

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

**KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A ENVIRONMENTÁLNÍHO
MODELOVÁNÍ**



**ŘEŠENÍ MIGRAČNÍ PROSTUPNOSTI
PŘES MALŠOVICKÝ JEZ**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Diplomant: Bc. Jan Kott

Vedoucí práce: Ing. Radek Roub, Ph.D.

2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jan Kott

Voda v krajině

Název práce

Řešení migrační prostupnosti přes Malšovický jez

Název anglicky

Solution of migration permeability through the Malsovicky weir

Cíle práce

- 1) Shrnutí a vysvětlení teoretických základů o RP
- 2) Popis řešené lokality a uvedení potřebné dokumentace
- 3) Popis návrhu jednotlivých částí migračního prvku doplněný o komentář
- 4) Vlastní technické řešení RP a závěrečné zhodnocení

Metodika

Jelikož jsem věděl o problému s migrační průchodností Malšovického jezu, byl jsem rozhodnut tento problém nějakým způsobem řešit. Na daném místě nebyl nikdy žádný migrační prvek řešen, což znamenalo, že mám před sebou prakticky čistý stůl. Výhodou bylo, že teoretické základy o RP jsem mohl čerpat z mé předešlé práce, kde jsem se věnoval právě problematice návrhu a posuzování účinnosti rybích přechodů.

Má práce tedy začala sháněním všech potřebných materiálů týkajících se samotného Malšovického jezu, řeky Orlice, ryb a vodních živočichů vyskytujících se na daném místě, tak i potenciálně migrujících z přítoků či větších řek, vlastnických vztahů v okolí lokality, nakládání s vodami, dokumentací jezu a dalších potřebných informací. Bez těchto ověřených podkladů by totiž nemohl vzniknout funkční návrh migračního prvku. Jak jsem již výše uvedl, tak samotné informace o návrhových parametrech RP jsem čerpal ze své předešlé práce Návrh a posuzování účinnosti rybích přechodů (2015), literárních pramenů a také z norem k tomu určených.

Důležitým prvkem, který nemůže být vynechán, pakliže s návrhem tohoto typu nemáme zkušenosti, jsou konzultace s odborníky na danou problematiku, konkrétně na výstavbu a vyhodnocování účinností RP. V tomto ohledu jsem měl velké štěstí, protože jsem mohl čerpat zkušenosti a konzultovat svůj návrh řešení hned s několika odborníky z AOPK, VRV i z naší fakulty.

Doporučený rozsah práce

cca 60 stran + grafické přílohy

Klíčová slova

rybí přechod, migrační rampa, migrace

Doporučené zdroje informací

ČSN P 75 2323. Zajištění poproudových migrací ryb ve vodních tocích.

Migrace ryb, rybí přechody a způsob jejich testování. Metodický postup pro návrh, realizaci a možnosti testování funkce rybích přechodů pro žadatele OPŽP.

TNV 75 2321. Zprůchodňování migračních bariér rybími přechody.



Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Radek Roub, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 27. 3. 2017

doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 28. 3. 2017

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 28. 03. 2017

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Radka Rouba, Ph.D. a že všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpal, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Hradci Králové dne 2. 4. 2017

.....
Bc. Jan Kott

Poděkování:

Zde bych chtěl poděkovat především vedoucímu mé práce Ing. Radku Roubovi, Ph.D. za odborné vedení při tvorbě diplomové práce a vstřícný osobní přístup. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Františku Křovákovi CSc. za praktické rady při návrhu RP, Ing. Tomáši Justovi z AOPK a Ing. Miroslavu Barankiewiczovi z VÚV za inspiraci a hodnotné náměty, RNDr. Milanovi Hladíkovi, Ph.D. a Ing. Vendule Koterové za praktické komentáře k návrhu, Lence Jorové za pomoc při korektuře cizojazyčného textu, Pavlu Herodesovi za poskytnutí fotografické dokumentace a kolektivu pracovníků Povodí Labe za poskytnutí potřebných materiálů k tvorbě této práce.

Abstrakt:

Tato diplomová práce se zabývá řešením migrační prostupnosti na řece Orlici přes Malšovický jez, a to typem rybího přechodu, který je označován jako migrační rampa. Práce je vypracována formou studie a návrh je řešen na základě platných norem a metodik, které vydaly instituce zabývající se problematikou migrace na tocích. Při návrhu jsem se dále řídil osobními poznatky a zkušenostmi, které jsem nabyl při utváření bakalářské práce a především také praktickými radami projektantů a odborníků na rybí přechody a migraci vodních organismů. Cílem bylo navržení funkčního rybího přechodu, který by pomohl zprůchodnit migračně neprostupný Malšovický jez. Parametry migrační rampy se posuzovaly s ohledem na místní podmínky a lokální i potencionální ichtyofaunu.

Klíčová slova: rybí přechod, migrační rampa, migrace

Abstract:

This master thesis deals with a design of fish pass called fish ramp through the Malsovicky weir at the river Orlice. The thesis is constructed in the form of studies and the main design is based on valid standards. The design is partly based on my personal experience which I acquired from my past bachelor thesis and with the help of specialists in fish migration. The main object of this thesis is creating the effective design of fish pass, which would help fish to migrate through the inaccessible Malsovicky weir. The fish ramp parameters were discussed with respect to local conditions and potential fish population.

Key words: fish pass, fish ramp, migration

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Cíle práce a metodika.....	9
3. Základy o rybích přechodech.....	10
3.1 Rybí přechod a jeho účel.....	10
3.1.1 Cílové druhy ryb.....	11
3.2 Druhy rybích přechodů	12
3.2.1 Technické	13
3.2.2 Přírodní	14
3.2.3 Kombinované.....	15
4. Popis lokality a zájmového území.....	16
4.1 Pevný jez.....	18
4.2 Vorová propust.....	18
4.3 MVE.....	20
4.4 Odběrné objekty z toku.....	20
4.5 Manipulace s vodou.....	21
5. Metodický návrh rybího přechodu.....	24
5.1 Teoretický základ.....	24
5.2 Podklady k návrhu RP.....	25
5.2.1 Ichtyologický a biologický průzkum.....	25
5.2.2 Hydrologický režim vodního toku.....	29
5.2.3 Ostatní podklady.....	30
5.3 Postupný návrh RP.....	31
5.3.1 Volba typu a umístění RP.....	32
5.3.2 Vstup do RP.....	34
5.3.3 Výstup z RP.....	36
5.3.4 Trať tělesa RP.....	40
5.4 Zábrany a clony.....	42
5.5 Model RP.....	46
6. Výstavba RP.....	49
7. Závěr a diskuse.....	52
Seznam použitých zkratk a vysvětlivek.....	55
8. Seznam literatury a použitých zdrojů.....	56
9. Přílohy.....	60

1. Úvod

Revitalizace vodních toků a jejich blízkých okolí jsou dnes skloňovány snad ve všech pádech. Nedílnou součástí těchto úprav, kterými se snažíme vrátit tokům jejich původní funkci a charakter, je i řešení migrační prostupnosti pro vodní živočichy a mikroorganismy. Jedná se o velice důležitý prvek při ochraně životního prostředí, jelikož podporuje biodiverzitu a přirozené migrační procesy.

V této práci se snažím navrhnout řešení migrační prostupnosti přes Malšovický jez, který je pro vodní živočichy i organismy neprůchodný a představuje významnou překážku pro jejich potenciální migraci. Návrh rybího přechodu, označovaného konkrétně jako migrační rampa, se v této studii snažím pojmout takovou formou, aby jí byla schopna porozumět i širší veřejnost s kladným vztahem k životnímu prostředí, ale zároveň i s funkčním a co nejpodrobnějším technickým řešením této vodohospodářské stavby. Rybí přechod by totiž ve své podstatě byl k ničemu, pokud by nebyl správně navrhnout tak, aby byla plně zajištěna jeho funkčnost.

Při tvorbě mé předešlé práce jsem se setkal s mnoha nefunkčními a velice nevhlednými migračními prvky. Nejspíše právě proto se snažím o skutečně funkční návrh tohoto migračního prvku, který by plnil svou opodstatněnou ekologickou funkci a zároveň sloužil i pro potěchu oka. Návrhy a různá řešení RP jsem konzultoval s mnoha odborníky na vodohospodářské stavby a migrace vodních živočichů. Myslím, že to byl právě Ing. Just z AOPK, který mi řekl: „Obecně se říká, že dobrý rybí přechod dokážete navrhnout teprve tehdy, až když tři pokazíte.“ Doufám, že zkušenosti, které mi byly skrze tyto kapacity a odborníky na RP předány, poslouží svému účelu a já svůj první návrh nepokazím. Uvidíme.

2. Cíle práce a metodika

Cíle práce

- 1) Shrnutí a vysvětlení teoretických základů o RP
- 2) Popis řešené lokality a uvedení potřebné dokumentace
- 3) Popis návrhu jednotlivých částí migračního prvku doplněný o komentář
- 4) Vlastní technické řešení RP a závěrečné zhodnocení

Metodika

Jelikož jsem věděl o problému s migrační průchodností Malšovického jezu, byl jsem rozhodnut tento problém nějakým způsobem řešit. Na daném místě nebyl nikdy žádný migrační prvek řešen, což znamenalo, že mám před sebou prakticky čistý stůl. Výhodou bylo, že teoretické základy o RP jsem mohl čerpat z mé předešlé práce, kde jsem se věnoval právě problematice návrhu a posuzování účinnosti rybích přechodů.

Má práce tedy začala sháněním všech potřebných materiálů týkajících se samotného Malšovického jezu, řeky Orlice, ryb a vodních živočichů vyskytujících se na daném místě, tak i potenciálně migrujících z přítoků či větších řek, vlastnických vztahů v okolí lokality, nakládání s vodami, dokumentací jezu a dalších potřebných informací. Bez těchto ověřených podkladů by totiž nemohl vzniknout funkční návrh migračního prvku. Jak jsem již výše uvedl, tak samotné informace o návrhových parametrech RP jsem čerpal ze své předešlé práce Návrh a posuzování účinnosti rybích přechodů (2015), literárních pramenů a také z norem k tomu určených.

Důležitým prvkem, který nemůže být vynechán, pakliže s návrhem tohoto typu nemáme zkušenosti, jsou konzultace s odborníky na danou problematiku, konkrétně na výstavbu a vyhodnocování účinností RP. V tomto ohledu jsem měl veliké štěstí, protože jsem mohl čerpat zkušenosti a konzultovat svůj návrh řešení hned s několika odborníky z AOPK, VRV i naší fakulty.

Součástí mé studie jsou i technické výkresy, které by měly mít všechny náležitosti, které má správný technický výkres mít. Více o technických výkresech se dočtete z jiných zdrojů a publikací.

3. Základy o rybích přechodech

3.1 Rybí přechod a jeho účel

Pod pojmem rybí přechod (dále jen RP) se rozumí stavba nebo konstrukce na vodním toku, která má za účel pomáhat především rybám a bezobratlým překonávat rozdílné vodní hladiny toků, při jejich migracích. Pro tyto živočichy vytvářejí nepřekonatelné rozdíly hladin (migrační překážky) nejčastěji stavby na toku, jako např. jezy, přehrady a jiná vodní díla. Účelem RP je tedy tyto překážky určitým způsobem překonat a vytvořit tak migrujícím živočichům náhradní cestu na překonání vodního skoku.

Principem RP je utlumení energie protékající vody, kde utlumení probíhá buď pomocí dílčích fragmentů a tůní nebo zdrsněním dna, případně i boků tělesa RP, které má za následek kontinuální tlumení vodní energie. (TNV 75 2321, 2011) Jsou však i typy RP, které tyto mechanismy ke své funkčnosti nepoužívají a jsou založeny na jiných principech. Mezi tyto migrační prvky patří např. eel ladders (neboli úhoří žebříky), které jsou v přímořských státech hojně využívány a byly navrženy tak, aby při jejich překonávání mohli úhoří využívat svůj typický hadovitý pohyb. Představit si je můžeme jako nakloněnou desku oplachovanou vodou, do které jsou kolmo zasazeny válcovité výstupky (obr. P-9). Výhodou tohoto, u nás netradičního, typu je velká úspěšnost průchodnosti úhořů, ale nevýhodou je fakt, že tyto žebříky již žádná jiná ryba překonat nedokáže.

Dalšími zajímavými typy jsou ještě zdymadlové a tzv. výtahové RP, stejně jako eel ladders však na našem území prakticky neexistují. Funkce těchto migračních prvků se dá velmi jednoduše odvodit podle jejich názvu, zdymadlové fungují na principu zdymadel, tak jak je známe z našich větších jezů, sloužících pro lodní dopravu. Výtahové pak vykonávají doslova funkci výtahu a jsou používány především při velkých převýšeních, které dosahují i desítek metrů.

Rybí přechody jsou schvalovány odbornou komisí MŽP a nelze je stavět např. podle požadavků vodáků nebo rybářů (možná paradoxně), prioritou jsou zákonem chráněné zájmy, které musí rybí přechod splnit. Propustnost tělesa RP pro vodáky je v tomto směru "přidanou hodnotou", i když musíme připustit, že zcela jistě důležitou a nezanedbatelnou (v případě provozování vodáctví na daném místě).

Zákonem chráněný zájem však nemůžeme stavět nad tento „vodácký“. (Petr. P, 2011)

3.1.1 Cílové druhy ryb

RP neslouží jako průchod přes migrační překážku pouze rybám, ale i bezobratlým nebo živočichům napojeným svým životním cyklem na vodní tok. V mnoha případech se i samotná trať RP může stát útočištěm vodních živočichů a mikroorganismů, které zde mohou setrvávat dlouhodobě. Mluvíme zde však spíše o přírodních typech migračních prvků.

Cílové společenství se skládá z několika desítek druhů ryb, zde si však vyjmenujeme pouze část zástupců, jako hlavních druhů, pro které jsou rybochodné prvky řešeny. (ČSN P 75 2323, 2014)

Chráněné druhy: mihule potoční (*Lampetra planeri*), hrouzek Kesslerův (*Romanogobio kesslerii*), sekavčík horský (*Sabanejewia balcanica*), ježdík dunajský (*Gymnocephalus baloni*), ouklejka pruhovaná (*Alburnoides bipunctatus*), jelec jesen (*Leuciscus idus*), střevle potoční (*Phoxinus phoxinus*), kapr obecný – sazan (*Cyprinus carpio*), mník jednovousý (*Lota lota*), vranka obecná (*Cottus gobio*), sekavec (*Cobitis sp.*), atp.

Je pro mě k nepochopení, že i některé chráněné druhy si rybář u nás může na určitých revírech a při dodržení povolené lovné míry ponechat. V těchto případech by podle mého názoru mělo být striktně vyžadována lovná metoda „chyť a pusť“ a jakékoliv nedodržení tohoto nařízení by mělo být přísně trestáno.

Anadromní druhy: Česká republika se může pochlubit pouze jedním hlavním zástupcem tohoto druhu, a to lososem obecným (*Salmo salar*). V minulosti se jednalo o velice hojný druh, který byl ale kvůli neregulovanému a nešetrnému rybaření na našem území

v podstatě vyhuben. Nyní však již pozorujeme náznaky návratu této krásné ryby zpět do našich vod.

V České republice můžeme najít i jiné zástupce anadromního druhu, nedostali se k nám ale přirozenou cestou, a to přirozenou migrací z moře za účelem rozmnožování.

Katadromní druhy: Zde má Česká republika opět pouze jednoho zástupce tohoto druhu, a to úhoře říčního (*Anguilla anguilla*). Pro tento druh se v přímořských státech hojně budují speciální RP, tzv. eel ladders neboli úhoří žebříky. (Kott, 2015)

Charakteristické druhy: pstruh obecný (*Salmo trutta*), střevle potoční (*Phoxinus phoxinus*), lipan podhorní (*Thymalus thymalus*), parma obecná (*Barbus barbus*), ostroretka stěhovavá (*Chondrostoma nasus*), podoustev říční (*Vimba vimba*), jelec tloušť (*Squalius cephalus*), jelec jesen (*Leuciscus idus*), ježdík obecný (*Gymnocephalus cernuus*), candát obecný (*Sander lucioperca*), aj.

3.2 Druhy rybích přechodů

Rybí přechody se v základu dělí na tři hlavní typy, a tedy na technické, přírodní a kombinované. Pokud máme dostatek místa, jeví se jako nejlepší varianta RP přírodního typu, který svými podmínkami proudění nejlépe vystihuje charakter přírodního vodního toku. Často jsme však omezeni místem nebo maximální možnou délkou trati migračního prvku, v tomto případě se naopak většinou volí technické typy rybochodů.

Druhů RP, které spadají pod tyto tři hlavní typy, je celá řada (viz má předešlá práce Návrh a posuzování účinnosti rybích přechodů, 2015). V nadcházející kapitole jsou vysvětleny pouze ony tři základní. Technickému návrhu výše zmíněných typů, ale především migrační rampě (typ RP), je poté věnována kapitola 4. Metodický návrh rybího přechodu.

3.2.1 Technické

Jejich podstatou není napodobení přírodě blízkých podmínek, jako je tomu například u přírodních RP, ale kladou si za cíl technicky jednoduché a efektivní konstrukce RP, které jsou často přímou součástí vodních děl. (TNV 75 2321, 2011) Nejčastěji se budují především dva hlavní typy, a to žlabový a štěrbinový. Ostatní RP tohoto typu již nejsou používány tak často, ale i tak mají své nenahraditelné místo v rozmanitých situacích, které jsou při návrzích řešeny.

