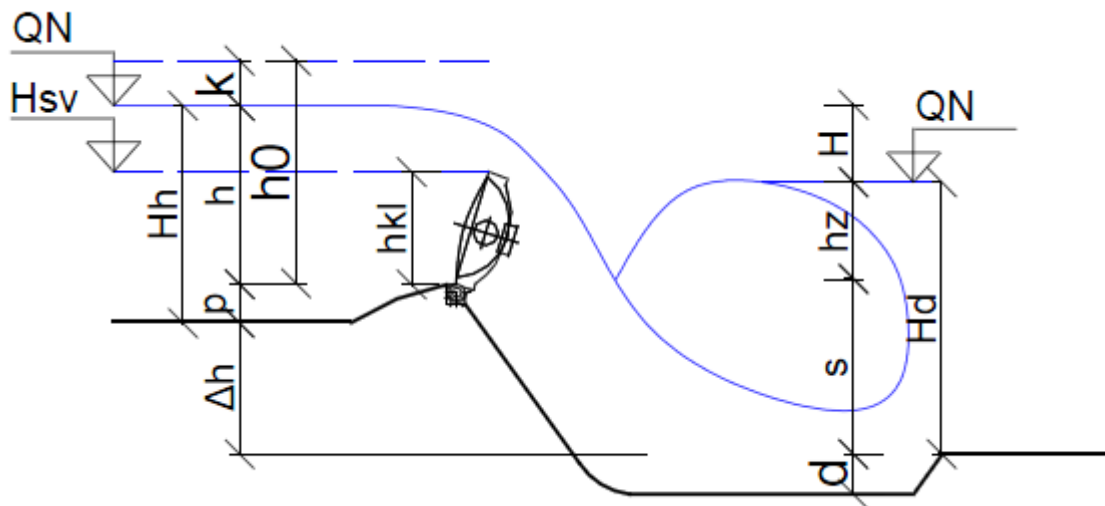
$$h_2 = \frac{h_1}{2} \cdot \left( -1 + \left( 1 + \frac{8 \cdot \beta \cdot q^2}{h_1^3 \cdot g} \right)^{\frac{1}{2}} \right) \quad (6.3.2)$$

$$h_c = h_1 = \frac{q}{\varphi \cdot (2g \cdot (E_0 - h_c))^{\frac{1}{2}}} \quad (6.3.3)$$

$$E_0 = d + S + h_0 \quad (6.3.4)$$

$$h_0 = k + h \quad (6.3.5)$$

$$k = \frac{\alpha \cdot v_0^2}{2g} \quad (6.3.6)$$



Obr. 45: Schéma vývaru

	VÝVAR				d= 0,0 m		
	Q	q	$h_c^{(4)}$	$h_1$	$h_2$	$h_d$	$\sigma$
	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>2</sup> /s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[-]
$Q_{180d}$	3,44	0,12	0,02	0,02	0,36	0,56	1,55
$Q_{90d}$	5,32	0,18	0,03	0,03	0,46	0,76	1,65
$Q_{30d}$	10,50	0,36	0,06	0,06	0,66	1,07	1,62
$Q_1$	39,00	1,34	0,18	0,18	1,37	2,05	1,50
$Q_5$	85,00	2,93	0,35	0,35	2,09	2,87	1,37
$Q_{10}$	105,00	3,62	0,42	0,42	2,35	3,18	1,35
$Q_{100}$	179,00	6,17	0,64	0,64	3,20	4,25	1,33

	VÝVAR				d= 0,3 m		
	Q	q	$h_c^{(4)}$	$h_1$	$h_2$	$h_d$	$\sigma$
	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>2</sup> /s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[-]
$Q_{180d}$	3,44	0,12	0,02	0,02	0,36	0,56	2,39
$Q_{90d}$	5,32	0,18	0,03	0,03	0,46	0,76	2,31
$Q_{30d}$	10,50	0,36	0,06	0,06	0,66	1,07	2,07
$Q_1$	39,00	1,34	0,18	0,18	1,37	2,05	1,72
$Q_5$	85,00	2,93	0,35	0,35	2,09	2,87	1,51
$Q_{10}$	105,00	3,62	0,42	0,42	2,36	3,18	1,48
$Q_{100}$	179,00	6,17	0,64	0,64	3,21	4,25	1,42

Tabulka 10: Návrh hloubky vývaru

Z výsledků byla navržena hloubka vývaru  $d = 0,3m$ . Dle součinitele zatopení  $\sigma$  lze vidět, že se bude jednat o vzduť vodní skok.

### 6.3.2 Tloušťka vývarové desky

Pro návrh tloušťky vývarové desky lze použít dvou empirických vztahů [1]:

**Dombrovského**

$$t_d = 0,15v_1h_1^{0,5} \tag{6.3.7}$$

$$v_1 = \frac{q}{h_1} \tag{6.3.8}$$



## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

## Tarajmoviče

$$t_d = 0,4 \left(\frac{q}{2}\right)^{0,5} H^{0,25} \quad (6.3.9)$$

kde

 $t_d$  tloušťka deskyH rozdíl hladin při  $Q_N$ 

Výpočet byl proveden pro sedm různých průtokových stavů, jak je zřejmé z tabulky níže.

				Dombrovski		Tarajmovič	
	Q	q	$h_d$	$v_1$	$t_d$	H	$t_d$
	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>2</sup> /s]	[m]	[m/s]	[m]	[m]	[m]
$Q_{180d} =$	3,44	0,12	0,56	0,21	0,02	3,98	0,14
$Q_{90d} =$	5,32	0,18	0,76	0,24	0,03	3,78	0,17
$Q_{30d} =$	10,50	0,36	1,07	0,34	0,05	3,47	0,23
$Q_1 =$	39,00	1,34	2,05	0,66	0,14	2,49	0,41
$Q_5 =$	85,00	2,93	2,87	1,02	0,26	1,67	0,55
$Q_{10} =$	105,00	3,62	3,18	1,14	0,30	1,36	0,58
$Q_{100} =$	179,00	6,17	4,25	1,45	0,45	0,29	0,51

Tabulka 11: Návrh tloušťky vývaru

Podle tabulky s hodnotami navrhovaných tlouštěk vývaru vyjádřených pomocí vzorců dle Dombrovského a Tarajmoviče výše, byla navrhována tloušťka vývarové desky  $t_d = 1,0$  m.

## 6.3.3 Délka vývaru

Návrh délky vývaru vychází z délky vodního skoku a jeho vzájemných hloubek  $h_1$  a  $h_2$ . Pomocí poměru těchto dvou hodnot se stanoví součinitel K, viz tabulka níže.

