

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební
Katedra hydrotechniky



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Úprava jezu Dráchov pro sportovní plavbu

Adaptation of the Dráchov weir for white water sport

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Miroslav Brouček, Ph.D.

říjen 2021

Václav JURÁNEK

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Juránek Jméno: Václav Osobní číslo: 477418
Zadávací katedra: k142 - Katedra hydrotechniky
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Úprava jezu Dráchov pro sportovní plavbu
Název bakalářské práce anglicky: Adaptation of the Drachov weir for white water sport

Pokyny pro vypracování:

Zpracujte variantní řešení doplnění vodácké propusti a případně rybiho přechodu na jezu Dráchov na Lužnici.
- proveďte zevrubnou rešerši dostupné literatury v oblasti požadavků na parametry vodáckých propustí pro sportovní a turistickou plavbu.

- ověřte parametry plavidel na splavných úsecích toků v ČR.
- proveďte možnost využití vodácké propusti i pro účely rybiho přechodu, respektive rybiích přechodů pro sportovní využití.

- popište stávající konstrukci jezu a štěrkové propusti.

- navrhnete vhodné varianty řešení rybiho přechodu a vodácké propusti pro jez Dráchov s přihlédnutím k současnému využití plavební cesty i prognózám (počty proplutí, využití v průběhu roku). Při návrhu respektujte umístění MVE na levém břehu.

- návrh podložte základní výkresovou dokumentací (situace, řezy) a proveďte základní technickoekonomické zhodnocení variant.

Seznam doporučené literatury:

Jezy, Gabriel, P., Grandtner, T., Průcha, M., Výbora, P.; 1989

Skriptum Hydrotechnické stavby 10, Broža, V., Satrapa, L.; 2000

Podklady k jezu od správce vodního toku - státní podnik Povodí Vltavy

další odborná literatura z oblasti hydrotechniky se vztahem k tématu bakalářské práce;

- Metodika využití kartáčové technologie pro zajištění a zlepšení migrační prostupnosti vodních toků, MŽP, 2013

- Metodický postup pro návrh, realizaci a možnosti testování funkce rybiích přechodů pro žadatele OPŽP, MŽP, 2012

relevantní technické normy - např. ČSN 73 1208 Navrhování betonových konstrukcí vodohospodářských objektů, příslušné EC a legislativní předpisy, vyhláška 590/2002 Sb. a 255/2010 Sb. (úprava 471/2001 Sb.)

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Miroslav Brouček, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 24.9.2021 Termín odevzdání bakalářské práce: 2.1.2022
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

24.9.2021

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

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

V Liberci, dne 15.12.2021

.....
Václav Juránek

Poděkování

Velmi rád bych poděkoval vedoucímu své bakalářské práce Ing. Miroslavu Broučkovi Ph.D., za velmi milý přístup a cenné rady při konzultacích této práce. Velké díky patří mé rodině, která mě ve studiu vždy podporovala a poskytovala mi zázemí, bez kterého bych se neobešel. Rád bych také poděkoval své přítelkyni za podporu a trpělivost při psaní mé závěrečné práce.

Abstrakt

Zadáním této bakalářské práce je navrhnout variantní řešení za účelem zvýšení bezpečnosti turistické plavby a zlepšení migrační prostupnosti pro vodní živočichy na jezu v obci Dráchov, který spadá pod majetek České republiky a je ve správě státního podniku Povodí Vltavy. Práce je rozdělena na část teoretickou a praktickou. Teoretická část práce popisuje dělení jezů, sportovních propustí a rybích přechodů, shrnuje informace o vodáckém turismu na řece Lužnici a popisuje současný stav vodního díla Dráchov. Zaměření praktické části spočívá v návrhu variant sportovní propusti a rybího přechodu. Výsledkem práce je výkresová dokumentace a hydrotechnické výpočty navržených variant. Závěr práce jednotlivé návrhy porovnává a doporučuje optimální řešení pro přestavbu jezu.

Klíčová slova

jez, sportovní propust, rybí přechod, vodácký turismus, migrační bariéra

Abstract

The aim of this bachelor thesis is to design several alternatives for reaching higher safety on Dráchov weir for white water sport and to allow aquatic animals to migrate through this barrier. The Dráchov weir is owned by the Povodí Vltavy, state enterprise. The work is divided into a theoretical and a practical part. The theoretical section of the thesis describes the division of weirs, boat slides and fish passes, summarizes information about water tourism on the Luznice river and describes the current state of the Dráchov weir. The focus of the practical part lies in the design of both the sports and the fish pass. The result of the work is project documentation and hydrotechnical calculations of the proposed variants. The conclusion of the thesis compares the various proposals and recommends an optimal solution for the rebuilding of the weir.

Key words

weir, sports pass, fish pass, water tourism, migration barrier

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíl práce.....	3
3. Dělení jezů a typy sportovních propustí.....	4
3.1. Rozdělení jezů	4
3.1.1. Pevné jezy	5
3.1.2. Pohyblivé jezy	6
3.2. Sportovní propusti.....	8
3.2.1. Vorové propusti	8
3.2.2. Retardérové propusti.....	10
3.2.3. Kartáčová technologie.....	13
4. Migrační prostupnost vodního toku	15
4.1. Legislativa migrační průchodnosti	15
4.2. Základní pojmy a definice	15
4.2.1. Rybí přechod.....	15
4.2.2. Migrace	16
4.2.3. Migrační prostupnost.....	16
4.2.4. Vábící proud.....	16
4.3. Zásady návrhu rybího přechodu	17
4.3.1. Umístění rybího přechodu	17
4.3.2. Návrhový průtok	17
4.3.3. Sklonové poměry.....	18
4.4. Typy rybích přechodů.....	18
4.4.1. Přírodě blízké RP	18
4.4.2. Technické rybí přechody	19
5. Vodácký turismus.....	21
5.1 Benefity rekreační plavby pro rozvoj regionů.....	21

5.2. Nejčastější typy plavidel pro sportovní plavbu.....	22
5.2.1. Lodě typu kánoe.....	22
5.2.2. Nafukovací kánoe	23
5.2.3. Rafty	24
5.2.4. Kajaky.....	26
5.3. Řeka Lužnice	27
5.3.1. Nebezpečné jezy na řece Lužnici	28
6. Popis zájmového území.....	34
6.1. Údaje o území	34
6.2. Přírodní poměry	35
6.2.1. Klimatické podmínky	35
6.2.2. Srážky.....	36
6.2.3. Teplotní podmínky	36
6.2.4. Hydrologické poměry	37
6.2.5. Rybí pásma a revíry.....	38
7. Aktuální stav vodního díla Dráchov.....	39
7.1. Jezové těleso	40
7.2. Štěrková propust	40
7.3. Malá vodní elektrárna	41
7.4. Identifikace rizik jezu	42
7.5. Zásahy IZS na jezu Dráchov	44
8. Podklady	45
8.1. Hydrologické podklady.....	45
8.2. Mapové podklady	46
8.3. Geologické podklady.....	47
9. Rešerše dostupných podkladů pro návrh sportovních propustí	48

10. Navržené varianty sportovní propusti a rybího přechodu.....	49
10.1. Varianta A – nahrazení stávající šterkové propusti kartáčovou technologií.....	50
10.1.1 Stávající stav šterkové propusti	50
10.1.2. Návrh nové konstrukce s využitím stávajícího dělicího pilíře	50
10.1.3. 1D matematický model	51
10.1.4. Výsledky matematického modelu kartáčové technologie	52
10.1.5. Předpokládané rozdělení průtoků pro variantu A	53
10.1.6. Základní bilance a kalkulace nákladů.....	54
10.2. Varianta B – umístění kartáčové propusti do pravého břehu.....	54
10.2.1. Popis navržené konstrukce	54
10.2.2. Základní bilance a kalkulace nákladů.....	55
10.3. Varianta C – retardérová propust se šterbinovým rybím přechodem na pravém břehu.....	55
10.3.1. Popis konstrukce sportovní propusti	55
10.3.2 1D matematický model.....	57
10.3.3. Výsledky modelu retardérové propusti	57
10.3.4. Šterbinový rybí přechod.....	57
10.3.4.1. Hydrotechnický výpočet.....	58
10.3.5. Předpokládané rozdělení průtoků pro variantu C.....	63
10.3.6. Základní bilance a kalkulace nákladů.....	63
10.4. Varianta D – sportovní propust na pravém břehu a RP u MVE.....	63
10.4.1. Popis konstrukce sportovní propusti	63
10.4.2. Šterbinový rybí přechod.....	64
10.4.3. Výpočet snížení návrhového průtoku pevného jezu	65
10.4.4. Předpokládané rozdělení průtoků pro variantu D	66
10.4.5. Základní bilance a kalkulace nákladů.....	66

11. Zhodnocení navržených variant.....	67
11.1. Porovnání variant sportovních propustí	67
11.2. Celkové zhodnocení	69
12. Závěr.....	71
13. Seznam použitých zdrojů.....	73
14. Seznam použitých zkratk.....	76
15. Seznam obrázků.....	77
16. Seznam tabulek.....	79
17. Seznam grafů.....	80
18. Seznam rovnic	81
19. Seznam výkresových příloh	82

1. Úvod

Údolí řek již od pradávna nabízela příznivé podmínky pro rozvoj světových civilizací. Jinak tomu nebylo ani na našem území, neboť dochované zmínky o osídlení břehů Labe a Vltavy sahají až do 6. století našeho letopočtu. Tato území poskytovala ideální předpoklady pro rozvoj zemědělství a průmyslu. K prvním významnějším úpravám vodních toků docházelo za vlády Karla IV., jehož snahou bylo podpořit rozvoj lodní dopravy na našem území. Výsledkem této snahy bylo vydání patentu, který majitelům příčných překážek na splavných řekách nařizoval zřízení vorových propustí umožňujících kontinuální plavbu všem uživatelům řeky.

Jezy tedy už po staletí představují nedílnou součást našich řek. Doby plavení dřeva jsou již minulostí, na labské a vltavské cestě vory vystřídaly výletní parníky, nákladní lodě a remorkéry. Osobní přeprava, ať už parníky nebo menšími motorovými plavidly má na našich tocích silnou tradici a stále představuje velmi oblíbený druh osobní dopravy. Opomenout nelze ani lodě nákladní, které po Vltavě a Labi transportují objemné náklady při nižším ekologickém zatížení oproti dopravě silniční nebo železniční.

V letních měsících jsou české toky využívány menšími rekreačními plavidly, především rafty a kánoemi. Vodácký turismus se na našem území těší velké oblibě, důkazem je stále se zvyšující počet lidí, kteří tráví dovolenou tímto způsobem. Mezi nejoblíbenější tuzemské řeky patří Vltava, zde mají vodáci ideální podmínky pro rekreační plavbu – mnoho kempů, které poskytují mnohdy až nadstandardní služby a půjčovny lodí disponující mnoha typy lodí. Podstatné z hlediska bezpečnosti a pohodlnosti splouvání je, že jezy disponují v drtivé většině propustmi, které vodákům zajistí překonání příčné překážky bez nutnosti vystupovat a přenášet loď okolo jezu. Toto ale neplatí na zbytku českých řek, a právě řeka Lužnice s množstvím nebezpečných jezů¹ může řadu

¹ Každý jez může být za jistých okolností nebezpečný (zvýšený průtok, velké frakce kameniva pod jezem, stav konstrukce jezu – odhalené pruty výztuže ...). Obecně se ale jez pokládá za nebezpečný, když se v prostoru vývaru vytváří vzduchový vodní skok. V takovém případě osoba

potenciálních turistů spíše odrazovat. Mezi nejvíce nebezpečné jezy lze zařadit jez Dráchov, o čem svědčí počet výjezdů záchranných složek k tonoucím pod tímto jezem, který již bohužel má na svědomí i události tragické.

Avšak není to pouze člověk, komu by jez bránil při pohybu řekou. Pro vodní živočichy, především ryby, může být příčná překážka v toku nepřekonatelnou bariérou, která zásadně brání v přirozené reprodukci v horních proudných úsecích řek nebo omezuje organismy v přirozeném hledání lepších životních podmínek. V moderním světě je stále více kladen důraz na ekologii a snahu navracet prostředí do přírodě bližší podoby a vodní toky na našem území tomu nejsou výjimkou. Tato snaha je zakotvena v národní legislativě č. 254/2001 zákonu o vodách, kde ustanovení § 15 odstavec 8 ukládá, že při povolování, změně užívání nebo při odstranění vodních děl musí být zohledněno překonání příčné překážky v místech využívaných pro rekreační plavbu, tak současně nesmí vodní díla vytvářet migrační bariéru pro organismy v obou směrech vodního toku.

Podstatou bakalářské práce bude snaha o snížení vlivu fragmentace řeky Lužnice na vodní živočichy při současném umožnění bezpečného a plynulého překonání jezu Dráchov sportovními plavidly.

nacházející se ve vývaru nemá téměř šanci na sebezáchranu z důvodu silného proudění pod přelivem jezu.

2. Cíl práce

Cíl bakalářské práce spočívá v návrhu a posouzení variant sportovní propusti, díky které se jez stane bezpečnější pro turistickou plavbu. Současně je také cílem zajistit migrační prostupnost jezu rybím přechodem, nebo případně sportovní propustí s ověřením vyhovujících podmínek pro migraci ryb. Krom samotných návrhů má práce za cíl také ověřit parametry plavidel na splavných tocích v ČR a prověřit dostupnost literatury a podkladů v oblasti požadavků na parametry vodáckých propustí pro turistickou plavbu. Závěrem práce bude základní technickoekonomické zhodnocení navržených variant s výběrem optimálního řešení pro danou lokalitu. Hlavní motivace této práce spočívá ve snížení počtu smrtelných nehod a zásahů integrovaného záchranného systému na jezu Dráchov.

3. Dělení jezů a typy sportovních propustí

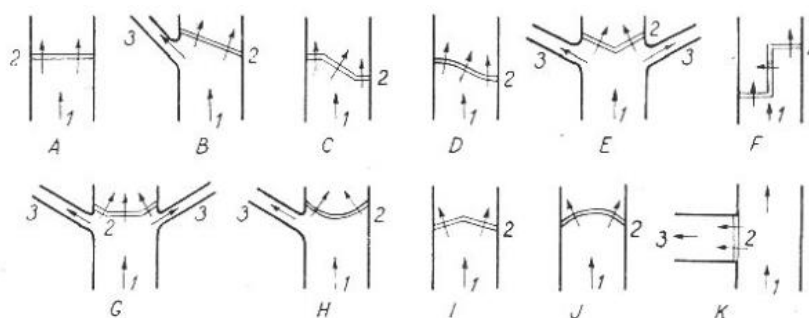
Jez lze charakterizovat jako stavbu v říčním korytě, která má za účel vzdouvat hladinu na požadovanou úroveň či stabilizovat sklonové poměry v toku. Vzduť lze využít pro energetické využití, odběr vody pro závlahy nebo průmysl, zajištění plavebních hloubek ve zdrži jezu, vytvoření podmínek vhodných pro sport a rekreaci nebo zmírnění rychlosti proudění nad jezem jako prevence vymílání dna. Výstavba jezu má i pozitivní vliv na samočistící procesy v toku. [23]

3.1. Rozdělení jezů

Jezy lze rozdělit dle mnoha kritérií, základní dělení z hlediska konstrukčního řešení rozlišuje jezy pevné a pohyblivé. Rozdílné je také použití stavebního materiálu, kterým může být kámen, dřevo nebo beton. Jezy mohou být navrženy jako trvalé nebo dočasné konstrukce.

Dalším podstatným kritériem, podle kterého lze jezy kategorizovat je tvar přelivné hrany v půdorysu. Zakřivením hrany lze dosáhnout vyšší kapacity jezu, ovšem s rizikem nerovnoměrného namáhání dna nebo břehů. Možné tvary přelivné hrany jsou znázorněny na obrázku 1. [23]

- A – přímé kolmé
- B – přímé šikmé
- K – přímé boční
- C, E, F, G, I – lomené
- D, H, J – zakřivené



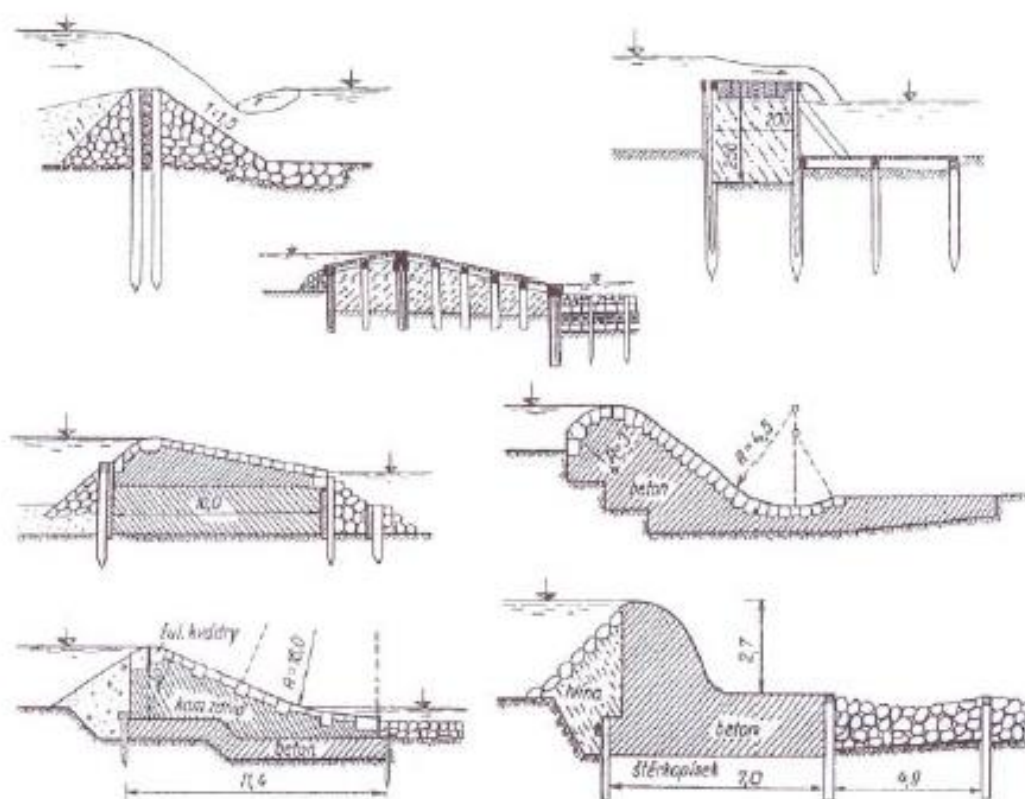
Obrázek 1: Půdorysné uspořádání jezů [23]

3.1.2. Pevné jezy

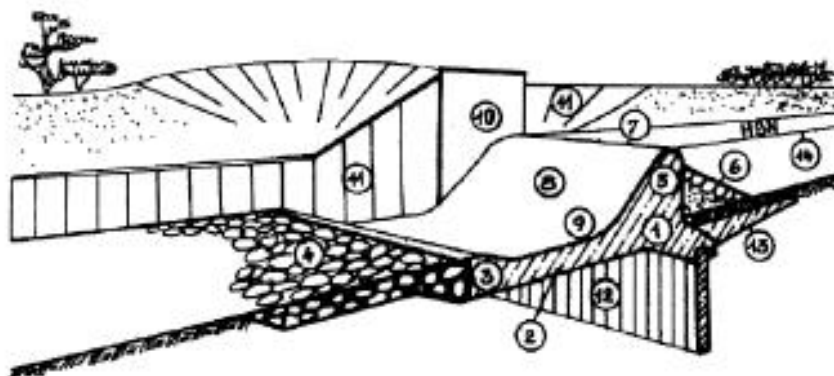
Pevné jezy vzdouvají hladinu svým vlastním tělesem a na rozdíl od pohyblivých jezů nelze jimi manipulovat hladinu ve zdrži, ta je čistě závislá na změnách průtoku. Pevné jezy se zpravidla budují na celou šířku vodního toku a nelze je provizorně zahradit. [2]

Tělesa pevných jezů se nejčastěji budují z betonu a z důvodu ochrany konstrukce před obrusem se obkládají kamenem. Typickým jevem pro pevné jezy je zanášení zdrže splaveninami často až po úroveň přelivné hrany. [2] Za tímto účelem bývají u břehů navrhovány šterkové propusti, které ovšem nedokážou vypláchnout veškeré splaveniny do podjezí, jejich účinnost je tedy značně omezená pouze na oblast před propustí.

