

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**  
**Fakulta rybářství a ochrany vod**  
Ústav akvakultury

Bakalářská práce  
Monitoring migrací ryb řekou Blanice v RP Bavorov

Autor: Hynek Zikmund

Vedoucí práce: Ing. Petr Dvořák, PhD.

Konzultant práce: RNDr. Pavel Vlach, PhD.

Studijní program a obor: Zootechnika, Rybářství

Forma studia: Prezenční

Ročník: Čtvrtý

České Budějovice, 2012

## Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění, souhlasím se zveřejněním bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě, případně v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných FROV JU. Zveřejnění probíhá elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátu.

1. 5. 2012

Podpis studenta

## Poděkování

Touto cestou bych chtěl poděkovat panu Ing. Petru Dvořákovi, PhD. za pomoc při sestavování bakalářské práce, dále RNDr. Pavlu Vlachovi, PhD. za významnou pomoc při terénních odlovech, statistickém zpracování dat a rozvoji znalostí a zkušeností v oboru ichtyologie, dále mé rodině za zásadní pomoc a podporu v průběhu celého studia a v neposlední řadě společnosti LESING PLUS, s.r.o. za finanční zajištění výzkumné části práce.

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Hynek ZIKMUND**  
Osobní číslo: **V10B071P**  
Studijní program: **B4103 Zootechnika**  
Studijní obor: **Rybářství**  
Název tématu: **Monitoring migrací ryb řekou Blanici v RP Bavorov**  
Zadávající katedra: **Ústav akvakultury**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem této bakalářské práce je posoudit vliv různých parametrů na migraci ryb v přírodě blízkým rybím přechodem na řece Blanici (Vodňanské) v blízkosti obce Bavorov.

Migrace jsou jedním ze základních životních projevů ryb. V době rozmnožování má většina našich říčních druhů ryb tendenci migrovat na lokality vhodné k výtěru. V období nepříznivých vodních poměrů (povodně nebo letní sucha), nedostatku potravy, zimování, přemnožení populace aj. dochází také k intenzivním migračním aktivitám ryb. Vzdálenosti, na které ryby migrují, ovlivňuje především druhová příslušnost a možnost volné migrační trasy v točích. Člověk využívá tekoucí vody pro závlahy, pro průmysl, v domácnosti, jako zdroje energie, jako transportní cesty, k rybolovu a v neposlední řadě k rekreaci a využití volného času. Výstavbou vodních děl docházelo postupně k přerušení volných tras pro migrující ryby v točích. Výrazně se změnil charakter vodního biotopu z proudivého lotického prostředí na stojaté lentičko. V důsledku toho vymizely z našich toků některé druhy ryb (*Alosa alosa*, *Petromyzon marinus*, *Lampetra fluviatilis*, *Salmo trutta trutta*, aj.), pro které byly migrace nezbytné k zachování populace a rozmnožování. Zprůchodněním jezů a vodních staveb na točích lze z části eliminovat negativní působení příčných stupňů na rybí společenstva. Migrační propustnost toků je možné vyřešit výstavbou rybích přechodů.

Monitoring rybích migrací bude pasivní v průběhu celého kalendářního roku. Týdenní perioda sledování bude ve 2. - 3. a 9. - 11. měsíci 1 měsíčně a v 4. - 8. měsíci 2 měsíčně. Při každém monitoringu budou dále sledovány následující parametry: teplota vody, teplota vzduchu, atmosférický tlak (počasí), průtok vody, množství rozpuštěného kyslíku, apod. Bude posouzena míra vlivu těchto parametrů na migraci rybím přechodem u jednotlivých druhů a délkových skupin a vliv rozmnožovací aktivity a diurnálních cyklů na migrační aktivita.

Rozsah grafických prací: 10 - 15 stran  
Rozsah pracovní zprávy: 15 - 20 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná  
Seznam odborné literatury: viz příloha

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Dvořák, Ph.D.  
Ústav akvakultury

Datum zadání bakalářské práce: 1. prosince 2010  
Termín odevzdání bakalářské práce: 30. dubna 2012

  
prof. Ing. Otašar Břichart, DrSc.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
FAKULTA RYBARSTVÍ A OCHRANY VOD  
Žatek 728/II  
360 25 Vodňany (2)

  
Ing. Pavel Vejvoda, Ph.D.  
ředitel

Ve Vodňanech dne 1. prosince 2010

## Příloha zadání bakalářské práce

Seznam odborné literatury:

- Adámek, Z. et al.: Rybářství ve volných vodách. EAST PUBLISHING, a. s. Praha, 1995, 205s.
- Baruš, V., Oliva, O., et al. 1995: Mihulovci (Petromyzontiformes) a ryby (Osteichthyes), I. díl. Academia, AV ČR, Praha. 698 s.
- Baruš, V., Oliva, O., et al. 1995: Mihulovci (Petromyzontiformes) a ryby (Osteichthyes), II. díl. Academia, AV ČR, Praha. 623 s.
- Just, T., Šámal, V., Dušek, M., Fischer, D., Karlík, P., Pykal, J., 2003: Revitalizace vodního prostředí. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha144s.
- Hanel, L., Lusk, S., 2005: Ryby a mihule České republiky. ČSOP Vlašim, 448 s
- Clay Ch. H. Design of fishways and other facilities. 2. přepracované vydání. CRC Press. 1995.
- Hartvich P., Dvořák P., Holub M. 2004. Výskyt ryb v rybím přechodu na řece Blanici v Bavorově. In Lusk S., Lusková V., Halačka K. (eds.). 2004. Biodiverzita Ichtyofauny České republiky (V). s. 93-98.
- Hartvich P. Hlavní typy rybích přechodů a jejich biotechnické funkce. VÚRH Vodňany. 1997.
- Křížek J., Dubský K., Randák T. Ichtyologický průzkum řeky Blanice, pramenící v CHKO Šumava. In Vykusová B. (eds.). 2004. Sborník referátů ze VII. České ichtyologické konference. s. 11-15.
- Larinier M., Travade F., Porter J. P. Fishways: biological basis, design criteria, and monitoring. Volume 364 of BFPP. Bulletin français de la pêche et de la protection des milieux aquatiques Issue 364 of Bulletin français de la pêche et de la pisciculture. Conseil Supérieur de la Pêche, 2002.
- Lucas M. C., Baras E. Migration of Freshwater Fishes. Blackwell Science. 2001.
- Roscoe D. W., Hinch S. G. Effectiveness monitoring of fish passage facilities: historical trends, geographic patterns and future directions. Fish and Fisheries (v tisku).
- Helfman, Collette, Facey: 1997 The Diversity of Fish
- Holčík, J., Hensel, K., 1972: Ichtyologická příručka. Obzor, Bratislava. 217s.
- Preity, J. L., Harrison, S. S., Shepherd, d. J., Smith, C., And Hildrew, A.G., Hey, R. D., 2003: River rehabilitation and fish population: assessing the benefit of instream structures. J. Appl. Ecologie, 40

# Obsah

1. Úvod	8
2. Literární přehled	
2.1. <i>Stručná charakteristika migrací ryb</i>	9
2.2. <i>Proč provádět sledování migrací ryb rybími přechody?</i>	12
2.3. <i>Metody sledování migrací ryb rybími přechody</i>	14
2.4. <i>Přehled jednotlivých používaných metod</i>	14
2.5. <i>Závěrečné zhodnocení jednotlivých metod</i>	20
3. Studovaná oblast	23
3.1. <i>Charakteristika řeky Blanice Vodňanské</i>	23
3.2. <i>Jez v Bavorově</i>	25
3.3. <i>Rybí přechod Bavorov</i>	25
4. Metodika	28
4.1. <i>Charakteristika ulovených ryb</i>	28
4.2. <i>Manipulace s ulovenými rybami</i>	28
4.3. <i>Popis, rozměry a velikostní selektivita rybolovné zařízení</i>	29
4.4. <i>Umístění rybolovného zařízení v rybím přechodu během odlovů</i>	30
4.5. <i>Metodika sledování migrací ryb v průběhu roku</i>	31
4.6. <i>Sledování abiotických faktorů</i>	32
4.7. <i>Statistická analýza</i>	33
5. Výsledky	35
5.1. <i>Sledování migrací ryb v průběhu roku</i>	35
6. Diskuze	52
7. Závěr	56
8. Literatura	57
8.1. <i>Použitá literatura</i>	57
8.2. <i>Elektronické zdroje</i>	60
9. Abstrakt	61

## 1. Úvod

V souvislosti s rozvojem znalostí o rybích druzích, podnikajících potamodromní migrace, došlo v posledních cca. dvaceti letech k zamítnutí dříve široce uznávaného a přijímaného paradigmatu, tedy představy, že většina původních druhů naší ichtyofauny, vázaných na prostředí tekoucích vod, jsou druhy nemigrující nebo migrující pouze ve stádiu adultních jedinců krátce před výtěrem. Problematika pohybu sladkovodních ryb v prostředí tekoucích vod začala být chápána vhodnějším způsobem a dnes je již naplno uznávána potřeba potamodromních migrací, tedy aktivního pohybu mezi jednotlivými funkčními habitaty, který se v různém měřítku uskutečňuje po celou dobu ontogeneze jedince. Potřeba těchto migrací je přitom typická pro většinu našich druhů ryb. Postupně přibývají i znalosti o vlivu omezení migrací na vnitrodruhovou variabilitu migrujících druhů a další charakteristiky populací i celé ichtyofauny.

V minulosti bylo na vodních tocích vybudováno velké množství staveb, které mimo jiné vytvářejí migrační bariéry. Jejich trvalé odstranění je v naprosté většině případů zcela nereálné a tak tyto jsou vybavovány zařízeními umožňující migraci ryb- rybími přechody, popřípadě rybími zdvižemi. Řešení problematiky navrhování a výstavby různých typů rybích přechodů si vyžádalo vznik nového směru v ichtyologii, který se bude zabývat sledováním funkčnosti rybích přechodů, jejich vhodností pro konkrétní ekosystémy, rybí druhy a věkové kategorie a bude sledovat vliv migrací ryb rybími přechody na jejich fyziologické ukazatele. To vše společně se zjišťováním mechanických a hydraulických vlastností v navrhovaných i již zbudovaných rybích přechodech.

V rámci mé práce byl sledován rybí přechod na řece Blanice Vodňanské poblíž obce Bavorov. Tento je příkladem přírodě blízkého bypassu jako jednoho z typů rybích přechodů, který je často na našem území budován na větších i menších migračních překážkách.

Hlavním cílem práce bude provést sledování migrací ryb tímto rybím přechodem v průběhu let 2010 a 2011 a to tak, že tímto sledováním bude pokryta ta část roku, ve které budou probíhat potamodromní migrace druhů lokální ichtyofauny. Při vlastním sledování migrací dále bude rozlišován směr migrací ryb rybím přechodem. Kromě toho budou v místě rybího přechodu sledovány abiotické faktory, které mohou mít vliv na intenzitu migrace. Zjištěné hodnoty abiotických faktorů následně budou srovnány



s intenzitou migrace tak, aby byly nalezeny závislosti mezi nimi a intenzitou migrace rybím přechodem Bavorov.

## 2. Literární přehled

### 2.1. Stručná charakteristika migrací ryb

V soudobé „peer- review“ literatuře se objevuje celá řada obecných definic a základních charakteristik jevu typického pro řadu druhů ryb a mihulovců (Actinopterygii a Petromyzontomorphi, ve smyslu klasifikace Nelsona, 2006). Většina autorů (Nortcote, 1984; Lucas & Baras, 2001; Dingle & Drake, 2007; McDowall, 2007; Pavlov et al., 2008; Helfman et al., 2009) jako základní definici migrace ryb uvádí, že se jedná o synchronizovaný, aktivní pohyb větší části populace daného druhu uskutečněný na větší vzdálenost než je průměrná velikost domovského okrsku (*home range*), kdy migrace se odehrává ve specifické fázi/fázích ontogeneze. Podle Dingla (1996) lze rybí migraci obecně, bez ohledu na rybí druh, charakterizovat jako aktivní pohyb v určitém směru mezi alespoň dvěma zřetelně odlišitelnými habitaty, ke kterému dochází v předvídatelném časovém měřítku a do kterého se zapojuje většina populace daného druhu.

Nortcote (1984) a Lucas & Baras (2001) za migraci považují aktivní pohyb (resp. přesun) mezi třemi funkčně odlišnými typy habitatů (výtěrový, ukrytový a potravní). Na tomto základě poté rozlišují pro různé věkové kategorie (juvenilní, subadultní a adultní) tři typy migrací: reprodukční, potravní a úkrytovou. Každá takto definovaná migrace má z hlediska pohybu mezi habitaty směr, biologickou funkci a nezáleží na aktivně uražené vzdálenosti. Zároveň Lucas & Baras (2001) uvádějí vlastní širší definici migrace ryb, kde se jedná o pohyb, jehož výsledkem je přesun mezi dvěma a více jasně oddělenými habitaty, tento pohyb má pravidelnou a tím pádem pozorovatelnou periodicitu v rámci ontogeneze (tedy je vázan na konkrétní ontogenetické období) a týká se celé populace. U většiny autorů není přesně uvedena vzdálenost, při jejímž překonání lze mluvit o migraci i když je zcela zřejmé, že právě prostorový prvek, tedy aktivní překonání určité vzdálenosti, je základním rysem všech typů migrací. Problémem je, že různé typy migrací se uskutečňují na různé, často velmi odlišné vzdálenosti a i u stejného typu migrací je uražená vzdálenost u různých druhů různá. Snad jen Riede (2004) bere aktivně uraženou vzdálenost jako nedílnou součást definice rybí migrace, v případě

definice tohoto autora je to vzdálenost 100 a více kilometrů. Další pohled na migraci ryb a její rozdělení úzce souvisí se salinitou vodního prostředí. Meyers (1938) vytvořil do dnešní doby široce akceptované (viz. Např. Lucas & Baras, 2001; Nelson, 2006; Kotellat & Freyhof, 2009; Helfman et al., 2009; McDowall, 2009) rozdělení čeledí „sladkovodních ryb“ ryb do dvou skupin: primární sladkovodní ryby, jež jsou po celou svoji ontogenezy vázány výlučně na sladké vody a u nichž se v průběhu jejich evoluční minulosti vytvořila fyziologická netolerance vůči slané vodě a neschopnost v ní přežít. Druhá skupina, sekundární sladkovodní ryby, jsou primárně vázány na sladké vody, ale jsou euryhalinní a tak jsou schopny vstupovat do slaných vod (často je uváděna nejvyšší tolerovatelná hranice salinity 25-35 promile). Jsou to právě sekundární sladkovodní ryby, které v určité fázi svojí ontogeneze podstupují, ať už opakovaně nebo jedinkrát, migrace mezi slanou a sladkou, resp. sladkou a slanou vodou.