Aby ryby pokračovaly dále ve výstupu, musí být uvnitř přechodu zachovány hydraulické poměry odpovídající migrační výkonnosti vyskytujících se druhů ryb všech věkových skupin. Rozhodující je mírný sklon, který by měl být alespoň 1 : 15 a mírnější (v tomto ohledu se požadavky na sklony tratí stále zpřísňují a jednotlivé agentury a organizace uvádějí rozdílné hodnoty), zpravidla však lze říci, že čím mírnější sklon RP, tím je vyšší předpoklad funkčního migračního prvku. Velice důležité při návrhu technického RP (ale i ostatních druhů RP) je, aby vysílené ryby nebyly strhávány proudem zpět přes jez nebo dokonce do MVE, což by je mohlo stát život. Trať technických rybochodných prvků může být v závislosti na prostorových podmínkách v rovné, lomené nebo i opakovaně protisměrné linii. (TNV 75 2321, 2011) Otázkou však zůstává, do jaké míry jsou takové, do různých směrů lomené, tratě pro ryby lákavé a jestli je spíše neodrazují v dalším výstupu.

Norma dále uvádí, že regulace vtokového objemu vody do RP se provádí úpravou šířky svislé vtokové štěrbinou nebo zvýšením dnového profilu v kombinaci s kamenným záhozem proto, aby voda z toku vtékala do přechodu svislou štěrbinou, která zamezuje vzniku vodního skoku s povrchovým režimem na celou šířku vtoku (turbulentní válec by ryby odrazil od dalšího výstupu). Dále se uvádí, že regulace provozního průtoku výtokem pod částečně otevřeným stavidlem není přípustná. Důvodem je nejspíše snížení atraktivity výstupu pro migrující živočichy tvorbou turbulentního válce za tímto stavidlem. Rozdíl hladin ve vodním toku a ve výstupní části tělesa RP nesmí být větší než 0,15 m až 0,20 m, ideálně by se toto převýšení mělo eliminovat vhodným návrhem již v samotném tělese. U technických RP na větších tocích by měl být zajištěn i manipulovatelný přídavný proud vyvedený do směšovací komory ve vstupové části tělesa RP. Tento proud je v literatuře

označován také jako tzv. „lákací“ proud (Mattas D., 2017). Tímto proudem je možno zvýšit proudovou atraktivitu vstupu do RP, zejména v období zvýšené migrační aktivity cílových druhů ryb (TNV 75 2321, 2011) a zároveň neohrozit požadovanou hydrauliku v samotné trati rybochodného prvku, ovlivňující samotnou průchodnost.

O jednotlivých typech a jejich vzájemných rozdílech se více dočtete v mé předešlé práci Návrh a posuzování účinnosti rybích přechodů (2015).

3.2.2 Přírodní

Jejich podstatu tvoří napodobení přírodě blízkých podmínek a při jejich tvorbě jsou upřednostňovány přírodní stavební prvky. (TNV 75 2321, 2011) Nejčastěji se s nimi setkáváme ve vypodobení připomínající přírodní říční koryto. Tyto RP jsou svým charakterem, vnitřním uspořádáním, strukturou a prouděním vody velmi blízké poměrům v přírodních tocích. (TNV 75 2321, 2011)

Při návrhu řešení prostupnosti příčné překážky na vodním toku by se vždy měly nejprve uvažovat přírodě blízké rybí přechody. Obtokové kanály se lépe začlení do krajiny, plní do značné míry přírodní funkce vodního toku a tím i lépe splňují požadavky na variabilitu podmínek pro co největší druhovou škálu migrujících ryb a živočichů. (Rybí přechod mimo příčnou překážku, 2005)

Přírodní typ rybího přechodu je vhodný zejména v místech, kde je dostatek prostoru a nehrozí výraznější změny toku ani okolního terénu. Využívá přírodních prvků a vykazuje vysokou úspěšnost průchodu ryb. Průchodnost rybího přechodu je dána nejen tím, jaké druhy a v jaké míře mohou přechod využívat, ale zejména tím, jaké zdržení znamená pro ryby na jejich cestě za místy vhodnými k reprodukci. [15] Dle srovnávací studie na řece Gave de Pau se nejlépe osvědčil šterbinový rybí přechod v kombinaci s přírodním typem přechodu, který pro lososy znamenal zdržení pouze v řádu hodin. Naproti tomu využití Denilova (čistě technického typu) rybího přechodu znamenalo zdržení i několik dnů. (Larinier M., 2008)

Tyto RP vykazují velice dobré účinnosti pro překonávání migračních překážek na tocích. Ryby se v nich raději zdržují a výstup pro ně není stresující, jako v případě čistě technických typů a „pohyblivé dno“ skýtá možnosti trvalé existence mnoha

druhů vodních živočichů a mikroorganismů, např. v podobě mlžů nebo larev vodního hmyzu. Více o těchto typech přechodů naleznete rovněž v mé předešlé práci Návrh a posuzování účinnosti rybích přechodů (2015).

3.2.3 Kombinované

Kombinované typy RP jsou z části tvořeny obtokovým - přírodě blízkým korytem a z části jsou na nich realizovány technické prvky RP. V těchto případech je důležité stanovit vhodný průtok a dodržet pozvolný sklon. (TNV 75 2321, 2011) Tyto typy mohou být také tvořeny technickou konstrukcí, která je však přizpůsobena přírodnímu vzhledu a má charakter malého vodního toku nebo bystřiny, která doslova láká ryby k započetí jejich protiproudých migrací.

Tyto kombinované typy se nejčastěji používají v místech, kde by bylo problematické navrhnout čistě technický či přírodní typ nebo se řeší tak, že část RP je uzpůsobena pro splavení jezu vodáky. V těchto místech je často, vedle RP s balvany jako překázkami, použito tzv. kartáčů, které jsou poddajné a nepoškozují plavidla. (Hánová K., 2011) S těmito typy kombinovaných RP, které jsou opatřeny elastickými plastovými kartáči, které byly vyvinuty v roce 2000 v Německu [5], se setkáváme asi nejčastěji.

V prostředí České republiky byla tato technologie poprvé použita pro adaptaci sportovních a šterkových propustí, kterými jsou vybaveny stávající jezy, na rybí přechody. U sportovních propustí spojuje nároky na migraci ryb a zároveň zvyšuje bezpečnost proplutí propustí pro vodáky. Do betonového nebo dřevěného roštu jsou přimontovány bloky z plastových štětin oválného průměru (10 x 6 mm) o délce asi 50 cm (obr. P-8). Dno rybího přechodu je vyplněno přírodním materiálem (VRV, 2011) nebo může být od jeho umístění v některých případech i upuštěno, jelikož se v této sportovní propusti nepředpokládá trvalý pobyt ryb a dno tělesa může být zdrsněno i jinými způsoby, aniž bychom riskovali odplavování nebo vymílání onoho přírodního materiálu.

S kombinovanými typy RP se setkáváme stále častěji a výjimkou nebude ani tato práce, kde navrhuji právě kombinovaný typ.

4. Popis lokality a zájmového území

Malšovický jez, na kterém navrhují migrační zprůchodnění této „překážky“, se nachází v Hradci Králové na řece Orlici v říčním kilometru 2,965.

Výstavba nového Malšovického jezu proběhla v letech 1923 – 1927. Bylo rozhodnuto, že se stavba posune asi o 100 m výše proti proudu, oproti umístění původního dřevěného jezu „Mlejnek“, který své jméno dostal podle přilehlého mlýna, který však v roce 1920 vyhořel a déle už nebyl obnoven. (Šámalová Z., 2007)

Pohled na toto VD z ptáčí perspektivy nalezneme na obr. P-1 v kapitole Přílohy a samotný bližší pohled na obr. č. 3, kde je zakresleno i proudění vody na naší lokalitě v blízkosti jezu. Situování VD ve větším měřítku vidíme vzhledem k Hradci Králové na obr. č. 1.



Obr. č. 1 – Pohled na situování vodního díla vzhledem k městu Hradci Králové

Popis vodního díla:

Číslo hydrologického povodí:	1 – 02 – 03 – 0690 – 0 – 00
Kraj:	Královehradecký
Obec s rozšířenou působností:	Hradec Králové
Katastrální území:	Slezské Předměstí
Vlastník vodního díla:	Česká republika
Správce majetku státu:	Povodí Labe, státní podnik, závod Hradec Králové
Celkový objem zdrže:	290 000 m ³
Délka vzdutí:	3,750 km
Zatopená plocha:	14,5 ha
Normální hladina nad jezem:	230,39 m. n. m.
Tolerance:	- 10 cm až + 30 cm

Povodňové stavy vztažené k limnigrafu v Týništi nad Orlicí (na ř. km. 30,9) pro vodní dílo a pro říční trať:

I. stav bdělosti	320 cm	94 m ³ .s ⁻¹
II. stav pohotovosti	350 cm	135 m ³ .s ⁻¹
III. stav ohrožení	370 cm	174 m ³ .s ⁻¹

Účel a využití vodního díla:

Malšovický jez je součástí regulace a stabilizace spádových poměrů na toku Orlici, energetického využití vodní energie v průběžné vodní elektrárně a zajištění odběrů povrchové vody z jezové zdrže, v místech přilehlých slepých ramen. (Manipulační řád vodního díla Malšovický jez, 2013)

V minulosti byl jez použit pro vzdutí vody a její následný odklon náhonem k mlýnu na pravém břehu, kde byla vyžadována její co možná největší energie pro roztáčení mlýnského kola.

Ostatní charakteristiky a popis vodního díla:

IV. kategorie - Na základě rozhodnutí Magistrátu města Hradec Králové ze dne 4. 2. 2011 pod čj. SZ MMHK/219235/2010ŽP1/Tlu vodní dílo přeřazeno ze III. do IV. kategorie z hlediska TBD.

Výškový systém – Balt po vyrovnání. Pro přepočítání z výškového systému Balt p. v. do výškového systému Jadran nutno použít koeficient + 0,41 m.

4.1 Pevný jez

Vodní dílo tvoří pevný kamenný jez. U levého břehu se nachází vorová propust, u pravého břehu pak štěrková (odlehčovací) propust.

Přelivná hrana pevného jezu je dlouhá 91,34 m s hranou na kótě 230,39 m. n. m. Těleso jezu v půdoryse je podkovovitě tvaru a je vyklenuto proti vodě. Vlastní těleso je z betonu s přepadovou hranou z kyklopského zdiva. Koruna jezu je kryta žulovými kvádry a je proti vodě skloněna v poměru 1 : 6. Výška jezového tělesa nad základy je 6,45 m, šířka v základech 3,00 m, šikmá šířka v koruně 2,00 m. Hradící výška jezu je 2,60 m. Před jezovým tělesem ve zdrži je kamenný zához, ukončený dlažbou ve sklonu 1 : 1, která plynule navazuje na korunu jezu.

Vývar pod jezem je 13,76 m dlouhý a 1,0 m hluboký, vyzděný kopákovým zdivem ze žuly o tloušťce 0,40 m. pod touto dlažbou je betonová deska o síle 0,60 m. Kóta dna vývaru je 225,73 m. n. m. Za vývarem pokračuje opevnění betonovou deskou o délce 11,62 m a tloušťce 0,60 m, která je provedena do dřevěného pilotového roštu. Na vrchu je deska zesílena dlažbou o síle 0,40 m. Na konci je zavázána do dna na hloubku 3,00 m a ukončena záhozem. Před jezovým tělesem, na konci vývaru a na konci betonové desky je zaberaněná štětová stěna. (Manipulační řád vodního díla Malšovický jez, 2013)

4.2 Vorová propust

U levého břehu je umístěna 6,0 m široká vorová propust obr. č. 2. Od vlastního jezového tělesa je oddělena nízkým pilířem a dělicí zdí 1,0 m širokou. Pevná přelivná hrana skluzu je na kótě 229,69 m. n. m., konec skluzu je na kótě

227,66 m n. m. Vzduší nominální hladiny na kótě 230,39 m. n. m. je udržováno ocelovým hradidlem, osazeným v drážkách na přelivné hraně propusti. Těsnění hradidla na prahu dubovým trámcem, a v bocích profilovaným pruhem pryže. Délka skluzu vorové propusti je 22,95 m, výška dělicí zdi 1,30 m, výška stupně na konci dělicí zdi 1,10 m. Manipulace s hradidlem se provádí z obslužné lávky pomocí ručně ovládaného kladkostroje.



Obr. č. 2 – Pohled na vorovou propust ze spodní vody. Foto: Pavel Herodes.

Dno koryta je pod skluzem na délku 8,0 m zpevněno betonovou deskou v dřevěném roštu (vidíme na obr. P-3) a dále záhozem. Štětové stěny, zaberaněné ve čtyřech profilech pevného tělesa jezu, pokračují i přes vorovou propust.

Kapacita vyhrazené vorové propusti při nominální hladině je cca $5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Maximální kapacita skluzu při vyhrazených hradidlech je $26 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. S vorovou propustí manipuluje Povodí Labe, s. p. pomocí pohybového mechanismu na ruční pohon. (Manipulační řád vodního díla Malšovický jez, 2013)

4.3 MVE

Malá vodní elektrárna je situována na pravém břehu. MVE je průběžná a nízkotlaká. Od jezu je oddělena ostrovem a s řečištěm ji spojuje krátký přivaděč. Na začátku přivaděcího kanálu slouží jako ochrana před ledovými bariérami a proti velkým plovoucím předmětům řada ocelových ledolamů. Vlastní vtokový objekt, opatřený strojně stíranými jemnými česlemi je rozdělen na tři vtoky do turbín. Každý z nich je samostatně uzavíratelný dvoudílným ocelovým stavidlem o rozměrech 450 x 300 cm a 150 x 300 cm. Stavidla lze uzavírat buď ručně, nebo pojízdným elektromotorem, který lze přistavit ke každému stavidlu zvlášť.

V MVE jsou instalována celkem tři soustrojí. Dvě jsou shodného typu Kaplan, každé o hltnosti $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a třetí soustrojí typu Francis o hltnosti $13,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Maximální hltnost všech turbín je tedy $33,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Jmenovitým spádem Francisovy turbíny jsou 2,0 m, dvou Kaplanových turbín pak 2,24 m.

Maximální spád je 2,30 m a nejnižší spád, při kterém lze ještě turbíny provozovat je 1,20 m. Regulace hltnosti turbín je hladinová. Každý generátor má instalovaný výkon 150 kW a celkový výkon MVE je tedy 450 kW. Odpad od savek turbín je vyústěn do krátkého kanálu, který ústí do koryta řeky 40 m pod MVE. (Manipulační řád vodního díla Malšovický jez, 2013)

- max. hltnost MVE $2 \times 10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} + 1 \times 13,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$; celkem $33,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
- instalovaný výkon $3 \times 150 \text{ kW}$
- jmenovitý spád Francisovy turbíny 2,0 m
- jmenovitý spád Kaplanových turbín 2,24 m
- max. spád 2,30 m, min. spád 1,20 m

4.4 Odběrné objekty z toku

1. Objekt - Pro úpravnu vody slouží dva odběry z jezové zdrže. Jeden je umístěn na pravém břehu mezi MVE a ledolamy a druhý ve slepém rameni Orlice, které odbočuje z pravého břehu koryta řeky nad jezem. Oba objekty jsou stejného provedení; mají šikmou čelní stěnu opatřenou hrubými česlemi a vtok hrazený

kanalizačním šoupátkem DN 700. Odběrné potrubí je z VIA trub DN 800. Před kanalizačním šoupátkem je umístěna jímka, která slouží k usazování splavenin. U jímacího objektu nad jezem je kóta osy potrubí 229,27 m. n. m., kóta dna jímky je 228,19 m. n. m., kóta dosedacího prahu šoupátka je 228,44 m. n. m. Světlá šířka objektu je 140 cm, délka 530 cm. Rozměry objektu ve slepém rameni jsou stejné, kóta dna jímky je 227,19 m. n. m., dosedacího prahu 227,94 m. n. m. a osa potrubí 228,34 m. n. m. Manipulace s odběrnými objekty provádějí pracovníci Královéhradecké provozní a.s. sami.

2. Objekt - Na levém břehu cca 30 m nad jezem v ochranné hrázi je hrázová propust sloužící k napouštění slepého ramene Orlice tzv. Jezuitských jezírek, odkud je zajištěn odběr vody do sádek MO ČRS v Malšovicích. Průtočný profil o průměru 70 cm lze uzavřít dřevěným stavidlem 70 x 100 cm ovládaným šroubovou tyčí. Kóta dna pod stavidlem je 229,71 m. n. m. Vstupní šachta je z koruny hráze. Manipulace s objektem se řídí vlastním manipulačním řádem.

3. Objekt - Vtokový objekt v „Sýkorkách“ tvoří betonový propustek o rozměrech 200 x 120 cm zahrazený z návodní strany 2 dřevěnými stavidly o šířce 105 cm. Kóta dna pod stavidly je 229,79 m. n. m. Stavidla jsou ovládána ručně šroubovými tyčemi. Manipulace s objektem se řídí vlastním manipulačním řádem. (Manipulační řád vodního díla Malšovický jez, 2013)

4.5 Manipulace s vodou

V této kapitole jsou popsány zásady manipulace s vodou na Malšovickém jezu, které jsou pro samotný návrh RP velice důležité, jelikož ovlivňují pohyby hladiny, která má přímý vliv na průtoky vody korytem rybochodného prvku. Tyto charakteristiky zaklesávání a stoupání hladiny je v návrhu nutné zohlednit.

