



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

## REKONSTRUKCE JEZU NA ŘECE KYJOVCE

RECONSTRUCTION OF THE WEIR ON THE KYJOVKA RIVER

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Lukáš Maxa

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Tomáš Julínek, Ph.D.

BRNO 2023

# Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav vodních staveb
Student:	<b>Lukáš Maxa</b>
Vedoucí práce:	<b>Ing. Tomáš Julínek, Ph.D.</b>
Akademický rok:	2022/23
Studijní program:	B3607 Stavební inženýrství
Studijní obor:	Vodní hospodářství a vodní stavby

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Rekonstrukce jezu na řece Kyjovce

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Bakalářská práce se zaměřuje na návrh rekonstrukce stávající jezové konstrukce na řece Kyjovce v městě Kyjově. Návrh konstrukce bude proveden variantně. Návrh bude zahrnovat jak zhodnocení stávající situace (konstrukce, toku, atd.), tak i návrh vhodného řešení s posouzením možnosti využití pohyblivé hradící konstrukce. Dále bude návrh zahrnovat návrh úprav přilehlé části koryta resp. nátoky či odběru do nového koryta v území pod jezovou konstrukcí a v prostoru přilehlého parku. Ideově bude provedeno hodnocení a návrh opatření z hlediska migrační prostupnosti (rybí přechod). Součástí bude rovněž 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 bakalářské 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

### Cíle a výstupy bakalářské práce:

Cílem práce je v zájmovém úseku toku navrhnout rekonstrukci stávající jezové konstrukce. Návrh bude proveden s ohledem na stávající stav území a možnosti odběru vody pro napájení plánovaného koryta v navrhované revitalizaci území. Vzdouvací objekt bude zároveň zajišťovat stupeň ochrany okolního území před povodněmi na úroveň návrhové povodně.

**Seznam doporučené literatury a podklady:**

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. Šlezingr, M., VUT Brno, 2002.

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

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

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 4. 11. 2022

L. S.

---

doc. Ing. Aleš Dráb, Ph.D.  
vedoucí ústavu

---

Ing. Tomáš Julínek, Ph.D.  
vedoucí práce

---

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.  
děkan

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá studií rekonstrukce jezu na řece Kyjovce. Rekonstrukce je na místě bývalého tabulového uzávěru. V první části se práce zabývá všeobecným popisem jezů, jejich částí a vysvětlení použitých vzorců pro návrh s následným výběrem vhodného typu pohyblivé hradící konstrukce. V druhé části je popsána zájmová oblast a samostatný návrh rekonstrukce. V návrhu jsou uvedeny matematické výpočty, popsány a stanoveny návrhové parametry. U rekonstrukce jezu byl navržen odběr vody náhonem pro zásobování obtokového koryta v městském parku Kyjova.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Pohyblivá hradící konstrukce, jez, rybí přechod, rekonstrukce, revitalizace

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis deals with the study of the reconstruction of the weir on the river Kyjovka. The reconstruction is on the site of the former draw door weir. The first part of the thesis deals with a general description of the weirs, their parts and explanation of the formulas used for the design, followed by the selection of a suitable type of movable weir structure. The second part describes the area of interest and the separate design of the reconstruction. The mathematical calculations are presented, the design parameters are described and determined. For the reconstruction of the weir, water abstraction by the weir for the supply of the by-pass channel in the Kyjov city park was proposed.

## **KEY WORDS**

Gate weir structure, weir, fish pass, reconstruction, revitalization

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

MAXA, Lukáš. *Rekonstrukce jezu na řece Kyjovce*. Brno, 2023. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb. Vedoucí Ing. Tomáš Julínek, Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že jsem *bakalářskou* práci na téma Rekonstrukce jezu na řece Kyjovce vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

V Brně dne 26.5.2023

.....

Jméno a Příjmení

## **PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁ- VĚREČNÉ PRÁCE**

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

V Brně dne 26.5.2023

.....

Jméno a Příjmení

## **PODĚKOVÁNÍ**

Rád bych poděkoval Ing. Tomášovi Julínkovi Ph.D. za možnost pravidelné konzultace, při kterých mi sdělil cenné rady a věcné připomínky.



## OBSAH

1	úvod.....	12
2	Cíle práce.....	13
3	Jezová konstrukce.....	1
	3.1 Popis.....	1
	3.2 Rozdělení .....	1
	3.2.1 Podle charakteru přelivné hrany.....	1
	3.3 Rozdělení a výběr vhodných typů pohyblivých uzávěrů.....	6
	3.3.1 Pokloповé jezy .....	6
	3.3.2 Stavidlové jezy .....	7
	3.3.3 Vakové jezy.....	8
	3.4 Tvar spodní stavby jezů a nízkých prahů pohyblivých jezů .....	9
	3.4.1 Obdélníkové a lichoběžníkové .....	9
	3.4.2 Jamborův prah.....	9
	3.5 Ovládání pohyblivých uzávěrů .....	10
	3.5.1 Pohybovací prvky.....	10
	3.5.2 Pohybovací mechanismy.....	10
	3.6 Těsnění a armatury.....	11
	3.7 Funkční objekty na jezech .....	12
	3.7.1 Odběrné a vtokové objekty .....	12
	3.7.2 Štěrkové propusti.....	13
	3.7.3 Propusti pro lodní dopravu.....	13
	3.7.4 Rybí přechod .....	14
	3.8 Stupně povodňové aktivity .....	15
	3.9 Hydraulika jezu.....	16
	3.9.1 Průtočná kapacita jezu.....	16
	3.9.2 Návrh nadjezí, podjezí a vývaru.....	18
4	charakteristika zájmového území .....	20
	4.1 Identifikační údaje .....	20
	4.2 Popis zájmového území .....	20

4.3	Klimatické podmínky .....	20
4.4	Geomorfologické poměry .....	21
4.5	Geologické podklady .....	21
4.5.1	Geologické poměry .....	21
4.5.2	Hydrogeologické poměry .....	22
4.5.3	Pedologické poměry .....	24
4.5.4	Stupeň seizmicity .....	25
4.6	Hydrologické podklady .....	26
4.7	Záplavové území .....	28
4.8	Minimální zůstatkový průtok .....	29
4.9	Zatřídění vodního díla .....	30
4.10	Popis původní jezové konstrukce .....	31
4.10.1	Objekty na toku .....	32
5	řešené varianty .....	35
5.1	Účel jezu .....	35
5.2	Varianty .....	35
5.2.1	Varianta 1 .....	35
5.2.2	Varianta 2 .....	35
5.2.3	Varianta 3 .....	36
6	návrh .....	38
6.1	Návrhový průtok .....	38
6.2	Návrh odběru .....	38
6.2.1	Stanovení maximální hladiny stálého vzduší .....	38
6.2.2	Stanovení kóty hladiny stálého vzduší .....	38
6.3	Návrh spodní stavby .....	41
6.3.1	Návrh pevného prahu .....	42
6.3.2	Výpočet kapacitního průtoku .....	42
6.3.3	Měrná křivka přelivu .....	44
6.3.4	Manipulace .....	46
6.4	Návrh nadjezí, vývaru a podjezí .....	46
6.4.1	Návrh hloubky vývaru d.....	46

6.4.2	Délka vývaru $L_v$ .....	48
6.4.3	Tloušťka vývarové desky $t_d$ .....	48
6.4.4	Délka opevnění za vývarem $L_0$ .....	48
6.4.5	Návrhové parametry .....	48
6.5	Dělicí pilíř .....	49
6.6	Obslužní lávka .....	49
6.7	Rybí přechod.....	49
6.8	Údržba jezu a jeho přilehlých částí .....	50
6.9	Revitalizace v okolí jezu.....	50
7	Manipulace jezu.....	51
7.1	Manipulace za běžných stavů .....	51
7.2	Manipulace při nástupu povodně .....	51
7.3	Manipulace při opadávání povodně .....	51
7.4	Manipulace v období sucha .....	51
7.5	Manipulace při provizorním zahrazení .....	52
7.6	Manipulace v zimním režimu .....	52
7.7	Rozdělení hladin a vodohospodářské kapacity .....	52
8	Stabilita.....	54
8.1	Zatěžovací schéma .....	54
8.2	Výpočet působících sil.....	54
8.2.1	Plná jezová zdrž .....	54
8.2.2	Prázdňá jezová zdrž.....	56
8.3	Posouzení stability .....	58
9	ZÁVĚR.....	61
	BIBLIOGRAFIE .....	63
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....	67
	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	70
	SEZNAM TABULEK .....	71

# 1 ÚVOD

První jezy byly budovány 3000 let před n. l. v Egyptě, sloužily k zavlažování pozemků. Do Evropy se zkušenosti s výstavbou dostaly od Římanů, později se začaly využívat k pohánění vodních kol, které poháněly mlýny, pily a další zařízení. Na území Česka byl první doložený jez u Žatce, další jezy, které vznikaly v Praze byly využívány k vzdutí hladiny v hradebních příkopech. Začátky pohyblivých jezů se datují do 19. století. Z počátku byly konstrukce členěné a dosahovaly jen malých rozměrů. Jezy se tedy vyvíjely a měnili svoje funkce, což vyvolalo nutnost rekonstrukce těch původních za modernější řešení.

Některé staré pevné nebo pohyblivé jezy mohou ztrácet svou funkčnost. To, že správně neplní svou funkci může být způsobeno vývojem hydrologie území nebo překročením doby životnosti. Na některých konstrukcích jsou patrná poškození ve formě porušení opevnění nebo vlastní konstrukce. Životnost ocelových konstrukcí je 40 až 60 let, nicméně řada jezů tuto životnost překročilo nebo v blízké době překročí. V případě, že nejsou betonové konstrukce u jezů jako je spodní stavba a pilíře vystaveny agresivní vodě vydrží déle než ocel. Jezy je možné rekonstruovat pro v moderní době nevyhovující pohyblivý uzávěr, který je potřeba nahradit, případně zajistit poloautomatickým nebo automatickým manipulováním. Jezy lze také rekonstruovat z důvodu změny funkce jako je například nový odběr vody, využití hydroenergetického spádu, zlepšení splavnosti toku (např. vybudováním sportovních propustí) nebo migrační průchodnosti. Při rekonstrukci nebo výstavbě nového jezu je nutné zajistit migrační průchodnost pro druhovou skladbu vodních živočichů, především rybí, v zájmovém úseku toku. Rekonstrukce mohou být drobného charakteru, kdy se pouze opravuje a zpevňuje opevnění, práh či se vyměňuje těsnění nebo dosedací prahy. Rozsáhlé rekonstrukce probíhají většinou při budování nových objektů spojených s jezem nebo rozšíření jezu pro jeho zkapacitnění a ochranu podjezí v intravilánu před povodněmi.

## 2 CÍLE PRÁCE

Cílem bakalářské práce je návrh rekonstrukce stávající jezové konstrukce na řece Kyjovce v městě Kyjově v říčním kilometru 51,379. S tím souvisí návrh vhodného řešení pohyblivé hradící konstrukce a úprava přilehlé části koryta. Dále bude posouzeno řešení migrační propustnosti jezové konstrukce. K tomu bude proveden návrh souvisejících objektů, uspořádání břehových partií a doprovodných porostů.

Součástí návrhu je variantní posouzení možností napouštění navrhovaného obtokového koryta v prostoru parku na levém břehu.

Podkladem pro návrh je geodetické zaměření příčných profilů a podélného profilu od říčního kilometru 50,100 až po 54,700. Zaměření bylo provedeno pro Povodí Moravy pro účely stanovení záplavového území pro daný úsek toku.

## 3 JEZOVÁ KONSTRUKCE

### 3.1 Popis

Jez je vzdouvací objekt umístěný v korytě toku, kde trvale nebo dočasně zvyšuje hladinu vody a tím zajišťuje dostatečné hloubky v období nízkých průtoků pro stanovené, často víceúčelové, využití. Hladina v nadjezí bývá za normálních okolností téměř neměnná. Pouze u pohyblivých jezů v případě ohrožení jedné z funkcí jezu nebo při povodních se upravuje výška hladiny podle potřeby [1] [2].

Vodohospodářské účely jezů jsou:

- Zmenšení podélného sklonu dna, které vede ke zmenšení průřezové rychlosti vody v nadjezí. Snížení rychlosti zajistí omezení vymílání dna a břehů koryta [2].
- Zvýšení hladiny podzemní vody v okolí toku pro vhodnější využití zemědělské a lesnické půdy [2].
- Zvětšení vydatnosti studní [2].
- Zajištění dostatečné hloubky vody nad jezem pro odběr vody pro různé využití jako zásobování obyvatelstva, průmyslové využití, zemědělství atd [2].
- Zabezpečení dostačujících hloubek pro splavnost toku, tj. u jezu je potřeba vybudovat plavební komoru [2].
- Vytvoření dostatečného spádu vody pro výrobu elektrické energie ve vodní elektrárně, u jezů lze budovat pouze vodní elektrárny průběžného nebo pološpičkového charakteru kvůli omezenému objemu ve zdrži [2].

Mimo vodohospodářské účely slouží jezy ještě k mimoekonomickým efektům:

- Vytváření vhodných podmínek pro rekreaci, vodní sporty a jako estetický prvek v městské zástavbě [2].

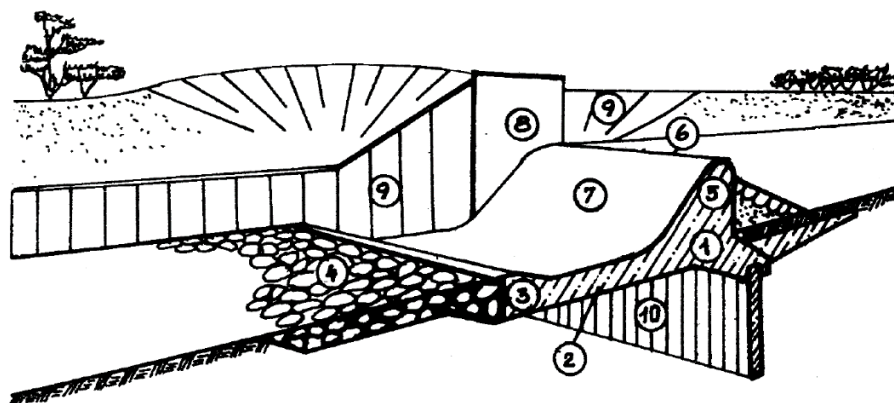
### 3.2 Rozdělení

#### 3.2.1 Podle charakteru přelivné hrany

##### Pevné jezy

Pevné jezy vzdouvají vodu v toku nepohyblivým jezovým tělesem. Hladina vody v nadjezí závisí na velikosti průtoku. Stavebně lze rozdělit pevné jezy na pevné jezové těleso s přelivnou hranou, opevněný vývar pod jezem, břehové pilíře spojující břeh koryta s jezem a těsnícími prvky. Výhody pevných jezů jsou malé investiční náklady, možnost bezobslužného provozu, malé náklady na údržbu a obvykle jednoduchost výstavby. Nevýhodou může být častější

rozliv do inundace při vysokých průtocích, zhoršený průchod ledů a ovlivnění splaveninového režimu [1].



1. jezové těleso, 2. deska vývaru, 3. práh vývaru, 4. opevnění dna za vývarem, 5. koruna jezu, 6. přelivná hrana, 7. přelivná plocha, 8. břehový pilíř, 9. břehové křídlo, 10. štětová stěna

*Obr. 1 Části pevného jezu [3]*

Pevné jezy lze rozdělit podle:

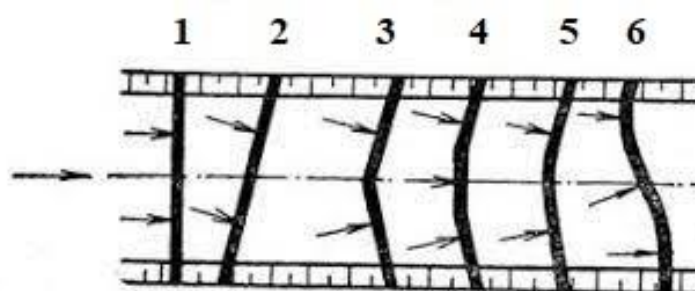
A) Použitého stavebního materiálu:

- Dřevěné jezy se dnes používají pouze jako dočasné konstrukce, ale dříve se používaly hojně. Z dřev je nejvhodnější dub, modřín nebo borovice kvůli vyššímu obsahu pryskyřice, díky čemuž jsou odolné proti hnilobě. Dřevěné jezy mohou být jako jednoduchá hradící stěna, s výplní nebo srubové [2].
- Kamenné jezy byly budovány z kamenů odolných proti mrazu a obrusu, z vyvřelých hornin. Konstrukce byla původně nasypaná kamenná hráz z hrubého kamene, takto jezy nebyly vodotěsné, a proto se používaly jen pro hrazení malých výšek pro krátkodobé účely. K větší odolnosti proti protékající vodě se osazovaly hrázky pilotovými stěnami. Dnes se tyto jezy nepoužívají [2].
- Zděné jezy se začaly budovat, aby zlepšily voděodolnost kamenných jezů. Jezy se zdily z lomového kamene nebo kvádrů a pálených cihel. Nevýhoda je pomalá výstavba bez možnosti použití mechanizace. Nevýhoda bylo u lomového kamene s vybudováním hydraulicky vhodného tvaru jezu a u kvádrového zdiva bylo nákladné opracovávat křivkový tvar [2].
- Betonové jezy jsou nepropustné, při výstavbě je možné použít mechanizaci a tím zkrátit dobu výstavby a uspořit na pracovní síle. Beton musí být odolný na obrus i proti agresivitě vody [2].

- Železobetonové jezy jsou oproti jezům z prostého betonu postaveny z tenkostěnných prvků, které jsou spolu spojeny armaturou, tím jsou lehčí. Aby odolávaly hydrostatickému zatížení budovaly se v trojúhelníkových tvarech. Spotřeba betonu je nižší, protože se jedná o dutou stavbu. Ekonomická výhodnost těchto jezů je v úspoře betonu a rychlosti výstavby, která je větší než pracnost výstavby [2].

#### B) Půdorysného tvaru

Osa u pevného jezu se buduje kolmá (1) na osu koryta, nebo se budují tvary (2,3,4,5,6), které zajišťují prodloužení přelivné hrany jezu a tím snížení kolísání průtoků. K lepšímu usměrnění vody k odběrům se používají se šikmou (2), zakřivenou (5) nebo zlomenou hranou (3). Pro ochranu břehů pod jezem slouží tvary (3, 4, 5) [1].



Obr. 2 Půdorysný tvar jezů [4]

#### C) Tvaru příčného řezu jezu

Přelivnou plochu může tvořit svislá stěna, střešovitý tvar, obdélníkový nebo lichoběžníkový tvar a proudnicové přelivné plochy [1].

#### D) Způsobu převádění vody přes jez

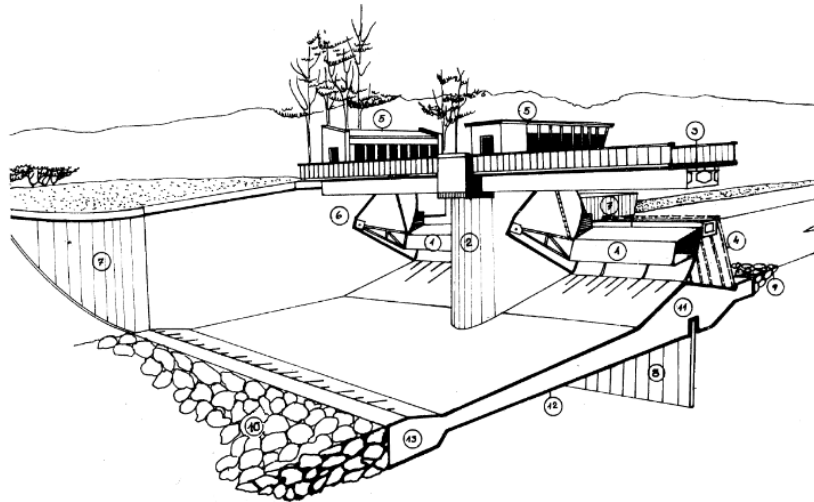
- Přepadové jezy [1].
- Násoskové jezy, které udržují hladinu vzduší na skoro stejné výšce díky násosce, jež je umístěna na jezovém tělese. Horní konec násosky musí být pod hladinou v nadjezí. Násosku vytváří pevný přeliv v dolní části [1].
- Jezy bez vývaru a s vývarem. Vývar se buduje k utlumení energie z přetékaající vody přes jez. Pokud u jezů nedochází k vymílání, postačí opevnit dno betonovou deskou nebo kamenným záhozem [1].
- Jezy s odběrem části převáděného průtoku odebírají vodu z koruny přelivu. Odběr se odvádí z paprsku přepadající vody [1].

#### Pohyblivé jezy

Přelivná plocha je výškově nastavitelná pomocí jezových uzávěrů. Manipulace s uzávěry a jejich výškové nastavení se řídí podle manipulačního řádu. Konstrukčně se pohyblivé jezy



skládají ze spodní stavby, která může být v úrovni dna koryta nebo je nepatrně zvýšena prahem. Břehové a středové pilíře, rozdělují šířku jezu na jednotlivá jezová pole. Šířka polí se volí podle celkové šířky jezu, uzávěrů a podle provozních požadavků. Ve většině případů se navrhuje dvě a více polí pro potřeby údržby, revize, oprav nebo poškození uzávěru. U jezu s jedním polem je nutné pro tyto účely vybudovat obtokové koryto. Osa pohyblivých jezů je ve většině případů kolmá k toku [2].



1. pohyblivý uzávěr, 2. dělicí pilíř, 3. lávka, 4. provizorní hrazení, 5. strojovna, 6. břehový pilíř, 7. břehové křídlo, 8. štětová stěna, 9. opevnění dna v nadjezí, 10. opevnění dna za vývarem, 11. spodní stavba, 12. vývarová deska, 13. práh vývaru

*Obr. 3 Části pohyblivého jezu [3]*

Pohyblivé jezy lze rozdělit podle:

A) způsobu ovládní hradící konstrukce

- Ručně ovládané jezy se ovládají odebráním nebo přidáváním hradicích prvků [1].
- Ovládané pohybovými mechanismy jakou jsou: Gallův řetěz, článkový řetěz, lano, cévová tyč, pístní tyč, vřetenová tyč, ozubená tyč nebo ozubený segment [1].
- Ovládané změnou hydrostatické síly jako jsou jezy hydrostatické a vakové [1].

B) funkce

- Automatická funkce zahrazuje a vyhrazuje hradicí prvky podle kolísání hladiny vzduté vody.
- Poloautomatická funkce vyhrazuje jez automaticky, ale zahrazování se provádí ručně nebo mechanicky [1].
- S trvalou obsluhou mají pohyb uzávěru řízený člověkem [1].

C) členitosti hradící konstrukce

- Členěná po šířce, výšce nebo po obou směrech [1].
- Čelistvá jednodílná a dvoudílná [1].

#### D) přenášení zatížení z hradic konstrukce na stavební část jezu

- Do jezových pilířů [1]
- Do spodní stavby [1].
- Kombinace [1].

