

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA ZOOLOGIE A RYBÁŘSTVÍ**

**Obnovení migrace ryb na dolním toku řeky Vltavy:
evidence migračních překážek a návrhy rybích
přechodů**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: doc. Mgr. Ondřej Slavík, Ph.D.

Konzultant: Ing. František Křovák, CSc.

Diplomant: Bc. Pavel Vilím

2017

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Pavel Vilím

Voda v krajině

Název práce

Obnovení migrace ryb na dolním toku řeky Vltavy: evidence migračních překážek a návrhy rybích přechodů

Název anglicky

Rehabilitation of fish migration in the lower reaches of the Vltava River: evidence of migration barriers and the fish ladders proposals

Cíle práce

Cílem práce je ověření migračních možností ryb mezi hlavní řekou povodí Labem a hlavním přítokem řekou Vltavou. Součástí řešení je evidence migračních překážek (jezů a zdymadel) a rybích přechodů, které rybám umožňují migrovat proti proudu. V případech, kde rybí přechody chybí bude ramcově navrženo řešení obnovení průchodnosti.

Metodika

Rešerše dostupné literatury popisující hlavní typy rybích přechodů a možnosti řešení jejich trati. Součástí rešerše bude i přehled metod pro monitoring migrací ryb a způsobů jejich vyhodnocení.

Ve spolupráci s Povodím Vltavy s.p. bude provedena evidence příčných překážek na řece Vltavě a stávajících nebo plánovaných rybích přechodů. Budou sumarizovány postupy řešení existujících studií a vyhodnoceny manipulační řady včetně hydrologických nároků na provoz rybích přechodů. Případné rozdíly mezi průtokovými nároky na optimální provoz rybích přechodů a ve studiích navrhovanými manipulačními řady budou diskutovány a navrženy nové manipulační řady.

Doporučený rozsah práce

40-60 stran

Klíčová slova

migrační překážky, rybí přechody, ryby, obnova migrací

Doporučené zdroje informací

- Bunt, C. M.; Castro-Santos, T.; Haro, A. 2012. Performance of fish passage structures at upstream barriers to migration. 2012. River Research and Applications 28, 457-478
- Horký P., Slavík O., Vančura Z. a D. Bůžek. 2013. Metodika využití kartáčové technologie pro zajištění a zlepšení migrační propustnosti vodních toků. MŽP, Praha.ryb
- Lucas M. and E. Baras. Migration of Freshwater Fishes. Blackwell Science, London, 420 pp.
- Odeh M. 1999. Innovations in Fish Passage Technology. Bethesda, Maryland. American Fisheries Society, 212.pp
- Slavík, O., Vančura, Z. a kol., 2012. Migrace ryb, rybí přechody a způsob jejich testování. MŽP a SFPŽP, Praha, 139 s.
- TNV 75 231 (2011). Zprůchoňování migračních bariér rybími přechody. Hydroprojekt, a.s.
- Závorka L., Horký P., Cakl, A. and O. Slavík. 2014. Methods of the application of RFID systems for an automatic monitoring of water management constructions on freshwater ecosystems. Technical Report, MŽP, Praha.
-

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – FŽP

Vedoucí práce

doc. Mgr. Ondřej Slavík, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra zoologie a rybářství

Konzultant

Ing. František Křovák CSc.

Elektronicky schváleno dne 6. 10. 2016

prof. Ing. Iva Langrová, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 6. 10. 2016

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 06. 04. 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval sám, pod vedením doc. Mgr. Ondřeje Slavíka, Ph.D. Odborné konzultace se uskutečnily pod vedením Ing. Františka Křováka, CSc. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Praze dne 17. dubna 2017

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce doc. Mgr. Ondřeji Slavíkovi, Ph.D. za odborné rady a poznatky. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Františkovi Křovákovi, CSc. za pomoc při zpracování praktické části diplomové práce a Ing. Davidu Bůžkovi z firmy ENVISYSTEM s.r.o. za poskytnuté materiály. Rovněž děkuji své rodině za podporu ve studiu.

V Praze dne 17. dubna 2017

Abstrakt

Vodohospodářská technická zařízení jako jsou jezy s plavebními komorami a vodními elektrárnami omezují migrace ryb proti proudu toků. V důsledku omezení migrace se ryby nemohou dostat k sezónně využívaným reprodukčním a potravním plochám nebo k zimním úkrytům. Migrační omezení ryb má proto přímou souvislost s poklesem početnosti a druhové diversity v říční síti. Cílem předkládané diplomové práce je rámcový návrh možných tras rybích přechodů na dolním toku řeky Vltavy a navržením vhodných průtokových poměrů v jejich trati.

Návrh průtokových poměrů na vltavských rybích přechodech je založen na analýze zájmového území, výběru nejlepší technicko-ekonomické varianty a výpočtu dle vzorců z Technické normy TNV 75 2321 a SPPK B02 006: 2014 Rybí přechody a podkladů vypracovaných společností Envisystem s.r.o. Výsledkem práce je celková sumarizace vodních překážek na dolním toku Vltavy, které brání migraci ryb. U všech překážek byla zvolena nejjednodušší varianta pro hlavní rybí přechod. Pro tento rybí přechod byly z hydraulických poměrů na překážce vypočítány a navrženy jeho geometrické rozměry. V práci je popsán možný návrh stavebnicového rybího přechodu, který by bylo možné odzkoušet v praxi a pokud by se osvědčil a splňoval požadované podmínky pro migraci ryb, mohl by být v budoucnosti standardně používán.

Klíčová slova

migrační překážky, rybí přechody, průtok

Abstract

Water technical equipment such as weirs with lock chambers and hydroelectric power stations restrict fish migration upstream. As a result of the limited migration the fish cannot reach the seasonally exploited reproductive and food water bodies or winter shelters. Fish migratory barriers thus directly correlate with a decrease of the abundance and diversity of species in the river system. The aim of this thesis is to outline a proposal for possible routes of fish ladders (passes) on the lower reaches of the Vltava river as well as to draft an appropriate flow conditions in their tracks.

Draft of the flow conditions for fish ladders on the Vltava river is based on an analysis of the area, choosing the best technical - economic options and calculation formulas according to the Technical Standards TNV 75 2321 and SPPK 006 B02: 2014 Fish ladders and documentation prepared by Envisystem Ltd. The result of this dissertation is the total summarization of water barriers in the lower reaches of the Vltava river. For all water barriers was chosen the suitable solution of the fish-passing facility which constructional as few as possible to interfere in existing waterworks. Simultaneously is mentioned the possibility of the utilization of prefabricated units for building river channel and individual barriers RP which would be utilize after a practical test.

Keywords

Migration barriers, fish ladders / fish pass, flow

Obsah

1	ÚVOD.....	11
2	CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE	13
3	LITERÁRNÍ REŠERŠE	14
3.1	Vysvětlení základních používaných pojmů.....	14
3.2	Informace o rybích přechodech.....	15
3.2.1	Rybí přechod	16
3.2.2	Cílové druhy ryb	17
3.3	Typy rybích přechodů.....	18
3.3.1	Rybí přechody přírodě blízké	18
3.3.2	Rybí přechody technické.....	19
3.4	Stručná historie	21
3.5	Způsob monitoringu.....	21
3.6	Ryby a migrace.....	22
4	METODIKA.....	23
5	CHARAKTERISTIKA STUDIJNÍHO ÚZEMÍ	24
5.1	Evidence překážek.....	24
5.2	VD Vraňany	25
5.3	VD Miřejovice.....	28
5.4	VD Dolany.....	31
5.5	VD Klecany	34
5.6	VD Troja – Podbaba.....	37
5.7	VD Štvanice – Helmovský jez	40
5.8	Staroměstský jez	43
5.9	Šítkovský jez	45
5.10	VD Modřany	47
6	VÝSLEDKY PRO JEDNOTLIVÁ VODNÍ DÍLA	50
7	DISKUZE.....	56
7.1	Výpočet pro štěrbinové rybí přechody	56
7.2	Výpočet pro balvanité rybí přechody.....	58
7.3	Doplňková zařízení rybích přechodů.....	58
7.4	Funkčnost rybího přechodu	59
8	ZÁVĚR.....	61
9	PŘEHLED LITARATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ	63

10	SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ	66
11	SEZNAM PŘÍLOH.....	68

Seznam použitých zkratk a symbolů

AOPK	Agentura ochrany přírody a krajiny
CHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
MVE	Malá vodní elektrárna
MZe	Ministerstvo zemědělství
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
RFID	Radio-frekvenční identifikace
RP	Rybí přechod
VD	Vodní dílo

1 ÚVOD

Jedním z důležitých článků při ochraně životního prostředí je účelný a šetrný vztah k využití vodních toků. Říční síť je historicky využívána jako zdroj vody, elektrické energie a jako dopravní síť. Současné pojetí udržitelného využívání vodních zdrojů zahrnuje i ochranu ryb a dalších vodních živočichů. Jedním z aspektů této ochrany je obnova migrací, které byly v minulosti většinou přerušeny, což vedlo k vymizení diadromních a snížení početnosti potamodromních druhů (Slavíková a kol., 2014).

Počátkem 20. století se projevila zásadní skutečnost, že zároveň s výstavbou vodních staveb a děl byly přerušeny migrační trasy vodních živočichů. Projevila se potřeba brát tuto situaci při plánování těchto staveb do úvahy a jí dále řešit.

Překážky přes vodní toky mají negativní dopad na rybí populace a spolu s dalšími faktory, mohou přispět ke snížení jejich početnosti nebo dokonce vymizení jednotlivých druhů. Příkladem může být zánik početných populací lososa obecného *Salmo salar* (Linnaeus, 1758) v řece Rýn (Larinier a Marmulla, 2003) nebo v řece Labe (Hanel a Lusk, 2005; Slavík a kol., 2012). Možnost volného šíření ryb je přitom základní podmínkou jejich přirozeného chování, strategií pro realizaci životního cyklu a udržení se v čase a prostoru (Slavíková a kol., 2014).

Z výše uvedeného důvodu, tj. aby došlo k navrácení toků do optimálního stavu, vznikla akutní potřeba vybudovat na vodních tocích rybí přechody (RP) v místech, kde jsou překážky, které brání přirozenému pohybu ryb. Takovými překážkami jsou vodní stavby jako přehrady, jezy a zdymadla, které způsobují výškové rozdíly ve vodní hladině v takovém rozsahu, že je vodní živočichové nejsou schopni překonat vlastní silou. Pro ryby je migrace jednou ze základních životních funkcí. Ryby vyhledávají vhodná místa pro uložení jiker a vývoj plůdků, důležitá je rovněž potravní migrace či migrace způsobená sezónními klimatickými vlivy, známá je rovněž migrace živočichů jako reakce na náhle změněné životní podmínky.

I když rybí přechody jsou známy již z 18. století a v průběhu 20. století jich u nás na různých migračních bariérách byla vybudována celá řada, je smutnou realitou, že funkčních rybích přechodů, které by umožňovaly alespoň částečnou migraci ryb, je pouze několik a ty ještě nesplňují hledisko kvantitativní i kvalitativní (Hanel a Lusk, 2005).

Rybí migrace probíhají ve všech třech směrech, proti proudu, po proudu a v příčném směru vodního toku. Obecným principem, na kterém je založeno fungování RP, je

přilákání ryb, které se pohybují proti proudu řeky ve směru překážky, do určitého místa v řece a přimět je, aby aktivně prošly navrženou cestou, nebo dokonce aby se shromáždily na určitém místě a byly dále pasivně přeneseny (vyzvednuty) dopravním systémem, jaký je používán při nákladní dopravě (Larinier a Marmulla, 2003).

Migrační překážka není tvořena jen příčnými překážkami v korytě, ale také hydraulickými podmínkami jako jsou např. mělké úseky s vysokými rychlostmi proudu, hladké skluzy či dlážděné úseky, které mohou být pro ryby nepřekonatelné za určitých průtokových poměrů v lokalitě (Slavík a kol., 2012).

Vhodné řešení RP je závislé nejen na požadavcích ryb, ale musí rovněž brát ohled na stávající vodní stavby tak, aby zvolené řešení co nejméně zasahovalo do jejich konstrukce a neomezovalo jejich funkčnost. Zprůchodnění řeky Vltavy je důležité hlavně na jejím dolním toku, tzn. od soutoku s řekou Labe, až po oblast, kde se do Vltavy vlévá řeka Berounka. Významnou roli hraje fakt, že voda vytékající z Vltavské kaskády je chladnější než voda v řece Berounce, která je proto pro další migraci ryb vhodnější a zároveň se na jejím toku nevyskytují žádné významné překážky, které by zabraňovaly rybám v pohybu tak, jako je to na horním toku Vltavy.

Ke zpracování diplomové práce jsem využil dostupné literární zdroje popisující problematiku migrací ryb. Dále jsem využil návrhy rybích přechodů na řece Vltavě zpracované firmou Envisystem s.r.o. pro ministerstvo životního prostředí a hodnoty průtoků poskytnutých Povodím Vltavy. Pro studijní účely jsem také získal některé relevantní údaje z Výzkumného ústavu vodohospodářského T.G. Masaryka v.v.i, které jsem se zavázal dále nešířit.

V druhé části mé práce proběhla rekognoskace terénu s vyhodnocením překážek, která se skládala i z návrhu vhodného řešení jaký zvolit typ rybích přechodů. Při práci jsem použil dostupných map a informací.

2 CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem práce je sumarizace migračních překážek (jezů, malých vodních elektráren a zdymadel) a již realizovaných rybích přechodů, které rybám umožňují migrovat proti proudu řekou Vltavou mezi hlavní řekou povodí Labem a hlavním přítokem Vltavy, řekou Berounkou. Hlavní část výsledků diplomové práce představuje navržení vhodného průtoku rybími přechody, které jsou z hlediska migrace ryb optimální.

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

V této části práce jsou vysvětleny základní pojmy, které budou dále v celé práci zmiňovány, jsou uvedena různá technická provedení jezů i různých druhů rybích přechodů, které jsou v praxi používány, jaké druhy ryb se v řece vyskytují a jakými způsoby lze monitorovat jejich migraci.

Provedení staveb RP závisí hlavně na tom, které druhy ryb a vodních živočichů migrují v daném vodním toku, případně jaké druhy ryb v těchto místech migrovaly v minulosti. Je předpoklad, že by se vymizelé druhy ryb, mohly po zprůchodnění toku znovu objevit. Pro rozhodnutí o stavbě RP je důležité zjistit co nejvíce informací o situaci na toku i samotné překážce, tj. jaké jsou její parametry, jaké jsou v dané lokalitě zjištěné dlouhodobé i krátkodobé průtoky vody, jaké jsou hydraulické poměry pod překážkou a v jakém prostředí bude RP budován atp.

Realizace rybiho přechodu připadá v úvahu tehdy, kdy je žádoucí, ekonomicky únosná a technicky proveditelná a současně neexistuje možnost zajištění opětovné propustnosti např. odstraněním překážky (Vrána a Birklen, 2014).

3.1 Vysvětlení základních používaných pojmů

V této kapitole se věnuji vysvětlení základních pojmů, se kterými v diplomové práci pracuji tak, aby byla pro čtenáře co nejvíce srozumitelná.

Dolní voda - Voda, která se nachází pod jezem či překážkou na toku

Diadromní migrace - Orientace migrace směrem k mořskému prostředí, které se dále dělí na katadromní (rozmnožování v moři a dospívání ve sladkých vodách), anadromní (rozmnožování ve sladkých vodách a život v moři) a amfidromní migraci (pravidelné migrace mezi sladkou a mořskou vodou, ale ne z důvodů reprodukce) (Hanel a Lusk, 2005).

Horní voda - Voda, která se nachází nad jezem či překážkou na toku

Hydrologický rok - Časová jednotka o délce 12 měsíců, která je zvolena tak, aby se pevné srážky, spadlé v tomto období, odtekly ve stejné časové jednotce. Je pravděpodobné, že se sněhové srážky spadlé v listopadu a prosinci udrží do dalšího kalendářního roku. Tím by vznikl nesoulad mezi spadlými srážkami a odtokem v daném kalendářním roce. Uvedená situace se řeší v klimatických podmínkách ČR

tak, že se začátek hydrologického roku počítá vždy od 1. listopadu daného roku do 31. října následujícího kalendářního roku.

M denní průtok (QM) - je průměrný denní průtok, který je dosažen nebo překročen během M dní v roce. Udává se buď pro konkrétní rok, nebo pro dlouhodobé průměrné denní či noční průtoky.

N-letý průtok - je taková voda, která dosáhne nebo překročí daný průtok za N let. Např. 1 x za 100 let. Takový průtok je nazýváme stoletou vodou.

Potamodromní migrace - Migrace rybiho druhu pouze v rámci sladkých vod.

Průtok (Q) - značí objemový průtok vody, který proteče daným průřezem (S) za jednotku času (t). Průtok se vypočítá fyzikálním vzorcem $Q = S \times v$. Kdy S označuje obsah průtočné plochy a v je rychlost proudění. Obvykle se značí v m³/s.

Zůstatkový průtok - Je průtok, který zůstane ve vodním toku v daném profilu nebo úseku po jednom nebo více odběrech vody nebo jejím jiném užívání (Lusk a kol., 2011). Dle zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů (vodní zákon) je nutné také určení minimálního zůstatkového průtoku (ekologický průtok), který je většinou určen jako M denní průtok.

3.2 Informace o rybích přechodech

Dle definice uvedené v (Horký a kol., 2013) je RP stavba nebo konstrukce umožňující rybám bezpečně překonat migrační bariéru a proplout z části vodního toku (dolní vody) pod překážkou do části vodního toku (horní vody). Migrační bariérou se rozumí příčné překážky na toku, zejména hráze, přehrady, jezy a malé vodní elektrárny, které zabraňují rybám v bezpečné, obousměrné migraci.

V této kapitole jsou uvedeny základní informace o RP, kterými jsou takové stavby, které umožňují rybám a ostatním vodním živočichům migrovat přes migrační bariéru.) Přesné definice jsou uvedeny v technických normách TNV 75 2321 – Zprůchodňování migračních bariér rybími přechody a P ČSN 75 2323 – Zajišťování poproudových migrací ryb ve vodních tocích. Volba typu rybiho přechodu závisí na mnoha faktorech.

3.2.1 Rybí přechod

Za neúčinnější řešení je všeobecně pokládán přírodě blízký obtokový kanál odpovídající přirozenému korytu s výskytem shodných návrhových druhů ryb, který ale vyžaduje dostatečný prostor a klade vysoké nároky na lokalizaci i hydraulické podmínky na vstupu. Na druhé straně však může poskytnout vhodné podmínky pro migraci nejširšímu spektru ryb (Slavík a kol., 2012).

Dle výše uvedené normy TNV 75 2321 má zásadní význam umístění RP. Je potřeba zajistit jeho atraktivnost pro ryby a jejich navedení ke vstupu. To je zajišťováno tím, že se vstup umístí co nejbližší migrační překážce v dostatečné vzdálenosti od rušivých vlivů proudění v podjezí. Toto umístění zajišťuje dostatečný vábivý proud a hloubku vody po celý rok. O úspěšnosti řešení rozhoduje nejen umístění vstupu, ale i rychlost vytékajícího proudu vody a návaznost dna rybího přechodu na dno řeky. Proud vody musí být pro ryby rozeznatelný, a proto by rychlost vody na vstupu měla být větší, než je rychlost vody ve zbylé části vodního toku. Výstupní rychlost vody na vstupu do RP pro obecnou rybu by měla být vyšší než 0,75 m/s a pro lososa vyšší než 1,5 m/s. Obvykle se tato podmínka plní přidáním dodatečného zdroje vody, pomocí kterého se vytvoří tzv. vábivý proud. Výstup do horní vody musí být dostatečně vzdálen od koruny tělesa jezu a od vtokových objektů, aby ryby nebyly po výstupu z rybího přechodu strhávány zpět pod příčnou překážku nebo do nátokového objektu. Výstup je vhodné směřovat pod úhlem 45° k podélné ose toku. Je nutné, aby rychlost proudění vody na výstupu z RP nepřesáhla 0,4 m/s.

U velkých vodních toků je většinou na již vybudovaných vodních stavbách dodatečné postavení rybího přechodu nákladné a časově náročné. Je potřeba znát proudové poměry v toku a jejich rychlostní pole tak, aby navržené řešení co nejvíce přispělo k následné průchodnosti co největšího počtu různých druhů ryb.

Normalizační předpisy dále rozdělují RP dle hydraulického členění na dvě skupiny. První skupina využívá k tlumení energie vody různé bazénky, nádrže, tůňky či komůrky, kde ryba může odpočívat. Druhou skupinou jsou zařízení, která využívají k tlumení energie vody zdrsnění dna popřípadě boků RP (Denilův RP, dnové peřeje, peřejové úseky).

Speciální skupinou jsou RP výtahové a zdvihové, které pracují za pomoci mechanického zařízení s pohyblivou vanou, kam jsou ryby nalákány vábivým proudem a poté vyzdviženy (Slavík a kol., 2013).

(Hanel a Lusk, 2005) udávají, že u rybího přechodu je nutné zvážit riziková místa konstrukce. Těmi jsou zejména vstup rybího přechodu – je nutné přivábit ryby a donutit je vplout do rybího přechodu z „dolní vody“. Dále se musí rybám umožnit bezpečně a úspěšně proplout rybím přechodem a na výstupu musí ryby bezproblémově vplout do „horní vody“. Rybí přechody jsou navrhovány přednostně pro cílové druhy ryb, avšak méně kvalitní návrhy omezují migraci druhů, jejichž plovací schopnosti jsou omezené (Bunt a kol., 2016). Jinými slovy optimální rybí přechody zajišťují migraci všech druhů přítomných v říčním systému.

První zmínky o rybích přechodech jsou známé již ze 16. století. Nelze ale říci, že by sloužily k migraci, ale pouze ke zvětšení výnosů z lovu migrujících ryb (Lusk, 2000).