Pro určení navrhované délky vývaru bylo užito vzorce dle Nováka [3].

$$L_v = k \cdot (h_2 - h_1) \quad (6.3.10)$$

$h_2/h_1$	3-4	4-6	6-20	>20
k	5,5	5	4,5	4

Tabulka 12: Hodnoty součinitele K [3]

	Q	$h_2/h_1$	k	$L_v$	$\rightarrow L_v$
	[m <sup>3</sup> /s]	[-]	[-]	[m]	návrh
$Q_{180d} =$	3,44	16,79	4,50	1,52	2,00
$Q_{90d} =$	5,32	14,64	4,50	1,92	2,00
$Q_{30d} =$	10,50	11,60	4,50	2,72	3,00
$Q_1 =$	39,00	7,71	4,50	5,36	6,00
$Q_5 =$	85,00	6,01	4,50	7,85	8,00
$Q_{10} =$	105,00	5,66	5,00	9,70	10,00
$Q_{100} =$	179,00	5,01	5,00	12,84	13,00

Tabulka 13: Návrh délky vývaru

Z tabulky 15 byla navržena délka vývaru  $L_v = 13m$ .

#### 6.3.4 Délka opevnění za vývarem

Pro výpočet délky opevnění za vývarem byly určeny okrajové hodnoty  $L_{01} = 10h_d$ ,  $L_{02} = 13h_d$  podle Čertousova [3].

$$L_{op} = (10 \sim 13) \cdot h_d \quad (6.3.11)$$

	Q	$10h_d$	$13h_d$	$L_{op}$
	[m <sup>3</sup> /s]	[m]	[m]	[m]
$Q_{180d} =$	3,44	5,57	7,24	6,00
$Q_{90d} =$	5,32	7,56	9,82	8,00
$Q_{30d} =$	10,50	10,71	13,92	12,00
$Q_1 =$	39,00	20,50	26,65	23,00
$Q_5 =$	85,00	28,70	37,31	32,00
$Q_{10} =$	105,00	31,80	41,34	36,00
$Q_{100} =$	179,00	42,50	55,25	48,00

Tabulka 14: Návrh délky opevnění za vývarem

Z tabulky 14 byla navržena délka opevnění za vývarem  $L_{op} = 48m$ .

#### 6.3.5 Tloušťka opevnění za vývarem

Návrh tloušťky opevnění za vývarem byl vypočten za vývarovým prahem podle Nováka (A) a těsně pod přelivem podle Jaegera ( $A_0$ ) [3].

dle Jaegera:

$$A_0 = 6H^{0,25}q^{0,5} \left( \frac{h_d}{d_{90}} \right)^{\frac{1}{3}} - h_d \quad (6.3.12)$$

$$A = k \cdot A_0$$

(6.3.13)

Velikost zrna byla stanovena společně s přihlédnutím na charakter toku Svitavy jako  $d_{90} = 72\text{mm}$ . Součinitel  $k = 0,5$  byl volen z intervalu doporučených hodnot  $k = <0,45;0,65>$  [13].

	Q	H	$A_0$	A
	[m <sup>3</sup> /s]	[m]	[m]	[m]
$Q_{180d} =$	3,44	3,98	0,58	0,29
$Q_{90d} =$	5,32	3,78	0,78	0,39
$Q_{30d} =$	10,50	3,47	1,21	0,61
$Q_1 =$	39,00	2,49	2,67	1,33
$Q_5 =$	85,00	1,67	3,99	1,99
$Q_{10} =$	105,00	1,36	4,36	2,18
$Q_{100} =$	179,00	0,29	4,25	2,13

**Tabulka 15: Návrh hloubky výmolů v podjezí**

S přihlédnutím na dosažené výsledky hloubky výmolů v podjezí bylo navrženo opevnění za vývarem v hloubce 1,0m po délce 20m, a následně opevnění v hloubce 0,5m po zbývající délce  $L_{op}$  28m. Frakce záhozového kamene byla zvolena  $d_e = 30\text{-}40\text{ cm}$ .

## 7 STABILITA JEZOVÉ KONSTRUKCE

Pro posouzení stability navrhované konstrukce byly využity informace o skladbě zeminy ze dvou vrtů nacházejících se v bezprostřední blízkosti jezu. Jedná se o vrty J-1 a J-4 (viz kapitola 3.6).

### 7.1 ZATĚŽOVACÍ STAV

Pro hodnocení stability byl vybrán jeden zatěžovací stav. Jedná se o situaci za nízkých průtokových stavů, kdy je hradičí konstrukce vztyčená a jezová zdrž plná a zároveň je hladina v podjezí na úrovni  $Q_{330d}$ . Dále popsany výpočet je doložen přílohou schémata stability jezové konstrukce s vykreslením zatěžovacích obrazců (příloha 9). Při stavu plné jezové zdrže bylo uvažováno, že hladina v nadjezí je na úrovni HSV, tedy na kótě 212,54 m n. m., hladina v podjezí se nachází na kótě 209,41 m n. m. Spád hladin je tak 3,13 m.

### 7.2 TYPY PORUŠENÍ

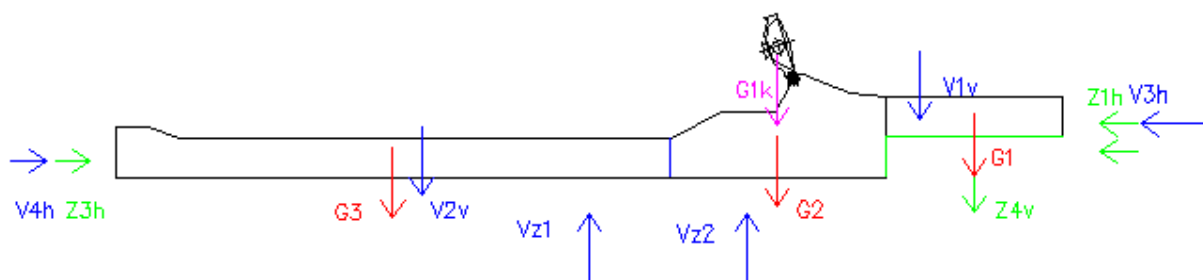
Stabilita byla posouzena na následující tři druhy ztráty stability:

- Posunutí po základové spáře
- Překlopení kolem vzdušné hrany
- Posouzení stability proti prolomení vývarové desky
- Odolnost vůči vnitřní erozi zemin podloží na základě posouzení délky obtékaného obrysu

Při posuzování bylo počítáno s následujícími silami:

1. Vlastní tíha konstrukce
2. Vlastní tíha klapky
3. Zatížení od vody
4. Zatížení od zeminy
5. Vztlakové síly

Níže je přiložen obrázek se všemi působícími silami. Podrobnější schéma se nachází v příloze 9.