#### E) druhu pohyblivé hradic konstrukce

- Hradlové jezy mají hradicí prvky – hradla, které jsou uloženy svisle v jezovém poli, spodní hranou se opírají o spodní stavbu a horní hranou o pouchovou tyč, která je připojena ke dvěma sousedním podporám – slupicím, které jsou kloubově uloženy a postupně se sklápějí na spodní stavbu [2].
- Hradidlové jezy mají vodorovné hradicí prvky – hradidla, která jsou uložena do svislých drážek v pilířích. Manipulace probíhá zasouváním nebo vysouváním hradidel svislým směrem. Význam mají hradidlové jezy pro provizorní hrazení při opravě jezů [2].
- Segmentové jezy při vyhrazování a zahrazování jezového pole mají otáčivý pohyb okolo vodorovné osy čepů, čepy jsou umístěny na konci ramen segmentu. Ramena jsou ukotvena do zdí pilířů. Segment bývá válcová plocha se středem v bodě otáčení. Zatížení vodním tlakem je pouze na čep, ve kterém dochází ke tření, protože výslednice tlaků působí do osy otáčení. Segmenty mohou být zdvižné nebo spustné. Mezi výhody segmentů patří jednoduchá konstrukce, nízké pilíře, které esteticky neruší okolí a snadná manipulace. Nevýhoda je v namáhání ložisek při velkých hradicích šířkách a výškách [2].
- Válcové jezy mají jako hradicí těleso – válec, který je upevněn na obou koncích do pilířů přes ozubená kola, která se otáčí v ozubených kolejničích. Manipulace s válcem je obvykle zajišťována pomocí Gallových řetězů. Válec je uvnitř vyztužen řadou podélníků uložených v řadě věnců. Válce mohou být zdvižné nebo spustné. Výhoda je robustní konstrukce s jednostranným pohonem a dobré převádění ledů a plovoucích předmětů. Bývají využívány pro široká jezová pole se střední výškou hrazení. Nevýhodná je hydraulicky nevhodná přepadová plocha, také velká spotřeba oceli a masivní pilíře pro uložení drážek [2].
- Hydrostatické jezy jsou konstrukce, u kterých je hradicím tělesem manipulováno pomocí hydrostatického přetlaku od horní hladiny vody v tlačné komoře a sklápějí se ovladatelným spojením této komory s dolní vodou. Skrze pilíře jsou vedena potrubí, která spojují tlačnou komoru s horní i dolní vodou a se stavítky, která mohou být ovládaná ručně nebo automaticky. Hydrostatické jezy podle typu hradicího tělesa lze rozdělit na pokloповé,

tabulové, segmentové a sektorové. Výhoda je v úspoře pohybových mechanismů, menších pilířích a tím snížených nákladů [2].

Pokloповé, stavidlové a vakové jezy budou popsány v následující kapitole podrobněji, jelikož z těchto typů bude dále proveden výběr pro navrhovanou opravu.

### **3.3 Rozdělení a výběr vhodných typů pohyblivých uzávěrů**

Volba vhodného typu pohyblivého uzávěru závisí na technických požadavcích jako je šířka jezových polí, výška vzduté hladiny a na ekonomických nákladech na výstavbu, provoz, údržbu a opravy s čímž souvisí také životnost vodního díla [2].

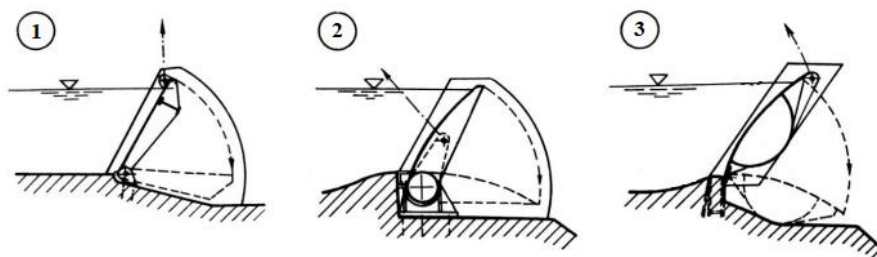
#### **3.3.1 Pokloповé jezy**

Hradící konstrukce je deskovitého tvaru, která se při manipulaci otáčí kolem vodorovné osy umístěné na spodní stavbě, nad spodní stavbou nebo nad hladinou vzduté vody (viz Obr. 4). Hladina horní vody se reguluje přepadem nebo výtokem [2].

Pokloпы s osou otáčení na spodní stavbě nazývané klapky udržují hladinu přepadem. Výhoda přepadu je v jemné regulaci hladiny a snadném průchodu ledů a plovoucích materiálů. Nevýhoda klapek je při převádění splavenin. To lze vyřešit přizpůsobením manipulace splaveninového režimu nebo splaveniny převádět jedním z polí vyhrazením klapky do nejnižší polohy. část těchto splavenin se usazuje do ložisek klapky a způsobuje potíže. Proto jsou klapky vhodné pro toky bez velkého množství splavenin nebo jako kombinace s dalším typem uzávěrů. Podle příčného řezu a nosné soustavy dělíme klapky na deskové, troubové a duté. U deskových klapek nelze využívat jednostranný mechanismus pro pohyb kvůli špatné odolnosti proti kroucení. Proto je nahradily troubové desky, které jsou vhodné pro menší převáděné výšky do 2 m a do šířky jezových polí 15 m. Spotřeba oceli je 500 až 600 kg×m<sup>-2</sup> [2].

Pro větší toky je vhodnější dutá klapka, která je nejpoužívanější díky její větší tuhosti pro výšky do 6 m a šířky až 20 m. Výhoda klapky je její nízká hmotnost, spotřeba oceli je 300 až 400 kg×m<sup>-2</sup>. Má čočkovitý tvar a je opatřena průlezným otvorem a otvorem pro vypouštění vody (v dolní části) a pro zavzdušnění je umístěn otvor v horní části. Pohyb klapky je ovládán pomocí hydraulických válců se servomotorem. Válce musejí být umístěné na obou koncích klapky. Aby se ve vztyčené pozici zamezilo úniku vody musí se uzávěry opatřit těsněním. Boční těsnění je z gumových pásů. U prahu je těsnění pomocí čepového nebo zavěšeného ložiska [2].

Pokloпы s osou otáčení nad spodní stavbou a nad vzdutou vodou se dnes již nepoužívají z důvodů vysokých investičních a provozních nákladů kvůli nutnému přemostění [1] [2].



1. klapka desková, 2. klapka troubová, 3. deska dutá

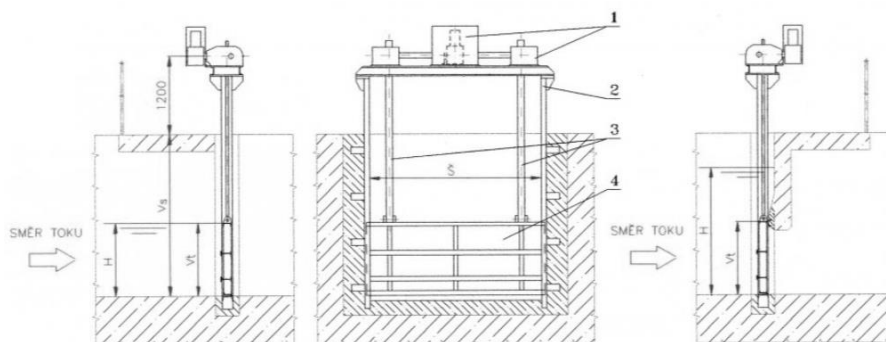
Obr. 4 Typy klapkových uzávěrů [2]

### 3.3.2 Stavidlové jezy

Stavidla zdvižná jsou celistvé hradící konstrukce (viz Obr. 5). Regulace na požadovanou hladinu je zajištěna zvedáním či spouštěním stavidel. Průtok se převádí výtokem pod tímto stavidlem. Nevýhoda této regulace je její přesnost hlavně u velkých šířek a výšek jezových polí. To způsobuje velké výkyvy hladiny v nadjezí a tyto uzávěry proto nejsou vhodné na toky, kde je kladen velký důraz na udržování určité výšky hladiny. Další nevýhoda je v problematickém převádění ledových ker a plovoucích předmětů. Převádění se provádí pro každé pole zvlášť – ostatní pole jsou uzavřena za pomoci zvednutí stavidla o jednu šestinu hradící výšky a tím dojde ke strhávání plovoucích předmětů od hladiny do výtoku pod hradící těleso. Pro zvedání stavidel je potřeba vybudovat vysoké pilíře jezu. Výhoda stavidel je jejich jednoduchá konstrukce a také možnost použití u šterkonosných toků. Zdvižná stavidla používáme jako specifické uzávěry u odběrných objektů, přelivů přehrad nebo šterkových propustí. Dosedání stavidla na dolní hranu je obvykle do I profilu, při použití prahu před jezem je vhodné dosedání uložit za vrchol prahu do vzdálenosti 0,2 z návrhové výšky při návrhovém průtoku [2].

Stavidla spustná oproti zdvižným mají jemnější regulaci hladiny nad jezem. Fungují na principu spouštění – spouštějí se úplně či částečně. Pro vyhrazení úplně spustných je potřeba hluboký vývar nebo vysoký stupeň, který ale snižuje kapacitu jezu. Proto se používají částečně spustná, při běžných průtocích se využívá přepadu a při větších průtocích se stavidlo vyhrazuje nad hladinu. Nevýhoda je vyšší spotřeba oceli oproti zdvižným. Využívají se pro menší hrazené výšky [2].

Kombinací stavidla s klapkou se splaveniny převádějí výtokem pod stavidlem. Klapka pomocí sklopení reguluje převádění ledových ker a plovoucích předmět. Používají se při hrazených výškách až do 8 m a světlosti jezových polí až do 25 m. Spotřeba oceli je zhruba  $480 \text{ kg} \times \text{m}^{-2}$  [1] [2].

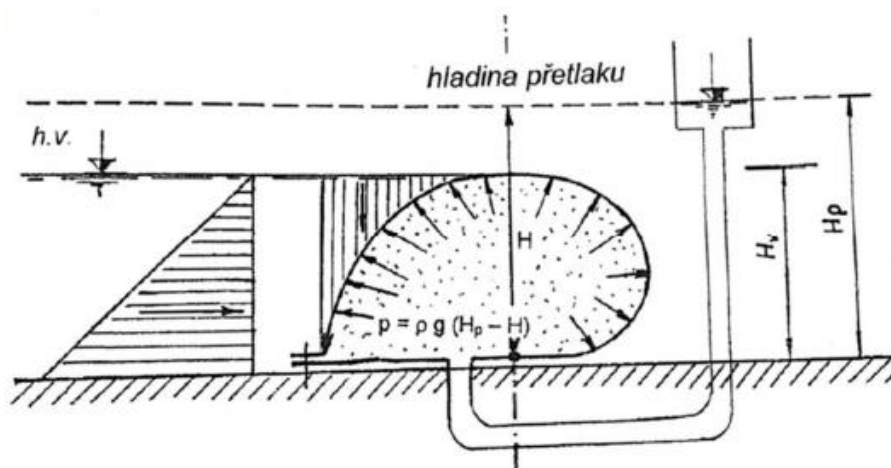


1. stavidlový mechanismus, 2. rám stavidla, 3. cévové tyče, 4. stavidlová tabule

*Obr. 5 Stavidlový uzávěr [5]*

### 3.3.3 Vakové jezy

Vakový jez je upevněn na betonovém stupni po celé šířce toku (viz Obr. 6). Vak má kapkovitý tvar a je tvořen z gumy (pryže), která je vyztužená textilní tkaninou. Okraje a spodní část vaku jsou upevněny lištami. Vak je opatřen plnicím a prázdnicím potrubím, které je osazeno šoupátky a ponorným čerpadlem. Provoz je možné při snímání hladin řídit automaticky. Velká výhoda je v malé spotřebě oceli, malé pořizovací a provozní náklady, jednoduchá doprava i montáž. V zimě vaku nevádí převádění ledových ker a pokud plovoucí předměty nejsou velkou částí ponořeny, lze převádět i je. Splaveniny mohou způsobovat obrus vaku a zkracovat jeho životnost. Nevýhodou je snadné úmyslné poškození, např. ze strany veřejnosti. Vakové jezy mohou hradiť široké jezové pole do výšky hrazení 3 m. Při hrazení výšce 3 m mají vakové jezy oproti ocelovým až 10x menší pořizovací náklady, ale ocelové mají životnost 40 až 60 let a vakové přibližně 10 až 20 let [2].

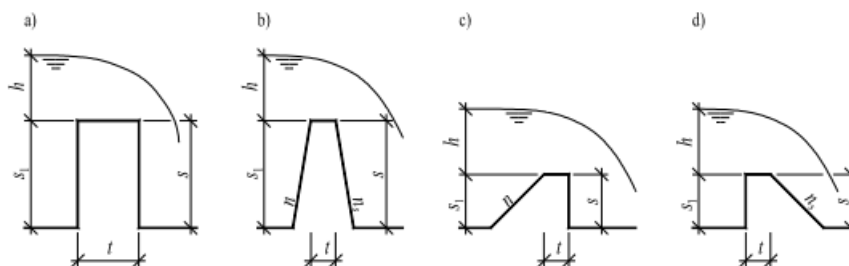


*Obr. 6 Vakový uzávěr [2]*

### 3.4 Tvar spodní stavby jezů a nízkých prahů pohyblivých jezů

#### 3.4.1 Obdélníkové a lichoběžníkové

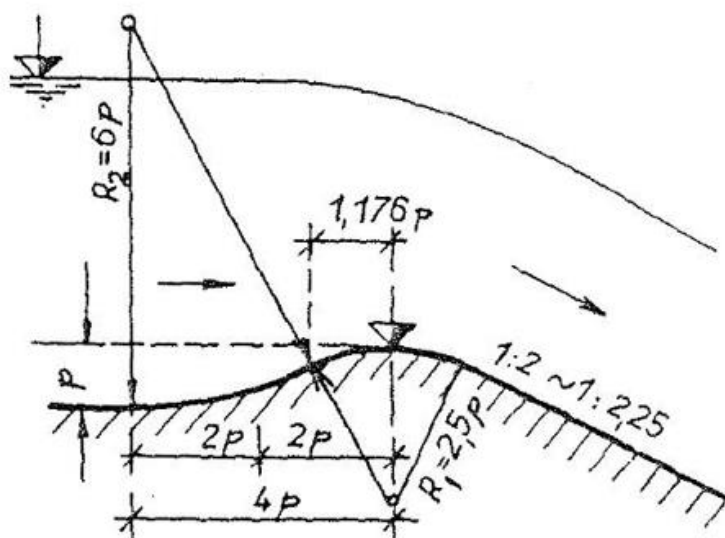
Dřívější tvary prahů byly budovány z kamenného obkladu, při tom nebylo možné zajistit větší zaoblení, proto byly prahy svislé nebo šikmé. Obdélníkový tvar je stavebně jednoduchá konstrukce, ale nevýhodná hydraulicky. Lichoběžníkový tvar dobře odolává zatížení, ale klade větší odpor přepadající vodě (viz Obr. 7) [1] [6].



Obr. 7 Obdélníkový a lichoběžníkový prah [6]

#### 3.4.2 Jamborův prah

Hydraulicky vhodných zaoblených prahů se začalo využívat při používání kvalitních betonů bez obkladů (viz Obr. 8). Při výzkumu vhodného zaoblení Jambor navrhl práh, který způsobuje jen velmi malé vzduť hladiny horní vody a nevytváří překážku při průchodu splavenin. Práh je tvořen dvěma protisměrnými kruhovými oblouky. Přejechod do vývaru je ve sklonu 1:2 až 1:2,25. Výška prahu je 0,25 až 0,30 násobek výšky hladiny při  $Q_n$  [1].



Obr. 8 Optimální tvar Jamborova prahu [3]

### 3.5 Ovládání pohyblivých uzávěrů

Pohyblivé uzávěry jsou řízeny pohybovými mechanismy spolu s pohybovými prvky u všech hradicích uzávěrů kromě hydrostatických a vakových, u kterých jsou tyto prvky a mechanismy nahrazeny působením vody [2].

#### 3.5.1 Pohybovací prvky

Jsou zařízení, kterými se přenáší zatížení z hradicího tělesa na zdvihadlo a zajišťuje pohyb hradicího tělesa. Prvky lze rozdělit na namáhané tahem (Gallův řetěz, článkový řetěz, ocelové lano) a namáhané tahem i tlakem (cévová tyč, pístní tyč, vřetenová tyč, ozubená tyč) [1].

- Gallův řetěz je složen z řady čepů, které jsou kloubově spojeny lamelami z ploché oceli. Podle zatížení lze použít jedno až trojložných řetězů [1].
- Článkový řetěz má ocelová oválná oka. Používají se pro menší zdvižné síly než Gallův řetěz. Nejčastěji se osazují u troubových a dutých klapek nad stavidly nebo segmenty. Při nízkých teplotách nejsou odolné a je možnost popraskání [1].
- Ocelové lano bylo používáno u válců a segmentů. Výhodu mělo ve velké nosnosti, ale mělo velkou průtažnost [1].
- Cévová tyč je složena buď z válcových průřezů nebo dvou lišt z ploché oceli. Zuby pastorku zdvihadla zapadají do ocelových cév, které jsou upevněny v pravidelných vzdálenostech. Používají se díky tuhosti na tlak i tah u některých druhů klapek a smykových stavidel u odběrných objektů [1].
- Pístní tyč se používá u hydraulických jezů. Na píst přenáší tlak vyvolaný tlakovým olejem [1].
- Vřetenová tyč byla použita u klapek, kde se přišlo na řadu nevýhod, kvůli kterým je dražší a méně spolehlivá než cévová tyč, která má větší uplatnění [1].
- Ozubená tyč je z ploché oceli, u které jsou na jedné straně zuby, které zapadají do pastorků. Používala se u stavidel. Jako vřetenová tyč má rychlé opotřebení a dražší výrobu [1].

#### 3.5.2 Pohybovací mechanismy

Jsou zařízení, které pohybují hradicemi konstrukcemi pohyblivých jezů. Pohyb může být ruční, motorický nebo elektrický. U elektrického pohonu je potřeba zajistit ruční pohon pro případ výpadku elektrické energie. Motorický pohon lze rozdělit na mechanická a hydraulická zdvihadla [2].

Mechanická zdvihadla pohání elektromotor a skládají se z převodové skříně a soustavy několika převodových kol, na posledním převodovém kole je přes hřídel a pastorky přenášen pohyb na pohybovací prvek. Zdvihadla jsou zakotvena do pilíře [1].

Hydraulická zdvihadla jsou složena ze zásobníku oleje, který je čerpán skrz rozvody oleje čerpadlem do hydraulických válců. Jsou vhodná pro nízký zdvih, velké pohybovací síly a pomalé rychlosti pohybu. Výhoda je v úspoře zásobníků oleje, protože stačí jeden na více polí. Zásobník oleje a čerpadlo s elektromotorem musí být nad hladinou  $Q_{100}$ , ale zbytek částí může být na, nebo v pilíři i spodní stavbě. Špatně se u nich synchronizuje pohyb s oboustranným ovládním hrazení. Vhodné je použití zdvihadel u klapek a segmentů [1].

### 3.6 Těsnění a armatury

Smyslem těsnění je zamezení pronikání vody mezi spárami pevné konstrukce a pohyblivými částmi jezu. Pro správné fungování musí být k těsnění vhodně řešený přístup pro revizi nebo výměnu, musí odolávat deformacím pohyblivých uzávěrů, teplotním rozdílům a být pružné. Účinnost těsnění se vyjadřuje v průsaku v  $l \times s^{-1}$  na 1 m délky těsnění. Jako materiál těsnění se používá pryž [1].

Těsnění se podle polohy dělí na:

- Vodorovné prahové těsnění brání pronikání vody mezi spodní stavbou a dolní hranou hradícího tělesa. Umisťuje se na spodní hranu hradící konstrukce a dosedá na armaturu prahu jezu nebo je těsnění na dně prahu a hradící uzávěr na něj doléhá [1].
- Svislé boční těsnění je umístěné na boční hraně hradícího tělesa, které dosedá na pilíř nebo na boční hranu vedlejšího hradícího tělesa. Pryž má tvar noty, která může být s kruhovým otvorem nebo plná [4].
- Vodorovné mezilehlé těsnění slouží u dvoudílných stavidel a segmentů nebo u hradících těles s připojenou klapkou k zamezení pronikání vody v doléhání, protože při pronikání v nízkých teplotách by docházelo k zamrznání a omezení pohybu.
- Vodorovné čelní těsnění se vkládá na horní konec mezi dva objekty např. mezi hradící těleso a nornou stěnu [4].
- Armatury hradících konstrukcí jsou konstrukční prvky trvale s nimi spojené, umožňují pohyblivé uložení hradících těles se spodní stavbou nebo pilíře jako jsou ložiska, podvozky a ozubené věnce. K jejich vedení při pohybu slouží vodítka, vodící a opěrné kladky. K připojení pohybovacích prvků se využívají závěsná oka, čepy a páky, k rozmrazování se používá vyhřívání a pomocí rozrážeců se rozděluje přepad přes jez [1].



## 3.7 Funkční objekty na jezích

### 3.7.1 Odběrné a vtokové objekty

Pro odběr vody se na jezu buduje odběrný objekt. O umístění rozhoduje konstrukční a ekonomické posouzení. Odběrný objekt musí být volen vhodně hydraulicky, aby vznikaly co nejmenší hydraulické ztráty na vtoku. Mimo účely pro závlahu, kde mohou vnikat jemné částice má být zabráněno vniknutí hrubých a jemných splavenin do náhonu, proto se na vtoku buduje práh. U odběrů s nutnou regulací hladiny se vybavuje objekt jednoduchým provozním uzávěrem a pro revizi a opravy i provizorním hrazením. Umístění odběru závisí na velikosti odebíraného množství, potřebné výšce hladiny a na zamezení vniknutí splavenin, plovoucích předmětů a ledových jevů. Pro zamezení strhávání splavenin do náhonu a velkým hydraulickým ztrátám na vtoku se jako maximální rychlost uvažuje  $1,5 \text{ m}\times\text{s}^{-1}$ , ale ideální je  $0,7$  až  $1 \text{ m}\times\text{s}^{-1}$  [1].

Části odběrného objektu jsou:

- Vtokový práh, který má být nad dnem koryta v nadjezí ve výšce  $0,3$  až  $2$  m. Horní hrana je zaoblená. Před prahem se opevňuje dno koryta, popř. se instaluje štětová stěna pro zamezení protékání vody podložím [7].
- Norná stěna nad vtokovým prahem chrání před ledovými jevy a plovoucími předměty jako jsou větve a hrubé nečistoty, které mohou ucpávat koryto náhonu. Spodní hrana norné stěny se dělá  $0,5$  m pod minimální hladinu vzduší a je připevněna na lávku nebo je podepírána pilíři. Pro případ strhnutí předmětů pod nornou stěnu se opatřuje otvor hrubými česlemi. Česle mohou být svislé nebo v mírném sklonu cca  $11^\circ$ . Rozteč česlic je  $150$  až  $300$  mm. Česle je potřeba čistit, aby se nezvětšoval hydraulický odpor [7].
- Usazovací prostor za prahem slouží k zachytávání splavenin. Prostor je vytvořen svahem za prahem a na jeho konci je další práh, ve kterém se usazují splaveniny. Z prostoru se tyto splaveniny musí pravidelně odstraňovat, k tomu se využívá bagrování nebo u více štěrkonosných toků proplachovací kanál, který je opatřen stavidlovým uzávěrem. Odpadní kanál je napojen na koryto pod jezem [4].
- Regulačním uzávěrem je ovládaný přítok vody do odběrného kanálu. Slouží i k provizornímu zahrazení při opravách. Jako regulační uzávěr se nejčastěji používá stavidlový uzávěr, který může být také opatřený nornou stěnou. Volba vhodného typu odběrného objektu je ovlivněna charakterem toku jako je rychlost proudu, velikost poloměrů oblouků, hydrologickém a splaveninovém režimu, podle výskytu ledových jevů, na umístění jezů v rovném úseku nebo oblouku a na velikosti odebíraného množství z celkového průtoku [4].