Bez ohledu na větší či menší odlišnosti v názorech na definici a vymezení „obecné rybí migrace“ je v současné době široce akceptováno (např. Nortcote, 1984; Dingle, 1996; Lucas & Baras, 2001; Metcalfe et al., 2002; Hinch et al., 2006; Nelson, 2006; Dingle & Drake, 2007; McDowall, 2007; Pavlov et al., 2008; Helfman et al., 2009) rozdělení migrace do třech základních kategorií: oceánodromní- odehrávající se výhradně v mořích, potamodromní- probíhající výhradně ve sladkovodních ekosystémech, resp. někteří autoři (např. Hinch et al., 2006) za potamodromní migrace považují jen ty, uskutečňované v podélném profilu řek a migrace probíhající ve sladkovodních jezerech označují jako limnodromní a diadromní, což je migrace mezi sladkovodním a slanovodním ekosystémem, resp. biomy řek a moří. Občas se v této souvislosti ještě mluví o semi-migrujících druzích sladkovodních ryb, které migrují ve sladkých vodách na vzdálenosti stovek kilometrů do míst s větší salinitou, tedy poblíž ústí řek do moře, přičemž do slanovodního ekosytému (moře) přímo nevstupují. Příkladem takovýchto druhů v naší ichtyofauně může být *Esox lucius*, *Perca fluviatilis* nebo *Salmo trutta*.

Diadromní migrace, ve vědecké literatuře prvně popsány a definovány Myersem (1938), jsou rozdělovány do třech podkategorií- anadromní, katadromní a amfidromní. Je třeba dodat, že vymezení a rozdělení diadromních migrací souvisí s reprodukční aktivitou a reprodukce se tak považuje za hlavní stimul pro vlastní migrace. Ve smyslu klasifikace Nortcota (1984) a Lucase & Barase (2001) se tak jedná o reprodukční

migraci, resp. o přesun mezi výtěrovým a nevýtěrovým habitatem. Anadromní migrace je typická pro některé druhy, resp. druhy z čeledí Petromyzontidae (*Lampetra*, *Petromyzon*), Acipenseridae (*Huso*, *Acipenser*), Salmonidae (*Salmon*, *Oncorhynchus*, *Salvelinus*), Aunguillidae (*Anguilla*), Clupeidae (*Alosa*) a řady dalších, celkem diadromní druhy ryb představují přibližně 3,5 % z vědecky posaných druhů ryb (Metcalf et al., 2006; Nelson, 2006). Navíc je řada anadromních druhů ryb předmětem komerčního a rekreačního rybolovu a v místech výskytu tak tyto druhy mají v rybářství značný význam.

Anadromní migraci podnikají druhy, jejichž potravní habitat se nachází v moři, kde dosahují největší míry tělesného růstu a také zde probíhá pohlavního dozrávání, adultní jedinci následně migrují do sladkovodního prostředí k vlastní reprodukci, jež je u některých druhů ryb doprovázena úmrtím krátce po výtěru. Po reprodukci probíhá vývoj ranných vývojových stádií ve sladké vodě, kde také do určité míry dochází k příjmu potravy a tělesnému růstu (tělesný růst je minimální), larvy nebo juvenilní jedinci poté migrují do moře.

Katadromní migraci naopak podstupují druhy, jejichž potravní habitat se nachází ve sladké vodě, kde dosahují největší míry tělesného růstu a také zde probíhá větší část pohlavního dozrávání, adultní jedinci následně migrují do slanovodního prostředí k vlastní reprodukci. Po reprodukci probíhá vývoj ranných vývojových stádií ve slané vodě, kde také do určité míry dochází k příjmu potravy a tělesnému růstu (tělesný růst je minimální), larvy nebo juvenilní jedinci poté migrují do sladkých vod.

Amfidromní migrace je migrace jedinců ze sladkovodního prostředí do moří krátce po vylíhnutí, v mořském prostředí následuje různě dlouhá fáze příjmu potravy a somatického růstu (od několika týdnů do měsíců) a poté následuje migrace jedinců v postlarvální až juvenilní fázi ontogeneze zpět do sladkých vod. Po tomto návratu ve sladkovodním prostředí dochází k delší fázi příjmu potravy a somatického růstu až do adultního stádia doprovázeného pohlavním dozráváním. K vlastní reprodukci dochází ve sladkovodním prostředí, kde poté adultní jedinci zůstávají. Amfidromní migrace je typická pro druhy z čeledí Retropinnidae, Galaxiidae a Cottidae (McDowall, 2007).

Z výše uvedených definic diadromních migrací je zřejmé, že existuje řada významných rozdílů mezi nimi a migracemi potamodromními. Při diadromních migracích jedinci zpravidla překonávají daleko větší vzdálenosti, což je doprovázeno

větší mortalitou adultních i juvenilních jedinců (také v důsledku nepříjmu potravy u adultních jedinců řady anadromních a katadromních druhů) a navíc řada druhů podnikajících anadromní nebo katadromní migrace jsou druhy monocyklické. Naopak pro řadu potamodromních druhů je typické, že potravní a ukrytové habitaty jsou totožné nebo je mezi nimi krátká vzdálenost, migrace mezi nimi se tak uskutečňuje na relativně krátkou vzdálenost a v krátkém čase. Z druhé strany je pro některé potamodromní druhy ryb typická časté migrace mezi potravním a výtěrovým habitatem, kdy tyto migrace nejsou v porovnání s diadromními migracemi tak výrazné, nejsou cyklické, jsou hůře předvídatelné a za hlavní stimuly jsou považovány změny abiotických a biotických faktorů v ekosystému. Pro některé reofilní druhy (*Barbus barbus*, *Leuciscus leuciscus* a *Squalius cephalus*) je typická shodnost výtěrového a potravního habitatu po většinu vegetačního období, výtěrové migrace tak defacto nepodnikají, ale v podzimním období migrují do úkrytových habitatů (De Leeuw & Winter, 2008; Slavík et al., 2009). Druhy jako *Cottus gobio*, *Barbatula barbatula* a *Gobio gobio* mají všechny tři typy habitatů často shodné a tak migrace prakticky nepodnikají, resp. tyto jsou na krátké vzdálenosti a těžko postřehnutelné (Knaepkens et al., 2006). Pro některé potamodromní druhy ryb je typické střídání habitatu v průběhu dne, jejich migrace na kratší vzdálenosti tak probíhá během dne intenzivně.

Postupem času, s přibývajícimi znalostmi o potamodromních druzích, se tak mění vžitá představa, že většina z nich jsou druhy nemigrující, striktně se združující v jednom habitatu a jejich migračnímu chování, byť není tak masivní, nápadné a fenomenální jako v případě některých diadromních druhů se příkládá patřičná váha při managementu rybího společenstva. Stále větší pozornost je věnována fenoménu omezeného pohybu populací sladkovodních ryb, kdy je jasné, že jakékoli migrační bariéry na vodních tocích mají postupem času obrovský vliv na celé populace migrujících druhů, ať už díky zamezení volného pohybu mezi habitaty pro všechny druhy a věkové kategorie, nebo kvůli fragmentaci původní, volně migrující populace na prostorově a tím pádem i reprodukčně izolované "sub-populace" (Pelicice et al., 2008).

## 2.2. Proč provádět sledování migrací ryb rybími přechody?

Monitorování rybích přechodů ve smyslu jejich migrační průchodnosti a kontrola jejich dalších funkcí jsou důležité z několika důvodů. Jednak nám umožňují určit

funkčnost, tedy migrační průchodnost rybího přechodu po jeho výstavbě a následném uvedení do provozu (srovnáním množství ryb daného druhu migrujících rybím přechodem s početností populace migrujícího druhu); dále umožňují získání technických a biologických informací, která jsou nezbytná pro návrhy a vývoj budoucích rybních přechodů a také umožňují určení abundance populace/í migrujících druhů ryb, což může mít využití při návrhu dalších rybních přechodů v rámci povodí nebo při managementu společenstva ryb (Tradavade & Larinier, 2002).

Podle Tradavade & Lariniera (2002) může být monitorování rybních přechodů kromě sledování jejich migrační průchodnosti také zaměřené na sledování hydraulických a mechanických vlastností v rybních přechodech, které může poskytnout řadu obecně platných informací o hydraulických jevech v rybních přechodech jako např. vlivech různého vodního průtoku, proudění, substrátu dna a jeho sklonu na úspěšnost migrací ryb, dále na získávání kvalitativních biologických informací naznačujících účinnost rybních přechodů a v neposlední řadě nám tato monitorování umožňují určit množství ryb migrujících rybím přechodem. Data získaná v průběhu sledování ryb v rybních přechodech nám umožňují provést zobecňující popis migračních vzorců (*migration pattern*) daných druhů ryb.

Naproti pokroku v technologii konstrukcí rybních přechodů velké množství rybních přechodů stále neumožňuje průchod cílových i necílových rybních druhů rybím přechodem. Tedy, existence rybního přechodu sama o sobě nezaručuje, že všechny migrující druhy ryb (a také všechny věkové kategorie v rámci těchto druhů) v dané lokalitě budou schopny překonat migrační bariéru vybavenou rybním přechodem. Proto je nezbytné provádět výše uvedená sledování rybních přechodů a to nejen po jejich uvedení do provozu, ale v podstatě po celou dobu jejich existence (Roscoe & Hinch, 2010).

Podle Roscoe & Hince (2010) se výzkum migrací ryb rybími přechody v posledních 45 letech dá rozdělit do čtyř tématických okruhů: účinnost rybních přechodů (sleduje se množství jedinců daného druhů, kteří úspěšně proplují celým rybním přechodem a množství druhů v rámci lokální ichtyofauny procházející rybním přechodem), mechanismy (sledují se hydraulické a mechanické vlastnosti v rybním přechodu společně s vybranými abiotickými faktory a tyto se dávají do souvislosti s úspěšným nebo neúspěšným průchodem daného rybního druhu), následky po průchodu ryb rybím

přechodem (sleduje se mortalita, zranění, vliv na reprodukční parametry a schopnosti ve větší míře podléhat predaci po průchodu rybím přechodem) a fyziologické procesy (sledují se vybrané fyziologické ukazatele jako míra stresu, energetická náročnost a procesy na úrovni enzymů, hormonů a metabolitů při průchodu rybím přechodem).

### 2.3. Metody sledování migrací ryb rybími přechody

V soudobé *peer- review* literatuře je popsána řada metod používaných pro sledování migrací ryb různými typy rybích přechodů. Pro tyto účely byly použity relativně jednoduché metody spočívající v ručním odlovu ryb v tělese rybího přechodu (např. Prchalová et al., 2006; Katusz et al., 2006; Slavík et al., 2009a; Slavík et al., 2009b), dále různé typy samočinných rybolovných zařízení umístěných v tělese rybího přechodu (např. Stuart & Berghuis, 2002; Mallen-Cooper & Stuart, 2007) a nebo metody aktivního odlovu ryb v rybím přechodu za použití elektického agregátu (např. Knaepkens et al., 2006). Dále se k tomuto účelu používají sofistikované metody jako je systém automatického měřiče odporu ryb- *Automatic Resistivity Counter* (Tradavade & Larinier, 2002), systém *Riverwatcher Fish counter* (Santos et al, 2008; Anonym, 2009), zařízení pořizující videozáznam ryb procházejících tělesem rybího přechodu (Tradavade & Larinier, 2002) a systém *Passive Integrated Transponder Tags* (Castro-Santos et al., 1996; Aerestrup et al., 2003; Calles & Greenberg, 2007).

Pro obecné rozdělení výše uvedených metod lze použít klasifikace Lucase & Barase (2000) vypracovanou pro rozdělení metod sledování prostorového chování sladkovodních ryb. Ty mohou být rozděleny do dvou velkých skupin: techniky nezávislé na úlovku a techniky závislé na úlovku, které jsou založeny na vzorkování značených nebo neznačených ryb v definovaném časovém nebo prostorovém měřítku za účelem získání informací o rozšíření a pohybu ryb. Podle jiné klasifikace Lucase & Barase (2001) lze metody sledování migrací ryb rybími přechody zařadit do jedné ze dvou skupin- aktivní nebo pasivní metody. Pasivní metody jsou takové metody, kdy ulovení ryb je závislé výhradně na jejich aktivním pohybu. Díky tomu mohou tyto metody poskytovat zásadní informace o modelech pohybu ryb. Aktivní metody naproti tomu vyžadují aktivní činnost obsluhy k ulovení ryb.

### 2.4. Přehled jednotlivých používaných metod

Typickým příkladem aktivních metod sledování migrací ryb v rybích přechodech je odlov ryb přímo v rybím přechodu. Prchalová et al. (2006) použila pro sledování ryb

v komůrkovém rybím přechodu přímý odlov ryb, které se shromáždily v poslední komůrce rybiho přechodu po jeho vypuštění. Podobně Slavík et al. (2009a) při sledování deseti komůrkových rybiích přechodů použil obdobnou metodu, která obnášela uzavření rybiho přechodu na obou jeho koncích, vypuštění rybiho přechodu a manuální odlov uvězněných ryb. V podstatě stejnou metodu dále použil Slavík et al. (2009b) při sledování jiného komůrkového rybiho přechodu, kdy rybí přechod byl na obou jeho koncích přehrazem pomocí sítě a takto uvězněné ryby byly následně odloveny z rybiho přechodu. Podobná metoda byla použita i Kotuszem et al. (2006) pro sledování komůrkového rybiho přechodu, kdy do určité části rybiho přechodu mezi dvě nad sebou ležící komůrky byla umístěna mříž se známou velikostí ok a následně byl uzavřen přívod vody v poproudové části rybiho přechodu. Následkem toho z rybiho přechodu otekla všechna voda a uvězněné ryby byly manuálně odloveny. Úskalím této metody je nemožnost určit směr průchodu odlovených ryb, tato metoda je ovšem nenáročná na provedení.

Často využívanou pasivní metodou sledování migrací ryb v rybiích přechodech je odlov ryb do samočinných rybolovných zařízení, resp. rybiích pastí. Podle Tradavade & Lariniera (2002) je principem této metody ulovení ryb do vhodného zařízení, které je instalováno buď v rybím přechodu nebo ve výstupu z něho a následném manuální spočítání ulovených ryb před jejich zpětným vypuštěním.