Obr. 46: Schéma působících sil na konstrukci

**1. Vlastní tíha konstrukce**

Působící síly byly vypočteny na základě následujících vzorců [2]:

$$G_i = A_i \cdot \gamma_B \quad (7.1.1)$$

$$\gamma_b = 24 \text{ kN/m}^3$$

kde

$G_i$  výsledná síla

$\gamma_b$  objemová tíha betonu

$A_i$  plocha konstrukce (převzato z výkresu schémata stability)

Výsledné síly  $G_i$ :

$A_1 =$	4,43	[m <sup>2</sup> ]	$G_1 =$	<b>106,32</b>	[kN]
$A_2 =$	9,95	[m <sup>2</sup> ]	$G_2 =$	<b>238,80</b>	[kN]
$A_3 =$	14,14	[m <sup>2</sup> ]	$G_3 =$	<b>339,36</b>	[kN]

**2. Vlastní tíha klapky**

Působící síly byly vypočteny na základě následujících vzorců [2]:

$$G_{ik} = A_k \cdot \gamma_k \quad (7.1.2)$$

$$\gamma_k = 8 \text{ kN/m}^3$$

kde

$G_{ik}$  výsledná síla

$\gamma_b$  objemová tíha klapkového uzávěru

Výsledná síla  $G_{ik}$ :

$A_k =$	0,87	[m <sup>2</sup> ]	$G_{1k} =$	6,96	[kN]
---------	------	-------------------	------------	------	------

**3. Zatížení od vody**

Horizontální i vertikální působící síly byly vypočteny na základě následujícího vzorce [2]:

$$V_i = \rho \cdot g \cdot A_i \quad (7.1.3)$$

kde

$\rho$  hustota vody

$g$  tíhové zrychlení

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Výsledné síly  $V_i$ :

$A_{1v} =$	13,57	[m <sup>2</sup> ]	$V_{1v} =$	133,12	[kN]
$A_{2v} =$	3,89	[m <sup>2</sup> ]	$V_{2v} =$	38,16	[kN]
$A_{3h} =$	8,44	[m <sup>2</sup> ]	$V_{3h} =$	82,80	[kN]
$A_{4h} =$	0,85	[m <sup>2</sup> ]	$V_{4h} =$	8,34	[kN]

**4. Zatížení od zeminy**

Horizontální i vertikální působící síly byly vypočteny na základě následujících vzorců [2]:

$$Z_{iv} = A_{gzi} \cdot \gamma_z \quad (7.1.4)$$

$$Z_{ih} = 0,5 \cdot \gamma_z \cdot h_{zi}^2 \cdot tg^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (7.1.5)$$

kde

$\gamma_z$  objemová tíha zeminy pod vodou (14,6 kN/m<sup>3</sup>)

$\varphi$  úhel vnitřního tření zeminy (32°)

$h_z$  hloubka založení pod úrovní dna

Výsledné síly  $Z_{ii}$ :

$h_{z1} =$	1	[m]	$Z_{1h} =$	2,11	[kN]
$h_{z2} =$	2,3	[m]	$Z_{2h} =$	11,17	[kN]
$h_{z3} =$	1,3	[m]	$Z_{3h} =$	3,57	[kN]
$A_{4v} =$	4,56	[m <sup>2</sup> ]	$Z_{4v} =$	66,58	[kN]

**5. Vztlakové síly**

Působící síly byly vypočteny na základě následujících vzorců [2]:

$$V_{zi} = A_{vzi} \cdot g \cdot \rho \quad (7.1.6)$$

Výsledné síly  $V_{zi}$ :

$A_{vz1} =$	30,66	[m <sup>2</sup> ]	$V_{z1} =$	300,77	[kN]
$A_{vz2} =$	42,63	[m <sup>2</sup> ]	$V_{z2} =$	418,20	[kN]

Tabulka níže zobrazuje souhrn všech vertikálních a horizontálních sil, s kterými je uvažováno během posuzování stability konstrukce.

<b>Souhrn sil</b>			
<i>Vertikální zatížení</i>		<i>Horizontální zatížení</i>	
konstrukce	106,32 [kN]	voda	82,80 [kN]
	238,80 [kN]		8,34 [kN]
	339,36 [kN]	zemina	2,11 [kN]
klapka	6,96 [kN]		11,17 [kN]
voda	133,12 [kN]		3,57 [kN]
zemina	38,16 [kN]		
	66,58 [kN]		
vztlakové síly	300,77 [kN]		
	418,20 [kN]		

Tabulka 16: Souhrn vertikálních a horizontálních sil

### 7.3 POSOUZENÍ STABILITY

Stabilita byla posouzena na následující tři druhy ztráty stability:

- Posouzení stability proti posunutí po základové spáře
- Posouzení stability proti překlopení kolem vzdušné hrany
- Posouzení stability proti prolomení vývarové desky

#### 7.3.1 Proti posunutí po základové spáře

##### I. Bez spolupůsobení vývarové desky

Stupeň bezpečnosti byl stanoven pomocí následujícího vzorce [2]:

$$SB_p = (H_2 + (G_t + G_k + V - Vz) \cdot f) / (H_1 + Z_1) \quad (7.2.1)$$

kde

$$H_2 = V_{4h} = 8,34 \text{ [kN]}$$

$$G_t = G_1 + G_2 = 345,12 \text{ [kN]}$$

$$G_k = 6,96 \text{ [kN]}$$

$$V = V_{v1} = 133,12 \text{ [kN]}$$

$$V_z = V_{z2} = 418,20 \text{ [kN]}$$

$$f = 0,6 \text{ [-]}$$

$$H_1 = V_{3h} = 82,80 \text{ [kN]}$$

$$Z_1 = Z_{1h} + Z_{2h} = 13,28 \text{ [kN]}$$

$$SB_p = 0,505 \leq <1,3;1,5> \text{ nevyhoví}$$

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

## II. Se spolupůsobením vývarové desky

Stupeň bezpečnosti byl stanoven pomocí následujícího vzorce [2]:

$$SB_{pd} = SB_p + \left( (G_d + V - V_z) \cdot f \right) / (H_1 + Z_1) \quad (7.2.2)$$

kde

$SB_p =$		0,505
$G_d =$	$G_3 =$	339,36 [kN]
$V =$	$V_{2v} =$	38,16 [kN]
$V_z =$	$V_{z1} =$	300,77 [kN]
$f =$		0,6 [-]
$H_1 =$	$V_{3h} =$	82,80 [kN]
$Z_1 =$	$Z_{1h} + Z_{2h} =$	13,28 [kN]

$$SB_{pd} = \mathbf{0,985} \leq \langle \mathbf{1,3;1,5} \rangle \text{ nevyhoví}$$

Dle posouzení jez není bezpečný ani bez či se spolupůsobením vývarové desky. Při výpočtu však není zohledněn účinek štětové stěny, která je vetknuta do pevného podloží a bylo by ji možno považovat za bezpečnou proti posunutí. Bezpečnost by tedy byla dostatečná.