Rozdělení odběrných objektů:

- Boční odběr jednostranný nebo oboustranný se kříží s tokem pod úhlem až  $90^\circ$ . Vhodné jsou na střední a nižší úseky řek. U jednostranného odběru je vhodné umístění u konkávního břehu. Při oboustranném odběru je ideální umístit odběr do rovného úseku toku [4].
- Odběry využívající příčné cirkulace proudění mají uplatnění na horských i nížinných částech řek. Vlivem zakřivení koryta nebo vhodným umístěním jezu a odběrného objektu lze využít cirkulaci proudění. Čelně se odebírá voda a zbytek průtoku spolu se splaveninami teče dále k jezu. U tohoto odběru se nejčastěji odebírá z jedné strany břehu [4].
- Čelní odběr může být jednostranný, který je vhodný pro zavlažovací systémy nebo oboustranný, pokud je podobný průtok na obou březích. Odběr je postaven čelně vedle jezu. Vodní sloupec je horizontálně rozdělen na část výšky toku, ve které je nejméně hrubých splavenin, která se odebírá a spodní část výšky je odváděna se splaveninami pod jez [4].
- Odběr ze zakřiveného koryta vedle toku je z konkávní části. Koryto má kolem jezu obloukovitý tvar, který způsobuje příčnou cirkulaci vody a zajišťuje, aby se do náhonu dostala voda bez splavenin, které dále pokračují v oblouku do koryta pod jez [4].
- Dnový odběr tvoří žlab pod přelivem. Voda natéká do žlabu přes přeliv. Přes žlab jsou umístěny jemné česle nebo ocelová síť. Princip odběru je v zachycení hrubých splavenin v česlech nebo na síti a do žlabu proudí voda jen s jemnými splaveninami. Toto řešení je vhodné pro toky s vysokým podílem hrubých splavenin jako jsou horské toky s bystřinným prouděním. Umístění dnového odběru je v konkávním břehu [4].
- Pokud nelze provést odběr gravitačně do vyšších poloh nebo při nutnosti dodávat vodu s určitým tlakem, lze odebírat vodu čerpáním [1].

### 3.7.2 Štěrkové propusti

Štěrkové propusti se budují vedle odběrných objektů k odplavování nánosů zachycených prahem pod jez. Dno propusti musí být na stejné úrovni jako dno toku v nadjezí. U propustí se využívají zdvižná stavidla nebo segmenty, protože při malém zdvihnutí je dosaženo vysokých rychlostí u dna a tím je umožněno snadnější strhávání nánosů. Pro návrh je nutné znát splaveninový režim a kritickou rychlost, při které se splaveniny dávají do pohybu. Ekonomicky výhodné jsou tyto štěrkové propusti pouze na tocích s velkým množstvím splavenin, které by mohly ve velké míře vnikat do odběrných objektů a náhonů [1] [6].

### 3.7.3 Propusti pro lodní dopravu

Dříve se velké toky využívaly pro plavení dřeva. Dnes se staví propusti pro lodě převážně kvůli rekreačním účelům. Pro bezpečnou sjízdnost jsou u jezů zřizovány sportovní propusti [2].

### 3.7.4 Rybí přechod

Při příčném přehrazení toku je omezena migrace ryb proti proudu a v toku se mění biologické poměry. Pro usnadnění migrace se budují rybí přechody. Migrace může být katadromní ze sladké vody do vody mořské za účelem rozmnožování jako příklad je úhoř říční, nebo anadromní migrace z mořské do sladké vody za účelem rozmnožování jako losos obecný [8] [9].

V rámci sladkovodních vod lze rozdělit migraci na:

- Reprodukční, která je důležitá z hlediska zachování rybí populace. Ryby hledají vhodné prostředí pro uložení a následný vývoj jiker [9].
- Potravní, která probíhá v rámci dne nebo podle ročního období [9].
- Kompenzační, jenž nastává při povodni, kdy se ryby vracejí na původní stanoviště nebo migrují při vzniku znečištění vody [9].
- Okupační, kdy se rybí druhy rozšiřují do nových oblastí [9].
- Vývojovou, která nastává, když danému jedinci po určitém vývoji již nevyhovují podmínky [9].
- Únikovou při ohrožení života ryby například při nízké hladině vody, při nedostatku rozpuštěného kyslíku, při zvýšeném obsahu toxických látek [9].
- Sezónní probíhající v zimním období, kdy ryby hledají ideální místo na přezimování [9].

Intenzita rybí migrace také závisí na rybím pásmu. Pásma se dělí na pstruhové, lipanové, parmové a cejnové. V každém rybím pásmu je jiná rybí obsádka, která zvládá překonat určitou rychlost proudu a na tuto rychlost se musí přizpůsobit rybí přechod [10].

Aby rybí přechod správně fungoval, měl by vstup do přechodu pod jezem ryby navést přímo do něj. Ryby vyhledávají proud vody, proti kterému táhnou, ale nevyhovuje jim příliš bouřlivý proud. Proto musí být vtok do přechodu rychlejší než ten, který vychází z podjezí. Ideální je navázání na proudnici toku. Vtok je vhodné umístit mimo vývar jezu, ale zároveň není ideální ho umístit ani příliš daleko za jez. Nad jezem musí vést vyústění pod minimální hladinu vody a být dostatečně daleko, aby proud nestahoval ryby zpět k jezu [1].

Nejpoužívanějším technickým rybím přechodem je komůrkový, který se skládá z komůrek s výškovým rozdílem, které jsou odděleny přepážkami. Přes přepážky střídavě voda přetéká a podtéká otvory ve dně a tím je dosaženo klidnějších míst. Tyto přechody nejsou vhodné pro velké spády a potřebují větší množství vody [1].

Pro toky s vhodným terénem a podložím lze navrhnout bystřinné přechody, které nespotebouvávají tolik vody, jsou přírodě bližší než betonové přechody, ale zabírají více místa [1].

Základní charakteristiky pohybu jednotlivých rybích druhů je uvedena v Hodnoty migrační výkonnosti některých druhů ryb.

Tab. 1 Hodnoty migrační výkonnosti některých druhů ryb [11]

Druh	Délka těla ryby cm	Skoková rychlost plavání $m \cdot s^{-1}$	Maximální rychlost plavání $m \cdot s^{-1}$	Výška skoku m
Pstruh obecný	5	0,92	0,75	0,28
	15	1,65		0,40
	30	3,10		0,80
Střevle potoční	7	1,10	0,55	0,30
Vranka obecná	8	0,60 až 1,00	neplave	0,05
Vranka pruhoploutvá	8	0,60 až 1,00	neplave	0,05
Jelec tloušť	30	1,50 až 2,70	0,80	0,50
Ostroretka stěhovavá	30	1,60 až 3,10	0,85	0,35
Parma obecná	35	1,80 až 2,70	0,90	0,40
Cejn velký	25	0,60 až 0,95	0,50	0,25
Mník jednovousý	50	1,30	0,80	0,40
Mihule potoční	18	0,50 až 0,80	0,50	0,10

Skoková rychlost plavání je taková rychlost, při které ryba vyvine určitou rychlost po dobu několika sekund. Maximální rychlost plavání je rychlost, při které je ryba schopna plavat touto rychlostí několik desítek sekund. Kromě velikosti ryby ovlivňuje rychlosti také teplota vody a pohlaví ryb [11].

### 3.8 Stupně povodňové aktivity

Stupeň povodňové aktivity (dále jen „SPA“) udávají míru povodňového nebezpečí, které je vázáno na směrodatné limity, kterými mohou být vodní stavy nebo průtoky. SPA lze rozdělit na tři kategorie. První stupeň stav bdělosti nastává při nebezpečí přirozené povodně. Při tomto stupni se věnuje zvýšená pozornost toku. Pokud nebezpečí pomine stav bdělosti je ukončen, pokud přeroste nebezpečí v povodeň je vyhlášen druhý stupeň stav pohotovosti. Dochází k omezenému rozlivu z koryta a škody mimo koryto jsou malé. Aktivují se povodňové orgány, které zabezpečují práce ke zmírnění průběhu povodně. Při nebezpečí vzniku větších ztrát nebo ohrožení životů se vyhláší třetí stupeň stav ohrožení. Podle ohrožení životů se může zahájit evakuace nebo záchranné práce. Jezová konstrukce mívá obvykle definovány jednotlivé SPA ve vazbě na nejbližší hlásný profil nebo vodočet v jezovém profilu [12].

## 3.9 Hydraulika jezu

### 3.9.1 Průtočná kapacita jezu

Kapacitní průtok musí být alespoň o 5% větší než návrhový průtok, aby jezová konstrukce neovlivnila tento průtok neovlivnila [10].

$$Q_{KAP} = \sigma_z \times m \times b_0 \times \sqrt{2 \times g} \times h_0^{3/2} \quad (3.1)$$

kde:	$\sigma_z$	součinitel zatopení přelivu
	$m$	součinitel přepadu
	$b_0$ [m]	účinná šířka přelivu
	$g$ [m×s <sup>-2</sup> ]	gravitační zrychlení
	$h_0$ [m]	součet přepadové výšky a přítokové rychlostní výšky

#### Součinitel zatopení přelivu $\sigma_z$

Součinitel  $\sigma_z$  je závislý na poměru výšky hladiny dolní vody nad korunou přelivu a přepadové výšce. Součinitel je bezrozměrný člen a je v rozmezí hodnot  $\sigma_z = 1$  pro dokonalý přepad a  $\sigma_z < 1$  pro nedokonalý přepad. U dokonalého přepadu hladina dolní vody neovlivňuje hladinu horní. Při nedokonalém přepadu dolní voda ovlivňuje horní vodu a tím i kapacitu jezu. Pro určení součinitele zatopení Jamborova prahu lze interpolovat podle Tab. 2 [10].

Tab. 2 Tabulka pro interpolaci součinitele zatopení

$h_d/h$	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.95
$\sigma_z$	0.99	0.98	0.96	0.906	0.79	0.575	0.412

#### Součinitel přepadu $m$

Pro obdélníkový přeliv je součinitel přepadu podle poměru výšky návrhové hladiny a šířky koruny od 0,3 až 0,42 [10].

U lichoběžníkového tvaru přelivu závisí na výšce koruny prahu, sklonech návodních a povodních stěn a na poměru výšky návrhové hladiny a šířky koruny v rozmezí 0,35 až 0,44 [10].

Pro Jamborův práh lze vypočítat součinitel přepadu podle:

A) J. Skaličky – jeho vztah závisí na poměru  $h/p$ . Platí v rozmezí hodnot  $0,5 < h/p < 2,8$

$$m = 0,36273 + 0,05616 \times \frac{h}{p} - 0,009213 \times \left(\frac{h}{p}\right)^2 \quad (3.2)$$

Kde:	$h_n$ [m]	přepadová výška při $Q_N$
	$p$ [m]	výška prahu spodní stavby nad horním dnem

B) Laca – jeho vztah závisí na poměru  $p/h$ . Platí v rozmezí hodnot  $0,15 < p/h < 0,6$

$$m = \frac{2}{3} \times \left( \frac{x}{\left(\frac{p}{h}\right)^y} \right) \quad (3.3)$$

Kde: Hodnoty  $x$  a  $y$  jsou závislé u přelivu na typu kontrakcí. Bez kontrakce  $x = 0,622$ ,  $y = 0,113$ , s kontrakcí u břehu a záhlaví nábrežních pilířů obdélníkové  $x = 0,57$ ,  $y = 0,023$ .

$p$  [m] výška prahu spodní stavby nad horním dnem

$h_n$  [m] přepadová výška při  $Q_N$

### účinná šířka přelivu $b_0$

$$b_0 = b - (n \times \varepsilon_p + 2 \times \varepsilon_k) \times h_0 \quad (3.4)$$

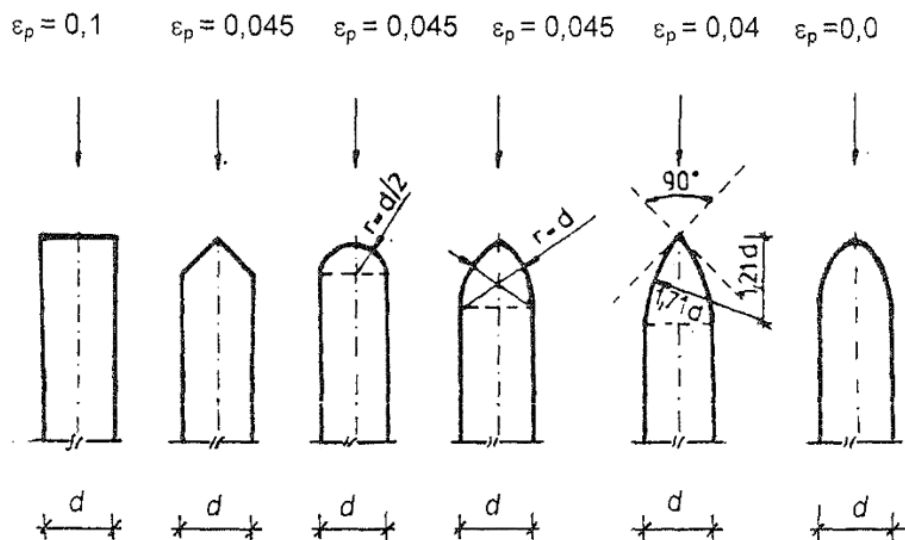
Kde:  $b$  [m] navržená šířka jezového pole

$n$  počet kontrakcí dělicích pilířů

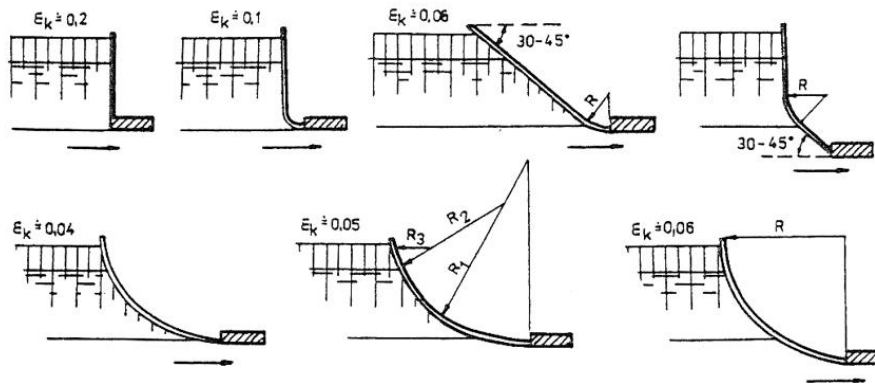
$\varepsilon_p$  tvarový součinitel dělicího pilíře (viz Obr. 9)

$\varepsilon_k$  tvarový součinitel břehových pilířů (viz Obr. 10)

$h_0$  [m] součet přepadové výšky a přítokové rychlostní výšky



Obr. 9 Přední a zadní záhlaví dělicích pilířů [3]



Obr. 10 Tvary křídel břehových piliřů [3]

### Přepadová výška zvětšená o přítokovou rychlostní výšku $h_0$

$$h_0 = h_n + \frac{\alpha \times v_0^2}{2 \times g} \quad (3.5)$$

Kde:	$h_n$	[m]	přepadová výška při $Q_N$
	$v_0$	[m×s <sup>-1</sup> ]	průřezová přítoková rychlost
	$g$	[m×s <sup>-2</sup> ]	tíhové zrychlení

### 3.9.2 Návrh nadjezí, podjezí a vývaru

Hloubka vody nad prahem je vyšší než před prahem, a to zapříčiňuje nižší rychlosti před prahem než nad prahem. Na vymílání dna před jezem má vliv přítoková rychlost, podle které se navrhuje betonová deska, hrubší šterk, kámen, kamenná rovnanina nebo kamenná dlažba. Pro posouzení stability jezové konstrukce před jezem je důležité posoudit rozdělení rychlostí proudění ve zvláštních případech jako při hrazení jen jedním jezovým polem (při převádění ledových jevů) nebo při vyplachování šterkové propusti musíme tyto rychlosti porovnat s nevymílacími rychlostmi [1].

Za jezem vzniká vodní skok, pro vhodné utlumení kinetické energie musí přejít proudění z bystrinného na říční. Nejvhodnější typ vodního skoku je vzdutý, který lze zajistit vyvýšeným prahem, rozrážeči nebo zahloubeným vývarem. Vyvýšený práh stabilizuje vodní skok, ale při proudění přes něj se zvyšuje rychlost. Práh musí být jen tak vysoký, aby nevzniklo bystrinné proudění nebo výmoly za prahem. Je nutné vybudovat dlouhé opevnění dna, což zvyšuje náklady. Rozrážeče mají podobné nevýhody, proto je nejvhodnější prohloubený vývar [1].

#### Hloubka zahloubení $d_N$

$$d_N = \sigma \times h_2 - h_d \quad (3.6)$$

Kde:	$\sigma$		
	$h_2$	[m]	druhá vzájemná hloubka vodního skoku

$h_d$  [m] výška hladina v podjezí

**Délka vývaru  $L_v$**

$$L_v = K \times (h_2 - h_1) \quad (3.7)$$

Kde:  $K$  součinitel z poměru vzájemných hloubek

$h_1$  [m] první vzájemná hloubka vodního skoku

$h_2$  [m] druhá vzájemná hloubka vodního skoku

*Tab. 3 Součinitel  $K$*

$h_2/h_1$	$K$
3-4	5.5
4-6	5
6-20	4.5
<20	4

**Tloušťka vývarové desky  $td_D$**

$$td_D = 0,15 \times v_1 \times \sqrt{h_1} \quad (3.8)$$

Kde:  $v_1$  [ $m \times s^{-1}$ ] průřezová rychlost v místě dopadu

$h_1$  [m] první vzájemná hloubka vodního skoku

**Délka opevnění za vývarem  $L_0$**

$$L_0 = \langle 10\% \times h_d; 13\% \times h_d \rangle \quad (3.9)$$

Kde:  $h_d$  [m] výška hladina v podjezí

**Hloubka výmolu pod jezovým tělesem  $A_0$  a velikost výmolu za vývarem  $A$**

$$A_0 = \left( 6 \times H^{0,25} \times q^{0,5} \times \left( \frac{h_d}{d_{90}} \right)^{\frac{1}{3}} - h_d \right) \quad (3.10)$$

Kde:  $H$  [m] rozdíl hladin v nadjezí a podjezí

$q$  [ $m^3 \times s^{-1}$ ] specifický průtok

$h_d$  [m] výška hladina v podjezí

$d_{90}$  [mm] velikost zrna zemin podloží odpovídající 90% křivky zrnitosti

$$A = k' \times A_0 \quad (3.11)$$

Kde:  $k'$  součinitel úměrnosti (0,45 až 0,65)

$A_0$  [m] hloubka výmolu pod jezovým tělesem



## 4 CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

### 4.1 Identifikační údaje

Název toku:	Kyjovka
Říční kilometr:	51,379
Číslo vodohospodářské mapy:	34-22 Hodonín
Katastrální území:	Kyjov
Kraj:	Jihomoravský
Okres:	Hodonín
Obec:	Kyjov
Správce:	Povodí Moravy

### 4.2 Popis zájmového území

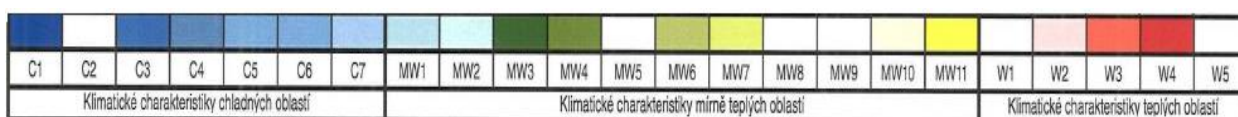
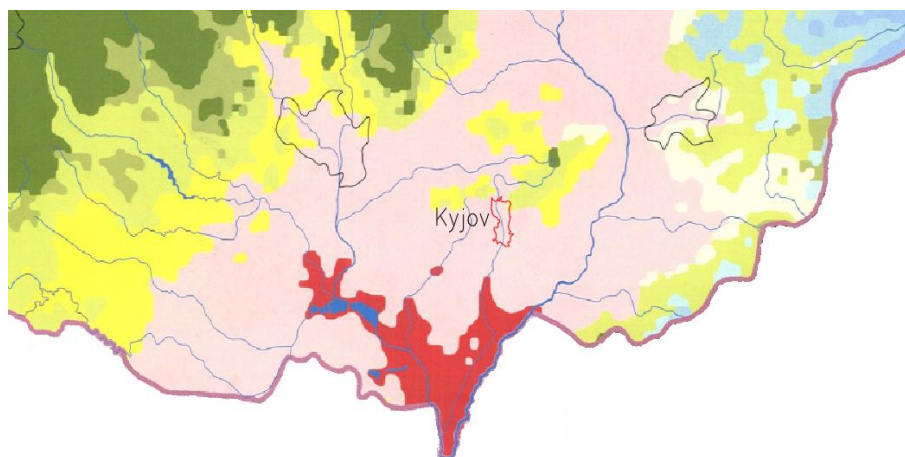
Zájmové území se nachází v Jihomoravském kraji v obci s rozšířenou působností Kyjov, nacházející se vzdušnou čarou 43 km jihozápadně od Brna. Celková rozloha činí 29,88 km<sup>2</sup>. Z toho je 57,4 % zemědělská půda, 25,2 % lesní půda, 1,17 % tvoří vodní plochu, 4,69 % jsou zastavěné plochy a zbylých 11,5 % jsou ostatní plochy [13].

### 4.3 Klimatické podmínky

Pro stanovení klimatických typů se používají klasifikace. Nejpoužívanější klasifikace je od klimatologů Köppena a Geigera. Jedná se o nejrozšířenější a nejpoužívanější klasifikaci podnebí, ale její použití není pro regionální oblasti příliš vhodné. Pro zájmové území je zařazena mezi mírné oceánické podnebí. Pro Českou a Slovenskou republiku vytvořil geograf a klimatolog Quitt klasifikaci, která je jemnější a vhodná pro státní úroveň. Tato klasifikace vznikla na základě klimatických dat z období 1901-1950. Česko bylo rozděleno na 13 jednotek ve třech klimatických oblastech podle 14 charakteristik. V roce 2000 byla klasifikace aktualizována – data byla sesbírána z období 1961-2000 (viz Obr. 11). Podle této klasifikace oblast Kyjova patří do teplé oblasti se zařazením W2 [14] [15].

Některé charakteristiky W2:

- průměrné množství srážek: 550-700 mm
- průměrný počet dní se srážkami 1 mm a více: 90-100
- počet dní s průměrnou teplotou 10 °C a více: 160-170



Obr. 11 Aktualizovaná verze Quittovy klasifikace podnebí [15]

Průměrné roční teploty v této oblasti jsou 8-9 °C.

#### 4.4 Geomorfologické poměry

Zájmová oblast spadá do systému Alpsko-himalájský, provincie Západní Karpaty, oblasti Středomoravské Karpaty a celek Kyjovská pahorkatina. Podrobnější členění je v Tab. 4. Kyjovská pahorkatina má rozlohu 487 km<sup>2</sup>, střední výška je 235 m a střední sklon je 3°30'. tvar pahorkatiny je klínovitý (viz Tab. 4).