Pevné jezy se liší především tvarem přelivné plochy, který se historicky vyvíjel od střešovitých, přes kolmé až po hydraulicky nejuvhodnější plochy – proudnicové. Na obrázku 2 jsou znázorněny tvary přelivných ploch pevných jezů. Stavební prvky pevného jezu shrnuje obrázek č. 3.



Obrázek 2: Tvar koruny pevného jezu [2]



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

Obrázek 3: Stavební části pevného jezu [2]

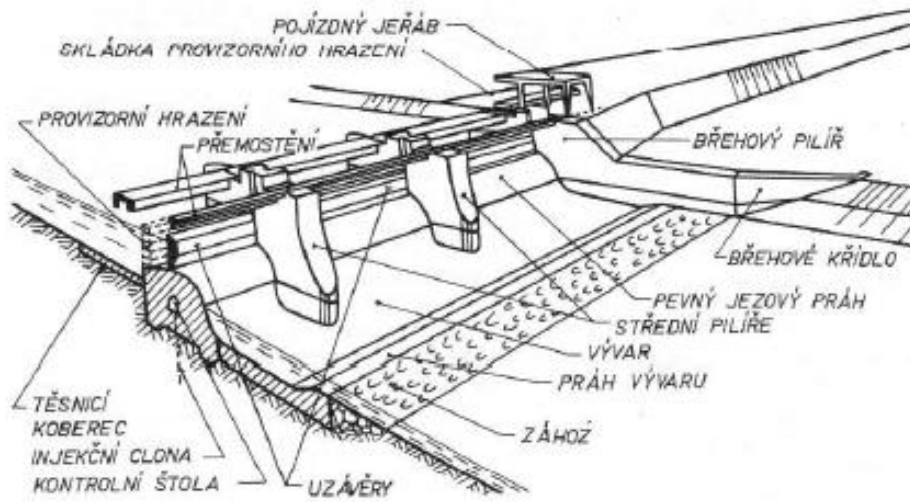
3.1.3. Pohyblivé jezy

Základ konstrukce tvoří masivní spodní stavba, která bývá založena obdobně jako u pevného jezu. Podstatným rozdílem ale je, že koruna spodní stavby končí v úrovni dna nebo v malé výšce nade dnem. Vzduť ve zdrži tedy způsobují pohyblivé hradící uzávěry různých typů. Pohyblivý jez lze rozdělit na tyto části: spodní stavba, návodní a břehové pilíře, podjezí a pohyblivé hradící uzávěry. Výhoda tohoto typu jezu spočívá v udržování konstantní hladiny i za rozdílných průtoků, proto se budují na tocích, kde se vyžaduje manipulace s hladinou (např. zajištění stálých plavebních hloubek na Labi nebo dolní Vltavě).

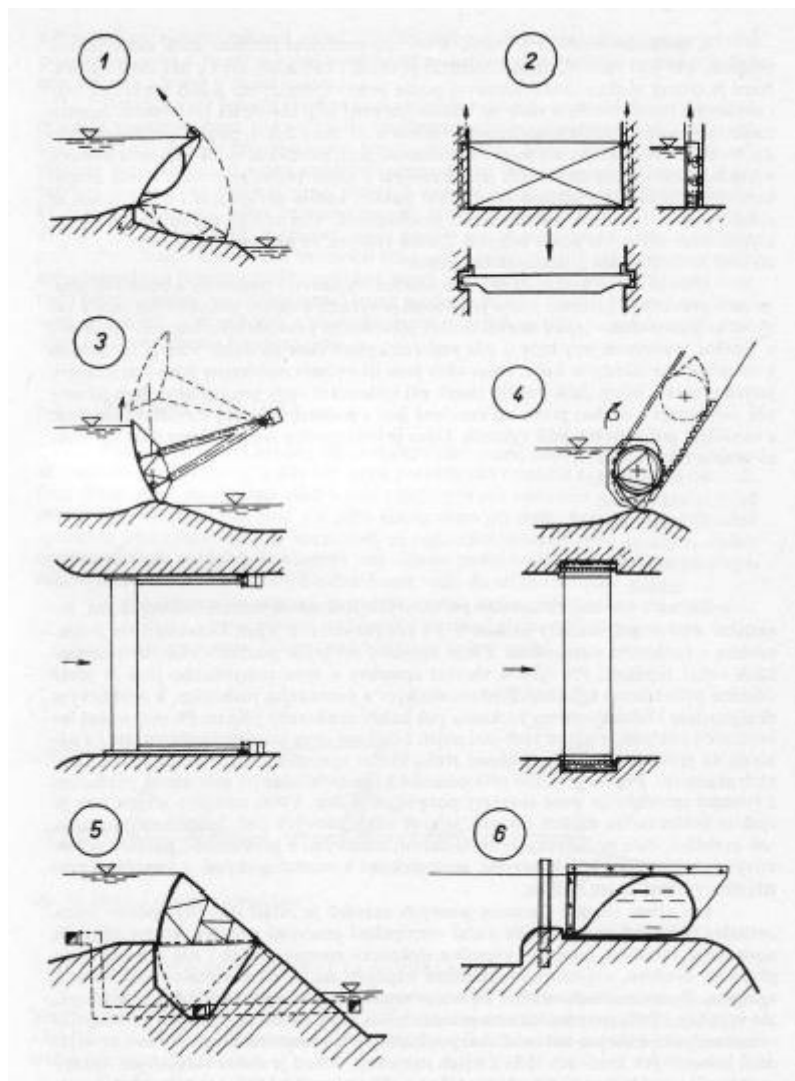
Pohyblivé jezy musí být z důvodu údržby opatřeny provizorním hrazením, ze stejného důvodu je výhodné, aby jez disponoval minimálně dvěma poli. Pro symetrickou manipulaci je vhodný lichý počet polí. [2]

Dle typu hradícího uzávěru lze pohyblivé jezy rozdělit na jezy (Obrázek 5):

- 1 - Pokloповé
- 2 - Stavidlové
- 3 - Segmentové
- 4 - Válcové
- 5 - Hydrostatické a 6 - vakové



Obrázek 4: Stavební části pohyblivého jezu [2]



Obrázek 5: Schéma pohyblivých uzávěrů [2]

3.2. Sportovní propusti

Jedná se o funkční objekt jezu určený ke splouvání malými (sportovními) plavidly, který za běžných průtoků zajišťuje bezpečné a plynulé překonání příčné překážky v podobě většinou úzkého žlabu s mírným sklonem.

Velké množství jezů na našem území bylo budováno v době, kdy sportovní plavba takřka neexistovala. V historii se toky využívali pro jiný typ plavidel – pro vory. Z této doby jsou stále zachovány vorové propusti typické pro řeku Otavu, Vltavu nebo Sázavu.

Problematika návrhu bezpečné sportovní propusti se často potýká s limitujícími prostorovými podmínkami, průtokovými možnostmi a neexistující doporučenou metodikou pro projektování. Dodatečné přistavení k již existující konstrukci jezu představuje pro projektanty nelehký úkol.

Řeky, které disponují jezy se sportovní propustí jsou vodáky preferovány, proto lze sportovní propusti s ohledem na rozvoj vodáckého turismu považovat za nezbytnou součást vodních toků. Investice do splavnosti řek se pozitivně promítne do ekonomiky daného regionu, jelikož na tento druh turismu je navázáno pohostinství, kempy nebo doprava, což přináší větší pracovní příležitost pro místní obyvatele. Nelze ani opomenout, že sportovní propust výrazně snižuje počet nehod vodáků na jezích.

3.2.1. Vorové propusti

Tento druh propusti sloužil v minulosti pro vory plavící dřevo z místa těžby dřeva do místa jeho zpracování. Řeka Otava je typickým příkladem, kde i za běžných průtoků lze těmito propustmi bezpečně jez překonat sportovními plavidly.

Konstrukčně se jedná o širokou propust hrazenou dřevěnými hradly, které jsou přelévány a vytváří skok na začátku propusti. Navazuje skluz do dolní vody, pod kterým se za běžných průtoků netvoří vzdušný vodní skok. Na vodácky oblíbeném úseku Sušice - Štěkeň se nachází celkem 18 jezů, z čehož 13 disponuje sjízdou vorovou propustí a 2 jezy umožňují jiné bezpečné splutí (jez Svaté pole a jez na Křemelce s kartáčovou technologií). Zde můžeme nalézt jeden z důvodů, proč je řeka Otava velmi oblíbenou vodáckou řekou.



Obrázek 6: Jez Rosenauer v Horažďovicích – řeka Otava [1]

Na Vltavě bychom také našli bývalé vorové propusti. Například na jezu Herbertov nebo v Českém Krumlově U Rechlí na hradla nenavazuje betonový skluz, ale pro splutí disponuje v turistické sezóně propust dřevěným skluzem přímo z přelivné hrany (obr. 7).

Výhody vorových propustí:

- dostatečná šířka pro splutí všemi typy sportovních plavidel
- bezpečné splutí za běžných průtokových poměrů
- mimo vodáckou sezónu lze propust zahradit a využít průtok v MVE
- povrch skluzu je hladký, bez prahů, při pádu do propusti hrozí menší riziko zranění než u retardérových propustí

Nevýhody:

- vzhledem k šířce objektu obtížnější manipulace s hrazením
- řada vorových propustí je postavena mezi dvěma jezovými poli, z hlediska bezpečnosti sportovní plavby je ideální, když se nachází u břehu
- vyžadují větší průtok pro podmínky umožňující splutí sportovními plavidly než ostatní typy propustí



Obrázek 7: Adaptace vorové propusti na jezu Herbertov [1]

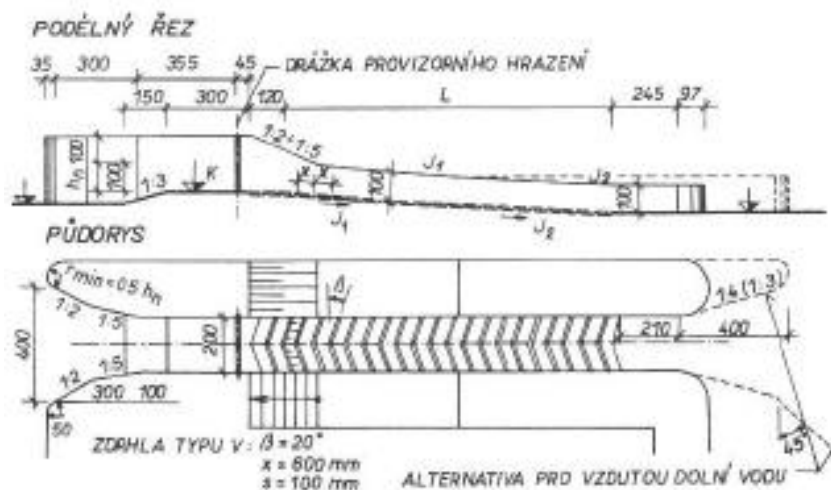
3.2.2. Retardérové propusti

První návrhy sportovních propustí vycházely typově z vorových, konkrétně z typu Bazikových propustí. Za dobu provozu se však ukázalo, že především pro méně zkušené vodáky může tento typ představovat riziko. Potřeba nového druhu propustí vedla k hydrotechnickému výzkumu – Bémová Ivana: Modelový výzkum sportovních propustí, Povodí Vltavy, 1978. [2]

Výsledkem byl návrh typové sportovní propusti (obr. 8) s následujícími parametry:

- Symetrický, plynule rozšířený vtok
- Vtok je předsazen před vtokový práh
- Šikmý skluz s obdélníkovým průřezem
- Sklon v rozmezí 6 až 8 %
- Drsnost dna je zvýšena prahy ve dně tvaru „V“

Tyto parametry zajišťují dostatečnou hloubku v propusti a příčné proudění na hladině skluzu, které směřuje od stěn do středu skluzu. [2]



Obrázek 8: Sportovní propust na jezu v Černých Budech na Sázavě [2]

Tento typ propusti byl využit například na řece Vltavě na jezu Zlatá koruna (obr. 9), na jezu ve Větrní nebo na řece Sázavě v Černých Budech. Zde se propust dovybavila kartáčovou technologií, která má zlepšit migrační prostupnost jezu.



Obrázek 9: Propust jezu Zlatá Koruna [1]

Moderní varianta spočívá v hrazení propusti vakovým uzávěrem. Objekt je vybaven čidlem pohybu nebo tlačítkem, které uzávěr vypustí a během pár minut je možné propust bezpečně splout.



Obrázek 10: SP hrazená vakovým uzávěrem v Plané nad Vltavou [1]

Výhody retardérových propustí:

- bezpečné splutí za běžných průtokových poměrů
- mimo vodáckou sezónu lze propust zahradit a využít průtok v MVE
- atraktivnější forma splutí pro vodáky než kartáčová technologie
- lze je hradit automatickým uzávěrem

Nevýhody:

- vyžadují větší průtok pro podmínky umožňující splutí sportovními plavidly než kartáčová SP
- při pádu do skluzu SP hrozí zranění o betonové prahy ve dně
- při nižším průtoku propustí může dojít k poškození plavidel o betonové prahy
- pracná technologie výstavby prahů ve dně (pro případ betonových prahů)

3.2.3. Kartáčová technologie

Technologie kartáčových bloků byla vyvinuta v roce 2000 v Německu. Spočívá v osazení umělohmotných elastických prutů do dna žlabu, které efektivně tlumí a usměrňují proud vody. [3] Hlavní předností této technologie je, že při vhodném návrhu umožňuje proplutí sportovních plavidel, a zároveň díky příznivým hydraulickým vlastnostem propusti nebrání vodním živočichům v migraci proti proudu.

Na našem území se tuto technologii rozhodl aplikovat jako první státní podnik Povodí Vltavy v souvislosti s umístěním kartáčů do šterkových a sportovních propustí v roce 2010. Pilotní projekt se týkal čtyř jezů na řece Sázavě – Budín, Kavalier, Černé Budy a Pyskočely, přičemž osazení bloků do sportovní propusti se týkalo pouze jezů Budín, Černé Budy a Pyskočely. [3]

Od té doby se technologie rozšířila i na ostatní pro sportovní plavbu splavné české toky například:

- Ohře: jez Jindřichov, Černý Mlýn, Loket nad Ohří (dolní jez), Karlovy Vary – Tuhnice,
- Vltava: jez Jelení lávka Český Krumlov
- Otava: jez na Křemelce Strakonice, Václavský jez Písek

Použití kartáčové technologie z hlediska sportovních propustí lze označit za bezpečné. Průběh splutí je velmi poklidný a nenáročný i za zvýšených průtoků. V opačném případě, kdy propustí protéká vody méně, dochází k brždění lodí (především nafukovacích) o kartáče až téměř do úplného zastavení. Při návrhu je tedy klíčové správně zvolit návrhovou hloubku v propusti, aby se tento jev omezil na minimum (obr. 11).

Vzhledem k nízkým pořizovacím nákladům, jednoduché a rychlé instalaci do již existujících propustí lze očekávat, že se tato technologie stane velmi rozšířenou. Umožnění migrace spolu se sportovní plavbou jedním funkčním objektem se jeví jako velmi elegantní řešení v náročných prostorových podmínkách.