## 7.3.2 Proti překlopení kolem vzdušné hrany

Stupeň bezpečnosti proti překlopení kolem vzdušné hrany pro přelivné těleso byl stanoven pomocí následujícího vzorce [2]:

$$SB_s = \Sigma M^- / \Sigma M^+ \quad (7.2.3)$$

	<b>síla</b>	<b>rameno</b>	<b>moment</b>
<b>M<sup>-</sup> k bodu A</b>			
$V_{1v} =$	133,12 [kN]	6,26 [m]	833,34 [kNm]
$H_2 =$ $V_{4h} =$	8,34 [kN]	0,65 [m]	5,42 [kNm]
$G_k =$	6,96 [kN]	2,68 [m]	18,65 [kNm]
$G_1 =$	106,32 [kN]	7,58 [m]	805,91 [kNm]
$G_2 =$	238,80 [kN]	2,68 [m]	639,98 [kNm]
$V_z =$ $V_{z1} =$	300,77 [kN]	1,99 [m]	598,54 [kNm]
$\Sigma M^- =$			<b>2901,85 [kNm]</b>
<b>M<sup>+</sup> k bodu A</b>			
$Z_{1h} =$	2,11 [kN]	1,36 [m]	2,87 [kNm]
$Z_{2h} =$	11,17 [kN]	0,67 [m]	7,48 [kNm]
$H_1 =$ $V_{3h} =$	82,80 [kN]	1,36 [m]	112,60 [kNm]
$\Sigma M^+ =$			<b>122,95 [kNm]</b>

$$SB_s = \mathbf{23,60} \leq \mathbf{1,5} \text{ vyhoví}$$



Přelivné těleso je bezpečné proti překlolení kolem vzdušné hrany.

### 7.3.3 Proti prolomení vývarové desky

Stupeň bezpečnosti proti prolomení vývarové desky pro přelivné těleso byl stanoven pomocí následujícího vzorce [2]:

$$t_d \geq 0,846 \cdot X \quad (7.2.4)$$

X= 1,52 [m] pořadnice vztlaku z přetlaku  
t<sub>d</sub>= 1 [m] tloušťka desky

$$1 \geq 1,29 \quad \text{nevyhoví}$$

Navrhovaná deska není bezpečná proti prolomení a bylo by vhodné navrhnout příslušná opatření pro snížení vztlaku z přetlaku. Opatřením by mohlo být zvětšení délky obtékaného obrysu pomocí těsnícího koberce případně přidáním štětové stěny o vhodné délce pod přelivné těleso. Délka štětovnice bude dle jednoduchých výpočtů 2,35 m (při výpočtu bylo pracováno s obrázkem znázorňující vztlakové síly na těleso jezu, viz příloha 9).

### 7.3.4 Délka obtékaného obrysu

Délka byla stanovena na základě stupně bezpečnosti proti sufozi podle Bligha [2]:

$$L_n = C_B \cdot H \leq L_s \quad (7.2.5)$$

kde

L<sub>n</sub> nutná délka obtékaného obrysu  
empiricky stanovený součinitel pro různé  
C<sub>B</sub> zeminy  
H spád hladin  
L<sub>s</sub> skutečná délka obtékaného obrysu

$$L_n \quad 16,86 \quad \leq \quad L_s \quad 25,89 \quad \text{vyhoví}$$

Délka obtékaného obrysu je dostatečná a vzhledem k charakteru podložních materiálů lze očekávat dobrou odolnost proti vnitřní erozi těchto vrstev.

## 8 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

Tato kapitola je věnována popisu technického řešení nové pohyblivé konstrukce jezu.

### 8.1 URČENÍ HLADINY STÁLÉHO VZDUTÍ

Hladina stálého vzdutí u pevného jezu činila 212,45 m n. m. Hodnota hladiny souvisí s požadavky na odběr pro malou vodní elektrárnu, která se u jezu nachází. Její požadovaný odběr je  $Q_{MVE} = 3,58 \text{ m}^3/\text{s}$ . Nová hladina stálého vzdutí byla navýšena o 0,09 m na kótu 212,54 m n. m. Více o navýšení hladiny stálého vzdutí pojednává kapitola 5.4.

V souvislosti s navýšením hladiny bylo potřeba ověřit, zda výšky břehů jsou výše než hladina, aby nedošlo k rozlivu. Jak je uvedeno v kapitole 4.1, břehové zdi dosahují výše okolo 213,08 m n. m., u vývaru dosahují výšky dokonce 213,60 m n. m. Lze tak konstatovat, že kapacita koryta je pro tuto  $H_{sv}$  dostačující.

Hrana náhonu do MVE na pravém břehu, který také projde rekonstrukcí, by měla dosahovat nadmořské výšky 214,67 m n. m. a měla by tak být rovněž dostačující pro  $H_{sv}$ .

Lze očekávat, že tímto mírným navýšením hladiny stálého vzdutí dojde k nepatrnému navýšení hladiny podzemní vody. Navýšení hladiny bude maximálně v řádech centimetrů, což by nemělo způsobovat žádné komplikace v okolí jezu.

Jelikož v nadjezí nejsou umístěny žádné objekty (mosty a lávky) narušující HSV (nejsou položeny v nadmořské výšce menší než 212,54 m n. m.), nedojde k ovlivnění průtokových poměrů.

### 8.2 ODBĚRNÝ OBJEKT

Odběrný objekt se nachází na pravém břehu v nadjezí. Jde o náhon do stávající MVE. Objekt byl popsán v kapitole 4.3. Náhon má šířku ve dně 7,16 m. Na vtoku je osazen normou stěnou, která zabraňuje proplutí větších splavenin na hladině. Náhon je hrazený čtyřmi tabulovými uzávěry šířky 1,78 m a výšky 1,83 m. Uzávěry jsou ovládány elektromotorem a cévovou tyčí. V místě uzávěry jsou vybudovány nábrežní zdi. Na pravém břehu odběrného objektu se nachází opěrná zeď výšky 4,14 m a šířky 0,95 m. Přes celý náhon je vedena lávka v nadmořské výšce 214,67 m n. m.

### 8.3 PEVNÁ STAVBA JEZU

#### 8.3.1 Spodní stavba jezu

Jako spodní stavba jezu byl zvolen Jamborův práh z důvodu dobrých hydraulických vlastností. Práh rovněž umožňuje jednoduché provedení spodní stavby.

Výška přelivné hrany Jamborova prahu je 0,6 m, sklon líce prahu je 1:2. Proti obrusu bude přepadová plocha opevněna kamenivem. Nadmořská výška přelivné hrany je 211,04 m n. m. Kóta dna v nadjezí je 210,44 m n. m. a kóta dna v podjezí je 209,41 m n. m. Na kótě 208,41 m n. m. leží základová spára. Rozdíl výšek ve dně je 1,03 m. Celková šířka jezové konstrukce je 32 m. Ta bude rozdělena na dvě jezová pole o šířce 14,5 m a jednoho dělicího pilíře o šířce 3 m. Celková délka přelivné hrany je 29 m. Při průtoku  $Q_N = Q_{100} = 179 \text{ m}^3/\text{s}$  bude přepadová výška v nadjezí dosahovat 2,91 m. Při této výšce byl proveden výpočet kapacitního průtoku, který činil  $263,96 \text{ m}^3/\text{s}$ , znamená to tedy, že přeliv je dostatečný pro převedení  $Q_{100}$ . Jezová pole a rybí přechod jsou tvořeny rámovým tělesem, které je na okrajích zapuštěno hlouběji do zeminy (základová spára pod pilíři dosahuje hloubky 207,71 m n. m.) z důvodu

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

zlepšení stability. Na vnějších stranách krajních rámu je ve výšce 208,71 m n. m. zalomení v šířce a výšce 1 m. Zalomení taktéž slouží ke zlepšení stabilizačních vlastností celého jezu. Dilatační spáry jsou umístěny před Jamborovým prahem a na začátku vývaru v podélném řezu a v ose dělicích pilířů v příčném řezu. Jsou těsněny pryžovým těsněním. Vývarová deska je tlustá 1 m a vývar je zahlouben 0,3 m.