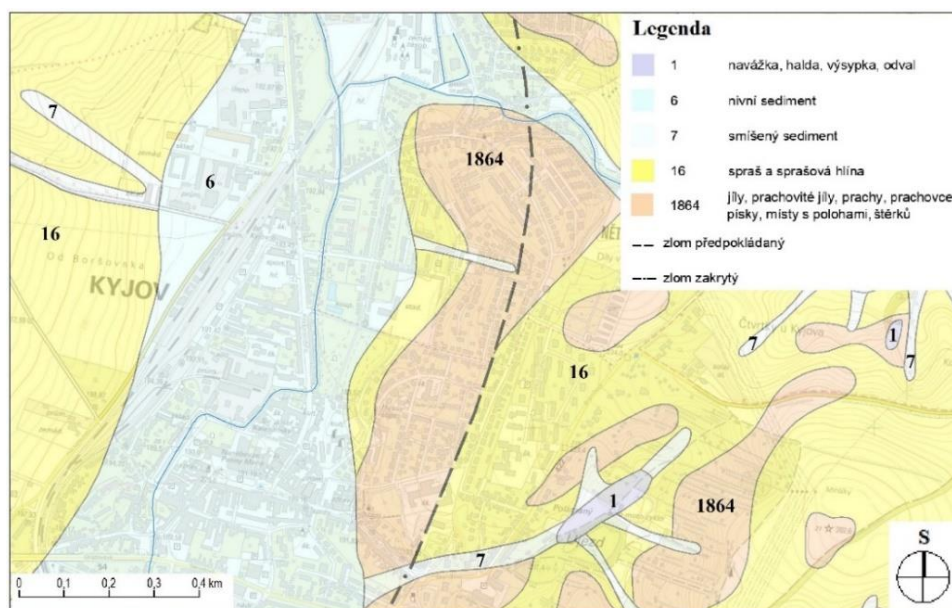
Tab. 4 Geomorfologické zařazení [16]

system	Alpsko-himalájský
subsystem	Karpaty
provincie	Západní Karpaty
subprovincie	Vnější Západní Karpaty
oblast	Středomoravské Karpaty
celek	Kyjovská pahorkatina

#### 4.5 Geologické podklady

##### 4.5.1 Geologické poměry

Území Kyjova se nachází v soustavě Karpat i Českého masivu. Na většině území jsou nivní sedimenty ve formě nezpevněného sedimentu z vodních nádrží a toků. Dále se tu nachází spraš a sprašová hlína. V menší míře se tu vyskytuje antropogenní navážka, halda, výsypka, odvaly a smíšený sediment. Ze soustavy Karpat a útvaru neogén jsou zde zastoupeny jíly, prachovité jíly, prachy, písky a místy i štěrky (viz Obr. 12) [17].

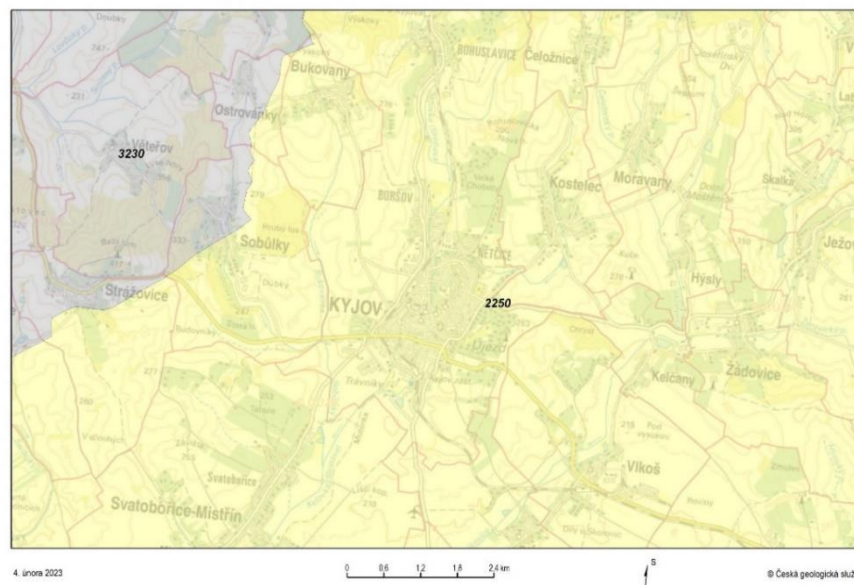


Obr. 12 Geologická mapa [17]

#### 4.5.2 Hydrogeologické poměry

Hydrogeologický rajon je území s podobnými hydrogeologickými poměry, typem zvodnění a oběhem podzemní vody. Rajony se rozdělují na tři vrstvy a to svrchní, základní a hlubinnou vrstvu [12].

Kyjov a jeho nejbližší okolí spadá podle hydrogeologických rajonů mezi rajon 2250 - Dolnomoravský úval – severní část, který má rozlohu 1416,9 km<sup>2</sup> a patří do povodí Dunaje (viz Obr. 13). Tento rajon spadá do skupiny neogenních sedimentů vněkarpatských a vnitrokarpatských pánví do geologické jednotky terciální a křídové sedimenty pánví. Podzemní voda se objevuje v propustnějších písčitéch vrstvách neogenních sedimentů o malé mocnosti a v kvartérním plášti. První zvoděň je ve fluviálních sedimentech toku Kyjovky. Množství podzemní vody je závislé na vsakování srážek z povrchu, které je ovlivněno zpevněnými plochami, městskou zástavbou a vodními toky. Hladina podzemní vody je volná až mírně napjatá, výška je závislá na klimatických podmínkách a na hladině řeky Kyjovky. Při těžbě lignitu v dolech v jižní části obce byla hladina závislá na čerpání vod z těchto dolů, těžba bylo ukončena v roce 1961. Na severozápadě je rajon 3230 - Středomoravské Karpaty - severní část, jeho rozloha je 1173,3 km<sup>2</sup> a náleží do povodí Dunaj (viz Obr. 13). Skupiny rajonů jsou flyšové sedimenty a geologická jednotka sedimenty paleogénu a křídý Karpatské soustavy. Hladina vody je volná, typ propustnosti průlino - puklinová [18].



*Obr. 13 Hydrogeologické rajony [18]*

V okolí rekonstruovaného jezu bylo provedeno několik vrtných průzkumů. Nejbližší je vrt hluboký 4 m s označením V-18, který je vzdálený 44,5 m od jezu. Byl proveden v roce 1970, kóta terénu je 190,10 m n. m. Byl proveden rozbor geologie pro inženýrskogeologický účel. Do hloubky 4 m nebyla nalezena hladina podzemní vody [19] [20] [21].

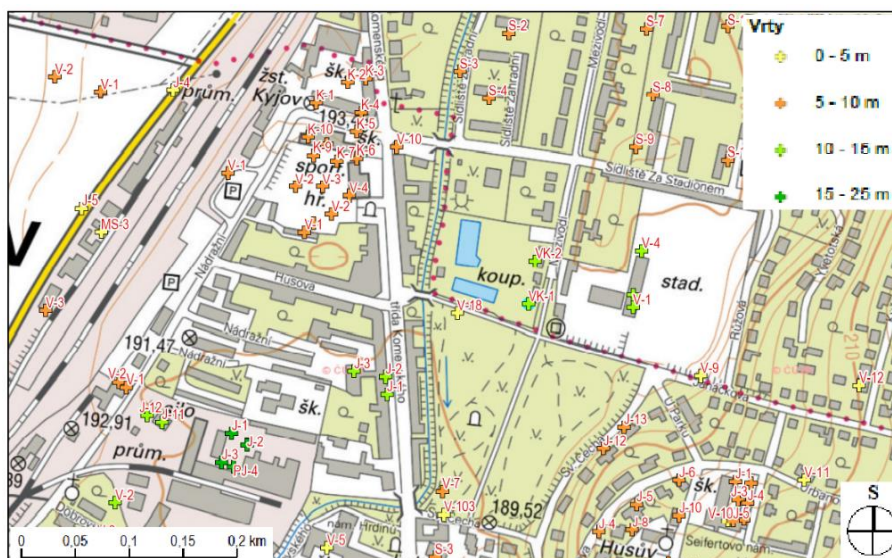
Vrt má následující petrografii:

- 0,0 – 1,8 m navážka hlinitokamenitá
- 1,8 – 3,1 m hlína jílovitá tuhá, šedohnědá
- 3,1 – 4 m jílu tuhý, vlhký, tmavě šedý

Vrt HVK-1 nacházející se mezi Kyjovkou a bazénem byl proveden v roce 2010 pro čerpací zkoušky s cílem určit vydatnost vrtu. Vrt má sloužit k doplňování vody v bazénech a pro závlahu stadionu. Kóta terénu je 190,27 m n. m., vrt je hluboký 10,5 m. Hladina podzemní vody je 2,0 m pod povrchem. Čerpací zkouška zjistila při čerpání  $5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  pokles hladiny podzemní vody o 2,03 m, kde se ustálila. Při snížení čerpání průtoku na  $3,3 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  hladina vystoupala o 0,97 m, kde došlo k ustálení. Při stoupací zkoušce bylo 26 minut stoupání dynamické o 0,84 m, poté probíhalo volněji a na původní hladinu se dostalo po 6 hodinách. Ze studny lze čerpat nižší jednotky  $1 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Na konci čerpání byl odebrán vzorek vody pro laboratorní rozbor. Voda je minerální. Obsahovala vysoké koncentrace síranů a vápníku. Voda také obsahovala velké množství železa a manganu, které způsobují její černohnědé zbarvení. Voda je velmi tvrdá, nízké jsou hodnoty dusitanů a dusičnanů [19] [20] [21].

Petrografie vrtu je následující:

- 0,0 – 2,0 m navážka
- 2,0 – 3,5 m stará kamenná stavba
- 3,5 – 5,8 m povodňová hlína
- 5,8 – 6,8 m jíl, pestrobarevný
- 6,8 – 7,0 m písek, šedý
- 7,0 – 8,8 m štěrkopísek, zajílovaný
- 8,8 – 9,0 m písek, šedomodrý
- 9,0 – 10,5 m jíl písčitý, šedomodrý

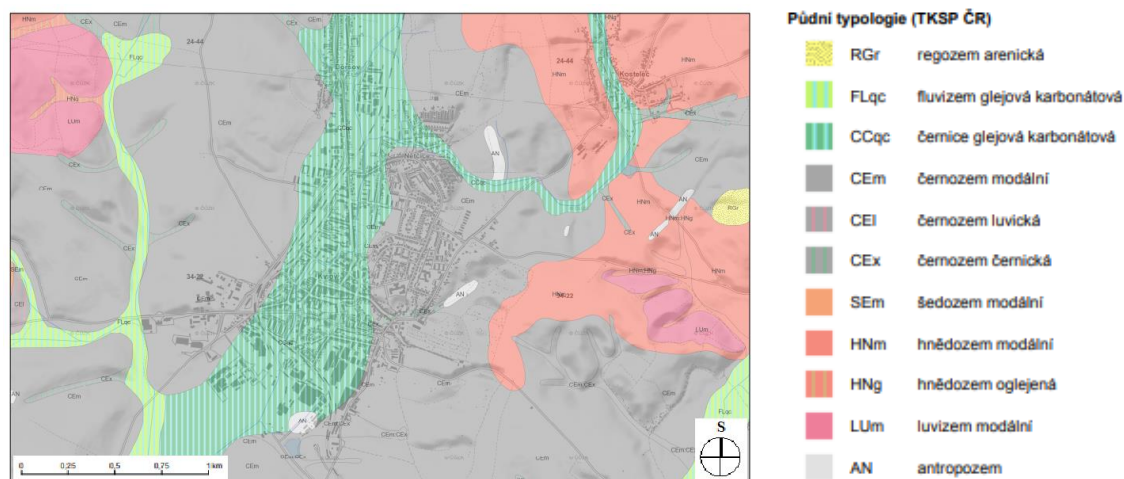


Obr. 14 Vrtná prozkoumanost [21]

#### 4.5.3 Pedologické poměry

V oblasti údolní nivy se nachází černice glejová karbonátová, která je středně těžká i lehčí, bez skeletu. Kolem nivy se vyskytuje černozem modální, což je půda středně těžká, převážně bezskelovitá. Ve východní části je ve velké míře hnědozem modální, která je středně těžká. V několika malých částech se nachází antropozem, která je vytvořena člověkem z různých substrátů. V západní části je fluvizem glejová karbonátová, která je středně těžká nebo těžká s žádným nebo slabým skeletem (viz Obr. 15) [22] [23].





Obr. 15 Pedologické poměry [23]

#### 4.5.4 Stupeň seizmicity

ČSN EN 1998 rozlišuje seizmicitu podle velikosti retenčního špičkového zrychlení podloží  $a_{gR}$ , ta je pro celý okres Hodonín konstantní  $(0,08-0,01) \times g$ . Pro určení stupně seizmicity je potřeba určit součin  $a_{gR}$ , součinitele podloží  $S$  a součinitele významu stavby  $\kappa$  [24].

$a_g \times S < 0,05 \Rightarrow$  velmi malá seizmicita, není potřeba řídit se Eurokódem 8

$a_g \times S > 0,1 \Rightarrow$  malá seizmicita, je potřeba počítat podle Eurokódu 8 [24].

$$a_g \times g = a_{gR} \times \kappa \times S \quad (4.1)$$

Kde:  $a_{gR} = 0,08 \times g$

$\kappa = 0,8$

IV. třída

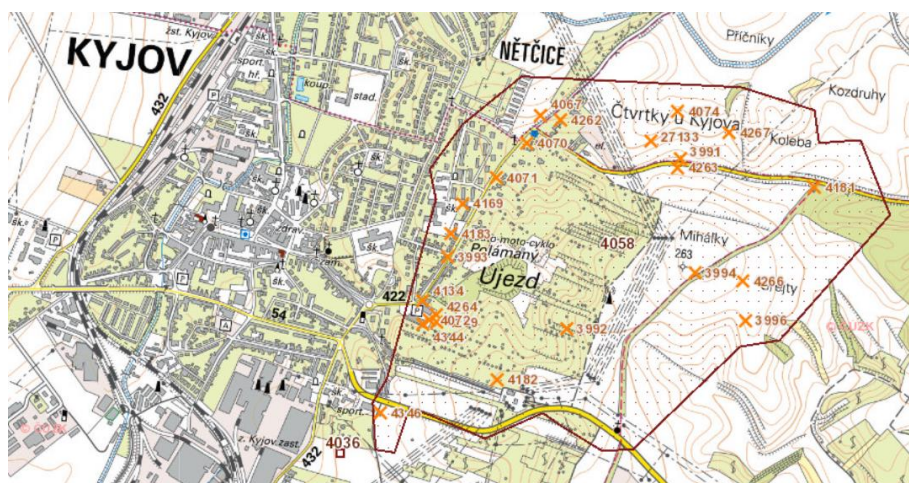
$S = 1,15$

typ zeminy C

$$a_g \times S = 0,074$$

Stupeň seizmicity pro zájmové území je podle české verze evropské normy malá. Pro stanovení návrhu stavby je nutné postupovat podle Eurokódu 8. V návrhu se s tímto faktorem nepočítá [24].

V blízkosti zájmového území byl dříve důl na těžbu lignitu (viz Obr. 16). Důl byl z důvodu nerentabilnosti uzavřen a těžba byla v roce 1961 ukončena. V oblasti kolem dolu vznikají praskliny na domech. Pro posouzení vlivu na rekonstrukci by bylo potřeba provést další zkoumání [25].



Obr. 16 Mapa důlních děl a poddolování [23]

#### 4.6 Hydrologické podklady

Řeka Kyjovka pramení na jižním svahu kopce Vlčák poblíž vrchoviny Chříby v nadmořské výšce 512 m n. m. u obce Staré Hutě v okrese Uherské Hradiště. Kyjovka je levostranným přítokem Dyje, do které se vlévá v jejím říčním kilometru 111,4 km v nadmořské výšce 150 m n. m. u města Lanžhot. Délka toku Kyjovky je 86,7 km a celková plocha povodí je 665,8 km<sup>2</sup>. Mezi největší přítoky patří levostranná Kratinka a Hruškovice a pravostranná Svodnice, Průšánka, Šardický a Mutěnický potok. Na toku se nachází vodní dílo Koryčany u stejnojmenné obce, objem nádrže je 2,5 mil. m<sup>3</sup>. Účel nádrže je zachytávání protipovodňových průtoků, k výrobě elektrické energie v malé vodní elektrárně, k odběru pitné vody do vodovodu Kyjov a k zajištění trvalých minimálních průtoků. Dále průtočný Jarohněvický rybník u obce Dubňany sloužící k protipovodňové ochraně a pro intenzivní chov ryb zejména kaprů. Soustava Mutěnických rybníků pro chov ryb a kaskádou Hodoninských rybníků pro chov ryb, kachen a hus [26] [27].

V blízkosti řešeného úseku jsou dva hlásné profily, oba profily jsou pod plánovaným umístěním jezové konstrukce. Nejbližší je hlásný profil kategorie C ve vzdálenosti 614 m (viz Obr. 17 Obr. 17 Hlásný profil kat. C – vodočetná lať), tato kategorie má lokální význam. Profily jsou zřizovány obcemi nebo vlastníky ohrožených nemovitostí. Spolu s kategorií B tvoří základ místních varovných systémů. Tento profil provozuje Město Kyjov a je vybavený vodočetnou latí na mostě na ulici tř. Komenského (Obr. 16). Vývoj sleduje komise města Kyjova a informace dál posílá do obce Místřín a Dubňany. Četnost měření je pro první stupeň 1× denně, u druhého stupně 4× denně a u třetího stupně každé 3 hodiny [29].



*Obr. 17 Hlásný profil kat. C – vodočetná lať [28]*

Pod tímto hlásným profilem je ve vzdálenosti 755 m od plánované stavby hlásný profil kategorie B, tato kategorie je nezbytná pro řízení ochrany před povodněmi na regionální úrovni. Zakládají je krajské úřady a provozují je místně příslušné obce. Spolu s kategorií B utváří celostátní systém hlásné služby. V tomto profilu je vybudována limnigrafická stanice, kterou provozuje ČHMÚ Brno (viz Obr. 18). Stanice zaznamenává výšku hladiny a průtok. Odesílání zpráv se provádí ve stejné frekvenci jako u předchozího hlásného profilu. Průměrný roční stav hladiny je 94 cm a průměrný roční průtok je  $0,24 \text{ m}^3 \times \text{s}^{-1}$ . První záznamy o měření jsou z roku 1952. V tomto roce byla nejvyšší naměřená hladina 215 cm. Největší zaznamenaná výška vodní hladiny je z 9. 6. 1970 a to 285 cm, které téměř dosáhla třetího stupně povodňové aktivity. Nad druhý stupeň povodňové aktivity se za posledních 70 let dostala povodeň ještě v letech 1965 a 1997. Od 21. století byly povodně v roce 2006 a 2010, při těchto povodních byl na Kyjovce vyhlášen první povodňový stupeň [29] [30].

*Tab. 5 Hodnota N – letých průtoků [30]*

Hlásný profil kat. B, Kyjov - ř. km 54,22					
N-leté průtoky	Q <sub>1</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>
[m <sup>3</sup> /s]	3,8	8,6	12,6	29,0	40,0

Tab. 6 vychází z měření, které bylo sepsáno v roce 1967. V [30] jsou uváděny pouze N-leté průtoky, které se ale od [31] liší. Největší rozdíly jsou u Q<sub>1</sub>, Q<sub>5</sub> a Q<sub>10</sub>, a to až poloviční. Q<sub>100</sub> má shodnou hodnotu průtoků. Pro správné určení minimálního zůstatkového průtoky, stanovení



velikosti odběru by bylo vhodné m-denní průtoky aktualizovat. V rámci této práce jsou dostatečné hodnoty m- denních průtoků z [31].

*Tab. 6 Hodnota m – denních průtoků [31]*

$Q_{md}$	30	90	180	270	330	355	364
[m <sup>3</sup> /s]	0,76	0,39	0,24	0,15	0,08	0,05	0,02

*Tab. 7 Stupně povodňové aktivity [30]*

Hlásný profil kat. B, Kyjov - ř. km 54.22		
	Stav [cm]	průtok [m <sup>3</sup> /s]
1. SPA	170	7.31
2. SPA	230	14.10
3. SPA	290	21.00



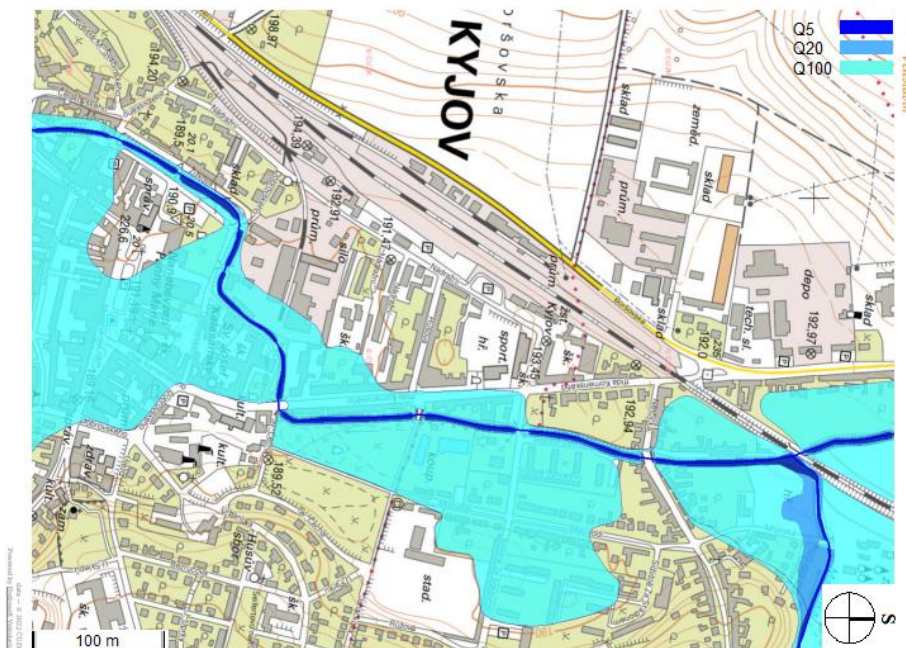
*Obr. 18 Hlásný profil kat. B – limnigrafická stanice [32]*

#### **4.7 Záplavové území**

Záplavové území pro Kyjov bylo stanoveno KÚ Jihomoravského kraje v roce 2004. Záplavové území je stanoveno pro  $Q_5$ ,  $Q_{20}$  a  $Q_{100}$  (viz Obr. 19) [33].

Hladina při  $Q_5$  je v celém intravilánu bez vylití z koryta, jediné místo, kde dochází k drobnému vylití je u přítoku řeky Malšinky do Kyjovky v severní části obce. Při vylití jsou zasaženy

pouze přilehlé stromy. Hladina při  $Q_{20}$  je v celé délce intravilánu v korytě Kyjovky, k vylití dochází v místě přítoku řeky Malšínsky do Kyjovky, z tohoto přítoku je zaplaveno již několik obytných jednotek a částečně i fotbalové hřiště. Při  $Q_{100}$  je už většina okolí toku řeky Kyjovky zaplavena. V severní části jsou zaplaveny průmyslové budovy, obytné zóny i fotbalové hřiště. Ve střední části obce je zaplaven městský park, koupaliště, obytné zóny a částečně Masarykovo náměstí. V jižní části jsou zaplaveny obytné zóny. Většina vylití je směřovaná na východ [34].