Hlavní zásady manipulací

Rozhodující význam pro hospodaření s vodou v jezové zdrži má energetické využívání průtoků v MVE a manipulace s vorovou a štěrkovou propustí. Vlastní

manipulace se provádějí v závislosti na přítoku do jezové zdrže s cílem dodržet hladinu na předepsané kótě **230,39 m. n. m. s tolerancí - 10 cm až + 30 cm.**

Hladinu vody v rozmezí těchto kót udržuje elektrárna do přítoku rovnému hltnosti turbíny, tj. do $33,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a zabezpečuje kontinuální převod průtoků přes MVE. Hradící jezové uzávěry vorové a šterkové propusti jsou v normální poloze spuštěny, tj. horní hrany v úrovni 230,39 m. n. m.

V případě, že bude MVE mimo provoz, převádí se veškeré průtoky přes pevné jezové těleso nebo při průtocích blízkých hodnotě MZP ($3,18 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) jalovou propustí. Při dosažení maximální tolerance jsou průtoky dále převáděny vorovou a šterkovou propustí. (Manipulační řád vodního díla Malšovický jez, 2013)

Minimální zůstatkový průtok

Pouze při plnění jezové zdrže musí být pod vodním dílem zachován minimální průtok (MZP), a to v množství $3,18 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. V případě vybudování RP by část tohoto průtoku musela procházet přes navržený migrační prvek, takže by všechny objem, odpovídající MZP, nemohl být využit pouze k výrobě elektrické energie na MVE.

Manipulace s vodou za normálních a nízkých průtokových situací

Za normálních průtokových a provozních situací je třeba dodržet hladinu v jezové zdrži v předepsaném rozmezí kót. Hladina vody se nesmí mimo toto rozmezí snižovat ani zvyšovat z důvodů nadlepšení vodních stavů. Přítoky do zdrže do maximální hltnosti turbín MVE se převádějí turbínami. Za dodržování hladin v předepsaných mezích za normálních a nízkých průtokových situací odpovídá v plném rozsahu MVE. (Manipulační řád vodního díla Malšovický jez, 2013)

Manipulace za velkých vod

Vzhledem k tomu, že v jezové zdrži není vymezen retenční (ochranný) prostor, je třeba při velkých vodách zásadně počítat s propouštěním průtoků jezem. Přitom se udržuje zásada, aby nebyla překročena max. hladina 230,69 m. n. m.

Po dosažení kladné tolerance výkyvu hladiny (+ 30 cm) na jezu dojde k postupnému vyhrazení vorové propusti. Při dále stoupajícím průtoku a pro dodržení manipulační tolerance se započne s postupným vyhrazováním šterkové propusti. Po

vyhrazení štěrkové propusti a dále stoupajícím průtokem nastává na vodním díle neovladatelný stav. Při snižování průtoků je postup manipulací opačný.

Provoz v zimním období

V zimním období je potřeba dbát na to, aby byla ledová pokrývka oddělena od hradící konstrukce uzávěru a pilířů tak, aby byla umožněna manipulace štěrkovou propustí při předpokladu výskytu povodňových průtoků. V tomto zimním režimu se nevolňuje vorová propust a to z důvodu tvorby „nápěchu“ ledu u propusti.

Při průtocích menších než je hltnost vodní elektrárny (tj. $33,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) je v období déletrvajících silných mrazů snížena hladina horní vody pod úroveň přepadové hrany hradící konstrukce jezu, tj. hladina horní vody se bude pohybovat v rozmezí 230,39 m. n. m. až - 10 cm záporné tolerance.

Při tloušťce ledu 15 – 20 cm dochází k částečnému spojení ledové celiny s uzávěrem štěrkové propusti, pilíři, pevným jezem, a vorovou propustí. Při tloušťce ledu v nadjezí 20 – 40 cm dochází k celkovému zámrazu VD. Odstranění celiny se provádí jen před štěrkovou propustí a podél bočních štítů a pilířů v šířce 70 – 80 cm. Přimrznutí jezového uzávěru k ledové celině nad jezem způsobuje jeho neovladatelnost a může vyvolat havárii zařízení. Při tomto stavu se nesmí uzávěrem štěrkové propusti manipulovat do jeho uvolnění (odsekání apod.).

Ostatní manipulace

Při vyšších průtocích od 70 do $35 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ je možné z důvodu zabránění tvorby nánosů před vtokem na MVE a před odběrem pro úpravnu vody krátkodobě vyhradit štěrkovou propust. Po provedení průplachu se přejde ihned na normální režim.

Splaveniny zachycené na konstrukci ledolamů a na uzávěru štěrkové propusti je nutné pravidelně odstraňovat. Pro odstranění splavenin v jezové zdrži je možné krátkodobě využít manipulace se štěrkovou propustí při provádění průplachů při průtocích od 70 do $35 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. (Manipulační řád vodního díla Malšovický jez, 2013)

S těmito informacemi je nutné naložit tak, abychom se pokusili navrhnout takový RP, který bude schopen v opodstatněných případech, kdy nelze využít žádný jiný prvek VD, nahradit zrušenou vorovou propust. V opačném případě je namíste alespoň navržení náhradní manipulace při těchto situacích.

5. Metodický návrh rybího přechodu

Před samotným návrhem rybochodného prvku bychom si vždy měli položit jednu zásadní otázku, a to: “Nebylo by ekonomicky a ekologicky výhodnější abychom migrační překážku, například v podobě starého a neopodstatněného jezu, zrušili a umožnili tak migrační prostupnost živočichům?” V tomto případě však zrušení jezu navrhnout nemůžeme, jelikož zde jez plní hned několik důležitých funkcí naráz, z čehož vyplývá, že moje započatá práce může dále pokračovat.

Návrh rybího přechodu probíhá v několika fázích, které na sebe volně navazují. Nejprve je třeba si provést základní rozvahu, kde posoudíme okolnosti, které by na návrh mohli mít vliv, včetně skladby populace na dané lokalitě. Poté je třeba mít k dispozici veškeré potřebné podklady, které budeme k návrhu migračního prvku potřebovat.

Po těchto základních a celkem i logických úkonech již můžeme začít navrhovat samotný RP a jeho nejideálnější umístění na řešené lokalitě.

5.1 Teoretický základ

Při řešení návrhu RP a jeho jednotlivých prvků si musíme v první řadě uvědomit, jaké druhy živočichů osídlují daný úsek toku nebo jaké druhy ryb a živočichů nám budou přes přechod migrovat. Musíme zde uvažovat i s živočichy, kteří by mohli potencionálně migrovat například při zprůchodnění rybího toku už od ústí do moře. Rybí přechod musíme tedy uzpůsobit tak, abychom těmto rozdílným požadavkům vyhověli. Hlavním prvkem je zde respektování výkonnosti jednotlivých druhů ryb a živočichů. Dále klademe důraz na zachování původní biodiverzity ichtyofauny říčního ekosystému. (TNV 75 2321, 2011) Tato biodiverzita se však s realizací RP může významně rozšířit, jelikož vytváříme nová stanoviště, která mohou některé druhy upřednostňovat.

Nároky jednotlivých druhů nám poté ovlivňují hlavní návrhové charakteristiky RP, kterými jsou především návrhový průtok, šířky jednotlivých tůní, mezery mezi štěrbinami a podélný sklon trati. Tyto charakteristiky nám dále ovlivňují tvar

příčného profilu, počty štěrbin a jejich tvar na překážkách vzhledem k vhodným průtočným rychlostem. (Birklen P. a kol., 2014)

Podrobnější ideální návrhové parametry RP jsou uvedeny v tab. č. 3 a v tab. č. 4, kde jsou vhodné parametry RP uvedeny pro rozdílné druhy ryb. Nutno podotknout, že tato metodika se stále vyvíjí a jsou vyžadovány stále přísnější charakteristiky pro navrhované RP, kde stále větší roli hrají názory skutečných odborníků, doložené jejich vlastními výzkumy.

5.2 Podklady k návrhu RP

Před vlastním návrhem je třeba shromáždit a vyhodnotit dostatečné (co možná největší) množství podkladových materiálů vztahujících se k dané problematice a uvažované lokalitě. (RP na příčné překážce, 2005) Nezastupitelnou, ale často velice problematicky dohledatelnou funkci v ní sehrávají historické materiály a dokumenty, které jsou vztaženy k danému toku nebo řešené migrační překážce. Z těchto dokumentů se můžeme skutečně hodně dozvědět o charakteru toků, které dříve nebyly poutány do takové míry, kterou vidáme dnes.

Bez těchto podkladů a informací by nebylo možné navrhnout optimálně fungující migrační prvek.

5.2.1 Ichtyologický a biologický průzkum

Zde se jedná o zjištění druhového spektra ryb a jejich velikostí v okolí lokality (po proudu i proti proudu) a i těch, které by mohli potencionálně migrovat z horních nebo naopak spodních úseků řek. Dále zjišťujeme výskyt dalších vodních živočichů v lokalitě a jejich potenciální přirozený stav (RP mimo příčnou překážku, 2005), vyzorování dob migrací, zjištění výkonnosti jednotlivých druhů a velikostí ryb. Nutno také zjistit, na co reagují zjištěné druhy negativně či pozitivně a jakými způsoby lze zvýšit atraktivitu RP pro migrující živočichy. U vodních toků IV. a nižšího řádu je nutná také znalost ichtyofauny kmenového toku (navazující vodní tok vyššího řádu). (Birklen P. a kol., 2014) Ze základních parametrů vodních

společenstev lze odvodit stav populací jednotlivých druhů a ve výsledku i kvalitu daného biotopu. (Angermeier P. L. and Davideanu G., 2004)

Migrace je důležitým faktorem, ovlivňující jak distribuci, tak i základní charakteristiky rybích populací v daném toku (Lucas M. C., 2000). Základní parametry ichtyocenóz jsou také ovlivněny činností člověka. Změny ve složení ichtyofauny způsobuje znečištění vod, fragmentace toků vodními díly (Lusk S. a kol. 1997), ničivé povodně (Lusk S. a kol. 1998) nebo nevhodné rybářské hospodaření, především neúměrné upřednostňování výsadeb konkrétních druhů ryb nad těmi opomíjenými druhy (často však původními), na které by ale nemělo být zapomínáno, jelikož tvoří nedílnou součást daného biotopu a vytrácení rozmanitosti není dobrým směrem, kterak by mělo být s vodním tokem hospodařeno.

Jelikož je tato práce vypracována prakticky bez rozpočtu, musíme se spokojit s trochu jednodušším ichtyologickým průzkumem, ve kterém se zaměříme především na zastoupené druhy ryb a jejich charakteristiky.

Ichtyologický průzkum pro naši lokalitu

Ichtyologický průzkum nebyl proveden za využití standardního elektroodlovu (Kestemont P. and Goffaux D., 2002), ale vycházel z odlovné metody „na prut“, již provedeného ichtyologického průzkumu Tiché Orlice (Křížek J., 2011) a dlouhodobých osobních poznatků spojených s tímto tokem. Účelem bylo především zjištění druhového spektra ichtyofauny v toku nad a pod migrační překážkou, tedy Malšovickým jezem.

Zjištěné druhy ryb: jelec tloušť (*Squalius cephalus*), jelec jesen (*Leuciscus idus*), hrouzek obecný (*Gobio gobio*), plotice obecná (*Rutilus rutilus*), střevlička východní (*Pseudorasbora parva*), ježdík obecný (*Gymnocephalus cernuus*), okoun říční (*Perca fluviatilis*), sumec velký (*Silurus glanis*), kapr obecný (*Cyprinus carpio*), cejn velký (*Abramis brama*), cejnek malý (*Blicca bjoerkna*), karas stříbřitý (*Carassius auratus*), štika obecná (*Esox lucius*), ouklej obecná (*Alburnus alburnus*), amur bílý (*Ctenopharyngodon idella*), koljuška tříostná (*Gasterosteus aculeatus*), perlín ostrobřichý (*Scardinius erythrophthalmus*) a úhoř říční (*Anguilla anguilla*)

Potencionální druhy ryb: parma obecná (*Barbus barbus*), jelec proudník (*Leuciscus leuciscus*), mník jednovousý (*Lota lota*), losos obecný (*Salmo salar*), lín obecný (*Tinca tinca*), mřenka mramorovaná (*Barbatula barbatula*), sumeček americký (*Ameiurus nebulosus*), střevle potoční (*Phoxinus phoxinus*), hořavka duhová (*Rhodeus sericeus*), ostroretka stěhovavá (*Chondrostoma nasus*) a candát obecný (*Sander lucioperca*)

Druhy vyskytující se v horních úsecích řeky bez předpokladu výskytu na lokalitě Malšovický jez (především z důvodu charakteristik toku v daném místě a předpokladu stanovišť jednotlivých druhů): vranka obecná (*Cottus gobio*), mihule potoční (*Lampetra planeri*), pstruh obecný (*Salmo trutta*), pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*), mřenka mramorovaná (*Barbatula barbatula*) a lipan podhorní (*Thymallus thymallus*)

Výskyt pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) nebo pstruha obecného (*Salmo trutta*) sice nemůžeme na lokalitě vyloučit, z důvodu vyústění Stříbrného potoka (pstruhový revír) asi 2,2 km nad Malšovickým jezem, ovšem nepředpokládáme jeho poproudou migraci přes navrhovaný RP.

Shrnutí Ichtyologického průzkumu

V rámci provedeného ichtyologického průzkumu toku Orlice byl zjištěn výskyt celkem 18 druhů ryb, jejichž zástupce můžeme vidět na obr. I-1 až I-7. Žádný z těchto druhů nepatří mezi zvláště chráněné taxony ani nefiguruje v příslušných „červených“ seznamech. (Plesník J. a kol. 2003) Déle je patrné, že složení populace je velmi různorodé a nalezneme zde zástupce migrující za účelem rozmnožování, tak i za účelem hledání potravy aj. Déle si na obr. I-2 (Přílohy) můžeme povšimnout tzv. třecí vyrážky na hlavě cejna velkého (*Abramis brama*), což značí fakt, že se daný druh na lokalitě vytírá. V případě cejna velkého to ale není překvapení, jelikož se tento druh vytírá téměř v každé naší vodě.

Na složení populace bude při návrhu migračního prvku brán zřetel. Nepředpokládáme, že migrovat budou všechny výše zmíněné druhy ryb, ale rozhodně by návrh měl respektovat charakteristiky valné většiny z těchto druhů.

Důvodem je zajištění migrační průchodnosti především pro potenciálně migrující druhy, mezi které nepatří např. kapr o velikostech K3 a vyšších, tolstolobik, amur a další, převážně kaprovité ryby, které obývají spíše klidnější části řek.

Naopak do potenciálně migrující skupiny ryb bychom spíše zahrnuli jelce, hrouzky, ježdíky, střevle, oukleje, parmu, okouna, štika, lososovité ryby aj. Rybím přechodem však mohou kromě ryb migrovat a využívat jej i menší vodní živočichové a mikroorganismy [12], například mihule, raci, vodní plži, mlži, kroužkovci i jiní ze skupiny bentosu nebo larev hmyzu.

Dokumentace ichtyologického průzkumu:

Zde vidíme pro názornost zástupce pouze jednoho druhu, a to sumce velkého (*Silurus glanis*, obr. I-1). Další zjištěné exempláře nalezneme v Přílohách na obr. I-2 až I-7.



Obr. I-1 – Exemplář Sumce velkého (*Silurus glanis*), 28 cm, lokalita: slepé rameno řeky Labe, cca 5,0 km po proudu od Malšovického jezu.

5.2.2 Hydrologický režim vodního toku

V této části zjišťujeme četnost a období výskytu minimálních průtoků Q_{330} , Q_N , povodňových jevů, ledových jevů, údaje o odběrech vody z vodního toku, stav proudění v řece a režim splavenin. (RP mimo příčnou překážku, 2005) Také je třeba zjistit kvalitu vody v řešeném toku, pakliže nevyhovuje, bylo by dobré nejprve zjednat nápravu u původce znečištění.

Tyto údaje potřebujeme pro návrh správného průtočného množství vody korytem RP, pro zjištění minimálních průtoků, které nám daný průtok nejspíše sníží a také pro zjištění průtoků maximálních, abychom před nimi mohly těleso RP dostatečně zabezpečit.

Hydrologické poměry

Hydrologické údaje pro profil Moravského jezu poskytl Český hydrometeorologický ústav Praha, pobočka Hradec Králové dopisem č. P13003693/551 ze dne 12. 8. 2013. Vzhledem k tomu, že v úseku Orlice mezi Malšovickým a Moravským jezem (ř. km 0,665 – 2,965) není zaústěn žádný přítok, lze pro profil Malšovického jezu tyto údaje rovněž použít. (Manipulační řád vodního díla Malšovický jez, 2013)

Hydrologické číslo povodí	1 – 02 – 03 – 0690 – 0 – 00
Plocha povodí (F)	2038,07 km ² (GIS ČHMÚ)
Průměrná dlouhodobá roční výška srážek na povodí (HSA)	812 mm/rok
Průměrný dlouhodobý roční průtok (QA)	21,58 m ³ .s ⁻¹

Průměrné překročení průtoku po dobu M - dní

30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	[dní]
49,5	33,7	25,9	20,8	17,2	14,4	12,1	10,1	8,44	6,88	[m ³ .s ⁻¹]
330	355	364								[dní]
5,37	3,95	3,15								[m ³ .s ⁻¹]

(údaje třídy III.)