3.2.2 Cílové druhy ryb

Cílové druhy ryb určí ichtyologický průzkum, který provádí odborně způsobilá osoba (držitel autorizace ve smyslu § 45i odst. 3 zákona č. 114/1992 Sb.). Dle ČSN P 75 2323 RP musí sloužit nejen rybám, ale i bezobratlým nebo jiným živočichům, kteří migrují a musí překonávat překážky ve vodním toku.

Cílovou rybou pro lokalitu dolního toku Vltavy je uveden úhoř říční *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758), neboť losos obecný *Salmo salar* (Linnaeus, 1758) se již ve Vltavě nevyskytuje. Jako cílové druhy jsou určeny takové druhy ryb, které jsou pro dané prostředí typické a původní. Podle „Koncepce zprůchodnění říční sítě ČR“ vypracované (Slavíkovou a kol., 2014) je ve vltavském zájmovém území cílovým druhem např. jelec tloušť *Leuciscus cephalus* (Linnaeus, 1758) a parma obecná *Barbus barbus* (Linnaeus, 1758).

Cílovým druhem ryb je takový druh, který je původní a charakteristický pro danou lokalitu. Typicky jde o ryby, které jsou vhodné k určení migrační průchodnosti rybích přechodů. Vždy se vybere několik druhů ryb, které jsou typické pro daný úsek (horní, střední, dolní tok). Hodnotí se zejména tři kritéria:

- 1) výskyt v dané lokalitě
- 2) přirozená reprodukce
- 3) potamodromní druhy, které vyžadují periodické migrace

Rybí přechody se poté dimenzují tak, aby vybrané druhy ryb prošly (Musil a kol., 2015).

Tabulka 1 - Přehled výskytu jednotlivých signálních druhů. Zdroj: MŽP, 2014

Povodí Labe - Labská větev

Druh	Migrační skupina	Labe	Kamenice	Ploučnice	Ohře	Vltava	Jizera	Cidlina	Javorka	Bystřice	Divoká Orlice	Tichá Orlice
Signální druhy ryb												
<i>Leuciscus cephalus</i> Jelec tloušť	1	A	N	A	A	A	A	A	A	N	N	N
<i>Salmo trutta fario</i> Pstruh obecný f. potoční	1	N	A	A	A	N	A	N	N	A	A	A
<i>Esox lucius</i> Štika obecná	2	A	N	N	A	A	N	A	N	N	N	N
<i>Barbus barbus</i> Parma obecná	3	A	N	A	A	A	A	N	N	N	A	A
<i>Thymallus thymallus</i> Lipan podhorní	3	N	A	N	A	N	N	N	N	A	A	A
Vlajkové druhy ryb												
<i>Salmo salar</i> Losos obecný	7	A	A	A	A	N	N	N	N	N	N	N
<i>Anguilla anguilla</i> Úhoř říční	7	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

3.3 Typy rybích přechodů

Obecně jsou rozlišovány čtyři hlavní typy. RP přírodě blízké, technické RP, kombinované RP a speciální RP.

(Hanel a Lusk, 2005) uvádí, že v případě výstavby příčných staveb (nových stupňů) je nutno zajistit i jejich migrační průchodnost, a to souběžným vybudováním rybiho přechodu nebo výstavbou tzv. balvanitého skluzu, což je v podstatě jediný typ stupně, který je při dodržení vhodných parametrů (sklon 1:15 a větší) pro ryby vždy migračně prostupný.

Dále jsou stručnou formou popsány ty nejčastěji používané či z technického hlediska zajímavá řešení.

Při návrhu rybích přechodů a zprůchodnění se nejdříve uvažuje o odstranění překážky nebo její nahrazení balvanitými úpravami v korytě. Na dalším výběru typu rybích přechodů závisí i majetkové poměry, zajištění přístupu, možnost pravidelné údržby a zajištění dostatečného průtoku. Při výběru rybiho přechodu by měla být dávana přednost takovým projektům, které co nejvíce napodobují přirozená koryta vodních toků.

3.3.1 Rybí přechody přírodě blízké

Obtokové koryto

s tůněmi a mělčinami, co nejvíce podobné přírodním podmínkám, je nejefektivnějším rybím přechodem z hlediska druhové pestrosti migrujících ryb. Je postaveno tak, aby došlo k obtoku vytvořené překážky, přičemž musí stavba

respektovat schopnosti ryb udržet se v proudu stejně jako umožnit jim potřebný odpočinek. Koryto je obvykle postaveno až za břehovou linií koryta vodního toku. Často je jeho realizace v praxi obtížná vzhledem ke značným územním nárokům potřebným pro jeho vybudování či díky stávající zástavbě v bezprostředním okolí vodního toku.

Tůňový RP

Je podobný obtokovému korytu, ale je tvořen řadou tůní, které jsou navzájem propojené (TNV 75 2321)

Migrační rampa

Je postavena přímo v korytu řeky tak, aby její členění, sklon a dno rovněž co nejvíce připomínalo přirozené vodní prostředí. Balvany zabudované ve dnu, tůňky a prohlubně či další přírodní překážky vytvářejí pro ryby příznivé prostředí a napomáhají jejich pohybu proti proudu (Lusk a kol., 2011).

Dnová peřej

Tento typ napodobuje peřejnaté úseky. RP je tvořen obvykle kameny větší velikosti nebo balvany ukotvenými do přirozeného dna (TNV 75 2321).

3.3.2 Rybí přechody technické

Štěrbínový

Tento typ rybího přechodu je tvořen svislými sloupky zabudovanými do dna. Obvykle jsou do dna pevně umístěny sloupky válcovitých tvarů, jejichž výhodou je, že u jejich paty nedochází k významnému vymílání dna a rybí přechody s těmito typy překážek jsou jednodušší na údržbu než např. komorové. Materiál používaný na sloupky může být jak přírodní (dřevo, kámen), možné rovněž je vytvořit sloupky z odolného betonu. Z dostupné literatury se zdá, že různé modifikace tohoto typu rybích přechodů patří v České republice k těm, které jsou nejvíce využívány (Slavík a kol., 2012).

Žlabový

Tento typ využívá nakloněné koryto, které pomocí betonových příček, zdrsněných úseků, vláknitých struktur (kartáče) vytvoří takové podmínky pro ryby, že jim umožní bezpečné proplutí (TNV 75 2321).

Komorový

Tyto přechody využívají pevné překážky, které jsou střídavě opatřeny dostatečně velkými otvory u dna koryta a v horní části přepážky, kdy je v přepážce vytvořen hluboký výřez tak, aby byl zajištěn dostatečný přeliv vody.

Denilův

V ČR se nepoužívá a jeho varianty nebyly aplikovány, ale jedná se o zajímavé a netypické řešení pro vodní toky s velkým podélným sklonem (do 20 %) pro lososovité ryby. Žlab rybího přechodu je v tomto případě osazen tenkými tvarovanými žebry nebo lamelami pod úhlem cca 45° (Slavík a kol., 2012). Nevýhodou je, že v tomto rybím přechodu neexistuje žádná odpočinková zóna a ryby musí plavat, aniž by se mohly zastavit. V případě, že je sklon velký a ryby musí plavat dlouho a vyvinout k tomu značné úsilí, hrozí jejich vyčerpání. Proto je potřeba poskytnout jim odpočinkové bazény v takových intervalech, které odpovídají možné výkonnosti cílových druhů ryb (Larinier a Marmulla, 2003).

Larinierův

Tento typ rybího přechodu využívá stavebnicový systém, který zpomaluje tok u dna. Jednotlivé dlaždice stavebnice mají vytvarovaná žebra do výšky cca 10 cm. Dlaždice je možné rychle instalovat na podkladovou desku nejen u dna, ale i na boky žlabu. Podle průtoku je vhodné volit rozestupy žebor. Tato úprava má výhodu v tom, že se rybí přechod nezanášá (ACE, nedatováno).

Speciální přechody pro úhoře

Přechody jsou koncipovány obvykle jako nakloněné žlaby s umělým substrátem, používají se i uzavřená potrubí. Pro úhoře je potřeba, aby rychlost proudění u dna byla nižší než 1,2 m/s (Slavík a kol., 2012).

Zdymadlový rybí přechod

Je typ přechodu, který pracuje cyklicky za pomoci strojních zařízení na stejném principu jako plavební komory pro lodě. Po vyrovnání hladin mezi rybími komorami dochází k přechodu ryb do horní vody. Pro nalákání ryb do rybí komory je potřeba zajistit, aby v dolní komoře byl dostatečný proud na to, aby ryby do určeného prostoru nalákaly.

Rybí výtah

Jedná se o mechanické zařízení se záchytnou vanou, do které jsou ryby nalákány vábícím proudem a následně vyzdviženy a vypuštěny do horní vody. I toto zařízení

je potřeba provozovat v pravidelných cyklech. Řešení je vhodné hlavně pro velké ryby (Slavík a kol., 2012).

3.4 Stručná historie

První zmínky o rybích přechodech jsou známy již ze 16. století. Nelze ale říci, že by sloužily k migraci, ale pouze k zvětšení výnosů z lovu migrujících ryb. Potřeba rybích přechodů se začala rozvíjet s moderní dobou koncem 19. a začátkem 20. století, kdy se projevil fakt, že s výstavbou kontinuálních vodních staveb a děl, jsou přehrazovány migrační trasy živočichů. Prvním moderním typem rybiho přechodu, byl komůrkový přechod zvaný „cik – cak“ (Vostradovský, 2005).

Například první rybí přechod byl postaven v letech 1924 – 1936 s vodním dílem Střekov (Havlíčková, 2002).

3.5 Způsob monitoringu

I když je možné zjišťovat účinnost rybích přechodů klasickými způsoby, kterými jsou např. odlovy ryb do vrší, případně je možný jejich odchyt přímo ve vypuštěném rybím přechodu nebo omračování ryb na dané trase elektrickým proudem, považují se tyto způsoby v současnosti za zastaralé a nevhodné. Nicméně (Závorka a kol., 2014) udává jako způsob monitoringu uspání ryb pomocí elektrického proudu a jejich následné označení jehlou značkami s využitím systému RFID (radiofrekvenční identifikace) a umožňuje tak označit celou škálu rybí obsádky.

Na nově vytvářené rybí přechody by mělo být instalováno sledovací zařízení, které umožní zjistit účinnost daného rybiho přechodu. Získaná data je pak možné využít pro jeho případnou úpravu změnou nastavitelných prvků, případně data využít pro stavbu dalších rybích přechodů ve stejném regionu (ACE, nedatováno).

V současné době dochází k velkému rozvoji takzvaného bezkontaktního monitoringu, jehož metody mají vysokou vypovídající hodnotu. Jedná se zejména o biotelemetrii, bioskenering, kamerové systémy a jejich kombinace. Těmto metodám se všeobecně říká automatické metody (Musil, 2014).

(Slavík a kol., 2012) uvádí jako nejvhodnější metodu telemetrii s pasivními indikátory (PIT). Metoda je pro svou přesnost a jednoduchost používána v laboratorních pokusech.

3.6 Ryby a migrace

Pro zájmové území je vhodné volit, vzhledem k šířce koryta řeky vyšší než 50m, vždy minimálně 2 rybí přechody. Jeden hlavní a jeden doplňkový. Zpravidla jsou tyto rybí přechody situovány na oba břehy (TNV 75 2321).

Migrace ryb závisí na teplotě, průtoku a rychlosti vody v rybím přechodu. (Slavík a kol., 2012) uvádí, že teplota vody 8°C - 10°C vyznačuje prahovou hodnotu pro nástup jarní migrační vlny kaprovitých druhů. Migrace probíhají cca od poloviny dubna do konce října. Dělí se na jarní a podzimní migraci. Jarní migrace ryb je očekávána od poloviny dubna do konce června a podzimní migrace ryb začíná od září a končí počátkem listopadu.

(Lucas a kol., 2001) rozděluje migraci ryb na tři základní kategorie:

- 1) Reprodukční migrace
- 2) Potravní migrace
- 3) Úkrytové migrace

4 METODIKA

Na počátku práce jsem se seznámil s funkcí rybích přechodů obecně. Jak fungují, jaké mají doporučené průtoky, které ryby jsou cílové pro danou oblast dolního toku Vltavy. Provedl jsem inventarizaci vodních překážek na řece Vltavě od soutoku s Labem k soutoku s Berouňkou. Pracoval jsem se studii firmy Envisystem s.r.o., která se možnostmi zprůchodnění řeky Vltavy detailně zabývala. Dále jsem vyhodnotil na jednotlivých vodních dílech (VD) zprůchodnění migračních překážek a vybral dle svého názoru nejvhodnější technicko-ekonomické řešení.

U každé z devíti migračních bariér jsem vybral jeden hlavní rybí přechod z navržených možností, pro který jsem provedl podrobný výpočet dle SPPK B02 006 a vypočtené hodnoty jsem porovnal s normativními hodnotami odvětvové technické normy vodního hospodářství TNV 75 2321.

5 CHARAKTERISTIKA STUDIJNÍHO ÚZEMÍ

5.1 Evidence překážek

Tato práce má za cíl popsat dosud navržená či realizovaná opatření, případně navrhnout další řešení na úseku dolní Vltavy od soutoku s Labem až po ústí Berounky. (tj. ř.km 0,0 až 63,6) z hlediska možnosti průchodu ryb níže uvedenými vodními díly.

VD Vraňany	- ř.km 11,55
VD Miřejovice	- ř.km 17,98
VD Dolany	- ř.km 27,37
VD Klecany, Roztoky	- ř.km 37,08
VD Troja – Podbaba	- ř.km 45,58
VD Štvanice -Helmovský jez	- ř.km 51,057
VD Staroměstský jez	- ř.km 53,187
VD Šítkovský jez	- ř.km 54,139
VD Modřany	- ř.km 62,21

Pro účinné zprůchodnění všech výše uvedených vodních děl by mělo dojít k realizaci vodohospodářských úprav, což jsou zemní práce a změny v okolním terénu a korytech řek, které jsou nezbytné k zajištění funkcí vodních toků. Vodohospodářské úpravy lze realizovat pouze na ohlášení vodoprávního úřadu. Jelikož se jedná o období terénních úprav, je nutné předchozí povolení změny k využití území ve formě územního rozhodnutí popř. územního souhlasu.

Konkrétní požadavky na ohlášení vodohospodářských úprav jsou obsaženy ve vyhlášce č. 432/2001 Sb. (Strnad a kol., 2013).

Základní údaje o jednotlivých objektech VD, hydraulických poměrech na řece i informace o provedení a rozměrech stávajícího rybího přechodu jsou převzaty ze studie Labe V. zpracované v roce 2009 pracovníky společnosti Envisystemem, s.r.o. Z navržených možností zprůchodnění řeky na jednotlivých vodních dílech jsou v této diplomové práci vybrány ty varianty RP, které se autorovi zdály být z technického hlediska nejlépe technicko-ekonomicky proveditelné.

5.2 VD Vraňany

Pro bezproblémové splavnění Vltavy před jejím soutokem s Labem, bylo postaveno vodní dílo Vraňany – Hořín. Celé dílo tvoří několik staveb, které dohromady představují technicky složitý systém, který umožňuje využívat říční potenciál Vltavy nejen pro plavbu, ale rovněž pro výrobu elektrické energie, ochranu před povodněmi a v neposlední řadě i pro rekreaci. Výstavba díla započala v letech 1902 a v letech 1973 – 1986 proběhla rekonstrukce, při které byl přestaven dříve pevný jez na jez s 5-ti pohyblivými ocelovými klapkami. Spád jezu je 3,9 m.

Tabulka 2 - Základní údaje o jezu Vraňany. Zdroj: Lauerman a kol., 2009.

Návrhový rozdíl hladin na jezu	4,3 [m]
Provozní tolerance kolísání hladin v horní zdrži	- 0,30; +0,10 [m]
Návrhové kolísání hladin v podjezí Q_{300d} , Q_{30d}	2,1 [m]
Šířka koryta pod jezem včetně odpadu od MVE	110 [m]
Délka přelivné hrany jezu	95,82 [m]

Hydrologická data – jez Vraňany

Níže jsou uvedeny souhrnné údaje o průtocích vody v řece na jezu ve Vraňanech, které byly do této práce převzaty ze zpracované studie společnosti Envisystem s.r.o.

Č. hydrologického pořadí: 1 – 12 – 02 – 095

Plocha povodí: $A = 28\,048,16 \text{ km}^2$

Průměrný průtok: $Q_a = 151 \text{ m}^3/\text{s}$

Dále jsou ze stejné studie použita rovněž data o N letých a M denních průtocích na jezu ve Vraňanech.

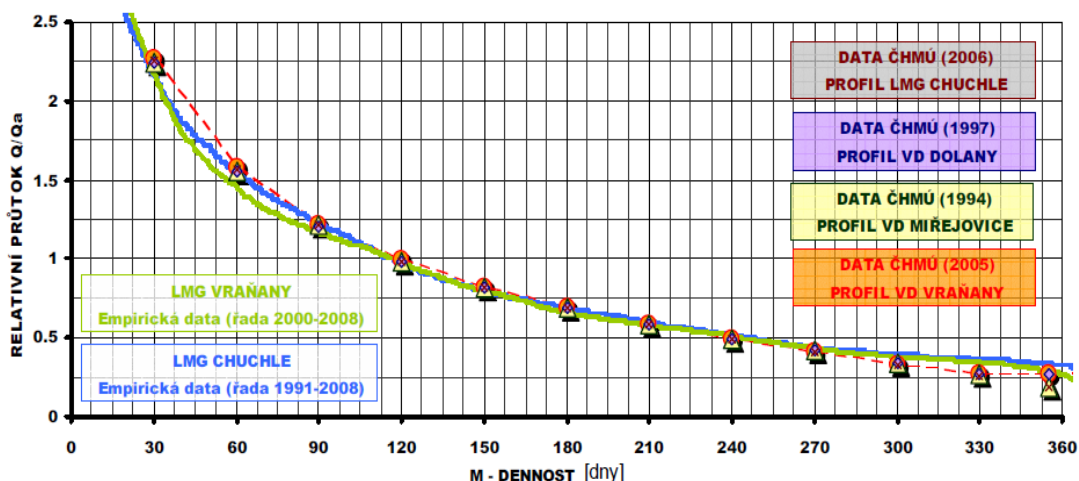
Tabulka 3 - N-letý průtok Q_N . Zdroj: ČHMÚ, 2005

N	1	2	5	10	20	50	100	Počet let
Q_N	875	1 243	1 800	2 267	2 771	3 494	4 085	m^3/s

Tabulka 4 - M-denní průtok Q_M . Zdroj: ČHMÚ, 2005

M	30	60	90	120	150	180	210	Počet dnů
Q_M	341,6	237,4	184,3	149,7	124,3	104,5	88,1	m^3/s
M	240	270	300	330	355	364		Počet dnů
Q_M	74,1	61,7	50,1	40	40	40		m^3/s

Hodnoty jsou ovlivněné provozem Vltavské kaskády.



Obrázek 1 - M - denní relativní průtoky. Zdroj: Envisystem s.r.o., 2009.

Návrhový interval průtoku v řece pro rybí přechod na VD Vraňany

Q_{30d} - 341,6 [m^3/s]

Q_{300d} - 51,1 [m^3/s]

Celé dílo je tvořeno nejen jezem, ale i malou vodní elektrárnou (MVE), horním a dolním plavebním kanálem, dvěma plavebními komorami a povodňovou uzavírkou. Nedílnou součástí stavby je i šterbinový rybí přechod situovaný do prostoru mezi jezem a MVE.

K přechodu ryb je možné využít:

- stávající rybí přechod
- volné pozemky elektrárny na pravé straně řeky – např. bývalou plavební komoru.

Stávající rybí přechod byl realizován při výstavbě MVE a umožňuje překonat první zásadní překážku na cestě ryb Vltavou v rámci protiproudění migrace od jejího soutoku s Labem v Mělníku. Jde o úsporný šterbinový typ rybiho přechodu o celkové délce 78 m, šířce 1,8 m, ve kterém je vytvořeno 16 komůrek o délce 3 m. Rozdíl

hladin mezi komůrkami je 0,3 m. Přechod má i dvě odpočinkové nádržky o délce 9 m s vodorovným dnem. Hloubka vody v přechodu je 1,1 až 1,4 m. Průtok je navržen na $0,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. RP je situován při pravém břehu koryta mezi pilířem jezu a malé vodní elektrárny.

(Lauerman a kol., 2009) navrhli možná řešení jak zlepšit průchodnost vodního díla. Stávající, výše popsaný rybí přechod zjevně nemůže pokrýt celou protiproudni migraci a proto by dle odborníků na tuto problematiku bylo výhodné přechod upravit tak, aby vyhovoval většímu spektru ryb. Vhodné by bylo rovněž doplnit celé dílo o přechody nové.

Úprava stávajícího štěrbinového RP by nepředstavovala žádné zásadní problémy. Současný RP by byl změněn pouze svým vnitřním uspořádáním. Vzhledem k tomu, že nejde o žádné prodloužení ani rozšíření trasy, jsou navrženy úpravy ve vnitřním prostoru přechodu, při kterých by byly současné dělicí přepážky vybourány, zvětšen jejich počet a tím snížen rozdíl hladin mezi jednotlivými tůňkami z 0,3 na 0,2 m. Rovněž je vhodné zdrsnit dno přechodu a jeho stěny a upravit ho tak, aby co nejvíce připomínal říční dno. Navržená úprava by také změnila vstup do přechodu tak, aby plynule navazoval na říční dno. Za vhodné považují (Lauerman a kol., 2009) doplnit ke vstupu potrubí s vábící vodou tak, aby se ryby snadněji orientovaly a našly vstup bez jakýchkoli problémů.



Obrázek 2 – Ortofotomapa s vyznačeným současným rybím přechodem VD Vraňany. Zdroj: Google maps.