Tyto pasti jsou často instalovány v proudovém výstupu z rybiho přechodu, kde umožňují stanovit počet rybiích druhů, které úspěšně propluly celým rybím přechodem a dále umožňují zjistit rozsah a podněty (ve smyslu abiotických faktorů, které jsou po dobu odlovů sledovány) pro protiproudovou migraci rybím přechodem. Nicméně takto umístěné pasti selhávají při kvantifikaci podílu ryb, které nejsou schopny migrace rybím přechodem nebo při určení chování ryb, které zůstávají pod migrační bariérou, ale neprouplouvají rybím přechodem (Lucas & Baras, 2000). Pasti často vykazují značnou selektivitu ve vztahu k určitým druhům nebo velikostem ryb a jejich použití může proplovající ryby stresovat a poškozovat (Lucas & Baras, 2001).

Z hlediska konstrukce se pasti mohou lišit svými rozměry, velikostí vstupů a výstupů, dále velikostí ok pokrývajících jejich povrch a také umístěním v rybím přechodu (Stuart & Berghuis, 2002; Mallen-Cooper & Stuart, 2007). Pasti jsou zároveň konstruovány

tak, aby ulovené ryby z nich nemohly vyplout zpět a ani jiným způsobem (Tradavade & Larinier, 2002).

Ve vlastní pasti jsou ulovené ryby koncentrovány v relativně malém objemu vody. Rozměry pasti musejí být navrženy pro maximální množství ryb, uvězněných v pasti v jakoukoli dobu. Při navrhování jejich rozměrů se počítá s minimálním objemem okolo 15 l na 1 kg uvězněných ryb (Tradavade & Larinier, 2002).

Autoři Mallen-Cooper & Stuart (2007) použili pro sledování migrací ryb experimentálním Denilovým typem RP, umístěným na jezu na řece Muray v Austrálii, dvojici jednokuželových pastí, které byly v rybím přechodu umístěné za sebou. Tyto pasti charakterizovaly rozměry vstupního a výstupního otvoru, jejich délkou a rozměry čtvercových drátěných ok, pokrývajících povrch pastí. Tyto údaje dále doplnili mírou únikovosti z jednokuželových pastí pro nejpočetnější rybí druh v rámci všech ulovených ryb. Podobně Stuart & Berghuis (2002) použili dvojici kuželových pastí ke sledování migrací ryb stěrbinových typem rybího přechodu, umístěným na řece Burnett v Austrálii. Tyto pasti byly umístěny při hladině a také u dna rybího přechodu ve dvou sousedících šterbinách. Tyto pasti charakterizovaly rozměry vstupního a výstupního otvoru, jejich délkou a rozměry čtvercových drátěných ok, pokrývajících povrch pastí. Autoři dále provedli experiment k určení míry únikovosti ryb z obou pastí. Průměrná míra únikovosti nejpočetnějšího rybího druhu v rámci tohoto experimentu byla pro obě pasti relativně malá (0,5 % pro past umístěnou na hladině a 0,6 % pro past umístěnou na dně rybího přechodu).

Jiné využití této metody našli Baumgartner & Harris (2007). Ty ke sledování funkčnosti rybího zdymadla, které je umístěno na jezu na řece Murrumbidgee v Austrálii, použili dvě pasti. Jedna past, umístěná na výstupu z rybího zdymadla, byla čtvercové konstrukce se třemi kuželovými zúženími definované šířky a s definovanou velikostí ok. Druhá past, umístěná na vstupu do rybího zdymadla, byl modifikovaný vězenec s obdélníkovým ustím definované velikosti a s definovanou velikostí ok.

Příkladem moderní technologie sledování migrací ryb rybími přechody, při kterém není třeba ulovení migrujících ryb, je systém *Riverwatcher Fish Counter*, vyvinutý a dodávaný Islandskou společností Vaki Aquaculture Systems Ltd., je. Vlastní zařízení *Riverwatcher* se skládá ze dvou částí- skeneru a kontrolní jednotky. Skener je tvořen dvěma deskami, s nastavitelnou vzdáleností mezi nimi, vsazenými do rámu. Uvnitř



skeneru jsou světelné diody, které vysílají infračervené světelné vlny k přijímačům na opačné straně skeneru. Když ryba propluje sítí infračervených vln uvnitř skeneru, tak je následně pořízen obraz její siluety. Každý takto pořízený obraz siluety je uložen v kontrolní jednotce. Skener bývá ve většině případů doplněn kónicky se zúžujícími česlemi, které slouží k navedení ryb průchodu skenerem (musí být zvolena vhodná rozteč česlí, aby mezerami v nich neprocházeli ryby a nevyhly se tak průchodu skenerem; zároveň musí být zajištěn maximální průtok vody přes česla, resp. skener a minimalizováno jejich zanášení). Kontrolní jednotka následně shromažďuje a uchovává informace ze skeneru. Kromě obrazu siluety ryby, který slouží ke stanovení počtu prošlých jedinců a odhadu velikosti daného jedince, zaznamenává také datum a čas jejího průchodu a každé tři hodiny měří a zaznamenává teplotu vody. K analýze takto získaných dat je používán software Winari. Ten k obrazu siluety ryby přidává podélnou a svislou velikostní přímkou, což umožňuje poměrně přesné určení velikosti zaznamenaného jedince. Skener může být také doplněn digitální kamerou. Skener poté při průchodu ryby spouští kameru, která je schopna pořídit 1-5 digitálních fotografií nebo krátký video záznam procházející ryby. Software Winari je poté schopen automaticky přiřadit takovýto digitální obraz k dalším získaným informacím, jako je velikost ryby, obraz její siluety, doba a rychlost průchodu přes skener a teplota vody. V softwaru je také možno přehrávat „real-time“ videa procházejících ryb. Pro lepší kvalitu záznamu je doporučován foto tunel, který je tvořen skenerem, digitální kamerou a světly. Ten zaručuje konstantní světelné podmínky, neovlivněné slunečním svitem nebo denní dobou. Výrobce dále uvádí, že systém *Riverwatcher* lze použít pro sledování a následný záznam ryb větších než 4 cm, počítání prošlých ryb je prováděno s větší než 95% přesností, měření každého jedince s větší než 90% přesností a že lze s jeho pomocí v některých případech provádět určení druhu a pohlaví zaznamenaných ryb (Anonym, 2009).

Santos et al. (2008) použil systém *Riverwatcher* ke sledování protiproudové migrace ryb štěrbinovým rybím přechodem na řece Zezere v Portugalsku. Z výsledků pokusu těchto autorů ovšem vyplývá, že jen 18% z celkového počtu záznamů, pořízených systémem *Riverwatcher*, obsahovalo siluety podobné rybám. Navíc 8% z celkového počtu záznamů byly softwarové chyby, kdy byl zaznamenán průchod ryb, ale nebyla zaznamenána vůbec žádná silueta. Jako možné vysvětlení takto nízké účinnosti systému

*Riverwatcher* autoři uvádějí množství plavenin a zákal vody včetně vodního květu v místě sledování. Toto vysvětlení se ovšem neshoduje s výsledkem získaným společností Vaki na jedné Islandské řece, kde měl systém *Riverwatcher* vhodně fungovat do průhlednosti vody, měřené Secchiho deskou, alespoň 10,2 cm (Anonym, 2009). Minimální celková délka ryb, zaznamenaných skenerem, byla 15 cm a tento systém se jevil nepřesný pro malé ryby a je nepravděpodobné, že by jím mohly být zaznamenány juvenilní jedinci a malé druhy ryb. Systém dále produkoval nepřesné siluety (u nichž chyběly určující znaky, včetně hřbetní a řitní ploutve), podle kterých nebylo možné identifikovat jednotlivé druhy ryb (Santos et al., 2008).

Do podobné skupiny jako výše zmíněný *Riverwatcher Fish Counter* lze zařadit i automatický měřič odporu- *Automatic Resistivity Counter*. Princip jeho funkce je založen na existenci různé vodivosti vodního prostředí a těla ryb, kdy rybí těla mají nižší vodivost než voda. V tělese rybího přechodu je tedy nainstalována řada ponořených elektrod vytvářejících elektrické pole, skrz které proplouvají ryby. Odpor mezi elektrodami je kontinuálně měřen. Měření odporu mezi elektrodami umožňuje zaznamenat průchod ryb, dále směr, ve kterém se ryba pohybuje a také velikosti procházejících ryb. Zaznamenaná data jsou shromažďována v datovém sběrači. K získání údajů o jedincích migrujících rybím přechodem tedy není potřeba jejich ulovení. Výhodou při použití tohoto systému je poměrně velká spolehlivost, která může přesahovat i 80 procent. Mezi nevýhody lze naopak zařadit potřebu relativně velké rychlosti proudění v místě instalace elektrod (více než 1 m/s a to proto, aby ryby mezi elektrodami plynule proplouvaly a nezdržovaly se mezi nimi, kdy by docházelo k vytvoření falešného signálu), hlavní nevýhodou této metody pak je nemožnost rozlišit druhy procházejících (resp. zaznamenaných) ryb jinak než podle jejich velikosti. V praxi je tedy použití tohoto systému omezeno na vodní toky, kde se vyskytuje jen několik migrujících druhů, které mohou být rozlišeny jen na základě použití velikostního kritéria. Typicky jsou to tedy rybí přechody, ve kterých dochází k migraci jedinců rodu *Oncorhynchus* (Tradavade & Larinier, 2002).

Další použitelná aktivní metoda sledování migrací ryb rybí přechod je postup označovaný jako metoda zpětných odlovů (*Mark-Recapture Method*). Použití této metody pro sledování migrací ryb přírodě blízkým tůňkovým rybím přechodem popisuje Knaepkens et al. (2006). Jeho provedení spočívalo v odlovu ryb za použití

elektrolovu jako aktivní vzorkovací metody ve vodním toku pod a nad migrační bariérou, dále v tělese rybího přechodu a následném skupinovém značkování ryb pomocí VIE (*Visible Implant Elastomer Tags*, patentová technologie společnosti Northwest Marine Technology, Inc., USA). Takto provedené značkování ryb umožňovalo rozlišit, v jaké části vodního toku vůči migrační bariéře, resp. rybímu přechodu, byly ryby odchyceny. Značkové ryby byly následně vypuštěny pod migrační bariérou. V pravidelných časových intervalech následně probíhal odlov ryb pomocí elektrolovu nad a pod migrační bariérou a současně i v tělese rybího přechodu. Odlovení značkové ryby nad migrační bariérou se pak interpretuje jako úspěšný průchod rybím přechodem, v rámci odlovů v rybím přechodu se sleduje, v jaké části se značkové ryby vyskytují (resp. v jaké části rybího přechodu byly odchyceny). Ze získaných výsledků se poté usuzuje na míru migrací rybím přechodem pro jednotlivé rybí druh a velikostní, resp. věkové skupiny, popřípadě se hledají příčiny neprůchodnosti rybího přechodu pro daný rybí druh/y, kdy je ovšem sledování rybího přechodu třeba následně doplnit o monitorování hydraulických parametrů (Tradavade & Larinier, 2002). Takto prováděná metoda zpětných odlovů je kromě elektrolovu (jako nástroje prvotního odlovení ryb a také následujícího zpětné odlovení značkových ryb) ovlivněna právě značkováním ryb, kdy může dojít k ovlivnění chování a pohybu značkových ryb a je třeba také počítat se ztrátovostí značek a úhynem ryb následkem manipulace při vlastním značkování, viz např. Bolland et al. (2009), Bruyndoncx et al. (2002), Goldsmith et al. (2003).

Použití technologie PIT značek (*Passive Integrated Transponder Tags*) je moderní způsob široce využitelný pro sledování prostorového chování velkého množství ryb v malém i velkém prostorovém měřítku. Tyto značky, které jsou zachyceny v magnetickém poli anténového přijímače nevyžadují bateriový zdroj energie, díky čemuž mají téměř neomezenou dobu životnosti a dále jsou charakteristické malými rozměry (což usnadňuje jejich aplikaci) a každá značka může nést snímatelný individuální kód, což umožňuje jejich použití při individuálním značkování.

Po ověření vhodnosti této technologie při sledování prostorového chování ryb v přírodních ekosystémech byla ověřována vhodnost jejího použití pro sledování migrací ryb rybími přechody. Mezi prvními autory byl např. Castro- Santos et al. (1996). Ten tuto technologii testoval ve dvou Denilových rybích přechodech

umístěných na migrační bariéry v přírodním toku. V každém rybím přechodu byly umístěny celkem čtyři anténové přijímače a jimi zaznamenaná data byla shromažďována v běžném PC. Použité PIT značky definovaných rozměrů byly na značkovaných jedincích umístěny na těle u báze hřbetní ploutve a každá z těchto značek byla nositelem unikátního kódu. Tento experiment potvrdil vhodnost této technologie při použití sledování migrací ryb rybími přechody, kdy v jeho průběhu byla zjištěna velká spolehlivost záznamu procházejících ryb (96%, resp. 88% u všech anténových přijímačů). Jako jediná nevýhoda použití byl sledován problém s dostatečným pokrytím celé šíře rybiho přechodu magnetickým polem tak, aby v něm nevznikaly „hluchá místa“, ve kterých by nebyly zaznamenány procházející ryby. Vytvořené elektromagnetické pole také musí být dostatečně silné, aby při průchodu větší skupiny ryb nebo při větší rychlosti vodního toku v rybím přechodu byli zaznamenáni všichni procházející jedinci (Casto- Santos, et al., 1996). Záhy se tato technologie stala běžnou při sledování migrací ryb rybími přechody bez ohledu na jejich konstrukci (využívaná u přírodě blízkých i technických typů rybiých přechodů), bez ohledu na druhy migrující ryb, kdy umožňuje sledování polohy jednotlivých individuálně značkovaných ryb v rybím přechodu nebo prosté stanovení jejich průchodu/neprůchodu rybím přechodem. (Casto-Santos, et al., 1996; Aerstrup et al., 2003; Calles & Greenberg, 2007).

### *2.5. Závěrečné zhodnocení jednotlivých metod*

Při výběru konkrétní metody sledování migrací ryb rybími přechody je třeba brát v potaz jaké informace, resp. data o migrujících rybách mají být získány, zda má být sledování prováděno kontinuálně v delším časovém úseku, zda získané údaje o migrujících rybách budou dávány do souvislosti s abiotickými faktory. Dále je třeba zohlednit finální, časovou a také technickou náročnost zvolené metody. Bez ohledu na konkrétní použitou metodu by mělo platit, že by jí vzorkované ryby měly být minimálně ovlivněny z hlediska jejich zdravotního stavu, fyziologických a reprodukčních funkcí a samozřejmě úmrtnosti.