Obr. 19 Záplavové území v Kyjově při  $Q_5$ ,  $Q_{20}$  a  $Q_{100}$  [34]

Koryto Kyjovky je kapacitní při  $Q_{20}$ , to podle doporučených tabulek vyhovuje u nesouvislé zástavby, komunikaci nižších tříd a místní liniové zástavby. Pro městskou zástavbu a průmyslové objekty je doporučený kapacitní průtok  $Q_{100}$ . Při výstavbě jezu by nemělo dojít k omezení průtočného profilu. Obtokovým korytem v parku dojde k zvětšení kapacity jen nepatrně.

#### 4.8 Minimální zůstatkový průtok

Minimální zůstatkový průtok (dále jen „MZP“) je průtok, který přispívá k zachování vodohospodářských a ekologických funkcí vodních toků v úsecích pod vodohospodářskými díly. Určení MZP je dáno Ministerstvem životního prostředí v [35].

Průtok  $Q_{355d} = 0,05$  vychází z Tab. 6.

$$\text{MZP} = (Q_{330d} + Q_{355d}) \times 0,5 = (0,08 + 0,05) \times 0,5 = 0,065 \text{ m}^3 \times \text{s}^{-1}$$

Tab. 8 Stanovení MZP podle [35]

průtok $Q_{355d}$ [m <sup>3</sup> ×s <sup>-1</sup> ]	Minimální zůstatkový průtok
menší než 0,05	$Q_{330d}$
0,05-0,5	$(Q_{330d}+Q_{355d}) \times 0,5$
0,51-5,0	$Q_{355d}$
větší než 5,0	$(Q_{355d}+Q_{364d}) \times 0,5$

#### 4.9 Zatřídění vodního díla

Vodní díla jsou stavby, která slouží ke vzdouvání a zadržování vody, umělému usměrňování odtokového režimu povrchových vod, k ochraně a užívání vod, k nakládání s vodami, ochraně před škodlivými účinky vod, k úpravě vodních poměrů nebo k jiným účelům určených Vodním zákonem č. 254/2001 Sb. [12] [36].

Technickobezpečnostní dohled nad vodními díly zajišťuje technický stav vodního díla, a to z hlediska bezpečnosti a stability a možných příčin jejich poruch. Technickobezpečnostní dohled je nutný u vodního díla, které vzdouvá nebo zadržuje vodu. Další úkol dohledu je zatřídění díla do jedné ze čtyř kategorií na základě možných škod při poruše a bezpečnosti díla při povodňové vlně zvláštní povodně. Velikost škod se zjišťuje pomocí potenciálu škod na a pod vodním dílem, z možného ohrožení lidských životů, možných ztrát na majetku a možných ztrát z omezení funkce a užitků ve veřejném zájmu. Kalkulaci bodů provádí pověřená osoba [12] [36].

Tab. 9 Zatřídění vodního díla podle potenciálu škod [36]

Kategorie	Počet bodů P		
I.		P	> 1500
II.	200 ≥	P	<1500
III.	15 ≤	P	<200
IV.		P	<15

Tab. 10 Kritéria kategorií vodních děl [36]

Kategorie	Kritéria
I.	ohroženy: tisíce až desetitisíce lidí
	ztráty na životech: velké
	škody a opravy na díle: velmi vysoké, složitá a nákladná obnova
	škody pod dílem: rozsáhlé
	ztráty z vyřazení provozu díla: velmi vysoké
	škody na životním prostředí: překračují význam vyššího územního samosprávného celku, ekonomické důsledky se dotýkají celého státu
II.	ohrožení: stovky až tisíce lidí
	ztráty na životech: značné
	škody a opravy na díle: značné, složitá a nákladná obnova
	škody pod dílem: značné
	ztráty z vyřazení provozu díla: značné
	škody na životním prostředí: překračují význam vyššího územního samosprávného celku
III.	ohrožení: desítky až stovky lidí
	ztráty na životech: mohou být
	škody a opravy na díle: malé, proveditelná oprava
	škody pod dílem: malé
	ztráty z vyřazení provozu díla: plně nahraditelné
	škody na životním prostředí: nepřekračují význam vyššího územního samosprávného celku
IV.	ohrožení: nepravděpodobné
	ztráty na životech: nepravděpodobné
	škody a opravy na díle: zanedbatelné, proveditelná oprava
	škody pod dílem: malé
	ztráty z vyřazení provozu díla: malé
	škody na životním prostředí: zanedbatelné

Rekonstruovaný jez v Kyjově odpovídá IV. kategorii. V této kategorii jsou ztráty na životech nepravděpodobné, opravy při poškození díla jsou proveditelné, pod vodním dílem jsou minimální materiální škody a není ohroženo životní prostředí [12] [36].

#### 4.10 Popis původní jezové konstrukce

Původní jez byl umístěn v říčním kilometru 51,379 km (viz Obr. 20). Jednalo se o tabulový jez o dvou polích, který je nyní demontovaný a zbyl po něm středový pilíř o šířce 0,4 m. Půdorysný tvar předního záhlaví středového pilíře odpovídá tvarovému součiniteli  $\varepsilon_p = 0,045$ . Šířka každého pole je 3,1 m. Celková šířka je 6,2 m. Nad jezem byla umístěna lávka široká 1,56 m, která slouží pro pěší jako spojení mezi třídou Komenského a městským parkem. Z lávky jsou přístupné ovládací prvky. Pohyb tabulí byl prováděn pomocí cévových tyčí [19].



Dne 29. března 2023 byla pro vlastní výpočet posouzení koryta nad a pod jezem provedena vlastní obchůzka, při které byla stanovena návrhová drsnost koryta, při tom byla i změřena jezová konstrukce. Hloubka a způsob založení konstrukcí pod terénem bylo odhadnuto podle přibližného zakládání v době budování jezu. Hydrologické údaje byly převzaty od Českého hydrometeorologického ústavu.



*Obr. 20 Původní jezový objektu ze strany nátoky [19]*

#### **4.10.1 Objekty na toku**

Výúst' odlehčení kanalizace je v říčním kilometru 51,565 (viz Obr. 21). Výška vyústění nade dnem Kyjovky je cca 0,3 m [37] [38].



*Obr. 21 Vyústění kanalizace pod ulicí Sídliště Zahradní [39]*



Cestní most M58 železobetonový je v říčním kilometru 51,500 (viz Obr. 22). Most kříží ulici Sídl. Zahradní. Spodní hrana mostovky je ve výšce 190,76 m n. m. a most je vysoký 0,87 m. Šířka mostu je 10 m. Most je dostatečně kapacitní na návrhový průtok  $Q_{20}$  [37] [38].



*Obr. 22 Cestní most M58 ze strany výtoku [39]*

Lávka pro pěší M57a železobetonová je v říčním kilometru 51,379 (viz Obr. 23). Lávka spojuje ulici tř. Komenského s městským parkem a ulicí Mezivodí přes ulici Janáčkova. Spodní hrana mostovky je ve výšce 190,14 m n. m. a most je vysoký 0,60 m. Šířka mostu je 2 m. Most je dostatečně kapacitní na návrhový průtok  $Q_{20}$  [37] [38].



*Obr. 23 Lávka pro pěší M57 a ze strany výtoku [39]*

Silniční most M57 železobetonový je v říčním kilometru 51,135 (viz Obr. 24). Most kříží ulic třída Komenského. Spodní hrana mostovky je ve výšce 189,12 m n. m. a most je vysoký 0,91 m. Šířka mostu je 19 m. Most je dostatečně kapacitní na návrhový průtok  $Q_{20}$  [37] [38].



*Obr. 24 silniční most M57 a ze strany výtoku [39]*

## 5 ŘEŠENÉ VARIANTY

### 5.1 Účel jezu

Cílem rekonstrukce jezové konstrukce je využití vodního toku pro napájení nově navrhovaného obtokového koryta procházejícího přilehlým parkem. Toto je navrženo formou revitalizace území, kdy dojde k oživení parku a zlepšení jeho rekreačního využití. Jsou řešeny tři varianty.

### 5.2 Varianty

#### 5.2.1 Varianta 1

Obtokové koryto je napájeno přímo z hlavního koryta Kyjovky. Kapacita koryta je navržena na průtok  $Q_1$ , koryto je ve tvaru prostého lichoběžníku, na některých úsecích se vyskytuje s jednostrannou bermou. Celková délka koryta je 332 m a je ve sklonu 0,3 ‰. Odběr je navržen na průtok odpovídající 25 % z  $Q_{330}$ , to odpovídá  $20 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  [40].

Nevýhodou tohoto řešení je nízká hladina vody v korytě a při velkém zahloubení a malých sklonech zabere koryto velkou část travnaté plochy parku a bude zasahovat do kořenových systémů stávajících stromů. Výhodou je navýšení kapacity řeky Kyjovky, kdy dojde ke snížení hladiny při povodních o 0,26-0,4 m. Při návrhu této varianty v předchozí práci bylo navrženo přirozené rozdělení v poměru 75:25, to mělo za následek jednu z největších výhod, a to bezúdržbový provoz, ale vznikla tím i nevýhoda v podobě kolísání hladiny v Kyjovce. Při návrhu s pohyblivým jezem je tento nedostatek vyřešen řízením hladiny zdvižným stavidlem, při kterém vzniká potřeba poloautomatického provozu [40].

#### 5.2.2 Varianta 2

Varianta představuje kombinaci čerpání z toku a vrtu do tůně, vybudované v parku, ze které je napájeno obtokové koryto, které se vlévá zpět do Kyjovky přes kamennou kaskádu.

Tůň má objem  $40 \text{ m}^3$ , aktuálně akumulovaný objem bude pravidelně klesat a stoupat v závislosti na čerpání. Zvětšit objem vody v tůni lze provést napouštěním z toku Kyjovky nebo z nedalekého vrtu u koupaliště. Pod jezem je nutno zachovat minimální zůstatkový průtok. V případě podkročení limitní hodnoty (tj.  $65 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ ) bude nátok odběrným objektem omezen. Z vrtu lze dále získat zdroj podzemní vody s využitelnou vydatností v nízkých jednotkách  $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Čerpání do tůně bude probíhat oproti původní variantě podle automatického snímače hladiny



v tůni. Z vrtu se bude čerpat  $3 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ , množství je vysvětleno v podkapitole 2.5.2. Korytem většinu roku protéká  $20\text{-}300 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ , pro maximální odběr z Kyjovky je zvolena hodnota  $20 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  [40].

Obtokové koryto je napájeno z horní tůně přes přepad. Velikost vypouštěného průtoku do koryta je cca  $10 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Koryto má tvar jednoduchého lichoběžníku. Celková délka ramene je 248 m se sklonem 1,0 ‰ [40].

Nevýhoda této varianty je malá hloubka v obtokovém korytě, při návrhovém průtoku pouze 0,03-0,11 m a nutnost kontrol a údržby čerpadel. Výhoda je ve vybudované tůni, která je vhodná pro rozvoj fauny a flóry v parku a pro rekreační účely [40].

### 5.2.3 Varianta 3

Tato varianta obsahuje dvě tůně. První horní tůň je napájena čerpadlem z Kyjovky nebo z vrtu. Z této tůně je slepým ramenem napájena spodní tůň a voda v této tůni je zpět čerpána do vrchní tůně.

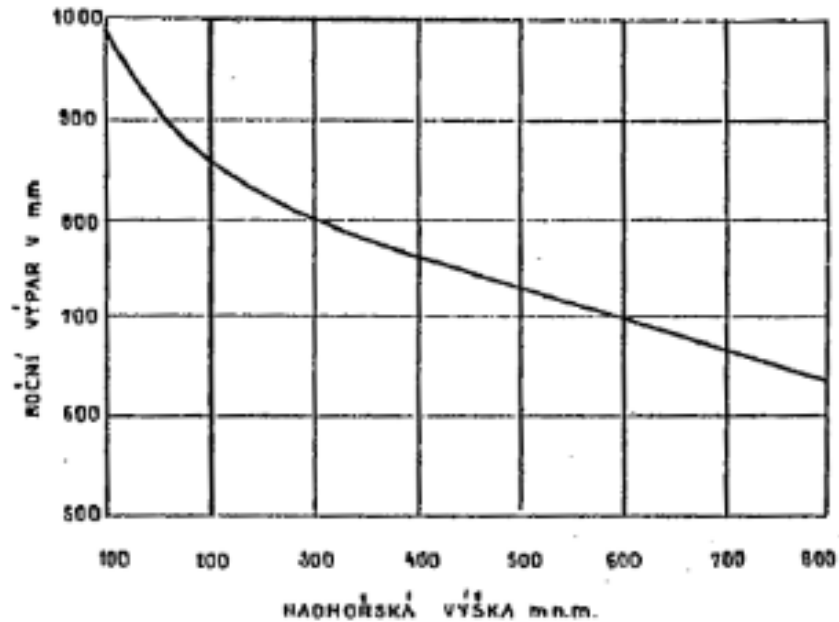
Horní i spodní tůň mají shodný objem  $40 \text{ m}^3$ . U obou je potřeba vybudovat čerpací zařízení pro oběh vody. Do ramene se z vrchní tůně vypouští  $10 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Rameno je dlouhé 242 m a sklon je 1 ‰. Hloubka je v korytě 0,09 m [40].

Největší nevýhoda je v provozu a údržbě správného fungování všech čerpacích objektů, pro tuto variantu se jeví výstavba jezu jako zbytečná, protože potřeby vody s ohledem na výpar pravděpodobně pokryje blízký vrt. Výhoda je v nezávislosti na stavu hladiny v Kyjovce a zároveň vzniknou dvě vodní nádrže, které tvoří další přírodní prvek v prostoru parku [40].

Pro všechny varianty je společný přivaděč vody z Kyjovky, který je gravitačně veden zahloubeným polypropylenovým potrubím. Na trase je ve zlomu trasy umístěna betonová revizní šachta. Potrubí je o průměru DN300 a délce 21,50 m. V druhé a třetí variantě je navíc ještě do potrubí připojeno odběr ze studny. Z potrubí voda vytéká do zásobní nádrže a dále přepadem do obtokového koryta. To je široké ve dně 0,30 m a vysoké 1,0 m. Sklony břehů jsou 1:2. Dno je opevněno kamennou rovnaninou s charakteristickou velikostí kamene 0,4 m. Břehy jsou zpevněny ohumusováním a osetím o tloušťce 0,2 m [40].

U variant 5.2.2 a 5.2.3 budou nádrže opatřeny fólií, která sníží vsak vody do podloží na minimum. To je důležité, protože odběr z Kyjovky by nedokázal pokrýt potřeby pro udržení hladiny po celý rok s ohledem na výpar a vsak. Suchá tůň a koryto by se mohlo začít zanášet vegetací a byl by snížen průtočný průřez. Pro nižší výpar je výhodou umístění tůní v parku, protože budou zastíněny stromy.

Nadmořská výška zájmové lokality je 190,10 m n. m. (viz 4.5.2). Při ní je přibližný roční výpar  $860 \text{ mm} \times \text{m}^{-2} \times \text{rok}^{-1}$ . Ve variantě 5.2.2 je jedna nádrž o ploše  $88 \text{ m}^2$  a u ní je tedy výpar  $0,002 \text{ mm} \times \text{s}^{-1}$ . Ve variantě 5.2.3 jsou dvě nádrže o celkové ploše  $176 \text{ m}^2$  a u nich je výpar  $0,011 \text{ mm} \times \text{s}^{-1}$ . V obou variantách je s přihlédnutím na zakrytí hladin stromy zanedbatelný a neměl by mít vliv na zásobování nádrží vodou.



Obr. 25 Nomogram pro stanovení ročního výparu [41]

## 6 NÁVRH

### 6.1 Návrhový průtok

Z kapitoly 4.7 byl určen návrhový průtok pro návrh rekonstrukce jezu. Tento odpovídá průtoku  $Q_{20} = 17,80 \text{ m}^3 \times \text{s}^{-1}$  [30].

### 6.2 Návrh odběru

#### 6.2.1 Stanovení maximální hladiny stálého vzduť

Při navrhování v neupraveném korytě se maximální hladina určí podle objektů na toku dle ČSN 73 6201. V nadjezí kříží tok mostní objekty na pozemní komunikaci 3. kategorie (ulice- Sídliště Zahradní, Nětčická, Za Humny), kde je přípustná hladina 0,5 m pod spodní hranu mostní konstrukce, dále tok kříží železniční most 2. kategorie (Brno- Veselí nad Moravou), pro který je maximální hladina také 0,5 m pod spodní hranu mostovky. V intravilánu je potřeba při hledání maximální hladiny také počítat se zaústěním odlehčení kanalizace, u které je při zatopení omezena její funkce. Kyjovka má v řešeném území poměrně malý spád okolo 2 ‰. Při tomto sklonu dochází ke vzduť hladiny při 1 m výšky až 500 m nad jez. Toto vzduť ovlivní odlehčení kanalizace pod křížením toku s ulicí Sídliště Zahradní. Další omezení v rozsahu vzduť je zvýšená hladina podzemní vody, která zaplavuje domovní sklepy v ulici Mezivodí. V roce 2009 v této ulici byla změřena hladina podzemní vody u domů s číslem popisným 2035/41 (hladina v úrovni 188,04 m n. m.), 2186/26 (hladina v úrovni 188,05 m n. m.) a 2191/10 (hladina v úrovni 188,18 m n. m.). V zatopených sklepech u domů s číslem popisným 2217/25, 2237/15 a 2229/18 probíhalo čerpání, díky čemuž byla hladina v měřeném úseku o 20 až 30 cm níže než bez čerpání. Úroveň podzemní vody je přibližně shodná s úrovní hladiny v Kyjovce při běžných průtocích, proto při vzduť jezem může docházet k zaplávání sklepů.

Z těchto důvodů byla zvolena maximální přípustná úroveň vzduť hladiny v Kyjovce na 188,0 m n. m., při které nedochází k překročení mezi spodní hranou mostových konstrukcí a hladinou vody o více jak 0,5 m, neovlivní odlehčení kanalizace, hladina podzemní vody ve velké míře neovlivní zatápění sklepů a ani v celém úseku vzduť se tok nevybřeží [42].

#### 6.2.2 Stanovení kóty hladiny stálého vzduť

Hladina stálého vzduť musí ležet v intervalu minimální hladiny stálého vzduť, při které je zajištěna hlavní funkce jezu a maximální hladiny stálého vzduť, která byla určena v předchozí kapitole 6.2.1. Minimální hladina bude při průtoku 25 % z  $Q_{330}$ .

$$HSV_{min} = k + h_{po} + h_o + h_{zv} + h_{z\check{c}} \quad (6.1)$$

Kde: $k = 187,25$ m n. m.	kóta dna toku
$h_{po} = 0,3$ m	výška prahu do náhonu
$h_o = 0,16$ m	hloubka vody při $Q_o$
$h_{zv} = 0,045$ m	ztrátová výška na vtoku
$h_{zč} = 0,047$ m	ztrátová výška na česlích

$$HSV_{\min} = 187,80 \text{ m n. m.}$$

Hladina stálého vzduť byla navržena na kótě 187,90 m n. m. Minimální provozní hladina je na kótě 187,80 m n. m. s tolerancí 10 cm pod kótu stálého vzduť. Maximální provozní hladina byla stanovena na 188,00 m n. m. s tolerancí až 10 cm nad kótu stálého vzduť.

#### Ztrátová výška na vtoku do odběru $h_{zv}$

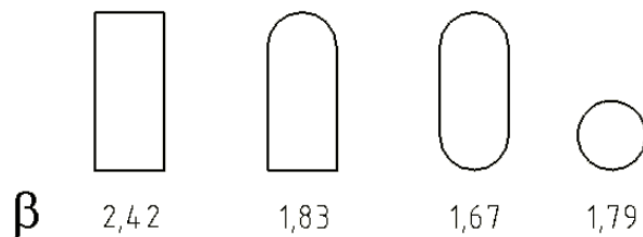
$$h_{zv} = \frac{Q_o^2}{\mu^2 \times b_o^2 \times h_o^2 \times 2 \times g} \quad (6.2)$$

Kde: $Q_o = 0,25 \times 0,08 = 0,02 \text{ m}^3 \times \text{s}^{-1}$	odbírané množství (25 % z $Q_{330}$ )
$\mu = 0,75$	součinitel kontrakce na vtoku
$b_o = 0,3$ m	šířka vtoku do náhonu
$h_o = 0,17$ m	hloubka vody při $Q_o$
$g = 9,81 \text{ m} \times \text{s}^{-2}$	tíhové zrychlení
	$h_{zv} = 0,045$ m

#### Ztrátová výška na česlích $h_{zč}$

$$h_{zč} = \beta \times \left(\frac{b_2}{b_1}\right)^{\frac{4}{3}} \times \left(\frac{v^2}{2 \times g} \times \sin \alpha\right) \quad (6.3)$$

Kde: $\beta = 2,42$	tvárový součinitel (viz. Obr. 26)
$b_1 = 0,015$ m	šířka česlic
$b_2 = 0,030$ m	šířka mezery mezi česlicemi
$v_o = 0,42 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$	přítoková rychlost k česlím
$\alpha = 60^\circ$	sklon česlic od vodorovné roviny
	$h_{zč} = 0,047$ m

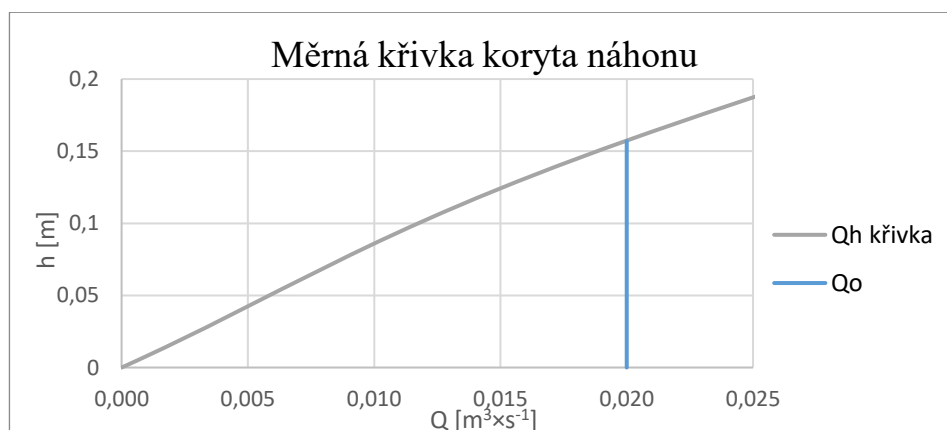


Obr. 26 Tvary česlic a hodnoty součinitele  $\beta$  [43]

Vtok do náhonu je obdélníkového průřezu s šířkou ve dně 0,3 m z prostého betonu. Vtok bude opatřen prahem se svislou nátokovou hranou vysoký 0,3 m nad dno koryta Kyjovky. Tloušťka prahu je 0,5 m. Na prahu jsou umístěny hrubé česle ve sklonu 60° s obdélníkovým průřezem česlic s šířkou 1,5 cm a mezerami mezi česlicemi 3 cm a norná stěna, která sahá 10 cm pod hladinu. Za prahem je skluz ve sklonu 1:11. Nátok je řízen stavidlem o šířce 3 cm, který je řízen motorovým pohonem a slouží k ovládnání velikosti odebíraného množství do náhonu. Vstup do náhonu je z průřezu obdélníkového do kruhového průřezu betonových trub o průměru 0,3 m, potrubí je polypropylenové, proudění v zatrubněném úseku je o volné hladině. Ve vzdálenosti 2,25 m je napojeno kolenem ve vrchní části potrubí, kterým se čerpá voda ze studny o průměru 0,3 m. 2,45 m za napojením je revizní šachta, ve které je změna směru přírubovým kolenem s patkou. Za šachtou je potrubí o délce 16 m, ze kterého se vylévá voda do obtokového koryta. Koryto je se sklony břehů 1:2 a shodnou šířkou dna 0,3 m. Patka svahu a dno je opevněno kamennou rovnatinou o tloušťce 0,4 m o hmotnosti 80-200 kg. Svahy jsou opevněny ohumusováním a osetím o tloušťce 0,2 m.