5.3 VD Miřejovice

VD Miřejovice je postaveno na dvou ramenech řeky. Na levém ramenu stojí vodní elektrárna s jalovou propustí a na pravém rameni je postaven pohyblivý jez s pěti poli a rybím přechodem. Tento přechod je nevyhovující, protože má slabý vábící proud na vstupu a je umístěn mimo hlavní proudnici a zároveň se na vstupu vyskytuje spádový skok. Uprostřed, mezi oběma rameny řeky, jsou umístěny horní malá a dolní velká plavební komora. Cvičná slalomová dráha, bývalá vorová propust, je rovněž jednou z částí celého díla.

Tabulka 5 - Základní údaje o jezu Miřejovice. Zdroj: Lauerman a kol., 2009.

Návrhový rozdíl hladin na jezu	3,7 [m]
Provozní tolerance kolísání hladin v horní zdrži	- 0,10; +0,25 [m]
Návrhové kolísání hladin v podjezí Q_{300d} , Q_{30d}	1,2 [m]
Šířka koryta pod jezem včetně odpadu od MVE	230 [m]
Délka přelivné hrany jezu	124,05 [m]

K přechodu ryb vodním dílem je možné využít:

- Jalovou propust
- Stávající rybí přechod
- Vorovou propust

Jalová propust je betonový žlab se svislými stěnami, který je umístěn mezi budovu elektrárny a plavební komory.

Délka kanálu: 32,9 m

Rozdíl hladin v jalové propusti: 3,7 m

Současný rybí přechod je umístěn na levé straně jezu u břehového pilíře malého válce. Jedná se o komůrkový typ s těmito parametry:

Délka přechodu: 33 m

Šířka komůrky: 1,5 m

Výškový spád mezi komůrkami: 0,3 m

Vorová propust se stupňovitým dnem je umístěna na pravém břehu řeky. Vzhledem k tomu, že je využívána jako slalomová dráha, je vybavena překážkami, které jsou demontovatelné.

Délka propusti	550 m	
Délka k dolnímu prahu	316 m	
Šířka propusti	12 m	
Průměrný spád	0,94 %	
Teoretická kapacita	21 m ³ /s	
Skutečná kapacita	10 m ³ /s	(průtok je nižší kvůli překážkám)

Hydrologická data – jez Miřejovice

Níže jsou uvedeny souhrnné údaje o průtocích vody v řece na jezu v Miřejovicích, které byly do této práce převzaty ze zpracované studie společnosti Envisystem s.r.o.

Č. hydrologického pořadí:	1 – 12 – 02 – 047
Plocha povodí:	A = 27 611,42 km ²
Průměrný průtok:	Q _a = 150,18 m ³ /s

Dále jsou ze stejné studie použita rovněž data o N letých a M denních průtocích na jezu v Miřejovicích.

Tabulka 6 - N-letý průtok Q_N. Zdroj: ČHMÚ, 1994.

N	1	2	5	10	20	50	100	Počet let
Q _N	786	1 119	1 627	2 055	2 518	3 180	3 727	m ³ /s

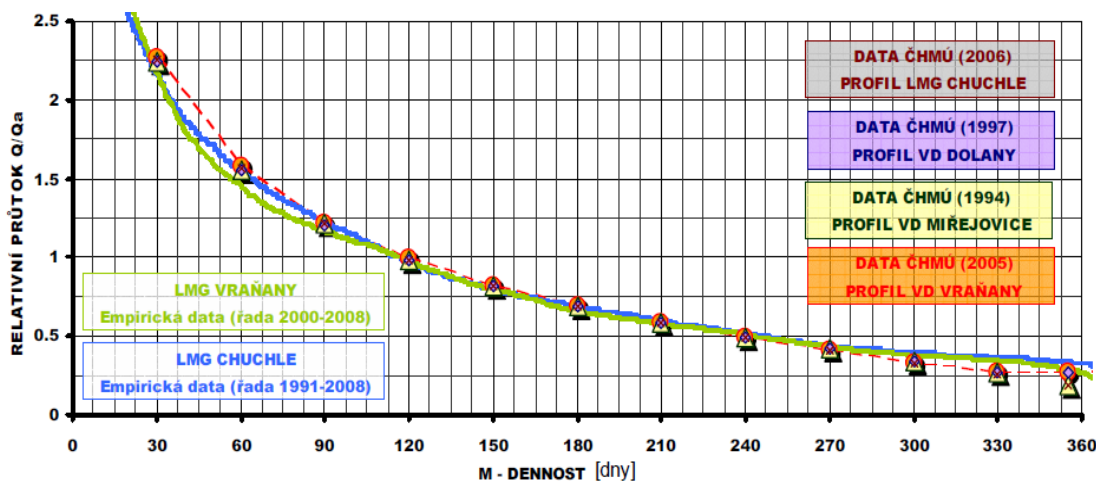
Tabulka 7 - M-denní průtok Q_M. Zdroj: ČHMÚ, 1994.

M	30	60	90	120	150	180	210	Počet dnů
Q _M	336,9	233,7	181,6	147,8	123	104	88	m ³ /s
M	240	270	300	330	355	364		Počet dnů
Q _M	74,3	62,3	51,1	39,8	28,2	20,4		m ³ /s

Hodnoty Q_M jsou neovlivněné provozem Vltavské kaskády.

Z výše uvedených hodnot je patrné, že průtoky vody na Miřejovickém jezu jsou značně kolísavé. V závislosti na ročním období, množství srážek a díky dalším

přírodním vlivům se výrazně mění. Výkyvy může značně ovlivnit využití Vltavské kaskády, kdy využitím kapacity přehradních nádrží může dojít ke zmírnění výše uvedených rozdílů.



Obrázek 3 - M - denní relativní průtoky. Zdroj: Envisystem s.r.o., 2009.

Návrhový interval průtoku v řece pro rybí přechod na VD Miřejovice

$$Q_{30d} - 336,9 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

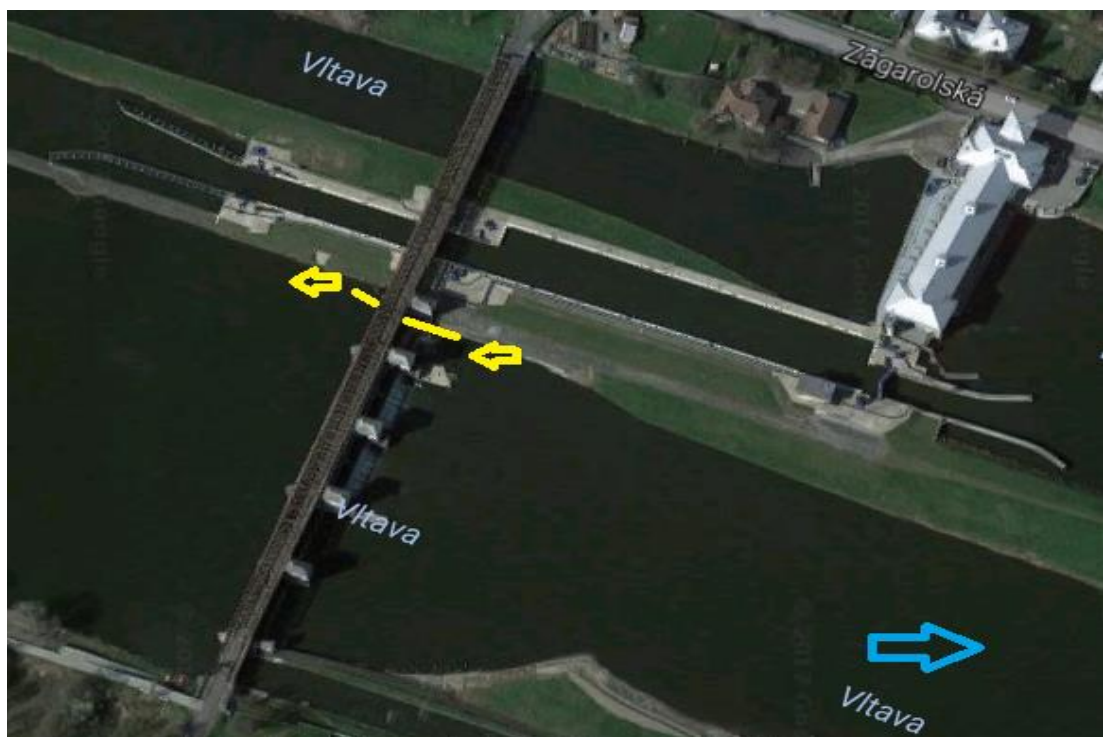
$$Q_{300d} - 51,1 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

Koncepce řešení migračního zprůchodnění VD Miřejovice je navržena s přihlédnutím k možnosti využít stávající stavby. Vzhledem k šířce řeky v těchto místech je potřeba zajistit vybudování alespoň dvou funkčních rybích přechodů. Vzhledem k rozdílu hladin 3,7 m by bylo vybudování standardního rybího přechodu na tomto VD prakticky neproveditelné. Pro lepší průchodnost vodním dílem (Lauerman a kol., 2009) navrhli úpravu současného komůrkového rybího přechodu šířky 1,5 m se spádem mezi tůnkami 0,3 m a s navazujícím žlabem v podjezí. Tento rybí přechod je umístěn mimo hlavní proud a má rovněž nevyhovující vstup. Proto na jeho konstrukci navrhli řešitelé následující úpravy:

- zachování zahloubeného kanálku ve vývarové desce
- vybourání konstrukce stávajícího rybího přechodu a nahrazení novým šterbinovým přechodem šířky 1,8 m se spádem mezi tůněmi 0,2 m, délkou tůní 3 m a celkové délce 65 m

- pro zvýšení atraktivity proudu u vstupu do rybího přechodu je navrženo potrubí vábící vody. Výtok z potrubí by měl být umístěn v několika výškových úrovních a pro nalákání ryb je navrženo využít i efekt padající vody. Jako vábící voda může sloužit i průtok vody přes levé jezové pole tzv. „malý válec“, případně „levou tabuli“
- úprava dna i kanálku u vstupu do rybího přechodu a vytvoření drsného povrchu dna přechodu kamenitým substrátem ze dna řeky.

Na levou stranu jezu je možné umístit RP jehož geometrické parametry jsou shodné s předcházejícím návrhem RP. Proto je jeho výpočet totožný.



Obrázek 4 - Ortofotomapa s vyznačeným současným rybím přechodem VD Miřejovice. Zdroj: Googlemaps.

5.4 VD Dolany

Vodní dílo Dolany bylo postaveno v roce 1901. Skládalo se z hradlového a stavidlového jezu a při pravém břehu byl vybudován plavební kanál. Při rekonstrukci prováděné v letech 1986 – 1989 byl původní jez přestavěn na klapkový jez o třech polích. Na pilíři jezu na levém břehu řeky je postaven velín, ze kterého je možné jez ovládat.

Vodní dílo Dolany tvoří následující objekty:

- pohyblivý jez o 3 polích

- vodní elektrárna (MVE)
- horní plavební kanál
- dolní plavební kanál
- malá plavební komora
- velká plavební komora

Tabulka 8 - Základní údaje o jezu Dolany. Zdroj: Lauerman a kol., 2009.

Návrhový rozdíl hladin na jezu	4,25 [m]
Provozní tolerance kolísání hladin v horní zdrži	- 0,30; +0,10 [m]
Návrhové kolísání hladin v podjezí Q_{300d} , Q_{30d}	1,15 [m]
Šířka koryta pod jezem včetně odpadu od MVE	140 [m]
Délka přelivné hrany jezu	106,52 [m]

Celková šířka koryta dosahuje 140 m. MVE je od pohyblivého jezu oddělena pouze pilířem. Na pravé straně vodního toku je umístěn plavební kanál s malou a velkou plavební komorou.

Využití stávajících objektů pro migraci ryb:

V prostoru VD Dolany není postaven žádný objekt, který by byl po úpravě vhodný pro migraci ryb.

Hydrologická data vodního díla Dolany

Č. hydrolog. pořadí: 1 – 12 – 02 – 019

Plocha povodí: $A = 27\,316,9 \text{ km}^2$

Průměrný průtok: $Q_a = 149,2 \text{ m}^3/\text{s}$

Dále jsou z výše uvedené studie převzata data o N letých a M denních průtocích na jezu v Dolanech.

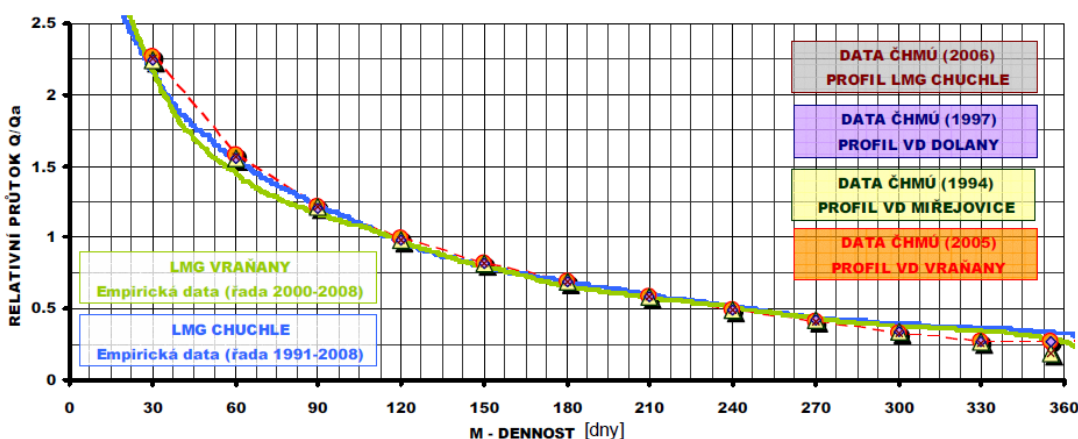
Tabulka 9 - N-letý průtok Q_N . Zdroj: ČHMÚ, 1997.

N	1	2	5	10	20	50	100	Počet let
Q_N	791	1 125	1 630	2 058	2 540	3 172	3 714	m^3/s

Tabulka 10 - M-denní průtok Q_M . Zdroj: ČHMÚ, 1997.

M	30	60	90	120	150	180	210	Počet dnů
Q_M	335	232	180	147	122	103	87,4	m^3/s
M	240	270	300	330	355	364		Počet dnů
Q_M	73,8	61,9	50,7	39,5	39,5	39,5		m^3/s

Hodnoty Q_M jsou ovlivněné provozem Vltavské kaskády.



Obrázek 5 - M - denní relativní průtoky. Zdroj: Envisystem s.r.o., 2009.

Návrhový interval průtoku v řece pro rybí přechod na VD Dolany

Q_{30d} - 335 [m^3/s]

Q_{300d} - 50,7 [m^3/s]

Vzhledem k úvodnímu zjištění, že na VD není žádný objekt, který by bylo možné bez problémů využít k výstavbě rybího přechodu, je nutné zaměřit se na zprůchodnění jezu. Navržené rybí přechody, jejichž návrhy zpracovali (Lauerman a kol., 2009) jsou situovány jak na pravém, tak na levém břehu řeky.

Na jezu je možné vybudovat RP o šířce 1,8 m, se spádem mezi tůněmi 0,2 m, jehož vstup by byl umístěn pod vývarový práh jezu a výstup do plavebního kanálu.

Tato navržená varianta šterbinového přechodu nezasahuje přímo do konstrukce jezu, a proto je z technického hlediska nejjednodušším možným řešením. Rovněž v tomto případě by bylo potřeba doplnit ke vstupu do rybího přechodu potrubí s vábící vodou.



Obrázek 6 - Ortofotomapa VD Dolany. Zdroj: Googlemaps.

5.5 VD Klecany

Vodní dílo Klecany - Roztoky zajišťuje hlavně plavební podmínky pro vodní dopravu pomocí plavebního kanálu a dvou plavebních komor, které jsou souběžné s levým břehem řeky. Kanál je od koryta řeky oddělen úzkým, dlouhým ostrovem. Stavba MVE při pravém břehu řeky zajišťuje rovněž další významné využití vodního potenciálu řeky. V současnosti není na VD vybudován žádný rybí přechod.

VD Klecany - Roztoky zahrnuje tyto objekty:

- pohyblivý jez o 3 polích, hrazený dutými ocelovými klapkami
- vorová propust upravená pro nátok k MVE
- malá vodní elektrárna
- horní plavební kanál
- velká a malá plavební komora
- dolní plavební kanál
- zázemí vodního díla

Tabulka 11 - Základní údaje o jezu Klecany. Zdroj: Lauerman a kol., 2011.

Návrhový rozdíl hladin na jezu	3,2 [m]
Provozní tolerance kolísání hladin v horní zdrži	- 0,10; +0,20 [m]
Návrhové kolísání hladin v podjezí Q_{300d} , Q_{30d}	1,55 [m]
Šířka koryta pod jezem včetně odpadu od MVE	145 [m]
Délka přelivné hrany jezu	118 [m]

Využití stávajících objektů pro migraci ryb:

V prostoru vodního díla se nenachází žádný vhodný objekt.

Hydrologická data jezu Klecany

Níže jsou uvedeny souhrnné údaje o průtocích vody v řece na jezu v Klecanech, které byly do této práce převzaty ze zpracované studie společnosti Envisystem s.r.o.

Č. hydrol. pořadí: 1 – 12 – 02 – 017

plocha povodí: $A = 27\,278,03 \text{ km}^2$

průměrný průtok: $Q_a = 149,2 \text{ m}^3/\text{s}$

Dále jsou ze stejné studie použita data o N letých a M denních průtocích na jezu v Klecanech.

Tabulka 12 - N-letý průtok Q_N . Zdroj: ČHMÚ, 1995.

N	1	2	5	10	20	50	100	Počet let
Q_N	781	1 113	1 621	2 049	2 513	3 177	3 726	m^3/s

Tabulka 13 - M-denní průtok Q_M . Zdroj: ČHMÚ, 1995.

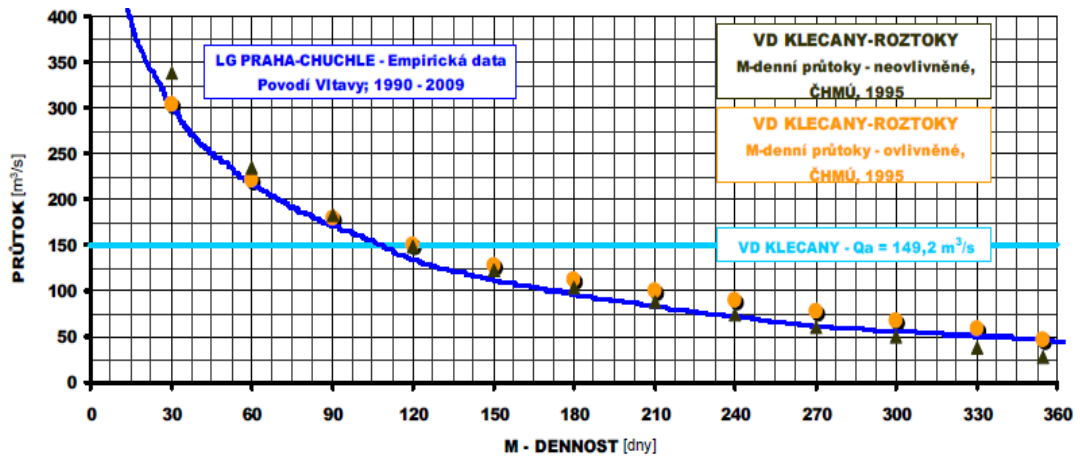
M	30	60	90	120	150	180	210	Počet dnů
Q_M	337,8	234,7	182,1	147,9	122,9	103,3	87,1	m^3/s
M	240	270	300	330	355	364		Počet dnů
Q_M	73,3	61	49,6	38,3	27,4	21		m^3/s

Hodnoty Q_M jsou neovlivněné provozem Vltavské kaskády.

Tabulka 14 - M-denní průtok Q_M . Zdroj: ČHMÚ, 1995.

M	30	60	90	120	150	180	210	Počet dnů
Q_M	304	220	180	150	127	112	99,8	m^3/s
M	240	270	300	330	355	364		Počet dnů
Q_M	89	78,3	67,7	58,5	47,4	37		m^3/s

Hodnoty Q_M jsou ovlivněné provozem Vltavské kaskády



Obrázek 7 - M - denní relativní průtoky. Zdroj: Envisystem s.r.o., 2011.

Návrhový interval průtoků v řece pro rybí přechod na VD Klecany

$$Q_{30d} - 337,8 \text{ [m}^3/\text{s]}$$

$$Q_{300d} - 49,6 \text{ [m}^3/\text{s]}$$

Koncepce řešení, zpracovaná ve studii (Lauerman a kol., 2011), jak vybudovat přechody za stávajícího stavu VD, vychází z možnosti umístit rybí přechody na pravou i levou stranu jezů. Tím by došlo alespoň k částečnému zprůchodnění vodního díla, protože hlavní proudění řeky směřuje do pravé strany koryta pod savky elektrárny. Konečné řešení by mohlo být přijato až po případném rozhodnutí o dostavbě vodní elektrárny. Uspořádání přechodů u jezů s přidávanou vábíčí vodou by mělo usnadnit rybám nalézt vstup i za proměnných průtokových poměrů v řece. Vzhledem k šířce Vltavy v tomto úseku řeky bude potřeba více rybích přechodů v jejím profilu.

Pro vybudování RP u jezů u levého břehu je vhodné umístit jeho vstup do podjezí, ve vzdálenosti cca 15 m pod jezem. Na omezeném prostoru mezi jezem a plavební komorou by bylo možné postavit šterbinový přechod, protože konstrukce klasického balvanitého přechodu vyžaduje splnění vyšších prostorových nároků. Vzhledem ke skutečnosti, že je potřeba překonat výškový rozdíl cca 3,2 m, je potřeba vyřešit délku trasy tak, aby byl zachován vhodný sklon trasy a byla co nejméně narušena stěna mezi jezem a horním plavebním kanálem. Zároveň je potřeba zajistit zvýšený průtok rybím přechodem. Současný průtok není pro ryby atraktivní a je ho nutné na vstupu dotovat.