Obrázek 11: Propust s kartáči v Českém Krumlově [4]

Shrnutí výhod kartáčové technologie [3] :

- Poměrně snadná a rychlá instalace
- Nižší počáteční investice (při aplikaci do stávající jezové propusti)
- Nízká hmotnost kartáčových bloků
- Kombinace RP a sportovní propusti v jednom funkčním objektu

Nevýhody:

- Odhadovaná životnost kartáčů je 5-10 let
- Investice do obnovy funkce kartáčů
- Náročnější údržba v porovnání s jinými technickými přechody
- Nelze je zahradit mimo vodáckou sezónu, plní funkci RP

4. Migrační prostupnost vodního toku

V souvislosti s vodními toky je v posledních letech velmi diskutované téma jejich migrační prostupnosti. Příčná překážka v toku brání rybám v přirozeném pohybu říčním prostředím, jejímž důsledkem může být přirozený úbytek druhové rozmanitosti obsádky. Aby se návrh rybího přechodu stal skutečně prospěšný, je zapotřebí respektovat zásady návrhu RP dle vydaných metodik od AOPK a ministerstva životního prostředí a dále brát zřetel na typické chování ryb při migraci. Tyto důležité prvky návrhu shrnují následující podkapitoly.

4.1. Legislativa migrační průchodnosti

Každé vodní dílo se musí řídit předpisy, které jsou pro něj závazné. Mezi tyto dokumenty lze řadit zákony, zákon č. 254/2001 Sb. Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), usnesení a vyhlášky vlády České republiky. [5]

Kromě těchto závazných dokumentů je důležité brát v potaz také technické normy. Odvětvová technická norma zabývající se zprůchodňováním migračních bariér rybími přechody nese označení TNV 75 2321. Zde jsou charakterizovány schopnosti jednotlivých rybích druhů, jejich životní potřeby i předpoklady správného návrhu RP.

4.2 Základní pojmy a definice

4.2.1. Rybí přechod

Jedná se o funkční objekt umožňující rybám migrovat skrze příčnou překážku toku jakou je jez, přehrada nebo MVE. Stavbu lze rozdělit na tři části:

- vstup RP, kudy ryba vplouvá z dolní vody
- trať RP
- výstup z rybího přechodu do horní vody

4.2.2. Migrace

Pod pojmem migrace lze rozumět pohyb živočichů za určitým účelem. Dle účelu můžeme migraci dělit následovně [5]:

- reprodukční – účelem je rozmnožování, ryba migruje do tzv. trdlišť, kde se vytírá
- vývojová – důvodem jsou nároky na životní prostředí živočicha v různém stádiu života
- repatriační – snaha o navrácení do své původní lokality
- okupační – způsobena rozšířením výskytu druhu
- kompenzační – snaha o dosažení rovnovážného stavu v toku

Migraci dle prostředí, ve kterém se odehrává, lze dělit na potamodromní (v rámci sladkovodního prostředí, typické pro většinu ryb na našem území) a na diadromní (mezi sladkou a slanou vodou, typické pro lososa nebo úhoře). [5]

4.2.3. Migrační prostupnost

Za migračně prostupný lze považovat tok, který umožňuje obousměrnou migraci ryb a splňuje hydraulické, fyzikální a chemické parametry v souladu se schopnostmi živočichů. Tohoto stavu lze dosáhnout odstraněním migrační překážky z vodního toku nebo vytvoření nové cesty v podobě RP. [5]

4.2.4. Vábící proud

Ryby migrují především proti proudu a hlavním vodítkem, kterým se řídí je proudnice toku. Pro úspěšnou lokalizaci vstupu RP rybou je tedy vhodné, aby se nacházel poblíž proudnice v podjezí (často v blízkosti savek MVE), pokud to možné není, lze vybavit RP přídatným proudem (obvykle veden skrze návodní pilíř).

4.3 Zásady návrhu rybího přechodu

Jak již bylo zmíněno v úvodu kapitoly, při návrhu RP je nutné nejen respektovat normy a předpokládané chování ryb, ale také správně definovat, pro které společenství ryb se funkční objekt navrhuje.

Vstupní data by měly zahrnovat výsledky ichtyologického průzkumu pro správné navržení parametrů RP jako je rychlost proudění, sklon tratě, výška dílčích překážek, velikost otvorů apod.

4.3.1. Umístění rybího přechodu

Z hlediska výstavby a údržby objektu je vhodné trať umístit v blízkosti břehů. Návrh může být limitován možností zásahu do okolních pozemků. [5]

Pro úspěšný vstup ryby do RP je ideální, pokud se nachází v blízkosti největšího proudu u překážky. Často je tímto místem vyústění savek z MVE, v tomto případě je vábící proud dostatečně silný i bez přídavného proudu.

Výstup z rybího přechodu by měl být v dostatečné vzdálenosti od přelivné hrany jezu, aby ryba nebyla stržena proudem opět pod překážku. Za ideální nelze považovat ani výstup v blízkosti nátoku na MVE. Ryba může být po překonání překážky unavená a proud směřující na česla elektrárny by mohl být fatální.

4.3.2. Návrhový průtok

Návrh vychází z aspektů, které zahrnují situaci v řešené lokalitě:

- M-denní průtoky
- Překážka je ve formě pohyblivého nebo pevného jezu
- Režim řízení hladiny v nadjezí
- Stanovený MZP
- Vodohospodářská bilance profilu
- Provozní průtok se obecně stanovuje dle velikosti toku, na kterém je projektován. Pro malé vodní toky by se měl pohybovat v rozmezí 5 – 10 % průměrného dlouhodobého ročního průtoku

U toků s $Q_{330d} > 10 \text{ m}^3/\text{s}$ by průtok rybím přechodem by měl tvořit 1 – 5 % aktuálního průtoku. [5]

4.3.3. Sklonové poměry

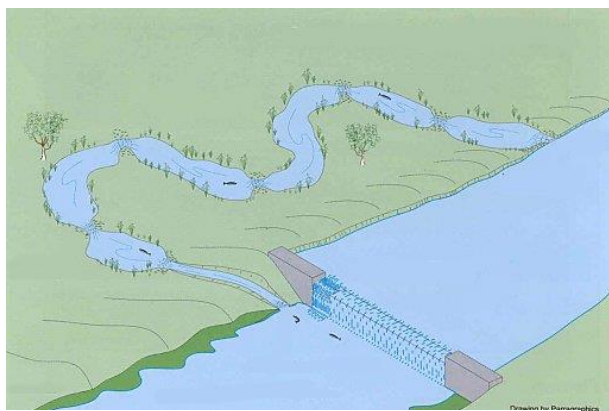
Sklon je často limitován morfologií okolního terénu. Pro kaprové vody platí limitní sklon 1:20, optimálně ale pozvolnější. [5]

4.4. Typy rybích přechodů

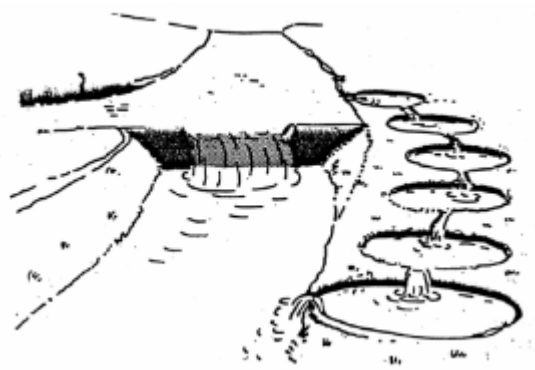
Tato kapitola zmiňuje vybrané druhy rybích přechodů, možností je však celá řada včetně kombinací jednotlivých typů. Základní dělení zahrnuje přírodě blízké rybí přechody a přechody technické.

4.4.1. Přírodě blízké RP

Bypass (obr.12) vytváří přírodní obtokové koryto vedené kolem příčné překážky. Obvykle se jedná o lichoběžníkové koryto s kamenným svahem a miskovitým dnem. Přepážky jednotlivých tůní tvoří balvany různých velikostí, které vytváří průtočné mezery pro pohyb ryb. [3]



Obrázek 12: Bypass [24]



Obrázek 13: Tůňový RP [6]

Dalším zástupcem přírodě blízkého rybího přechodu je tůňový (obr.13). Stejně jako bypass je veden okolo překážky a jednotlivé tůně spojují kanálky. Tvar tůní je obvykle kruhový. Pro splnění podmínky dostatečného proudu u vstupu do RP bývá často doplněn o přídatný proud pro nalákání ryb. [5]

4.4.2. Technické rybí přechody

Těleso štěrbinového přechodu tvoří obvykle obdélníková konstrukce z betonu. Přepážky jsou rovněž z betonu a vytváří tzv. „štěrbiny“. Šířka štěrbin závisí na druhu migrujících ryb a obvykle se pohybuje v rozmezí 15 až 60 centimetrů. Vzdálenost mezi přepážkami se pohybuje od jednoho a půl do tří metrů a je také navázána na druh migrujících ryb. Dno obvykle pokrývá hrubé kamenivo nebo vrstva štěrku. [5]



Obrázek 14: Štěrbinový RP [7]

Kartáčové rybí přechody jsou obdobou šěrbinových přechodů. Přepážky místo betonu tvoří bloky elastických kartáčů, které jsou kotveny do dna. Maximální možný sklon by neměl přesáhnout 5%, rychlost proudění by u dna mezi kartáči měla být nižší než 1,7 m/s pro kaprové pásmo. [3]

Kartáče se také uplatňují v podpůrném opatření, kdy se osazují do dna sportovních propustí. Toto řešení tedy umožňuje splutí sportovních plavidel i migraci ryb při menší prostorové náročnosti funkčního objektu (obr. 11)

Do kategorie technických rybích přechodů lze zařadit také komůrkové rybí přechody nebo Denilův rybí přechod.

5. Vodácký turismus

Splouvání řek na malých plavidlech typu kánoe má na našem území dlouholetou tradici sahající do dob minulého století. Dříve především trampové využívali české toky pro klidnou a pohodovou dovolenou strávenou v přírodě, jelikož tramské osady se často nacházely v blízkosti vodních toků. [8] Lodě nebylo možné si půjčit od komerčních subjektů, řeky tedy nebyly tolik vodácky exponované.

Značný podíl na rozmachu vodáckého turismu mají půjčovny lodí, kde si člověk vybere ze značného množství typu plavidel, půjčovna dále obstará dopravu na zvolené místo vyplutí a po ukončení plavby lodě také vyzvednou. Tento komfort spolu s rozvojem dopravy, dostupnosti vybavení pro plavbu, kempů a občerstvovacích zařízení v blízkosti řek zajišťuje ideální podmínky pro rozvoj vodáctví v Čechách.

Opomenout nelze ani snahu státních podniků Povodí, které investují značné finanční prostředky do oblasti výstavby sportovních propustí na nejnavštěvovanějších tocích. Dalším významným subjektem je Asociace vodní turistiky a sportu. Hlavní činnost této asociace spočívá v podpoře, rozvoji a propagaci vodní turistiky, mimo jiné také v hájení zájmů vodáků při uvažovaných výstavbách nebo úpravách jezů a ve zvýšení bezpečnosti při plavbě po českých řekách. Mezi turisticky oblíbené tuzemské řeky patří Vltava, Otava, Sázava, Ohře, Berounka a Lužnice.

5.1 Benefity rekreační plavby pro rozvoj regionů

Dle Asociace vodní turistiky a sportu se celkové počty návštěvníků na českých řekách odhadují kolem 700 tisíc ročně. Při průměrné útratě 2000 korun na jednu osobu se jedná až o 1,4 miliardy korun, které vodácký turismus přináší do těchto regionů, a to především místním podnikatelům a drobným živnostníkům. [9]

Vodácký turismus je vázaný především na využívání ubytovacích zařízení (kempy, pensiony), na provozovny stravovacích služeb - občerstvení, restaurace nebo bary a na půjčovny lodí. Turisté často navštěvují také kulturní akce a

památky v blízkém okolí při využití lokálních dopravních spojů. Zvýšený zájem o služby v daném regionu vytváří také více pracovních míst pro zdejší obyvatele.

V úvodu práce byla zmíněna řeka Vltava jako zdárný příklad využití potenciálu řeky k rekreačnímu splouvání, a aby i na ostatních českých řekách docházelo k rozvoji vodáckého turismu, je zapotřebí investovat do podpory v oblasti budování sportovních propustí nebo zlepšení služeb a sociálních zařízení v kempech. Kromě Vltavy by se tak značné finanční prostředky dostaly i do jiných regionů České republiky.

5.2. Nejčastější typy plavidel pro sportovní plavbu

Cílem této kapitoly je charakterizovat nejpoužívanější typy plavidel při sjíždění českých řek. Návrh především šířky sportovní propusti bude vycházet ze získaných informací o plavidlech.

5.2.1. Lodě typu kánoe

Dle materiálu lze rozdělit kánoe na starší laminátové a moderní plastové. Laminátové lodě jsou k vidění na řekách už jen výjimečně, neboť odolností a pracností opravy tohoto materiálu nemohou konkurovat plastu. Pod kategorií plastových kánoí se skrývá mnoho poddruhů, například Vydra, Agara, Tukan nebo Samba. Liší se rozměry, hmotností, stabilitou a počtem lidí, které jsou schopny unést. Obecně ale platí, že se nehodí do peřejnatých úseků, kde hrozí přelití vody do lodě, v tomto případě se loď stává velmi vratkou. Nejoblíbenější variantou je kánoe Vydra, která má následující parametry [10]:

- délka 445 cm
- šířka 80 cm
- nosnost 280 kg
- doporučeno pro dvě osoby + zavazadla



Obrázek 15: Kánoe typu Vydra [10]

5.2.2. Nafukovací kánoe

Česká firma Gumotex vyrábí nafukovací lodě už téměř 70 let. Modely typu Pálava nebo Baraka tvarově vychází z klasické kánoe, ale konstrukčně obnáší řadu výhod, mezi které lze řadit nízkou hmotnost, vysokou stabilitu i na divočejší vodě a pohodlnou skladnost. Vyrábí se z přírodního kaučuku na rozdíl od kánoe z PVC. [10] Vhodné jsou pro začátečníky nebo rodinu s jedním dítětem.

- délka 400 cm
- šířka 90 cm
- nosnost 240 kg
- doporučeno pro 2 dospělé osoby + zavazadla nebo 1 dítě



Obrázek 16: Nafukovací kánoe Pálava [10]

5.2.3. Rafty

Materiál raftů značky Gumotex je identický s nafukovacími kánoemi, vyrábí se rovněž z přírodního kaučuku, rafty Denali od firmy Robfin jsou vyrobeny z PVC.

Svou konstrukcí jsou předurčeny pro splouvání peřejnatých úseků, jelikož ze všech typů lodí vyniká vysokou stabilitou a při běžných průtocích na českých řekách není téměř možné raft převrátit. Výjimkou může být situace, kdy se s raftem za zvýšených průtoků ať už omylem, nebo úmyslně rozhodne posádka splout nebezpečný jez. V roce 2021 lze zmínit v této souvislosti tragickou událost na jezu Šternberk, kde se raftu s posádkou dětí nepodařilo bezpečně najet do sportovní propusti uprostřed jezu, raft následně stáhl proud přes hranu jezu, kde se ve vývaru převrátil.

Půjčovny disponují mnoha typy raftů pro posádku od 4 po 12 lidí. Pro svou bezpečnost se hodí pro početnější rodiny s dětmi nebo skupiny začátečníků. Ovladatelnost raftu v porovnání s kánoí může být pro začátečníky náročnější, plavidlo je mnohem širší a také pomalejší.

Návrh bezpečné sportovní propusti bude vycházet z šířky největšího raftu, ke které se přičte prostor pro manipulaci s pádlem.

Typ Colorado 360

- délka 360 cm
- šířka 160 cm
- nosnost 500 kg
- doporučeno pro 2 dospělé osoby a až 4 děti



Obrázek 17: Raft Colorado 350 [11]

Typ Denali devítimístný

- délka 450 cm
- šířka 180 cm
- nosnost neuvedena
- doporučeno pro 9 osob, nebo 7 + zavazadla



Obrázek 18: Devítimístný raft Robfin [12]

Typ Denali dvanáctimístný

- délka 500 cm
- šířka 180 cm
- nosnost neuvedena
- doporučeno pro 12 osob, nebo 9 + zavazadla



Obrázek 19: Dvanáctimístný raft Robfin [12]

5.2.4. Kajaky

Výroba kajaků se provádí výhradně z plastu. Jedná se o malé lehké plavidlo určeno obvykle pro jednu osobu, pro dvě osoby lze vypůjčit tzv. tandem kajak. Kajaky lze rozdělit do mnoha kategorií – dle tvaru (úzké a dlouhé nebo krátké a široké), dle použití - rekreační, sportovní turistické, mořské, rybářské nebo tzv. playboaty. [13]

V půjčovnách na českých řekách převládají typy sportovní turistické a playboaty určené pro zkušenější jezdce. Kajaky nabízí velkou zábavu při splouvání českých řek, větší kajaky disponují i prostorem pro menší bagáž. [13]

Typ SQ

- délka 310 cm
- šířka 61 cm
- hmotnost 18 kg
- pro jednu osobu s hmotností od 45 – 110 kg

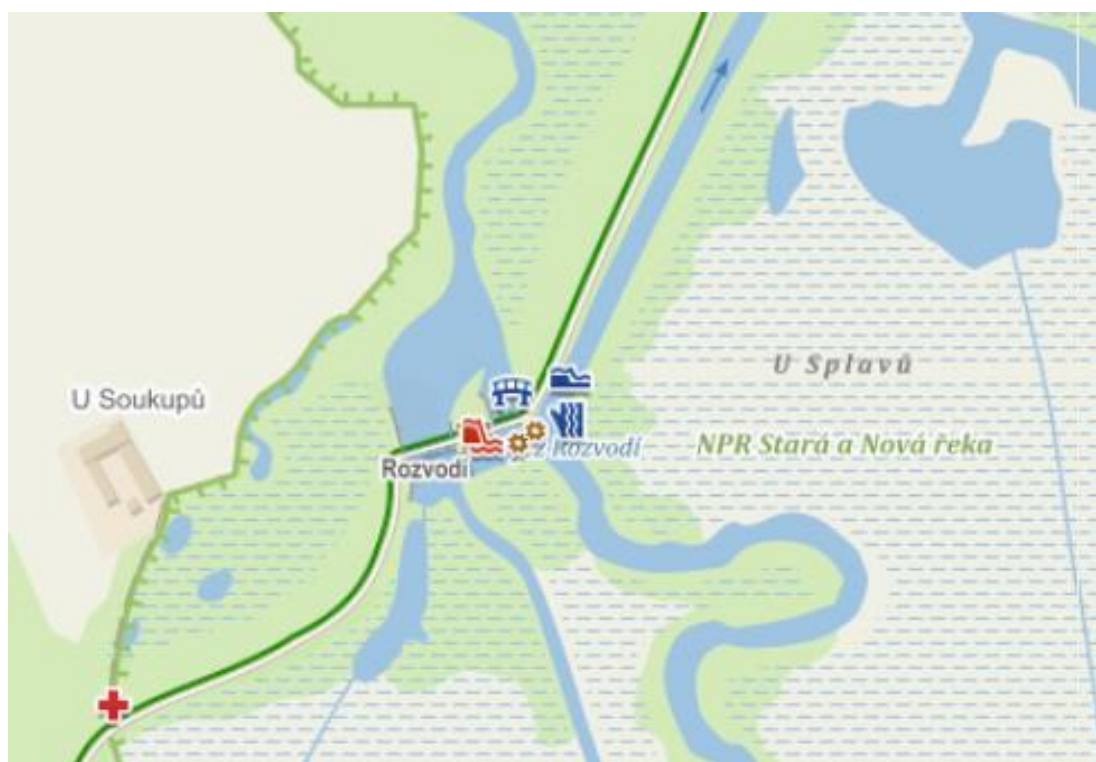


Obrázek 20: Kajak Noah SQ [10]

5.3. Řeka Lužnice

Lužnici lze charakterizovat jako nížinný tok, kde převažují klidné táhlé úseky bez divokých peřejí. Horní část řeky výrazně meandruje zalesněnou krajinou, popadané stromy ležící často i v korytě řeky vyžadují mírně pokročilé ovládnání lodě pro bezpečné proplutí. Oblast je velmi řídko osídlena a i z důvodu chráněné krajinné oblasti Třeboňsko není dovoleno kempovat mimo schválená místa. [8]

Dále po proudu se řeka rozděluje na Starou a Novou řeku. Koryto Nové řeky bylo uměle vytvořeno v 16. století a slouží pro odvod zvýšených průtoků mimo rybník Rožmberk. Před obcí Jemčina se kanál vlévá do Nežárky jako levostranný přítok. Staré koryto řeky Lužnice dále pokračuje do rozlohou našeho největšího rybníku – Rožmberk. Délka tohoto úseku po Veselí nad Lužnicí je zhruba 35 kilometrů a nabízí vodákům, kromě neustálé komáří společnosti, velmi klidnou a romantickou plavbu skrze téměř nedotčenou krajinu.