Velké vody opakující se jednou za N - let

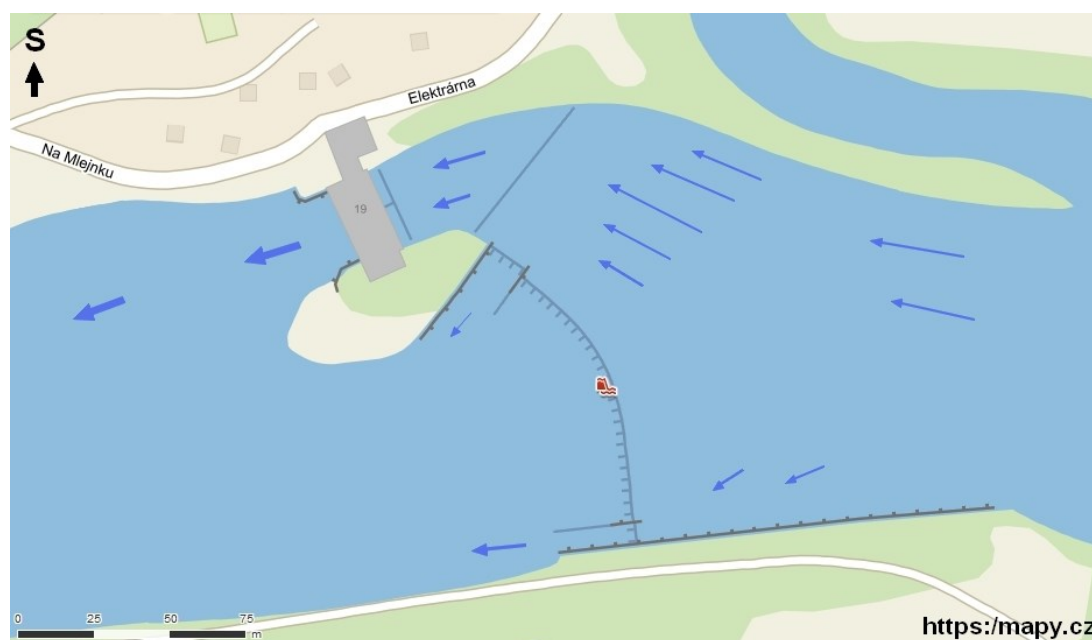
1	2	5	10	20	50	100	[let]	
135	186	259	319	382	471	542	[m ³ .s ⁻¹]	(údaje třídy II.)

5.2.3. Ostatní podklady

Ostatními podklady potřebnými pro návrh RP můžeme myslet například hydrogeologické posudky, charakteristiky toku, kde nás bude zajímat aktuální stav přítoků, samotného koryt, bočních ramen řeky a stav koryta pod překážkou (morfologie dna v podjezí). (RP na příčné překážce, 2005) Dále pak třeba geodetické podklady nebo informace z katastru nemovitostí.

Také nás budou zajímat tachymetrické podklady, tedy geodetické zaměření jednotlivých prvků vodního toku (hladiny, objekty na toku, atd.) a dané lokality. (Birklen P. a kol., 2014) Velice dobrým měřítkem se nám můžou stát historické podklady nebo dokumentace k příčným objektům a RP na toku.

Shrnutím lze říci, že lokalitu, kde se chystáme navrhovat RP, musíme co nejlépe znát, abychom se vyhnuli případným chybám, ať už v umístění nebo v jiných návrhových charakteristikách.



Obr. č. 3 – Naznačené proudění na lokalitě Malšovický jez

Osobní pochůzka a návštěva lokality je samozřejmostí, bez které by se posouzení neobešlo. Voda je živel, který je třeba co nejlépe znát a procházka po proudu nebo proti proudu nám může poskytnout mnoho informací o vodě, která zde vládne. Dokážeme pak lépe předpovědět její chování na lokalitě.

Ukázka proudění na naší lokalitě je vyobrazena na obr. č. 3., na obr. P-1 poté můžeme vidět pohled z ptačí perspektivy na celý Malšovický jez.

5.3 Postupný návrh RP

Před samotným návrhem migračního prvku musíme nejprve, dle výše uvedených podkladů, určit, zda je návrh RP skutečně potřebný nebo se migrační prostupnost příčného prvku dá řešit např. jeho odstraněním, které by umožnilo i celkovou revitalizaci toku do přírodě blízké podoby. (Cowx I. G., 1998) Toto řešení jsme již ale výše odmítli, jelikož zde jez plní hned několik důležitých funkcí naráz.

Posouzení samotného návrhu RP na toku vychází ze základních požadavků ochrany přírody a ze znalostí a možností jednotlivých správců vodních toků. (Povodí Labe, 2006)

Pokud nemůžeme použít opatření odstranění příčného prvku, tak je při návrhu a umístění RP rozhodující jeho optimální funkce s cílem zajištění bezproblémové průchodnosti migrační překážkou. Za optimální funkce se považuje prostupnost pro většinu druhů rybího společenstva (zejména však cílové druhy viz kap. 3.1.1), celoroční provoz rybího přechodu a funkce biotopu (možnost trvalé existence v prostoru rybího přechodu). (Birklen P. a kol., 2014) Obecně lze předpokládat, že funkci biotopu snáze splní spíše přírodní typ RP nebo rozměrnější migrační prvek typu migrační rampy.

Velikost RP musí být v korelaci s průtokovými poměry a velikostí vodního toku. Průtok rybím přechodem se stanovuje podle skladby cílových druhů ryb (viz kap. 3.1.1.) a dle příslušných norem a doporučení. (TNV 75 2321, 2011)

5.3.1 Volba typu a umístění RP

Volba typu a umístění RP má významný vliv na jeho požadovanou funkci. Zde se snažíme navrhnout takový typ RP, který bude mít prostupnost pro celé spektrum ichtyofauny, tomuto kritériu odpovídají přírodní nebo kombinované typy. Selektivní migrační prvek by zde neměl žádný opodstatněný význam. Dále je z hlediska obnovy původní ichtyocenózy významné zajistit jeho celoroční provoz. (TNV 73 2321, 2011)

Umístění RP je závislé především na prostorových možnostech koryta vodního toku a vlastnických poměrech na lokalitě. Neopomenutelný význam mají samozřejmě také proudové poměry na zvolené lokalitě, viz obr. č. 3. Pokud lze, snažíme se o umístění v břehových partiích (RP přírodního typu), kde je snazší kontrola a údržba samotného migračního prvku, např. tzv. bypass, což je v podstatě obtokové koryto napodobující přirozený malý vodní tok. Tato varianta zde však není z hlediska komplikovaných vlastnických vztahů a morfologii koryta vhodná.

Obecně by se RP měl navrhovat spíše do míst, kterými nám protéká největší množství vody, protože právě proud je hlavním „migračním vodítkem“. Ani zde se však neshodneme, jelikož největší proud na Malšovickém jezu je u výtoku z MVE, u které by podobný návrh byl problematický z důvodu vlastnických vztahů, rozložení místa a především z důvodu, že výstup z migračního prvku by musel být u vtoku do MVE, kde by hrozilo strhávání ryb vysílených z migračního výstupu na turbíny malé vodní elektrárny.

Velice nevhodné je také to, aby byly znečištěné vody z ČOV nebo jiných závodů splavovány do tělesa rybochodného prvku, jelikož poškozují citlivé čichové smysly ryb a tím snižují jejich touhu pokračovat v migraci. (Rybí přechody, 2002) U nás by však tento problém ani v budoucnu neměl nastat už jen z faktu, že v okolí se nachází pásma ochrany vodního zdroje, kterým je samotný tok Orlice. Všechny vypouštěné vody do recipientu jsou tedy bedlivě hlídány příslušnými orgány.

Komentář k návrhu

Vzhledem k výše uvedeným skutečnostem se jako nejlepší varianta návrhu jeví RP typu migrační rampy. Tento typ je charakteristický svojí velkou šířkou ve dně, která více vyhovuje celé škále živočichů, oproti čistě technickým a úzkým migračním

prvkům. Tento RP bychom měli problém navrhnout v místech, kde nemáme dostatek místa. U nás však toto nehrozí, jelikož místa je pro tento návrh dostatek. Velikou výhodou tohoto rybochodného prvku je skutečnost, že na rozdíl od technických typů RP je tento snáze „opravitelný“ i po vybudování a případném zjištění závad, které omezují jeho správnou funkčnost.

Rozhodl jsem se, že při návrhu si vezmu inspiraci z již vybudované migrační rampy, a to konkrétně v Břeclavi na řece Dyji (viz obr. P-2). Díky skutečnosti, že se tento RP po vybudování a uvedení do provozu nevyhnul četným problémům s funkčností, mohl jsem z těchto informací čerpat ponaučení a ve svém návrhu jsem se pokusil těmto potížím předejít.

Jedním z problémů Břeclavského RP byl velký vodní skok na výstupu z tělesa do horní vody. Další problém se objevil v horní části rybochodného tělesa, kde jednotlivá okna opět tvořily překážku pro migrující ryby. Byly rozměrově velice malé, takže se jimi ryby kolikrát nedokázaly protáhnout, navíc byly v hloubce asi 1,5 m, což pro migraci není ideální. Přetrvávajícím problémem bylo ucpávání oken splaveninami. Z hlediska funkčnosti zde bylo zvoleno špatné řešení. [2] Těmto problémům se tedy v návrhu pokusím vyhnout.

Umístění migrační rampy bude, vzhledem k prostorovým možnostem koryta, vlastnických a proudových poměrů na lokalitě, nejvhodnější v místech stávající vorové propusti, která se nachází na levém břehu (při pohledu na mapu se jedná o nejnižnější objekt na jezu, obr. č 3). Konečné umístění RP do tělesa Malšovického jezu můžeme vidět na obr. č. 4, v těchto místech nebude docházet ke strhávání migrujících ryb do turbín MVE, máme zde dostatek prostoru a při návrhu by se neměly vyskytnout problémy s vlastníky. Jediný negativní prvek tohoto umístění spatřuji v menším průtoku touto stranou jezu, který by mohl způsobovat nedostatečnou „lákavost“ pro migrující živočichy (v příloze na obr. P-4 vidíme zřetelně zahloubené koryto, značící vyšší průtok na straně k MVE). Věřím však, že si s touto skutečností v návrhu nějak poradíme.



Obr. č. 4 – Zákres plánované migrační rampy do letecké mapy

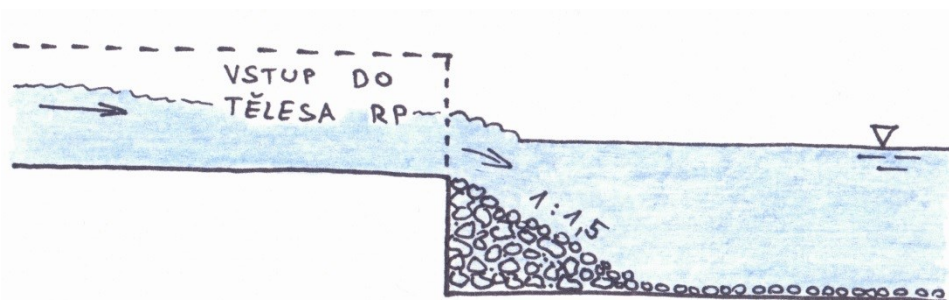
Jako přidanou hodnotu tohoto návrhu umístění vidím v estetické funkci rybochodu a případné možnosti relaxace u jeho břehů. Jelikož se bude nacházet v blízkosti frekventované cyklistické stezky, věřím, že se stane i často navštěvovaným místem. Vybudováním tohoto RP vznikne prvek, který není v nejbližším okolí nikde k vidění.

5.3.2 Vstup do RP

Umístění vstupu do RP a jeho atraktivita je pro migrující živočichy velice důležitá. Vytékající proud má za úkol nasměrování ryb do RP, jeho atraktivita je nezbytným předpokladem správné funkčnosti. Pro ryby migrující proti proudu je totiž hlavní proud toku základním orientačním vodítkem. (Rybí přechody, 2002)

Vstup do RP nesmí být pod vlivem vysoce turbulentního nebo zpětného proudění vody. Pokud tak lze, vstup je umístěn při konci jezového tělesa u jednoho z břehů, přičemž je nezbytné zohlednit úhel směrování jezového tělesa k podélné ose toku, místní proudění a chování ryb. (TNV 73 2321, 2011)

Obecně lze říci, že proud vody, který vytéká z RP, by měl být rychlejší než proud vody ve vodním toku. Toho by v našem návrhu nemělo být problém docílit, jelikož voda u levého břehu v podjezí má momentálně minimální rychlosti. Po vybudování RP se však tyto průtoky zajisté zvýší.



Obr. č. 5 – Ukázka vytvoření pozvolného sklonu u vstupu do RP

Nutnost větších rychlostí je dána především tím, aby byl proud lépe rozpoznatelný. Výstupní rychlost proudu by měla dle normy přesahovat $0,75 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (u specifických RP pro lososy by měla být dokonce vyšší než $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$).

TNV 75 2321 dále říká, že na trase migrujících ryb z prostoru podjezí do RP nesmí být výšková překážka. Případný výškový rozdíl je nezbytné odstranit pozvolným přechodovým náběhem ve sklonu 1 : 1,5 až 1 : 2 (obr. č. 5).

Vstupu do tělesa RP by dále neměly bránit např. příliš mělké vstupní prostory. Tyto případy mohou všeobecně nastávat v dobách menších průtoků, kdy může proud vody v horších případech protékat pouze skrze hrubý štěrkovitý materiál, což vytváří pro ryby naprosto neprostupnou oblast. Tyto úkazy můžeme v letních měsících často vidat na menších vodních tocích, život v těchto tocích je po dobu trvání těchto suchých období často odkázán výhradně na tůň a vývařiště pod jezy. Proto bychom při revitalizacích na tyto prvky rozhodně neměli zapomínat, jelikož se často jedná o poslední možné útočiště vodních živočichů. V mém návrhu je problém mělkých vstupních prostor řešen větším zahloubením tělesa rybochodu v místech jeho vstupu.

Komentář k návrhu

Velice důležitým prvkem při návrhu vstupu do RP bude tzv. lákající proud, který nám pomůže nasměrovat migrující živočichy právě do ústí migračního prvku. Tento jev se často vytváří potrubím, které vede vodu z horních „oken“ rybochodu do jeho spodních partií a voda proudem vytéká právě u vstupu do tělesa RP, čímž atraktivňuje vstup a navozuje dojem bystřinného toku. V našem případě nebude lákající proud zapotřebí, jelikož si myslím, že vstup do tělesa bude mít vzhledem k navrhovanému průtoku $0,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ dostatečnou atraktivitu a proudící voda bude dostatečně lákavá sama od sebe.

V návrhu také počítám s větším přesahem tělesa rybochodu pod hladinu spodní vody, abych lépe docílil funkčnosti migrační rampy i při nízkých stavech vody v podjezí a vyhnul se tak příliš mělkým vstupním hloubkám, které by znemožňovaly další protiproudou migraci. Ve skutečnosti by to mělo vypadat tak, že poslední série „oken“ bude za normálního stavu celá pod vodou a nad hladinu vystoupí právě v případě snížených stavů.

Mezi prostorem podjezí a hranou RP bude vybudován násyp z lomového kamene LK 150/300 mm o sklonu 1 : 1,5, který spojí dno podjezí se dnem tělesa rybochodného prvku. Tato úprava by měla napomoci větší atraktivitě vstupu do RP pro migrující živočichy a snazší přechod pro drobnější vodní organismy.

5.3.3 Výstup z RP

Jedná se o myšlený výstup ryb z RP do horní vody. Optimální rychlost by zde měla být menší než $0,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, avšak tato hodnota již není, oproti rychlosti vstupní, natolik zásadní. Výstup z rybího přechodu do horní vody musí být dostatečně vzdálen od koruny tělesa jezu, od vtokových objektů a od instalovaných rybích zábran, aby ryby migrující rybím přechodem nebyly po výstupu z něj znovu strhávány a splavovány pod příčnou překážku nebo do vody odebírané z vodního toku. (TNV 73 2321, 2011)

Mezi výstupem z RP a nátokem vody do turbín nebo česlí by měl být zachován minimálně 5 m rozestup, pokud je ale rychlost nátoku do MVE vyšší než $0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,

tak by výstup z RP měl být pomocí dělicí stěny prodloužen až do hlavního proudu toku. (Rybí přechody, 2002)

Ve výstupovém profilu je nezbytné zajistit jeho diverzitu v příčném průřezu a zabránit víření vody. Výstup má být směřován pod úhlem přibližně 45° a mírnější směrem proti proudu vody v korytě (vůči proudnici) s přihlédnutím k prostorovým možnostem a rychlostem proudu. (TNV 73 2321, 2011) Tyto charakteristiky jsou však dle mého názoru vztaženy spíše k RP, které jsou umístěné na malých vodních tocích a pro můj případ, kde počítám se šířkou toku téměř 100 m, nejsou natolik zásadní. Důvodem je především proudový charakter, který je na menších vodních tocích přeci jen „divočejší“ a ryby tak potřebují být směřovány proti proudu již ve výstupu z migračního prvku.