Vstup do rybího přechodu na pravém břehu řeky by měl být v těsné blízkosti savek MVE a rovněž ve vhodné zvolené vzdálenosti od savek. Na tyto vstupy by navazoval rybí výtah, který by napomohl překonat rozdíl hladin. Od výtahu by dále mohl pokračovat tzv. úsporný žlab, který nemusí dosahovat plné šířky rybího přechodu (přínejmenším 1,8 m), ale k jeho úspěšnému provozu stačí šířka cca 1,2 m. Tento žlab by vyvedl ryby až za repelentní rybí zábranu, která je umístěna před MVE.



Obrázek 8 - Ortofotomapa VD Klecany. Zdroj: Googlemaps.

5.6 VD Troja – Podbaba

Vodní dílo Troja - Podbaba se skládá z několika objektů. Při levém břehu je na jezu v Troji postavena MVE. Další MVE Podbaba je situována na horním plavebním kanálu, který slouží rovněž jako náhon k této MVE. Dílo zajišťuje rovněž dobrou splavnost sportovní slalomové dráhy v propusti umístěné při pravém břehu řeky.

Vodní dílo Troja – Podbaba zahrnuje tyto objekty:

- pohyblivý jez o 3 polích, hrazený dutými ocelovými klapkami
- sportovní propust
- malá vodní elektrárna - MVE Troja
- malá vodní elektrárna - MVE Podbaba
- horní plavební kanál Troja –Pobaba
- dvě plavební komory (umístěné vedle sebe)
- jezová zdrž
- zázemí vodního díla (jezu a plavebních komor)

Možné využití stávajících objektů pro migraci ryb:

- horní plavební kanál
- sportovní propust

Tabulka 15 - Základní údaje o jezu Troja. Zdroj: Lauerman a kol., 2010.

Návrhový rozdíl hladin na jezu	3,6 [m]
Provozní tolerance kolísání hladin v horní zdrži	- 0,10; +0,20 [m]
Návrhové kolísání hladin v podjezí Q_{300d} , Q_{30d}	2,9 [m]
Šířka koryta pod jezem včetně odpadu od MVE	140 [m]
Délka přelivné hrany jezu	115,3[m]

Hydrologická data VD Trója

Níže jsou uvedeny souhrnné údaje o průtocích vody v řece na jezu v Troji, které byly do této práce převzaty ze studie společnosti Envisystem s.r.o.

Č. hydrologického pořadí: 1 – 12 – 02 – 001

Plocha povodí: $A = 27\,127,5 \text{ km}^2$

Průměrný průtok: $Q_a = 148,72 \text{ m}^3/\text{s}$

Dále jsou z výše uvedené studie použita rovněž data o N letých a M denních průtocích na jezu Troja.

Tabulka 16 – N – letý průtok Q_N . Zdroj: ČHMÚ, 2009.

N	1	2	5	10	20	50	100	Počet let
Q_N	863	1 224	1 773	2 235	2 735	3 455	4 045	m^3/s

Tabulka 17 - M-denní průtok Q_M . Zdroj: ČHMÚ, 2009.

M	30	60	90	120	150	180	210	Počet dnů
Q_M	335,1	232	180	147	122	103	87,4	m^3/s
M	240	270	300	330	355	364		Počet dnů
Q_M	73,8	61,9	50,7	39,5	27,4	21		m^3/s

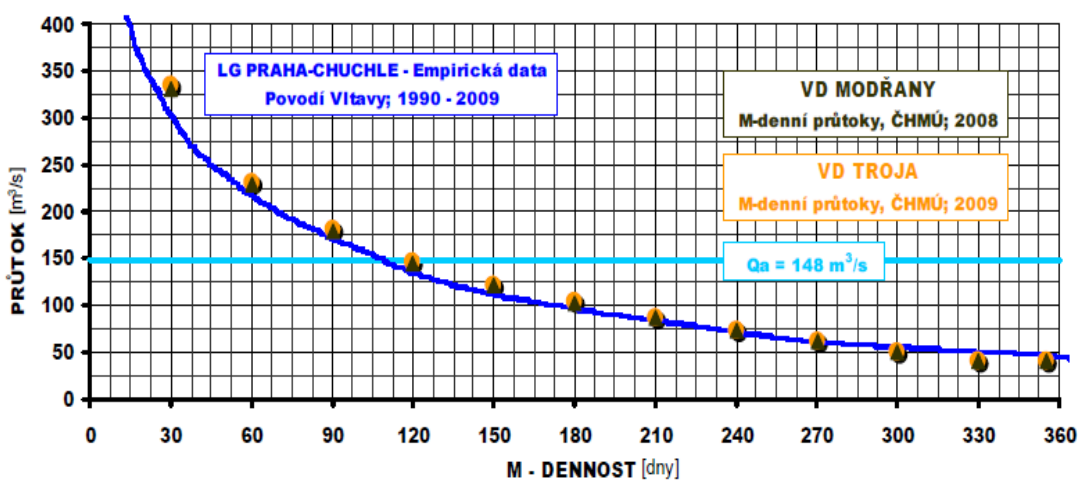
Hodnoty Q_M jsou neovlivněné provozem Vltavské kaskády.

Tabulka 18 - M-denní průtok Q_M . Zdroj: ČHMÚ, 2009.

M	30	60	90	120	150	180	210	Počet dnů
Q_M	334	231	180	146	122	103	87	m^3/s
M	240	270	300	330	355	364		Počet dnů
Q_M	73,6	61,7	50,6	40	40	40		m^3/s

Hodnoty Q_M jsou ovlivněné provozem Vltavské kaskády.

Z výše uvedených dat jasně vyplývá, že Vltavská kaskáda významně napomáhá stabilizaci toku a zabraňuje výrazným výkyvům v průtoku.



Obrázek 9 - M - denní relativní průtoky. Zdroj: Envisystem s.r.o., 2010.

Návrhový interval průtoku v řece pro rybí přechod na VD Troja

Q_{30d} - 334 [m³/s]

Q_{300d} - 50,6 [m³/s]

Koncepce řešení migračního zprůchodnění VD Troja - Podbaba je navržena s přihlédnutím k možnosti využít stávající stavby. Vzhledem k šířce řeky v těchto místech by bylo vhodné zajistit vybudování alespoň dvou funkčních rybích přechodů.

Ve studii zpracované (Lauermanem a kol., 2010) je navržena výstavba RP na levém břehu řeky u elektrárny se vstupem u savek. Trasa přechodu je navržena po proudu řeky na levém břehu mezi těsnící stěnou plavebního kanálu a korytem řeky. Trasa přechodu, který je navrženy jako štěrbínový, se po cca 35 m otáčí do protisměru a vede zpět proti proudu řeky, kde na ní navazuje spojný kanál, který odvádí ryby do horního plavebního kanálu.

Jako další varianta vybudování RP tentokrát na pravém břehu řeky je možno využít pro průchod ryb sportovní propust. Tato možnost byla ale v již provedených studiích zprůchodnění řeky vyhodnocena jako ne zcela vyhovující vzhledem k tomu, že hlavní proud řeky je směřován při levém břehu.



Obrázek 10 - Ortofotomapa VD Troja - Podbaba. Zdroj: Googlemaps.

5.7 VD Štvanice – Helmovský jez

Helmovský jez přehrazuje řeku v úseku, kde začíná ostrov Štvanice. Na špici tohoto ostrova je umístěna malá vodní elektrárna. Ostrov Štvanice dělí řeku do dvou ramen, kdy na pravém rameni je postaven plavební kanál se dvěma plavebními komorami umístěnými vedle sebe a při břehu je umístěna slalomová dráha.

Na levém rameni je situována vorová propust, nefunkční rybí přechod, pevný jez a odlehčovací propust. Vzhledem k realizovaným stavbám a vodním poměrům na řece předchozí řešitelé preferovali zprůchodnění levého ramene řeky, na kterém byl již v minulosti rybí přechod vybudován.

Vorová propust

- Je umístěna do profilu Helmovského jezu, na jeho levé straně. Má obdélníkový průřez a její dno je provedeno stupňovitě. Propust má z horní vody uzávěr.
- Šířka propusti: na vtoku 12 m a na odtoku 17,3 m.
- Celková délka propusti: 289,7 m.
- Výška stupňů na dně: 0,12 m.

Původní rybí přechod

- Je umístěn do levého krajního pilíře jezu. Jedná se o komůrkový typ přechodu.
- Délka přechodu: 40 m
- Šířka komůrky: 1,5 m
- Délka komůrky: 2,3 m
- Počet komůrek: 15
- Spád mezi komůrkami: 0,3 m

Odlehčovací propust

- Jedná se o šterkovou propust, která je umístěna do profilu Helmovského jezu, na jeho pravé straně.
- Celková šířka: 3,6 m

Tabulka 19 - Základní údaje o Helmovském jezu. Zdroj: Lauerman a kol., 2010.

Návrhový rozdíl hladin na jezu	4,5 [m]
Provozní tolerance kolísání hladin v horní zdrži	0,4 [m]
Šířka koryta pod jezem včetně odpadu od MVE	150 [m]
Délka přelivné hrany jezu	176,5[m]
Šířka koryta pod jezem	150 m
Délka přelivné hrany jezu a propusti	176,5 m

K přechodu ryb vodním dílem je možné využít:

- Vorovou propust
- Rybí přechod
- Odlehčovací propust

Hydrologická data v profilu VD Štvanice – Helmovský jez

Níže jsou uvedeny souhrnné údaje o průtocích vody v řece na VD Štvanice, které byly do této práce převzaty ze zpracované studie společnosti Envisystem s.r.o.

Č. hydrologického pořadí: 1 – 12 – 01 – 025

Plocha povodí: $A = 26\,966,80 \text{ km}^2$

Průměrný průtok: $Q_a = 148,3 \text{ m}^3/\text{s}$

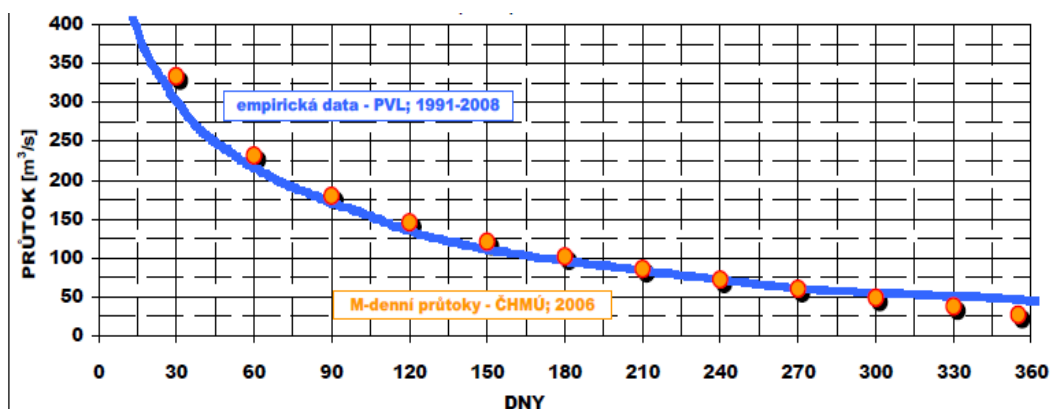
Dále jsou ze stejné studie použita rovněž data o N letých a M denních průtocích.

Tabulka 20 – N-letý průtok Q_N . Zdroj: ČHMÚ, 2006.

N	1	2	5	10	20	50	100	Počet let
Q_N	856	1 220	1 770	2 230	2 720	3 440	4 020	m^3/s

Tabulka 21 – M-denní průtok Q_M . Zdroj: ČHMÚ, 2006.

M	30	60	90	120	150	180	210	Počet dnů
Q_M	334	232	180	146	121	102	86,1	m^3/s
M	240	270	300	330	355	364		Počet dnů
Q_M	72,5	60,3	49,1	38	27,2	20,9		m^3/s



Obrázek 11 - M - denní relativní průtoky. Zdroj: Envisystem s.r.o., 2008.

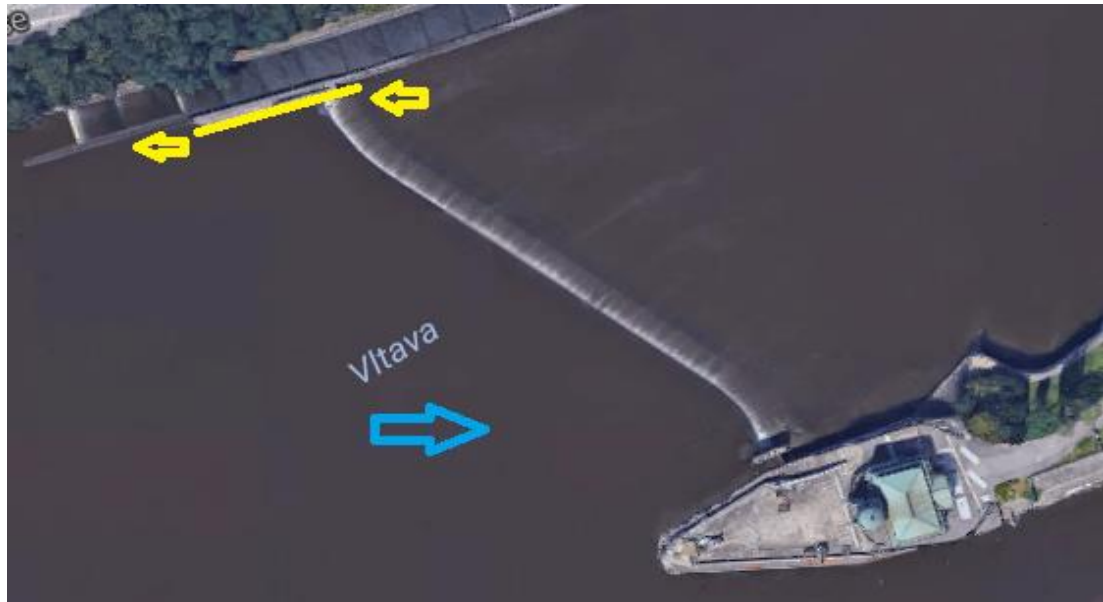
Návrhový interval průtoku v řece pro rybí přechod na VD Štvanice

Q_{30d} - 334 [m^3/s]

Q_{300d} - 49,1 [m^3/s]

V případě obnovení původního rybího přechodu by bylo potřeba posílit průtok a řešení by dle studie zpracované (Lauermanem a kol., 2008), vyžadovalo zásah do konstrukce jezové zdi, prodloužení tratě do horní vody a zmírnění sklonu tohoto v současnosti nefunkčního přechodu.

Jako další možnost je navržen RP ve vorové propusti. Vzhledem ke skutečnosti, že vorová propust je umístěna na protilehlém břehu k MVE, bylo by u tohoto řešení potřeba posílit průtok vody v této části řeky a tím omezit výkon vodní elektrárny.



Obrázek 12 – Ortofotomapa – Helmovský jez - Štvanice. Zdroj: Goglemaps.

5.8 Staroměstský jez

Staroměstský jez přehrazuje řeku v historické části Prahy, v blízkosti Karlova mostu. Vede od dolního Smíchovského plavebního kanálu na levém břehu řeky šikmo až k pravému břehu řeky ke Staroměstským mlýnům na Novotného lávce. Jedná se o pevný jez s kamennou výplní. Jez má uprostřed své délky ponechánou vorovou propust, jejíž uzavření je možné za pomoci ocelové klapky. Dno propusti je dlážděné a stupňovité.

Vorová propust

Šířka propusti: na vtoku 12 m

Celková délka propusti: 25,8 m

Výška stupňů na dně 0,12 m

Tabulka 22 - Základní údaje o Staroměstském jezu. Zdroj Lauerman a kol., 2008.

Návrhový rozdíl hladin na jezu	0,95 [m]
Návrhové kolísání hladin v horní zdrži	0,5 [m]
Šířka koryta pod jezem	260 [m]
Délka přelivné hrany jezu a vorové propusti	314[m]

K přechodu ryb vodním dílem je možné efektivně využít pouze vorovou propust uprostřed jezu.

Hydrologická data odvozená z profilu Praha - Chuchle

Níže jsou uvedeny souhrnné údaje o průtocích vody v řece Vltavě v Praze Chuchle, které byly do této práce převzaty ze zpracované studie společnosti Envisystem s.r.o.

Č. hydrologického pořadí: 1 – 12 – 01 – 005

Plocha povodí: $A = 26\,730,71 \text{ km}^2$

Průměrný průtok: $Q_a = 148 \text{ m}^3/\text{s}$

Dále jsou ze stejné studie použita rovněž data o N a M letých průtocích.

Tabulka 23 – N-letý průtok Q_N . Zdroj: ČHMÚ, 2006.

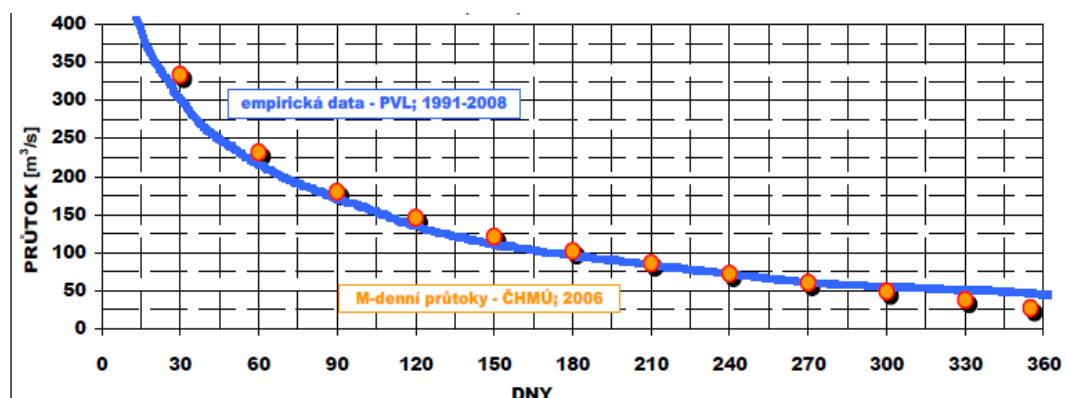
N	1	2	5	10	20	50	100	Počet let
Q_N	856	1 220	1 770	2 230	2 720	3 440	4 020	m^3/s

Tabulka 24 - M-denní průtok Q_M . Zdroj: ČHMÚ, 2006.

M	30	60	90	120	150	180	210	Počet dnů
Q_M	334	232	180	146	121	102	86,1	m^3/s
M	240	270	300	330	355	364		Počet dnů
Q_M	72,5	60,3	49,1	38	27,2	20,9		m^3/s

Hodnoty Q_M jsou neovlivněné provozem Vltavské kaskády.

Denní průtoky v případě nízkých stavů vody mohou být posílené připouštěním vody z Vltavské kaskády.



Obrázek 13 - M - denní relativní průtoky. Zdroj: Envisystem s.r.o., 2008.

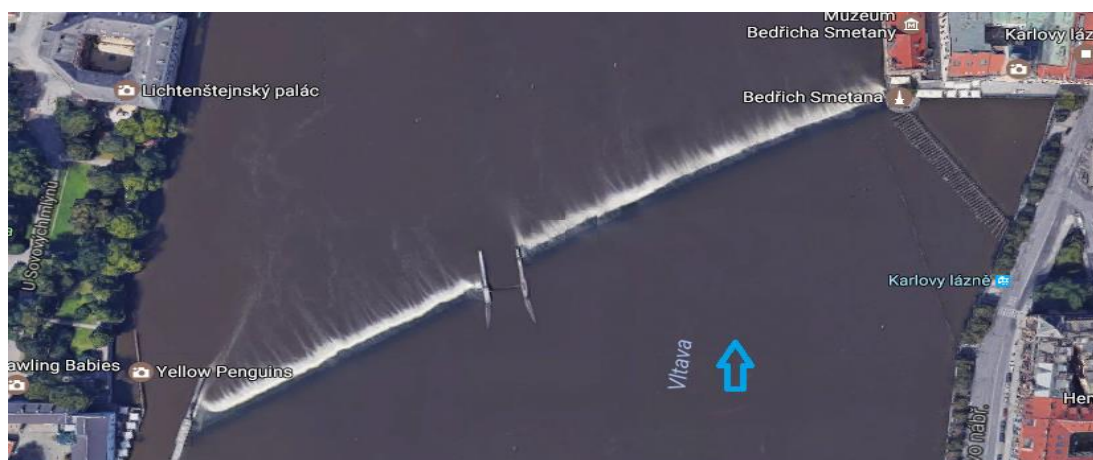
Návrhový interval průtoku v řece pro rybí přechod na Staroměstském jezu

Q_{30d} - 334 [m^3/s]

Q_{300d} - 49,1 [m^3/s]

I když je možné v tomto případě zprůchodnit rybí přechody při pravé i levé straně jezu, jeví se jako nejvýhodnější využít stávající vorovou propust uprostřed jezu. Zpracovaná studie (Lauerman a kol., 2008) navrhuje, vzhledem k celkové šířce

vorové propusti 12 m, vytvořit po obou stranách jezu balvanité přechody o šířce 4 m a uprostřed propusti vytvořit žlab s vábící vodou o šířce 3 m.



Obrázek 14 - Ortofotomapa – Staroměstský jez. Zdroj: Goglemaps.

5.9 Šítkovský jez

Šítkovský jez je situován mezi jižní částí Dětského a Slovanského ostrova. Jedná se o pevný, dřevěný jez s kamennou výplní (Grosman, 1984). Na levé straně mezi nábřežím a Dětským ostrovem je situován horní plavební kanál na Smíchově, na pravé straně mezi Slovanským ostrovem a nábřežím je situována plavební komora Mánes, která pokračuje kolem Slovanského ostrova až ke Staroměstskému jezu. Jez je pevný dvakrát zalomený a uprostřed má, stejně jako Staroměstský jez, vorovou propust. Propust je možné uzavřít klapkou z horní vody. Dno propusti je dlážděné a stupňovité.

Vorová propust

Šířka propusti:	na vtoku 12 m
Celková délka propusti:	51 m
Výška stupňů na dně	0,12 m

Tabulka 25 – Základní údaje o Šítkovském jezu. Zdroj: Lauerman a kol., 2008.