Obrázek 21: Rozvodí Staré (pokračující vlevo) a Nové řeky [15]

U města Veselí nad Lužnicí mění krajina pozvolně svůj charakter a až k městu Tábor Lužnice protéká rovinatou krajinou, kde sklon řeky je stále velmi pozvolný. A právě mírný sklon řeky předurčuje Lužnici jako vhodnou pro začátečníky nebo rodiny s dětmi. V kontrastu těchto vlastností se ale na řece nachází mnoho jezů, které nelze bezpečně splout sportovní propustí a při pokusu splouvání přes jezové těleso hrozí již za mírně zvýšených průtoků nebezpečí utonutí ve vývaru.

5.3.1. Nebezpečné jezy na řece Lužnici

Pořadí jezů v této kapitole je řazeno směrem po proudu řeky. Prvním jezem, kde by neopatrným vodákům hrozilo nebezpečí, je jez v obci Suchdol nad Lužnicí. Konstrukcí se jedná o pevný kolmý jez se spádem 1,9 metru, v levé části jezu je umístěna jalová propust (obr. 22).



Obrázek 22: Jez u obce Suchdol nad Lužnicí [1]

Jez Pilař (ř. km 117,3) drží prvenství v počtu tragických událostí na českých řekách (uvádí se přes 40 utonulých dle serveru trebonsko.cz). Jedná se o 3,4 metrů vysoký pevný kolmý jez, který za zvýšených průtoků vytváří velmi silný vzdutý vodní skok ve vývaru jezu. [14]



Obrázek 23: Jez Pilař [1]

Další nebezpečný jez se nachází na říčním kilometru 90,5 za obcí Lužnice – jez Tájek. Skládá se ze dvou polí, kde pravá část je hrazena dutou klapkou s cévovou tyčí jako pohyblivým mechanismem. Levou část tvoří pevný jez s proudnicovou přelivnou plochou (obr. 24).



Obrázek 24: Jez Tájek [1]

Po necelých pěti kilometrech narazí turisté na další nebezpečný jez nedaleko obce Frahelž. Jez je tvořen dvěma poli, která hradí duté klapky opět s pohybovacím mechanismem pomocí cévových tyčí. Jez se dá bezpečně přenést po levém břehu.



Obrázek 25: Jez Frahelž za zvýšeného průtoku [1]

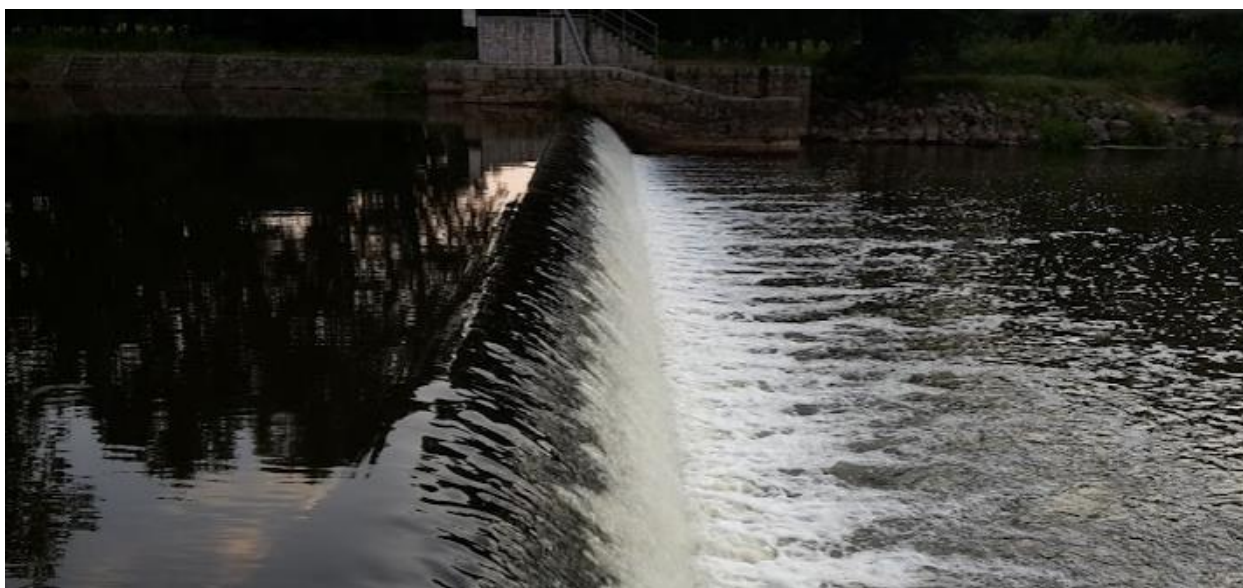
Jez ve Veselí nad Lužnicí byl původně tvořen pouze jedním polem, který hradil válcový uzávěr. Nyní je jez rozdělen do dvou polí a hradí ho dvě vysoké ocelové duté klapky (obr. 26).



Obrázek 26: Klapkový jez ve Veselí nad Lužnicí (zdroj: vlastní archiv)

Dalším jezem, kde bohužel došlo k minimálně 4 smrtelným nehodám je jez Dráchov. Tento jez bude podrobně popsán v samostatné kapitole.

Jez Čejnov se nachází zhruba 3 kilometry od Dráchova. Jedná se o dvě přelivná pole, kde pravé tvoří pevný jez s proudnicovou přelivnou plochou o výšce 2 metry. Levé pole hradí ocelová dutá klapka. Pomníček na břehu připomíná, že i zde došlo k úmrtí osoby ve vývaru jezu.



Obrázek 27: Jez Čejnov (zdroj: vlastní archiv)

Posledním na tomto seznamu je jez Červený mlýn u obce Nuzice, který je současně i posledním jezem na řece Lužnici před soutokem u Týna nad Vltavou. Opět se jedná o proudnicovou přelivnou plochu, pod kterou se již za mírně zvýšených průtoků vytváří silný vzdutý vodní skok.



Obrázek 28: Jez Červený mlýn [1]

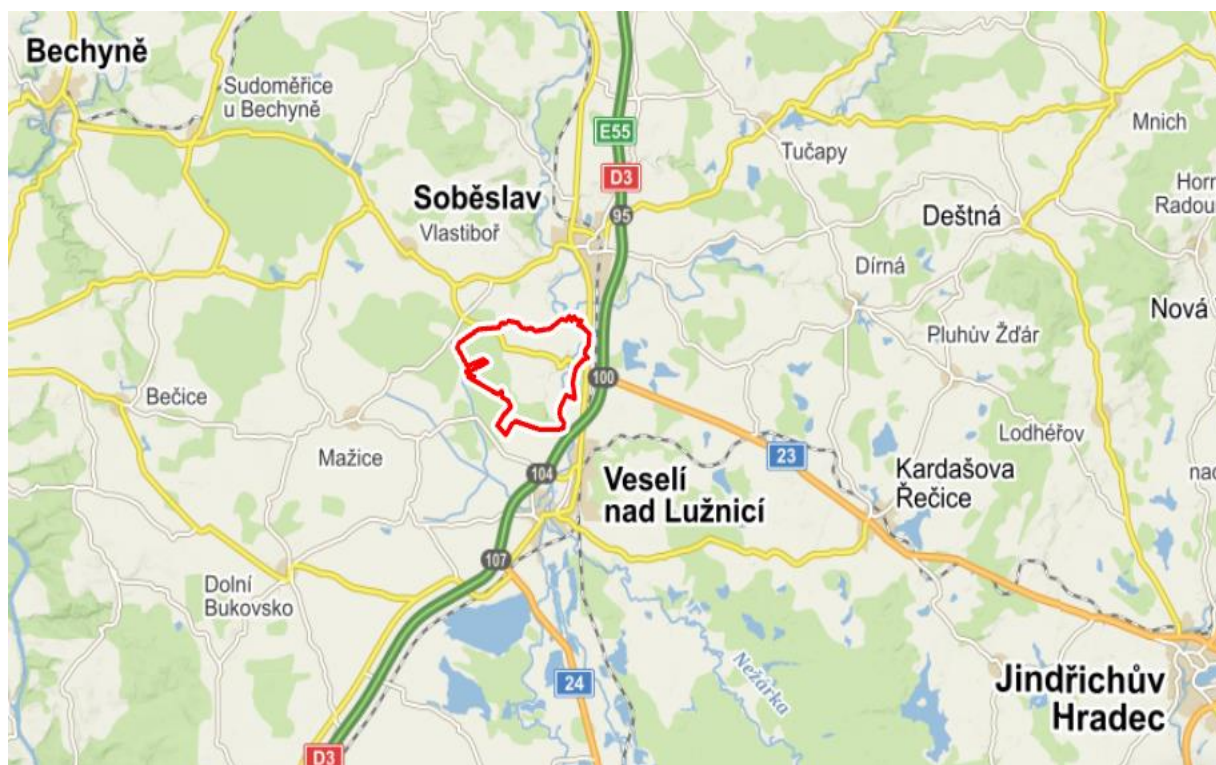
Na středním toku Lužnice se nachází většina jezů se šikmou přelivnou plochou, často jsou doplněny o vorové propusti nebo i přímo propusti sportovní, lze je tedy bezpečně splout za letních průtoků, případně přetáhnout prázdnou loď po konstrukci jezu. Seznam jezů výše uvedených je tvořen především jezy, kde dochází k zásahům IZS, nebo dokonce ke smrtelným nehodám. Každý jez je za zvýšených průtoků nebezpečný a zodpovědný vodák se v žádném případě nerozhodne riskovat život splutím. Bohužel u tragických nehod často hraje velkou roli alkohol, který si značné procento vodáků při splouvání neodpustí.

Řeka Lužnice protéká krajinou s výjimečnou přírodou, a i přes množství jezů, které nelze bezpečně splout navštívilo řeku v roce 2011 přes 90 tisíc návštěvníků. [9] Lze očekávat, že počty z posledních let tuto hodnotu ještě překročily.

6. Popis zájmového území

6.1. Údaje o území

Řešené vodní dílo se nachází v obci Dráchov, která spadá pod okres Tábor a leží téměř v centru jihočeského kraje. Mezi nejbližší města lze zařadit Veselí nad Lužnicí, Soběslav a Bechyni. (Obrázek 29). Západně od obce se nachází důležitý silniční uzel Praha – České Budějovice – Jindřichův Hradec – Písek. Nadmořská výška řešené lokality se pohybuje kolem 400 metrů nad mořem. Významným přírodním prvkem nedaleko obce jsou Dráchovské tůňe, které patří mezi přírodní rezervace s výskytem chráněných živočichů a rostlinstva.



Obrázek 29: Obec Dráchov (červeně vyznačeno) [15]

Název toku	Lužnice
Katastrální území	Dráchov [632066]
Obec	Dráchov
Okres	Tábor
Kraj	Jihočeský
Říční kilometr	70,176
Číslo vodohospodářské mapy	23–31



Obrázek 30: Detail z vodohospodářská mapy, klad 23-3 [16]

6.2. Přírodní poměry

6.2.1. Klimatické podmínky

Obec Dráčov spadá do klimaticky teplé oblasti, kterou vyznačuje tmavě růžová na následujícím obrázku. Teplá oblast se vyznačuje dlouhým létem, teplotně mírným jarem i podzimem a krátkou zimou. [16]



Obrázek 31: Klimatické poměry, Dráčov vyznačen červeně [16]

6.2.2. Srážky

Roční průměr srážek v pásmu Dráchova se pohybuje kolem 625 mm za rok z dlouhodobého pozorování. [18] Průměrné úhrny srážek v jednotlivých měsících v roce shrnuje následující tabulka.

Tabulka 1: Průměrné údaje o srážkách [18]

	Model pro obec Dráchovo												
	Měsíce												
	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	
Průměrný úhrn srážek [mm]	42	39	49	41	57	65	63	63	45	34	39	45	

6.2.3. Teplotní podmínky

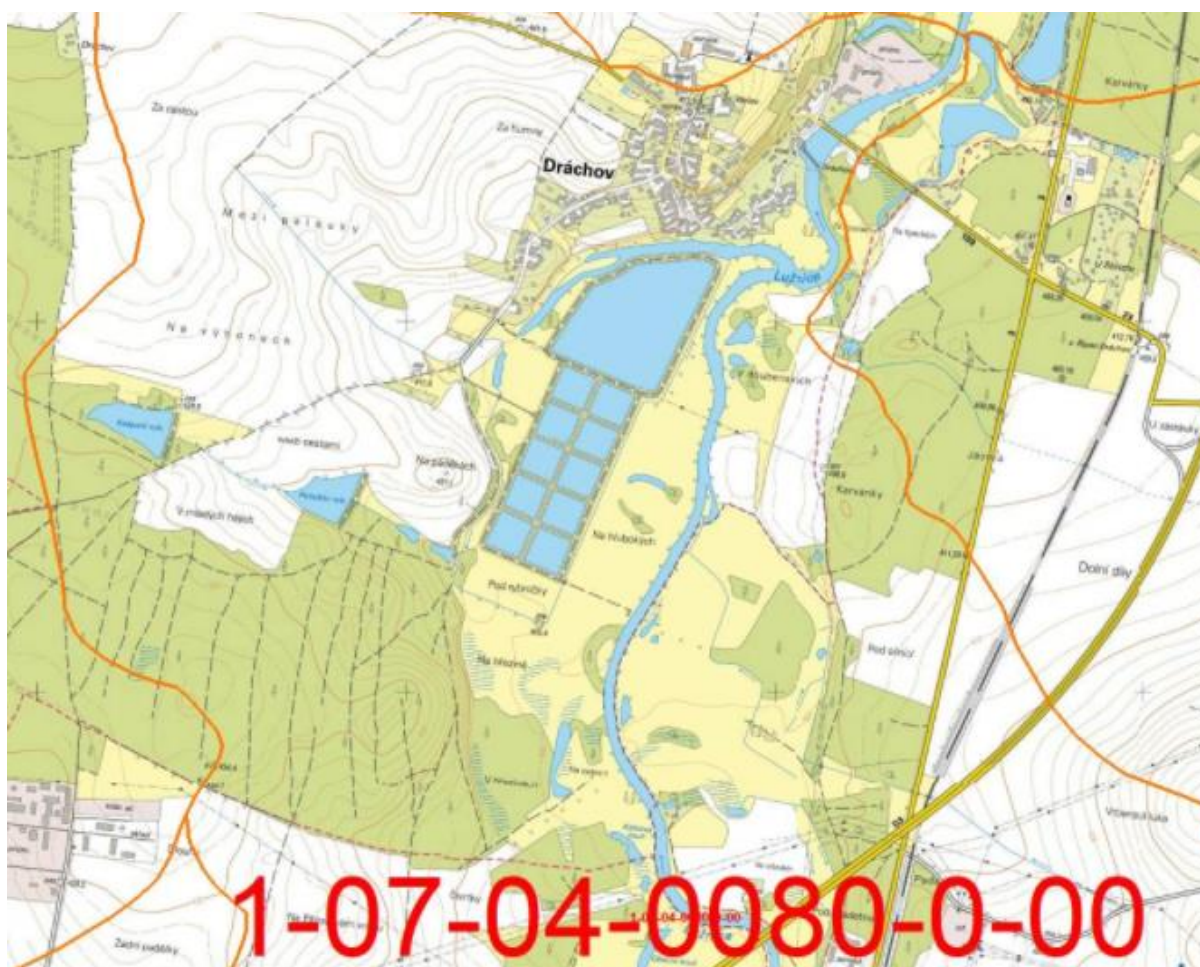
Průměrná roční teplota je 8,5 °C z dlouhodobých pozorování regionu. [18] Průměrné měsíční hodnoty teploty vzduchu popisuje následující tabulka

Tabulka 2: Průměrné hodnoty teplot vzduchu [18]

	Model pro obec Dráchovo												
	Měsíce												
	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	
Průměrná teplota vzduchu °C	-1	0	4	8	12,5	16	17,5	18	14	9,5	4,5	-1	

6.2.4. Hydrologické poměry

Pramen Lužnice se nachází v Rakousku, konkrétně v pohoří Gratzener Bergland pod horou Eichelberg. [8] Řeka se po 208 kilometrech vlévá jako pravostranný přítok do Vltavy nad vodním dílem Kořensko poblíž města Týn nad Vltavou. Správcem toku Lužnice je státní podnik Povodí Vltavy. Řešená oblast odpovídá povodí s číslem hydrologického pořadí 1-07-04-0080-0-00. Plocha povodí má pro profil jezu velikost 2846 km². [17] Údaje o průtocích v profilu jezu jsou shrnuty v kapitole 8.1 Hydrologické podklady.