Tab. 11 Výpočet měrné křivky koryta náhonu

h	O	S	R	C	v	Q
[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m <sup>0.5</sup> ×s <sup>-1</sup> ]	[m/s]	[m <sup>3</sup> ×s <sup>-1</sup> ]
0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
0,16	0,62	0,05	0,08	32,64	0,43	0,020
0,40	1,10	0,12	0,11	34,56	0,54	0,064
0,60	1,50	0,18	0,12	35,12	0,57	0,103
0,80	1,90	0,24	0,13	35,42	0,59	0,165
1,00	2,30	0,30	0,13	35,61	0,60	0,211



Obr. 27 Měrná křivka koryta náhonu do potrubí (viz Tab. 11)



Kde: $Q_N = Q_{20} = 17,80 \text{ m}^3 \times \text{s}^{-1}$	návrhový průtok
$h_h = 2,44 \text{ m}$	výška hladiny v nadjezí při $Q_N$
$h_n = 2,34 \text{ m}$	přepadová výška při $Q_N$
$p = 0,10 \text{ m}$	výška prahu spodní stavby nad horním dnem
$t = 0,50 \text{ m}$	tloušťka přelivu
$\Delta h = 0,30 \text{ m}$	rozdíl horního a dolního dna
$s = 0,40 \text{ m}$	výška prahu spodní stavby nad dolním dnem
$h_z = 2,09 \text{ m}$	výška hladiny dolní vody nad přelivem
$h_d = 2,49 \text{ m}$	výška hladiny v podjezí pro $Q_N$
$H = 0,25 \text{ m}$	rozdíl hladin v nadjezí a podjezí

### 6.3.1 Návrh pevného prahu

U stavidlových jezů je vhodný lichoběžníkový tvar přelivu se svislou návodní stranou a zkosenou na vzdušné straně ve sklonu 1:3. Práh je vyvýšen o 0,1 m nad dno koryta Kyjovky a je široký 0,5 m.

### 6.3.2 Výpočet kapacitního průtoku

$$Q_{KAP} = \sigma_z \times m \times b_0 \times \sqrt{2 \times g} \times h_0^{3/2} \quad (6.4)$$

Kde: A. $\sigma_z = 0,594$	součinitel zatopení přelivu
B. $m = 0,390$	součinitel přepadu
C. $b_0 = 5,02 \text{ m}$	účinná šířka přelivu
D. $h_0 = 2,41 \text{ m}$	součet přepadové výšky a přítokové rychlostní výšky

$$Q_{KAP} = 19,27 \text{ m}^3 \times \text{s}^{-1}$$

A. Součinitel zatopení přelivu  $\sigma_z$

$$h_z = 2,09 \text{ m}$$

$$h_n = 2,34 \text{ m}$$

$$h_z/h_n = 0,893$$

$$\sigma_z = 0,594$$

*Tab. 13 Součinitel zatopení  $\sigma_z$  [44]*

$h_z/h$	$\sigma_z$	$h_z/h$	$\sigma_z$	$h_z/h$	$\sigma_z$	$h_z/h$	$\sigma_z$	$h_z/h$	$\sigma_z$
0,40	0,990	0,65	0,940	0,74	0,869	0,82	0,756	0,90	0,575
0,45	0,986	0,66	0,930	0,75	0,858	0,84	0,719	0,92	0,515
0,50	0,980	0,68	0,921	0,76	0,846	0,85	0,699	0,94	0,449
0,55	0,970	0,70	0,906	0,78	0,820	0,86	0,677	0,95	0,412
0,60	0,960	0,72	0,889	0,80	0,790	0,88	0,629	1,00	0,000

### B. Součinitel přepadu $m$

Součinitel přepadu  $m$  byl stanoven podle Tab. 14 Součinitel přepadu  $m$  pro jezy lichoběžníkového tvaru:

$s = 0,1 \text{ m} < 2 \text{ m} \Rightarrow$  jedná se o nízký jez

skloněná vzdušní stěna  $n_s = 3$

$h_n = 2,34 \text{ m} / t = 0,5 \text{ m} = 4,68$

$$m = 0,390$$

Tab. 14 Součinitel přepadu  $m$  pro jezy lichoběžníkového tvaru [44]

Typ jezu	Sklon stěn	$h/t > 2$	$1 < h/t < 2$	$0,5 < h/t < 1$
vysoké jezy $s > 5 \text{ m}$	$n \leq 0,5$ , $n_s \leq 0,5$	0,43 ~ 0,42	0,40 ~ 0,38	0,36 ~ 0,35
střední jezy $s = (2 \sim 5) \text{ m}$	se skloněnou návodní stěnou			
	$n = 1$	0,44	0,42	0,40
	$n = 2$	0,43	0,41	0,39
	se skloněnou vzdušní stěnou			
$n_s = 1$	0,42	0,40	0,38 ~ 0,37	
$n_s = 2$	0,40	0,38	0,36 ~ 0,35	
nízké jezy $s < 2 \text{ m}$	se skloněnou návodní stěnou			
	$n = 3$	0,42	0,40	0,38
	$n = 5$	0,40	0,38	0,36
	$n = 10$	0,38	0,36	***
	se skloněnou vzdušní stěnou			
	$n_s = 3$	0,39	0,37	0,35
$n_s = 5$	0,375	0,35	***	
$n_s = 10$	0,35	0,35	***	

\*\*\* - přechází v přepad přes širokou korunu

### C. Návrhová účinná šířka přelivu $b_0$

$$b_0 = b - (n \times \varepsilon_p + 2 \times \varepsilon_k) \times h_0 \quad (6.5)$$

Kde:  $b = 6,20 \text{ m}$

skutečná šířka prahu

$n = 2$

počet kontrakcí dělicích pilířů

$\varepsilon_p = 0,045$

tvarový součinitel dělicího pilíře

$\varepsilon_k = 0,2$

tvarový součinitel břehových pilířů



$h_0 = 2,41$  m součet přepadové výšky a přítokové rychlostní výšky  
 $b_0 = 5,02$  m

D. Součet přepadové výšky a přítokové rychlostní výšky  $h_0$

$$h_0 = h_n + k \quad (6.6)$$

Kde:  $h_n = 2,34$  m přepadová výška při  $Q_N$   
 $k = 0,07$  m rychlostní výška

$$h_0 = 2,41 \text{ m}$$

$$k = \frac{\alpha \times v_0^2}{2 \times g} \quad (6.7)$$

Kde:  $\alpha = 1,00$  Coriolisovo číslo  
 $v_0 = 1,18 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$  průřezová přítoková rychlost  
 $g = 9,81 \text{ m} \times \text{s}^{-2}$  tíhové zrychlení

$$k = 0,07 \text{ m}$$

$$v_0 = \frac{Q_N}{A} \quad (6.8)$$

Kde:  $Q_N = 17,80$  m návrhový průtok  
 $A = 15,13 \text{ m}^2$  plocha průtočného průřezu v nadjezí

$$v_0 = 1,18 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$$

$$A = h_h \times b \quad (6.9)$$

Kde:  $h_h = 2,44$  m výška hladiny v nadjezí při  $Q_N$   
 $b = 6,20$  m skutečná šířka prahu

$$A = 15,13 \text{ m}^2$$

Podmínka pro splnění kapacitního průtoku:  $Q_{KAP} > 1,05 \times Q_N$

$$Q_N = 1,05 \times 17,80 = 18,69 \text{ m}^3 \times \text{s}^{-1}$$

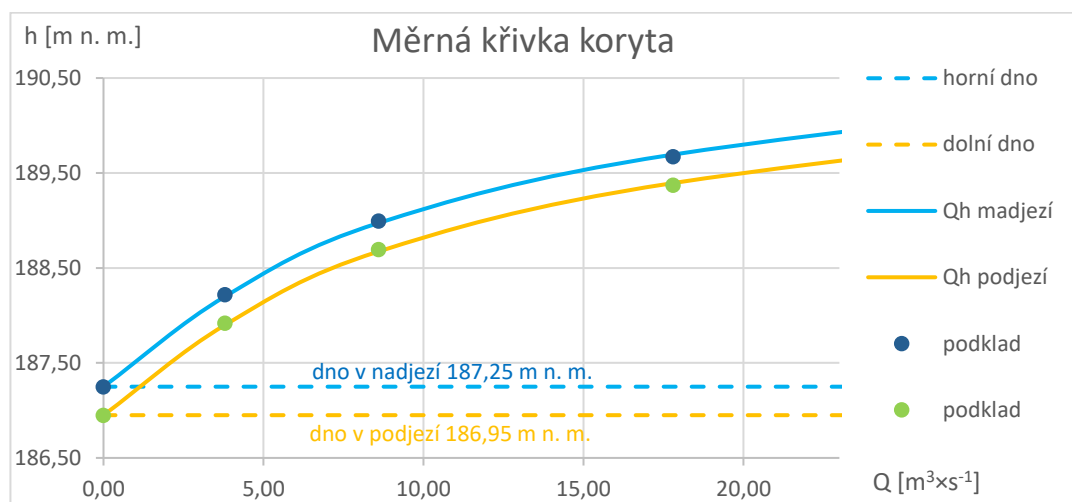
$$Q_{KAP} = 19,27 \text{ m}^3 \times \text{s}^{-1} > 18,69 \text{ m}^3 \times \text{s}^{-1} \text{ vyhovuje}$$

Kapacitní průtok je o 8,3 % větší a splňuje o 10 % větší kapacitní průtok než návrhový, aby nedošlo průtokem přes jez k ovlivnění nad jezem.

### 6.3.3 Měrná křivka přelivu

Pro stanovení měrné křivky přelivu bylo nutné nejprve sestavit měrnou křivku koryta. Měrná křivka koryta byla zpracována za pomoci programu HEC-RAS 6.3.1. HEC-RAS, který byl vyvinut Armádním sborem inženýrů Spojených států ke správě řek přístavů a dalších objektů pod jejich správou [45].

Program umí pracovat s 1D a 2D prouděním, s výpočty transportů sedimentů a kvality vody. Od povodí Moravy bylo z podélného profilu přidáno do programu staničení mostů a jejich rozměrů a z příčných řezů byly přidány jednotlivé příčné profily a okrajová podmínka pro spodní část toku (známá hladina) Kyjovka. Pro výpočet bylo potřeba doplnit hodnoty drsnosti dna a břehů, ty byly stanoveny hrubým odhadem při průzkumu zájmového území. Model byl kalibrován na hodnoty převzaté z podkladu Povodí Moravy [37] pro základní průtokové stavy. Z Obr. 30 jsou vidět drobné rozdíly v nižších rádech jednotek centimetrů v měrných křivkách způsobené rozdílnou návrhovou drsností oproti stanovené povodím Moravy.



Obr. 30 Měrná křivka koryta

Měrná křivka přelivu byla vypočítána pro obě jezová pole. Ve výpočtu byly použity tyto rovnice: (3.4), (3.5),

$$h_z = h_d - s, \quad h_k = \sqrt[3]{\frac{\alpha \times Q^2}{g \times b^2}}, \quad h_1 = 0,9 \times h_k, \quad \varepsilon_1 = h_1 - h_0,$$

$$m = \varphi \times \varepsilon_1 \times \sqrt{1 - \varepsilon_1}, \quad \varphi = 0,9, \quad Q_{dok} = m \times b_0 \times \sqrt{2 \times g} \times h_0^{\frac{3}{2}},$$

$$Q_{nedok} = \varphi \times b_0 \times h_z \times \sqrt{2 \times g \times (h_0 - h_z)}$$

Při výpočtu měrné křivky přeliv došlo k brzkému zatopení prahu z důvodu malého výškového rozdílu prahu a dna v podjezí (viz P 11 Obr. 1). Při výšce hladiny vody nad prahem 0,70 m a výšce hladiny v podjezí 1,17 m se hladiny v nadjezí a podjezí vyrovnají a křivka přelivu začne kopírovat  $Q_h$  křivku podjezí. Výpočty jsou pro větší přehlednost uvedeny v P11 Tab. 1.

### 6.3.4 Manipulace

Manipulace se stavidlovými uzávěry byla vypočítána pro stav za běžných podmínek při provozu obou polí a při rekonstrukcích nebo opravách, kde je průtok převáděn jedním jezovým polem a druhé je zahrazeno provizorním hrazením.

Výpočty jsou pro větší přehlednost uvedeny v P11 Tab. 2 a Tab. 3. Použité rovnice:

$$h_1 = h_n, \quad h_2 = h_1 - h_v, \quad \varepsilon = h_v - h_1, \quad \mu = \varphi \times \varepsilon, \quad \text{kde: } \varphi = 0,85$$

$$Q_{1(1,2)} = \text{dokonalý výtok otvorem,}$$

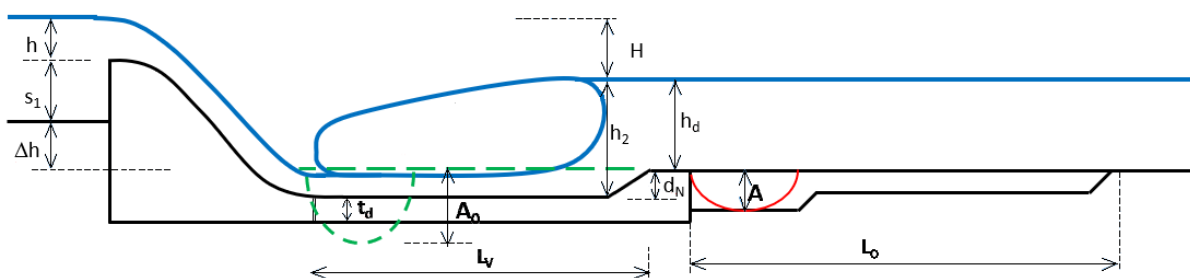
$$t = h_d - s, \quad H = h_1 + s_1 + \Delta h - h_d,$$

$$Q_2 = \text{výtok otvorem (nezatopený, částečně zatopený, zatopený)}$$

Manipulace s uzávěry jsou uvedeny v P11 Obr. 2.

### 6.4 Návrh nadjezí, vývaru a podjezí

Pro opevnění dna před jezem byla použita betonová monolitická deska o délce 2 m a tloušťce 0,25 m. Deska je oddělaná dilatační spárou od spodní stavby jezu.



Obr. 31 Návrh vývaru a podjezí [46]

#### 6.4.1 Návrh hloubky vývaru d

Pro vybranou škálu m-denních a N-letých průtoků byl navržen vzduť vodní skok, který je pro ochranu podjezí nejvhodnější. Pro vzduť skok je potřeba dosáhnout hodnoty součinitele míry vzduť  $\sigma > 1$ . Pokud je tento součinitel nižší je nutné navrhnout prohloubený vývar. Výpočet byl nejprve proveden pro jez s vyhrazenými stavidly a pokud nesplní podmínku pro vzduť vodní skok pro všechny průtoky je potřeba vytvořit zahloubení, s kterým následně provedeme stejný výpočet, dokud není splněna podmínka.

Použité vzorce:

$$E_0 = s + h + k + d_N, \quad h_c^{(n)} = \frac{q}{\varphi \times \sqrt{2 \times g \times E_0}} \quad h_c^{(n+1)} = \frac{q}{\varphi \times \sqrt{2 \times g \times (E_0 - h_c^{(1)})}}$$

$$\text{když } h_c^{(n+1)} - h_c^{(n)} \leq 0,01 \quad h_1 = h_c^{(n+1)}, h_2 = \frac{h_1}{2} \times \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{8 \times \beta \times q^2}{g \times h_1^3}} \right)$$

$$\sigma = \frac{h_d + d_N}{h_2}$$

Tab. 15 Posouzení pro vyhrazená stavidla, bez zahloubení vývaru:

$Q_m, Q_N$	Q	q	$h_h$	$v_0$	k	$E_0$	$h_1$	$h_2$	$h_d$	$\sigma$
[-]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>2</sup> /s]	[m]	[m/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[-]
90d	0.39	0.06	0.12	0.29	0.00	0.42	0.03	0.17	0.10	0.58
30d	0.76	0.12	0.19	0.43	0.01	0.49	0.05	0.24	0.19	0.80
1	3.80	0.61	0.62	0.85	0.04	0.96	0.17	0.58	0.95	1.63
5	8.60	1.39	1.27	1.01	0.05	1.63	0.30	1.00	1.72	1.73
10	12.60	2.03	1.54	1.24	0.08	1.92	0.41	1.23	2.04	1.65
$Q_N=20$	17.8	2.87	1.89	1.44	0.11	2.30	0.54	1.51	2.44	1.62

Tab. 16 Iterace pro výpočet  $h_1$

$hc^{(1)}$	$hc^{(2)}$	$\Delta hc$	$hc^{(3)}$	$\Delta hc$	$hc^{(4)}$	$\Delta hc$
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.02	0.03	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00
0.04	0.05	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00
0.16	0.17	0.01	0.17	0.00	0.17	0.00
0.27	0.30	0.03	0.30	0.00	0.30	0.00
0.37	0.41	0.04	0.41	0.01	0.41	0.00
0.47	0.53	0.06	0.54	0.01	0.54	0.00

Z výsledků Tab. 15 je patrné, že u menších průtoků není splněna podmínka  $\sigma > 1$ , proto je potřeba zahloubit vývar.

Tab. 17 Posouzení pro vyhrazená stavidla se zahloubením vývaru  $d_N = 0,1$  m

$Q_m, Q_N$	Q	q	hh	$v_0$	k	$E_0$	$h_1$	$h_2$	$h_d$	$\sigma$
[-]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>2</sup> /s]	[m]	[m/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[-]
90d	0.39	0.06	0.12	0.29	0.00	0.52	0.02	0.18	0.10	1.10
30d	0.76	0.12	0.19	0.43	0.01	0.59	0.04	0.25	0.19	1.15
1	3.80	0.61	0.62	0.85	0.04	1.06	0.16	0.61	0.95	1.72
5	8.60	1.39	1.27	1.01	0.05	1.73	0.29	1.03	1.72	1.78
10	12.60	2.03	1.54	1.24	0.08	2.02	0.40	1.27	2.04	1.69
$Q_N=20$	17.80	2.87	1.89	1.44	0.11	2.40	0.52	1.55	2.44	1.65

Tab. 18 Iterace pro výpočet  $h_1$

$hc^{(1)}$	$hc^{(2)}$	$\Delta hc$	$hc^{(3)}$	$\Delta hc$	$hc^{(4)}$	$\Delta hc$
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]

0.02	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00
0.04	0.04	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00
0.15	0.16	0.01	0.16	0.00	0.16	0.00
0.26	0.29	0.02	0.29	0.00	0.29	0.00
0.36	0.40	0.04	0.40	0.00	0.40	0.00
0.46	0.52	0.05	0.52	0.01	0.52	0.00

Z Tab. 17 vyplývá, že zahloubení 0,1 m je dostatečné ke vzniku vzdutého vodního skoku pro všechny uvažované průtoky. Při takto malém zahloubení je možné navrhnout variantu bez vývaru. Varianta bez vývaru má negativní účinky pro biologický život v toku. Neposkytuje rybám úkryt a stanoviště při srážkách nebo při nevhodných teplotních podmínkách [47].

#### 6.4.2 Délka vývaru $L_v$

Délka vývaru byla stanovena podle Nováka (rovnice (3.7)):

$$L_v = K \times (h_2 - h_1)$$

Kde:  $K = 5,5$  součinitel z poměru vzájemných hloubek viz. Tab. 3

$h_2/h_1 = 2,9$  poměr vzájemných hloubek

$h_1 = 0,52$  m druhá vzájemná hloubka vodního skoku

$h_2 = 1,55$  m první vzájemná hloubka vodního skoku

$$L_v = 5,61$$
 m

#### 6.4.3 Tloušťka vývarové desky $t_d$

Dle Dombrovského (rovnice (3.8)):

$$t_d = 0,15 \times v_1 \times \sqrt{h_1}$$

Kde:  $v_1 = 5,47$  m $\times$ s $^{-1}$  průřezová rychlost v místě dopadu

$h_1 = 0,52$  m první vzájemná hloubka vodního skoku

$$t_d = 0,59$$
 m

#### 6.4.4 Délka opevnění za vývarem $L_0$

(rovnice (3.9)):

$$L_0 = (10 \div 13) \times h_d$$

Kde:  $h_d = 2,44$  m výška hladiny v podjezí

$$L_0 = 24,44 - 31,77$$
 m

#### 6.4.5 Návrhové parametry

V této kapitole jsou stanoveny návrhové parametry, ty jsou zaokrouhleny podle posouzení velikosti vodního díla s ohledem na předešlé vypočítané hodnoty.

Napojení přelivu na vývarovou desku je provedeno válcovou plochou o poloměru  $r = 1,00$  m na přelivnou hranu spodní stavby jezu, od které je oddělena dilatační spárou. Vývar je navržen jako betonový se svrchní vrstvou tvořenou kamennou dlažbou uloženou do betonového lože. Charakteristická velikost kamene je 0,20 m. Tloušťka vývarové desky včetně kamenné dlažby je 0,60 m. Vývar je mírně zahlouben o 0,10 m na kótu 186,85 m n. m. Délka vývarové desky byla stanovena podle Nováka na 5,00 m. Před koncem vývarové desky je práh se zkosenou hranou ve sklonu 1:3, který je vysoký 0,10 m a dlouhý 0,60 m na kótě 186,95 m n. m. a na něj navazuje opevnění dna za vývarem. Opevnění za vývarem je dlouhé 20,00 m. Opevnění je tvořeno z lehčího kamenného záhozu o tloušťce 0,30 m. Pro zamezení vymílání zeminy na konci břehových pilířů budou nade dnem svahy břehu opevněny kamennou dlažbou na sucho s charakteristickou velikostí kamene 0,40 m do délky 10 m od jezu. Z jezového profilu do přírodního koryta nad a pod jezem je napojeno dno ve sklonu 1:10. Sklon břehů je navržen na 1:2.

## 6.5 Dělicí pilíř

Stávající dělicí pilíř bude zachován. Pilíř bude stejně široký 0,40 m, ale dojde k prodloužení v nadjezí i podjezí, z důvodu vhodného umístění drážek provizorního hrazení. Původní pilíř je dlouhý 2,00 m, do nadjezí se prodlouží o 0,60 m a v podjezí o 0,40 m. Oprava pilíře bude nutná u spodní hrany pilíře, kde došlo v rozsahu několika decimetrů k degradaci a odtržení kusů betonu. V pilíři zůstane po sanaci původní drážka pro pohyb stavidla a v nadjezí i podjezí se do něj osadí drážky pro provizorní hrazení. Pilíř rozděluje koryto na dvě stejná pole o šířce 3,10 m a je na něm položena lávka. Záhlaví pilíře je na obou stranách trojúhelníkové s nátokovým úhlem  $6^\circ$ . Kóta koruny pilíře je ve výšce 190,14 m n. m.