### 8.3.2 Dělicí pilíře

Dělicí pilíře se nachází mezi jezovými poli a mezi levým jezovým polem a rybím přechodem.

Dělicí pilíř mezi jezovými poli je široký 3 m a dlouhý 12 m. Výška pilíře v horní části je 4,23 m a v dolní části 5,56 m. Zhlaví pilíře na obou stranách tvoří půlkruhový průřez o poloměru 1,5 m.

Pilíř je osazen stupadly pro přístup do horní části Jamborova prahu. Stupadla jsou z nerezové oceli, mají šířku 0,3 m a délku 4,23 m. Výškové rozestupy mezi jednotlivými stupadly jsou 0,15 m.

V pilíři jsou navrženy drážky pro provizorní hrazení na vtoku i výtoku (1,7 m od dolního líce pilíře a 2,1 m od horního líce pilíře). Šířka drážek je 0,15 m.

Součástí pilíře je také zavzdušňovací potrubí klapkového uzávěru průměru 200 mm. Potrubí je z obou stran opatřeno mřížkou, která slouží jako zábrana proti vniku větších nečistot a živočichů.

Dělicí pilíř má ve své ose dvě kapsy pro osazení jeřábku. Kapsy jsou navrženy ve vzdálenosti 1,5 m od horního respektive dolního líce pilíře.

Dělicí pilíř mezi levým jezovým polem a rybím přechodem je široký 2 m a dlouhý 24 m. Výška pilíře v horní části je 4,23 m a v dolní části 5,56 m. Zhlaví pilíře na obou stranách tvoří půlkruhový průřez o poloměru 1 m.

V pilíři jsou navrženy drážky provizorního hrazení na vtoku a výtoku levého jezového pole i rybiho přechodu. Šířka drážek je 0,15 m.

Součástí pilíře je zavzdušňovací potrubí klapkového uzávěru průměru 200 mm. Potrubí je z obou stran opatřeno mřížkou, která slouží jako zábrana proti vniku větších nečistot a živočichů.

Dělicí pilíř má ve své ose dvě kapsy pro osazení jeřábku. Kapsy jsou navrženy ve vzdálenosti 1 m od horního respektive dolního líce pilíře.

### 8.3.3 Břehové pilíře a zavazovací křídla

Byly navrženy dva břehové pilíře sloužící k zavázání jezové konstrukce do levého a pravého břehu.

Pravý břehový pilíř byl navržen průřezového tvaru „L“. Jeho délka je 32 m a šířka koruny 3 m. Celková šířka v základové spáře je 5 m. Výška koruny břehového pilíře i zavazovacích křídel je 214,67 m n. m.

V pilíři jsou navrženy drážky pro provizorní hrazení na vtoku i výtoku. Šířka drážek je 0,15 m.

Součástí pilíře je také zavzdušňovací potrubí klapkového uzávěru průměru 200 mm. Potrubí je z obou stran opatřeno mřížkou, která slouží jako zábrana proti vniku větších nečistot a živočichů.

Dělicí pilíř má ve své ose tři kapsy pro osazení jeřábku.

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

*Levý břehový pilíř* byl navržen průřezového tvaru „L“. Jeho délka je 40 m a šířka koruny 4 m. Celková šířka v základové spáře je 6,7 m. Výška koruny břehového pilíře i zavazovacích křídel je 214,67 m n. m.

V pilíři jsou navrženy drážky pro provizorní hrazení na vtoku i výtoku. Šířka drážek je 0,15 m.

Součástí pilíře je také zavzdušňovací potrubí klapkového uzávěru průměru 200 mm. Potrubí je z obou stran opatřeno mřížkou, která slouží jako zábrana proti vniku větších nečistot a živočichů.

### 8.3.4 Vývarová deska

Návrh vývarové desky byl blíže popsán v kapitole 6.3. Pro obě jezová pole byla navržena stejná vývarová deska. Délka vývaru je 13 m. Tloušťka vývaru je 1 m, přičemž vývar je zahluoben 0,3 m. Závěr vývaru je tvořen vývarovým prahem ve sklonu 1:3. Výšková kóta dna vývaru je 209,11 m n. m. Výšková kóta závěrečného prahu vývaru je 209,41 m n. m. Výšková kóta základové spáry je 208,11 m n. m. Mezi vývarovou deskou a Jamborovým prahem se nachází dilatační spára, která je těsněna pryžovým těsněním.

## 8.4 POHYBLIVÁ JEZOVÁ KONSTRUKCE

Jako pohyblivý uzávěr jezové konstrukce byla zvolena dutá klapka. Důvody výběru tohoto uzávěru byly popsány v kapitole 5.3. Klapka je výšky 1,5 m, obrys klapky na dělicím pilíři i zavazovacím křídle je opancéřován. Z obou stran je zajištěno zavzdušnění prostoru pod klapkou potrubím DN 200. Ovládání klapky je jednostranné pomocí cévové tyče s elektromotorem. V zavazovacích křídlech je provedeno zahluobení pro klapku 0,20 m. Zahluobení je dlouhé 2,9 m. Zahluobení je provedeno pro ochranu cévové tyče před plovoucími nečistotami a snižuje rozkmitání při proudění vody. Cévové tyče byly navrženy dvě.

### 8.4.1 Manipulace s uzávěry

Pro manipulaci s uzávěry pohyblivého jezu byly vypracovány měrné křivky při manipulaci s uzávěry v kapitole 6.2.1. Výstupem je graf na obrázku 44, kde jsou znázorněny křivky při jednotlivých manipulacích. Bylo počítáno se stavem, kdy je manipulováno s klapkami v obou jezových polích synchronně a stavem, kdy je jedna klapka uzavřena a je manipulováno pouze s jednou (například z důvodu oprav atd.).

Manipulace s oběma uzávěry začíná, jakmile přes uzávěr přepadá voda o hloubce 0,2 m. Při tomto stavu se klapky začínají sklápět dolů. Při úplném sklopení protéká přes jezová pole 139,25 m<sup>3</sup>/s v hloubce 1,7 m (výška klapky + 0,2 m).