Každá metoda má své přednosti, nevýhody a také limity použití. Odlov ryb do samočinných rybolovných zařízení, rep. pastí je snadno proveditelný a to zvláště u malých rybiých přechodů, dále umožňuje získat bližší informace o rybách procházejících rybím přechodem (jako je jejich velikost, hmotnost a pohlaví), směru jejich průchodu

(po proudu nebo proti proudu). Mezi nevýhody této metody patří riziko stresu ryb, zranění i možnost úhynu a dále nemožnost provádět kontinuální vzorkování v delším časovém úseku. Při vlastní interpretaci výsledků získaných touto metodou je třeba vzít v potaz rozměry pasti, zejména velikost vstupního otvoru a velikost ok materiálu pokrývající past. To vše jsou faktory určující velikostní selektivitu pastí. Je třeba vzít úvahu také únikovost z pastí pro konkrétní rybí druh.

Modernější vzorkovací metody založené na technických zařízeních jako je systém *Automatic Resistivity Counter*, *Riverwatcher Fish Counter* a *Passive Integrated Transponder Tags* nám podobně jako pasti umožňují získat informace o směru průchodu ryb, dále o jejich velikosti, jsou schopny zaznamenat čas průchodu ryb a umožňují kontinuální sledování migrací rybím přechodem v delším časovém úseku a následné shromažďování získaných dat a jejich softwarové zpracování. Technickým provedením lze pak určit/eliminovat velikostní selektivitu. Mezi nevýhody pak lze zařadit menší spolehlivost v různých podmínkách, což je dáno konstrukcí a provedením vlastního zařízení. Cena a technická náročnost při obsluze je poměrně vysoká. Nevýhodou metody *Passive Integrated Transponder Tags* je náročnější proces aplikace PIT značek na rybí jedince, kdy je v některých případech potřeba provést chirurgickou aplikaci PIT značky do tělní dutiny. To vyžaduje zvýšené nároky na obsluhu, může docházet k úhynu takto značkových jedinců a v případě nesprávné aplikace též ovlivnění jejich pohybového chování

Použití metody zpětných odlovů je limitováno především elektrolovem, jako vlastním nástrojem odlovu ryb před a po značení. Ne na všech vodních tocích je možné elektrolov použít, hodnota *CPUE (Catch Per Unit Effort)* v různých vodních tocích a pro různé druhy ryb je též různá. Vlastní značení ryb spojené nejprve s odlovem, poté s manipulací může mít vliv na přežití vypuštěných ryb, jejich chování a pohybovou aktivitu. Ke značení se obvykle používá vzorek několika stovek jedinců. Je také třeba počítat s různými hodnotami ztrátovosti značek pro konkrétní druhy ryb a s různou mírou opakované ulovitelnosti označených ryb. Tato metoda je proto vhodná spíše pro menší vodní toky se snadnou ulovitelností ryb v toku i rybím přechodu a pro rybí druhy, u kterých již bylo experimentálně ověřeno přežití v souvislosti se značením ryb a byla hodnocena ztrátovost značek při různém umístění na těle ryby. I přes tyto nedostatky

umožňuje metoda dobře stanovit míru migrační průchodnosti rybího přechodu pro dané druhy, lze ji též použít pro výzkum migračním vzorců ryb.

Metoda prostého manuálního odlovu ryb v tělese rybího přechodu neumožňuje kontinuální vzorkování, do hodnocení jsou zahrnuty jen jedinci, kteří se v daný, relativně krátký časový úsek (v průběhu vzorkování) nacházeli v rybím přechodu a nepodařilo se jim před zahrazením uniknout. Ryby z celého rybího přechodu jsou často shromážděny jen v jeho jedné části, což neumožňuje určit jejich lokalizaci v rámci rybího přechodu a směr migrace. Samotný výskyt ryb v rybím přechodu pak ještě nutně nemusí znamenat jejich úspěšný průchod, tedy skutečnou funkčnost pro dané druhy a velikosti ryb. Tato metoda je schopna určit jen ryby vyskytující se v rybím přechodu v určitém čase, bez ohledu na příčiny jejich výskytu (např. využití jako vhodného stanoviště některými druhy, neschopnost proplout celým rybím přechodem).

### 3. Studovaná oblast

#### 3.1. Charakteristika řeky Blanice Vodňanské

Vodní tok Blanice Vodňanská (v textu bakalářské práce dále uváděna jen jako Blanice) s délkou toku 94,73 km a plochou povodí 861,91 km<sup>2</sup> pramení v oblasti Šumavy na severním svahu Knížecího stolce v nadmořské výšce 970,13 m. n. m. Je pravostranným přítokem řeky Otavy, do které se vlévá poblíž Putimy v nadmořské výšce 363,90 m. n. m. Celé plocha povodí řeky Blanice spadá do povodí Vltavy a náleží do úmoří Severního moře. Blanice je podle Strahlerovy klasifikace vodním tokem IV. řádu s celkem 1342 přítoky, z nichž naprostá většina (konkrétně 1063) je do jednoho kilometru délky. V povodí se nachází 149 vodních ploch s rozlohou větší než jeden hektar, z nichž největší jsou rybníky Dřemlinský (61,73 ha), Bělohůrecký (49,29 ha), Tálinský (48,72 ha) a přehradní nádrž Husinec (61 ha) (VÚV, 2012). Průměrný roční průtok poblíž ústí do Otavy na hlásném profilu Heřman (4,2. ř. km řeky Blanice) je 4,65 m<sup>3</sup>/s, v hlásném profilu Bavorov (37,9. ř. km) je 3,54 m<sup>3</sup>/s a v hlásném profilu Blanický mlýn (77,1. ř. km) je 0,95 m<sup>3</sup>/s (PV, 2012). Průměrná hodnota hustoty říční sítě povodí Blanice je 1,28 km/km<sup>2</sup> (VÚV, 2012).

Jedna z největších vodních ploch v povodí řeky Blanice, přehradní nádrž Husinec, má na ekosystém řeky Blanice významný vliv hned v několika ohledech. Již od svého dokončení v roce 1940 vytváří na 57,6. říčním kilometru v obou směrech neprůchodnou migrační bariéru pro ryby, kdy její hráz s výškou 27,2 metrů (v koruně) nikdy nebyla vybavena vhodným zařízením umožňujícím migraci ryb. Přehradní nádrž Husinec dále může významně ovlivňovat vodní režim řeky Blanice, kdy její hráz je vybavena třemi spodními výpustmi s maximální kapacitou 54,3 m<sup>3</sup>/s a celkový objem zadržené vody je 6,55 mil m<sup>3</sup>. To samé platí i o ovlivnění teplotního režimu části řeky Blanice pod přehradní nádrží, kdy všechny tři spodní výpusti jsou uloženy v hloubce 22 m (při provozní hladině) a společně s vytvořením teplotní stratifikace tak dochází k vypouštění nejstudenější (ve vegetačním období), resp. nejteplejší (v zimním období) vody.

Na řece Blanici je vyhlášeno celkem pět mimopstruhových rybářských revírů, jejichž součástí je i přehradní nádrž Husinec. Celková délka mimopstruhových rybářských revírů je 47,6 km a jejich rozloha 131,5 ha. Dále jsou na řece Blanici vyhlášeny tři

pstruhové rybářské revíry o celkové délce 28 km a rozloze 26 ha. Uživateli těchto rybářských revírů jsou různé subjekty: Fakulta rybářství a ochrany vod JU (Blanice Vodňanská 4B), Středí rybářská škola Vodňany (Blanice Vodňanská 3) a u zbývajících revírů pak místní organizace Českého rybářského svazu. Poloha výše uvedených rybářských revírů v podélném profilu řeky Blanice je následující. Od ústí směrem proti proudu leží nad sebou mimopstruhové rybářské revíry Blanice Vodňanská 1-4 , následuje pstruhový rybářský revír Blanice Vodňanská 4 B a Blanice Vodňanská 5, jehož horní hranicí je přehradní nádrž Husinec. Ta tvoří mimopstruhový rybářský revír Blanice Vodňanská 6. Za vzduším přehradní nádrže Husinec následuje pstruhový rybářský revír Blanice Vodňanská 7. Dotyčný rybí přechod (viz. *Rybí přechod Bavorov*) je situován přibližně v polovině rybářského revíru 421 009 Blanice Vodňanská 4, jehož uživatelem je místní organizace Bavorov.

V souvislosti se současným stavem migrační průchodnosti řeky Blanice je třeba říci, že ani jí se v minulosti nevyhnuli regulační úpravy spojené s fragmentací řeky v podélném profilu, napřimováním toku a s úpravami břehové linie. K těmto úpravám docházelo v průběhu posledních cca. 150 let. Při srovnání současné délky toku řeky Blanice s rokem 1848 lze shledat zkrácení délky jejího toku, které ovšem není ve všech jejích částech stejné. Průměrná míra zkrácení toku řeky Blanice nepřesahuje v horní a střední části 5%, ovšem ve spodní části (přibližně od Bavorova po ústí) je tato hodnota na úrovni 26%. Největší část toku (téměř 70%) řeky Blanice bez jakýchkoli úprav koryta najdeme v horní části toku, kde se ovšem také objevují úpravy koryta v podobě vegetačního opevnění břehů, kamenných záhozů a dokonce i zatrubnění části toku. Ve střední části toku dosahuje úsek řeky bez jakýchkoli úprav 30%, přibývá úseků s kamennými záhozy a betonovým opevněním břehů. Ve spodní části představuje délka toku bez úprav hodnotu 40%, ze všech třech částí se v upravovaných úsecích nachází největší podíl kamenných záhozů břehů. Na řece Blanici lze nálezt poměrně velké množství migračních překážek. V rámci celého toku bylo vybudováno celkem 33 jezů a 44 stupňů vyšších než jeden metr, které vytváří 32 říčních segmentů, což představuje 26,8% celkové délky toku řeky Blanice. Tyto překážky nejsou v podélném profilu řeky Blanice rozmístěny rovnoměrně; nejméně jich najdeme v horní části (pět stupňů a jeden jez), ve střední části pak je 13 stupňů a 4 jezy (k tomu je ovšem nutno přičíst přehradní nádrž Husinec) a konečně ve spodní části je to 26 stupňů a 28 jezů (Langhammer,



2010). Naproti tomu Hartvich et al. (2004) uvádí, že v celém podélném profilu Blanice je vybudována 17 pevných nebo pohyblivých jezů, tvořících migrační bariéry pro ryby; koeficient propustnosti pak dosahuje hodnoty 5,48.

Naprostá většina těchto jezů a stupňů není doplněna rybími přechody a tvoří tak migrační překážky, resp. na celém toku řeky Blanice se v současnosti nachází 4 rybí přechody.

### *3.2. Jez v Bavorově*

Dotčený jez se nachází v katastrálním území obce Bavorov na 37,95. ř. km řeky Blanice. Tento jez lze z hlediska jeho konstrukce rozdělit na dvě části. V pravé části (ve směru toku vody) jezu je zbudována propust o šířce 180 cm a výšce odpovídající výšce vlastního jezu (1,3 m). Tato propust je trvale zahrazena dřevěnými dlužemi vsazenými do U- profilů v jejích stěnách. V případě zahrazení propustě po celé výšce přes ní protéká 5-10 % z aktuálního průtoku v daném profilu. Samozřejmě existuje možnost vyhrazení části nebo celé propustě. V případě vyhrazení celé propustě může být přes ní převeden celý aktuální průtok; dojde k poměrně výraznému snížení vodního stavu v nadjezí a zamezení jakéhokoli průtoku rybím přechodem. Druhá, levá část jezu, je tvořena vlastním jezovým tělesem. Jedná se o pevný jez střešovitého typu s délkou přelivové hrany 48,3 m, výška jezu (jako vzdálenost mezi vodní hladinou těsně pod ním při hodnotě průměrného ročního průtoku a korunou jezu) je 1,3 m. Jez vytváří vzduť v délce kolem 400 metrů, ve kterém, oproti výše položenému úseku řeky Blanici neovlivněném vzduť, došlo k výraznému snížení rychlosti proudění vody; členitost břehové linie je v tomto úseku minimální a šířka koryta po celé délce vzduť v podstatě odpovídá délce jezu. Jez je v dobrém technickém stavu bez trhlin, s vyrovnanou korunou a tak veškerý průtok, vyjma té části protékající přes propust, přetéká přes jeho korunu. Jez, kromě rybího přechodu, není doplněn žádným náhonem ani vodní elektrárnou. Další nejbližší jez se po proudu nachází na 35. ř. km a proti proudu na 40. ř. km a tyto dva jezy nejsou vybaveny rybím přechodem.

### *3.3. Rybí přechod Bavorov*

Rybí přechod Bavorov je situován na pravém břehu řeky Blanice v těsné blízkosti výše zmíněného jezu, který díky němu v podstatě není migrační bariérou pro ryby. Byl vystavěn jako přírodě blízký tuňkový rybí přechod s uvedením do provozu na konci

července roku 2001. Z hlediska jeho konstrukce můžeme rozlišit dvě na sebe navazující části- horní a spodní.

Horní, výše položená část, začíná vstupním profilem, jenž vytváří spojení rybího přechodu s nadjezím, a to ve vzdálenosti 10 m od tělesa jezu. Výška vodního sloupce nadjezí v těsné blízkosti vstupního profilu dosahuje při hodnotě průměrného ročního průtoku 150 cm a dno je v této části nadjezí bez úprav- bahnité. Vlastní vstupní profil rybího přechodu je pevné, betonové konstrukce s rozměry 60 x 60 x 50 cm. V jeho stěnách jsou naproti sobě umístěny dva ocelové U- profily, které slouží k fixaci rybolovného zařízení při odloveh. Za vstupním profilem již následuje koryto rybího přechodu. To má lichoběžníkový profil se sklonem břehových svahů 1:1,25, břehy jsou opevněny přírodními kameny nepravidelných velikostí a tvarů. Šířka koryta je v úrovni kamenných přepážek 1, 8 m. Koryto v horní části rybího přechodu nemá přímou trasu, ale směrem po proudu se mírně stáčí doleva. V horní části rybího přechodu je umístěno celkem 9 přepážek. Ty jsou tvořeny nejčastěji 3- 4 přírodními kameny nepravidelných velikostí a tvarů, které jsou pevně zabudovány do dna koryta. Mezi těmito kameny jsou ponechány různě velké mezery, kterými protéká voda do níže ležící tůňky. 9 přepážek pak vytváří 9 tůňek s víceméně stejnou plochou. Výškový rozdíl hladin mezi dvěma nad sebou ležícími tůňkami je, v závislosti na průtoku rybím přechodem, 10-15 cm. Výška vodního sloupce v jednotlivých tůňkách se pohybuje v závislosti na průtoku rybím přechodem v rozmezí 40-60 cm. Dno je v celé horní části rybího přechodu tvořeno kamenitým substrátem s průměrnou zrnitostí 5 cm a mocností 30 cm. Jeho spád je 5°. Celková délka horní části rybího přechodu je 13 metrů.