Návrhový rozdíl hladin na jezu	1,35 [m]
Návrhové kolísání hladin v horní zdrži	0,6 [m]
Šířka koryta pod jezem	260 [m]
Délka přelivné hrany jezu a vorové propusti	274,3[m]

K přechodu vodním dílem je možné efektivně využít pouze vorovou propust uprostřed jezu.

Hydrologická data odvozená z profilu Praha - Chuchle:

Níže jsou uvedeny souhrnné údaje o průtocích vody v řece Vltavě v Praze Chuchli, které byly do této práce převzaty ze zpracované studie společnosti Envisystem s.r.o.

Č. hydrologického pořadí: 1 – 12 – 01 – 005

Plocha povodí: $A = 26\,730,71 \text{ km}^2$

Průměrný průtok: $Q_a = 148 \text{ m}^3/\text{s}$

Dále jsou ze stejné studie použita rovněž data o N letých a M denních průtocích. Jedná se o data z časových řad zpracovaných ČHMÚ.

Tabulka 26 – N-letý Q_N . Zdroj: ČHMÚ, 2006.

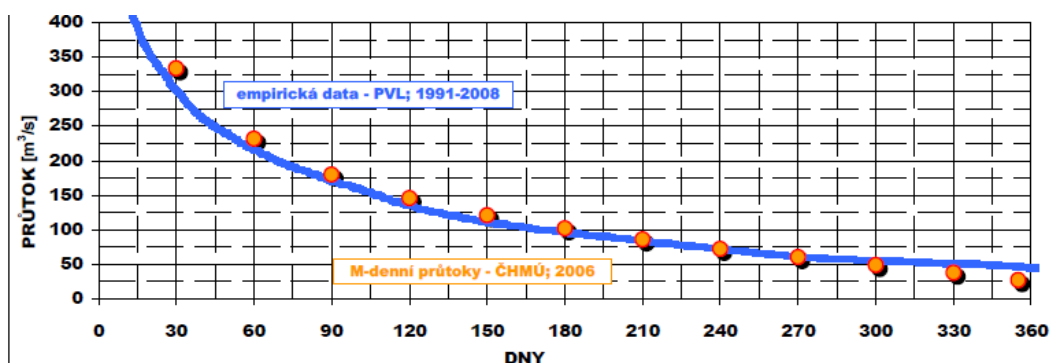
N	1	2	5	10	20	50	100	Počet let
Q_N	856	1 220	1 770	2 230	2 720	3 440	4 020	m^3/s

Tabulka 27 - M-denní průtok Q_M . Zdroj: ČHMÚ, 2006.

M	30	60	90	120	150	180	210	Počet dnů
Q_M	334	232	180	146	121	102	86,1	m^3/s
M	240	270	300	330	355	364		Počet dnů
Q_M	72,5	60,3	49,1	38	27,2	20,9		m^3/s

Hodnoty Q_M jsou neovlivněné Vltavskou kaskádou.

Denní průtoky v případě nízkých stavů vody mohou být posílené připouštěním vody z Vltavské kaskády.



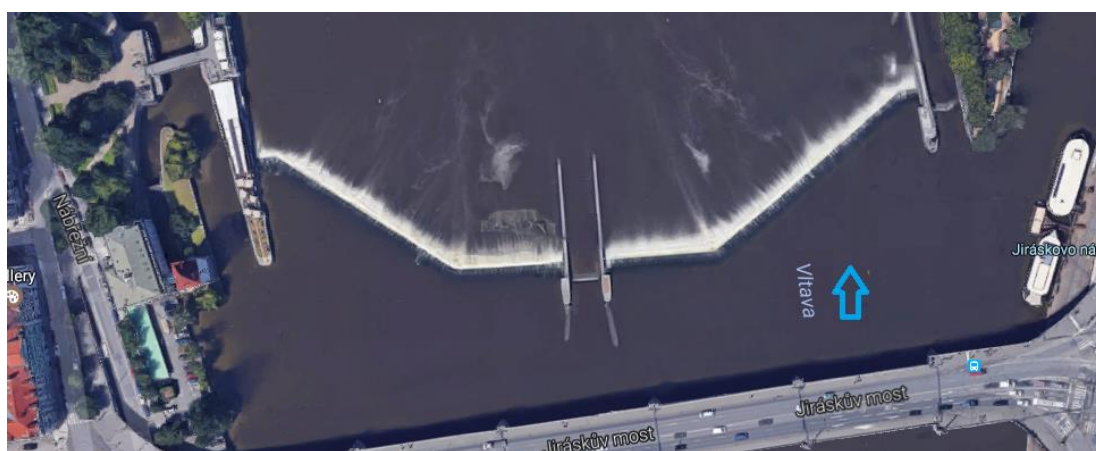
Obrázek 15 - M - denní relativní průtoky. Zdroj: Envisystem s.r.o., 2008.

Návrhový interval průtoku v řece pro rybí přechod na Šítkovském jezu

Q_{30d} - 334 [m³/s]

Q_{300d} - 49,1 [m³/s]

I když je možné v tomto případě zprůchodnit rybí přechody při pravé i levé straně jezu, jeví se jako nejvýhodnější využít stávající vorovou propust uprostřed jezu. I v tomto případě (Lauerman a kol., 2008) navrhuji, vzhledem k celkové šířce vorové propusti 12 m, vytvořit po obou stranách jezu balvanité přechody o šířce 4 m a uprostřed propusti vytvořit žlab s vábící vodou o šířce 3 m.



Obrázek 16 - Ortofotomapa Šítkovský jez. Zdroj: Googlemaps.

5.10 VD Modřany

VD Modřany se nachází v jižní okrajové části Prahy v blízkosti Chuchelského závodiště v místě, kde kolem řeky souběžně vede Strakonická ulice. Na levé straně řeky je postavena MVE, řeku přehrazuje jez o třech polích a na pravé straně řeky je vybudována plavební komora. Součástí vodního díla je rovněž sportovní propust s přívodním kanálem a zázemí vodního díla.

K přechodu ryb vodním dílem je možné využít:

Sportovní propust pro malá plavidla je tvořena žlabem obdélníkového profilu s lomovým sklonem dna, kdy v první části je propust v délce 15 m postavena se sklonem 6 % a ve druhé části je v délce 17,5 m postavena se sklonem 8 % (Grosman, 1984).

Délka propusti	32,5 m
Šířka žlabu	2 m
Délka přívodního kanálu k propusti	184 m

Na vodním díle není v současnosti žádný rybí přechod.

Tabulka 28 – Základní údaje o jezu Modřany. Zdroj: Lauerman a kol., 2010.

Návrhový rozdíl hladin na jezu	2,3 [m]
Provozní tolerance kolísání hladin v horní zdrži	- 0; + 0,20 [m]
Návrhové kolísání hladin v podjezí Q_{300d} , Q_{30d}	1,17 [m]
Šířka koryta pod jezem včetně odpadu od MVE	110 [m]
Délka přelivné hrany jezu	81[m]

Hydrologická data – jez Modřany

Níže jsou uvedeny souhrnné údaje o průtocích vody v řece na jezu v Modřanech, které byly do této práce převzaty ze zpracované studie společnosti Envisystem s.r.o.

Č. hydrologického pořadí: 1 – 12 – 01 – 001

Plocha povodí: $A = 26\,714,43 \text{ km}^2$

Průměrný průtok: $Q_a = 147,5 \text{ m}^3/\text{s}$

Dále jsou ze stejné studie použita rovněž data o N letých a M denních průtocích na jezu v Modřanech.

Tabulka 29 – N-letý průtok Q_N . Zdroj: ČHMÚ, 2006,2008,2009.

N	1	2	5	10	20	50	100	Počet let
Q_N	856	1 220	1 770	2 230	2 720	3 440	4 020	m^3/s

Tabulka 30- M-denní průtok Q_M . Zdroj: ČHMÚ 1931 – 1980.

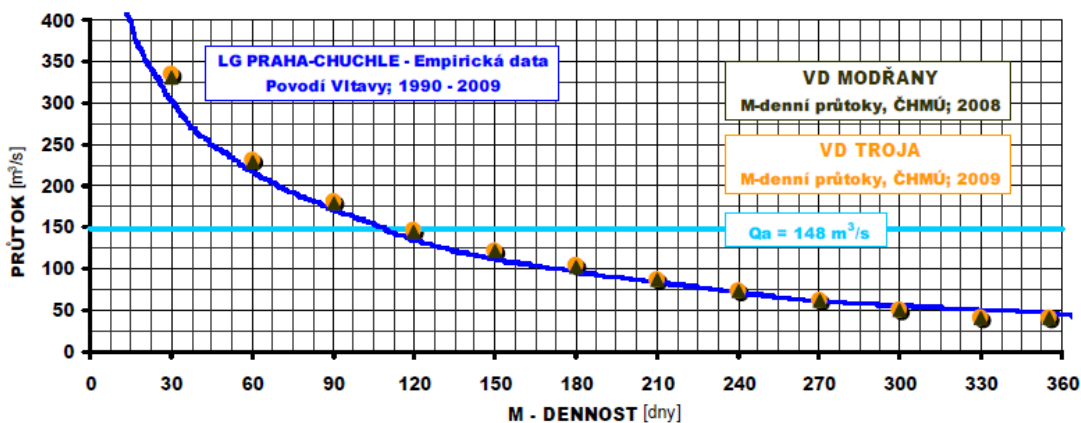
M	30	60	90	120	150	180	210	Počet dnů
Q_M	335,1	232	180	147	122	103	87,4	m^3/s
M	240	270	300	330	355	364		Počet dnů
Q_M	73,8	61,9	50,7	39,5	27,4	21		m^3/s

Hodnoty Q_M nejsou ovlivněny provozem Vltavské kaskády.

Tabulka 31 - M-denní průtok Q_M . Zdroj: ČHMÚ 1931 – 1980.

M	30	60	90	120	150	180	210	Počet dnů
Q_M	331	229	178	145	121	102	86,3	m^3/s
M	240	270	300	330	355	364		Počet dnů
Q_M	73	61,2	50,2	40	40	40		m^3/s

Hodnoty Q_M jsou ovlivněny provozem Vltavské kaskády.



Obrázek 17 - M - denní relativní průtoky. Zdroj: Envisystem s.r.o., 2010.

Návrhový interval průtoku v řece pro rybí přechod na VD Modřany

$$Q_{30d} - 331 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

$$Q_{300d} - 50,2 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

Koncepce řešení migračního zprůchodnění VD Modřany je navržena s přihlédnutím k možnosti využít stávající stavby. Vzhledem k převažujícímu proudu řeky je vhodné situovat vstup do navržených rybích přechodů na levou stranu říčního toku do těsné blízkosti výtoku vody ze savek elektrárny.

Vzhledem k dostatečnému prostoru navrhli (Lauerman a kol., 2011) v místě balvanitý rybí přechod šířky 5 m, se spádem mezi tůněmi 0,15 m. Trasa přechodu je vedena v prostoru mezi korytem Vltavy a sportovní propustí. Navržená délka kaskády je 55 m a dále pokračuje za pomoci užšího kanálu do sportovní propusti.



Obrázek 18 – Ortofotomapa jez Modřany. Zdroj: Googlemaps.

6 VÝSLEDKY PRO JEDNOTLIVÁ VODNÍ DÍLA

Vzhledem k současné situaci na jednotlivých vodních dílech je většina dále uvedených výpočtů provedena pro šterbinové RP. Pouze ve třech případech jsou provedeny výpočty pro balvanité RP.

Tabulka 32 – Souhrnný přehled základních limitů parametrů pro šterbinový RP a pro ostatní typy RP. (TNV 75 2321)

Parametr	Rozměry	Limity pro šterbinový RP (v závorce uvedeny limity pro lososa)	Limity pro ostatní RP
Sklon nivelety dna tělesa RP	%	5 až 8 (10)	5 a méně
Rozdíl navazující úrovně vodních hladin	m	0,1 až 0,15 (0,2)	doporučený 0,15 maximální 0,20
Hloubka vody- peřej - bazén	m	0,5 až 0,8	minimální 0,3 minimální 0,5 optimální 0,8
Délka bazénu podle typu a šířky tělesa RP	m	1,9 (3,0)	minimální 1,5 více
Šířka tělesa (bazénu) podle typu RP mígrační rampa obtokové koryto	m	1,2 (1,8)	minimální 3,5 minimální 1,5
Šířka šterbiny u prostupných přepážek (závisí na šířce tělesa RP, počtu šterbin, průtoku vody, zajištění přelivu přepážky)	m	0,15 až 0,20 (0,30)	minimální 0,1 maximální 0,6
Střední rychlost proudění vody v RP	$m \cdot s^{-1}$	0,5	0,5 až 0,7
Maximální hranice disipace energie	$W \cdot m^{-3}$	100 až 125 (150 až 200)	90 až 135
Rychlost proudění vody ve výstupu RP	$m^3 \cdot s^{-1}$	optimální 0,4	optimální do 0,4
Průtok vody	$m^3 \cdot s^{-1}$	0,14 až 0,16 (0,40)	podle šířky tělesa RP

Značení základních geometrických rozměrů RP:

Rybí přechod

Návrhový průtok RP	$Q_{rp} [m^3 \cdot s^{-1}]$
Celkový výškový spád	$H_{rp} [m]$
Doporučená délka RP	$L_{dop} [m]$
Délka RP	$L_{rp} [m]$
Šířka RP	$B_{rp} [m]$
Počet přepážek RP	$n [ks]$
Doporučený podélný sklon	$i_{dop} [-]$ doporučuje se 4%

Bazének

Délka bazénku	$L_{bazének} [m]$
Objem bazénku	$V_{bazének} [m^3]$

Štěrbina:

Kapacitní průtok	$Q_{\text{kap}} [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$
Rozdíl hladin na štěrbině	$dh [\text{m}]$
Šířka štěrbin	$B_{\text{štěrbin}} [\text{m}]$
Rychlost vody ve štěrbině	$v_{\text{max}} [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$
Přítoková rychlost na vtoku RP	$v_0 [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$
Redukovaná energetická výška	$h_e [\text{m}]$
Maximální hloubka vody	$h_{\text{max}} [\text{m}]$
Minimální hloubka vody	$h_{\text{min}} [\text{m}]$
Froudovo číslo	$Fr_{\text{štěrbin}}^2 [-]$
Vtokový součinitel	$\varphi = 0,70-0,80$
Tloušťka železobetonové přepážky	$tl [\text{m}]$

Disipovaný výkon

Disipovaný výkon v jednom bazénku	$P [\text{W}]$
Měrný disipovaný výkon	$P_{\text{měr}} [\text{W} \cdot \text{m}^{-3}]$

Obecné rovnice pro výpočet RP

$$dh_{dov} = \frac{v_{dov}^2}{2g\varphi^2} [\text{m}] \quad (1)$$

$$n = \frac{H_{rp}}{dh_{dov}} [\text{ks}] \quad (2)$$

$$dh = \frac{H_{rp}}{n} [\text{m}] \quad (3)$$

$$v_{\text{max}} = \varphi\sqrt{2gdh} [\text{ms}^{-1}] \quad (4)$$

$$B_{\text{štěrbin}} = \frac{Q_{rp}}{\varphi h_{\text{min}}\sqrt{2gdh}} [\text{m}] \quad (5)$$

$$Q = \varphi h_{\text{min}} B_{\text{štěrbin}} \sqrt{2gdh} [\text{m}^3 \text{s}^{-1}] \quad (6)$$

$$v_0 = \frac{Q}{B_{rp} h_{\text{max}}} [\text{ms}^{-1}] \quad (7)$$

$$h_e = 0,85 \left(h_{max} + \frac{v_0^2}{2g} \right) [m] \quad (8)$$

$$Q_{kap} = 0,54 B_{\text{štěrbin}} \sqrt{2gh_e}^{3/2} [m^3 s^{-1}] \quad (9)$$

$$Fr_{\text{štěrbin}}^2 = \frac{v_{max}^2}{gh_{min}} [-] \quad (10)$$

$$L_{dop} = \frac{100dh - i_{dop} tl}{i_{dop}} [m] \quad (11)$$

$$L_{rp} = (n - 1)(L_{bazénku} + tl) [m] \quad (12)$$

$$P = Qdh\rho g [W] \quad (13)$$

$$V_{bazénku} = h_{min} B_{rp} L_{bazénku} [m^3] \quad (14)$$

$$P_{\text{měr}} = \frac{P}{V_{bazénku}} [W m^{-3}] \quad (15)$$

Souhrnné tabulky geometrických a hydraulických hodnot pro jednotlivá vodní díla a jezy

Tabulka 33 – šterbinové rybí přechody. Zdroj: Autor.

	VD Vraňany	VD Měřejovice	VD Dolany	VD Klecany	VD Troja- Podbaba
dh_{dov} [m]	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
n[ks]	28	24	28	24	24
dh [m]	0,154	0,154	0,152	0,154	0,15
v_{max} [m.s⁻¹]	1,39	1,39	1,38	1,39	1,37
B_{štěrbin} [m]	0,2	0,2	0,17	0,2	0,2
Q [m³.s⁻¹]	0,167	0,167	0,141	0,167	0,165
v₀ [m.s⁻¹]	0,111	0,111	0,094	0,111	0,138
h_e [m]	0,851	0,851	0,85	0,851	0,851
Q_{kap} [m³.s⁻¹]	0,375	0,375	0,319	0,375	0,375
Fr_{štěrbin}² [-]	0,328	0,329	0,324	0,0329	0,32
L_{bazének} [m]	2,5	3	3	3	2,4
L_{rp} [m]	70,74	71,76	81,54	71,76	57,96
P [W]	251,59	252,57	209,95	252,57	242,8
V_{bazének} [m³]	2,25	2,7	2,61	2,7	1,73
P_{měr} [W.m⁻³]	111,8	93,5	80,4	93,5	140,5

Tabulka 34 – šterbinový a balvanité rybí přechody. Zdroj: Autor.

	VD Štvanice Helmovský jez	Staroměstský jez	Šitkovský jez	VD Modřany
dh_{dov} [m]	0,15	0,2	0,2	0,2
n [ks]	29	5	7	12
dh [m]	0,155	0,19	0,193	0,192
v_{max} [$m \cdot s^{-1}$]	1,39	1,54	1,556	1,55
$B_{šterbiny}$ [m]	0,18	0,41	0,41	0,41
Q [$m^3 \cdot s^{-1}$]	0,151	0,507	0,511	0,509
v_0 [$m \cdot s^{-1}$]	0,101	0,106	0,106	0,339
h_e [m]	0,85	1,02	1,02	0,855
Q_{kap} [$m^3 \cdot s^{-1}$]	0,338	1,011	1,811	0,775
$Fr_{šterbiny}^2$ [-]	0,331	0,304	0,309	0,307
$L_{bazének}$ [m]	2,5	4	4,6	5,6
L_{rp} [m]	73,36	17,2	29,4	64,9
P [W]	229,86	945	966,78	957,05
$V_{bazének}$ [m^3]	2,25	12,8	14,72	6,72
$P_{měr}$ [$W \cdot m^{-3}$]	102,2	73,8	65,7	142,4

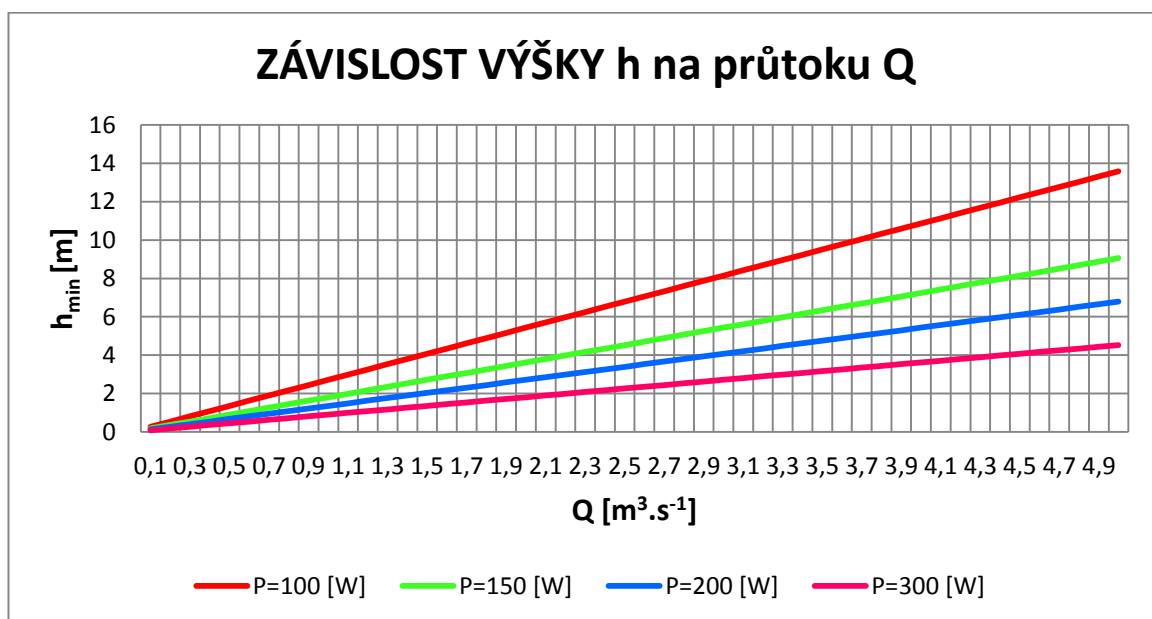
Tabulky jsou zpracovány dle výpočtů přiložených v přílohách 1 až 9.