Manipulace s jedním uzávěrem začíná, jakmile přes uzávěr přepadá voda o hloubce 0,2 m. Při tomto stavu se klapka začíná sklápět dolů. Při úplném sklopení protéká přes jezové pole 68,11 m<sup>3</sup>/s v hloubce 1,7 m (výška klapky + 0,2 m).

Za běžného provozu se na jezu nemanipuluje s klapkou až do nárůstu hladiny v nadjezí na kótu 212,74 m n. m. Během běžného provozu se počítá s nepřetržitým zajištěním minimálního průtoku pro přilehlou MVE.

Při mimořádných situacích se postupuje následovně:

Za povodně je snaha udržovat hladinu v jezové zdrži na kótě stálého vzduť, tedy 212,54 m n. m. Jakmile hladina dosáhne výše 212,74 m n. m., zahajuje se manipulace s klapkovými uzávěry. Uzávěry jsou systematicky sklápěny tak, aby pokud možno hladina dosahovala výšky

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

212,74 m n. m. Do průtoku 139,25 m<sup>3</sup>/s se hladina řízeně udržuje na této úrovni. Při vyšším průtoku dochází k neřízenému navyšování hladiny, klapky jsou zcela sklopené. Jakmile začne voda opadat, klapky jsou postupně uzavírány tak, aby hladina nadjezí neklesla pod úroveň 212,74 m n. m.

I v době zimního režimu musí být zajištěn provoz jezu. Je potřeba dbát na kontrolu případných námraz konstrukce. Elektromotor nesmí být uváděn do provozu v případě jeho namrznutí, námrazy tak musí být systematicky odstraněny. V případě výskytu větších ledů v zájmové lokalitě jsou tyto ledy převáděny při úplném vyhrazení jezových polí.

V období sucha se s klapkovými uzávěry nemanipuluje, veškerá voda se tak nechává přepadat přes jezové těleso.

### **8.5 RYBÍ PŘECHOD**

Jako rybí přechod byl zvolen typ štěrbinový s jednou svislou stěnou vzhledem k vyskytující se rybí osádce v zájmové lokalitě. Umístění rybiho přechodu je na levé straně koryta. Mezi rybím přechodem a levým jezovým polem se nachází dělicí pilíř. Celková délka rybiho přechodu je 25 m. Šířka je 3,1 m. Rybí přechod má celkem 10 přepážek. Výškový rozdíl jednotlivých komor je 0,1 m. Na vtoku a výtoku rybiho přechodu jsou umístěny drážky pro provizorní hrazení. Výšková kóta na vtoku do rybiho přechodu je 210,44 m n. m. a na výtoku 209,41 m n. m.

### **8.6 OPEVNĚNÍ PODJEZÍ**

Opevnění dna je navrženo kamenným záhozem o frakci velikosti kamene  $d_e = 30-40$  cm o délce 48 m. Bylo navrženo opevnění za vývarem v hloubce 1,0m po délce 20m, a následně opevnění v hloubce 0,5m po zbývajícím délce  $L_{op}$  28m.

### **8.7 DALŠÍ OBJEKTY**

Součástí jezové polí a rybiho přechodu jsou provizorní hrazení. Jsou kruhového průměru 0,45 m a délce 14,5 m v jezových polích a délce 3,10 m v rybím přechodu. Jsou usazena jak na vtoku tak výtoku rybiho přechodu, respektive jezového pole. Celkem je 24 provizorních hrazení délky 14,5 m a 12 provizorních hrazení délky 3,10 m. Jejich skládka by byla možná v oploceném areálu jezu na zpevněné ploše.

Na dělicích a břehových pilířích se nachází celkem 6 jeřábů sloužících pro odstranění větších nánosů naplavenin.

Napříč celou jezovou konstrukcí je osazena obslužná lávka ve výšce 215,74 m n. m. Je uložena na betonovém pilíři mezi rybím přechodem a levým jezovým polem, na dělicím pilíři mezi jezovými polí a na bočních pilířích. Šířka lávky je 2,5 m, délka 38,2 m. Výška zábradlí je 1,10 m. Přístup na lávku je osazen ocelovou brankou šířky 2,5 m.

### **8.8 ZAČLENĚNÍ DO KRAJINY**

Výstavbou jezu a rybiho přechodu dojde k rekultivaci krajiny. Přes rybí přechod budou moci překonávat jez i vodáci. Nemělo by dojít k větším zásahům do stávajícího tvaru koryta a terénu. Součástí rekonstrukce jezu může být výsadba nové zeleně. Dojde k mírnému zvýšení hladiny podzemní vody.

## 9 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo zhodnocení současného stavu pevného jezu Obřany na řece Svitavě v říčním kilometru 10,950 a následný návrh vhodné rekonstrukce na jez pohyblivý. V úvodu práce byly uvedeny obecnější údaje o povodí Svitavy, do kterého spadá zájmová lokalita. V další části se práce zaměřila na bližší popis zájmového území včetně stávajících přilehlých objektů. Tento popis byl doložen fotografiemi samotného jezu, nadjezí, podjezí a důležitých objektů nacházejících se v blízkosti jezu.

V části bakalářské práce, která se zabývala návrhem nového jezu, bylo v první řadě porovnáno více variant celkového umístění jezu a přilehlých objektů (malé vodní elektrárny a rybího přechodu). Snahou bylo současné uspořádání jezu včetně jeho základních rozměrů respektovat v co největší míře, aby nemuselo dojít k rozsáhlejším výkopovým pracím. Jako nejvhodnější byla vybrána varianta, která počítá s nepřemístěním malé vodní elektrárny (tedy ponecháním náhonu do malé elektrárny na pravém břehu koryta) a umístěním rybího přechodu do profilu současného toku. Dále byly porovnány na základě teoretické studie různé typy konstrukcí pohyblivých jezů. Ze získaných informací o pohyblivých konstrukcích bylo rozhodnuto, že do zájmové lokality se nejvíce hodí konstrukce dutého klapkového uzávěru. Mezi hlavní faktory výběru této konstrukce patří její vyšší životnost, umožnění propouštění plovoucích předmětů unášených po proudu a její hojně využívání a tedy i dobré prověření funkčnosti. Práce se rovněž zabývala návrhem vhodného typu rybího přechodu, který by zajistil lepší migraci všech vodních živočichů přes migrační překážku, kterou pohyblivý jez vytvoří. Typ rybího přechodu byl zvolen šterbinový s jednou svislou šterbinou. Zájmové území spadá nejvíce do pásma parmového, tento typ rybího přechodu je pro dané pásmo vhodný.

Před samotnými hydrotechnickými výpočty bylo potřeba stanovit důležité výškové kóty konstrukce a jejího bezprostředního okolí. Toto určení nebylo ve všech případech jednoznačné, jelikož hodnoty některých kót převzatých z různých zdrojů mezi sebou nekorespondovaly. O výběru kót pojednává kapitola 5.4.