## 6.6 Obslužná lávka

Lávka spojuje pravý břeh z třídy Komenského s levým břehem, který navazuje na městský park. Lávka je uložena na středovém a břehových pilířích. Šířka lávky je 1,55 m, lávka je opatřena ocelovým zábradlím do výšky 1 m. Lávka slouží k manipulaci, kontrole a revizím motorového pohonu. V případě výpadku elektrické energie je z ní přístup k ručnímu ovládání pro manipulaci se stavidlovými uzávěry.

## 6.7 Rybí přechod

Přehrazení koryta je tvořeno pouze pevným prahem, který je nad dno v podjezí zvýšen o 0,50 m a rozdíl hladin je 0,35 m. Výškový rozdíl spojuje souvislý proud na vzdálenosti 1,50 m. Při návrhu rekonstrukce nebylo s rybím přechodem jako samostatným objektem uvažováno.

Předpokládá se, že pro daný výškový rozdíl nebude konstrukce představovat migrační překážku. Pro posouzení, zda veškerá rybí obsádka objekt překoná by byla potřeba podrobnější ichtyologický průzkum. Pro případný návrh rybního přechodu lze využít prostor na levém břehu a vytvořit další krajinný prvek v prostoru parku.

## **6.8 Údržba jezu a jeho přilehlých částí**

Opevnění břehů je poškozováno kolísáním hladiny, tím může docházet k uvolňování opevňovacích prvků. Největší nebezpečí tkví v uvolňování kamenné dlažby, kterou jsou opevněny břehy v nadjezí i podjezí. Tu je nutné z dlouhodobého hlediska udržovat. Bez této údržby by mohlo dojít k uvolnění větší části opevnění, břehovým nátržím nebo sesuvu břehu. Spolu s touto kontrolou je potřeba kontrolovat a průběžně čistit česle nátokového objektu tak, aby bylo zajištěno zásobování obtokového koryta v parku vodou.

## **6.9 Revitalizace v okolí jezu**

V první variantě vznikne obtokové koryto. V druhé variantě návrhu vznikne spolu s korytem tůň a u třetí varianty vzniknou 2 tůně. Všechny varianty tak mají pozitivní vliv na faunu, flóru i na obyvatelstvo, které může v parku trávit volné chvíle. Mezi tokem Kyjovka a nově vytvořeným korytem vznikne nová štěrková cesta.

## 7 MANIPULACE JEZU

Manipulace s jezovými uzávěry probíhá zvedáním nebo spouštěním stavidlového uzávěru. Manipulace je řízena mechanickým hladinoměrem umístěným v nátokovém objektu obtokového koryta, podle výšky hladiny v nadjezí je manipulováno se stavidlem pomocí motorového pohonu, tak aby byla na úrovni 187,90 m n. m. s tolerancí  $\pm 0,1$  m. Pohony stavidel jsou opatřeny ručním pohonem, který slouží jako sekundární pohon v případě výpadku elektrické energie.

### 7.1 Manipulace za běžných stavů

Hladina stálého vzduť je na úrovni 187,90 m n. m. Stavidlo je otevřeno tak, aby vždy propouštělo minimální zůstatkový průtok  $65 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  (viz 4.8) a do odběrného objektu je převáděn průtok  $20 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  (viz 5.2.1).

### 7.2 Manipulace při nástupu povodně

Při překročení maximální kóty 188,00 m n. m. je dosaženo maximální úrovně stálého vzduť a je vyhrazen uzávěr jezu nad úroveň terénu 190,14 m n. m. Odběrný objekt včetně potrubí a revizní šachty nebyl posouzen na možné poškození při vysokých rychlostech při maximálním otevření za povodni, největší namáhání bude na přírubové koleno při změně směru v revizní šachtě, proti tomuto posunutí je opatřeno kotvící patkou. Z těchto důvodů bude stavidlo uzavřeno.

Návrhový průtok  $Q_{20}$  je při průtoku jezem  $17,80 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ , přičemž kapacita jezu je  $19,27 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ , při překročení tohoto průtoku dojde k vyběžení vody z koryta.

### 7.3 Manipulace při opadávání povodně

V momentu opadávání hladiny po povodni se začnou spouštět obě stavidla, aby byla hladina v úrovni stálého vzduť s tolerancí  $\pm 0,10$  m.

### 7.4 Manipulace v období sucha

Účelem jezu je v zajištění dostatečného vzduť pro odběr vody do obtokové koryta. Zároveň však musí být zajištěn alespoň minimálního zůstatkový průtok v korytě pod jezem. Při dlouho trvajícím suchu a poklesu průtoku k hodnotě minimálního zůstatkového průtoku se uzavře stavidlo do náhonu a veškerý průtok bude ponechán v korytě.



## 7.5 Manipulace při provizorním zahrazení

Provizorní hrazení v nadjezí je umístěno 0,50 m před hranu prahu. Hrazení je hradidlové. Pro umístění drážky provizorního hrazení do středového pilíře před jezem byl prodloužen pilíř o 0,6 m. Na obou březích bude k stávající pilíř rozšířen tak, aby zde mohla být umístěna drážka provizorního hrazení. V podjezí bude ze stejného důvodu středový pilíř prodloužen o 0,4 m. Do drážek se usazují dutá ocelová hradidla o průměru 0,20 m a délce 3,10 m. Ve vývaru je umístěno druhé provizorní hrazení, které dosedá na ocelový práh osazený ve vývarové desce. Pro zahrazení jednoho jezového pole je potřeba osadit hradidla v nadjezí nad úroveň hladiny stálého vzduť. Po přehrazení jednoho jezového pole a podjezí je přebytečná odčerpá voda pomocí čerpadel z jímky do toku pod jezem. Hradicí prvky budou uloženy na oplocené betonové ploše po levé straně na pozemku koupaliště, které patří městu Kyjov. Pro umístění do drážek je potřeba dopravit minijeřáb. Pro vstup při rekonstrukci do nadjezí je žebřík s jedním středovým štěřínem, který je zapuštěn ve středovém pilíři. Vstup k žebříku je přes lávku.

## 7.6 Manipulace v zimním režimu

V zimním období bude provoz zachován. Pro správné fungování stavidlového uzávěru bude umístěno rozmrazovací zařízení v dráze pohybu stavidla, které zahřívá prah a boční části stěn. Pokud v jezové zdrži vznikne ledová celina, musí se nechat roztát nebo využít krátkodobé kolísání hladiny k rozlámání celiny. Ledové kry se převádí při plném vyhrazení.

## 7.7 Rozdělení hladin a vodohospodářské kapacity

Kóta dna v nadjezí	187,25 m n. m.
Kóta hladiny stálého vzduť	187,90 m n. m.
Kóta koruny přelivu	187,35 m n. m.
Kóta minimální provozní hladiny	187,80 m n. m.
Kóta maximální provozní hladiny	188,00 m n. m.
Kóta hladiny nad jezem při $Q_{20} = 17,8 \text{ m}^3 \times \text{s}^{-1}$	189,69 m n. m.
Kóta terénu v nadjezí	190,14 m n. m.
Kóta hladiny v podjezí při otevření stavidla o 0,1 m	187,58 m n. m.
Kóta hladiny pod jezem při $Q_{20} = 17,8 \text{ m}^3 \times \text{s}^{-1}$	189,44 m n. m.
Kóta dna vývaru	186,85 m n. m.
Kóta dna v podjezí	186,95 m n. m.
Kóta terénu v podjezí	189,89 m n. m.
Délka vzduť jezem	162,22 m

Odběrný objekt	
Kóta koruny prahu	187,55 m n. m.
Kóta horní hrany betonového profilu	188.10 m n. m.
Kóta spodní hrany na přechodu z obdélníkového do kruhového průřezu	187,31 m n. m.
Kóta dna obtokového koryta	187,25 m n. m.
Celková délka potrubí	26 m

## 8 STABILITA

### 8.1 Zatěžovací schéma

Posouzení stability bylo vypočítáno pro úrovně hladiny při hladině stálého vzduť a při prázdné jezové zdrži.

Tab. 19 Úroveň hladin

úroveň hladin	plná zdrž	prázdná zdrž
	[m n. m.]	[m n. m.]
v nadjezí	187.90	187.60
v podjezí	186.95	186.95
spád hladin [m]	0.95	0.65

### 8.2 Výpočet působících sil

Pro výpočet stability se počítá se silami od:

#### 1. Stálého zatížení

- Vlastní tíha konstrukce
- Vlastní tíha stavidlového uzávěru
- Zatížení zeminou (nasyčená zemina pod konstrukcí a aktivní zemní tlak, s pasivním zemním tlakem se neuvažuje)

#### 2. Proměnného zatížení

- Zatížení od hydrostatického tlaku vody podzemní
- Zatížení od hydrostatického tlaku vody povrchové

#### 8.2.1 Plná jezová zdrž

##### 1. Stálé zatížení

##### a. Vlastní tíha konstrukce pro desku nadjezí, přepadové těleso a desku vývaru

$$G_i = \gamma_B \times A_i \quad (8.1)$$

Kde:  $\gamma_B = 24 \text{ kN} \times \text{m}^{-3}$

$$A_1 = 0,75 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 1,81 \text{ m}^2$$

$$A_3 = 3,30 \text{ m}^2$$

Objemová tíha betonu

Plocha konstrukce desky nadjezí

Plocha konstrukce přepadového tělesa

Plocha konstrukce desky vývaru

$$G_1 = 24 \times 0,75 = 18,00 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

$$G_2 = 24 \times 1,30 = 43,44 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

$$G_3 = 24 \times 1,94 = 79,20 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

## b. Vlastní tíha stavidlového uzávěru

$$G_s = F_o \times h_s + G_z \quad (8.2)$$

Kde:  $F_o = 7,0 \text{ kN} \times \text{m}^{-2}$

$$h_s = 0,65 \text{ m}$$

$$G_z = 2 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

Hmotnost stavidla na metr čtvereční

Výška stavidlového uzávěru

Tíha ostatních zařízení (rám stavidla, motor, cévová tyč)

$$G_u = F_o \times h_s + G_z = 7,0 \times 0,65 + 2 = 6,55 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

## c. Zatížení zeminou

$$G_{zi} = \gamma_z \times A_{zi} \quad (8.3)$$

Kde:  $\gamma_z = 14,6 \text{ kN} \times \text{m}^{-3}$

$$A_{z1} = 2,18 \text{ m}^2$$

$$G_z = 14,6 \times 2,18 = 31,83 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

Objemová tíha zeminy pod úrovní dna

Plocha zeminy pod deskou nadjezí

$$Z_{ai} = \gamma_z \times 0,5 \times h_{ai}^2 \times \tan^2 \left( \frac{90}{2} - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (8.4)$$

Kde:  $\gamma_z = 14,6 \text{ kN} \times \text{m}^{-3}$

$$\varphi = 32^\circ$$

$$h_{a1} = 1,0 \text{ m}$$

$$Z_{a1} = 14,6 \times 0,5 \times 1,0^2 \times \tan^2(\pi/4 - 32/2) = 2,12 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

Objemová tíha zeminy pod úrovní dna

Úhel vnitřního tření zeminy

Výška založení pod úrovní dna

## 2. Proměnné zatížení

### a. Zatížení od hydrostatického tlaku vody podzemní

$$W_i = \gamma_v \times A_{wi} \quad (8.5)$$

Kde:  $\gamma_v = 10 \text{ kN} \times \text{m}^{-3}$

$$A_{w1} = 4,10 \text{ m}^2$$

$$A_{w2} = 2,41 \text{ m}^2$$

$$A_{w3} = 5,13 \text{ m}^2$$

$$W_1 = 10 \times 3,62 = 41,00 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

$$W_2 = 10 \times 2,07 = 24,10 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

$$W_3 = 10 \times 3,77 = 51,30 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

Objemová tíha vody

Plocha vztlakového obrazce pod nadjezí

Plocha vztlakového obrazce pod přepadovým

Plocha vztlakového obrazce pod vývarem

### b. Zatížení od hydrostatického tlaku vody povrchové

$$V_i = \gamma_v \times A_{vi} \quad (8.5)$$

Kde:  $\gamma_v = 10 \text{ kN} \times \text{m}^{-3}$

$$A_{v1} = 2,02 \text{ m}^2$$

$$A_{v2} = 0,55 \text{ m}^2$$

$$A_{h1} = 1,21 \text{ m}^2$$

Objemová tíha vody

Plocha hladiny vody v nadjezí

Plocha hladiny vody ve vývaru

Plocha horizontálního obrazce v nadjezí

$$A_{h2} = 0,28 \text{ m}^2$$

Plocha horizontálního obrazce ve vývaru

$$V_{v1} = 10 \times 2,02 = 20,20 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

$$V_{v2} = 10 \times 0,55 = 5,50 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

$$V_{h1} = 10 \times 1,21 = 12,10 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

$$V_{h1} = 10 \times 0,28 = 2,80 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

Tab. 20 Výslednice působících sil při plné zdrži

stálá zatížení				proměnná zatížení			
vertikální		horizontální		vertikální		horizontální	
typ zatížení	síla kN×m <sup>-1</sup>	typ zatížení	síla kN×m <sup>-1</sup>	typ zatížení	síla kN×m <sup>-1</sup>	typ zatížení	síla kN×m <sup>-1</sup>
konstrukce	18,00	zemina	2,12	voda podzemní	41,10	voda povrchová	12,10
	43,44				24,10		2,80
	79,20				51,30		
uzávěr	6,55			voda povrchová	20,20		
zemina	31,83				5,50		

## 8.2.2 Prázdná jezová zdrž

### 1. Stálé zatížení

#### a. Vlastní tíha konstrukce pro desku nadjezí, přepadové těleso a desku vývaru

$$G_i = \gamma_B \times A_i \quad (8.1)$$

Kde:  $\gamma_B = 24 \text{ kN} \times \text{m}^{-3}$

$$A_1 = 0,75 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 1,81 \text{ m}^2$$

$$A_3 = 3,30 \text{ m}^2$$

Objemová tíha betonu

Plocha konstrukce desky nadjezí

Plocha konstrukce přepadového tělesa

Plocha konstrukce desky vývaru

$$G_1 = 24 \times 0,75 = 18,00 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

$$G_2 = 24 \times 1,30 = 43,44 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

$$G_3 = 24 \times 1,94 = 79,20 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

#### b. Vlastní tíha stavidlového uzávěru

$$G_s = F_o \times h_s + G_z \quad (8.2)$$

Kde:  $F_o = 7,0 \text{ kN} \times \text{m}^{-2}$

$$h_s = 0,65 \text{ m}$$

$$G_z = 2 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

Hmotnost stavidla na metr čtvereční

Výška stavidlového uzávěru

Tíha ostatních zařízení (rám stavidla, motor, cévová tyč)

#### c. Zatížení zeminou

$$G_{zi} = \gamma_z \times A_{zi} \quad (8.3)$$

Kde:  $\gamma_z = 14,6 \text{ kN}\times\text{m}^{-3}$  Objemová tíha zeminy pod úrovň dna  
 $A_{z1} = 2,18 \text{ m}^2$  Plocha zeminy pod deskou nadjezí  
 $G_z = 14,6 \times 2,18 = 31,83 \text{ kN}\times\text{m}^{-1}$

$$Z_{ai} = \gamma_z \times 0,5 \times h_{ai}^2 \times \tan^2 \left( \frac{90}{2} - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (8.4)$$

Kde:  $\gamma_z = 14,6 \text{ kN}\times\text{m}^{-3}$  Objemová tíha zeminy pod úrovň dna  
 $\varphi = 32^\circ$  Úhel vnitřního tření zeminy  
 $h_{a1} = 1,0 \text{ m}$  Výška založení pod úrovň dna  
 $Z_{a1} = 14,6 \times 0,5 \times 1,0^2 \times \tan^2(\pi/4 - 32/2) = 2,12 \text{ kN}\times\text{m}^{-1}$

## 2. Proměnné zatížení

### a. Zatížení od hydrostatického tlaku vody podzemní

$$W_i = \gamma_v \times A_{wi} \quad (8.5)$$

Kde:  $\gamma_z = 10 \text{ kN}\times\text{m}^{-3}$  Objemová tíha vody  
 $A_{w1} = 3,04 \text{ m}^2$  Plocha vztlakového obrazce pod nadjezí  
 $A_{w2} = 1,91 \text{ m}^2$  Plocha vztlakového obrazce pod přepadovým  
 $A_{w3} = 4,28 \text{ m}^2$  Plocha vztlakového obrazce pod vývarem  
 $W_1 = 10 \times 3,04 = 30,40 \text{ kN}\times\text{m}^{-1}$   
 $W_2 = 10 \times 1,91 = 19,10 \text{ kN}\times\text{m}^{-1}$   
 $W_3 = 10 \times 4,28 = 42,80 \text{ kN}\times\text{m}^{-1}$

### b. Zatížení od hydrostatického tlaku vody povrchové

$$V_i = \gamma_v \times A_{vi} \quad (8.5)$$

Kde:  $\gamma_z = 10 \text{ kN}\times\text{m}^{-3}$  Objemová tíha vody  
 $A_{v1} = 0,29 \text{ m}^2$  Plocha hladiny vody v nadjezí  
 $A_{v2} = 0,55 \text{ m}^2$  Plocha hladiny vody ve vývaru  
 $A_{h1} = 0,57 \text{ m}^2$  Plocha horizontálního obrazce v nadjezí  
 $A_{h2} = 0,25 \text{ m}^2$  Plocha horizontálního obrazce ve vývaru  
 $V_{v1} = 10 \times 0,29 = 2,90 \text{ kN}\times\text{m}^{-1}$   
 $V_{v2} = 10 \times 0,55 = 5,50 \text{ kN}\times\text{m}^{-1}$   
 $V_{h1} = 10 \times 0,57 = 5,70 \text{ kN}\times\text{m}^{-1}$   
 $V_{h1} = 10 \times 0,25 = 2,50 \text{ kN}\times\text{m}^{-1}$

Tab. 21 Výslednice působících sil při prázdné zdrži

stálá zatížení				proměnná zatížení			
vertikální		horizontální		vertikální		horizontální	
typ zatížení	síla	typ zatížení	síla	typ zatížení	síla	typ zatížení	síla
	kN×m <sup>-1</sup>		kN×m <sup>-1</sup>		kN×m <sup>-1</sup>		kN×m <sup>-1</sup>
konstrukce	18,00	zemina	2,12	voda podzemní	30,40	voda povrchová	5,70
	43,44				19,10		2,50
	79,20				42,80		
uzávěr	6,55			voda povrchová	2,90		
zemina	31,83				5,50		

### 8.3 Posouzení stability

Posouzení stability bylo provedeno pro případy, které jsou nejpravděpodobnější na porušení stability, podle rozměrů a uspořádání konstrukce spolu se způsobem založení. Případy byly vyšetřeny pro běžný provozní stav (trvalá návrhová situace při hladině na úrovni HSV) a pro prázdnou jezovou zdrž (například při rekonstrukci)

Posouzení bylo provedeno pro:

#### 1. Bezpečnost proti posunutí po základové spáře s a bez spolupůsobení vývarové desky

##### Bez spolupůsobení vývarové desky

$$C_s = \frac{(\sum G_i + G_u + V_{vi} - W_i) \times f + V_{hi}}{(V_{hi} + Z_i)} \quad (8.6)$$

Kde:  $f = 0,7$

součinitel spolupůsobení přitížení zeminy

a) plná jezová zdrž

$$\sum G_i = G_1 + G_2 = 18,00 + 43,44 = 61,44 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

$$G_u = 6,55 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

$$V_{v1} = 20,20 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

$$W_i = W_1 + W_2 = 41,00 + 24,10 = 65,10 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

$$V_{h1} = 12,10 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

$$V_{h2} = 2,80 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

$$Z_1 = 2,12 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

$$C_s = 1,33 \geq 1,3$$

**Vyhovuje**

b) prázdná jezová zdrž

$$\sum G_i = G_1 + G_2 = 18,00 + 43,44 = 61,44 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

$$G_u = 6,55 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

$$V_{v1} = 2,90 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

$$W_i = W_1 + W_2 = 30,40 + 19,10 = 49,50 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

$$V_{h1} = 5,70 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

$$V_{h2} = 2,50 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

$$Z_1 = 2,12 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

$$C_s' = 2,24 \geq 1,3$$

**Vyhovuje**

**Se spolupůsobením vývarové desky**

$$C_{sd} = C_s + \frac{(G_i + V_{vi} - W_i) \times f}{(V_{hi} + Z_i)} \quad (8.7)$$

Kde:  $f = 0,7$

součinitel spolupůsobení přetížení zeminy

a) plná jezová zdrž

$$C_s = 1,33$$

$$G_3 = 79,20 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

$$V_{v2} = 5,50 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

$$W_3 = 51,30 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

$$V_{h1} = 12,10 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

$$Z_1 = 2,19 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

$$C_{sd} = 2,98 \geq 1,3$$

**Vyhovuje**

b) prázdná jezová zdrž

$$C_s' = 2,24$$

$$G_3 = 79,20 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

$$V_{v2} = 5,50 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

$$W_3 = 42,80 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

$$V_{h1} = 5,70 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

$$Z_1 = 2,12 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$

$$C_{sd}' = 5,99 \geq 1,3$$

**Vyhovuje**

Bezpečnost proti posunutí po základové spáře při plné jezové zdrži bez spolupůsobení vývarové desky je vyhovující, s naddimenzováním 3 %, u prázdné jezové zdrže také vyhoví s větší rezervou. Se spolupůsobením vývarové desky vyhoví plná i prázdná zdrž.

## 2. Bezpečnosti proti nadzdvížení zvláště pro přeliv a vývarovou desku

$$C_s = \sum G_i + G_u + \sum V_{vi} - \sum W_i \quad (8.8)$$

**Bez vývaru**

a) plná jezová zdrž

$$\Sigma G_i = G_1 + G_2 = 18,00 + 43,44 = 61,44 \text{ kN} \times \text{m}^{-1}$$



$$G_u = 6,55 \text{ kN}\times\text{m}^{-1}$$

$$\Sigma V_{vi} = V_{v1} = 20,20 \text{ kN}\times\text{m}^{-1}$$

$$\Sigma W_i = W_1 + W_2 = 41,00 + 24,10 = 65,10 \text{ kN}\times\text{m}^{-1}$$

$$C_{sd} = 23,09 \geq 1,20 \quad \text{Vyhovuje}$$

b) prázdná jezová zadrž

$$\Sigma G_i = G_1 + G_2 = 18,00 + 43,44 = 61,44 \text{ kN}\times\text{m}^{-1}$$

$$G_u = 6,55 \text{ kN}\times\text{m}^{-1}$$

$$\Sigma V_{vi} = V_{v1} = 2,90 \text{ kN}\times\text{m}^{-1}$$

$$\Sigma W_i = W_1 + W_2 = 30,40 + 19,10 = 49,50 \text{ kN}\times\text{m}^{-1}$$

$$C_{sd}' = 21,39 \geq 1,20 \quad \text{Vyhovuje}$$

**Včetně vývaru**

a) plná jezová zadrž

$$\Sigma G_i = G_1 + G_2 + G_3 = 18,00 + 43,44 + 79,20 = 140,64 \text{ kN}\times\text{m}^{-1}$$

$$G_u = 6,55 \text{ kN}\times\text{m}^{-1}$$

$$\Sigma V_{vi} = V_{v1} + V_{v2} = 20,20 + 5,50 = 25,70 \text{ kN}\times\text{m}^{-1}$$

$$\Sigma W_i = W_1 + W_2 + W_3 = 41,00 + 24,10 + 51,30 = 116,40 \text{ kN}\times\text{m}^{-1}$$

$$C_{sd} = 56,49 \geq 1,20 \quad \text{Vyhovuje}$$

b) prázdná jezová zadrž

$$\Sigma G_i = G_1 + G_2 + G_3 = 18,00 + 43,44 + 79,20 = 140,64 \text{ kN}\times\text{m}^{-1}$$

$$G_u = 6,55 \text{ kN}\times\text{m}^{-1}$$

$$\Sigma V_{vi} = V_{v1} + V_{v2} = 2,90 + 5,50 = 8,40 \text{ kN}\times\text{m}^{-1}$$

$$\Sigma W_i = W_1 + W_2 + W_3 = 30,40 + 19,10 + 42,80 = 92,30 \text{ kN}\times\text{m}^{-1}$$

$$C_{sd}' = 63,29 \geq 1,20 \quad \text{Vyhovuje}$$

Bezpečnost proti nadzdvížení pro přeliv i s vývarem splňuje podmínku ve všech variantách.