Obrázek 32: Mapa hydrologického pořadí [16]

6.2.5. Rybí pásma a revíry

Zájmová oblast spadá do kategorie kaprových vod dle nařízení vlády č. 71/2003 Sb. [16] Dle dělení rybích pásem odpovídá část toku cejnovému pásmu, pro toto pásmo jsou charakteristické ryby jako cejn, kapr, bolen, štika, sumec nebo candát. Jez Dráchov vytváří hranici mezi mimopstruhovými revíry Lužnice 6 a Lužnice 7.

Údaje o obsádce ryb v řešené oblasti představují jeden z klíčových faktorů pro návrh funkčního rybího přechodu, proto je vhodné, aby projektu předcházela ichtyologický průzkum.

7. Aktuální stav vodního díla Dráchov

Profil jezu Dráchov se nachází na ř. km 70,116 řeky Lužnice. Pozemky umístěné na levém břehu s parcelním číslem 1597/46, 1597/47, 30/2 a 30/3 patří majiteli MVE a penzionu p. Fouskovi. Jez je majetkem České republiky ve správě státního podniku Povodí Vltavy a pozemek přiléhající k jezu z pravé strany s parcelním číslem 314/1 nemá v katastru nemovitostí uvedeného majitele, nicméně se jedná o druh pozemku vedený jako ostatní plocha se způsobem využití jako neplodná půda. [20]



Obrázek 33: Mapa katastru nemovitostí [20]

Vodní dílo spadá do IV. kategorie TBD dle vyhlášky č. 255/2010 Sb. Obec disponuje protipovodňovým opatřením v podobě betonových zdí s kótou horní hrany 405,60 m n.m. V blízkosti bývalého mlýna jsou vynechány 3 otvory pro mobilní hrazení. Opatření je navrženo na Q_{50} , při kterém by hladina v prostoru jezu měla být na kótě 405,41 m n.m. [17]

7.1. Jezové těleso

Jez se skládá ze dvou částí. Levou část tvoří pole s délkou přelivné hrany 56,0 m, spádem 1,5 m a proudnicovou přelivnou plochou, která je obložena kamenem. Nátoková část je zhotovena z kamenné dlažby na sucho. Pod jezem navazuje betonový vývar s délkou 8,3 metrů. Pilíře jsou betonové s kamenným obložením. Jez je dimenzován na $Q_{100} = 329 \text{ m}^3/\text{s}$. [17]



Obrázek 34: Pole s proudnicovou přelivnou plochou (zdroj: vlastní archiv)

7.2. Štěrková propust

Na pravé straně jezu je umístěna štěrková propust s šířkou 1,3 metru a délkou necelých 13 metrů. Propust je trvale hrazena dřevěnými hradly a neslouží ke sportovním účelům. Pro tlumení kinetické energie vody jsou ve dně propusti osazeny betonová zdrhla.



Obrázek 35: Štěrková propust za nízkého a mírně zvýšeného průtoku (zdroj: vlastní archiv a [1])

7.3. Malá vodní elektrárna

V místech dnešní MVE dříve stál mlýn, pila a elektrárna. MVE je vybavena jednou funkční Francisovou turbínou o hltnosti $5,3 \text{ m}^3/\text{s}$ s instalovaným výkonem 45 kW. Při průtoku $123 \text{ m}^3/\text{s}$, což odpovídá zhruba Q_5 , elektrárna ztrácí spád a je vyřazena z provozu. Využitelný spád je 1,29 m. Nátok na MVE je opatřen vtokovým zaobleným prahem, na který navazují hrubé česle s nornou stěnou a obslužnou lávkou. Následují jemné česle s lávkou na shrabky a uzávěry tvoří dvě stavidla s pohybovacím mechanismem. Zastřešení celé MVE umožňuje celoroční provoz. [17]



Obrázek 36: MVE Dráchov (zdroj: vlastní archiv)

7.4. Identifikace rizik jezu

Jez je umístěný šikmo k ose toku se štěrkovou propustí na konvexní straně. Hrozí strhávání lodí k hlavnímu poli jezu vlivem příčné složky proudění. Tento jev sílí s rostoucím průtokem a nezkušený vodáci mohou být proudem strženi mimo propust.

Propust v aktuálním stavu není určena ke sportovním účelům, za běžných průtoků přepadá minimum vody a je poměrně úzká pro bezpečné proplutí raftem. Výška skoku na začátku propusti nepředstavuje nebezpečí, ale po dopadu především nafukovacích lodí může dojít k poškození materiálu o betonové retardéry.

Záchranné prvky instalované na jezu:

- záchranné házecí kruhy na obou březích
- žebříky u pilířů hlavního pole pro možnost sebezáchrany
- bezpečný výstup nad jezem a nástup v bezpečné vzdálenosti od jezu
- Informační tabule jak postupovat pro záchranu člověka z jezu

Jez disponuje dostatečným množstvím záchranných prvků, ale pro vyšší bezpečnost lze ještě doplnit:

- více varovných cedulí před jezem, které jsou dobře viditelné z vody
- varovné červené bóje umístěné nad jezem
- záchranné lano podél pilířů hlavního pole pro možnost sebezáchrany (příklad obr. 37)



Obrázek 37: Záchranná lana na jezu Černý mlýn na Ohři (zdroj: vlastní archiv)

7.5. Zásahy IZS na jezu Dráchov

Následující přehled událostí byl proveden až do roku 2008, starší nehody a zásahy se nepodařilo dohledat, avšak počet obětí jezu Dráchov čítá minimálně 4 oběti dle pomníčků na pravém břehu. [4]

Tabulka 3: Přehled zásahů IZS na jezu Dráchov [4]

Datum	Popis události	počet obětí
08.08.2020	Došlo k převrácení dvoučlenné posádky pod hlavním polem jezu. Před příjezdem IZS byla jedna osoba již zachráněna, ale druhá zmizela pod hladinou. Tělo zmizelého bylo nalezeno až o 3 dny později na jezu v Soběslavi. Podle očitého svědka události najela posádka k jezu zcela nepochopitelně zespoda, aby si pořídili fotografii.	1
03.07.2020	Posádka se neúspěšně pokusila přistát u výstupního místa nad jezem, následně byla stržena proudem na jez, kde si převrátila. Další vodáci se je snažili z jezu zachránit a najeli pod jez zespoda, kde se rovněž převrátili. Díky duchapřítomným kolemdoucím se podařilo všechny osoby zachránit.	0
02.08.2012	Vícečlenná posádka raftu se převrátila pod hlavním polem jezu. Díky místním občanům, kteří zachraňovali tonoucí ještě před příjezdem IZS nedošlo k žádnému utonutí.	0
24.06.2010	Jednotka HZS byla povolána pro záchranu jedné tonoucí osoby z pod jezu. Ještě před příjezdem tonoucího vytáhl místní občas pomocí lana	0
05.08.2010	Pro záchranu dvou osob, kteří se na jezu převrátili, byla povolána jednotka HZS. Oba tonoucí se podařilo vytáhnout z vývaru prostřednictvím raftu HZS.	0

8. Podklady

Navržené varianty v rámci bakalářské práce vycházejí z hydrologických podkladů, manipulačního řádu MVE Dráčov, mapových podkladů včetně katastru nemovitostí, říční mapy a aktivní zóny záplavového území, které poskytlo Povodí Vltavy, státní podnik.

8.1. Hydrologické podklady

Údaje pro profil jezu Dráčov poskytl ČHMÚ v rámci návrhu protipovodňových opatření v obci Dráčov v roce 2012. Třída přesnosti údajů odpovídá III. třídě. Na základě dat byly sestaveny čáry překročení m-denních průtoků a opakování N – letých průtoků. (graf 1 a 2).

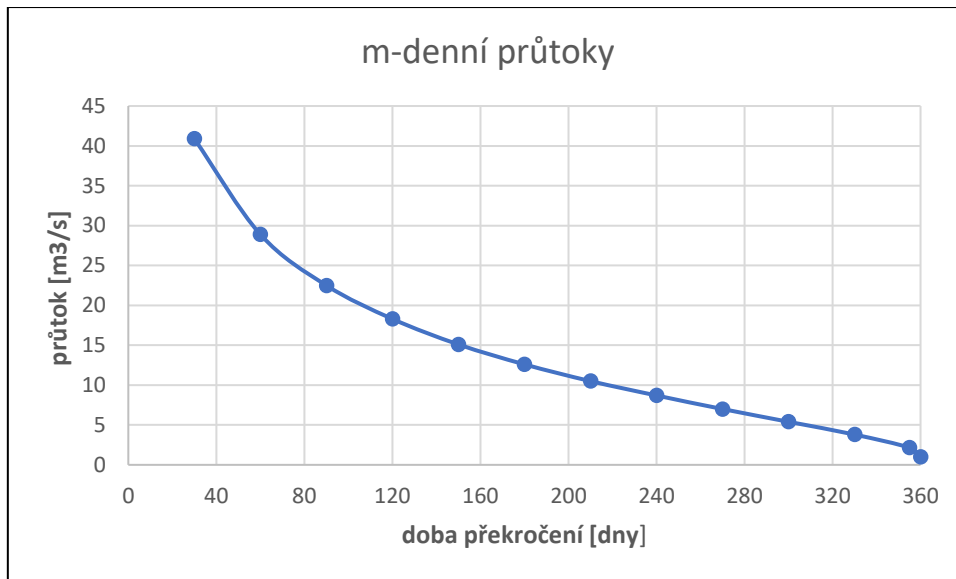
- Dlouhodobý průměrný roční úhrn srážek: 625 mm
- Plocha povodí: 2846 km²
- MZP: 2,15 m³/s

Tabulka 4: m-denní průtoky (zdroj: ČHMÚ) [17]

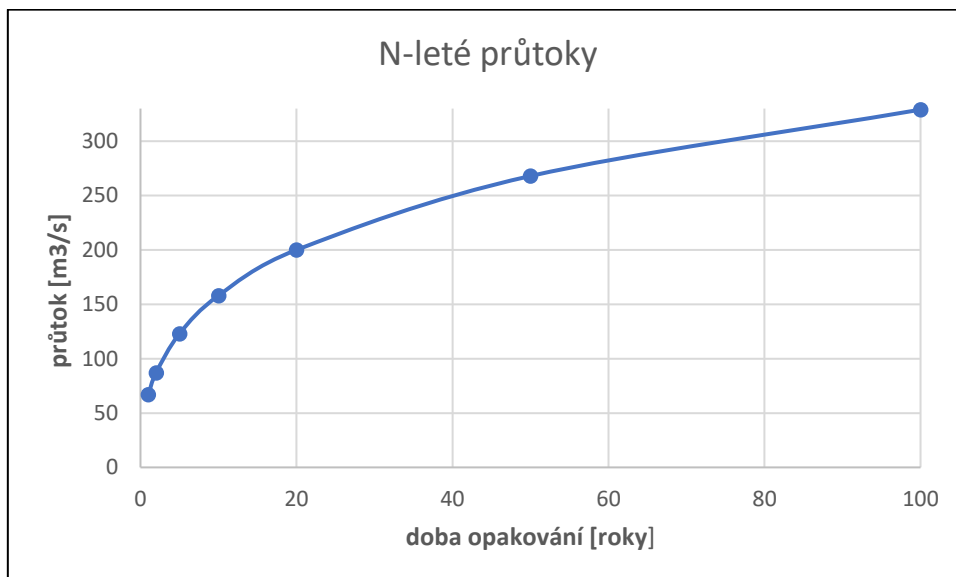
dny	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
Q_M [m ³ /s]	40.9	28.9	22.5	18.3	15.1	12.6	10.5	8.7	7.0	5.4	3.8	2.15	1.0

Tabulka 5: N-leté průtoky (zdroj: ČHMÚ) [17]

roky	1	2	5	10	20	50	100
Q_N [m ³ /s]	67	87	123	158	200	268	329



Graf 1: m-denní průtoky



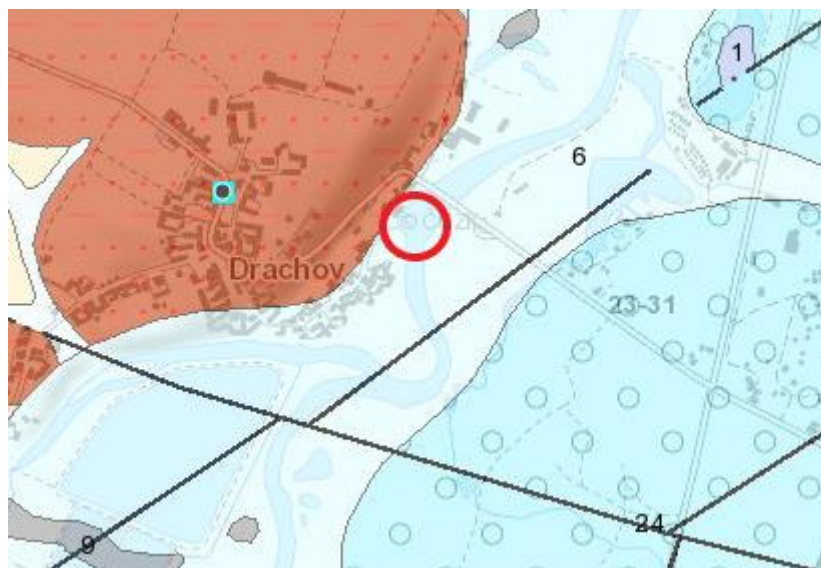
Graf 2: N-leté průtoky

8.2. Mapové podklady

Čerpáno bylo z mapových podkladů, které poskytlo Povodí Vltavy pro potřeby bakalářské práce. Mimo těchto katastrálních a situačních map se využil digitální model reliéfu 5. generace od ČÚZK pro tvorbu řezů konstrukce v terénu.

8.3. Geologické podklady

Pro řešenou lokalitu vycházejí informace o geologických poměrech z geologické mapy a vrtné prozkoumanosti okolí vodního díla Dráčov. Geologická mapa stanovuje výskyt nivního nezpevněného sedimentu tvořeného hlínou, pískem a šterkem (na obrázku č. 38 znázorněno světle modrou s číslem 6). [21]



Obrázek 38: Geologická mapa řešené oblasti (červeně zakroužkována lokalita VD Dráčov) [21]

9. Rešerše dostupných podkladů pro návrh sportovních propustí

V rámci České republiky neexistuje v současné době žádná platná norma nebo metodika, která by sloužila jako podklad pro návrh sportovních propustí. Dokument, který by doporučoval postup návrhu, vymezoval pojmy, shrnoval nutné hydrotechnické výpočty či stanovoval kritéria bezpečných sportovních propustí nebyl nikdy vydán. V rámci zpracování této bakalářské práce se proto uskutečnila schůzka s vedením Asociace vodní turistiky a sportu, jejímž hlavním tématem bylo vymezení klíčových aspektů pro návrh bezpečného a funkčního objektu ke splouvání malými plavidly. AVTS poskytla pro účely bakalářské práce seznam doporučení pro projektanty s požadavky při návrhu nových sportovních propustí, který je shrnut níže.

- schody pro výstup nad jezem musí začínat minimálně 6 m nad propustí
- schody musí být vytvořeny i pod hladinou a musí k nim být volný přístup
- schody vytvořit jedny široké 6 m, a pokud to není možné, pak dvě schodiště široké 2,5 m s osovou vzdáleností 4 m
- propust musí začínat v bezpečné vzdálenosti od koruny jezu, aby nemohlo dojít ke stržení lodě proudem do jezu
- propust musí být umístěna u břehu a na opačné straně, než je MVE
- šířka propusti 2,5 m nebo více
- pilíř propusti musí být vysoký tak, aby nedošlo k přetékání vody od jezu za stavu 1.SPA
- zakončení dolní propusti musí být minimálně 1,5 m od břehu
- zakončení propusti musí být minimálně 2 m za vodním skokem
- na vzdálenosti minimálně 9 m pod propustí ve směru proudu nesmí být břeh. Lod' musí projet plynule tak, aby zde nenarážela do břehového opevnění.
- v případě kartáčové propusti musí voda kvůli správné funkci propusti být o 10 cm výše, nežli horní hrana kartáčů

Tyto požadavky budou při návrhu SP v rámci bakalářské práce respektovány a v kapitole 11 – Zhodnocení navržených variant budou porovnány s parametry navržených propustí.

Při návrhu retardérové propusti bude vycházeno z modelového výzkumu sportovních propustí z r. 1978 (Bémová I.), jehož závěry jsou shrnuty ve skriptu Jezy od prof. Gabriela [2] a v kapitole 3.2.2. textové části bakalářské práce.

10. Navržené varianty sportovní propusti a rybího přechodu

Pro hydrotechnické výpočty sportovních propustí byl sestaven matematický model 1D v programu HEC-RAS 6.1. Model vycházel z navržených geometrických rozměrů zpracovaných variant. Výstup z programu tvořily průtokové charakteristiky sportovních propustí, ověřovala se především dostatečná hloubka v profilu objektu při minimální kótě 403,92 v nadjezí stanovené manipulačním řádem MVE.