Při vlastním návrhu RP jsem postupoval podle schváleného standardu péče o přírodu a krajinu - rybí přechody SPPK BK02 006:2014, kde je uveden postup výpočtu hydraulických prvků RP. Pro stanovení požadovaného průtoku slouží rovnice (6), kde $Q = f(B_{šterbiny}, dh, h_{min}, \varphi)$. Po dosazení doporučených základních limitů parametrů pro šterbinový RP (TNV 75 2321) jsem určil hodnotu $Q = 0,14 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (platí pro $B_{šterbiny} = 0,2\text{m}$, $dh = 0,15\text{m}$, $h_{min} = 0,5\text{m}$, $\varphi = 0,8$). Pro tento požadovaný průtok je splněna podmínka šířka šterbiny. Požadovaný průtok je možné vyjádřit i z rovnic (13, 14 a 15), kde $Q = f(P_{měr_dovol}, dh, V)$. Po dosazení doporučených základních limitů parametrů pro šterbinový RP jsem stanovil hodnotu $Q = 0,14 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (platí pro $P_{měr_dovol} = 125 \text{ W m}^{-3}$, $dh = 0,15\text{m}$, $h_{min} = 0,5\text{m}$, $B_{rp} = 1,2\text{m}$, $L_{bazénku} = 1,9\text{m}$). Pro tento požadovaný průtok je splněna podmínka poměrného disipovaného výkonu. Z těchto určených průtoků je zřejmé, že pro návrh hydraulických prvků RP je nutné použít hodnotu $Q = 0,14 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, protože jsou potom splněny obě nejdůležitější podmínky RP - šířka šterbiny a poměrný disipační výkon. Je vhodné připomenout, že při zvětšení šířky RP a délky bazénku při zachování ostatních hodnot v rovnicích

(13, 14 a 15) např.: $B_{rp} = 1,5\text{m}$, $L_{bazénku} = 3\text{m}$ vychází $Q = 0,19\text{ m}^3\text{s}^{-1}$. V tomto případě je nutné použít hodnotu $Q = 0,14\text{ m}^3\text{s}^{-1}$ vypočítanou podle rovnice (6), aby byly rovněž splněny obě podmínky. Odvětvová technická norma vodního hospodářství udává hodnotu průtoku vody $Q = 0,14 - 0,16\text{ m}^3\text{s}^{-1}$, která je v souladu s mým výpočtem. Dále jsem při výpočtu redukované energetické výšky h_e z rovnice (8) zjistil, že člen $\frac{v_0^2}{2g}$ má zanedbatelný vliv na výpočet kapacitního průtoku Q_{kap} při požadované rychlosti na výstupu RP $v = 0,4\text{ m/s}$. Tím by se zjednodušil vzorec rovnice (8) pro redukovanou energetickou výšku na $h_e = 0,85 \times h_{max}$.

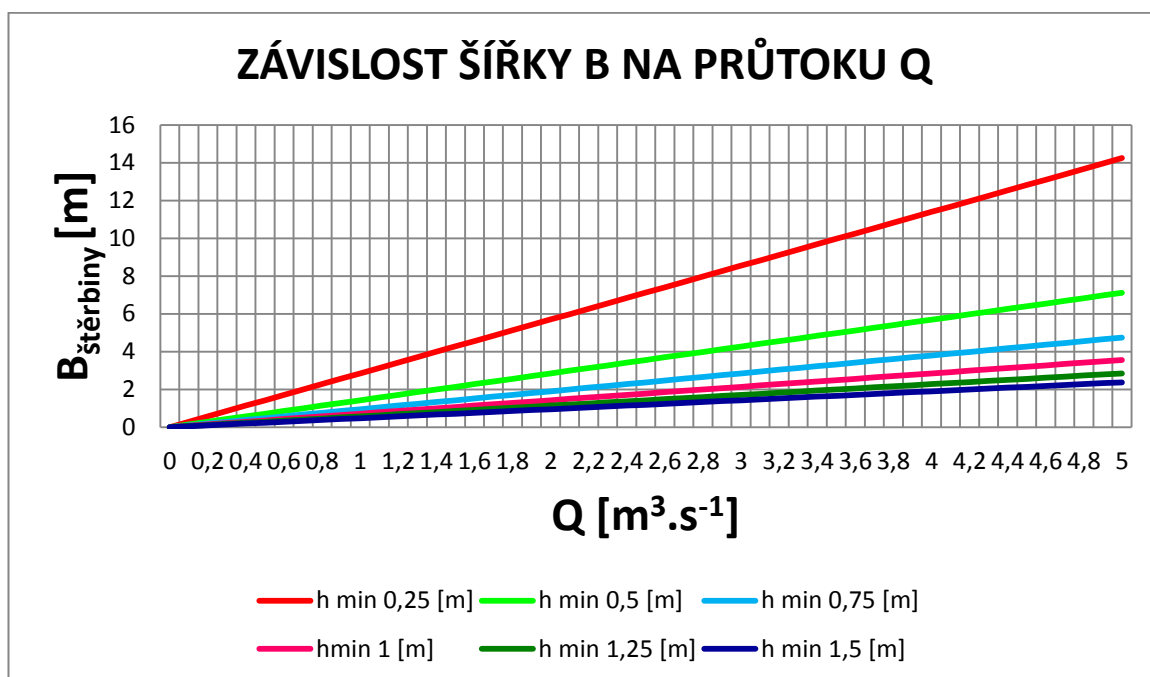
Při požadovaných rozměrech $B_{štěrbin}$, B_{rp} a h_{min} jsou rychlosti na vstupu a výstupu RP stejné a jejich hodnota činí $v_{vstup}, v_{výstup} = 0,23\text{ m/s}$. Rychlost ve štěrbině je $v_{max} = 1,4\text{ m/s}$ a je v souladu s výpočtem. Rychlost na výstupu je menší než $v = 0,4\text{ m/s}$ a splňuje tuto podmínku. Migrujícím rybám tak nehrozí nebezpečí, že budou silným proudem strhávány zpět k příčné překážce. Rychlost na vstupu je však menší než požadovaná rychlost pro obecnou rybu $v = 0,75\text{ m/s}$. V tomto případě je nezbytně nutné zvýšit rychlost přidáním průtokem nebo zúžit šířku na vstupu RP na $B_{rp} = 0,37\text{ m}$. Těmito úpravami se docílí dostatečný vábící proud a migrující ryby naleznou bez problému vstup do RP.

Pro rychlý a názorný odečet hodnot při dimenzování RP jsem vypracoval grafy, ve kterých je názorně zobrazena závislost dvou nejdůležitějších podmínek pro RP. Jedná se o závislost výšky h na průtoku Q a závislost šířky B na průtoku Q . Viz obr. 19. a 20.



Obrázek 19 – Závislost výšky h na průtoku Q . Zdroj: Autor, 2017.

Graf na obrázku 19 slouží pro odečet hodnoty h_{\min} [m] pro zvolený průtok Q [m^3s^{-1}] a disipovaný výkon P [W].



Obrázek 20 – Závislost šířky B na průtoku Q. Zdroj: Autor, 2017.

Graf na obrázku 20 slouží pro odečet hodnoty $B_{\text{šterbiny}}$ [m] pro zvolený průtok Q [m^3s^{-1}] a minimální hloubku vody h_{\min} [m].

7 DISKUZE

Diplomovou práci jsem zpracoval na základě výpočtů dle SPPK B02 006:. Limitní hodnoty parametrů pro štěrbinový rybí přechod jsou v této práci převzaty z TNV 75 2321. (Lauer mann a kol., 2008-2012) zpracovali studie s návrhy možného zprůchodnění jezů na dolním toku Vltavy z hlediska migrace ryb, ve kterých jsou uvedeny podstatně vyšší hodnoty návrhových průtoků, které se rozcházejí s hodnotami uvedenými v normě TNV 75 2321.

Hodnoty uvedené v normě nejsou v souladu ani s doporučením odborníků na tuto problematiku. (Larinier a Marmulla, 2003) uvádějí, že průtok vody rybím přechodem musí být dostatečně silný, aby byl srovnatelný s proudem v řece během průchodu. Je obtížné stanovit přesná kritéria, ale obecně platí, že průtok procházející skrz RP musí být v řádu 1-5 % celkového průtoku v řece. Rovněž (Hanel a Lusk, 2005) udává, že velikost a tedy i průtokové množství vody v RP by mělo být v relaci s velikostí vodního toku. Orientačně lze považovat za potřebné, zajistit pro RP podle velikosti (průtok) vodního toku následující množství vody: u toků do $50 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ pro rybí přechod $1 - 5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. (Horký a kol., 2013) uvádí, že návrhové průtoky RP by měly dosahovat 5 – 10 % průměrného dlouhodobého ročního průtoku v řece na menších vodních tocích, u větších vodních toků s $Q_{330d} > 10 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ by průtoky RP měly dosahovat 1% – 5 % celkového aktuálního průtoku. (Hánová, 2011) udává, že je možné zanechat vyšší průtoky a konstrukcím RP zdrsňit dno. Tím by se snížila disipační energie a ryba by mohla komfortněji proplout.

7.1 Výpočet pro štěrbinové rybí přechody

Pro porovnání jsem proto přepočítal hodnoty vybraných rybích přechodů tak, aby splňovaly požadavky uvedené normy.

Aby byly splněny limitní hodnoty, musel jsem plošně snížit návrhové průtoky ve všech rybích přechodech a upravit jejich dimenzování. Pro urychlení návrhu dimenzování jsem zpracoval výpočetní algoritmus v aplikaci Microsoft Excel, který jsem doplnil o mezní hodnoty. Pokud výsledek nebyl v rozmezí limitních hodnot, automaticky zčervenalo pole chybné hodnoty. Ve výpočtu jsou uvedeny čtyři omezující podmínky.

Omezující podmínky

Rozdíl hladin na šterbině	dh [m]
Šířka šterbiny	$B_{\text{šterbiny}}$ [m]
Délka bazénku	$L_{\text{bazének}}$ [m]
Měrný disipovaný výkon	$P_{\text{měr}}$ [$W \cdot m^{-3}$]

Pro výpočet jsou stanoveny následující proměnné

Rychlost dovolená pro cílový druh ryby	v_{dov} [m/s]
Vtokový součinitel	$\varphi = 0,70-0,80$
Návrhový průtok RP	Q_{rp} [$m^3 \cdot s^{-1}$]
Celkový výškový spád	H_{rp} [m]
Maximální hloubka vody	h_{max} [m]
Minimální hloubka vody	h_{min} [m]
Šířka RP	B_{rp} [m]
Doporučený podélný sklon	i_{dop} [-]
Tloušťka železobetonové přepážky	tl [m]

Po odborné konzultaci jsem se rozhodl zanechat průtoky v rozmezí 0,14 - 0,16 m³/s, přestože norma uvádí, že by měl být průtok RP 1% - 5% průtoku toku, ale nadřazenější je v tomto případě proudění v přechodu tak, aby pro rybu bylo pohodlnější tento RP překonat. Vábivý proud, který má ryby do RP nalákat, nemusí nutně vytékat z RP, ale může být přidán z výtoku MVE nebo přiveden ke vstupu přidavným potrubím. Většina vstupů do rybích přechodů se umísťuje tak, aby byly co nejbližší výtoku z MVE (Horký a kol., 2013). Odborná literatura dále uvádí, že by optimální šířka rybiho přechodu měla zabírat přibližně 5 – 10 % celkové šířky toku. Taková šířka RP je ovšem závislá na dostupném prostoru, případně ochotě správce povodí investovat s takovou úpravou související finanční prostředky.

Z výpočtů je zjevné, že pokud by měly být dodrženy požadavky výše uvedené normy, návrhové průtoky v rybím přechodu by měly být v maximální hodnotě 0,14 - 0,16 m³s⁻¹. Vzhledem k doloženým průtokům ve Vltavě a zachování poměru 1% - 5% průtoku toku by znamenalo dimenzovat RP na průtoky 0,4 m³s⁻¹ – 2 m³s⁻¹ když budeme uvažovat, že Q_{330d} je v průměru 40 m³s⁻¹. To by ovšem znamenalo, že

v rybím přechodu budou větší rychlosti a několikanásobně překročena disipační energie, kterou by ryby musely překonat.

Pro technické RP se domnívám, že je vhodné použít jako materiál pro stavbu beton vyztužený železnými armaturami zasypanými štěrkem, aby se dno podobalo přírodnímu korytu řeky, jak doporučuje (Hánová, 2011).

7.2 Výpočet pro balvanité rybí přechody

Výpočty pro balvanité přechody se zásadně neliší od štěrbinových, odlišují se pouze jejich mezní hodnoty dle tabulky z TNV 75 2321 a ve výpočtu světlé šířky štěrbin B se dále zavede celková šířka jako součet jednotlivých štěrbin. Dalším podstatným rozdílem je, že v balvanitých RP může proudit vyšší průtok až $0,6 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

Pro balvanité RP je vhodné vytvářet tůň nepravidelnými liniemi velkých balvanů. Linie není vhodné budovat v přímém směru, ale používají se půdorysná zakřivení ve tvaru písmen A, U, V, W a J s vrcholem orientovaným proti proudu (Slavík a kol., 2012).

Chtěl bych upozornit na skutečnost, že označení základních geometrických rozměrů na str. 19 v SPPK B02 006 je z části zcela odlišné, než jsou označené proměnné ve vlastním výpočtu, který bezprostředně následuje. Toto rozdílné značení může uživatele normy při výpočtu RP uvést v omyl.

7.3 Doplnková zařízení rybích přechodů

Navržené technické RP by měly mít zabudované na vstupu a výstupu stavidlo na elektrický či ruční pohon. Stavidla slouží k uzavření přítoku vody do RP, aby bylo možné provést revizi technického stavu RP a jeho vyčištění. Stavidlo na výstupu může regulovat a udržovat konstantní průtok vody a zajišťovat tak spolehlivě migrační prostupnost RP, který by měl být osazen na vhodných místech montážními patkami pro připojení monitorujícího zařízení a průtokoměru. (Hanel a Lusk, 2005) upozorňují, že regulace průtoku by měla být zásadně prováděna pouze bočním hrazením. Regulace nátoky vody do RP přihrazením shora je nutno zásadně vyloučit, neboť vede ke zvýšení proudových rychlostí. Nedílnou součástí RP (TNV 75 2321) by měla být rovněž plovoucí norná stěna pro zachycení splaví, která by měla chránit

RP před zanášením a ucpáváním. Každý RP by měl být zabezpečen před vstupem nepovolaných osob tak, aby nemohlo dojít k jejich zranění. Trasa RP by měla být uzavřena kovovými rošty, které by zabránily pádu do koryta a podle místních podmínek by měl být RP oplocen a osvětlen.

7.4 Funkčnost rybího přechodu

(Závorka a kol., 2014) uvádí, že rybí přechod je vyhodnocen jako funkční, když jím projde více jak 70% sledovaných druhů migrujících ryb. (Bunt a kol., 2016) ve své studii rovněž uvádí průměrnou účinnost od 70% do 73% pro přírodní RP a cca 50 % i méně pro technické RP a upřesňuje, že průchodnost přírodě blízkých rybích přechodů je obecně lepší než účinnost technických RP. Nejdůležitějším závěrem z jím zveřejněných dat však není hodnocení celkové efektivity a atraktivity jednotlivých rybích přechodů, ale zjištění, že existuje obrovská variabilita ve výkonech u všech typů RP. Uvedené lze chápat tak, že shromážděnými statistickými daty dokládá, že RP mají různou účinnost pro různé druhy ryb.

Tato vyhodnocení však neuvádí konkrétní geometrické a hydraulické poměry příslušného RP, proto navrhuji, aby na VD Vraňany a VD Modřany byly v době jarní a podzimní migrace ryb umístěny kromě monitorovacích zařízení jak na vstupu tak výstupu RP i průtokoměry, hloubkoměry a teploměry, kterými by se zjistily aktuální hodnoty průtoků, rychlostí, hloubky a teploty vody. Tyto hodnoty z velké míry ovlivňují úspěšnou migraci ryb, a proto by je bylo potřeba dlouhodobě sledovat. Vhodné by bylo tato měření i monitoring provádět v době jarních i podzimních migrací i na ostatních rybích přechodech.

Funkčnost rybích přechodů bych doporučoval ověřit systémem RFID s využitím odlovu elektrickým proudem a následným označením ryb (Závorka a kol., 2014). Výhodou této metody je, že se dá využít pro jakoukoliv říční síť a nechá se přizpůsobit rozdílným RP (Slavík a kol., 2012) nicméně uvádí, že odlov omráčením elektrickým proudem je v rozporu se zákonem na ochranu proti týrání zvířat.

Při zpracování konstrukčního návrhu RP lze také uvažovat o vytvoření "stavebnicového" RP z jednotlivých prefabrikovaných dílů. Výhody spatřuji v rychlé a jednoduché stavbě, v možnosti přestavení přepážek (změna tvaru a geometrických rozměrů) podle zájmového společenstva ryb. Po optimalizaci tvaru koryta a přepážek a po praktickém ověření funkčnosti RP by mohl vzniknout technický typizovaný RP,

který by byl používán standardně na našich řekách. Stavitelé VD s MVE a jezy by měli k dispozici jednotlivé díly k sestavení RP a bylo by odstraněno riziko, že bude sice přechod vybudován, ale nebude funkční. Odpadla by rovněž nutnost studie o zprůchodnění příčné vodní překážky, návrh by se omezil pouze na stanovení počtu přepážek a účinné délky RP, které by se vypočítaly z projektovaného celkového spádu VD. Směrem jednotných typů RP se ubírají např. v Holandsku, kde se využívají dva typy RP, tzv. *holandský* typ s V přepážkou nebo typ s přepážkou se zatopeným otvorem. Tyto typy RP popisuje podrobněji norma ČSN ISO 26 906.

8 ZÁVĚR

Úkolem mé DP bylo navrhnout průtoky na jednotlivých překážkách, které brání zprůchodnění říční sítě na dolním toku Vltavy od soutoku Vltavy s Beroučkou do soutoku s Labem a vypracovat inventarizaci překážek.

Ve studijní lokalitě je celkem 9 migračních překážek:

VD Vraňany	- ř.km 11,55	- nedostatečně zprůchodněno
VD Miřejovice	- ř.km 17,98	- nedostatečně zprůchodněno
VD Dolany	- ř.km 27,37	- není RP
VD Klecany, Roztoky	- ř.km 37,08	- není RP
VD Troja – Podbaba	- ř.km 45,58	- není RP
VD Štvanice -Helmovský jez	- ř.km 51,057	- není RP, (zazděný vchod)
VD Staroměstský jez	- ř.km 53,187	- není RP
VD Šitkovský jez	- ř.km 54,139	- není RP
VD Modřany	- ř.km 62,21	- není RP

Pro vodní dílo Vraňany jsem zvolil jako hlavní variantu úpravu stávajícího štěrbínového rybího přechodu dle vypočítaných hodnot. Jako vedlejší RP není zvolen zatím žádný, ale výhledově se počítá s navržením balvanitého RP pod savkami MVE, kde je největší průtok a největší kumulace ryb. Tento RP by následně převzal funkci hl. přechodu a již zmíněný přechod by byl považován za vedlejší.

Pro vodní dílo Miřejovice je možné rovněž upravit stávající štěrbínový RP, který by bylo možné doplnit o další RP při levém břehu.

Pro vodní dílo Dolany přichází v úvahu dvě možnosti štěrbínových přechodů, které jsou prakticky totožné jen s odlišnou trasou a vyústěním jedním nad jez a druhým do vedlejšího ramena. Výhledově lze uvažovat o rybí komoře u jezu.

Pro vodní dílo Klecany je vhodná varianta štěrbínového přechodu na levém břehu v podjezí s vyústěním v nadjezí a na pravém břehu štěrbínovým přechodem u savek MVE s využitím prostoru pilíře konstrukce jezu a dále využití pozemků v prostoru MVE.

VD Troja - Podbaba je možné postavit jako hlavní štěrbínový RP na levém břehu řeky. Doplnkovým přechodem by mohl být kanál v současnosti využívaný sportovci.

Pro Helmovský jez - Štvanici se domnívám, že je účelné řešení realizace štěrbínového rybího přechodu pod MVE s využitím vábíčního proudu ze savek a jako

doplňkový upravit stávající, nefunkční RP na levém břehu podle současných poznatků a normy TNV 75 2321.

Pro Staroměstský jez se jako realistické řešení nabízí návrh dvou balvanitých RP po obou březích Vltavy s parametry 4 m šířky a využití průchodu mezi přechody jako vábící proud. Stavba se nachází ve starobylém centru města a je nutné volit šetrné řešení. Mezi RP by mohl být ponechán volný průtok, který by sloužil jako vábící proud.

Šítkovský jez z hlediska zprůchodnění představuje velmi podobnou situaci jako jez Staroměstský. Vorová propust o šířce 12 metrů by mohla být osazena dvojitým rybím přechodem s ponecháním volného průchodu ve střední části, který bude využit jako vábící proud.

Modřanský jez - v tomto případě je jako nejvhodnější varianta navrhnout balvanitý RP se vstupem pod MVE a využitím vábícího proudu, který produkují savky MVE. Další možností je shodný přechod, pouze s umístěním vstupu dál od MVE a v úvahu přichází ještě vybudování rybí komory pod jezem.

Výsledkem mojí práce je zjištění, že historické návrhy RP je vhodné opakovaně revidovat, aby se zvýšila jejich funkčnost v souladu s novými poznatky a aktuálními údaji o hydrologické situaci v profilu. Některé historické RP jsou navíc stále nefunkční. (Bunt a kol., 2016) ve své souhrnné studii uvádí, že finální účinnost všech hodnocených typů RP se pohybovala od 0% do 100%. Z této studie je zřejmé, že neefektivnost výstavby RP je globálním problémem.

Rovněž lze, v souladu s předchozími zdroji informací konstatovat, že RP by měly být na vstupu i výstupu osazeny uzávěry a patkami pro osazení monitorovacího zařízení a měřících sond rychlosti proudu. Uzávěry by byly poháněny elektrickým pohonem s regulací, která by reagovala na zvýšený nebo snížený průtok a dodávala by tak konstantní průtok, který by byl dle normy TNV 75 2321. Dále doporučuji umístění normé stěny před výstup RP, která by zachytila splávi.