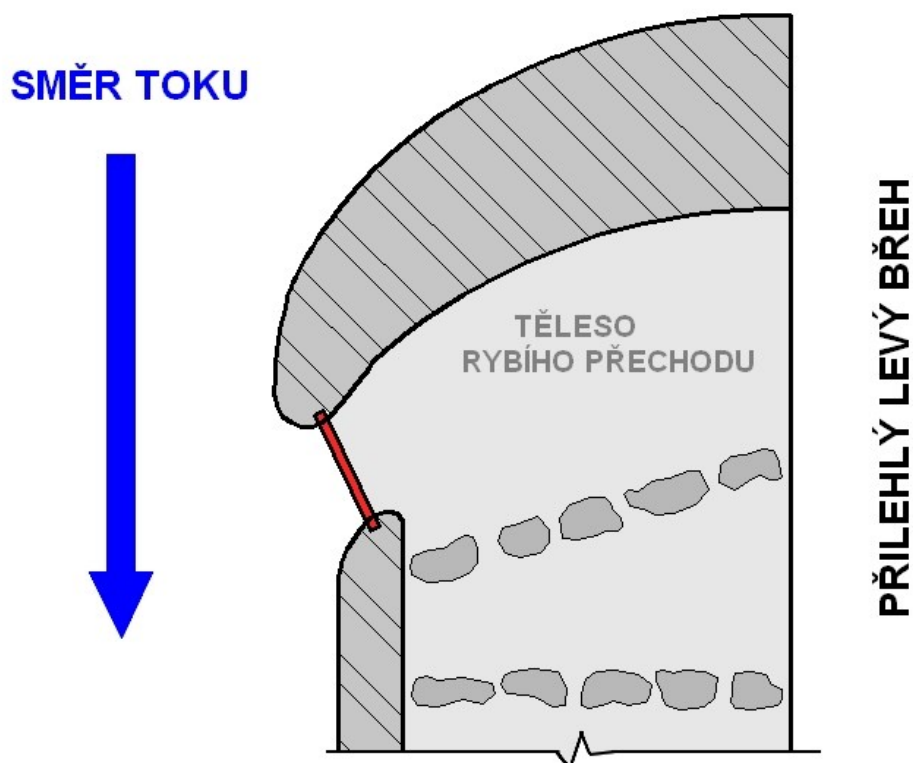
Komentář k návrhu

Z důvodu možnosti strhávání ryb do MVE bylo celé těleso RP navrženo k levému břehu a co nejdál od MVE, tím vznikne i dostatečná vzdálenost výstupu z RP od tohoto nebezpečného prvku, kterou doporučuje příslušná norma.

V normě se také uvádí, že výstup by měl být směřován pod úhlem 45° vůči proudnici, ale dle mého názoru tyto charakteristiky platí pouze pro toky, které mají ve výstupu z RP velké rychlosti, které by mohly strhávat ryby zpět pod jez, typickým příkladem jsou bystřinné toky v podhorských oblastech. V našem případě tomu tak ale není, jelikož přes pevný jez žádná voda za normálního stavu nepřepadá a za vyšších průtoků, kdy už voda přes jez přepadá, má stále malou rychlost, jelikož se celý průtok přes jez rozloží na jeho celou délku 91,34 m. Proto se domnívám, že směrování výstupu pod daným úhlem není v našem případě potřeba a nehrozí, že by po výstupu byly ryby zmatené a nevěděly kam plavou. Ryba se v tekoucí vodě orientuje víceméně pouze podle proudu, který se dotýká jejího těla. Vnímá tento proud jí dovoluje smyslový orgán, který je označován jako postranní čára. [4] Pokud plavou ryby proti proudu, tak to dělají vždy přímo na tento proud a neustále si udržují jednu získaný směr. [13]

Zde si mohu vzít ponaučení z břeclovského rybího přechodu, ten byl sice budován na výstupu s úhlem zhruba 45 - 90°, ale nefungoval správně. Důvodem

bylo ucpávání výstupu z RP splávním. Já zde proto navrhuji rozdílný přístup, který by měl fungovat také jako ochrana samotného rybochodného prvku při velkých vodách (viz obr. č. 6). RP by díky této úpravě mohl mít delší životnost a nemusel by být v častých intervalech ucpáván splávním.



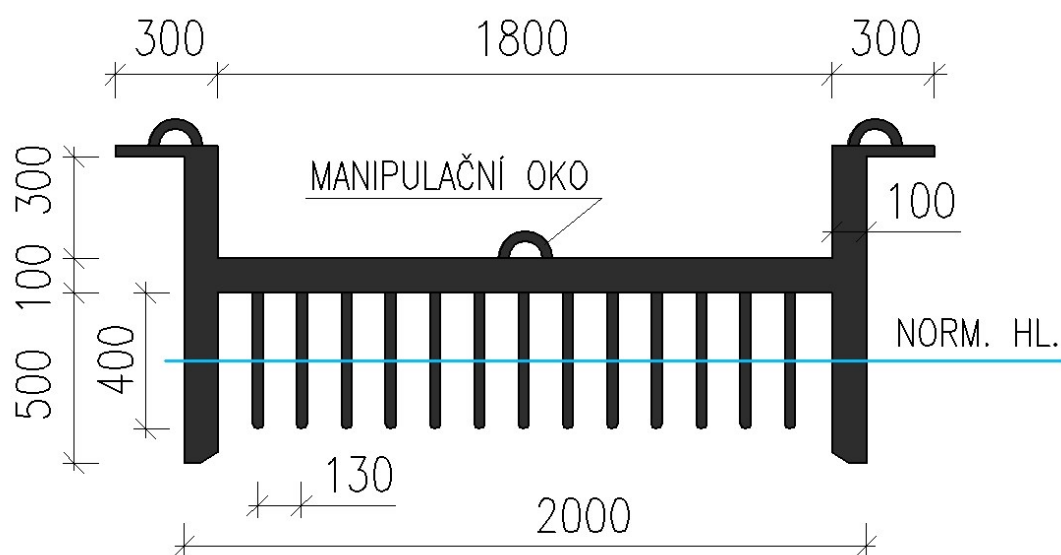
Obr. č. 6 – Nákres čela RP vystrčeného proti vodě

Výstupu do horní vody by správně neměly bránit naplaveniny, které by mohly výstup znatelně ucpávat a zabraňovat tak migraci. Pokud by však i přes navržení této konstrukce nastávaly problémy, dalo by se přistoupit k „zahrazení hladiny“ česlemi z válcovitého materiálu, které by na hladině zachytávaly splávním (to by bylo pravidelně odstraňováno z pochůzných hrází) a sahaly by jen částečně pod hladinu, viz obr. č. 7. Případné zahrazení by se realizovalo na výstupu z migračního prvku v místech, kde budou ve stěnách instalovány kovové lišty. Toto opatření by nemělo

nijak výrazně snižovat účinnost RP, ale přistoupilo by se k němu pouze v případě výše uvedeného problému.

Podobné řešení bylo nedávno realizováno při rekonstrukci jezu na řece Berounce v Černošicích. Výstup z RP zde byl rozdělen do dvou polí o šířce 1,5 m a každé z těchto polí bylo vybaveno velmi mělkou nornou stěnou, která má alespoň trochu snižovat množství plovoucích nečistot přitékajících do tělesa rybochodného prvku. (Stavebnictví, 03/17)

Na výstupu do horní vody budou tedy ve stěnách instalovány kovové lišty ve tvaru „U“ (na každé straně tak vzniknou rýhy, které budou 150 mm hluboké a 150 mm široké), a to v místech, které jsou vidět na obr. č. 6 (znázorněno červeně). Tyto lišty budou instalovány s povrchovou úpravou zabraňující korozi a jejich účelem bude plné zahrazení koryta RP (např. dřevěnými fošnami) v případě potřeby nebo pro případné osazení níže zakreslených česlí.



Obr. č. 7 – Náskres možné konstrukce česlí pro umístění na výstupu z RP

5.3.4 Trať tělesa RP

Jak již bylo zmíněno výše, snažíme se o vedení trasy RP v příbřežních partiích, kvůli snadnější kontrole a čištění. Vnitřní trať (příčný profil „koryta“) je poté velice závislá na typu zvoleného RP (viz kap. 3.2.1. a 3.2.2.). U přírodního typu se snažíme navrhnout podélný profil, který by měl odpovídat skutečnému vodnímu toku s občasnými tůněmi a balvany, u kterých si migrující živočichové budou moci při výstupu odpočinout.

Rozdíly hladin v jednotlivých segmentech RP či tůních by neměly být vyšší než 0,15 – 0,2 m. Samotné těleso by mělo mít pozvolný sklon 1 : 20 a mírnější pro vody kaprové; 1 : 15 a mírnější pro vody lososové. (TNV 73 2321, 2011) Zde se samotná norma a jednotlivé metodiky různých orgánů velice liší. Od kolegů z VÚV mi bylo například doporučeno, abych v návrhu uvažoval s maximálním rozdílem hladin 10 cm (optimum 5 – 8 cm), přitom norma uvádí 15 – 20 cm. V požadavcích od AOPK je zase uveden minimální sklon 1:22, ale vhodnější je podle Ing. Barankiewiczze 1:30 a ideální dokonce 1:40 (tento sklon je nově uveden ve standardech pro migrační prvky na Slovensku).

Je nutné, aby proudění vody v tělese bylo vhodně strukturované z hlediska rychlostí proudění vody a z hlediska převýšení (rozdílu) vodních hladin. (TNV 73 2321, 2011) Pokud chceme dosáhnout RP, který bude v provozu celoročně, tak musíme zabezpečit, aby přes něj byla migrace ryb a vodních živočichů možná i při snížených průtocích vody ve vodním toku. Naopak při povodních je nezbytné, abychom v zájmu ochrany RP omezili průtok vody samotným tělesem RP. (Rybí přechody, 2002). S možným zahrazením přítoku do tělesa RP ve svém návrhu počítám a pro tento případ je těleso na výstupu opatřeno kovovými lištami pro osazení případného hradícího prvku (např. dřevěných fošen).

Komentář k návrhu

Pochopitelně je ideální navrhovat co nejpozvolnější sklon a co nejmenší rozdíly vodních hladin mezi jednotlivými tůněmi, které mají přirozeně nejlepší předpoklady pro správnou migraci rybím přechodem. Musíme si však uvědomit, že migračnímu prvku nemůžeme podřídít úplně vše, ale naopak v mnoha věcech

musíme ustupovat na stranu rozumu. Kdybych uvažoval se sklonem trati 1:40, dostal bych se na celkovou délku přesahující 113 m, což by dle mého názoru bylo zbytečně moc.

Sklon je tedy navržen ve sklonu 1:25, což by měl být přijatelný kompromis. Oproti původnímu sklonu 1:20 se trať tělesa RP prodlouží zhruba o 13,5 metru, toto navýšení celkové délky vykompenzují natažením tělesa více pod jez, což není na škodu, vzhledem k předpokládané lepší lákavosti na vstupu do RP. Při návrhu se totiž musím s tratí vejít tak, abych v horní vodě nezasáhl do objektu pro nátok do slepého ramene Sýkorky, který je umístěn cca 36 m od koruny pevného jezu směrem proti proudu v levém břehu. Před návrhem je potřeba tento objekt řádně zaměřit, aby nedošlo k jeho zahrazení.

Požadovaný průtok vycházel z normy TNV 75 2321, která říká, že na 1 m šířky příčného profilu migrační rampy je potřeba uvažovat s průtokem minimálně $0,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Pro naši trať, která je široká 6 m to tedy vychází na $0,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Pro správné průtoky a výšky hladin bylo potřeba navrhnout rozložení kamenů v přehrázkách (obr. č. 8) oddělujících jednotlivé tůně na trati. K tomu mi posloužil výpočet v modelovém prostoru HEC-RAS viz níže.

Dalším kritériem pro funkční návrh jsou hloubky na trati, které musejí dosahovat minimálně 40 cm, my máme navrženo, že minimální hloubka za normálního stavu by neměla klesnout pod 62 cm, což je komfortní rozstup od normové hodnoty.

Šířka štěrbin je pro průchod nemálo důležitá a je normou stanovena na hodnotu 0,15 – 0,20 m, což představuje u prostupných přepážek optimální mezery pro proplutí ryb při jejich migracích. Ve fantazii se však meze nekladou a i zde platí, že rozdílné rozložení nebo náhodné rozšíření mezer může přinést požadovaný až nečekaně dobrý účinek.

Minimální šířka příčného profilu ve dně je navržena na 6 m z důvodu využití stávající vorové propusti, která má právě tyto parametry. Jelikož je normové kritérium pro šířku migrační rampy stanoveno na minimálně 3,5 m, tak i zde s rezervou splníme.

Dno trati bude po celé délce pokryto kamenivem nebo hrubým šterkem takové frakce, aby nedocházelo k jeho odnosu v průběhu funkčnosti přechodu (Vavruška V., 2016) ve vrstvě cca 10 cm.

Stěny tělesa budou na styku s tokem zděné z lomového kamene na cementovou maltu a budou silné 1 m, aby odolaly tlaku vody i při povodňových průtocích. Výjimkou bude čelo RP nad pevným jezem, které bude z důvodu bezpečnosti za vyšších průtoků a lepších hydraulických poměrů navrženo zesílené s proměnlivou tloušťkou od 3 do 1 m a bude v půdorysu skloněno směrem k ose toku a zároveň bude o 1 m stejným směrem vychýleno, viz výkres č. 1.



Obr. č. 8 – Možnosti rozložení lomového kamene zapuštěného do betonových bloků, tyto celky zjednodušují instalaci v trati RP. Foto: RNDr. Milan Hladík, PhD.

5.4 Zábrany a clony

Zábrany a clony jsou doplňkovým vybavením nejen RP, ale i nátoků do MVE nebo technologických objektů na toku. Neslouží pouze k ochraně ryb, ale i k nasměrování ryb do RP nebo k udržení ryb v korytě toku a mimo dosah proudů, které by je mohly splavovat do technologických zařízení. Rozlišujeme dva hlavní druhy clon a zábran, a to mechanické a behaviorální (viz níže).

K ochraně ryb dále patří i případný zákaz rybolovu v samotném RP nebo v jeho blízkosti, a to v místech, kde se ryby za účelem migrace shlukují. (Rybářský zákon 241.14, 2013) V ochraně ryb v blízkosti RP mají však dotčené právní subjekty rozdílné názory i opatření, např. český rybářský řád severočeského kraje udává zákaz rybolovu ve vzdálenosti 50 m nad i pod rybím přechodem. [3]

Mechanické zábrany

Fyzicky znemožňují proniknutí a proplutí ryb, jejich účinnost je podmíněna především šířkou mezer mezi česlemi nebo velikostí ok v sítích a jiných prvcích, dále také velikostí a tvarem těla migrujících ryb. (ČSN P 75 2323, 2011) Tyto mechanické zábrany tvoří nejčastěji česle nebo různé druhy sítí či filtrů. Při návrhu je nutný kompromis mezi velikostí otvorů a narůstajícím zanášením se zmenšující se velikostí otvorů, které se musí pravidelně čistit.

Optimální mezera mezi česlemi se udává 30 mm pro lososa, méně pak pro menší druhy ryb. (Larinier M., 2002) Celkem logicky zde bude platit přímá úměra mezi velikostí ryb a mezerami v popisovaných zábranách. Česle a síta (např. na odběrech vody z vodních toků a nádrží) jsou nejpoužívanějšími typy mechanických zábran proti vniknutí vodních živočichů do technologických zařízení.

Vyvarovat bychom se však měli instalování sílonových sítí, do kterých se ryby velice snadno zamotávají a následně hynou. Tyto sítě sice vykazují výborné účinnosti při mořském rybolovu, ale náš cíl je spíše opačný, a to udržení vodních živočichů v dostatečných vzdálenostech od zařízení, která jsou pro ně životu nebezpečná.

Behaviorální clony

Tyto clony využívají ve vodním prostředí přirozených reakcí ryb na lokální změny fyzikálních polí nebo sensorických vlastností vody (např. vibrace, tlak, teplota, zákal, elektromagnetické pole, světlo). Citlivost ryb se může lišit nejen podle jednotlivých druhů v různých prostředích, ale také během jejich ontogenetického vývoje, nebo podle zdravotního stavu. (Slavík O. a kol., 2012) Z těchto důvodů se často behaviorální clony kombinují s mechanickými zábranami nebo se kombinuje více druhů zábran behaviorálních. U některých druhů ryb se na tyto typy zábran může po nějakém čase vytvořit „imunita“ nebo si na ně mohou snadněji navykhnout, jedním

z těchto druhů je např. pstruh obecný (*Salmo trutta*). Jejich úspěšné použití dále závisí také na druhově specifickém chování ryb a na místních podmínkách (Musil J. a kol., 2017), panujících na lokalitě.

V našich krajinách máme velice malé zkušenosti s používáním těchto typů zábran, a proto se vychází spíše ze zahraničních zdrojů. Behaviorálních clon je několik typů, které se dělí dle fyzikálního působení na migrující druhy: elektrická clona, žaluziová clona, bublinová clona, akustická clona nebo světelné systémy – více o behaviorálních clonách se lze dočíst v literatuře sepsané O. Slavíkem a kolektivem, s podporou Evropského fondu pro regionální rozvoj, pojmenované Migrace ryb, rybí přechody a způsoby jejich testování, vydané v r. 2012.

Odklonění ryb akustickými clonami dosahuje dle Turnpennyho, u dobře navržených systémů, nejvyšších hodnot účinností ze všech známých behaviorálních systémů - až 98%. (Turnpenny a kol., 2005)

Důmyslnou behaviorální clonou, kterou však lze zároveň považovat i za zábranu mechanickou, je tzv. žaluziová clona, která konstrukčně připomíná česle, kde jednotlivé lamely v linii jsou nastaveny kolmo ke směru proudění. Jedná se o hydrodynamickou zábranu založenou na reakci ryb vůči tvorbě vírů mezi svislými lamelami. Podél linie lamel proplouvající ryby vnímají různé rychlosti proudu a mohou být naváděny mimo nebezpečný prostor.



Obr. č. 9 – Půdorysné schéma žaluziové clony (Slavík O. a kol., 2012)

Půdorysný odklon clony od osy řeky se obvykle pohybuje mezi 10° až 15°, svislé lamely jsou poté orientovány kolmo na směr proudu (obr. č. 9) a mezery mezi lamelami se volí podle velikosti cílových druhů ryb (pro juvenilní lososy nebo úhoře se jedná zhruba o 50 mm rozestupy mezi lamelami, pro větší ryby mohou rozestupy dosahovat i 300 mm).