Při návrhu šterbinového rybího přechodu bylo využito platné normy TNV 75 2321 zprůchodňování migračních bariér rybími přechody a metodiky Rybí přechody: Standardy péče o přírodu a krajinu z roku 2011.

Navržené varianty shrnuje následující tabulka:

Tabulka 6: Shrnutí navržených variant

Varianta	Sportovní propust	Umístění	Rybí přechod	Umístění
A	kartáčová	nahrazení stávající šterkové propusti	podpůrné opatření ve sportovní propusti	nahrazení stávající šterkové propusti
B	kartáčová	pravý břeh		pravý břeh
C	retardérová	pravý břeh	šterbinový	pravý břeh
D	retardérová	pravý břeh	šterbinový	u MVE

10.1. Varianta A – nahrazení stávající šterkové propusti kartáčovou technologií

10.1.1 Stávající stav šterkové propusti

Současný stav propusti neumožňuje využití pro sportovní plavbu. Jedná se o objekt určený k převádění splavenin usazených v nadjezí dále po toku. Využití této propusti v aktuálních rozměrech pro osazení kartáčové technologie je zcela nevyhovující především s ohledem na šířku objektu. Standardní šířka raftu dosahuje 1,8 m, což při stávající šířce propusti 1,3 m limituje spektrum lodí, které by propust mohli využít.

10.1.2. Návrh nové konstrukce s využitím stávajícího dělicího pilíře

Návrh nové konstrukce kombinuje sportovní propust a podpůrné opatření pro zlepšení migrace do jednoho funkčního objektu do míst stávající šterkové propusti s rozšířením směrem do pravého břehu. Při výstavbě této konstrukce by došlo k zbourání přímé zdi stávajícího pravobřežního závazání. Nová konstrukce by se v horní části navázala na stávající břehové opevnění. Schody nad jezem se ponechají v stávající podobě. K dělicímu pilíři je navrženo dobetonování návodního zhlaví s hydraulicky vhodným tvarem ze složených oblouků. V podjezí se na stávající pilíř rovněž naváže novou konstrukcí s prodloužením až pod vyústění objektu do dolní vody.

Návrhové parametry projektovaného objektu jsou v souladu s požadavky AVTS uvedených v kapitole 9 a také respektují optimální průtokové i sklonové poměry vhodné pro využití kartáčové technologie s ohledem na migraci ryb, které doporučuje metodika MŽP pro osazení plastových bloků do sportovních propustí. Tvar bloků vychází rovněž z doporučení citované metodiky. [3]

Návrhové parametry sportovní propusti:

- Vtokový práh 403,32 m n. m.
- Výtokový práh 402,00 m n. m.
- Přelivná hrana jezu 403,90 m n. m.
- Spád 1,32 m
- Šířka propusti 2,5 m (požadavek AVTS min. 2,5 m)
- Délka propusti 29,5 m
- Sklon 4,5 % (doporučeno do 5% [3])
- Hloubka při nátoku 0,6 m
- Návrhový průtok 0,65 m³/s (doporučeno min. 5% Qa [3])

Návrhové parametry kartáčů:

- Délka tůňky 1,6 m (doporučeno 1,6 m [3])
- Světlá šířka tůňky 2,5 m
- Šířka štěrbiny 0,35 m (minimální rozměr 0,25 m [3])
- Rozdíl hladin mezi kartáči 0,06 m

10.1.3. 1D matematický model

V programu HEC-RAS 6.1 bylo vymodelováno koryto sportovní propusti s navrženými geometrickými parametry a výpočet průběhu hladin probíhal v režimu ustáleného nerovnoměrného proudění 1D. K dosažení nejpřesnějších výsledků se stanovily celkem 2 metody výpočtu. První metoda spočívala v modelu prizmatického koryta s vysokou hodnotou Manningova drsnostního součinitele pro dno v celém profilu objektu.

Tabulka 7: Vstupní parametry modelu I.

Kóta hladiny v nadjezí	403,92	m n. m.
Kóta hladiny v podjezí	402,57	m n. m.
Odhadovaný drsnostní součinitel n pro dno	0.08	[-]
Drsnostní součinitel n pro betonové zdi	0.015	[-]

Druhá varianta výpočtu uvažovala rozměry kartáčových bloků osazených ve dně s průtočnými šterbinami u dna propusti, bloky byly modelovány jako neprůtočné. Hodnota Manningova drsnostního součinitele pro dno mezi kartáči je uvažována hodnotou pro hrubý štěrk. [22]

Tabulka 8: Vstupní parametry modelu II.

Kóta hladiny v nadjezí	403,92	m n. m.
Kóta hladiny v podjezí	402,57	m n. m.
Odhadovaný drsnostní součinitel n kartáč	0.08	[-]
Drsnostní součinitel n pro dno mezi kartáči (hrubý štěrk)	0.03	[-]
Drsnostní součinitel n pro betonové zdi	0.015	[-]

Druhá výpočetní metoda byla využita i pro variantu snížení středových kartáčů o 10 cm (na celkovou délku kartáčů 30 cm) z důvodu zlepšení plavebních podmínek ve sportovní propusti, avšak při zachování dovolených rychlostí pro migraci ryb mezi kartáči. Tento požadavek se ověřil ve výstupních hodnotách výpočtu.

10.1.4. Výsledky matematického modelu kartáčové technologie

Výsledky první metody výpočtu stanovily při výše definovaných okrajových podmínkách hodnotu průtoku $Q = 2,0 \text{ m}^3/\text{s}$ při průměrných rychlostech proudění přes 1,9 m/s, což nespĺňuje požadavek maximální dovolené rychlosti mezi kartáči stanovené hodnotou 1,7 m/s. [3] Jelikož tato výpočetní metoda byla uvažována velmi zjednodušeně a výsledky se jevily jako velmi nepravděpodobné skutečnosti, nebyly při dalším vyhodnocení použity.

Druhá varianta výpočtu stanovila hodnotu průtoku $Q = 0,55 \text{ m}^3/\text{s}$ při rychlostech proudění umožňující migraci ryb. Výsledky průběhu hladiny ovšem ukázaly, že při těchto definovaných okrajových podmínkách nebudou splněny dostatečné plavební hloubky v místech kartáčů. Z tohoto důvodu by pravděpodobně docházelo vlivem velkého tření mezi kartáči a dnem plavidel buď k velkému zpomalení plavidel, nebo úplnému zastavení v korytě objektu.

Subvarianta druhé metody, která navrhovala snížení středových kartáčů o 10 cm při vypočteném průtoku $Q = 0,65 \text{ m}^3/\text{s}$ splňuje jak požadavky průtočných rychlostí mezi kartáči, tak minimální hloubku vody 10 cm nad středovým kartáčem. Tento požadavek vychází z doporučení AVTS z kapitoly 9. Pro vyhovující podmínky je proto tato varianta preferovaná a dále využita v návrhu sportovní propusti s kartáčovou technologií. Podrobný výpis průběhu hladin a průtočných rychlostí výše uvedených metod je součástí přílohy E.

10.1.5. Předpokládané rozdělení průtoků pro variantu A

Předpokládané rozdělení průtoků na VD Dráchov je uvažováno pro kótu vodního paprsku v letních měsících 403,92 m n. m. nad jezem. Tento předpoklad vychází z údajů v manipulačním řádu MVE Dráchov.

Tabulka 9: Předpokládané rozdělení průtoků objekty VD Dráchov

		Průtok	Jednotka
Objekty VD	Zavodnění hrany pevného jezu	0.23	m^3/s
	Sportovní propust	0.65	m^3/s
	Celkem	0.88	m^3/s

Součástí podkladů pro bakalářskou práci nebyly k dispozici průměrné měsíční průtoky v profilu Dráchov. Není tedy možné s vyšší přesností určit předpokládané rozdělení průtoku přes jednotlivé objekty v měsících, kdy je žádoucí udržet sportovní propust v provozu. Pro výpočet zavodnění hrany pevného jezu bylo využito parametrů hydrotechnického výpočtu uvedeného v manipulačním řádu MVE dle rovnice č. 13.

10.1.6. Základní bilance a kalkulace nákladů

Výpočet množství níže uvedených materiálů byl proveden v programu Autocad 2018. Jednotkové ceny vycházejí z dat indexu stavebních prací Českého statistického úřadu s přihlédnutím na aktuální růst sazeb za provedené práce.

Tabulka 10: Odhadované náklady pro variantu A

Položka	měrná jednotka	Množství	Jednotková cena	Náklady
Betonové konstrukce	m ³	286.1	7 500 Kč	2 145 750 Kč
Kartáčový blok	kus	90	6 700 Kč	603 000 Kč
Bourání zdiva pravý břeh	m ³	54.9	2 800 Kč	153 720 Kč
Dlažba z lomového kamene	m ²	10.8	3 400 Kč	36 720 Kč
Zemní práce	m ³	58.3	800 Kč	46 640 Kč
				2 985 830 Kč

Odhadované náklady byly stanoveny na téměř 3 miliony korun.

10.2. Varianta B – umístění kartáčové propusti do pravého břehu

10.2.1. Popis navržené konstrukce

Návrh varianty spočívá v umístění sportovní propusti s kartáčovou technologií do pravého břehu. Při této variantě není nijak zasaženo do stávající konstrukce jezu nebo šterkové propusti. Ze stávající konstrukce je předpokládáno vybourání břehového opevnění u šterkové propusti. Součástí návrhu je nové břehové opevnění nad projektovanou SP z dlažby s lomovým kamenem o tloušťce 300 mm. V dostatečné vzdálenosti od SP se vybudují schody o doporučených rozměrech (viz požadavky kapitola 9) pro přenášení lodí po pravém břehu. Pod vyústěním SP navazuje břehové opevnění rovněž z dlažby z lomového kamene a ve vzdálenosti zhruba dvaceti metrů jsou navrženy schody pro nalodění. Z důvodu zachování možnosti manipulace se šterkovou propustí je projektovaná SP přemostěna lehkou ocelovou konstrukcí, jejíž spodní hrana je navržena 34 cm nad úroveň Q₅.

Návrhové parametry sportovní propusti jsou identické s variantou A. Na základě výsledků matematického modelu předchází varianty se předpokládá snížení středových kartáčů o 10 cm. Předpokládané rozdělení průtoku je uvažováno stejné jako ve variantě A. Situace, půdorys a řez konstrukcí je součástí výkresové přílohy B.1 a B.2.

10.2.2. Základní bilance a kalkulace nákladů

Tabulka 11: Odhadované náklady pro variantu B

Položka	měrná jednotka	Množství	Jednotková cena	Náklady
Betonové konstrukce	m ³	359.25	7 500 Kč	2 694 375 Kč
Kartáčový blok	kus	90	6 700 Kč	603 000 Kč
Bourání zdiva pravý břeh	m ³	74.27	2 800 Kč	207 956 Kč
Dlažba z lomového kamene	m ²	125.41	3 400 Kč	426 394 Kč
Zemní práce	m ³	1674.38	800 Kč	1 339 504 Kč
Ocelová lávka	ks	1	85 000 Kč	85 000 Kč
				5 356 229 Kč

Odhadované náklady byly vyčísleny na zhruba 5 400 000 Kč.

10.3. Varianta C – retardérová propust se šterbinovým rybím přechodem na pravém břehu

Na rozdíl od předchozích variant jsou funkční objekty navrženy odděleně na retardérovou sportovní propust a šterbinový rybí přechod. Umístění konstrukcí opět využívá volného pravého břehu.

10.3.1. Popis konstrukce sportovní propusti

Návrh vychází z modelového výzkumu sportovních propustí z roku 1978. [2] Koryto objektu má následujícími návrhové parametry:

- Vtokový práh 403,32 m n. m.
- Výtokový práh 402,00 m n. m.
- Přelivná hrana jezu 403,90 m n. m.
- Spád 1,32 m
- Šířka propusti 2,5 m (požadavek AVTS min. 2,5 m)

- Délka propusti 20,0 m
- Sklon 6,6 % (doporučené rozmezí 6 – 8 % [2])
- Hloubka při nátoku 0,6 m
- Návrhový průtok 1,50 m³/s

Pro zvýšení drsnosti dna a dosažení optimálních hloubek je dno propusti osazeno prahy ve tvaru V se špičkou proti proudu. Doporučený úhel odklonu kolmice k ose propusti udává hodnotu 20 °, čímž je dosaženo příčného proudění od bočních stěn směrem do středu, které drží loď v ose skluzu. [2] Jako vhodný materiál retardérů bylo zvoleno dubové dřevo vzhledem k méně složité montáži a také z důvodu bezpečnosti, jelikož betonové prahy by ostrými hranami mohly poškodit proplouvající lodě nebo způsobit zranění při pádu do koryta skluzu.

Rozměry prahů byly navrženy v závislosti na kritické hloubce vody dle následující tabulky:

Tabulka 12: Doporučené rozměry prahů skluzu [2]

Kritická hloubka	Návrhový poměr	Doporučené meze
$h_k = \left(\frac{\alpha * Q^2}{g * b^2} \right)^{1/3}$	h_k/s	4 až 8
	x/s	4 až 8
	h_k/x	0,7 až 1,5

Parametry návrhu:

návrhový průtok	$Q_{\text{návrh}} =$	1.50 m ³ /s
Coriolisovo č.	$\alpha =$	1.05 -
tíhové zrychlení	$g =$	9.81 m/s ²
šířka propusti	$b =$	2.5 m

Kritická hloubka byla vypočtena dle výše uvedeného vzorce jako:

$$h_k = 0,34 \text{ m}$$

Tabulka 13: Návrhové parametry prahů

Návrhové parametry prahů		
výška prahu	s=	0.08 m
vzdálenost vrcholů	x=	0.6 m

Rozměry prahu se následně ověřily dle tabulky č. 12.

Tabulka 14: Ověření navržených rozměrů prahů

	Poměr z návrhu	Doporučené meze
hk/s	4.2	4 až 8
x/s	7.5	4 až 8
hk/x	0.7	0.7 až 1.5

10.3.2 1D matematický model

Výpočet proběhl opět v programu HEC – RAS v režimu ustáleného nerovnoměrného proudění. Po vložení geometrie objektu byly nastaveny následující okrajové podmínky:

Tabulka 15: Vstupní parametry modelu pro retardérovou propust

Kóta hladiny v nadjezí	403,92	m n. m.
Kóta hladiny v podjezí	402,57	m n. m.
Drsnostní součinitel n pro práh	0.016	[-]
Drsnostní součinitel n pro betonové dno	0.015	[-]
Drsnostní součinitel n pro betonové zdi	0.015	[-]

10.3.3. Výsledky modelu retardérové propusti

Při průtoku $Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ dosahuje hladina v průměru 0,44 m v profilu sportovní propusti, což je dostatečné k zajištění plavebních hloubek po celé délce objektu. Podrobný průběh hladiny je součástí výpočtové přílohy F.

10.3.4. Štěrbínový rybí přechod

Návrh štěrbinového RP se řídil platnou normou TNV 75 2321 zprůchodňování migračních bariér rybími přechody. Hydrotechnický výpočet

byl proveden dle vzorového příkladu obsaženého v metodice Rybí přechody: Standardy péče o přírodu a krajinu z roku 2011.

Vstup do rybího přechodu je situován u pravého břehu, trať přechodu plynule navazuje na dno v podjezí a dostatečného vábícího proudu by mělo být dosaženo průtokem z RP a vedlejší sportovní propusti. Výstup z RP se nachází v dostatečné vzdálenosti od jezové hrany, nehrozí tedy strhávání ryb zpět pod jez. Návrhové parametry RP shrnuje tabulka č. 16.

Tabulka 16: Návrhové parametry RP pro variantu C

Trať	
Celkový výškový spád	$dH_{rp} = 1.35 \text{ m}$
Návrhový průtok RP	$Q_{rp} = 0.25 \text{ m}^3/\text{s}$
Podélný sklon	$i = 3.9 \%$
Délka RP	$L_{rp} = 34.90 \text{ m}$
Šířka kanálu	$B_{rp} = 1.50 \text{ m}$

10.3.4.1. Hydrotechnický výpočet

Hydrotechnický výpočet byl proveden dle vzorového příkladu obsaženého v metodice Rybí přechody: Standardy péče o přírodu a krajinu z roku 2011 dle následujícího postupu:

Nejprve se vypočte maximální rozdíl hladin mezi jednotlivými přepážkami na základě v_{max} .

$v_{dovolená}$ je určena podle cílového druhu ryby (pro kaprovité ryby stanovena na 1 m/s) [5]

$$v_{dovolená} = \varphi * \sqrt{2 * g * \Delta h_{dovolený}}$$

Po úpravě vztahu

Rovnice 1: Maximální rozdíl hladin mezi přepážkami

$$\Delta h_{\text{dovolený}} = \frac{v_{\text{dovolená}}^2}{2 * g * \varphi^2} = \frac{1^2}{2 * 9,81 * 0,75} = 0,068 \text{ m}$$

v <small>dovolená</small>	dovolená rychlost proudění mezi přepážkami [m/s]
g	tíhové zrychlení [m/s²]
φ	výtokový součinitel [-] (hodnota se volí od 0,7-0,8)

Z celkového spádu RP se vypočítá nutný minimální počet přepážek:

Rovnice 2: Minimální počet přepážek

$$n_{\text{min}} = \frac{dH_{\text{rp}}}{\Delta h_{\text{dovolený}}} = \frac{1,35}{0,068} = 19,87 [-]$$

Návrh se zaokrouhlí na celé číslo, v tomto případě je nutné navrhnout minimálně 20 přepážek.