Jako návrhový průtok byl zvolen  $Q_N = Q_{100} = 179 \text{ m}^3/\text{s}$ , který byl převzat z informací ČHMÚ [10]. Jak již bylo řečeno výše, součástí jezu byla malá vodní elektrárna, která požadovala zajištění odběr  $Q_{MVE} = 3,58 \text{ m}^3/\text{s}$ . Hladina stálého vzduť byla stanovena na kótě 212,54 m n. m.

Jez byl navržen se dvěma jezovými poli o šířce jednoho pole 14,5 m. Mezi poli se nacházel dělicí pilíř o šířce 3 m. U levého břehu se nacházel rybí přechod. Jako spodní stavba jezu byl zvolen Jamborův práh s přepadovou výškou 0,6 m. Tento práh byl zvolen zejména díky jeho dobrým hydraulickým vlastnostem. Zároveň práh netvoří žádnou překážku při průchodu splavenin. Nadmořská výška přelivné hrany byla stanovena na 211,04 m n. m. (viz kapitola 5.4). Na spodní stavbu byla osazena klapka o výšce 1,5 m. Ovládání klapky je zajištěno cévovou tyčí s elektromotorem. Za tuto konstrukci byl navržen vývar délky 13 m a hloubky 0,3 m. Tloušťka vývarové desky byla vypočtena na 1 m.

Posouzení stability jezové konstrukce bylo stanoveno pro plnou jezovou zdrž. Byla zkoumána bezpečnost proti posunutí po základové spáře, bezpečnost proti překlopení kolem vzdušné hrany a bezpečnost proti prolomení vývarové desky. Při posuzování stability však nebylo počítáno se štetovými stěnami, které bezpečnost pozitivně ovlivní. Proti prolomení vývarové desky je vhodné navrhnout opatření pro snížení vztlaku z přetlaku jako je například návrh předloženého koberce.

Výstavbou jezové konstrukce lze předpokládat, že dojde k větší ochraně v případě průtoku větších hodnot. Bohužel při extrémních průtocích větších než  $Q_{100}$  pravděpodobně dojde k zahlcení podjezí vlivem umístěného silničního mostu. Tuto skutečnost nelze více ovlivnit ani

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

výstavbou nově navržené jezové konstrukce. Přesto bude mít nová konstrukce pozitivní vliv na okolí. Průtoky  $Q_{100}$  a méně bude možné lépe regulovat a bude tak snadnější zamezit rozlivu na území nacházející se pod jezem. S ohledem na přílehlou MVE se výstavba pohyblivého jezu rovněž nabízí (možnost manipulace s průtoky a hladinami).

V Brně dne 19. 5. 2017

---

Jakub Skřička  
autor práce

## 10 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ČÁBELKA, J.; KUNŠTÁTSKÝ, J. *Jezy*. Praha: SNTL, 1966. 555 s.
- [2] VÝBORA, Pavel. *Jezy: určeno pro posl. fak. stavební*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1985, 146 s.
- [3] VÝBORA, Pavel a Otto POSEDNÍK. *Navrhování jezů*. Vyd. 1. Brno: Vysoké učení technické, 1989, 139 s. ISBN 80-214-1070-1.
- [4] FIALA, J., J. KAURA, J. SÁDLO. *Stavby vodní a meliorační*. Praha: SNTL, 1980.
- [5] GABRIEL, P. *Jezy*. Praha: SNTL, 1989.
- [6] JANDORA, Jan a Jan ŠULC. *Hydraulika: modul 01*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007, 178 s. ISBN 978-80-7204-512-9.
- [7] ČIHÁK, František a Vladimír MEŘICKÝ. *Navrhování jezů: určeno pro stud. fak. stavební*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1991, 150 s. ISBN 80-010-0609-3.
- [8] Manipulační řád pro jez v Obřanech, Ing. Stanislav Žatecký, VODNÍ DÍLA – TBD a.s., pracoviště Brno, 2/2015
- [9] *Generel odvodnění města Brna z roku 2007: Zpracovatel – Povodí Moravy s. p., útvar hydroinformatiky, Brno, Dřevařská 11*
- [10] Český hydrometeorologický ústav: [www.chmi.cz](http://www.chmi.cz)
- [11] Povodí Moravy, s. p.: [www.pmo.cz](http://www.pmo.cz)
- [12] <http://heis.vuv.cz>
- [13] Česká geologická služba – útvar Geofond, databáze geologicky dokumentovaných objektů
- [14] [www.dibavod.cz](http://www.dibavod.cz)
- [15] [www.maps.google.com](http://www.maps.google.com)
- [16] [www.turistika.cz](http://www.turistika.cz)
- [17] [www.alena.ilcik.cz](http://www.alena.ilcik.cz)
- [18] [www.raft.cz](http://www.raft.cz)
- [19] TNV 75 2322 Zařízení pro migraci ryb a dalších vodních živočichů přes překážky v malých vodních tocích
- [20] Encyklopedie mostů v Čechách, na Moravě a ve Slezsku, <https://libri.cz/databaze/mosty/index.php>
- [21] *Hydraulické poměry ČSR, III. díl*, Praha, 1970



**11 SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1: Součinitel zatopení pro Jamborův práh [2] .....	21
Tabulka 2: Hodnoty průtoků na řece Svitavě [8], [10], [21].....	32
Tabulka 3: Parametry pevného jezu [11] .....	41
Tabulka 4: Parametry MVE [12].....	45
Tabulka 5: součinitel zatopení pro Jamborův práh [2].....	57
Tabulka 6: Měrná křivka přelivu.....	58
Tabulka 7: Hodnoty součinitele přepadu m [2].....	60
Tabulka 8: Manipulace s klapkovým uzávěrem.....	61
Tabulka 9: Manipulace s oběma klapkami a jednou klapkou .....	61
Tabulka 10: Návrh hloubky vývaru .....	64
Tabulka 11: Návrh tloušťky vývaru .....	65
Tabulka 12: Hodnoty součinitele K [3].....	65
Tabulka 13: Návrh délky vývaru.....	66
Tabulka 14: Návrh délky opevnění za vývarem.....	66
Tabulka 15: Návrh hloubky výmolů v podjezí.....	67
Tabulka 16: Souhrn vertikálních a horizontálních sil .....	71