Celková účinnost těchto lamel závisí na druhu ryb a životním stádiu, například Turnpenny a O'Keefe (2005) uvádějí celkové hodnoty mezi 80 až 100 %, ale pro úhoře amerického pouze 60 %. (Slavík O. a kol., 2012)

Další z behaviorálních clon je tzv. bublinná, která vytváří „stěnu“ z jemných bublinek, které mohou usměrňovat pohyb některých druhů ryb. Turnpenny a O'Keefe (2005) citují úspěšné výsledky laboratorních pokusů při odklonění pohybu kapra a štiky, ale zcela bez vlivu na pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*). (Slavík O. a kol., 2012) Tato clona však pro naši lokalitu není vhodná.

Behaviorální clona, kterou použiji ve svém návrhu i já, je tzv. clona elektrická, kterou charakterizují krátké nízkoenergetické pulzy k odpuzování ryb.

Komentář k návrhu

V našem návrhu je z výše uvedených charakteristik lokality jasné, že právě zde budou mít behaviorální clony a mechanické zábrany svoje upotřebení. Budeme zde muset vyřešit očekávané potíže s velkým výtokem z MVE, který bude způsobovat velkou lákavost pro migrující ryby, nátokem do MVE a nedostatečnou lákavostí proudu vody tekoucího podél levé strany břehu, kde bude umístěna migrační rampa.

S prvním problémem v podobě velkého výtoku z MVE bychom si mohli poradit instalací akustických clon behaviorálního typu. Akustická clona vychází z citlivosti ryb na zvukový signál nebo vibrace (Slavík O. a kol., 2012). Většinu druhů ryb je schopen odchýlit nízkofrekvenční systém (do 3 kHz), zatímco ultrazvukový zůstává účinný pouze pro sledovitě. Zároveň je také třeba generovat několik signálů, které se přehrávají náhodně nebo ve smyčce, aby se ryby na tento zvuk nestihly adaptovat. (Turnpenny a kol., 2005) V návrhu tedy počítám právě s tímto nízkofrekvenčním systémem, který bude dle situace umístěn ve výtokovém kanálu z MVE, konkrétně by se mohlo jednat o umístění v jeho pravém i levém břehu. Zjednodušeně se tedy

snažíme co nejvíce pocitově znepríjemnit pobyt ryb nebo jejich průchod kanálem, kterým vytéká voda z turbín MVE. Žaluziová clona by zde byla velice obtížně řešitelná a ostatní druhy zde také nebyly vyhodnoceny jako vhodné.

Ochranu ryb před vplutím do turbín MVE bychom na horní vodě mohli řešit s využitím stávajících ocelových ledolamů, které jsou umístěny právě před nátokem do MVE. Jejich dvoumetrové rozestupy sice nejsou ideální, ale měly by být pro náš účel dostačující. Využijeme tedy vodivosti ocelové konstrukce, abychom přes ni mohli realizovat elektrickou clonu, využívající k odpuzování ryb nízkenergetických krátkých pulzů stejnosměrného proudu o napětí přibližně 1 V. (Slavík O. a kol., 2012)

Díky těmto opatřením by se obavy z MVE měly rozplynout. Jiné behaviorální clony a mechanické zábrany již v návrhu zahrnutý nejsou a snazší lokalizace vstupu do RP bude migrujícím živočichům usnadněna jinými způsoby.

5.5 Model RP

Slouží nám především pro posouzení navržených parametrů RP nebo naopak pro jejich zjištění. Díky těmto modelům dokážeme zjistit průtočný objem, výšku vodního sloupce, charakter i rychlost proudění v jednotlivých částech koryta. Podle výsledků poté upravujeme parametry navrhovaného koryta i jednotlivých dílčích prvků tak, aby vyhovovaly cílovým druhům ryb. Dříve se při návrzích hojně využívaly zmenšené modely samotných tratí RP, dnes se však pro posuzování používají především softwarové výpočetní modely a ani tento návrh migračního prvku nebude výjimkou.

Ke zjištění hydraulických charakteristik uvnitř konstrukce RP byl v našem případě použit výpočetní modelovací program HEC-RAS, což je freewarový program, který byl vyvinut inženýry armády Spojených států v jejich hydrologickém centru. Zkratka programu tedy doslova znamená Hydrologic Engineering Center – River Analysis System. Jak už název napovídá, program slouží k analýze hydrologických dat a hojně se používá především pro posuzování vodních toků. (Divín J., 2013)

Komentář k výpočtu

Jelikož budou přehrážky tvořeny lomovým kamenem, tak prakticky nelze vytvářet příčné řezy všemi přehrážkami na trati a volit proměnlivé mezery mezi těmito kameny, proto musíme volit ekvivalent průtočné plochy mezi přehrážkami. Více o tomto návrhu nalezneme v kapitole 5.6 Výstavba RP.

V praxi ale většinou stejně záleží především na zkušenostech stavební firmy, která musí dodržet stejnou průtočnou plochu na všech přehrážkách a vždy ji sestavit z různých kamenů tak, aby byl výsledek správný. Obecně lze říci, že čím méně štěrbin a čím jsou tyto větší, tím se potíže vyskytují méně. Také platí, že čím je průtok v rybím přechodu větší, tím je konstrukce méně náchylná na drobné odchylky od projektu.

Abych mohl do programu zadat přibližné charakteristiky průtočných ploch, musel jsem si nejprve spočítat alespoň tyto přibližné hodnoty pro průtoky kolem předpokládaného minima $0,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. K tomuto účelu jsem použil jako vzoru Thompsonův trojúhelníkový měrný přeliv, jeho strany svírají úhel 90° a i když se využívá spíše pro menší průtoky, než se kterými počítám já, bude mít podle mého názoru lepší vypovídající schopnost než např. měrný přeliv Bazinův (obdélníkový), a to především z důvodu, že Thompsonův přeliv do tvaru V se více podobá mezerám mezi lomovými kameny v přehrážkách a také by měl lépe naznačit ovlivnění přepadu spodní vodou. Tímto způsobem jsem získal určitý ekvivalent průtoků a průtočných ploch na přehrážkách.

$$Q_{THOMPSON} = 1,4h^{5/2}$$

Dále jsem se rozhodl, že do programu HEC-RAS místo jednoho velkého přelivu na přehrážce spíše umístím více menších, v tomto případě dva, které by měly mít větší vypovídající schopnost než jeden veliký. Rozložení obou přelivů v přehrážce se pravidelně střídalo (obr. P-5) a jejich hloubku jsem záměrně nenavrhl až k samotnému dnu, ale naopak cca 15 cm nad dno, opět s vidinou získání kvalitnějších dat, které by lépe popisovaly proudění mezi lomovými kameny ve skutečném návrhu.

V programu jsem zkoumal charakteristiky trati RP při 8 zvolených průtocích (PF 1 - 8), které začínaly hodnotou průtoku $0,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a končily $1,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Krok mezi

jednotlivými průtoky byl zvolen $0,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Vybral jsem tedy průtoky, které jsou rozprostřeny kolem minimálního průtoky korytem RP, který je stanoven normou na $0,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a pozoroval, co se bude s modelovanými hladinami v jednotlivých částech trati dít. Dále mě zajímaly i rychlosti průtoků při jednotlivých průtocích, které jsem porovnával s normovými hodnotami.

Výsledky modelování

Na výpočtu mě nejvíce zajímaly výšky hladin na přehrážkách při jednotlivých průtocích ($0,3 - 1,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), ze kterých již poté dokážeme vyčíst celkové ekvivalentní šířky mezer mezi kameny, ke kterým by se stavební firma měla co nejvíce přiblížit, aby byla zajištěna optimální funkčnost celé trati.

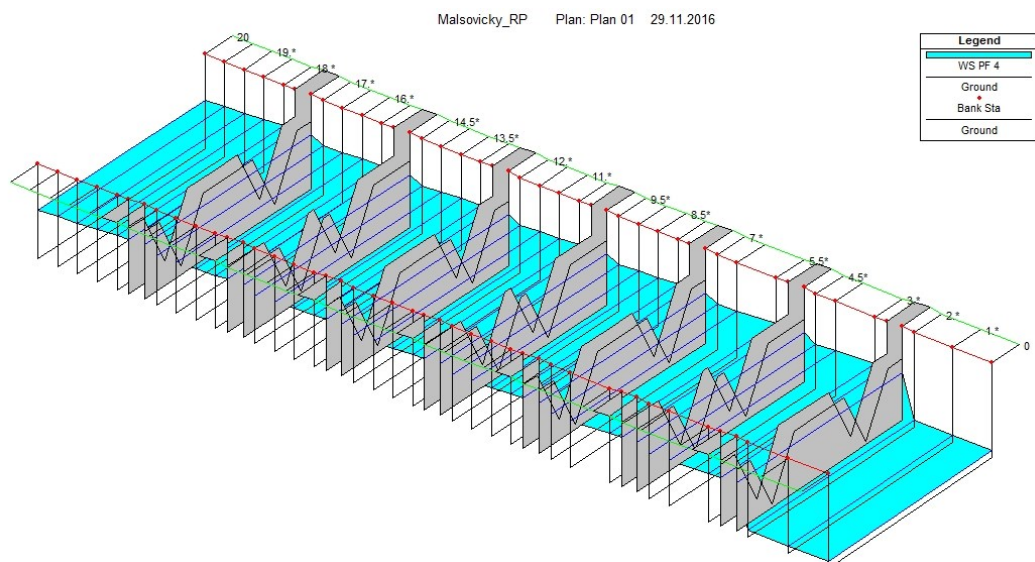
Pro zjednodušení jsem do modelu zaváděl pouze 7 příčných přehrážek místo navrhovaných 28 ve skutečné trati. Důvodem byl i fakt, že 7 přehrážek nám již poskytuje dostatečnou korelaci výšek hladin na to, abychom poté výpočty mohli vztáhnout k celé skutečné trati, aniž bychom byli ovlivněni příliš malým počtem těchto přehrážek. Hydraulika celé trati modelu by tedy reálnému stavu měla odpovídat.

Z výpočtů bylo zjištěno, že hladina vody na přehrážkách při průtoky $0,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (v modelu figurující pod označením PF 4) dosahuje výšky 0,62 m (obr. P-6) a přepočtem bylo zjištěno, že tato výška vodní hladiny představuje, při zmíněném průtoky, průtočnou plochu $0,77 \text{ m}^2$ na přehrážce (součet obou trojúhelníkových přelivů). Rychlosti v korytě RP dosahují hodnot $0,14 - 0,16 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, což znamená, že limity stanovené normou bez potíží splníme.

Dále jsem výpočtem ověřil, že výšky hladin budou, za těchto průtoků a dodržení navržených průtočných ploch, na správných úrovních, které zaručují minimální normové hloubky 0,5 m v celé trati RP. V našem případě se pohybujeme dokonce v hloubkách $0,62 - 0,72 \text{ m}$, což pro nás představuje vítané rezervy pro případné nižší vodní stavy a průtoky, které mohou na řece Orlici v letních měsících nastat.

V 9. kapitole (Přílohy) nalezneme příslušné grafy a tabulky, které se týkají vypočtených hodnot, při našem posuzovaném průtoky PF4, v trati zamýšlené

migrační rampy. Výjimkou je pouze obr. č. 10, nahlížející na řešenou trať jako celek v modelovém prostoru.



Obr. č. 10 – Trať řešeného (pomocného) RP v modelovacím prostoru HEC-RAS

6. Výstavba RP

Tato část, spolu s potřebnými náležitostmi, bude podrobněji řešena v dalším stupni projektové dokumentace k zamýšlenému projektu na zprůchodnění migrační bariéry na řece Orlici. Na následujících řádcích bude ale přesto uveden alespoň zkrácený výčet prvků, na které by se nemělo zapomenout a také úkony, které by výslednému návrhu mohly zajistit lepší efektivitu, ať už při výstavbě nebo při plnění samotné funkce migračního prvku.

Samotná výstavba RP by měla proběhnout podle platných technických a konstrukčních norem, kterým bude předcházet hydrogeologické posouzení lokality a její přesné geodetické zaměření. Jednání s dotčenými vlastníky a zajištění potřebných souhlasných stanovisek je samozřejmostí.

Po podrobném zaměření a vytýčení lokality započne stavební část zahrazením stavebního prostoru štětovnicovými stěnami, voda bude odklonem protékat přes

MVE nebo skrze přilehlou štěrkovou propust. Voda prosakující do „výkopové jámy“ bude odčerpávána vhodně umístěnými čerpadly dostatečných výkonů.

Rozměry a skladby vrstev RP jsou uvedeny v příložených technických výkresech. Kameny (nebo případné prefabrikáty), kterými budou tvořeny jednotlivé stupně v korytě RP budou ukládány do betonu zhruba z 1/3 své výšky. Důvodem je jejich dostatečná stabilita i při větších průtocích a bezpečné ukotvení, které by nemohlo zapříčinit poškození trati RP.

V předešlém odstavci jsem se zmínil o prefabrikátech. Případné využívání těchto prvků, které by usnadnilo samotný návrh i výstavbu, již bylo diskutováno na nejedné konferenci o migrační prostupnosti vodních toků. Obhájci přírodní autentičnosti však zatím vzdorují úvahám o využívání těchto prefabrikátů. [7] Jedná se jednoduše o betonové prefabrikáty vhodných rozměrů, které by šly využít při výstavbě přehrážek v korytech RP místo lomových kamenů. Tyto prvky do velké míry usnadňují práci se sháněním vhodných kamenů na stavbu, což občas bývá úkol nelehký a časově náročný.

Na přehrážkách by mezi kameny měly být hojně zastoupeny mezery pohybující se mezi 0,15 – 0,20 m. Občasné anomálie mezer mezi kameny vychylující se do menších nebo větších hodnot, než optimálních, jsou vítány a napomáhají vyššímu druhovému spektru migrujících živočichů nebo živočichů obývajících samotné koryto RP. Optimální počet kamenů (nebo prefabrikátů) by na přehrážce měl být zhruba v počtu 4 - 5 kusů a jedna štěrbina by zároveň měla převézt zhruba 35% průtoku vody přes přehrážku, zbytek by se měl podělit mezi zbylé štěrby. Kameny by také měly být rozmístěny tak, aby zajistily hloubku vody v tůních pohybující se průměrně mezi 0,62 – 0,72 m (Počítejme, že na dně bude 10 cm vrstva kameniva. Celková hloubka tůně bude tedy 0,72 – 0,82 m včetně oné vrstvy!). Rozdíly výšek vodních hladin mezi tůněmi by neměly přesahovat 0,1 m, obecně platí, že čím méně, tím lépe. Trať však byla navržena na rozdíl hladin 10 cm, ke kterému bychom se při výstavbě měli co nejvíce přiblížit.

Nevyhovující velikosti štěrbin mezi lomovými kameny se na přehrážkách dají po zjištění závad upravit i za omezeného provozu, např. přidáním kamenů nebo odštípnutím potřebných hran, které nám zajistí lepší průtokové poměry.

Hlubší (0,8 – 1 m) trať RP obecně snese více stavebních chyb, než konstrukce které jsou mělčí. Tlumící efekt vody nám totiž v tůních pomáhá zajistit správné hydraulické poměry na štěrbinách. Jak již bylo zmíněno výše, těleso RP bude v celé délce trati pokryto v tloušťce cca 10 cm kamenivem patřičné frakce. Aby toto kamenivo nebylo splavováno do nižších tůní, budou před štěrbinu umístěny menší lomové kameny o výšce zhruba 10 cm, které zajistí opěrnou bariéru pro toto kamenivo.

Po napuštění bývá zvykem, že se konstrukce ještě "ladí". V praxi to tedy vypadá tak, že se někde přidá nějaký kámen nebo se kus někde odsekne. Tento pracovní postup nám pomáhá zlepšovat celkový výsledek. Občas bývají kameny problém, pokud jsou vyžadovány přírodní oblé, což už ale není pravidlem a požadovaný lomový kámen se dá sehnat o poznání jednodušeji a případné „kosmetické“ úpravy se na něm praktikují lépe. Tyto kameny by měly mít všechny ostré hrany řádně osekány, aby nedocházelo ke zbytečným poraněním ryb při průchodu tělesem RP.

Při návrhu se stavební firmě udává (navrhuje) celková průtočná plocha na štěrbině, v našem případě se jedná o průtočnou plochu 0,77 m³, která byla vypočtena pomocí freewarového programu HEC-RAS. Nakolik se sjednaná stavební firma dokáže přiblížit navrhovanému stavu, již záleží na jejích zkušenostech z předchozích staveb, proto by právě její praxe s řešenou problematikou měla být důležitým měřítkem při jejím výběru.

Pro zvýšení ekologické funkce tělesa RP jsem uvažoval i možnost, že by se v pravé stěně pod jezovým tělesem vytvořila tzv. ledňáčková stěna, tuto variantu jsem ale z důvodu dostatku erodovaných břehů v okolí, ve kterých mohou ledňáčci hnízdit, zamítl.

Čelo RP, které bude čelit náporu vody, by pro lepší stabilitu mělo být zároveň vhodným způsobem ukotveno do levého břehu. Volbu technologie již ponechám na rozvaze stavební firmy. Dále bude toto těleso ze stejného důvodu zapuštěno 1,2 m do pevného dna, viz výkres č. 2. Skutečnou kótu pevného dna bude dále třeba důkladně prověřit. Dále bude také třeba výpočtem ověřit skutečnou odolnost tělesa proti posunu nebo překlopení, tento scénář by sice nastat neměl, ale výpočet nám poskytne potřebnou jistotu.