Vypočte se návrhový spád na přepážce:

Rovnice 3: Návrhový spád na přepážce

$$\Delta h = \frac{dH_{\text{rp}}}{n} = \frac{1,35}{20} = 0,07 \text{ [m]}$$

Zkontroluje se maximální výtoková rychlost ve štěrbině:

Rovnice 4: Maximální výtoková rychlost ve štěrbině

$$v_{\text{max}} = \varphi * \sqrt{2 * g * \Delta h} = 0,75 * \sqrt{2 * 9,81 * 0,07} = 0,86 \text{ [m/s]}$$

$$v_{\text{max}} < v_{\text{dovolená}}$$

0,86 < 1předpoklad je splněn

Dle doporučení se určila minimální hloubka vody v tůňce, pro kaprovité ryby
h_{min} = 0,6 m. [5]

Vypočte se světlá šířka štěrbiny **B_{štěrbin}**

Rovnice 5: Výpočet světlé šířky štěrbin

$$B_{\text{štěrbin}} = \frac{Q}{\varphi * h_{\text{min}} * \sqrt{2 * g * \Delta h}} = \frac{0,25}{0,75 * 0,6 * \sqrt{2 * 9,81 * 0,07}} = 0,48 \text{ [m]}$$

Průtok RP se vypočte dle níže uvedeného vztahu v případě, že dno na sebe výškově navazuje, tedy rovnicí zatopeného výtoku spodem při tlačné výšce dh.

Rovnice 6: Výpočet průtoku RP

$$Q = \varphi * h_{min} * B_{štěrbin} * \sqrt{2 * g * \Delta h} = 0,75 * 0,65 * 0,48 * \sqrt{2 * 9,81 * 0,07} \\ = 0,251 [m^3/s]$$

Ověří se kontrola vtoku do RP pomocí rovnice přepadu s ohlednutím na ztrátu na vtoku a snížení hladiny při nárůstu rychlostní výšky.

Rovnice 7: Výpočet přítokové rychlosti na vtoku do RP

$$v_0 = \frac{Q}{B_{RP} * h_{max}} = \frac{0,250}{1,5 * 1} = 0,167 [m/s]$$

Kde

v_0 přítoková rychlost do RP [m/s]

h_{max} maximální hloubka v tůňce [m]

Vypočte se redukovaná energetická výška zahrnující hydraulické ztráty na vtoku:

Rovnice 8: Výpočet redukované energetické výšky na vtoku do RP

$$h_e = 0,85 * \left(h_{max} + \frac{v_0^2}{2 * g} \right) = 0,85 * \left(0,7 + \frac{0,167^2}{2 * 9,81} \right) = 0,851 [m]$$

Stanoví se kapacitní průtok Q_{kap} , který musí být větší než návrhový průtok Q .

Rovnice 9: Stanovení kapacitního průtoku RP

$$Q_{kap} = 0,54 * B_{štěrbin} * \sqrt{2 * g} * h_e^{\frac{3}{2}} = 0,54 * 0,48 * \sqrt{2 * 9,81} * 0,851^{\frac{3}{2}} \\ = 0,907 [m^3/s]$$

$$Q_{kap} > Q$$

$$0,907 > 0,251$$

Návrh vyhovuje

V dalším kroku se provede kontrola režimu proudění ve šterbině. Je nutné zachovat režim říčního proudění, aby v RP nevznikal vodní skok. Froudovo číslo musí tedy vyjít menší než 1.

$$FR^2_{\text{šterbiny}} = \frac{v_{\text{max}}^2}{g * h_{\text{min}}} = \frac{0,86}{9,81 * 0,6} = 0,356 [-]$$

$$0,356 < 1$$

Předpoklad splněn

Délka tůňky je pro kaprovité ryby stanovena na minimální hodnotu 1,5 m. [5] Navržená délka tůňky je 1,55 m. Návrh délky tůně vyhovuje požadavku.

V posledních krocích se zkontroluje disipovaný výkon v jedné tůnce.

Rovnice 10: Disipovaný výkon v jedné tůnce

$$P = Q * \Delta h * \rho * g = 0,25 * 0,068 * 1000 * 9,81 = 166,67 [W]$$

Kde

P disipovaný výkon v jedné tůnce [W]

ρ měrná hmotnost vody [kg/m³]

Určí se objem tůňky:

Rovnice 11: Výpočet objemu tůňky

$$V_{\text{tůň}} = h_{\text{min}} * B_{\text{RP}} * L_{\text{tůně}} = 0,6 * 1,5 * 1,55 = 1,395 [m^3]$$

Vypočte se měrný disipovaný výkon:

Rovnice 12: Výpočet měrného disipovaného výkonu

$$P_{\text{měr}} = \frac{P}{V_{\text{tůň}}} = \frac{166,67}{1,395} = 119,48 [W/m^3]$$

Maximálně přípustný disipovaný výkon pro kaprové vody je 135 W/m³. [5]

$$P_{\text{měr}} < P_{\text{dovolený}}$$

$$119,48 < 135$$

Návrh vyhovuje

Výpočet shrnuje následující tabulka.

Tabulka 17: Shrnutí návrhových parametrů RP varianty C

Shrnutí výpočtu parametrů štěrbinového RP						
	veličina	označení	hodnota	jednotka	požadavek	posouzení
vstupní data	celkový spád	dH	1,35	m	dáno rozdílem hladin	
	návrhový průtok	Q_N	0,250	m ³ /s		
	maximální dovolená rychlost	$v_{\text{dovolená}}$	1,000	m/s	pro kaprovité vody	
	výtokový součinitel	ϕ	0,75	-		
	minimální počet přepážek		19,87	ks		
	navržený počet přepážek	n	20	ks		
	spád na štěrbině	dh	0.068	m		
	max. rychlost	v_{max}	0,86	m/s	< $v_{\text{dovolená}}$	vyhovuje
	min. hloubka vody v tůni	h_{min}	0,60	m	podle doporučení	
	max. hloubka vody v tůni	h_{max}	1,0	m		
	návrhová šířka štěrbin	$B_{\text{štěrbin}}$	0,48	m	v mezích doporučení	vyhovuje
	průtok	Q	0.251	m ³ /s		
	šířka RP	B_{RP}	1,50	m		
	rychlost vody na vtoku	v_o	0,167	m/s		
	redukováná energetická výška	h_e	0,851	m		
	kapacita vtoku	Q_{kap}	0,907	m ³ /s	> Q	vyhovuje
	Froudovo číslo	$Fr_{\text{štěrbin}}$	0,356	-	< 1	vyhovuje
	délka tůňky	$L_{\text{tůň}}$	1,55	m		
	disipovaný výkon na přepážce	P	166,67	W		
	objem tůně	$V_{\text{tůň}}$	1,395	m ³		
	max. specif. disipovaný výkon	$P_{\text{dovolený}}$	135	W/m ³	podle doporučení	
	spec. disipovaný výkon	$P_{\text{měr}}$	119,47	W/m ³	< $P_{\text{dovolený}}$	vyhovuje

10.3.5. Předpokládané rozdělení průtoků pro variantu C

Obdobně jako u varianty A je stanoveno rozdělení průtoků pro minimální letní kótu vodního paprsku přes jez 403,92 m n. m.

Tabulka 18: Předpokládané rozdělení průtoků přes objekty VD Dráčov - varianta C

		Průtok	Jednotka
Objekty VD	Zavodnění hrany pevného jezu	0.23	m ³ /s
	Sportovní propust	1.5	m ³ /s
	Rybí přechod	0.250	m ³ /s
	Celkem	1.73	m³/s

10.3.6. Základní bilance a kalkulace nákladů

Tabulka 19: Odhadované náklady pro variantu C

Položka	měrná jednotka	Množství	Jednotková cena	Náklady
Betonové konstrukce	m ³	538.74	7 500 Kč	4 040 550 Kč
Bourání zdiva pravý břeh	m ³	77.69	2 800 Kč	217 532 Kč
Dlažba z lomového kamene	m ²	135.57	3 400 Kč	460 938 Kč
Zemní práce	m ³	1998.38	800 Kč	1 598 704 Kč
Ocelová lávka	ks	1	100 000 Kč	100 000 Kč
				6 417 724 Kč

Odhadované náklady byly stanoveny na zhruba 6 500 000 korun.

10.4. Varianta D – sportovní propust na pravém břehu a RP u MVE

Poslední varianta návrhu spočívá v umístění retardérové propusti do pravého břehu a štěrbinový rybí přechod je navržen k levému dělicímu pilíři se vstupem do RP v blízkosti savek MVE. Umístění RP je navrženo s ohledem na hlavní proudnici v podjezí, kterou tvoří dominantní průtok vodní elektrárnou.

10.4.1. Popis konstrukce sportovní propusti

Návrhové parametry propusti jsou identické s variantou C. Předpokládají se tedy stejné průtokové charakteristiky z matematického modelu předešlého návrhu.

10.4.2. Štěrbínový rybí přechod

Postup výpočtu byl stanoven stejným způsobem jako u varianty C, ale návrhové parametry se liší, proto již nebude uveden postup výpočtu, ale jen shrnující tabulka s ověřením návrhových parametrů.

Tabulka 20: Návrhové parametry RP varianty D

Trať			
Celkový výškový spád	$dH_{rp} =$	1.35	m
Návrhový průtok RP	$Q_{rp} =$	0.25	m ³ /s
Podélný sklon	$i =$	4.1	%
Délka RP	$L_{rp} =$	33.00	m
Šířka kanálu	$B_{rp} =$	1.50	m

Tabulka 21: Shrnutí návrhových parametrů RP pro variantu D

Shrnutí výpočtu parametrů štěrbinového RP						
	veličina	označení	hodnota	jednotka	požadavek	posouzení
vstupní data	celkový spád	dH	1,35	m	dáno rozdílem hladin	
	návrhový průtok	Q_N	0,250	m ³ /s		
	maximální dovolená rychlost	$v_{dovolená}$	1,000	m/s	pro kaprovité vody	
	výtokový součinitel	ϕ	0,75	-		
	minimální počet přepážek		19,87	ks		
	navržený počet přepážek	n	20	ks		
	spád na štěrbině	dh	0.068	m		
	max. rychlost	v_{max}	0,86	m/s	< $v_{dovolená}$	vyhovuje
	min. hloubka vody v tůni	h_{min}	0,60	m	podle doporučení	
	max. hloubka vody v tůni	h_{max}	1,0	m		
	návrhová šířka štěrbin	$B_{štěrbin}$	0,48	m	v mezích doporučení	vyhovuje
	průtok	Q	0.251	m ³ /s		
	šířka RP	B_{RP}	1,50	m		
	rychlost vody na vtoku	v_o	0,167	m/s		
	redukovaná energetická výška	h_e	0,851	m		

kapacita vtoku	Q_{kap}	0,907	m^3/s	$> Q$	vyhovuje
Froudovo číslo	$Fr_{štěrbyny}$	0,356	-	< 1	vyhovuje
délka tůňky	$L_{tůň}$	1,50			
disipovaný výkon na přepážce	P	166,67	W		
objem tůně	$V_{tůň}$	1,35	m^3		
max. specif. disipovaný výkon	$P_{dovolený}$	135	W/m^3	podle doporučení	
spec. disipovaný výkon	$P_{měr}$	123,46	W/m^3	$< P_{dovolený}$	vyhovuje

10.4.3. Výpočet snížení návrhového průtoku pevného jezu

Návrh konstrukce RP počítá se zkrácením stávající přelivné hrany pevného jezu o 2,2 m. Dle následujícího výpočtu byl průtok jezu po umístění tělesa rybího přechodu.

Rovnice 13: Výpočet průtoku přes pevný jez

$$Q = m * b * \sqrt{2 * g} * h^{\frac{3}{2}} = 0,375 * 53,8 * \sqrt{2 * 9,81} * 2,32^{\frac{3}{2}} = 315,79 [m^3/s]$$

Kde

Q	průtok přes pevný jez [m^3/s]
m	přepadový součinitel pro bezpodtlakovou přelivnou plochu [-]
b	šířka jezového pole [m]
g	tíhové zrychlení [m/s^2]
h	přepadová výška [m]

Z původní hodnoty $Q = 329 m^3/s$, by jez po umístění RP převedl průtok 315,79 m^3/s . Došlo by ke snížení návrhového průtoku o 4,02 %. Vzhledem k navrženým protipovodňovým opatřením v obci Dráchov by při výběru této varianty bylo nutné posoudit, zda nedojde ke zhoršení odtokových podmínek při Q_{50} , na který je protipovodňové opatření navrženo.

10.4.4. Předpokládané rozdělení průtoků pro variantu D

Obdobně jako u předchozích variant je stanoveno rozdělení průtoků pro minimální letní kótu vodního paprsku přes jez 403,92 m n. m.

Tabulka 22: Předpokládané rozdělení průtoků pro variantu D

		Průtok	Jednotka
Objekty VD	Zavodnění hrany pevného jezu	0.23	m ³ /s
	Sportovní propust	1.5	m ³ /s
	Rybí přechod	0.250	m ³ /s
	Celkem	1.73	m³/s

10.4.5. Základní bilance a kalkulace nákladů

Tabulka 23: Odhadované náklady pro variantu D

Položka	měrná jednotka	Množství	Jednotková cena	Náklady
Betonové konstrukce	m ³	480.58	7 500 Kč	3 604 350 Kč
Bourání zdiva-břehy a jez	m ³	286.36	2 800 Kč	801 808 Kč
Dlažba z lomového kamene	m ²	124.88	3 400 Kč	424 592 Kč
Zemní práce	m ³	1486.11	800 Kč	1 188 888 Kč
Ocelová lávka	ks	1	85 000 Kč	85 000 Kč
				6 104 638 Kč

Odhadované náklady byly stanoveny na zhruba 6 105 000 korun.

11. Zhodnocení navržených variant

11.1. Porovnání variant sportovních propustí

První kritérium volby optimální varianty tvoří porovnání zajištění dostatečných plavebních hloubek v korytech sportovních propustí.

Tabulka 24: Porovnání variant sportovních propustí

Kóta horní hladiny	Navržená varianta					
	Kartáčová technologie, stejně vysoké bloky kartáčů		Kartáčová technologie, středový kartáč snížený o 10 cm		Retardérová propust	
403,92 (minimální)	Q = 0,55 m ³ /s	×	Q = 0,65 m ³ /s	✓	Q = 1,50 m ³ /s	✓
404,00	Q = 0,80 m ³ /s	×	Q = 0,95 m ³ /s	✓	Q = 1,85 m ³ /s	✓
404,05	Q = 1,00 m ³ /s	✓	Q = 1,15 m ³ /s	✓	Q = 2,10 m ³ /s	✓

Z přiložené tabulky vyplývá, že při návrhu kartáčové technologie se stejně vysokými bloky je zajištěna funkčnost sportovní propusti dle požadavku AVTS až při kótě horní hladiny 404,05 m n. m. Z tohoto důvodu je navrženo snížení středových kartáčů o 10 cm pro variantu A i B. Retardérová propust vyhovuje požadavku již od minimální kóty hladiny, avšak s vyšším nárokem na průtok než kartáčová technologie.

V kapitole č. 9 byl uveden seznam doporučení pro návrh nových sportovních propustí. Tabulka č. 24 dokládá, že všechny varianty vyhovují požadavkům pro návrh bezpečné sportovní propusti.

Tabulka 25: Porovnání požadavků AVTS s navrženými variantami

Požadavky AVTS	Návrh na jezu Dráčov	
schody pro výstup nad jezem musí začínat minimálně 6 m nad propustí	Varianta A	stávající kce schodů vyhovuje požadavku
	Varianta B	schody začínají téměř 9 metrů nad propustí
	Varianta C	schody začínají 12 metrů nad propustí
	Varianta D	schody začínají téměř 9 metrů nad propustí
nad jezem v blízkosti propustě a výstupních schodů nesmí být upraven břeh tak, aby zde způsoboval odrazný proud	Varianta A	všechny varianty splňují požadavek
	Varianta B	
	Varianta C	
	Varianta D	
schody musí být vytvořeny i pod hladinou a musí k nim být volný přístup	Varianta A	všechny varianty splňují požadavek
	Varianta B	
	Varianta C	
	Varianta D	
schody vytvořit jedny široké 6 m, a pokud to není možné, pak dvě schodiště široké 2,5 m s osovou vzdáleností 4 m	Varianta A	stávající kce schodů vyhovuje požadavku
	Varianta B	je navrženo schodiště s šířkou 2,5 m a osovou vzdáleností 4 m
	Varianta C	
	Varianta D	
propust musí začínat v bezpečné vzdálenosti od koruny jezu, aby nemohlo dojít ke stržení lodě proudem do jezu	Varianta A	všechny varianty splňují požadavek
	Varianta B	
	Varianta C	
	Varianta D	
propust musí být umístěna u břehu a na opačné straně, než je MVE	Varianta A	všechny varianty splňují požadavek
	Varianta B	
	Varianta C	
	Varianta D	
šíře propustě 2,5 m nebo více	Varianta A	všechny varianty jsou navrženy na šířku propusti 2,5 m
	Varianta B	
	Varianta C	
	Varianta D	
zakončení dolní propustě musí být minimálně 1,5 m od břehu, aby se zde vytvořil klidový, vratný proud (proud z propustě nesmí téci těsně podél břehu)	Varianta A	všechny varianty jsou navrženy minimálně 3 metry od břehu
	Varianta B	
	Varianta C	
	Varianta D	
zakončení propusti musí být minimálně 2 m za vodním skokem	Varianta A	vzdálenost zakončení propusti je 18 metrů za prahem vývaru jezu
	Varianta B	vzdálenost zakončení propusti je 10,3 metrů za prahem vývaru jezu
	Varianta C	vzdálenost zakončení propusti je více než 18 metrů za prahem vývaru jezu, navíc je propust oddělena od jezu ještě rybím přechodem
	Varianta D	vzdálenost zakončení propusti je 10 metrů za prahem vývaru jezu
na vzdálenosti minimálně 9 m pod propustí ve směru proudu nesmí být břeh. Loď musí projet plynule tak, aby zde nenarážela do břehového opevnění.	Varianta A	všechny varianty splňují požadavek
	Varianta B	
	Varianta C	
	Varianta D	
v případě kartáčové propusti musí voda kvůli správné funkci propusti být o 10 cm výše, než-li horní hrana kartáčů	Varianta A	varianta splňuje požadavky (viz příloha s výpočty)
	Varianta B	varianta splňuje požadavky (viz příloha s výpočty)
	Varianta C	není navržena kartáčová technologie
	Varianta D	není navržena kartáčová technologie
pilíř propusti musí být vysoký tak, aby nedošlo k přetékání vody od jezu za stavu 1.SPA	Varianta A	ve všech variantách je navržena výška pilířů odpovídající splnění tohoto požadavku
	Varianta B	
	Varianta C	
	Varianta D	

11.2. Celkové zhodnocení

Varianta A nahrazuje stávající štěrkovou propust s rozšířením do pravého břehu. Mezi výhody této varianty lze zařadit, že se o jedná jeden stavební objekt s funkcí sportovní propusti při příznivých parametrech umožňující migraci ryb. S návrhovým průtokem $Q = 0,65 \text{ m}^3/\text{s}$ je zajištěn dostatečný zbývající průtok pro minimální zavodnění přelivné hrany jezu a pro výrobu elektrické energie v přilehlé MVE. Z propočtu odhadovaných nákladů se jedná o nejlevnější variantu, jelikož se výrazně ušetří při zemních pracích. Podstatnou nevýhodou však je, že nebude možné nijak manipulovat se splaveninami usazenými v korytě nad jezem.