Spodní část rybího přechodu bezprostředně navazuje na část horní. Tato spodní část byla před výstavbou rybího přechodu pozůstatek slepého ramene řeky. Spodní část rybího přechodu nemá ve svém korytě žádné přepážky. Oproti horní části nemá nijak zpevněné břehy, které mají minimální sklon. Šířka koryta je oproti horní části vyšší- kolem 2,5 metrů. Také dno s minimálním spádem není nijak zpevněné- bez kamenitého substrátu. Výška vodního sloupce v závislosti na průtoku vody rybím přechodem a řekou Blanici je 40-60 cm. Trasa jeho koryta také není přímá, mírně se stáčí doleva. Celková délka spodní části rybího přechodu je 12 metrů. Oproti horní části rybího přechodu dochází v této části k výraznému zpomalení rychlosti proudění. Spodní část

vyústuje výstupní části rybího přechodu do řeky Blanici, a to 15 metrů od jezového tělesa.

Okolí celého rybího přechodu je doprovázeno přirozeným vegetačním krytem.

## 4. Metodika

### 4.1. Charakteristika ulovených ryb

Zaznamenáni byli všichni rybí jedinci, kteří po skončení doby, po kterou bylo rybolovné zařízení aktivní (loвило), zůstali zachyceni v rybolovném zařízení. Každý takto ulovený jedinec byl charakterizován následujícím způsobem: určen do druhu (vědecká jména druhů byla převzata z Kottelata & Freyhofa, 2007), byla u něho změřena délka těla, a to vždy s přesností na nejbližší milimetr. Délka těla byla měřena jako přímá vzdálenost od nejpřednějšího bodu na rypci nebo horním rtu k základně středních ploutevních paprsků ocasní ploutve (Kottelat & Freyhof, 2007). Dále byla určena individuální hmotnost každého jedince s přesností na nejbližší gram za použití digitální, stolní váhy KERN PCB 6000-1. U každé jedince byl dále určen směr jeho migrace, resp. pohybu rybím přechodem a to po proudu (u jedinců zachycených v poproudové části rybolovného zařízení) nebo proti proudu (u jedinců zachycených v protiproudové části rybolovného zařízení). V některých případech bylo u ulovených ryb též možno určit jejich pohlaví, a to buď na základě pro daný druh specifického morfologického pohlavního dimorfismu (Baruš & Oliva 1995 a, b; Kottelat & Freyhof, 2007) nebo ve výtěrovém období šetrnými masážními pohyby v břišní části dutiny tělní, při kterých poté docházelo k uvolňování spermatu, resp. jiker.

### 4.2. Manipulace s ulovenými rybami

Manipulace s ulovenými rybami měla vždy totožný, následující průběh, ať už v případě sledování migrací ryb v diurnálním cyklu, nebo v rámci sledování migrací ryb v průběhu roku. Po skončení doby, po kterou bylo rybolovné zařízení aktivní (tedy po jeho deaktivaci), byly z obou jeho částí ihned vyjmuty ulovené ryby. Ty byly následně umístěny do vhodných nádob s říční vodou, a to odděleně podle směru migrace rybím přechodem. Ulovené ryby byly charakterizovány výše uvedeným způsobem a následně vypuštěny zpět cca. 10 metrů nad vstupním profilem rybího přechodu (ryby migrující rybím přechodem proti proudu), resp. cca. 10 metrů pod výstupním profilem rybím přechodem (ryby migrující rybím přechodem po proudu). Celý proces manipulace probíhal s ohledem na množství ulovených ryb 10-20 minut a nebyla při něm používána anestezie ryb.

#### *4.3. Popis, rozměry a velikostní selektivita rybolovné zařízení*

K odlovu ryb byla použita pasivní lovná metoda- samočinné rybolovné zařízení. Toto rybolovné zařízení je tvořeno dvěma funkčně a fyzicky spojenými částmi- ocelovou klecí (klecová část) a dvěma síťovými vězenci (vězencové části).

Klec tvaru kvádrů s vnějšími rozměry 58,5 x 50 x 54 cm má dva, vůči směru toku vody rybím přechodem opačně orientované vstupy, oba se stejnými rozměry 50 x 27,5 cm. Oba tyto vstupy se směrem do vnitřního prostoru klece zužují na shodné rozměry 15,5 x 11 cm. Tato opačná orientace vstupů do klece (resp. rybolovného zařízení) umožňuje současně odlovovat po proudu a proti proudu migrující ryby. Na protilehlé straně od těchto vstupů jsou přibližně do poloviny výšky klece umístěny U- profily, které slouží k uchycení ocelových rámců vězencových částí ke klecové části rybolovného zařízení. Celý vnitřní prostor klece je v podélném směru rozdělen přepážkou, která zabraňuje prolnutí po a proti proudu migrujících ryb a přepážka tak rozděluje vnitřní prostor klece na dvě přibližně stejně velké části- po proudovou a protiproudovou část. S každou z těchto částí je spojen příslušný vězenec (poproudový, resp. protiproudový). Celý povrch kleci, zužující se vstupy a přepážka jsou tvořeny železným roštem s vnitřními rozměry ok 10 x 10 mm.

Po obou vnějších stranách klece, v polovině její délky, jsou ve svislém směru pevně připevněny U- profily, které se používají pro ukotvení klecové části rybolovného zařízení do U- profilů ve stěnách vstupního profilu rybího přechodu.

Vlastní klecová část tak slouží k ukotvení rybolovného zařízení ve vstupním profilu rybího přechodu a dále slouží k navedení proplouvajících ryb do vězencových částí.

Vězencové části jsou tvořeny bezuzlíkovou síťovinou s vnitřními rozměry ok síťoviny 10 mm. Tato síťovina je pomocí pletené šňůrky připevněna na kovové rámy s jednotnými rozměry 30 x 30 cm, v každém z vězenců jsou takovéto rámy čtyři. V zadní části, za posledním kovovým rámem, se síťovina kuželovitě zúžuje a na konci zúžení je zavazovatelná, čehož se využívá k vyjmutí ve vězencích shromážděných ryb. Vpředu je pak síťovina vězencových částí pomocí pletené šňůrky připevněna k madlem opatřenému ocelovému rámu s rozměry 25 x 26 cm. Tento ocelový rám se zasouvá do U- profilů na klecové části. Vzniká tak spojení vězencových částí s klecovou částí a možnost vězence v případě potřeby odejmout (toho se využívá zejména při jejich čištění od naplavenin nebo vyjmutí ulovených ryb). V přední části vězenců, za ocelovým

rámem směrem do vnitřního prostoru vězencových částí, se pak síťovina kuželovitě zúžuje a vytváří tak jeden úvršek v každém vězenci. Průměr na konci každého úvršku lze v jistém rozmezí měnit; v rámci této práce byl průměr na konci každého z úvršků nastaven na 12 cm. Každý úvršek je pak pomocí čtyř pletených šňůrek přichycených k rámu vězence fixován v natažené poloze. Jednotná délka vězencových částí při jejich maximálním napnutí je 170 cm, vnitřní objem při této délce je přibližně 180 l. Výše uvedeným spojením vězencových částí s klecí rybolovného zařízení tak vznikají dva, vůči směru toku vody rybím přechodem opačně orientované vězence, jeden pro odlovování po proudu migrujících ryb (poproudový vězenec) a druhý pro odlovování proti proudu migrujících ryb (protiproudový vězenec). Vězencové části rybolovného zařízení jsou místa, kde po průchodu klecí zůstanou zachyceny ulovené ryby.

Velikostní selektivita rybolovného zařízení, ve smyslu minimálního rozměru, při kterém zachycená ryba není schopna z rybolovného zařízení jeho stěnami uniknout a maximálního rozměru, při kterém je rybí jedinec ještě schopen vstupu do rybolovného zařízení proplout, je tedy určena rozměry zúžených vstupů do klecové části (15,5 x 11 cm), rozměry kuželovitě zúžených úvršků vězencových částí (12 cm), vnitřními rozměry ok železného roštu na klecové části (10 x 10 mm) a vnitřními rozměry ok síťoviny vězencových částí (10 mm).

#### *4.4. Umístění rybolovného zařízení v rybím přechodu během odlovů*

Rybolovné zařízení bylo v průběhu jednotlivých odlovů instalováno v rybím přechodu vždy stejným způsobem. Jeho klecová část byla U- profily na své vnější straně vsazena do U- profilů ve stěnách vstupního profilu rybího přechodu, kdy U- profily na klecové části jsou nepatrně užší než ty ve stěnách vstupního profilu a klec je tímto způsobem do vstupního profilu velmi pevně fixována. Takto umístěna klecová část vyplňovala celý vnitřní prostor vstupního profilu. Veškerý průtok protékající v danou chvíli vstupním profilem tak zároveň protékal skrz klecovou část. Ke klecové části byly výše uvedeným způsobem připojeny oba vězence. Poproudový vězenec se nacházel na levé straně (ve směru toku vody rybím přechodem), v první, nejvýše položené tůňce rybího přechodu a byl mírně stočen směrem k levému břehu. Naproti tomu se protiproudový vězenec nacházel nad vstupním profilem rybího přechodu při pravém břehu a během odlovů byl udržován celý napnutý. K udržení obou vězenců v požadované poloze byly použity

ocelové tyče, doplněné v části u dna dvounožkou pro jejich větší stabilitu. Tyto tyče byly při každém odlovu pevně zatlučeny do dna a od každé z nich směřovalo k vězencům několik šponovacích lan, jež na jedné straně byly přivázány k tyčím a na druhé straně uchyceny za rámy vězenců. V případě zvýšeného vodního stavu (resp. průtoku) v nadjezí, jehož následkem by docházelo ve vstupním profilu k obtékání vody po stranách a nad klecovou částí, byly tyto části zahrazeny dřevěnými dlužemi.

#### *4.5. Metodika sledování migrací ryb v průběhu roku*

Cílem tohoto způsobu sledování migrací ryb rybím přechodem bylo zjistit, jak se v různých částech roku vyvíjí intenzita migrace ryb rybím přechodem Bavorov ve smyslu abundance a biomasy migrujících ryb, jejich druhové složení, věkového a velikostního zastoupení v rámci jednotlivých migrujících rybích druhů. Tyto zjišťované charakteristiky migrující části ichtyofauny byly dávány do souvislosti s vybranými abiotickými faktory, zjišťovanými v místě rybího přechodu. Tento způsob sledování migrací ryb byl prováděn v rozmezí měsíců března až října v kalendářních letech 2010 a 2011. Celkově bylo v obou letech provedeno 12 vzorkovacích období (8 v roce 2010 a 4 v roce 2011). Termíny jednotlivých vzorkovacích období byly voleny s ohledem na aktuální hodnoty vodního stavu v místě rybího přechodu, teplotní režim řeky Blanice před začátkem vzorkovacího období a v neposlední řadě na časové možnosti.

Tato sledování migrací ryb byla prováděna formou vzorkovacích období, kdy jednotlivá vzorkovací období měla z metodického hlediska následující průběh. Začátku každého vzorkovacího období, resp. instalaci rybolovného zařízení v rybím přechodu předcházelo ruční vyčištění štěrbin v jednotlivých kamenných přepážkách horní části rybího přechodu a také dna v okolí vstupního profilu. Ihned poté bylo do vstupního profilu rybího přechodu umístěno rybolovné zařízení způsobem popsaným v kapitole *Umístění rybolovného zařízení v rybím přechodu během odlovů*, čímž bylo zahájeno vlastní vzorkovací období. Každé vzorkovací období bylo rozděleno na tři části trvající přibližně 24 hodin tak, aby celé vzorkovací období představovalo dobu 72 hodin, po kterou bylo rybolovné zařízení aktivní. Jednotlivé části vždy začaly umístěním rybolovného zařízení do vstupního profilu rybího přechodu, tedy aktivací rybolovného zařízení, kdy byl zaznamenán čas (v hodinách a minutách). Následovala doba přibližně 24 hodin, po kterou bylo rybolovné zařízení aktivní, tedy kontinuálně lovilo. Během

této doby neprobíhala žádná manipulace s rybolovným zařízením ani s ulovenými rybami, druhové složení a množství ulovených ryb bylo neznámé až do doby deaktivace rybolovného zařízení. Obsluha během této doby nebyla přítomna u rybolovného zařízení. Po uplynutí tohoto časového úseku následovala deaktivace rybolovného zařízení, byl zaznamenán čas (v hodinách a minutách) pro kontrolu dodržování délky každé části vzorkovacího období a rybolovné zařízení bylo zkontrolováno na přítomnost ulovených ryb. Ty byly neprodleně zpracovány (viz. *Charakteristika ulovených ryb*) a před začátkem další části puštěny zpět (viz. *Manipulace s ulovenými rybami*). Následné aktivaci rybolovného zařízení a tedy začátku další části předcházelo pečlivé vyčištění klecové a vězencové částí rybolovného zařízení. Časová prodleva mezi dvěma částmi vzorkovacího období byla poměrně krátká a s ohledem na množství ulovených ryb se pohybovala mezi 20-30 minutami a jednotlivé části tak na sebe navazovaly. Tato prodleva se samozřejmě nezapočítávalo do doby trvání jednotlivých částí a celého vzorkovacího období. V rámci jednotlivých vzorkovacích období byly zaznamenávány hodnoty těchto abiotických faktorů: teploty vody, obsahu rozpuštěného kyslíku, pH a atmosférického tlaku. Ty byly měřeny v rybím přechodu na začátku 1., 2. a 3. části ihned po aktivaci rybolovného zařízení a také na konci 3. části po deaktivaci rybolovného zařízení a jeho vyjmutí ze vstupního profilu rybího přechodu. Zároveň byly po celou dobu vzorkovacího období zaznamenávány hodnoty průtoku a vodního stavu. Podrobnosti viz. kapitola *Sledování abiotických faktorů*.

#### 4.6. Sledování abiotických faktorů

V průběhu sledování migrací ryb byly vždy shodným způsobem měřeny tyto abiotické faktory.

Vodní stav v řece Blanici: Poblíž dotyčného rybího přechodu, 50 metrů po proudu od jeho výstupní části se na pravém břehu řeky Blanice nachází průtokoměrná stanice ve správě Povodí Vltavy České Budějovice (kilometráž: 37,9 říční kilometr; souřadnice: 140532 v. d.; 490721 s. š.). Ta zaznamenává hodnoty průtoku (v m<sup>3</sup>/s) a vodního stavu (v cm) za každou hodinu a tyto hodnoty jsou následně k dispozici na internetu (viz. <http://www.pvl.cz/portal/sap/cz/index.htm>). Z této internetové stránky byly hodnoty průtoku a vodního stavu převzaty. V rámci sledování migrací ryb byly zaznamenávány hodnoty pro každé vzorkovací období (resp. pro každou část).