Pro úsporu materiálu (především betonu) lze výpočtem prokázat povolené množství tuhých příměsí v podobě kameniva, které zbyde po transformaci vorové propusti. Tyto příměsi se mohou použít na snížení množství potřebného betonu na stavbu mohutného čela RP. V případě volby jiného technického řešení (např. zděním tohoto tělesa a zdí z lomových kamenů do cementové malty) lze pevné zbytky v povoleném množství použít na dorovnání trati RP, aniž by snížily kvalitu prováděných prací.

V záležitosti úspor by se také dalo přistoupit k vynechání levobřežní zdi tělesa RP v horní vodě, kde by tuto funkci mohla zastoupit zeď stávající, u které by byla provedena vysokotlaká injektáž. Měli bychom poté jistotu, že za dobu provozu nevznikly v této stěně pukliny, kterými by mohla voda protékat a vytvářet tak neviditelné kaverny.

Některá technická řešení a zdůvodnění návrhu jsou již blíže popsána v předchozích kapitolách v *Komentářích k návrhu*.

7. Závěr a diskuse

Cílem této diplomové práce bylo sepsání metodiky na problematiku týkající se zprůchodnění migrační bariéry na konkrétním jezu, a to návrhem RP, který zmíněnou překážku překonává a umožňuje tak rybám i vodním živočichům migraci přes tuto bariéru. Déle jsem se snažil o shrnutí a vysvětlení základních charakteristik RP a jejich funkcí, zmínil jsem tři základní druhy, jejich rozdíly a použití v praxi.

Metodiku návrhu rybochodného prvku jsem se snažil vytvářet postupně podle úkonů, které by po sobě měly v daném pořadí následovat. Nechtěl jsem vytvořit složitě řešenou práci, která by byla srozumitelná pouze angažovaným osobám, ale spíše takovou, která by mohla sloužit i širší veřejnosti se zájmem o toto téma. Doufám, že se mi tento záměr povedl a zpětná vazba od čtenářů této práce mi přinese kýžené ohlasy na řešení této problematiky.

Funkčnost navrženého RP bude dána mnoha faktory, které se buď podaří splnit, nebo naopak nepodaří. Při návrhu jsem se proto hodně inspiroval vybudovanou migrační rampou v Břeclavi na řece Dyji (viz obr. P-2). Díky

skutečnosti, že se tento RP po vybudování a uvedení do provozu nevyhnul četným problémům s funkčností, mohl jsem z těchto poznatků čerpat ponaučení. Dále jsem se pokusil vhodnou úpravou návrhu těmto potížím předejít.

Otázku umístění tohoto migračního prvku jsem nemusel moc dlouho řešit, jelikož vybudování RP „rekonstrukcí“ vorové propusti na levém břehu byla pro mě celkem jednoznačná volba. V nahrazení vorové propusti (eliminaci její původní funkce) nevidím žádné výrazné potíže, které by tento návrh znemožňovaly. Největší rozkvět voroplavby nastal roku 1880, kdy středním Labem proplulo kolem 900 vorů a většina z nich pocházela právě z Orlice, jenže po tomto roce již docházelo ke stagnaci voroplavby, která vyústila ve skutečnost, že poslední vor proplul Orlicí v roce 1922. (Šámalová Z., 2007) Z tohoto důvodu již nemá vorová propust pro dřevařský účel opodstatnění a vodáky, kvůli nízkým stavům v korytě tělesa a samotné manipulaci s vodou v něm, využívána také není. Lodě se přenáší přes jez po levém břehu. [14] Konflikt může nastat pouze v případě vyšších průtoků, kdy byla voda propouštěna i přes tuto propust a její kapacita činila při nominální hodnotě asi $5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Jelikož je ale těleso jezu dostatečně široké, jsem si jistý, že tento „malý“ průtok navíc dokáže bez potíží pojmout.

V umístění rybochodného prvku na tomto místě mě utvrdily i komplikované vlastnické vztahy, které by na levém břehu bylo třeba řešit, pokud bychom chtěli navrhnout vůbec nejlepší možnou variantu RP, a to obtokové koryto neboli bypass. Při návrhu a umístění tohoto typu by bylo velice obtížně řešitelné prostupování protipovodňovou hrází, která chrání před povodňovými průtoky městskou čtvrť Malšovice a je na spodní vodě pod jezem vysoká přes tři metry.

Při volbě samotného typu rybochodného prvku jsem nejprve uvažoval nad hojně využívaným šterbinovým, čistě technickým, typem. Po prvotním modelování, konzultacích a uvědomění si některých skutečností jsem však jako vhodnější variantu začal vidět právě typ RP označovaný jako migrační rampa. Tento typ má totiž v daném místě všechny atributy pro předpoklad jeho správné funkčnosti.

V návrhu jsem uvažoval s faktem, že by si RP mohli některé druhy ryb a vodních živočichů oblíbit jako svá stanoviště, neboť zde bude lépe okysličená voda, která by měla některým druhům více svědčit. Potencionálními obyvateli se tak jistě mohou stát dravci nebo jiné druhy živočichů, kteří za normálních okolností obývají

spíše dynamičtější úseky řeky. S ohledem na tuto skutečnost bylo potřeba navrhnout tzv. pohyblivé dno, které by však bylo natolik stabilní, aby se z trati RP nevyplavovalo. Volba tedy padla na kamenivo a hrubý štěrk o patřičné frakci, který bude na dně trati rozprostřen ve vrstvě zhruba 10 cm.

Za předpokladu funkčního rybího přechodu by se mohly zmenšit rozdíly mezi složením populací, které se nacházejí nad a pod jezem. Nyní jsou kvůli migrační překážce téměř izolované a prakticky jedinou možností pro jejich migraci představují povodňové průtoky nebo cestování skrze turbíny MVE, což nepovažují za příliš efektivní způsob. Spoustě druhů by se tedy rozšířil stávající areál o mnoho kilometrů vodního toku, což by napomohlo stabilizaci místní populace a zkvalitnění ekosystému v toku, který hraje nezastupitelnou funkci v začlenění vodního toku do okolní krajiny. Bez života v toku by totiž časem nebyl život ani v jeho okolí. Tímto bych chtěl vyvrátit jakékoliv argumenty o „zbytečnosti“ staveb, které napomáhají migraci ryb a vodních živočichů.

V současné době jsou stavby RP hojně podporovány a dotovány z Operačního programu Životního prostředí pro roky 2014 – 2020, konkrétně se jedná o Prioritní osu 4, která mimo jiné podporuje i zprůchodňování migračních bariér pro živočichy a opatření k omezení úmrtnosti živočichů spojené s rozvojem technické infrastruktury [11]. Věřím, že trend podpory a budování těchto migračních prvků bude pokračovat i nadále.

Seznam použitých zkratek a vysvětlivek

Anadromní druhy	– živočichové migrující z moře do sladkovodních řek za účelem rozmnožování
AOPK	– Agentura ochrany přírody a krajiny
ČHMÚ	- Český hydrometeorologický ústav
ČOV	– čistírna odpadních vod
GIS	- geografický informační systém
Ichtyofauna	– rybí společenstvo vyskytující se na určitém území (též ichtyocenóza)
K3	- označení velikosti Kapra obecného, kde číslo značí stáří kapra v letech (K3 = tříletý kapr, 1000 – 1800 g, 400 – 500 mm) [6]
Katadromní druhy	- živočichové migrující ze sladkovodních řek do moře za účelem rozmnožování
MO ČRS	– Místní organizace Českého rybářského svazu
Monté	– malí sklovití úhoři o délce kolem 8 cm
MVE	– malá vodní elektrárna
MZP	– minimální zůstatkový průtok
MŽP	- Ministerstvo životního prostředí
Postranní čára	– smyslový orgán ryb
RP	– rybí přechod
Splávi	– lehký materiál unášený proudem, často se jedná o rostlinné zbytky
Tření, vytírat	– rozmnožování ryb
VD	– vodní dílo
VRV	– Vodohospodářský rozvoj a výstavba (akciová společnost)
VÚV	- Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, veřejná výzkumná instituce

8. Seznam literatury a použitých zdrojů

Normy a vyhlášky:

ČSN P 75 2323. *Zajištění poproudových migrací ryb ve vodních tocích*. Praha. Červen 2014.

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

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

Rybářský zákon 241.14. *Fisheries Order 241.14. Fishing Prohibited in Fish Ladders*. Michigan. October 2013.

TNV 75 2321. *Zprůchodňování migračních bariér rybími přechody*. Praha: HYDROPROJEKT CZ a.s., 2011.

Literární zdroje:

Angermeier P. L. and Davideanu G. *Using fish communities to assess streams in Romania: initial development of an index of biotic integrity*. Hydrobiologia, 511. 65 – 78 str. 2004.

Birklen P. a kol. *Standardy péče o přírodu a krajinu. Rybí přechody*. 34 str. Praha. 2014. SPPK B02 006: 2014

Cowx I. G. and Welcomme R. L. (eds). *Rehabilitation of Rivers for Fish*. Oxford: Fishing News Books, Blackwell Science. 204 pp. 1998.

Divín J. *Modelování průtoků pomocí softwarů HEC-RAS a HEC-GeoRAS*. Brno, 2013.

Hánová K. a kol. *Studie proveditelnosti zprůchodnění migračních překážek na vodních tocích v povodí Vltavy*. 52 str. 2011.

Horký P. a kol. *Metodika využití kartáčové technologie pro zajištění a zlepšení migrační prostupnosti vodních toků*. 23 str. Ministerstvo životního prostředí 2013.

Kestemont P. and Goffaux D. *Metric Selection and Sampling Procedures for FAME. Development, Evaluation & Implementation of a Standardised Fish-based Assessment Method for the Ecological Status of European Rivers Final Report*. 2002.

Kott J. *Návrh a posuzování účinnosti rybích přechodů*. Bakalářská práce. ČZU v Praze. 47 str. 2015.

Křížek J. *Ichtyologický průzkum Tiché Orlice v roce 2011*. Sibřina. 2011.

Larinier M. *Fish passage experience at small-scale hydro-electric power plants in France.* Hydrobiologia 609: 97-108. 2008.

Larinier M. *Location of fishways.* Bulletin Francais de La Peche et de la Pisciculture 364. 39–53 str. 2002.

Lucas M. C. *The influence of environmental factors on movements of lowlandriver fish in the Yorkshire Ouse system.* The Science of the Total Environment, 251/252: 223–232 str. 2000.

Lusk S. a kol. *The effect of an extreme flood on the fish communities in the upper reaches of the Ticha Orlice River (The Labe drainage area).* Czech Journal of Animal Science, 43: 531–536 str. 1998.

Lusk S. a kol. *Diversity of fish communities in the waters of Podyjí National Park.* Živočišná Výroba, 42 (6): 269–275 str. 1997.

Mattas D. *Průchodnost toků, podpora vzniku habitatů.* Online ze stránek hydraulika.fsv.cvut.cz 22. 3. 2017.

Musil J. a kol. *Environmentální rizika provozu MVE ve vazbě na poproudovou migraci ryb a nápravná řešení.* VÚV. Online 7. 3. 2017. Praha

Petr P. *Život ryby je cennější než život člověka.* Uveřejněno 17. 6. 2011 na vodáckých stránkách: Raft.cz.

Plesník J. a kol. *Červený seznam ohrožených druhů České republiky Obratlovci.* 184 str. Praha. 2003.

Povodí Labe. *Analýza potřeb revitalizačních opatření na vodních tocích včetně jejich niv ve smyslu § 47 odst. 2 písm. f) zákona č. 254/2001 sb. a § 8 a 9 vyhlášky č. 470/2001 Sb. a dokumentace Programu revitalizace říčních systémů (Programu 215 110) Hradec Králové.* 5 str. Říjen 2006.

Povodí Labe. *Manipulační řád vodního díla Malšovický jez.* Hradec Králové. 2008. Revize provedena v r. 2013.

Rybí přechody. *Návrh, dimenzování a monitoring.* Fischaufstiegsanlagen – Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle. DVWK - Merkblatt 232/1996. © English version by FAO. ISBN 92-5-104894-0. Rome, 2002.

Slavík O., Vančura Z. a kol. *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. 139 str. ISBN: 978-80-7212-580-7. 2012.

Stavebnictví, *Časopis stavebních inženýrů, techniků a podnikatelů.* INFORMAČNÍ CENTRUM ČKAIT s.r.o. Praha. Číslo: 03/2017.

Šámalová Z. *Labe a Orlice v Hradci Králové - Historie říčních staveb.* Povodí Labe. GARAMON s.r.o., Hradec Králové. Prosinec 2007.

Turnpenny A. W. H. and O’Keeffe, N. Screening for intake and outfalls: a best practice guide. Environment Agency Science Report SC030231. 2005.

Vavruška V. *Studie migračního zprůchodnění jezu na řece Otavě v obci Katovice.* Praha. 41 str. 2016

VRV. Analýza zprůchodnění migračních překážek v povodí Nežárky – část 2. 68 str. Březen 2011.

Internetové zdroje:

- [1] Břeclavský deník [online]. *Břeclavský rybochod je k ničemu, nadávají rybáři.* 13. června 2012. Dostupné na World Wide Web: <http://breclavsky.denik.cz/zpravy_region/breclavsky-rybochod-je-k-nicemu-nadavaji-rybari-20120612.html>.
- [2] Břeclavský deník. Dostupný na Word Wide Web přes adresu: http://breclavsky.denik.cz/zpravy_region/rybochod.html, středa 22. Srpna 2007
- [3] Český rybářský svaz. *Středočeský ÚS – Mimopstruhové revíry* [online]. [cit. 2015-02-14]. Dostupné na World Wide Web: <http://www.rybsvaz.cz/?page=reviry/revir&lang=cz&id_reviry=53>.
- [4] Elson & Teseh. Převzato ze stránek Mendelovy univerzity v Brně. *Revitalizace a rekultivace v regionálním rozvoji.* Online 3. března 2016, <https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/index.pl?cast=53233>.
- [5] Horký P. a kol. [online]. *Studie migrace ryb přes kartáčové rybí přechody na řece Sázavě.* [cit. 17. února 2015]. Dostupné na World Wide Web: <http://www.vrv.cz/downloads/sazavsky-seminar-2010/04_horky-akol._studie-migrace.pdf>
- [6] *Chov kapra.* [online] Dostupné na Word Wide Web: <http://kzr.agrobiologie.cz/natural/data/datarybarstvi/>. 11. listopadu 2013.
- [7] Just Tomáš. [online] Dostupné na Word Wide Web: <http://strednicechy.ochranaprirody.cz>. Online 29. března 2017.
- [8] Letecké snímky České republiky. Dostupné na Word Wide Web: <http://flyfoto.cz>. Autor: Flyfoto 2013.
- [9] Mapy Seznam. Dostupné na World Wide Web: <http://www.mapy.cz>.
- [10] New York Power Authority [online]. *Power Authority Marks the Start of Eel Passage Facility’s Operation.* August 9, 2006. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.nypa.gov/press/2006/060809a.htm>>.