**12 SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1: Betonové jezy [4] .....	13
Obr. 2: Rozdělení jezů podle půdorysného tvaru [4] .....	13
Obr. 3: Základní schéma pohyblivých jezů [1] .....	15
Obr. 4: Stavidlový jez [4] .....	15
Obr. 5: Pilíř tabulových jezů [4] .....	16
Obr. 6: Zdvížený segmentový jez [4] .....	17
Obr. 7: Hydrostatické jezy [4] .....	18
Obr. 8: Druhy klapek: desková - troubová - dutá [1] .....	19
Obr. 9: Dutá klapka s pohybovým mechanismem [4] .....	19
Obr. 10: Hodnoty tvarového součinitele pilířů [2] .....	20
Obr. 11: Zaznačení základních rozměrů u jezu [2] .....	21
Obr. 12: Výstavba jezu [1] .....	22
Obr. 13: Výstavba jezu se změnou toku [1] .....	22
Obr. 14: Beztlakový odběrný objekt [4] .....	23
Obr. 15: Vodní elektrárna při jezu [4] .....	24
Obr. 16: Typy rybích přechodů [19] .....	25
Obr. 17: Upřesnění lokality městské části Brno – Obřany [15] .....	27
Obr. 18: Zájmové území [15] .....	28
Obr. 19: Detailnější záběr jezu [15] .....	28
Obr. 20: 3D pohled na jez [15] .....	29
Obr. 21: Hydrologické povodí řeky Svitavy (4-15-02) [10] .....	31
Obr. 22: Mapa geologie povodí Dyje [11] .....	33
Obr. 23: Mapa ročního úhrnu srážek v povodí Dyje [11] .....	33
Obr. 24: Mapa geomorfologie povodí Dyje [11] .....	34
Obr. 25: Mapa hydrogeologie povodí Dyje [11] .....	35
Obr. 26: Lokalizace vrtu J-1 v mapě [13] .....	36
Obr. 27: Lokalizace vrtu J-4 v mapě [13] .....	36
Obr. 28: Zaplavené území při Q <sub>5</sub> [10] .....	37
Obr. 29: Zaplavené území při Q <sub>20</sub> [10] .....	37
Obr. 30: Zaplavené území při Q <sub>100</sub> [10] .....	38
Obr. 31: Řez současného pevného jezu [8] .....	42
Obr. 32: jez Obřany .....	42
Obr. 33: pohled na nadjezí směrem k jezu v Obřanech .....	43

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Obr. 34: pohled na podjezí směrem k jezu v Obřanech .....	44
Obr. 35: železniční viadukt .....	45
Obr. 36: Schéma situace jezu, varianta I. ....	48
Obr. 37: Schéma situace jezu, varianta II. ....	48
Obr. 38: Schéma situace jezu, varianta III. ....	49
Obr. 39: Schéma situace jezu, varianta IV. ....	49
Obr. 40: Graf měrných křivek nadjezí a podjezí .....	52
Obr. 41: Schéma spodní stavby jezu .....	54
Obr. 42: Graf měrných křivek .....	59
Obr. 43: Schéma klapky při manipulaci .....	60
Obr. 44: Graf manipulace s uzávěry .....	62
Obr. 45: Schéma vývaru .....	63
Obr. 46: Schéma působících sil na konstrukci .....	68

**13 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ**

$Q_1$	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Jednoletý průtok
$Q_2$	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Dvouletý průtok
$Q_5$	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Pětiletý průtok
$Q_{10}$	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Desetiletý průtok
$Q_{20}$	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Dvacetiletý průtok
$Q_{50}$	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Padesátiletý průtok
$Q_{100}$	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Stoletý průtok
$Q_N$	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Návrhový průtok
$Q_{MVE}$	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Odebíraný průtok na malou vodní elektrárnu
$Q_k$	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Kapacitní průtok
$\sigma_z$	[-]	Součinitel zatopení
$b_0$	[m]	Účinná šířka přelivu
$b$	[m]	Šířka přelivu
$n$	[-]	Počet kontrakcí
$h_0$	[m]	Energetická přepadová výška
$m$	[-]	Součinitel přepadu
$g$	$[m \cdot s^{-2}]$	Gravitační zrychlení
$\epsilon_p$	[-]	Tvarový součinitel boční kontrakce návodního pilíře
$\epsilon_k$	[-]	Tvarový součinitel kontrakce bočních křídel
HSV	[m n. m.]	Hladina stálého vzduší
$H_h$	[m]	Hloubka horní vody při QN
$H_d$	[m]	Hloubka dolní vody při QN
$\Delta h$	[m]	Výškový rozdíl horního a dolního dna
$h_{kl}$	[m]	Výška hradící konstrukce (klapky)
$p$	[m]	Výška spodní stavby nad horním dnem
$h$	[m]	Přepadová výška při QN
$H$	[m]	Spád hladin při QN
$h_z$	[m]	Výška dolní vody nad přelivnou hranou
$s$	[m]	Výška spodní stavby nad dolním dnem
$\alpha$	[-]	Coriolisovo číslo
$\dot{s}_u$	[m]	Šířka jednoho pole hradící konstrukce
$d$	[m]	Šířka dělicího pilíře
$B_C$	[m]	Celková šířka konstrukce
$k$	[m]	Rychlostní výška
$A$	$[m^2]$	Průtočná plocha
$h_1, h_2$	[m]	Vzájemné hloubky vodního skoku
$h_c$	[m]	Kritická hloubka
$E_0$	[m]	Energetická výška
$t_d$	[m]	Tloušťka vývarové desky
$K$	[-]	Součinitel vzájemných hloubek

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

$L_v$	[m]	Délka vývaru
$L_0$	[m]	Délka opevnění za vývarovým prahem
$d_{90}$	[mm]	Velikost 90% zrna
$G_i$	[kN]	Síla od vlastní tíhy k-ce
$A_i$	[m <sup>2</sup> ]	Plocha k-ce
$\gamma_B$	[kN·m <sup>-3</sup> ]	Objemová tíha betonu
$G_k$	[kN]	Síla od vlastní tíhy klapkového uzávěru
$V_i$	[kN]	Síla od zatížení vodou
$V_{iZ}$	[kN]	Síla od zatížení zeminou
$\gamma_z$	[kN·m <sup>-3</sup> ]	Objemová tíha zeminy pod vodou
$\varphi$	[°]	Úhel vnitřního tření zeminy
$V_{Zi}$	[kN]	Vztlaková síla
$f$	[-]	Součinitel spolupůsobení přetížení
$S_{Bpd}$	[-]	St. bezp. proti posunutí po ZS
$S_{Bs}$	[-]	Stupeň bezp. proti překlopení kolem vzdušné hrany
$X$	[m]	Pořadnice vztlaku z přetlaku
$L_n$	[m]	Nutná délka obtékaného obrysu
$L_s$	[m]	Skutečná délka obtékaného obrysu
$C_B$	[-]	Empiricky stanovený součinitel pro různé zeminy

## **14 SEZNAM PŘÍLOH**

1. Přehledná situace oblasti M 1:2000
2. Stávající podélný profil toku M 1:2500/100
3. Podélný profil toku s pohyblivým jezem M 1:1000/100
4. Půdorys pohyblivého jezu M 1:100
5. Podélný řez pohyblivého jezu A-A' M 1:100
6. Příčný řez pohyblivého jezu B-B' M 1:50
7. Příčný (C-C') a podélný (D-D') řez odběrného objektu M 1:50
8. Situace pohyblivého jezu M 1:1000
9. Schéma stability pohyblivého jezu M -