Jako budoucí námět k řešené problematice se domnívám, že by bylo vhodné vypracovat jednotný návrh technického rybího přechodu z prefabrikovaných dílů.

Lze shrnout, že předkládaná DP rámcově navrhuje RP podle normy TNV 75 2321.

9 PŘEHLED LITARATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

ACE nedatováno - Aquatic Control Engineering - Larinier Fish Pass - Larinierův rybí přechod. Online, dostupné z: <http://www.aquaticcontrol.co.uk/products/fish-friendly/larinier-fish-pass>

AOPK 2014: SPPK B02 006: 2014 Rybí přechody – Standardy péče o přírodu a krajinu. *Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. 2014*

Birklen P., Vrána K., Beranovský P., Farský K., Hartvich P., Lusk S., Nowak P. 2014: Standardy péče o přírodu a krajinu – Rybí přechody SPPK B02 006:2014, *Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2014, 35s.*

Bunt C.M., Castro-Santos T., Haro A., 2016: Reinforcement and validation of the analyses and conclusions related to fishway evaluation data from Bun tet. Al.: Performance of fis passage structures at upstream barriers to migration, *Published online 29 October 2016 in Wiley Online Librar, Online:*

<http://onlinelibrary.wiley.com/infodroje.czu.cz/doi/10.1002/rra.3095/epdf>

Grosman M., Chlum A., Kozlová N., 1984: Zdymadlo Modřany (Vodní dílo na Vltavě u Modřan), *Ministerstvo lesního a vodního hospodářství ČSR ve Státním zemědělském nakladatelství v Praze, 88s.*

Hanel L., Lusk S., 2005: Ryby a mihule České republiky, *Český svaz ochránců přírody Vlašim, 448 s.* ISBN 80-86327-49-3

Hánová K. K., Hladík M., Hála R., Tomek M., 2011: Studie proveditelnosti zprůchodnění migračních překážek na vodních tocích v povodí Vltavy, *Povodí Vltavy, Státní podnik, 65s.*

Havlíčková S., 2002: Informační leták Povodí Labe – Rekonstrukce rybího přechodu na VD Střekov

Horký P., Slavík O., Vančura Z., Bůžek D., 2013: Metodika využití kartáčové technologie pro zajištění a zlepšení migrační prostupnosti vodních toků, *Ministerstvo životního prostředí, 26s.* ISBN: 978-80-7212-590-6

Larinier M., Marmulla G. 2003: Fish Passes. Types, Principles and Geographical Distribution – An Overview. Proceedings of the Second International Symposium on the Management od the Large Rivers for Fisheries, *RAP Publication 2004/17, pp 183 -207.* Online:

https://scholar.google.cz/scholar?q=fish+passes+design+dimensions+and+monitoring&hl=cs&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholar&sa=X&ved=0ahUKEwjK176xvt3SAhXIXhQKHSnrDIQQgQMIGTAA

Lauerman M., Bůžek D., Vašíček V., Drahoňovský M., Vančura Z., 2009: Vltava ř.km 8,0 – ř.km 28,0 Zprůchodnění jezů z hlediska migrace ryb: VD Vraňany, VD Mířejevovice, VD Dolany – Dolánky

Lauerman M., Drahoňovský M., Bůžek D., Vančura Z., 2011: Vltava ř.km 37,08 Zprůchodnění jezů z hlediska migrace ryb: VD Klecany - Roztoky

Lauerman M., Drahoňovský M., Bůžek D., Vančura Z., 2010: Vltava ř.km 45,58 a ř.km 62,21 Zprůchodnění jezů z hlediska migrace ryb: VD Troja – Podbaba, VD Modřany

Lauerman M., Bůžek D., Vaňková H., Drahozal L., Vančura Z., 2008: Vltava v Praze Zprůchodnění jezů z hlediska migrace ryb: Helmovský jez – Štvanice ř.km 51,05, Staroměstský jez ř.km 53,18, Šítkovský jez ř.km 54,14

Lucas M.C., Baras E., Timothy J.T., Duncan A., Slavík O., 2001: Migration of Freshwater Fishes, *Blackwell Science*, online:
https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=gJvV9niPKEcC&oi=fnd&pg=PR3&q=migration+of+freshwater+fishes&ots=Wj4AmCACNg&sig=8QoIZyRp8XeOy-gEupilP_msyUQ&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Lusk S., 2000: Restaurace a rehabilitace přírodních funkcí a charakteristik řeky Moravy a dolní části řeky Dřevnice na území okresu Zlín. *Ústav biologie obratlovců AV ČR, Brno. 36s.*

Lusk S., Lojkásek B., Lusková V., Bartoňová E., 2011: MIGRAČNÍ PROSTUPNOST Migrační prostupnost drobných vodních toků a bystřin, *Lesy České republiky, s.p., Grantová služba LČR, 59s., ISBN 80-86945-16-2*

Musil J., 2014: **Monitoring migrací ryb – cíle, metodické postupy a nové trendy sledování.** Sborník semináře „Zprůchodnění migračních překážek vodních toků“, vydaný k příležitosti 100. zasedání Komise pro rybí přechody při AOPK ČR, 2014, *Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, s. 36 - 37. ISBN 978-80-87457-92-4*

Musil J., Barteková T., Barankiewicz M., Balvín P., 2015: Enviromentální rizika provozu malých vodních elektráren ve vazbě na poproudovou migraci ryb a nápravná řešení. *Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 28s.*

MZe, 2005: Katalog opatření. Rybí přechod na příčné překážce. *Ministerstvo zemědělství. 2005. ID_opatření 22*

MZe, 2005: Katalog opatření. Rybí přechod mimo příčnou překážku. *Ministerstvo zemědělství. 2005. ID_opatření 23*

MZe, 2011: TNV 75 2321 - Zprůchodňování migračních bariér rybími přechody.
Ministerstvo zemědělství. 2011

Slavík O., Vančura Z., Musil J., Horký P., Lauermann M. Bůžek D., Bůžek M. 2012: Migrace ryb, rybí přechody a způsob jejich testování. Metodický postup pro návrh, realizaci a možnosti testování funkce rybích přechodů pro žadatele OPŽP.
Ministerstvo životního prostředí ČR, 139s.

Slavík O., Vančura Z., Musil J., Horký P., Lauermann M. Bůžek D., Bůžek M. 2013: Metodický postup na zlepšení migrační průchodnosti příčných překážek ve vodních tocích ČR. Příručka pro žadatele OPŽP. *Ministerstvo životního prostředí ČR, 47s. ISBN: 978-80-7212-581-4*

Slavíková A., Pravec M., Horecký J., Dobrovský P., 2014: Koncepce zprůchodnění říční sítě ČR aktualizace 2014. *Ministerstvo životního prostředí 2014, 24s.+18s. příloh*

Strnad Z., Vytejšková V. Horáček Z., Nietschová J., Sobotka M., Kliková A., 2013: Vodní právo. *Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, 225s., ISBN 978-80-87437-45-2*

UNMZ 2010: ČSN ISO 26906 Hydrometrie – Rybí přechody na objektech pro měření průtoku. *Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha. 2010, 32s.*

UNMZ 2014: ČSN P 75 2323 - Zajištění poproudových migrací ryb ve vodních tocích. *Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha. 2014, 16s.*

Vrána K., Birklen P., 2014: Rybí přechody. *Agentura pro ochranu přírody a krajiny ČR, 35s. SPPK B02 006:2014*

Vostradovský J. 2005: Rybí přechody (12). *Časopis Rybářství Vyhláška č. 432/2001 Sb., o dokladech žádosti o rozhodnutí nebo vyjádření a o náležitostech povolení souhlasu a vyjádření vodoprávního úřadu*

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, v platném znění

Závorka L., Horký P., Cakl A., Slavík O., 2014: Metodika využití systému RFID pro automatický monitoring vlivu vodohospodářských zařízení na životní prostředí. *Ministerstvo životního prostředí ČR, 19s.,*

10 SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ

Tabulka 1 - Přehled výskytu jednotlivých signálních druhů.....	18
Tabulka 2 - Základní údaje o jezu Vraňany.....	25
Tabulka 3 - N-letý průtok Q_N	25
Tabulka 4 - M-denní průtok Q_M	26
Tabulka 5 - Základní údaje o jezu Miřejovice.....	28
Tabulka 6 - N-letý průtok Q_N	29
Tabulka 7 - M-denní průtok Q_M	29
Tabulka 8 - Základní údaje o jezu Dolany.....	32
Tabulka 9 - N-letý průtok Q_N	32
Tabulka 10 - M-denní průtok Q_M	33
Tabulka 11 - Základní údaje o jezu Klecany.....	35
Tabulka 12 - N-letý průtok Q_N	35
Tabulka 13 - M-denní průtok Q_M	35
Tabulka 14 - M-denní průtok Q_M	35
Tabulka 15 - Základní údaje o jezu Troja.....	38
Tabulka 16 – N – letý průtok Q_N	38
Tabulka 17 - M-denní průtok Q_M	38
Tabulka 18 - M-denní průtok Q_M	38
Tabulka 19 - Základní údaje o Helmovském jezu.....	41
Tabulka 20 – N-letý průtok Q_N	42
Tabulka 21 – M-denní průtok Q_M	42
Tabulka 22 - Základní údaje o Staroměstském jezu.....	43
Tabulka 23 – N-letý průtok Q_N	44
Tabulka 24 - M-denní průtok Q_M	44
Tabulka 25 – Základní údaje o Šítkovském jezu.....	45
Tabulka 26 – N-letý Q_N	46
Tabulka 27 - M-denní průtok Q_M	46
Tabulka 28 – Základní údaje o jezu Modřany.....	48
Tabulka 29 – N-letý průtok Q_N	48
Tabulka 30- M-denní průtok Q_M	48
Tabulka 31 - M-denní průtok Q_M	48
Tabulka 32 – Souhrnný přehled základních limitů parametrů pro štěrbinový RP a pro ostatní typy RP.....	50
Tabulka 33 – šterbinové rybí přechody.....	52
Tabulka 34 – štěrbinový a balvanité rybí přechody.....	53

Obrázek 1 - M - denní relativní průtoky.	26
Obrázek 2 – Ortofotomapa s vyznačeným současným rybím přechodem VD Vraňany..	27
Obrázek 3 - M - denní relativní průtoky.	30
Obrázek 4 - Ortofotomapa s vyznačeným současným rybím přechodem VD Miřejovice.. ...	31
Obrázek 5 - M - denní relativní průtoky.	33
Obrázek 6 - Ortofotomapa VD Dolany.	34
Obrázek 7 - M - denní relativní průtoky.	36
Obrázek 8 - Ortofotomapa VD Klecany.	37
Obrázek 9 - M - denní relativní průtoky.	39
Obrázek 10 - Ortofotomapa VD Troja - Podbaba.	40
Obrázek 11 - M - denní relativní průtoky..	42
Obrázek 12 – Ortofotomapa – Helmovský jez - Štvanice.	43
Obrázek 13 - M - denní relativní průtoky.	44
Obrázek 14 - Ortofotomapa – Staroměstský jez.	45
Obrázek 15 - M - denní relativní průtoky.	46
Obrázek 16 - Ortofotomapa Šítkovský jez.	47
Obrázek 17 - M - denní relativní průtoky..	49
Obrázek 18 – Ortofotomapa jez Modřany.	49
Obrázek 19 – Závislost výšky h na průtoku Q	54
Obrázek 20 – Závislost šířky B na průtoku Q	55

11 SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Návrh rybího přechodu VD Vraňany
- Příloha 2 Návrh rybího přechodu VD Měřejovice
- Příloha 3 Návrh rybího přechodu VD Dolany
- Příloha 4 Návrh rybího přechodu VD Klečany
- Příloha 5 Návrh přechodu VD Troja – Podbaba
- Příloha 6 Návrh rybího přechodu VD Helmovský jez – Štvanice
- Příloha 7 Návrh rybího přechodu na Staroměstském jezu
- Příloha 8 Návrh rybího přechodu na Šitkovském jezu
- Příloha 9 Návrh rybího přechodu VD Modřany

Návrh rybího přechodu VD Vraňany výpočtem dle SPPK B02 006:2014 – Rybí přechody

H_{rp} pro VD Vraňany je 4,3 m

$v_{dovolená}$ podle cílového druhu ryby (kaprové vody) 1,4 m/s - 2 m/s

$$dh_{dov} = \frac{v_{dov}^2}{2g\varphi^2} = \frac{1,4^2}{2 \times 9,81 \times 0,8^2} = 0,156 \doteq 0,15 \text{ [m]}$$

$$n = \frac{H_{rp}}{dh_{dov}} = \frac{4,3}{0,15} = 27,548 \doteq 28 \text{ [ks]}$$

$$dh = \frac{H_{rp}}{n} = \frac{4,3}{28} = 0,154 \text{ [m]}$$

$$v_{max} = \varphi \sqrt{2gdh} = 0,8 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,154} = 1,39 \text{ [ms}^{-1}\text{]}$$

Splňuje podmínku $v_{max} < v_{dovolený}$

$v_{max} = 1,4 - 2 \text{ [m s}^{-1}\text{]}$ pro sladkovodní ryby s výjimkou lososovitých
 Q_{rp} návrhový průtok pro RP 0,16 $[m^3 s^{-1}]$

$$B_{štěrbin} = \frac{Q_{rp}}{\varphi h_{min} \sqrt{2gdh}} = \frac{0,16}{0,8 \times 0,6 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,154}} = 0,2 \text{ [m]}$$

$$Q = \varphi h_{min} B_{štěrbin} \sqrt{2gdh} = 0,8 \times 0,6 \times 0,2 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,154} = 0,167 \text{ [m}^3 \text{s}^{-1}\text{]}$$

$$v_0 = \frac{Q}{B_{rp} h_{max}} = \frac{0,167}{1,5 \times 1} = 0,111 \text{ [ms}^{-1}\text{]}$$

$$h_e = 0,85 \left(h_{max} + \frac{v_0^2}{2g} \right) = 0,85 \times \left(1 + \frac{0,111^2}{2 \times 9,81} \right) = 0,851 \text{ [m]}$$

$$Q_{kap} = 0,54 B_{štěrbin} \sqrt{2gh_e}^{3/2} = 0,54 \times 0,2 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,851}^{3/2} = 0,375 \text{ [m}^3 \text{s}^{-1}\text{]}$$

Splňuje podmínku $Q_{kap} > Q$ ($0,375 > 0,167$)

$$Fr_{štěrbin}^2 = \frac{v_{max}^2}{gh_{min}} = \frac{1,39^2}{9,81 \times 0,6} = 0,328 \text{ [-]}$$

$Fr < 1$ pro říční proudění

$$L_{dop} = \frac{100dh - i_{dop} tl}{i_{dop}} = \frac{100 \times 0,2 - 6 \times 0,12}{6} = 2,44 \text{ [m]}$$

$$L_{bazénku} \geq L_{dop} \text{ volíme } L_{bazénku} = 2,5 \text{ [m]}$$

$$L_{rp} = (n - 1)(L_{bazénku} + tl) = (28 - 1) \times (2,5 + 0,12) = 70,74 \text{ [m]}$$

$$P = Qdh\rho g = 0,167 \times 0,154 \times 1000 \times 9,81 = 251,59 \text{ [W]}$$

$$V_{bazénku} = h_{min} B_{rp} L_{bazénku} = 0,6 \times 1,5 \times 2,5 = 2,25 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$P_{měr} = \frac{P}{V_{bazénku}} = \frac{251,59}{2,25} = 111,8 \text{ [Wm}^{-3}\text{]}$$

$$P_{měr} < P_{měr_dovol}$$

Návrh rybího přechodu VD Měřejovice výpočtem dle SPPK B02 006:2014 – Rybí přechody

H_{rp} pro VD Měřejovice je 3,7 m

$v_{dovolená}$ podle cílového druhu ryby (karpové vody) 1,4 m/s - 2 m/s

$$dh_{dov} = \frac{v_{dov}^2}{2g\varphi^2} = \frac{1,4^2}{2 \times 9,81 \times 0,8^2} = 0,156 \doteq 0,15 \text{ [m]}$$

$$n = \frac{H_{rp}}{dh_{dov}} = \frac{3,7}{0,15} = 23,704 \doteq 24 \text{ [ks]}$$

$$dh = \frac{H_{rp}}{n} = \frac{3,7}{24} = 0,154 \text{ [m]}$$

$$v_{max} = \varphi\sqrt{2gdh} = 0,8 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,154} = 1,39 \text{ [ms}^{-1}\text{]}$$

Splňuje podmínku $v_{max} < v_{dovolený}$

$v_{max} = 1,4 - 2 \text{ [m s}^{-1}\text{]}$ pro sladkovodní ryby s výjimkou lososovitých
 Q_{rp} návrhový průtok pro RP 0,16 $[\text{m}^3 \text{s}^{-1}]$

$$B_{štěrbin} = \frac{Q_{rp}}{\varphi h_{min}\sqrt{2gdh}} = \frac{0,16}{0,8 \times 0,6 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,154}} = 0,191 \doteq 0,2 \text{ [m]}$$

$$Q = \varphi h_{min} B_{štěrbin} \sqrt{2gdh} = 0,8 \times 0,6 \times 0,2 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,154} = 0,167 \text{ [m}^3 \text{s}^{-1}\text{]}$$

$$v_0 = \frac{Q}{B_{rp} h_{max}} = \frac{0,167}{1,5 \times 1} = 0,111 \text{ [ms}^{-1}\text{]}$$

$$h_e = 0,85 \left(h_{max} + \frac{v_0^2}{2g} \right) = 0,85 \times \left(1 + \frac{0,111^2}{2 \times 9,81} \right) = 0,851 \text{ [m]}$$

$$Q_{kap} = 0,54 B_{štěrbin} \sqrt{2gh_e}^{3/2} = 0,54 \times 0,2 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,851}^{3/2} = 0,375 \text{ [m}^3 \text{s}^{-1}\text{]}$$

Splňuje podmínku $Q_{kap} > Q$ ($0,375 > 0,167$)

$$Fr_{štěrbin}^2 = \frac{v_{max}^2}{gh_{min}} = \frac{1,39^2}{9,81 \times 0,6} = 0,329 \text{ [-]}$$

$Fr < 1$ pro říční proudění

$$L_{dop} = \frac{100dh - i_{dop} tl}{i_{dop}} = \frac{100 \times 0,154 - 5 \times 0,12}{5} = 2,963 \text{ [m]}$$

$$L_{bazénku} \geq L_{dop} \text{ volíme } L_{bazénku} = 3 \text{ [m]}$$

$$L_{rp} = (n - 1)(L_{bazénku} + tl) = (24 - 1) \times (3 + 0,12) = 71,76 \text{ [m]}$$

$$P = Qdh\rho g = 0,167 \times 0,154 \times 1000 \times 9,81 = 252,57 \text{ [W]}$$

$$V_{bazénku} = h_{min} B_{rp} L_{bazénku} = 0,6 \times 1,5 \times 3 = 2,7 [m^3]$$

$$P_{m\check{e}r} = \frac{P}{V_{bazénku}} = \frac{252,57}{2,7} = 93,5 [Wm^{-3}]$$

$$P_{m\check{e}r} < P_{m\check{e}r_dovol}$$

Návrh rybího přechodu VD Dolany výpočtem dle SPPK B02 006:2014 – Rybí přechody

H_{rp} pro VD Dolany je 4,25 m

$v_{dovolená}$ podle cílového druhu ryby (kaprové vody) 1,4 m/s - 2 m/s

$$dh_{dov} = \frac{v_{dov}^2}{2g\varphi^2} = \frac{1,4^2}{2 \times 9,81 \times 0,8^2} = 0,156 \doteq 0,15 \text{ [m]}$$

$$n = \frac{H_{rp}}{dh_{dov}} = \frac{4,25}{0,15} = 27,228 \doteq 28 \text{ [ks]}$$

$$dh = \frac{H_{rp}}{n} = \frac{4,25}{28} = 0,152 \text{ [m]}$$

$$v_{max} = \varphi\sqrt{2gdh} = 0,8 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,152} = 1,38 \text{ [ms}^{-1}\text{]}$$

Splňuje podmínku $v_{max} < v_{dovolený}$

$v_{max} = 1,4 - 2 \text{ [m s}^{-1}\text{]}$ pro sladkovodní ryby s výjimkou lososovitých

Q_{rp} návrhový průtok pro RP 0,14 $[\text{m}^3\text{s}^{-1}]$

$$B_{štěrbin} = \frac{Q_{rp}}{\varphi h_{min}\sqrt{2gdh}} = \frac{0,14}{0,8 \times 0,6 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,152}} = 0,17 \text{ [m]}$$

$$Q = \varphi h_{min} B_{štěrbin} \sqrt{2gdh} = 0,8 \times 0,6 \times 0,17 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,152} = 0,141 \text{ [m}^3\text{s}^{-1}\text{]}$$

$$v_0 = \frac{Q}{B_{rp} h_{max}} = \frac{0,141}{1,5 \times 1} = 0,094 \text{ [ms}^{-1}\text{]}$$

$$h_e = 0,85 \left(h_{max} + \frac{v_0^2}{2g} \right) = 0,85 \times \left(1 + \frac{0,094^2}{2 \times 9,81} \right) = 0,85 \text{ [m]}$$

$$Q_{kap} = 0,54 B_{štěrbin} \sqrt{2gh_e^{3/2}} = 0,54 \times 0,17 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,85^{3/2}} = 0,319 \text{ [m}^3\text{s}^{-1}\text{]}$$

Splňuje podmínku $Q_{kap} > Q$ ($0,319 > 0,141$)

$$Fr_{štěrbin}^2 = \frac{v_{max}^2}{gh_{min}} = \frac{1,38^2}{9,81 \times 0,6} = 0,324 \text{ [-]}$$