- [11] Operační program životního prostředí 2014 – 2020. *Prioritní osa 4: Ochrana a péče o přírodu a krajinu*. [online] Dostupné na Word Wide Web: <http://opzp.cz>. Online 23. března 2017.
- [12] Rybí přechody. [online] Dostupné na Word Wide Web: <http://mve.energetika.cz>. Online 22. března 2017.
- [13] Schiemenz, 1959. Převzato ze stránek Mendelovy univerzity v Brně. *Revitalizace a rekultivace v regionálním rozvoji*. Online 3. března 2016, <https://is.men-delu.cz/eknihovna/opory/index.pl?cast=53233>.
- [14] *Vodácký průvodce po řece Orlici*. Vydalo Regionální turistické a informační centrum Kostelec nad Orlicí o.p.s. 52 str. Kostelec nad Orlicí. 2013.
- [15] *Využitelnost rybích přechodů u malých vodních elektráren*. Online 22. 3. 2017 ze stránek Fóra pro ochranu přírody (forumochranyprirody.cz)

9. Přílohy



Obr. P-1 – Pohled na Malšovický jez s vorovou propustí a přílehlou MVE [8]



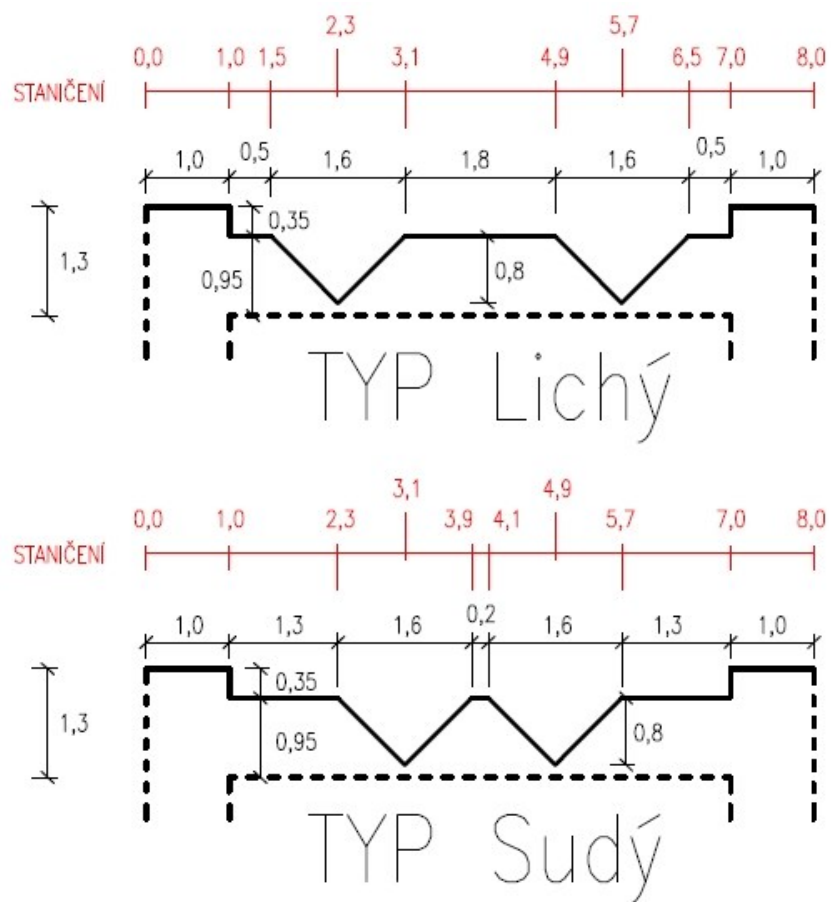
Obr. P-2 – Migrační rampa zbudovaná v Břeclavi na řece Dyji, která sloužila jako inspirace pro můj návrh [1]



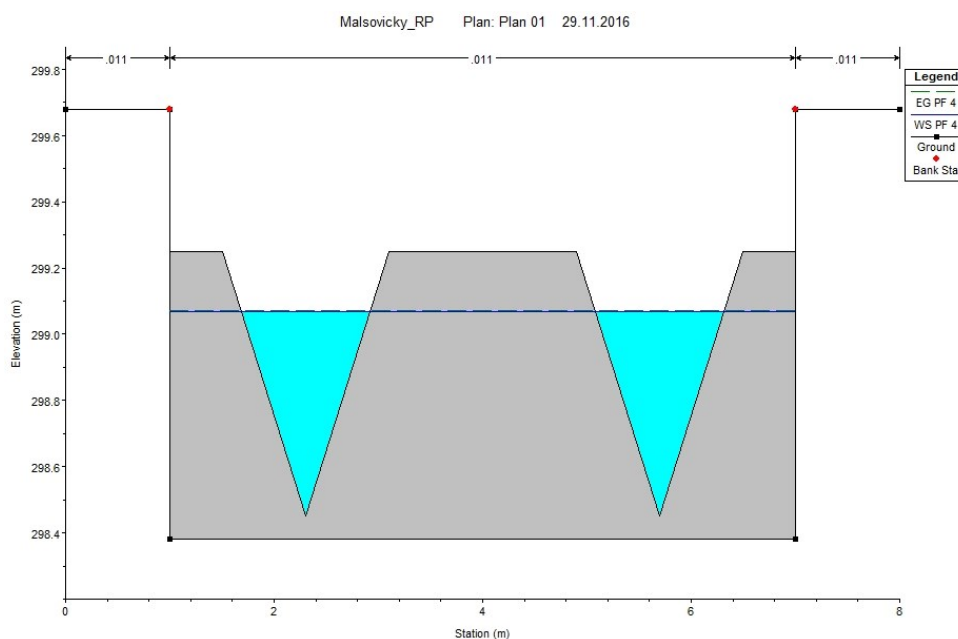
Obr. P-3 – Pohled na dřevěné rošty pod vorovou propustí. Foto: Pavel Herodes.



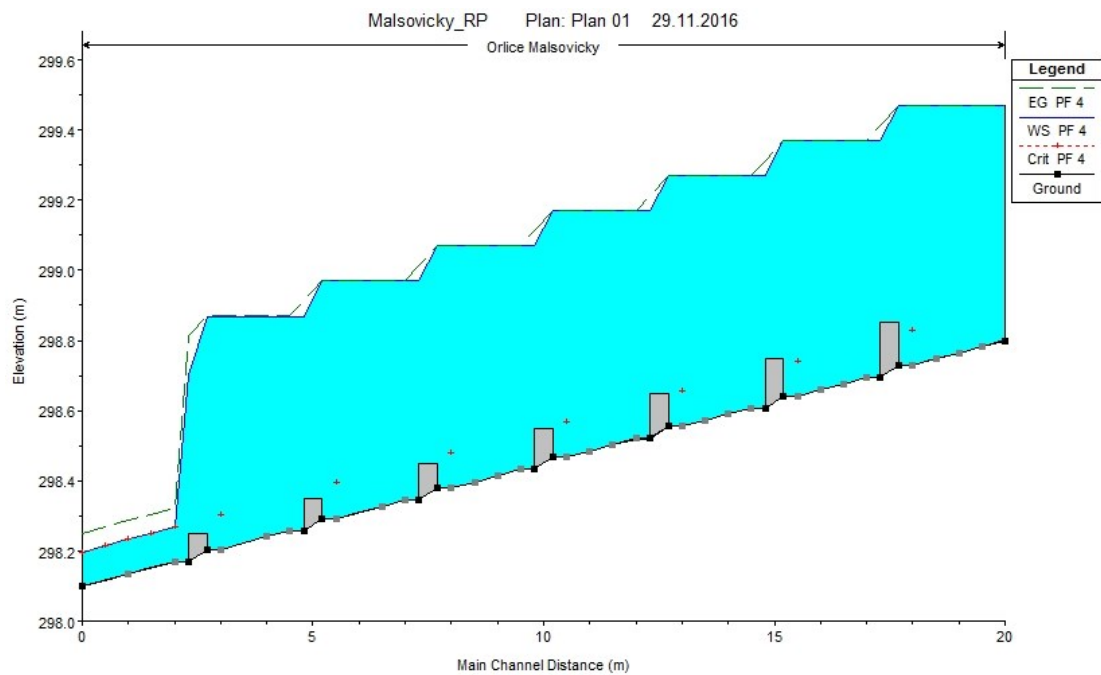
Obr. P-4 – Pohled na koryto Orlice cca 300 m po proudu od tělesa jezu, kde jasně vidíme větší zahloubení koryta na straně od MVE. Foceno za sníženého stavu.



Obr. P-5 – Příklad liché a sudé přehrážky zadávané do modelového prostoru HEC-RAS



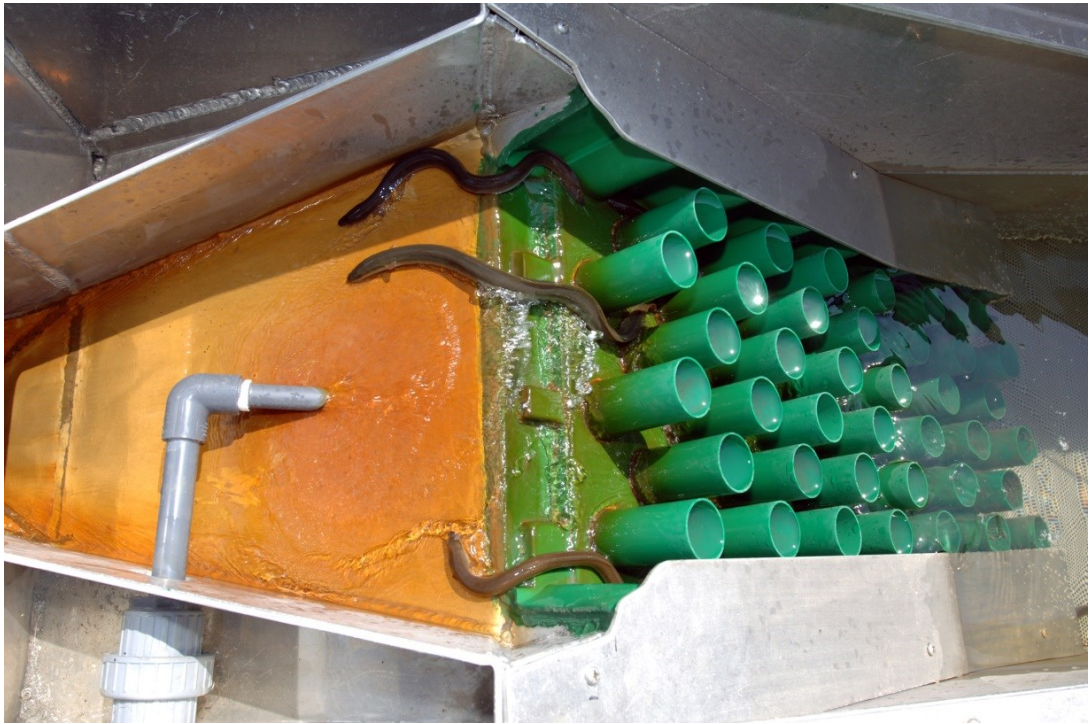
Obr. P-6 – Výška hladiny na přehrážce při průtoku PF 4 ($0,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)



Obr. P-7 – Podélný řez znázorňující výšky hladin při průchodu mezi jednotlivými přehrázkami v modelovém prostoru HEC-RAS



Obr. P-8 – Elastické plastové štěrby, které jsou hojně využívány při rekonstrukcích sportovních propustí na rybí přechody [Horký P. a kol., 2013]



Obr. P-9 – Eel ladder (úhoří žebřík) zachycený za provozu [10]



Obr. I-2 – Cejn velký (*Abramis brama*) s tzv. třecí vyrážkou, 26 cm, lokalita: slepé rameno řeky Labe, cca 5,0 km po proudu od Malšovického jezu.



Obr. I-3 – Středně veliký perlín ostrobřichý (*Scardinius erythrophthalmus*), 19 cm, lokalita: slepé rameno řeky Labe, cca 5,0 km po proudu od Malšovického jezu.



Obr. I-4 – Cejn velký (*Abramis brama*), 28 cm, lokalita: slepé rameno řeky Labe, cca 5,0 km po proudu od Malšovického jezu.



Obr. I-5 – Plotice obecná (*Rutilus rutilus*), 17 cm, lokalita: slepé rameno řeky Labe, cca 5,0 km po proudu od Malšovického jezu.



Obr. I-6 – Cejnek malý (*Blicca bjoerkna*), 16 cm, lokalita: slepé rameno řeky Labe, cca 5,0 km po proudu od Malšovického jezu.



Obr. I-7 – Občas bylo určení druhu oříškem, v tomto případě se jedná nejspíše o plotici obecnou (*Rutilus rutilus*), která nese znaky společné s perlínem ostrobřichým, 27 cm, lokalita: slepé rameno řeky Labe, cca 5,0 km po proudu od Malšovického jezu.

Plan: Plan 01 Orlice Malsovicky RS: 12.5 Inl Struct: Profile: PF 4			
E.G. Elev (m)	299.27	Q Gates (m3/s)	
W.S. Elev (m)	299.27	Q Gate Group (m3/s)	0.00
Q Total (m3/s)	0.60	Gate Open Ht (m)	0.00
Q Weir (m3/s)	0.60	Gate #Open	26
Weir Flow Area (m2)	0.77	Gate Area (m2)	0.00
Weir Sta Lft (m)	1.68	Gate Submerg	0.00
Weir Sta Rgt (m)	6.32	Gate Invert (m)	
Weir Max Depth (m)	0.62	Gate Weir Coef	
Weir Avg Depth (m)	0.31		
Weir Coef (m ^{1/2})	1.402	Q Breach (m3/s)	
Weir Submerg	0.67	Breach Avg Velocity (m/s)	
Min El Weir Flow (m)	298.65	Breach Flow Area (m2)	
Wt Top Width (m)	2.48		

Tab. č. 1 – Charakteristiky na přehrážce ve staničení 12,5 m, ke které se vztahuje obr. P-6, při průtoku $0,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Orlice Reach: Malsovicky Profile: PF 4												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Malsovicky	20	PF 4	0.60	298.80	299.47		299.47	0.000006	0.15	4.01	6.00	0.06
Malsovicky	19.5*	PF 4	0.60	298.78	299.47		299.47	0.000006	0.15	4.11	6.00	0.06
Malsovicky	19.*	PF 4	0.60	298.77	299.47		299.47	0.000005	0.14	4.22	6.00	0.05
Malsovicky	18.5*	PF 4	0.60	298.75	299.47		299.47	0.000005	0.14	4.33	6.00	0.05
Malsovicky	18.*	PF 4	0.60	298.73	299.47	298.83	299.47	0.000004	0.14	4.43	6.00	0.05
Malsovicky	17.5	Inl Struct										
Malsovicky	17.*	PF 4	0.60	298.70	299.37		299.37	0.000006	0.15	4.04	6.00	0.06
Malsovicky	16.5*	PF 4	0.60	298.68	299.37		299.37	0.000005	0.14	4.15	6.00	0.06
Malsovicky	16.*	PF 4	0.60	298.66	299.37		299.37	0.000005	0.14	4.25	6.00	0.05
Malsovicky	15.5*	PF 4	0.60	298.64	299.37	298.74	299.37	0.000005	0.14	4.36	6.00	0.05
Malsovicky	15	Inl Struct										
Malsovicky	14.5*	PF 4	0.60	298.61	299.27		299.27	0.000006	0.15	3.98	6.00	0.06
Malsovicky	14.*	PF 4	0.60	298.59	299.27		299.27	0.000006	0.15	4.08	6.00	0.06
Malsovicky	13.5*	PF 4	0.60	298.57	299.27		299.27	0.000005	0.14	4.19	6.00	0.05
Malsovicky	13.*	PF 4	0.60	298.56	299.27	298.66	299.27	0.000005	0.14	4.29	6.00	0.05
Malsovicky	12.5	Inl Struct										
Malsovicky	12.*	PF 4	0.60	298.52	299.17		299.17	0.000007	0.15	3.90	6.00	0.06
Malsovicky	11.5*	PF 4	0.60	298.50	299.17		299.17	0.000006	0.15	4.00	6.00	0.06
Malsovicky	11.*	PF 4	0.60	298.48	299.17		299.17	0.000006	0.15	4.11	6.00	0.06
Malsovicky	10.5*	PF 4	0.60	298.47	299.17	298.57	299.17	0.000005	0.14	4.22	6.00	0.05
Malsovicky	10	Inl Struct										
Malsovicky	9.5*	PF 4	0.60	298.43	299.07		299.07	0.000007	0.16	3.83	6.00	0.06
Malsovicky	9.*	PF 4	0.60	298.42	299.07		299.07	0.000006	0.15	3.93	6.00	0.06
Malsovicky	8.5*	PF 4	0.60	298.40	299.07		299.07	0.000006	0.15	4.04	6.00	0.06
Malsovicky	8.*	PF 4	0.60	298.38	299.07	298.48	299.07	0.000005	0.14	4.14	6.00	0.06
Malsovicky	7.5	Inl Struct										
Malsovicky	7.*	PF 4	0.60	298.35	298.97		298.97	0.000007	0.16	3.75	6.00	0.06
Malsovicky	6.5*	PF 4	0.60	298.33	298.97		298.97	0.000007	0.16	3.85	6.00	0.06
Malsovicky	6.*	PF 4	0.60	298.31	298.97		298.97	0.000006	0.15	3.96	6.00	0.06
Malsovicky	5.5*	PF 4	0.60	298.29	298.97	298.39	298.97	0.000006	0.15	4.06	6.00	0.06
Malsovicky	5	Inl Struct										
Malsovicky	4.5*	PF 4	0.60	298.26	298.87		298.87	0.000008	0.16	3.66	6.00	0.07
Malsovicky	4.*	PF 4	0.60	298.24	298.87		298.87	0.000007	0.16	3.77	6.00	0.06
Malsovicky	3.5*	PF 4	0.60	298.22	298.87		298.87	0.000007	0.15	3.87	6.00	0.06
Malsovicky	3.*	PF 4	0.60	298.21	298.87	298.30	298.87	0.000006	0.15	3.98	6.00	0.06
Malsovicky	2.5	Inl Struct										
Malsovicky	2.*	PF 4	0.60	298.17	298.27	298.27	298.32	0.002923	1.02	0.59	6.00	1.04
Malsovicky	1.5*	PF 4	0.60	298.15	298.25	298.25	298.30	0.002923	1.02	0.59	6.00	1.04
Malsovicky	1.*	PF 4	0.60	298.13	298.23	298.23	298.29	0.002923	1.02	0.59	6.00	1.04
Malsovicky	.499999*	PF 4	0.60	298.12	298.21	298.21	298.27	0.002925	1.02	0.59	6.00	1.04
Malsovicky	0	PF 4	0.60	298.10	298.20	298.20	298.25	0.002934	1.03	0.58	6.00	1.05

Tab. č. 2 – Průtokové charakteristiky v celé trati RP při průtoku PF4 (0,6 m³.s⁻¹)

Parametr	Rozměry	Limity pro štěrbínový 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 migrační rampa obtokové koryto	m	1,2 (1,8)	minimální 3,5 minimální 1,5
Šířka štěrbin u prostupných přepážek (závisí na šířce tělesa RP, počtu štěrbin, 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

Tab. č. 3 - Souhrnný přehled základních limitů parametrů pro štěrbínový RP a pro ostatní typy RP (TNV 75 2321, 2011)

Parametry	Pstruh, lipan, ouklej, parma	Losos
délka komory l	1,9 m	2,75 m až 3 m
šířka komory b	1,2 m	1,8 m
šířka mezery s	0,15 m až 0,17 m	0,30 m
délka okrajové zarážky c	0,16 m	0,18 m
mezera mezi příčkou a obtokovou zarážkou a	0,06 m až 0,10 m	0,14 m
šířka obtokové zarážky f	0,16 m	0,40 m
rozdíl hladin Δh	0,20 m	0,20 m
minimální hloubka h min.	0,50 m	0,75 m
průtok vody Q $m^3 \cdot s^{-1}$	0,14 až 0,16	0,41

Tab. č. 4 – Parametry RP v návaznosti na potřeby daného rybního druhu (TNV 75 2321, 2011)