Teplota vody: Teplota vody byla měřena ve vstupním profilu rybího přechodu v hloubce 20 centimetrů ode dna, a to za použití lihového teploměru (jeho stupnice měla dělení po desetinách °C) a zároveň vícefunkčního přístroje YSI Professional Plus-HandHeld Multiparameter Instrument (viz. [www.ysi.com](http://www.ysi.com)), kde teplotní čidlo bylo součástí kyslíkové sondy. Hodnoty zjištěné oběma způsoby se nelišily o více než 0,2 °C, jejich průměr byl zaokrouhlen na celé stupně Celsia.

Množství rozpuštěného kyslíku: Množství rozpuštěného kyslíku bylo měřeno ve vstupním profilu rybího přechodu v hloubce 20 centimetrů ode dna, tedy v místě s dostatečnou rychlostí pohybu vody, a to pomocí kyslíkové sondy vícefunkčního přístroje YSI Professional Plus-HandHeld Multiparameter Instrument. Hodnoty obsahu rozpuštěného kyslíku byly zjišťovány jak v hmotnostní koncentraci ( $\text{mg.l}^{-1}$ ), tak i v procentech nasycení a byly zaokrouhlovány na desetinu jednotek. Kyslíková sonda byla po deseti měřeních kalibrována, metodicky přitom bylo postupováno podle Horákové (2003).

Hodnota pH: Hodnota pH byla měřena ve vstupním profilu rybího přechodu v hloubce 20 centimetrů ode dna pomocí pH sondy vícefunkčního přístroje YSI Professional Plus-HandHeld Multiparameter Instrument. Naměřené hodnoty byly zaokrouhlovány na desetinu jednotky. Vlastní pH sonda byla po deseti měřeních kalibrována, metodicky přitom bylo postupováno podle Horákové (2003).

Atmosférický tlak: Atmosférický tlak byl měřen pomocí čidla, které bylo součástí kyslíkové sondy vícefunkčního přístroje YSI Professional Plus-HandHeld Multiparameter Instrument, a to ve vstupním profilu rybího přechodu v hloubce 20 centimetrů ode dna. Naměřené hodnoty v jednotkách mbar byly zaokrouhlovány na desetinu jednotky.

V případě měření teploty vody, množství rozpuštěného kyslíku, pH a atmosférického tlaku byly získávány jednorázové, prosté vzorky.

#### *4.7. Statistická analýza*

Data o rybích jedincích ulovených v rybím přechodu byla uspořádána do tabulky, která kromě celkového počtu ulovených ryb a počtu jedinců v rámci jednotlivých druhů zahrnovala naměřené hodnoty sledovaných abiotických faktorů.

Nejdříve byl hodnocen vzájemný vztah jednotlivých faktorů pomocí korelační matrice (Pearsonův korelační koeficient). Z dalších analýz byly vyřazeny faktory, které signifikantně korelovaly s jinými (teplota × množství kyslíku, nasycení kyslíkem, pH a průtok × vodní stav).

Vliv jednotlivých abiotických faktorů na celkovou migraci celé ichtyocenózy byl hodnocen prostřednictvím analýzy rozptylu (ANOVA) pro časová období, pro teplotu vody, atmosférický tlak a průtok. Kategorie pro posledně jmenované parametry byly vytvořeny ze skupin hodnot kolem zjištěného minima, hodnoty 1. -3. kvartilu a maxima. Vliv jednotlivých parametrů byl také testován pro rybí druhy, u kterých byl větší počet zjištěných jedinců. Hodnoty parametrů byly rozděleny do dvou skupin – hodnoty ze vzorkovacích období, v rámci kterých nebyla zjištěna migrace daného druhu a hodnoty, kdy hodnocený druh migroval. Tyto dva soubory dat byly porovnávány pomocí T-testu (resp. Man-Whitneyova testu pro výběry s porušenou normalitou rozdělení, což bylo testováno Kolmogorovým – Smirnovovým testem).

Všechny testy byly provedeny pomocí statistického balíku NCSS na 5% hladině významnosti ( $\alpha < 0,05$ ).

## 5. Výsledky

### 5.1. Sledování migrací ryb v průběhu roku

V rámci tohoto sledování migrací ryb v rybím přechodu Bavorov bylo v kalendářním roce 2010 uskutečněno celkem 8 vzorkovacích období (resp. 21 cyklů) rozložených od března do října a v roce 2011 byly provedeny 4 vzorkovací období (resp. 12 cyklů) rozložené od dubna do července. Osm vzorkovacích období, provedených v roce 2010, představuje dobu 591 hodin činnosti samočinného rybolovného zařízení s průměrnou délkou trvání jednoho vzorkovacího období 64, 9 hodiny a 24,7 hodin pro cyklus, zatímco čtyři vzorkovací období z roku 2011 zaujímaly dobu 284 hodin činnosti samočinného rybolovného zařízení s průměrnou délkou trvání jednoho vzorkovacího období 71 hodiny a 23,7 hodin pro cyklus.

V obou letech tohoto sledování migrací ryb rybím přechodem Bavorov bylo uloveno celkem 124 rybích jedinců náležících do 12 druhů ze 4 čeledí, kdy v roce 2010 to bylo 99 jedinců 12 druhů (z toho 78 jedinců migrovalo rybím přechodem proti proudu a 21 jedinců po proudu). V tomto roce proti proudu nejvíce migrovali plotice obecná (27 jedinců), hrouzek obecný (18 jedinců) a okoun říční (14 jedinců), po proudu pak okoun říční (8 jedinců), střevlička východní (4 jedinci) a hrouzek obecný (4 jedinci). V roce 2011 bylo uloveno 25 jedinců 7 druhů (15 jedinců migrovalo rybím přechodem proti proudu a 10 jedinců po proudu). V roce 2011 proti proudu nejvíce migrovali plotice obecná (9 jedinců), hrouzek obecný (2 jedinci) a mník jednovousý (2 jedinci), po proudu pak střevlička východní (5 jedinců), plotice obecná (2 jedinci) a jelec proudník (2 jedinci).

V součtu obou let proti proudu nejvíce migrovali plotice obecná (36 jedinců), hrouzek obecný (20 jedinců) a okoun říční (14 jedinců) a po proudu střevlička východní a okoun říční (oba po devíti jedincích).

V obou letech byly získány řadově desítky údajů o vybraných abiotických faktorech v místě rybího přechodu (obsah rozpuštěného kyslíku, teplota vody, atmosférický tlak a pH) a řadově stovky údajů o vodním stavu (vyjádřeném v  $\text{m}^3/\text{s}$  a  $\text{cm}^{-1}$ ) v místě rybího přechodu.

Pro srovnání počtu jedinců migrujících rybím přechodem proti proudu a podproudu v jednotlivých měsících byly sloučeny hodnoty za oba kalendářní roky. S ohledem na

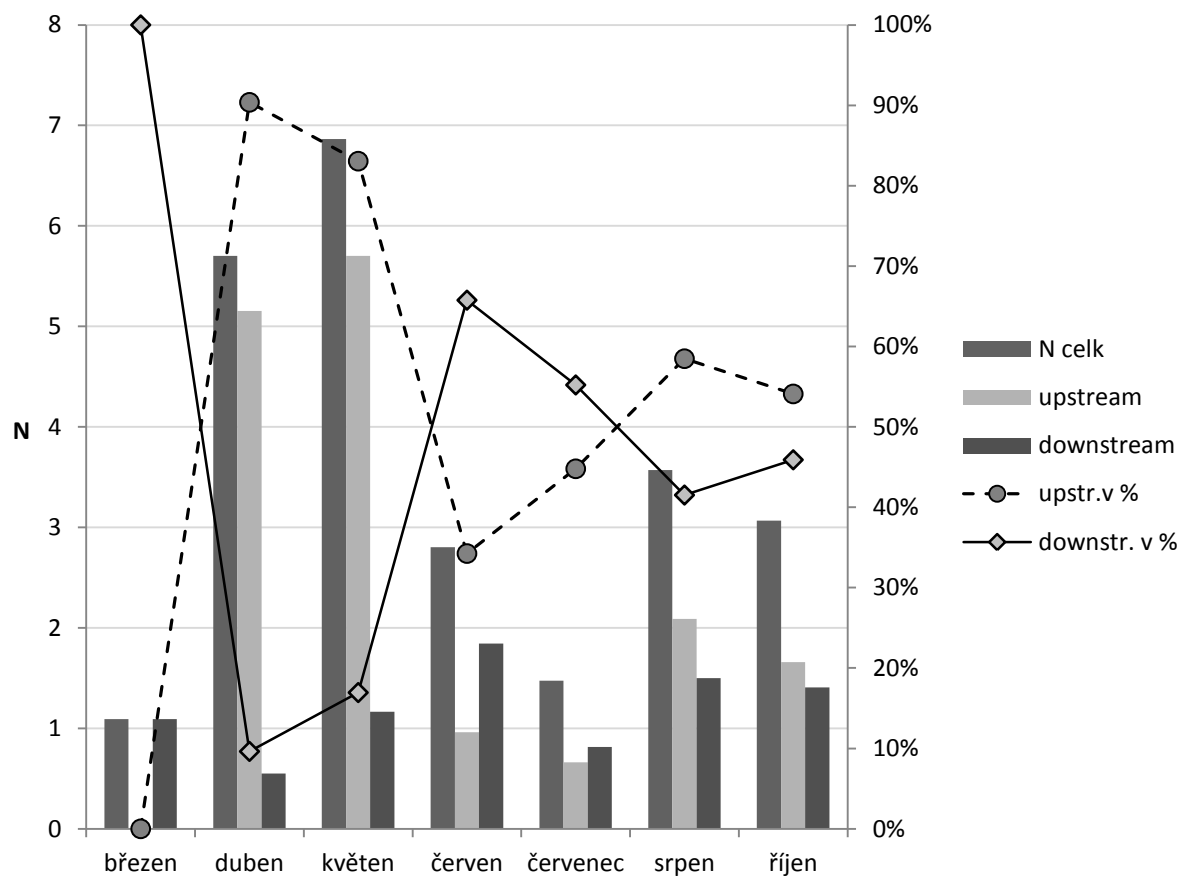
odlišný počet vzorkovacích období a různou dobu jejich trvání v jednotlivých měsících byl počet migrujících jedinců v jednotlivých měsících vztažen na časový úsek 24 hodin.

Celkové množství migrujících jedinců, množství migrujících proti proudu a podproudu v jednotlivých měsících (po korekci na časový úsek 24 hodin) let 2010 a 2011 je uvedeno v **tabulce 1**. Graficky jsou pak tyto hodnoty zachyceny v **grafu 1**, kde je opět počet migrujících jedinců uveden v jednotlivých měsících souhrnně za oba roky po korekci na časový úsek 24 hodin. Podíl proti proudu a po proudu migrujících jedinců k celkovému množství migrujících jedinců se v jednotlivých měsících lišil ( $\chi^2 = 221,2$ ;  $P = 0,001$ ).

**Tab. 1.** Množství migrujících jedinců v jednotlivých měsících let 2010 a 2011 po korekci na časový úsek 24 hodin

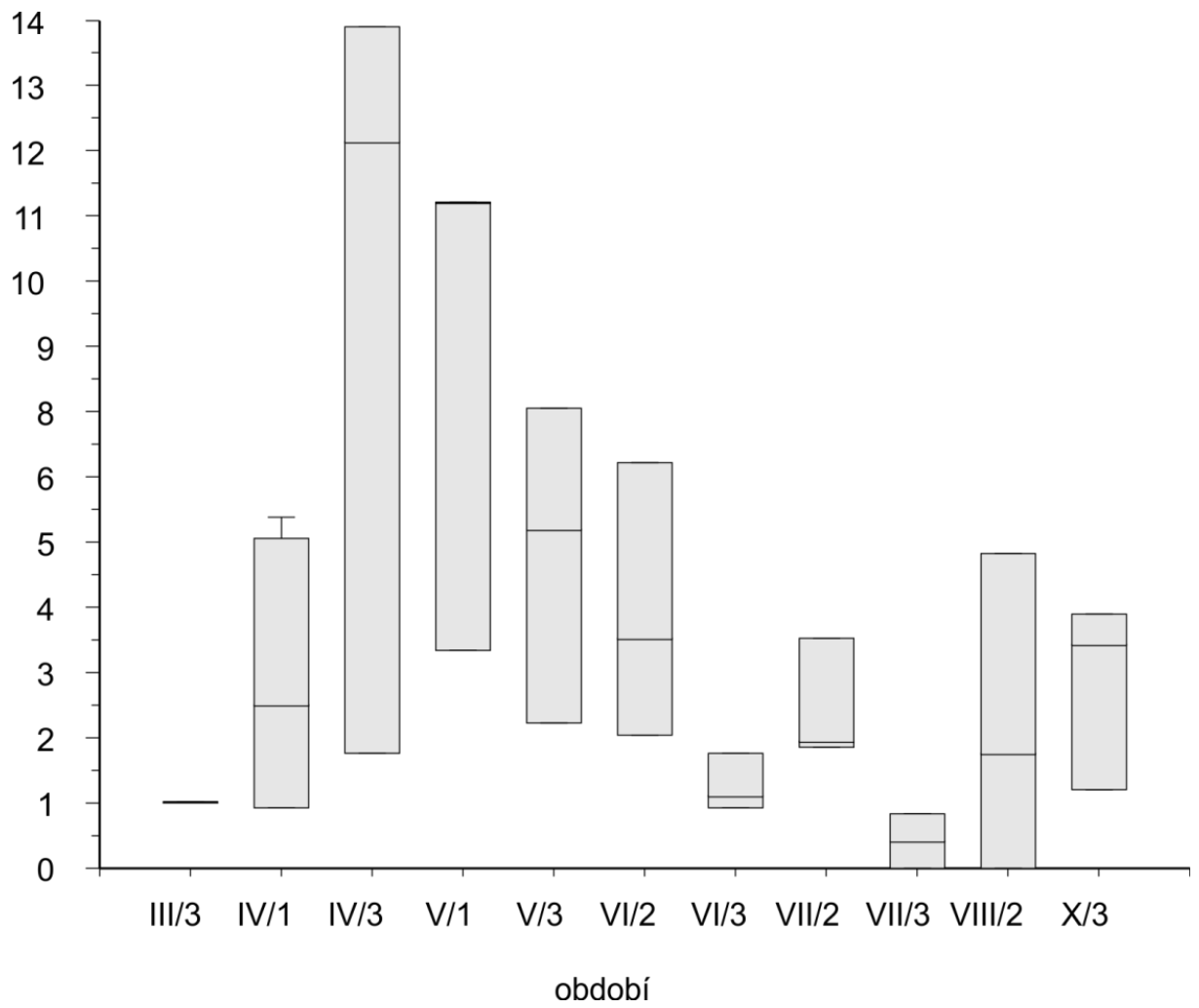
	celkový počet	proti proudu	proti proudu v %	po proudu	po proudu v %
březen	1,09	0,00	0%	1,09	100%
duben	5,70	5,15	90%	0,55	10%
květen	6,87	5,70	83%	1,16	17%
červen	2,80	0,96	34%	1,84	66%
červenec	1,48	0,66	45%	0,81	55%
srpen	3,57	2,09	58%	1,50	42%
říjen	3,07	1,66	54%	1,41	46%