$Fr < 1$ pro říční proudění

$$L_{dop} = \frac{100dh - i_{dop} tl}{i_{dop}} = \frac{100 \times 0,152 - 5 \times 0,12}{5} = 2,9 \text{ [m]}$$

$$L_{bazénku} \geq L_{dop} \text{ volíme } L_{bazénku} = 3 \text{ [m]}$$

$$L_{rp} = (n - 1)(L_{bazénku} + tl) = (28 - 1) \times (3 + 0,12) = 81,54 \text{ [m]}$$

$$P = Qdh\rho g = 0,141 \times 0,152 \times 1000 \times 9,81 = 209,95 \text{ [W]}$$

$$V_{bazénku} = h_{min} B_{rp} L_{bazénku} = 0,6 \times 1,5 \times 3 = 2,61 [m^3]$$

$$P_{m\check{e}r} = \frac{P}{V_{bazénku}} = \frac{209,95}{2,61} = 80,4 [Wm^{-3}]$$

$$P_{m\check{e}r} < P_{m\check{e}r_dovol}$$

Návrh rybího přechodu VD Klecany výpočtem dle SPPK B02 006:2014 – Rybí přechody

H_{rp} pro VD Klecany je 3,2 m

$v_{dovolená}$ podle cílového druhu ryby (kaprové vody) 1,4 m/s - 2 m/s

$$dh_{dov} = \frac{v_{dov}^2}{2g\varphi^2} = \frac{1,4^2}{2 \times 9,81 \times 0,8^2} = 0,156 \doteq 0,15 \text{ [m]}$$

$$n = \frac{H_{rp}}{dh_{dov}} = \frac{3,2}{0,156} = 23,704 \doteq 24 \text{ [ks]}$$

$$dh = \frac{H_{rp}}{n} = \frac{3,2}{24} = 0,154 \text{ [m]}$$

$$v_{max} = \varphi\sqrt{2gdh} = 0,8 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,154} = 1,39 \text{ [ms}^{-1}\text{]}$$

Splňuje podmínku $v_{max} < v_{dovolený}$

$v_{max} = 1,4 - 2 \text{ [m s}^{-1}\text{]}$ pro sladkovodní ryby

Q_{rp} návrhový průtok pro RP 0,16 $[\text{m}^3\text{s}^{-1}]$

$$B_{štěrbin} = \frac{Q_{rp}}{\varphi h_{min}\sqrt{2gdh}} = \frac{0,16}{0,8 \times 0,6 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,154}} = 0,191 \doteq 0,2 \text{ [m]}$$

$$Q = \varphi h_{min} B_{štěrbin} \sqrt{2gdh} = 0,8 \times 0,6 \times 0,2 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,154} = 0,167 \text{ [m}^3\text{s}^{-1}\text{]}$$

$$v_0 = \frac{Q}{B_{rp} h_{max}} = \frac{0,167}{1,5 \times 1} = 0,111 \text{ [ms}^{-1}\text{]}$$

$$h_e = 0,85 \left(h_{max} + \frac{v_0^2}{2g} \right) = 0,85 \times \left(1 + \frac{0,111^2}{2 \times 9,81} \right) = 0,851 \text{ [m]}$$

$$Q_{kap} = 0,54 B_{štěrbin} \sqrt{2gh_e^{3/2}} = 0,54 \times 0,2 \times \sqrt{2 \times 9,81} \times 0,851^{3/2} = 0,375 \text{ [m}^3\text{s}^{-1}\text{]}$$

Splňuje podmínku $Q_{kap} > Q$ ($0,375 > 0,167$)

$$Fr_{štěrbin}^2 = \frac{v_{max}^2}{gh_{min}} = \frac{1,39^2}{9,81 \times 0,6} = 0,329 \text{ [-]}$$

$Fr < 1$ pro říční proudění

$$L_{dop} = \frac{100dh - i_{dop} tl}{i_{dop}} = \frac{100 \times 0,154 - 5 \times 0,12}{5} = 2,963 \text{ [m]}$$

$$L_{bazénku} \geq L_{dop} \text{ volíme } L_{bazénku} = 3 \text{ [m]}$$

$$L_{rp} = (n - 1)(L_{bazénku} + tl) = (24 - 1) \times (3 + 0,12) = 71,76 \text{ [m]}$$

$$P = Qdh\rho g = 0,167 \times 0,154 \times 1000 \times 9,81 = 252,57 \text{ [W]}$$

$$V_{bazénku} = h_{min} B_{rp} L_{bazénku} = 0,6 \times 1,5 \times 3 = 2,7 [m^3]$$

$$P_{m\check{e}r} = \frac{P}{V_{bazénku}} = \frac{252,57}{2,7} = 93,5 [Wm^{-3}]$$

$$P_{m\check{e}r} < P_{m\check{e}r_dovol}$$

Návrh rybího přechodu VD Troja - Podbaba výpočtem dle SPPK B02 006:2014 – Rybí přechody

H_{rp} pro VD Troja je 3,6 m

$v_{dovolená}$ podle cílového druhu ryby (kaprové vody) 1,4 m/s - 2 m/s

$$dh_{dov} = \frac{v_{dov}^2}{2g\varphi^2} = \frac{1,4^2}{2 \times 9,81 \times 0,8^2} = 0,156 \doteq 0,15 [m]$$

$$n = \frac{H_{rp}}{dh_{dov}} = \frac{3,6}{0,15} = 24 [ks]$$

$$dh = \frac{H_{rp}}{n} = \frac{3,6}{24} = 0,15 [m]$$

$$v_{max} = \varphi\sqrt{2gdh} = 0,8 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,15} = 1,37 [ms^{-1}]$$

Splňuje podmínku $v_{max} < v_{dovolený}$

$v_{max} = 1,4 - 2 [m s^{-1}]$ pro sladkovodní ryby s výjimkou lososovitých

Q_{rp} návrhový průtok pro RP 0,16 [$m^3 s^{-1}$]

$$B_{štěrbin} = \frac{Q_{rp}}{\varphi h_{min}\sqrt{2gdh}} = \frac{0,16}{0,8 \times 0,6 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,15}} = 0,194 \doteq 0,20 [m]$$

$$Q = \varphi h_{min} B_{štěrbin} \sqrt{2gdh} = 0,8 \times 0,6 \times 0,20 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,15} = 0,165 [m^3 s^{-1}]$$

$$v_0 = \frac{Q}{B_{rp} h_{max}} = \frac{0,165}{1,2 \times 1} = 0,138 [ms^{-1}]$$

$$h_e = 0,85 \left(h_{max} + \frac{v_0^2}{2g} \right) = 0,85 \times \left(1 + \frac{0,138^2}{2 \times 9,81} \right) = 0,851 [m]$$

$$Q_{kap} = 0,54 B_{štěrbin} \sqrt{2gh_e^{3/2}} = 0,54 \times 0,19 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,851^{3/2}} = 0,375 [m^3 s^{-1}]$$

Splňuje podmínku $Q_{kap} > Q$ ($0,375 > 0,156$)

$$Fr_{štěrbin}^2 = \frac{v_{max}^2}{gh_{min}} = \frac{1,37^2}{9,81 \times 0,6} = 0,32 [-]$$

$Fr < 1$ pro říční proudění

$$L_{dop} = \frac{100dh - i_{dop} tl}{i_{dop}} = \frac{100 \times 0,15 - 6 \times 0,12}{6} = 2,38 [m]$$

$L_{bazénku} \geq L_{dop}$ volíme $L_{bazénku} = 2,4 [m]$

$$L_{rp} = (n - 1)(L_{bazénku} + tl) = (24 - 1) \times (2,4 + 0,12) = 57,96[m]$$

$$P = Qdh\rho g = 0,165 \times 0,15 \times 1000 \times 9,81 = 242,8 [W]$$

$$V_{bazénku} = h_{min}B_{rp}L_{bazénku} = 0,6 \times 1,2 \times 2,4 = 1,73 [m^3]$$

$$P_{m\check{e}r} = \frac{P}{V_{bazénku}} = \frac{242,8}{1,73} = 140,5 [Wm^{-3}]$$

$$P_{m\check{e}r} < P_{m\check{e}r_dovol}$$

**Návrh rybího přechodu VD Helmovský jez – Štvanice výpočtem dle SPPK
B02 006:2014 – Rybí přechody**

H_{rp} pro VD Štvanice je 4,5 m

$v_{dovolená}$ podle cílového druhu ryby (kaprové vody) 1,4 m/s - 2 m/s

$$dh_{dov} = \frac{v_{dov}^2}{2g\varphi^2} = \frac{1,4^2}{2 \times 9,81 \times 0,8^2} = 0,156 \doteq 0,15 [m]$$

$$n = \frac{H_{rp}}{dh_{dov}} = \frac{4,5}{0,15} = 29 [ks]$$

$$dh = \frac{H_{rp}}{n} = \frac{4,5}{29} = 0,155 [m]$$

$$v_{max} = \varphi\sqrt{2gdh} = 0,8 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,155} = 1,39 [ms^{-1}]$$

Splňuje podmínku $v_{max} < v_{dovolený}$

$v_{max} = 1,4 - 2 [m s^{-1}]$ pro sladkovodní ryby s výjimkou lososovitých

Q_{rp} návrhový průtok pro RP 0,15 [$m^3 s^{-1}$]

$$B_{štěrbin} = \frac{Q_{rp}}{\varphi h_{min}\sqrt{2gdh}} = \frac{0,15}{0,8 \times 0,6 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,155}} = 0,18 [m]$$

$$Q = \varphi h_{min} B_{štěrbin} \sqrt{2gdh} = 0,8 \times 0,6 \times 0,18 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,155} = 0,151 [m^3 s^{-1}]$$

$$v_0 = \frac{Q}{B_{rp} h_{max}} = \frac{0,151}{1,5 \times 1} = 0,101 [ms^{-1}]$$

$$h_e = 0,85 \left(h_{max} + \frac{v_0^2}{2g} \right) = 0,85 \times \left(1 + \frac{0,101^2}{2 \times 9,81} \right) = 0,85 [m]$$

$$Q_{kap} = 0,54 B_{štěrbin} \sqrt{2gh_e^{3/2}} = 0,54 \times 0,18 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,85^{3/2}} = 0,338 [m^3 s^{-1}]$$

Splňuje podmínku $Q_{kap} > Q$ ($0,338 > 0,151$)

$$Fr_{štěrbin}^2 = \frac{v_{max}^2}{gh_{min}} = \frac{1,39^2}{9,81 \times 0,6} = 0,331 [-]$$

$Fr < 1$ pro říční proudění

$$L_{dop} = \frac{100dh - i_{dop} tl}{i_{dop}} = \frac{100 \times 0,155 - 6 \times 0,12}{6} = 2,465 [m]$$

$L_{bazénku} \geq L_{dop}$ volíme $L_{bazénku} = 2,5 [m]$

$$L_{rp} = (n - 1)(L_{bazénku} + tl) = (29 - 1) \times (2,5 + 0,12) = 73,36 [m]$$

$$P = Qdh\rho g = 0,151 \times 0,155 \times 1000 \times 9,81 = 229,86 [W]$$

$$V_{bazénku} = h_{min}B_{rp}L_{bazénku} = 0,6 \times 1,5 \times 2,5 = 2,25[m^3]$$

$$P_{m\ddot{e}r} = \frac{P}{V_{bazénku}} = \frac{229,86}{2,25} = 102,2[Wm^{-3}]$$

$$P_{m\ddot{e}r} < P_{m\ddot{e}r_dovol}$$

Návrh rybího přechodu na Staroměstském jezu výpočtem dle SPPK B02 006:2014 – Rybí přechody

H_{rp} pro Staroměstský jez je 0,95 m

$v_{dovolená}$ podle cílového druhu ryby (kaprové vody) 1,4 m/s - 2 m/s

$$dh_{dov} = \frac{v_{dov}^2}{2g\varphi^2} = \frac{1,6^2}{2 \times 9,81 \times 0,8^2} = 0,204 \doteq 0,2 \text{ [m]}$$

$$n = \frac{H_{rp}}{dh_{dov}} = \frac{0,95}{0,2} = 4,66 \doteq 5 \text{ [ks]}$$

$$dh = \frac{H_{rp}}{n} = \frac{0,95}{5} = 0,19 \text{ [m]}$$

$$v_{max} = \varphi\sqrt{2gdh} = 0,8 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,19} = 1,54 \text{ [ms}^{-1}\text{]}$$

Splňuje podmínku $v_{max} < v_{dovolený}$

$v_{max} = 1,4 - 2 \text{ [m s}^{-1}\text{]}$ pro sladkovodní ryby s výjimkou lososovitých

Q_{rp} návrhový průtok pro RP 0,5[m³s⁻¹]

$$B_{štěrbin} = \frac{Q_{rp}}{\varphi h_{min}\sqrt{2gdh}} = \frac{0,5}{0,8 \times 0,8 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,19}} = 0,41 \text{ [m]}$$

$$Q = \varphi h_{min} B_{štěrbin} \sqrt{2gdh} = 0,8 \times 0,8 \times 0,41 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,19} = 0,507 \text{ [m}^3\text{s}^{-1}\text{]}$$

$$v_0 = \frac{Q}{B_{rp} h_{max}} = \frac{0,507}{4 \times 1,2} = 0,106 \text{ [ms}^{-1}\text{]}$$

$$h_e = 0,85 \left(h_{max} + \frac{v_0^2}{2g} \right) = 0,85 \times \left(1,2 + \frac{0,106^2}{2 \times 9,81} \right) = 1,02 \text{ [m]}$$

$$Q_{kap} = 0,54 B_{štěrbin} \sqrt{2gh_e^{3/2}} = 0,54 \times 0,41 \times \sqrt{2 \times 9,81} \times 1,02^{3/2} = 1,011 \text{ [m}^3\text{s}^{-1}\text{]}$$

Splňuje podmínku $Q_{kap} > Q$ (1,011 > 0,507)

$$Fr_{štěrbin}^2 = \frac{v_{max}^2}{gh_{min}} = \frac{1,545^2}{9,81 \times 0,8} = 0,304 \text{ [-]}$$

$Fr < 1$ pro říční proudění

$$L_{dop} = \frac{100dh - i_{dop} tl}{i_{dop}} = \frac{100 \times 0,19 - 4,5 \times 0,3}{4,5} = 3,922 \text{ [m]}$$

$$L_{bazénku} \geq L_{dop} \text{ volíme } L_{bazénku} = 4 \text{ [m]}$$

$$L_{rp} = (n - 1)(L_{bazénku} + tl) = (5 - 1) \times (4 + 0,3) = 17,2 \text{ [m]}$$

$$P = Qdh\rho g = 0,507 \times 0,19 \times 1000 \times 9,81 = 945 \text{ [W]}$$

$$V_{bazénku} = h_{min} B_{rp} L_{bazénku} = 0,8 \times 4 \times 4 = 12,8 [m^3]$$

$$P_{m\ddot{e}r} = \frac{P}{V_{bazénku}} = \frac{945}{12,8} = 73,8 [Wm^{-3}]$$

$$P_{m\ddot{e}r} < P_{m\ddot{e}r_dovol}$$

Návrh rybího přechodu na Šítkovském jezu výpočtem dle SPPK B02 006:2014 – Rybí přechody

H_{rp} pro Šítkovský jez je 1,35 m

$v_{dovolená}$ podle cílového druhu ryby (kaprové vody) 1,4 m/s - 2 m/s

$$dh_{dov} = \frac{v_{dov}^2}{2g\varphi^2} = \frac{1,6^2}{2 \times 9,81 \times 0,8^2} = 0,204 \doteq 0,2 \text{ [m]}$$

$$n = \frac{H_{rp}}{dh_{dov}} = \frac{1,35}{0,2} = 6,62 \doteq 7 \text{ [ks]}$$

$$dh = \frac{H_{rp}}{n} = \frac{1,35}{7} = 0,193 \text{ [m]}$$

$$v_{max} = \varphi\sqrt{2gdh} = 0,8 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,193} = 1,556 \text{ [ms}^{-1}\text{]}$$

Splňuje podmínku $v_{max} < v_{dovolený}$

$v_{max} = 1,4 - 2 \text{ [m s}^{-1}\text{]}$ pro sladkovodní ryby s výjimkou lososovitých

Q_{rp} návrhový průtok pro RP 0,5 [$m^3 s^{-1}$]

$$B_{štěrbin} = \frac{Q_{rp}}{\varphi h_{min}\sqrt{2gdh}} = \frac{0,5}{0,8 \times 0,8 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,193}} = 0,41 \text{ [m]}$$

$$Q = \varphi h_{min} B_{štěrbin} \sqrt{2gdh} = 0,8 \times 0,8 \times 0,41 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,193} = 0,511 \text{ [m}^3 \text{s}^{-1}\text{]}$$

$$v_0 = \frac{Q}{B_{rp} h_{max}} = \frac{0,511}{4 \times 1,2} = 0,106 \text{ [ms}^{-1}\text{]}$$

$$h_e = 0,85 \left(h_{max} + \frac{v_0^2}{2g} \right) = 0,85 \times \left(1,2 + \frac{0,106^2}{2 \times 9,81} \right) = 1,02 \text{ [m]}$$

$$Q_{kap} = 0,54 B_{štěrbin} \sqrt{2gh_e^{3/2}} = 0,54 \times 0,41 \times \sqrt{2 \times 9,81} \times 1,02^{3/2} = 1,011 \text{ [m}^3 \text{s}^{-1}\text{]}$$

Splňuje podmínku $Q_{kap} > Q$ ($1,011 > 0,511$)

$$Fr_{štěrbin}^2 = \frac{v_{max}^2}{gh_{min}} = \frac{1,556^2}{9,81 \times 0,8} = 0,309 \text{ [-]}$$

$Fr < 1$ pro říční proudění

$$L_{dop} = \frac{100dh - i_{dop} tl}{i_{dop}} = \frac{100 \times 0,193 - 4 \times 0,3}{4} = 4,52 \text{ [m]}$$

$$L_{bazénku} \geq L_{dop} \text{ volíme } L_{bazénku} = 4,6 \text{ [m]}$$

$$L_{rp} = (n - 1)(L_{bazénku} + tl) = (7 - 1) \times (4,6 + 0,3) = 29,4 \text{ [m]}$$

$$P = Qdh\rho g = 0,511 \times 0,193 \times 1000 \times 9,81 = 966,78 \text{ [W]}$$

$$V_{\text{bazénku}} = h_{\text{min}} B_{\text{rp}} L_{\text{bazénku}} = 0,8 \times 4 \times 4,6 = 14,72 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$P_{\text{měr}} = \frac{P}{V_{\text{bazénku}}} = \frac{966,78}{14,72} = 65,7 \text{ [Wm}^{-3}\text{]}$$

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

Návrh rybího přechodu VD Modřany výpočtem dle SPPK B02 006:2014 – Rybí přechody

H_{rp} pro VD Modřany je 2,3 m

$v_{dovolená}$ podle cílového druhu ryby (kaprové vody) 1,4 m/s - 2 m/s

$$dh_{dov} = \frac{v_{dov}^2}{2g\varphi^2} = \frac{1,6^2}{2 \times 9,81 \times 0,8^2} = 0,204 \doteq 0,2 \text{ [m]}$$

$$n = \frac{H_{rp}}{dh_{dov}} = \frac{2,3}{0,2} = 11,282 \doteq 12 \text{ [ks]}$$

$$dh = \frac{H_{rp}}{n} = \frac{2,3}{12} = 0,192 \text{ [m]}$$

$$v_{max} = \varphi\sqrt{2gdh} = 0,8 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,192} = 1,55 \text{ [ms}^{-1}\text{]}$$

Splňuje podmínku $v_{max} < v_{dovolený}$

$v_{max} = 1,4 - 2 \text{ [m s}^{-1}\text{]}$ pro sladkovodní ryby s výjimkou lososovitých

Q_{rp} návrhový průtok pro RP 0,5 [$m^3 s^{-1}$]

$$B_{štěrbin} = \frac{Q_{rp}}{\varphi h_{min}\sqrt{2gdh}} = \frac{0,5}{0,8 \times 0,8 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,192}} = 0,41 \text{ [m]}$$

$$Q = \varphi h_{min} B_{štěrbin} \sqrt{2gdh} = 0,8 \times 0,8 \times 0,41 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,192} = 0,509 \text{ [m}^3 \text{s}^{-1}\text{]}$$

$$v_0 = \frac{Q}{B_{rp} h_{max}} = \frac{0,509}{1,5 \times 1} = 0,339 \text{ [ms}^{-1}\text{]}$$

$$h_e = 0,85 \left(h_{max} + \frac{v_0^2}{2g} \right) = 0,85 \times \left(1 + \frac{0,339^2}{2 \times 9,81} \right) = 0,855 \text{ [m]}$$

$$Q_{kap} = 0,54 B_{štěrbin} \sqrt{2gh_e^{3/2}} = 0,54 \times 0,41 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,855^{3/2}} = 0,775 \text{ [m}^3 \text{s}^{-1}\text{]}$$

Splňuje podmínku $Q_{kap} > Q$ ($0,775 > 0,509$)

$$Fr_{štěrbin}^2 = \frac{v_{max}^2}{gh_{min}} = \frac{1,55^2}{9,81 \times 0,8} = 0,307 \text{ [-]}$$

$Fr < 1$ pro říční proudění

$$L_{dop} = \frac{100dh - i_{dop} tl}{i_{dop}} = \frac{100 \times 0,192 - 3,25 \times 0,12}{3,25} = 5,597 \text{ [m]}$$

$L_{bazénku} \geq L_{dop}$ volíme $L_{bazénku} = 5,6 \text{ [m]}$

$$L_{rp} = (n - 1)(L_{bazénku} + tl) = (12 - 1) \times (5,6 + 0,3) = 64,9[m]$$

$$P = Qdh\rho g = 0,509 \times 0,192 \times 1000 \times 9,81 = 957,05[W]$$

$$V_{bazénku} = h_{min}B_{rp}L_{bazénku} = 0,8 \times 1,5 \times 5,6 = 6,72[m^3]$$

$$P_{m\check{e}r} = \frac{P}{V_{bazénku}} = \frac{957,05}{6,72} = 142,4 [Wm^{-3}]$$

$$P_{m\check{e}r} < P_{m\check{e}r_dovol}$$