Varianta B zachovává stávající štěrkovou propust, umístění konstrukce využívá volného pravého břehu. Z hlediska náročnosti na průtok představuje stejně příznivé vlastnosti jako varianta A. Veškeré podmínky pro bezpečnou propust a umožnění migrace jsou rovněž splněny. Technologie výstavby včetně budoucího provozu a údržby je v případě varianty B méně náročná než C a D, jelikož se jedná o jeden funkční objekt. Pokud přihlídneme i k odhadované výši nákladů pro výstavbu, tak je tato varianta příznivější než samostatné objekty sportovní propusti a RP. V porovnání s retardérovou propustí lze najít nevýhodu v budoucí investici do obnovy funkce kartáčů odhadem každých 5 let. Pro své převažující přednosti shrnuté výše je varianta B preferovaným návrhem k realizaci přestavby jezu Dráchov.

Varianta C se skládá z oddělených funkčních objektů sportovní propusti a rybího přechodu. Umístěním nijak nezasahuje do stávající konstrukce jezu a stejně jako varianta B využívá volný pravý břeh. Hlavní přednost retardérové propusti lze najít ve spolehlivosti zajištění plavebních hloubek a také je pro vodáky atraktivnější z hlediska zážitku splouvání. Pro svou funkci ovšem potřebuje více než dvojnásobné množství průtoku.

Umístění štěrbinového RP k pravému břehu nemusí být z hlediska vábícího proudu ideální, ačkoliv spolu se sportovní propustí mohou vytvářet výraznou proudnici v podjezí, vstup do RP by pro ryby mohl být zaměňován s výtokem ze sportovní propusti.

Poslední varianta D představuje z hlediska umístění rybího přechodu ideální variantu. V blízkosti vodní elektrárny se vždy nachází nejsilnější proud v podjezí a lokalizace vstupu do RP je pro ryby snazší. Prostorové podmínky však neumožňují umístit trať rybího přechodu mimo stávající konstrukci pevného jezu. Při výstavbě by tak musela být část jezu vybourána, čímž by došlo ke snížení průtoku, na který byl jez navrhován. Varianta by tak musela být více zkoumána ve vztahu k převádění povodňových průtoků, zda nedošlo ke zhoršení odtokových poměrů a ke vzniku potenciálních povodňových škod.

12. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout variantní řešení sportovní propusti na jezu v obci Dráchov z důvodu zvýšení bezpečnosti turistické plavby na řece Lužnici. Jez Dráchov se řadí mezi jezy s vysokým počtem zásahů záchranných složek na pomoc tonoucím, z čehož vyplývá hlavní motivace této práce. Výstavbou sportovní propusti by mohl významně klesnout počet nehod vodáků na tomto jezu, což ve výsledku může zachránit lidské životy. Zásadně se také zlepší plynulost turistické plavby.

Úvod práce se nejprve věnuje teorii z hlediska dělení jezů, sportovních propustí a rybích přechodů. Dále se kapitoly zabývají vodáckým turismem, včetně krátké historie, typů nejpoužívanějších plavidel a benefitů, které tento druh turismu přináší do regionu. Kromě jezu Dráchov jsou zde popsány i další nebezpečné jezy na řece Lužnici.

Praktické části bakalářské práce předcházely průzkum lokality pro získání lepší představy o prostorových podmínkách a pro pořízení fotodokumentace. V rámci práce byly navrženy celkem 4 varianty přestavby jezu pro zvýšení bezpečnosti rekreační plavby a zlepšení migrační prostupnosti. Návrhy propustí byly ověřovány matematickým modelem v programu HEC – RAS 6.1 a výstupy byly porovnány s požadavky AVTS pro návrh bezpečných sportovních propustí. Štěrbínové rybí přechody byly ověřeny dle kritérií stanovených normou TNV 75 2321. Součástí práce tvoří základní výkresová dokumentace pro všechny navržené varianty přestavby jezu.

Výsledkem práce je doporučení k přestavbě variantou B. Při vybavení sportovní propusti kartáčovou technologií byla prověřena možnost jejího využití pro migraci ryb. Navržené parametry splňují požadovaná kritéria, avšak z hlediska TNV 75 2321 se jedná pouze o podpůrné opatření migrační prostupnosti. Při realizaci preferované varianty B by bylo vhodné provést nejdříve ichtyologický průzkum lokality a po výstavbě kartáčové propusti ověřit splnění doporučených rychlostí proudění ve štěrbinách kartáčů. Pro další zpřesnění navrženého řešení by bylo zapotřebí ověřit geologické a topologické podklady, které by se případně doplnily o podrobné zaměření řešené lokality.

Jako velmi vhodné se nabízí ověření projektových hydraulických předpokladů preferované varianty B na fyzikálním modelu. K diskusi je také úprava samotného jezového tělesa a podjezí pro zvýšení bezpečnosti jezu jako celku.

13. Seznam použitých zdrojů

- [1] *Vodácká navigace*. [Online] [Citace: 25. říjen 2021.] Dostupné z: <https://www.vodackanavigace.cz>.
- [2] GABRIEL, P., GRANDTNER, T., PRŮCHA, M., VÝBORA, P. *Jezy*. Praha : STNL, 1989.
- [3] Pavel Horký, Ondřej Slavík, Zdeněk Vančura, David Bůžek. Metodika použití kartáčové technologie pro zajištění a zlepšení migrační prostupnosti vodních toků. *Ministerstvo životního prostředí*. [Online] 2013. [Citace: 28.. říjen 2021.] ISBN: 978-80-7212-590-6.
- [4] *raft.cz*. [Online] [Citace: 26. říjen 2021.] Dostupné z: https://www.raft.cz/cechy/luznice.aspx?ID_reky=9.
- [5] VRÁNA, Karel a kol. *Rybí přechody: Standardy péče o přírodu a krajinu, Praha*. [Online] 2011.
- [6] Rybochody. *ČVUT*. [Online] [Citace: 28. říjen 2021.] Dostupné z: http://storm.fsv.cvut.cz/on_line/tok1/Rybochody.pdf.
- [7] *Fórum ochrany přírody* . [Online] [Citace: 28. říjen 2021.] Dostupné z: <http://www.forumochranyprirody.cz/vyuzitelnost-rybich-prechodu-u-malych-vodnich-elektren>.
- [8] *samba.cz*. [Online] [Citace: 25. říjen 2021.] Dostupné z: <https://www.pujcovna-lodi.cz/informace-o-luznici#top>.
- [9] VT, Výbor ČSK. *Seminář jezy a vodní turistika*. 2015.
- [10] *dronte.cz*. [Online] [Citace: 26. říjen 2021.] Dostupné z: <https://ohre.dronte.cz/cs/co-pujcujeme>.
- [11] *Vodácký ráj*. [Online] [Citace: 25. říjen 2021.] Dostupné z: <https://www.vodackyraj.cz/katalog/nafukovaci-lode-gumotex/raft-colorado-360>.
- [12] *robfin.cz*. [Online] [Citace: 27. říjen 2021.] Dostupné z: <https://robfin.cz/product/raft-robfin-hobit-450/>.

- [13] *boatpark.cz*. [Online] [Citace: 27. říjen 2021.] Dostupné z: <https://www.boatpark.cz/nakupni-radce-pro-vodni-sporty-jak-vybrat-kajak.html>.
- [14] *Nebezpečné jezy*. [Online] [Citace: 26. říjen 2021.] Dostupné z: https://www.nebezpecnejezy.cz/povodi.aspx?ID=7&ID_reky=7x9.
- [15] *mapy.cz*. [Online] [Citace: 25. říjen 2021.] Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=14.6894281&y=49.2257410&z=13&q=Dr%C3%A1chov&source=muni&id=1054>.
- [16] *Hydroekologický informační systém VÚV TGM*. [Online] [Citace: 20. říjen 2021.] Dostupné z: https://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=mp_heis_voda&TMPL=HVMAP_MAIN&IFRAME=0&lon=14.6486753&lat=49.7729521&scale=483840.
- [17] ŠEDIVÝ, Vilém. *Manipulační řád MVE Dráchov*. Veselí nad Lužnicí: Šedivý Vilém, říjen 2014.
- [18] *Meteoblue.com*. [Online] [Citace: 25. říjen 2021.] Dostupné z: https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/historyclimate/climatemodelled/dr%c3%a1chov_%c4%8cesko_3076510.
- [19] Český hydrometeorologický ústav . *chmi.cz*. [Online] [Citace: 25. říjen 2021.]
- [20] *Nahlížení do katastru nemovitostí*. [Online] [Citace: 26. říjen 2021.] <https://nahliznidokn.cuzk.cz/>.
- [21] Geologická mapa ČR. [Online] [Citace: 24. říjen 2021.] Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr50/>.
- [22] Katedra hydrauliky K141, České vysoké učení technické v Praze, fakulta stavební. [Online] [Citace: 5. listopad 2021.] Dostupné z: [/http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Hydraulika/Hydraulika/Predmety/Hya/ke_stazeni/cviceni/tabulky_1.pdf](http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Hydraulika/Hydraulika/Predmety/Hya/ke_stazeni/cviceni/tabulky_1.pdf).
- [23] BROŽA, V., SATRAPA, L.,. *Skriptum Hydrotechnické stavby 10*. Praha : ČVUT v Praze, 2000. ISBN 80-01-01581-5.

[24] *Department of Primary Industries*. [Online] [Citace: 28. říjen 2021.] Dostupné z: <http://www.dpi.nsw.gov.au/fishing/habitat/rehabilitating/fishways>.

[25] MEDŘICKÝ, Vladimír a Petr VALENTA. *Hydrotechnické stavby 1: Navrhování jezů*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2001. ISBN 978-80-01-04309-7.

14. Seznam použitých zkratk

VD	vodní dílo
SP	sportovní propust
RP	rybí přechod
ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
KN	katastr nemovitostí
TBD	technickobezpečnostní dohled
ř.km	říční kilometr
AOPK	Agentura ochrany přírody a krajiny
TNV	technická norma vodního hospodářství
MŽP	ministerstvo životního prostředí

15. Seznam obrázků

Obrázek 1: Půdorysné uspořádání jezů [23].....	4
Obrázek 2: Tvar koruny pevného jezu [2].....	5
Obrázek 3: Stavební části pevného jezu [2]	6
Obrázek 4: Stavební části pohyblivého jezu [2].....	7
Obrázek 5: Schéma pohyblivých uzávěrů [2]	7
Obrázek 6: Jez Rosenauer v Horažďovicích – řeka Otava [1].....	9
Obrázek 7: Adaptace vorové propusti na jezu Herbertov [1].....	10
Obrázek 8: Sportovní propust na jezu v Černých Budech na Sázavě [2].....	11
Obrázek 9: Propust jezu Zlatá Koruna [1].....	11
Obrázek 10: SP hrazená vakovým uzávěrem v Plané nad Vltavou [1].....	12
Obrázek 11: Propust s kartáči v Českém Krumlově [4].....	14
Obrázek 12: Bypass [24].....	18
Obrázek 13: Tůňový RP [6]	18
Obrázek 14: Štěrbínový RP [7].....	19
Obrázek 15: Kánoe typu Vydra [10].....	23
Obrázek 16: Nafukovací kánoe Pálava [10]	23
Obrázek 17: Raft Colorado 350 [11]	24
Obrázek 18: Devítimístný raft Robfin [12]	25
Obrázek 19: Dvanáctimístný raft Robfin [12]	25
Obrázek 20: Kajak Noah SQ [10]	26
Obrázek 21: Rozvodí Staré (pokračující vlevo) a Nové řeky [15]	27
Obrázek 22: Jez u obce Suchdol nad Lužnicí [1].....	28
Obrázek 23: Jez Pilař [1].....	29
Obrázek 24: Jez Tájek [1].....	30
Obrázek 25: Jez Frahelž za zvýšeného průtoku [1]	30
Obrázek 26: Klapkový jez ve Veselí nad Lužnicí (zdroj: vlastní archiv)	31
Obrázek 27: Jez Čejnov (zdroj: vlastní archiv).....	32
Obrázek 28: Jez Červený mlýn [1].....	32
Obrázek 29: Obec Dráčov (červeně vyznačeno) [15]	34
Obrázek 30: Detail z vodohospodářská mapy, klad 23-3 [16]	35
Obrázek 31:Klimatické poměry, Dráčov vyznačen červeně [16].....	35

Obrázek 32: Mapa hydrologického pořadí [16].....	37
Obrázek 33: Mapa katastru nemovitostí [20].....	39
Obrázek 34: Pole s proudnicovou přelivnou plochou (zdroj: vlastní archiv).....	40
Obrázek 35: Štěrková propust za nízkého a mírně zvýšeného průtoku (zdroj: vlastní archiv a [1]).....	41
Obrázek 36: MVE Dráčov (zdroj: vlastní archiv).....	42
Obrázek 37: Záchranná lana na jezu Černý mlýn na Ohři (zdroj: vlastní archiv).43	
Obrázek 38: Geologická mapa řešené oblasti (červeně zakroužkována lokalita VD Dráčov) [21]	47

16. Seznam tabulek

Tabulka 1: Průměrné údaje o srážkách [18].....	36
Tabulka 2: Průměrné hodnoty teplot vzduchu [18].....	36
Tabulka 3: Přehled zásahů IZS na jezu Dráchov [4].....	44
Tabulka 4: m-denní průtoky (zdroj: ČHMÚ) [17].....	45
Tabulka 5: N-leté průtoky (zdroj: ČHMÚ) [17].....	45
Tabulka 6: Shrnutí navržených variant.....	49
Tabulka 7: Vstupní parametry modelu I.....	52
Tabulka 8: Vstupní parametry modelu II.	52
Tabulka 9: Předpokládané rozdělení průtoků objekty VD Dráchov	53
Tabulka 10: Odhadované náklady pro variantu A.....	54
Tabulka 11: Odhadované náklady pro variantu B.....	55
Tabulka 12: Doporučené rozměry prahů skluzu [2]	56
Tabulka 13: Návrhové parametry prahů	57
Tabulka 14: Ověření navržených rozměrů prahů	57
Tabulka 15: Vstupní parametry modelu pro retardérovou propust.....	57
Tabulka 16: Návrhové parametry RP pro variantu C.....	58
Tabulka 17: Shrnutí návrhových parametrů RP varianty C.....	62
Tabulka 18: Předpokládané rozdělení průtoků přes objekty VD Dráchov - varianta C.....	63
Tabulka 19: Odhadované náklady pro variantu C.....	63
Tabulka 20: Návrhové parametry RP varianty D.....	64
Tabulka 21: Shrnutí návrhových parametrů RP pro variantu D	64
Tabulka 22: Předpokládané rozdělení průtoků pro variantu D	66
Tabulka 23: Odhadované náklady pro variantu D.....	66
Tabulka 24: Porovnání variant sportovních propustí	67
Tabulka 25: Porovnání požadavků AVTS s navrženými variantami	68

17. Seznam grafů

Graf 1: m-denní průtoky	46
Graf 2: N-leté průtoky	46

18. Seznam rovnic

Rovnice 1: Maximální rozdíl hladin mezi přepážkami.....	59
Rovnice 2: Minimální počet přepážek	59
Rovnice 3: Návrhový spád na přepážce	59
Rovnice 4: Maximální výtoková rychlost ve štěrbině	59
Rovnice 5: Výpočet světlé šířky štěrbiny	59
Rovnice 6: Výpočet průtoku RP	60
Rovnice 7: Výpočet přítokové rychlosti na vtoku do RP	60
Rovnice 8: Výpočet redukované energetické výšky na vtoku do RP.....	60
Rovnice 9: Stanovení kapacitního průtoku RP.....	60
Rovnice 10: Disipovaný výkon v jedné tůňce.....	61
Rovnice 11: Výpočet objemu tůňky	61
Rovnice 12: Výpočet měrného disipovaného výkonu	61
Rovnice 13: Výpočet průtoku přes pevný jez.....	65

19. Seznam výkresových příloh

Varianta A – nahrazení stávající šterkové propusti

- A. 1 Celková situace
- A. 2 Půdorys a řez sportovní propustí s kartáčovou technologií

Varianta B – kartáčová propust na pravém břehu

- B. 1 Celková situace
- B. 2 Půdorys a řez sportovní propustí na pravém břehu

Varianta C – retardérová propust a šterbinový rybí přechod na pravém břehu

- C. 1 Celková situace
- C. 2 Půdorys a řez retardérovou propustí a rybím přechodem

Varianta D – retardérová propust na pravém břehu a rybí přechod u MVE

- D. 1 Celková situace
- D. 2 Půdorys a řez sportovní propustí
- D. 3 Půdorys a řez šterbinovým rybím přechodem

- E. 1 Situace širších vztahů
- F Hydrotechnické výpočty sportovních propustí – výstup z programu HEC- RAS 6.1
- G Fotodokumentace