**Graf 1.** Počet migrujících jedinců (celkový počet, po proudu a proti proudu) v jednotlivých měsících souhrnně za roky 2010 a 2011



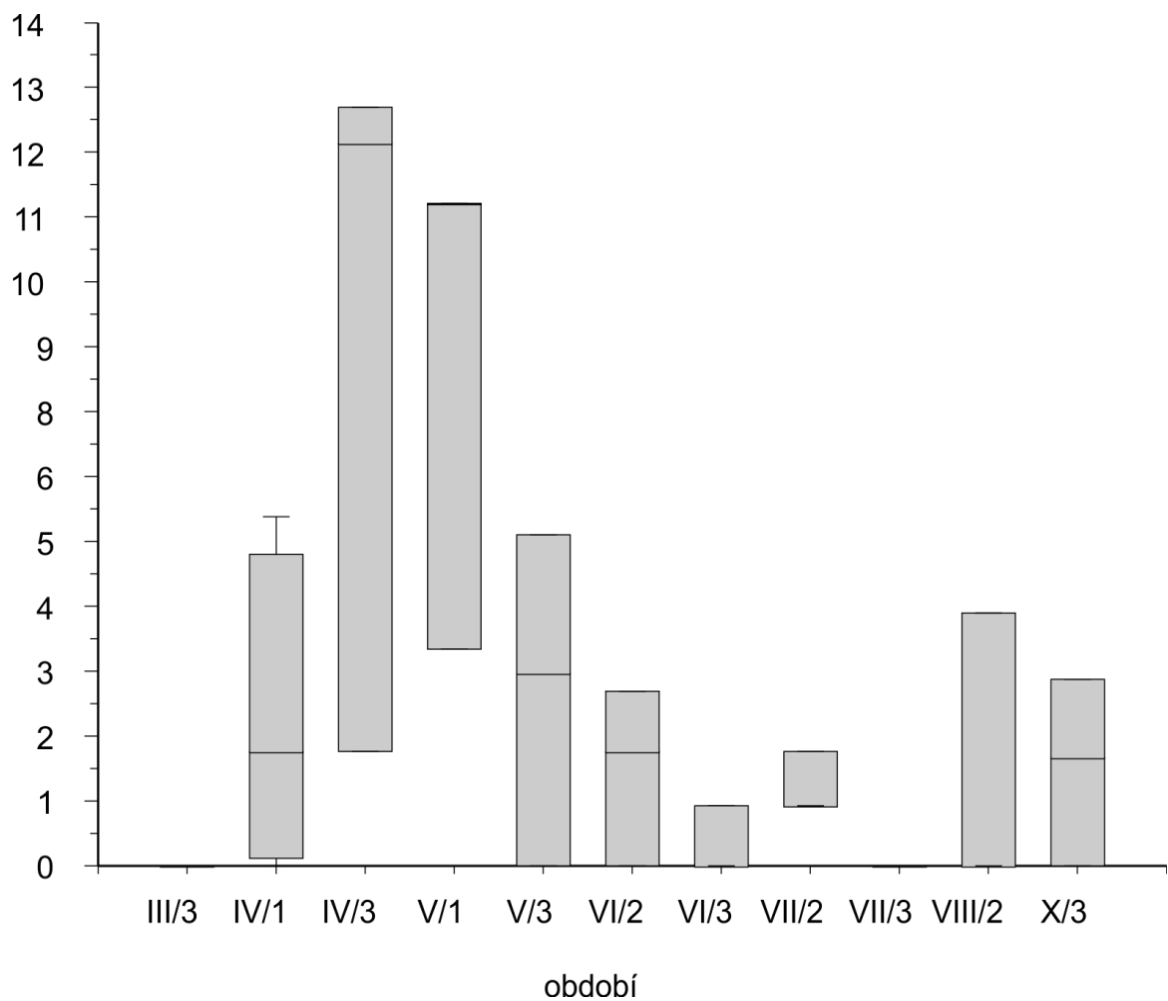
Dále byla vyhodnocena celková migrace v jednotlivých vzorkovacích obdobích. Celková migrace byla definována jako množství migrujících ryb (bez ohledu na směr jejich migrace rybím přechodem) v jednotlivém vzorkovacím období přepočtená na časový úsek 24 hodin (tak byly eliminovány rozdíly v době trvání jednotlivých vzorkovacích období). Celková migrace se mezi vzorkovacími obdobími lišila (ANOVA,  $F= 3,52$ ;  $P=0,006$ ), jak je vidět na **grafu 2**. Celková migrace ve vzorkovacím období IV/3 byla větší než ve vzorkovacích obdobích VI/3 a VII/3 (Tukey- Kramer mnohonásobný test, kritická hodnota 5,1703).

**Graf 2.** Rozdíly mezi celkovou migrací v jednotlivých vzorkovacích obdobích



Také míra protiproudové migrace, definované jako množství protiproudu migrujících ryb v daném vzorkovacím období přepočtené na časový úsek 24 hodin, se mezi jednotlivými vzorkovacími obdobími lišila (ANOVA,  $F= 3,49$ ;  $P=0,007$ ), viz. **graf 3**. Míra protiproudové migrace byla ve vzorkovacím období IV/3 větší než ve vzorkovacím období VII/3 (Tukey- Kramer mnohonásobný test s kritickou hodnotou 5,1703).

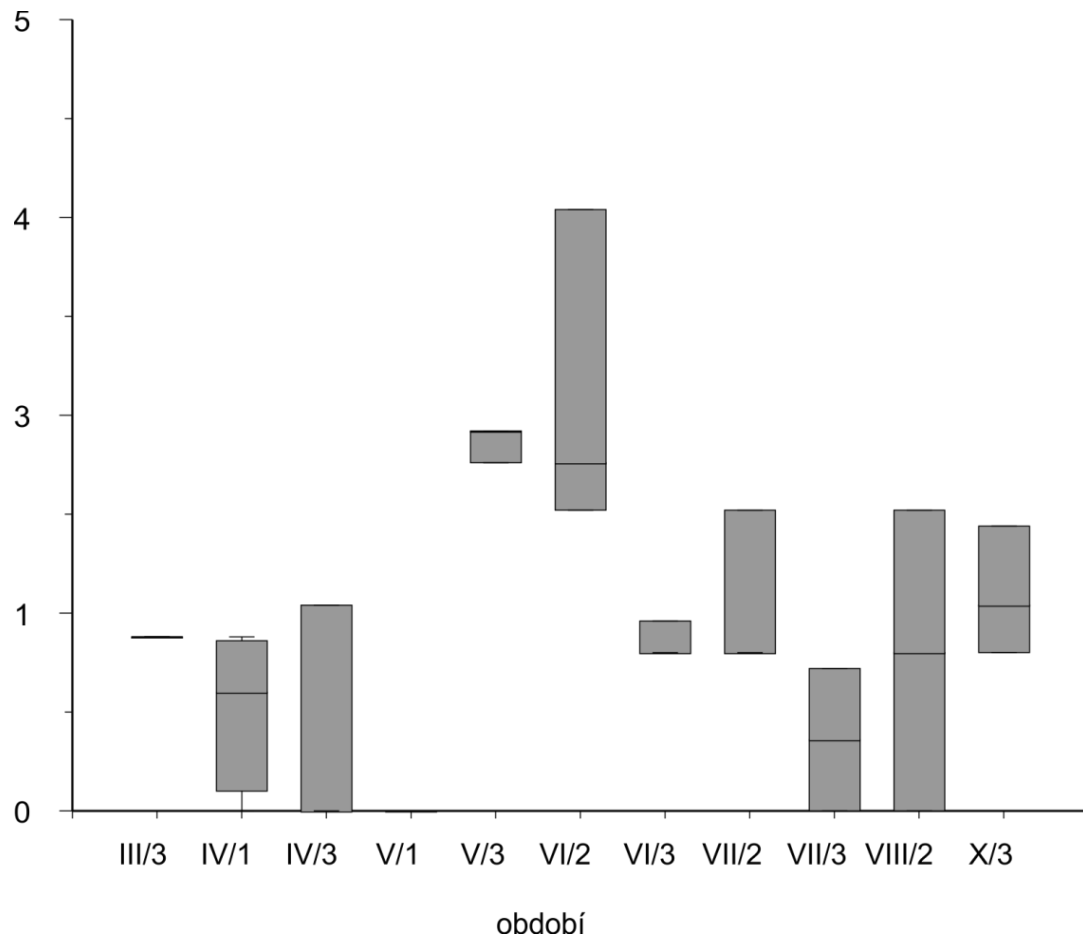
**Graf 3.** Rozdíly mezi protiproudovou migrací v jednotlivých vzorkovacích obdobích



I míra po proudové migrace, definované jako množství po proudu migrujících ryb v daném vzorkovacích období přepočtené na časový úsek 24 hodin, se mezi jednotlivými vzorkovacími obdobími lišila (ANOVA,  $F= 5,49$ ;  $P= 0,00058$ ), viz. **graf 4**. Odlišnosti v protiproudové migrace mezi jednotlivými vzorkovacími obdobími byly posuzovány Tukey- Kramer mnohonásobným testem s kritickou hodnotou 5,1703 a byly nalezeny odlišnosti mezi následujícími vzorkovacími obdobími:

V/1	V/3, VI/2
IV/3	V/3, VI/2
VII/3	VI/2
IV/1	V/3, VI/2
V/3	V/1, IV/3, IV/1
VI/2	V/1, IV/3, VII/3, IV/1

**Graf 4.** Rozdíly mezi po proudovou migrací v jednotlivých vzorkovacích období





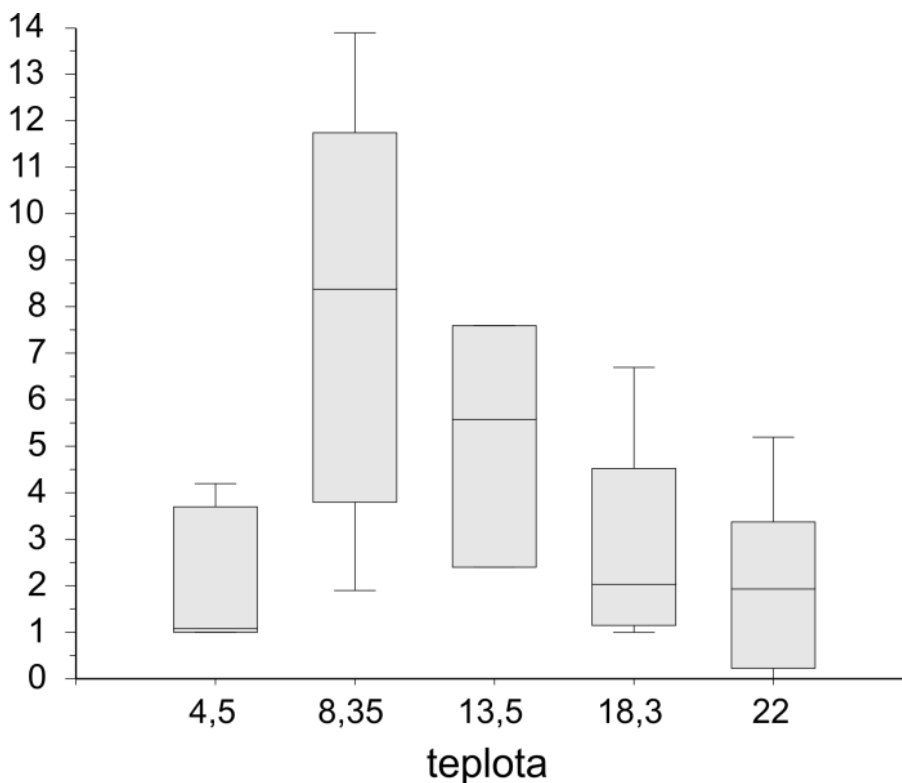
Samozřejmě byly vyhodnocovány vazby mezi vybranými abiotickými faktory, zjišťovanými v místě rybního přechodu, a migrací ryb. Prvním z nich byla teplota voda (ve stupních Celsia).

Naměřené hodnoty teploty vody byly rozděleny do pěti kategorií, které představovaly hodnoty 0. - 4. kvartilu, tj. hodnoty minima (4,5 °C), 25% percentilu (8,35 °C), mediánu (13,5 °C), 75% percentilu (18,3 °C) a maxima (22°C).

Teplota vodu měla na celkovou migraci, vyjádřenou jako počet migrujících ryb za všechny vzorkovací období bez ohledu na směr jejich migrace přepočtený na časový úsek 24 hodin, signifikantní vliv (ANOVA,  $F= 6.30$ ;  $P= 0.001022$ ), což je zřetelné na **grafu 5**, kdy rozdíly mezi kategoriemi byly následující:

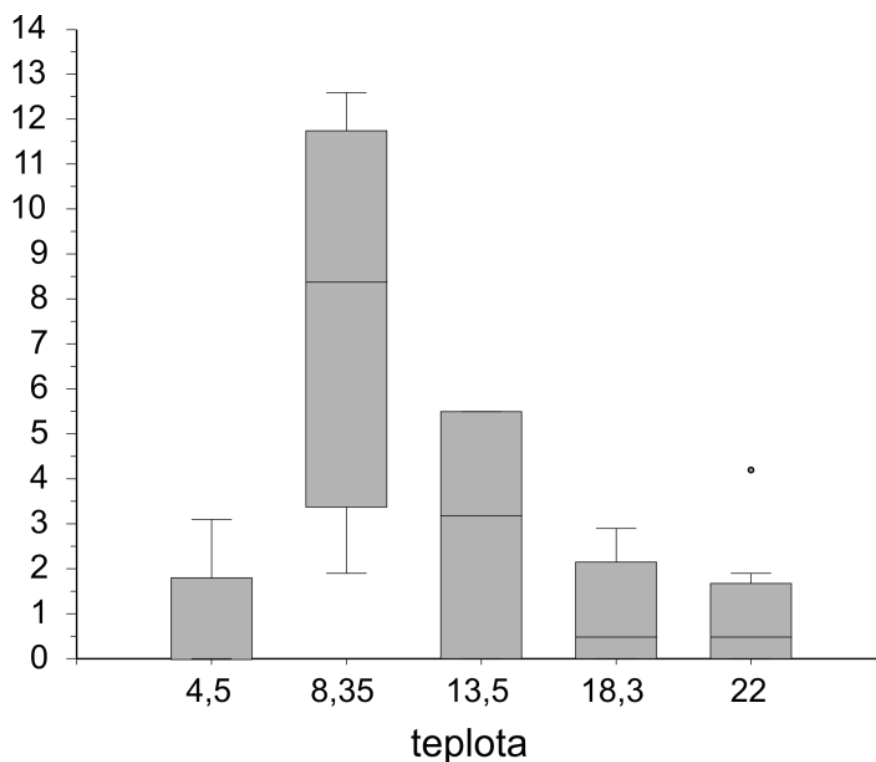
Kategorie	Počet	Průměr	Odlišnost od kategorie/kategorií
4,5 °C	7	1,914286	8,35 °C
22 °C	8	1,9875	8,35 °C
18,3 °C	6	2,8	8,35 °C
13,5 °C	3	5,2	
8,35 °C	8	7,95	4,5 °C; 22 °C; 18,3 °C

**Graf 5.** Vliv teploty vody na celkovou migraci



Teplota vody měla na protiproudovou migraci, vyjádřenou jako počet proti proudu migrujících ryb za všechny vzorkovací období přepočtený na časový úsek 24 hodin, signifikantní vliv (ANOVA,  $F=9,62$ ;  $P=0,00005$ ), viz. **graf 6**.