S vývarovou deskou jsou hodnoty na straně bezpečí větší než bez ní.

## 9 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce byl návrh rekonstrukce stávající jezové konstrukce na řece Kyjovce v městě Kyjově v říčním kilometru 51,379. Důvodem rekonstrukce měla být jeho obnova včetně pohyblivých jezových uzávěrů. Podmětem k návrhu bylo zajištění odběru vody pro obtokové koryto navrhované jako revitalizační prvek v přilehlém parku.

Bakalářská práce byla rozdělena na dvě části. První část je zaměřena na teoretické aspekty řešené problematiky. V této části jsou vysvětleny základní přístupy k navrhování jezů, jejich účel, rozdělení a typické součásti jezů. V závěru této části jsou uvedeny a popsány hydrotechnické rovnice použité následně v praktické části. V praktické části je nejprve popsána zájmová lokalita, včetně zatřídění vodního díla. Následně je popsán postup návrhu rekonstrukce jezové konstrukce a odběru vody pro obtokové koryto v parku.

Pro výběr pohyblivého uzávěru a celkové koncepce bylo vybíráno mezi pokloповým, stavidlovým a vakovým uzávěrem. Pro řešený úsek s ohledem na velikost toku byla vybraná nejjednodušší varianta v podobě stavidlového uzávěru.

Stávající situace toku je kapacitně dostačující pro  $Q_{20}$ . Při větším průtoku dojde k zahlcení mostů s následným zanesením materiálů, které způsobí zmenšení průtočného profilu a dojde ke vzduť hladiny s vyběžením do intravilánu, při kterém vzniknou škody na majetku a díle. Tímto by mohly být ohroženy objekty, které mohou být zdroji znečištění (ČOV a čerpací stanice). Jezová konstrukce je dobrém stavu, za pravým břehovým pilířem pod jezem dochází k poměrně značnému vymílání materiálu z břehu dna a na spodních částech betonových konstrukcí jsou vymlety kusy betonu. Původní jezový profil je dostatečně kapacitní a nevzdouvá vodu nad ním. Zavazovací křídla jsou umístěna kolmo na tok. Před ani za pohyblivým uzávěrem nebyly umístěny drážky provizorního hrazení a jímky pro čerpání.

Pro umístění drážky provizorního hrazení do středového pilíře před jezem byl prodloužen pilíř o 0,6 m. U břehu bude k zavazujícímu pilíři přidělána betonová konstrukce pro drážku provizorního hrazení. V podjezí bude pro drážku středový pilíř prodloužen o 0,4 m. U břehu bude drážka ve stávající betonové stěně. Jímka pro čerpání je v nadjezí v každém jezovém poli. Pro vstup při rekonstrukci do nadjezí je žebřík ze středového pilíře.

Oprava pilíře bude nutná u spodní hrany pilíře, kde došlo do výšky několika centimetrů k degradaci a odtržení kusů betonu. V pilíři zůstane původní drážka pro pohyb stavidla a v nadjezí i podjezí se do něj osadí drážky pro provizorní hrazení. Pilíř rozděluje koryta na dvě stejná pole o šířce 3,10 m a je na něm položena lávka. Záhlaví pilíře je na obou stranách trojúhelníkové s nátkovým úhlem  $6^\circ$ . Kóta pilíře je ve výšce 190,14 m n. m.

Vtok do náhonu bude umístěn na levé straně břehu v říčním kilometru 51,385. Jedná se o nátok, který je umístěn kolmo na tok. Do obtokového koryta je přiváděna voda skrze zahlu- bené potrubí, do kterého se také čerpá voda ze studně. Trasa koryta, jehož výškové uspořádání není předmětem této práce, je převzato z bakalářské práce [40]. Návrhový odběr do náhonu je rozdělen v poměru 70/30, kdy 70 % zůstává v Kyjovce. Odběr by měl být podle dosavadních měření CHMI poskytnut 330 dní v roce, při omezení průtoku nevzniknou žádné ekonomické ztráty. V první variantě náhonu dojde k vysušení koryta, které po dlouhé době sucha zaroste. U druhé varianty je zásobní objem vody v nádrži dostatečný k zachování rybníční fauny v závis- losti na velikosti výparu. U třetí varianty jsou dvě nádrže, spodní z nich přečerpává vodu do horní, při dlouho trvajícím suchu by měla být plně dotována alespoň spodní nádrž z vrchní.

Vyvýšený prah u původního jezu nebyl vybudován, u návrhu byla výška stanovena na 0,10 m, rozdíl mezi korunou prahu a zahluobenou deskou ve vývaru je 0,5 m tato výška je k překonání ve sklonu 1:3. Pro většinu druhů ryb by při skokové rychlosti neměla vzniknout zásadní migrační bariéra. Rybí přechod jako samostatná stavba spolu s rekonstrukcí se nebude provádět.

Cíle bakalářské práce byly splněny, tedy bylo vybráno vhodné řešení rekonstrukce jezu, které umožňuje vytvoření dostatečné výšky vzduší pro dotování vody nově vytvořeného koryta. Přínosem této stavby je pro město Kyjov zlepšení estetické a relaxační funkce městského parku a tím zkvalitnění života pro jeho obyvatele.

## BIBLIOGRAFIE

- [1] GABRIEL, P., T. GRANDTNER, M. PRŮCHA a P. VÝBORA. *Jezy*. Praha: SNTL, 1989, 456 s.
- [2] PRŮCHA, Miroslav. *Jezy*. Dotisk. Praha: ČVUT, 1982, 292 s.
- [3] *Hydrotechnické stavby I*. Vyd. 2. V Praze: nakladatelství ČVUT, 2009. ISBN 978-80-01-04309-7.
- [4] GABRIEL, Pavel, Miroslav PRŮCHA, Teodor GRANDTNER a Pavel VÝBORA. *Jezy*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1989, 456 s.
- [5] Stavidlové uzávěry s motorovým pohonem. In: *Ševčík-hydro* [online]. [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.sevcik-hydro.cz/cz/motorove>
- [6] *Vodní stavby I*. VUT. Brno: CERM, 2002. ISBN 80-214-2165-7.
- [7] MEDŘICKÝ a VALENTA. *Hydrotechnické stavby I: Navrhování jezů*. Praha: nakladatelství ČVUT, 2009. ISBN ISBN 978-80-01-04309-7.
- [8] SLAVÍK, O. a Z. VANČURA. *Migrace ryb, rybí přechody a způsob jejich testování*. MZP. Praha, 2012. ISBN 978-80-7212-580-7.
- [9] *Migrace ryb* [online]. [cit. 2023-04-28]. Dostupné z: <http://vodnitoky.ochranaprirody.cz/migrace-ryb-a-rybi-prechody-migrace-ryb/>
- [10] *Navrhování jezů*. První. Brno: Rektorát VUT, 1989, 139 s. ISBN 80-210-1076-1.
- [11] *TNV 75 2321: průchodňování migračních bariér rybími přechody*. Praha: HYDROPROJEKT CZ a.s., 2011.
- [12] Zákon č. 254/2001 Sb.: Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). In: *Sbírka zákonů*. 2001. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254/zneni-20220201>
- [13] *Charakteristika zájmového území* [online]. [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: [https://www.edpp.cz/kyj\\_charakteristika-zajmoveho-uzemi/](https://www.edpp.cz/kyj_charakteristika-zajmoveho-uzemi/)
- [14] HRUBAN, Robert. *Klasifikace klimatu* [online]. [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/klima/klasifikace-klimatu/#more-21160>
- [15] VOŽENÍLEK, Vít. *Atlas podnebí Česka*. Univerzita Palackého v Olomouci. Praha, 2007. ISBN 978-80-244-1626-7.

- [16] Kyjovská pahorkatina. In: *Moravské-Karpaty.cz* [online]. [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/geomorfologie/kyjovska-pahorkatina/>
- [17] *Geovědní mapy 1 : 50 000. Praha: Česká geologická služba [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: https://mapy.geology.cz/geocr50/; Praha: Česká geologická služba [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: https://mapy.geology.cz/geocr50/ [online].*
- [18] *Hydrogeologické rajony [online]. Praha: Česká geologická služba [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: https://mapy.geology.cz/hydro\_rajony/ [online]. [cit. 2023-05-12].*
- [19] VACEK, Zdeněk. *Voda pro závlahy v areálu koupaliště a stadionu: Hydrologický posudek.* Holešov, 2009.
- [20] VACEK, Zdeněk. *Širokopřířilová vrtaná studna: Hydrogeologický průzkum - závěrečná zpráva.* Holešov, 2010.
- [21] *Vrtná prozkoumanost [online]. Praha: Česká geologická služba [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: https://mapy.geology.cz/vrtna\_prozkoumanost/ [online]. [cit. 2023-05-12].*
- [22] *Vyhláška č. 227/2018 Sb.: Vyhláška o charakteristice bonitovaných půdně ekologických jednotek a postupu pro jejich vedení a aktualizaci.* pes, pes. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2018-227/zneni-20190101#p7-1-1>
- [23] *Půdní mapa [online]. Praha: Česká geologická služba [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: https://mapy.geology.cz/pudni\_mapa/ [online]. [cit. 2023-05-12].*
- [24] *ČSN EN 1998-1: Eurokód 8: Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení - Část 1: Obecná pravidla, seizmická zatížení a pravidla pro pozemní stavby.* Ed 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013, 166 s.
- [25] HAVALA, Josef. *Návrh využití území bývalého lignitového dolu v Kyjově.* Brno, 2015. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Milan Šmahel.
- [26] HRUBAN, Robert. *Kyjovka [online]. 2017 [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/hydrografie/kyjovka/*
- [27] *Řeka Kyjovka.* Dostupné také z: <https://www.raft.cz/morava/kyjovka.aspx>
- [28] Evidenční list hlásného profilu: Kyjov-lat' (Kyjovka). In: *Www.edpp.cz* [online]. [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.edpp.cz/evidencni-list/kyjov-lat-kyjovka->
- [29] *Hydrologické údaje [online]. [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: https://www.edpp.cz/kyj\_hydrologicke-udaje/*
- [30] *Evidenční list hlásného profilu č.403.* Dostupné také z: <https://hydro.chmi.cz/>

hppsevlist/download.php?seq=307009

- [31] HORSKÝ, Ladislav. *Hydrologické poměry Československé socialistické republiky*. 1. vyd. Praha: HMÚ, 1967.
- [32] *Hladinoměry: Kyjov* [online]. [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.edpp.cz/hladinometry/kyjov-stary/>
- [33] *Odtokové poměry* [online]. [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: [https://www.edpp.cz/kyj\\_odtokove-pomery/](https://www.edpp.cz/kyj_odtokove-pomery/)
- [34] Digitální povodňový plán ČR. In: *Povodňový plán České republiky* [online]. [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: [https://webmap.dppcr.cz/dpp\\_cr/povis.dll?MAP=rizika&lon=17.1036742&lat=49.0456952&scale=120960](https://webmap.dppcr.cz/dpp_cr/povis.dll?MAP=rizika&lon=17.1036742&lat=49.0456952&scale=120960)
- [35] *Metodický pokyn: odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí ke stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků ve vodních tocích* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/BB978B5BAEDF46C0C1256FC8003F1EB8/\\$file/metod.html](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/BB978B5BAEDF46C0C1256FC8003F1EB8/$file/metod.html)
- [36] Vyhláška č. 471/2001 Sb: Vyhláška Ministerstva zemědělství o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly. In: *Sbírka zákonů*. ročník 2001. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-471#>
- [37] *Podélný profil*.
- [38] *Příčné objekty na toku Kyjovky na území města Kyjov*. Dostupné také z: [file:///C:/Users/lukma/Downloads/pricne\\_objekty\\_kyjov.pdf](file:///C:/Users/lukma/Downloads/pricne_objekty_kyjov.pdf)
- [39] *Rekonstrukce jezu na řece Kyjovce: P10.Fotodokumentace*. 2023.
- [40] GRMELOVÁ, Eliška. *Revitalizace toku Kyjovka* [online]. Brno, 2022 [cit. 2023-04-28]. Dostupné z: [https://www.vut.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=242640](https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=242640). Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Stavební fakulta. Vedoucí práce David Duchan.
- [41] *ČSN 75 2410: Malé vodní nádrže*. 2011.
- [42] *ČSN 73 6201: Projektování mostních objektů*. Praha: Český normalizační institut, 2008, 76 s.
- [43] HLAVÍNEK, P., HLAVÁČEK, J.: *Čištění odpadních vod, praktické příklady výpočtů*. Brno: NOEL 2000, ISBN 80-86020-0-2 [online]. [cit. 2023-05-13].
- [44] JANDORA J. *Hydraulika a hydrologie: modul 01*. Brno: Vut fast, 2005.

- [45] *Introduction to HEC-RAS* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/rasdocs/rasum/latest/introduction-to-hec-ras>
- [46] *Návrh vývaru: postup výpočtu*. 2017.
- [47] *Vyhodnocení připomínek podaných k návrhu Předběžného přehledu významných problémů nakládání s vodami zjištěných v části mezinárodní oblasti povodí Dunaje na území České republiky* [online]. [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: [https://www.poh.cz/assets/File.ashx?id\\_org=200341&id\\_dokumenty=5723](https://www.poh.cz/assets/File.ashx?id_org=200341&id_dokumenty=5723)

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbol	Veličina	Jednotka
$T$	Teplota	$^{\circ}\text{C}$
$a_{gR}$	Retenční špičkové zrychlení podloží typu A	$\text{m}\times\text{s}^{-2}$
$g$	Tíhové zrychlení	$\text{m}\times\text{s}^{-2}$
$a_g$	Návrhové zrychlení podloží typu A	$\text{m}\times\text{s}^{-2}$
$S$	Součinitel podloží	-
$\kappa$	Součinitel významu stavby	-
$P$	Potenciál škod	-
$HSV$	Hladina stálého vzduší	$\text{m}$
$HSV_{\min}$	Minimální hladina stálého vzduší	$\text{m}$
$Q_0$	Návrhový průtok v náhonu	$\text{m}^3\times\text{s}^{-1}$
$Q_1$	Jednoletý průtok	$\text{m}^3\times\text{s}^{-1}$
$Q_2$	Dvouletý průtok	$\text{m}^3\times\text{s}^{-1}$
$Q_5$	Pětiletý průtok	$\text{m}^3\times\text{s}^{-1}$
$Q_{10}$	Desetiletý průtok	$\text{m}^3\times\text{s}^{-1}$
$Q_{20}$	Dvacetiletý průtok	$\text{m}^3\times\text{s}^{-1}$
$Q_{50}$	Padesátiletý průtok	$\text{m}^3\times\text{s}^{-1}$
$Q_{100}$	Stoletý průtok	$\text{m}^3\times\text{s}^{-1}$
$Q_{30}$	Třicetidenní průtok	$\text{m}^3\times\text{s}^{-1}$
$Q_{90}$	Devadesátidenní průtok	$\text{m}^3\times\text{s}^{-1}$
$Q_{180}$	Stoosmdesátidenní průtok	$\text{m}^3\times\text{s}^{-1}$
$Q_{270}$	Dvěstěsedmdesátidenní průtok	$\text{m}^3\times\text{s}^{-1}$
$Q_{330}$	Třistatřicetidenní průtok	$\text{m}^3\times\text{s}^{-1}$
$Q_{355}$	Třistapadesátipětidenní průtok	$\text{m}^3\times\text{s}^{-1}$
$Q_{364}$	Třistašedesátičtyřdenní průtok	$\text{m}^3\times\text{s}^{-1}$
$Q_N$	Návrhový průtok	$\text{m}^3\times\text{s}^{-1}$



$Q_{KAP}$	Kapacitní průtok	$m^3 \times s^{-1}$
$\sigma_Z$	Součinitel zatopení	-
$m$	Součinitel přepadu	-
$b_0$	Účinná šířka přelivu	m
$h_0$	Součet přepadové výšky	m
$h_d$	Výška hladiny v podjezí	m
$p$	Výška prahu spodní stavby nad horním dnem	m
$h_n$	Přepadová výška při $Q_N$	m
$h_h$	Výška hladiny v nadjezí při $Q_N$	m
$b$	Navržená šířka jezového pole	m
$\varepsilon_p$	Tvarový součinitel dělicího pilíře	-
$\varepsilon_k$	Tvarový součinitel břehových pilířů	-
$v_0$	Průřezová přítoková rychlost	$m \times s^{-1}$
$d_N$	Hloubka zahloubení	m
$h_1$	První vzájemná hloubka vodního skoku	m
$h_2$	Druhá vzájemná hloubka vodního skoku	m
$L_v$	Délka vývaru	m
$K$	Součinitel z poměru vzájemných hloubek	-
$t_{dD}$	Tloušťka vývarové desky	m
$v_1$	Průřezová rychlost v místě dopadu	$m \times s^{-1}$
$t_{dT}$	Tloušťka vývarové desky	m
$H$	Rozdíl hladin v nadjezí a podjezí	m
$L_0$	Délka opevnění za vývarem	m
$A_0$	Hloubka výmolu při $Q_0$	m
$d_{90}$	Velikost zrna podloží odpovídající 90 % křiv. zrnitosti	mm
$A$	Velikost výmolu za vývarem	m
$k'$	Součinitel úměrnosti	-

$h_{po}$	Výška prahu do náhonu	m
$h_{zv}$	Ztrátová výška na vtoku	m
$h_{zč}$	Ztrátová výška na česlích	m
$k$	Kóta dna toku	m n. m.
$\mu$	Součinitel kontrakce na vtoku	-
$\beta$	Tvarový součinitel česlic	-
$b_1$	Šířka česlic	m
$b_2$	Šířka mezery mezi česlicemi	m
$\alpha$	Sklon česlic od vodorovné roviny	°
$t$	Tloušťka přelivu	m
$\Delta h$	Rozdíl horního a dolního dna	m
$s$	Výška prahu spodní stavby nad dolním dnem	m
$h_z$	Výška hladiny dolní vody nad přelivem	m
$E_0$	Výpočet energie přepadající vody	m

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Části pevného jezu [3] .....	2
Obr. 2 Půdorysný tvar jezů [4] .....	3
Obr. 3 Části pohyblivého jezu [3] .....	4
Obr. 4 Typy klapkových uzávěrů [2] .....	7
Obr. 5 Stavidlový uzávěr [5] .....	8
Obr. 6 Vakový uzávěr [2] .....	8
Obr. 7 Obdélníkový a lichoběžníkový prah [6] .....	9
Obr. 8 Optimální tvar Jamborova prahu [3] .....	9
Obr. 9 Přední a zadní záhlaví dělicích pilířů [3] .....	17
Obr. 10 Tvary křídel břehových pilířů [3] .....	18
Obr. 11 Aktualizovaná verze Quittovy klasifikace podnebí [15] .....	21
Obr. 12 Geologická mapa [17] .....	22
Obr. 13 Hydrogeologické rajony [18] .....	23
Obr. 14 Vrtná prozkoumanost [21] .....	24
Obr. 15 Pedologické poměry [23] .....	25
Obr. 16 Mapa důlních děl a poddolování [23] .....	26
Obr. 17 Hlásný profil kat. C – vodočetná lať [28] .....	27
Obr. 18 Hlásný profil kat. B – limnigrafická stanice [32] .....	28
Obr. 19 Záplavové území v Kyjově při Q5, Q20 a Q100 [34] .....	29
Obr. 20 Původní jezový objekt ze strany nátoky [19] .....	32
Obr. 21 Vyústění kanalizace pod ulicí Sídliště Zahradní [39] .....	32
Obr. 22 Cestní most M58 ze strany výtoku [39] .....	33
Obr. 23 Lávka pro pěší M57 a ze strany výtoku [39] .....	33
Obr. 24 silniční most M57 a ze strany výtoku [39] .....	34
Obr. 25 Nomogram pro stanovení ročního výparu [41] .....	37
Obr. 26 Tvary česlic a hodnoty součinitele $\beta$ [43] .....	39
Obr. 27 Měrná křivka koryta náhonu do potrubí (viz Tab. 11) .....	40
Obr. 28 Graf měrné křivky obtokového koryta (viz .....	41
Obr. 29 Schéma spodní stavby .....	41
Obr. 30 Měrná křivka koryta .....	45
Obr. 31 Návrh vývaru a podjezí [46] .....	46

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1	Hodnoty migrační výkonnosti některých druhů ryb [11]	15
Tab. 2	Tabulka pro interpolaci součinitele zatopení	16
Tab. 3	Součinitel K	19
Tab. 4	Geomorfologické zatřídění [16]	21
Tab. 5	Hodnota N – letých průtoků [30]	27
Tab. 6	Hodnota m – denních průtoků [31]	28
Tab. 7	Stupně povodňové aktivity [30]	28
Tab. 8	Stanovení MZP podle [35]	30
Tab. 9	Zatřídění vodního díla podle potenciálu škod [36]	30
Tab. 10	Kritéria kategorií vodních děl [36]	31
Tab. 11	Výpočet měrné křivky koryta náhonu	40
Tab. 12	Výpočet měrné křivka potrubí	41
Tab. 13	Součinitel zatopení $\sigma_z$ [44]	42
Tab. 14	Součinitel přepadu m pro jezy lichoběžníkového tvaru [44]	43
Tab. 15	Posouzení pro vyhrazená stavidla, bez zahloubení vývaru:	47
Tab. 16	Iterace pro výpočet $h_1$	47
Tab. 17	Posouzení pro vyhrazená stavidla se zahloubením vývaru $d_N = 0,1$ m	47
Tab. 18	Iterace pro výpočet $h_1$	47
Tab. 19	Úroveň hladin	54
Tab. 20	Výslednice působících sil při plné zdrži	56
Tab. 21	Výslednice působících sil při prázdné zdrži	58

## SEZNAM PŘÍLOH

- P1 Situace širších vztahů M 1:5000
- P2 Přehledný podélný profil 1:1000/100
- P3 Příčné řezy M 1:200
- P4 Půdorys M 1:50
- P5 Podélný řez A-A' M 1:50
- P6 Příčný řez B-B' M 1:50
- P7 Situace jezu M 1:
- P8 Podélný řez C-C' M 1:50
- P9 Statické schéma
- P10 Fotodokumentace
- P11 Hydrotechnické výpočty a grafy