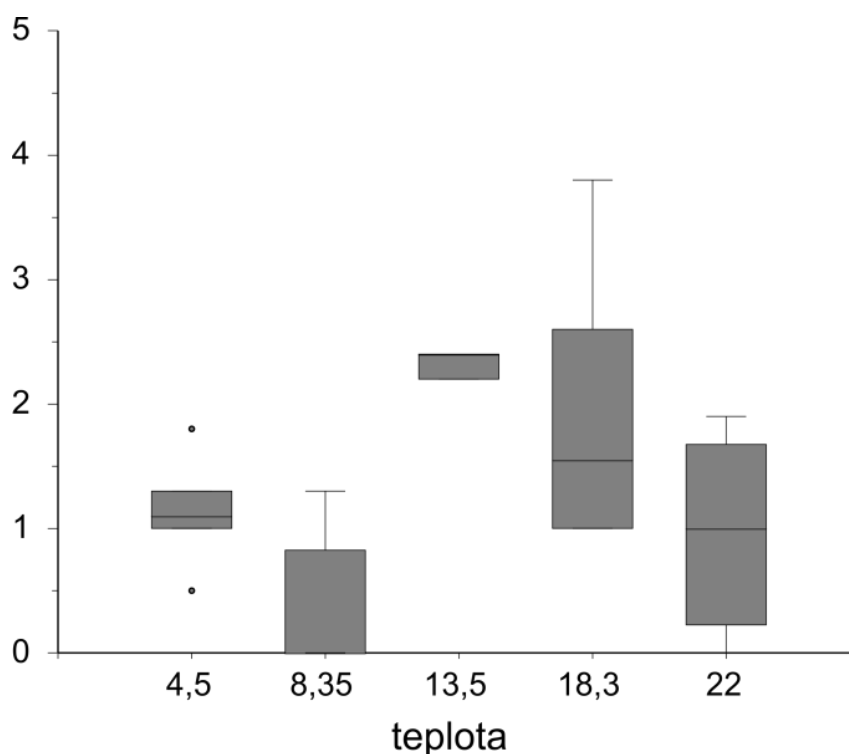
**Graf 6.** Vliv teploty vody na protiproudovou migraci ryb



Teplota vody měla na poproudovou migraci, vyjádřenou jako počet po proudu migrujících ryb za všechny vzorkovací období přepočtený na časový úsek 24 hodin, také signifikantní vliv (ANOVA,  $F=7,11$ ;  $P=0,00048$ ), viz. **graf 7**, kdy rozdíly mezi kategoriemi byly následující:

Kategorie	Počet	Průměr	Odlišnost od kategorie/kategorií
8,35 °C	8	0,3	18,3 °C; 13,5
22 °C	8	0,9625	13,5 °C
4,5 °C	7	1,114286	
18,3 °C	6	1,85	8,35 °C
13,5 °C	3	2,333333	8,35 °C; 22 °C

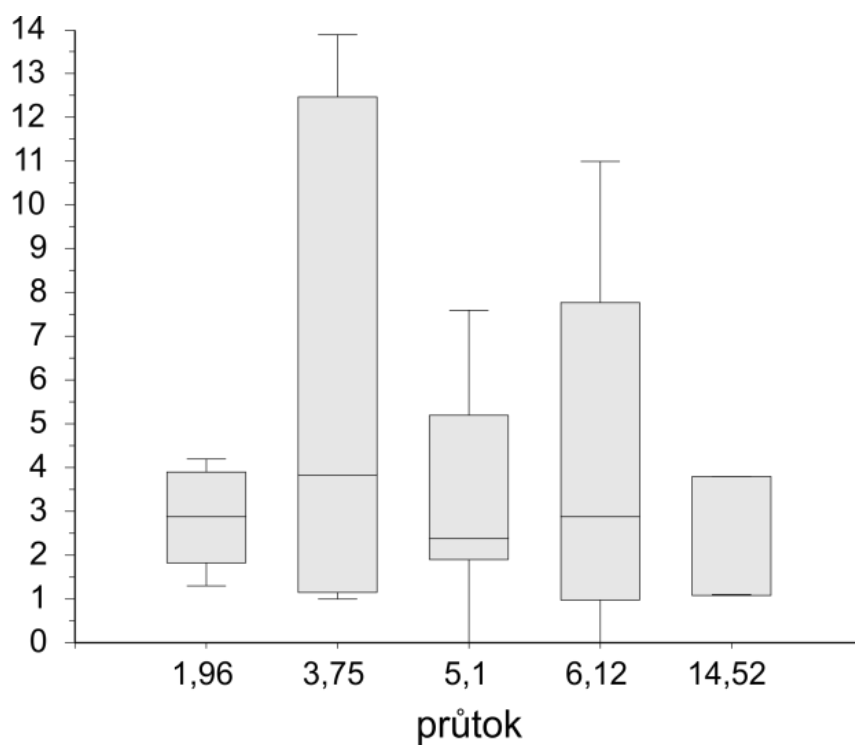
**Graf 7.** Vliv teploty vody na poproudovou migraci ryb



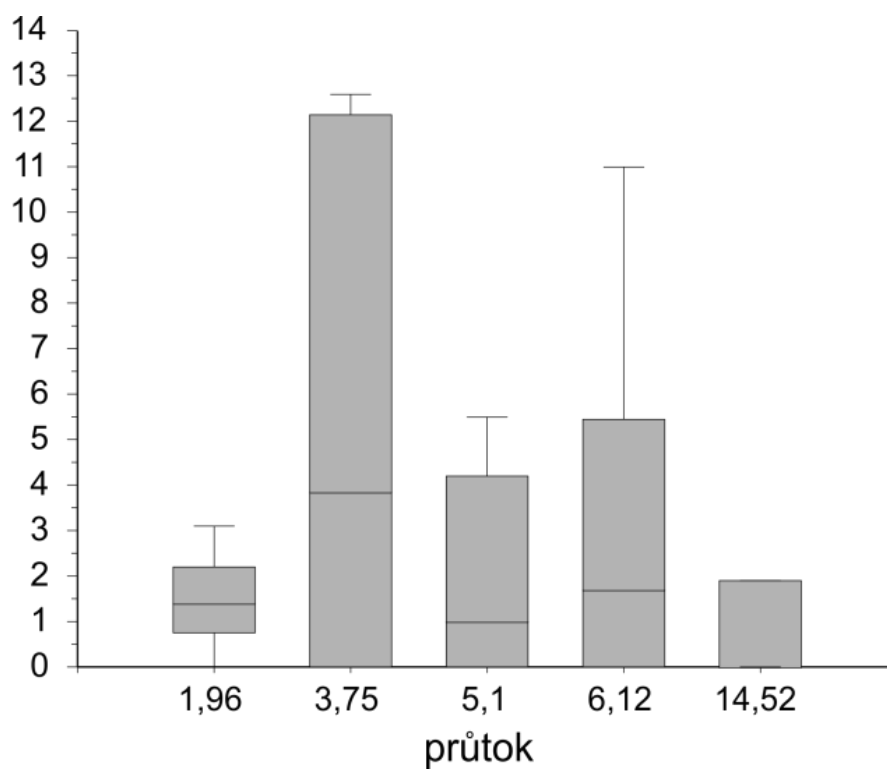
Další abiotický faktor, dávaný do souvislosti s intenzitou migrací ryb rybím přechodem, byl vodní stav v místě rybího přechodu, resp. průtok v  $\text{m}^3/\text{s}$ . Naměřené hodnoty průtoku byly rozděleny do pěti kategorií, které představovaly hodnoty 0.- 4. kvartilu, tj. hodnoty minima ( $1,96 \text{ m}^3/\text{s}$ ), 25% percentilu ( $3,75 \text{ m}^3/\text{s}$ ), mediánu ( $5,1 \text{ m}^3/\text{s}$ ), 75% percentilu ( $6,12 \text{ m}^3/\text{s}$ ) a maxima ( $14,52 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

Průtok neměl na celkovou migraci, vyjádřenou jako počet migrujících ryb za všechny vzorkovací období bez ohledu na směr jejich migrace přepočtený na časový úsek 24 hodin, signifikantní vliv (ANOVA,  $F= 0,86$ ;  $P= 0,50$ ), viz. **graf 8**, stejné závěr byl nalezen také pro protiproudovou migraci (ANOVA,  $F= 1,28$ ;  $P= 0,304$ ), viz. **graf 9** a poproudovou migraci (ANOVA,  $F= 0,77$ ;  $P= 0,55$ ), viz. **graf 10**.

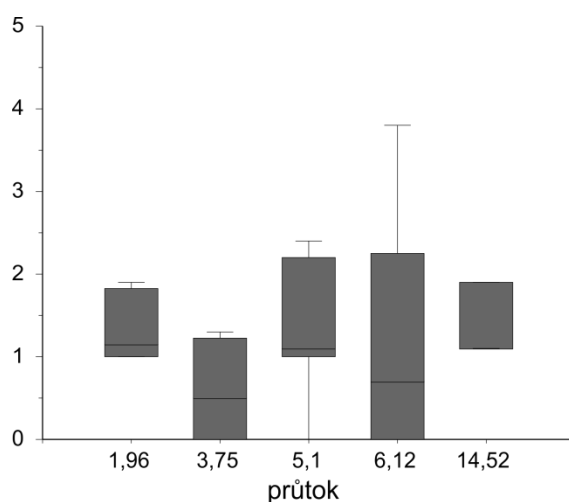
**Graf 8.** Vliv průtoku na celkovou migraci ryb



**Graf 9.** Vliv průtoku na protiproudovou migraci ryb



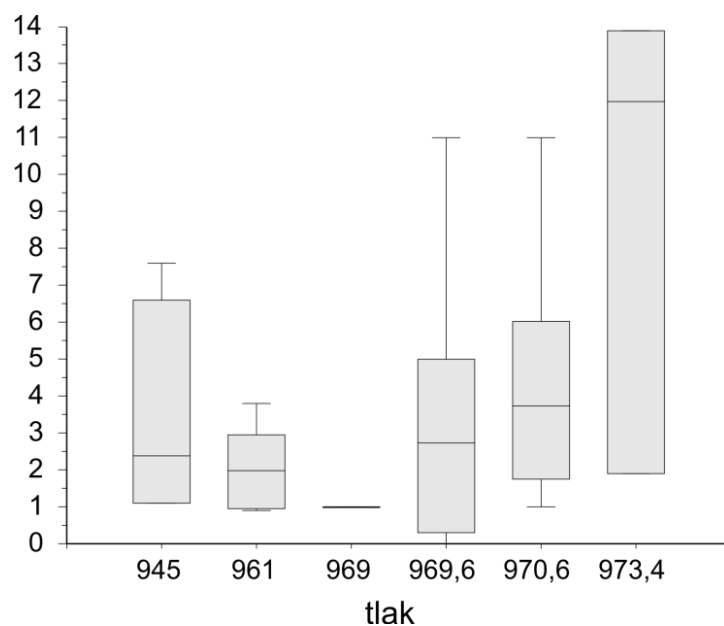
**Graf 10.** Vliv průtoku na po proudovou migraci ryb



Poslední abiotický faktor, dávaný do souvislosti s intenzitou migrace ryb rybím přechodem, byl atmosférický tlak (v mbar). Naměřené hodnoty atmosférického tlaku byly rozděleny do pěti kategorií, které představovaly hodnoty 0.- 4. kvartilu, tj. hodnoty minima (945 mbar), 25% percentilu (961 mbar), mediánu (969,6 mbar), 75% percentilu (970,6 mbar) a maxima (973,4 mbar).

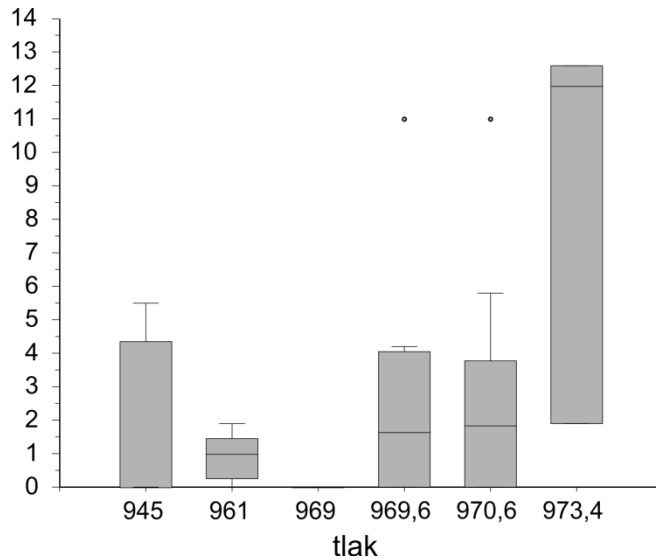
Atmosférický tlak neměl na celkovou migraci, vyjádřenou jako počet migrujících ryb za všechny vzorkovací období bez ohledu na směr jejich migrace přepočtený na časový úsek 24 hodin, průkazný vliv (ANOVA;  $F=2,04$ ,  $P= 0,106$ ) jak je patrné z **grafu 11**.

**Graf 11.** Vliv atmosférického tlaku na celkovou migraci ryb



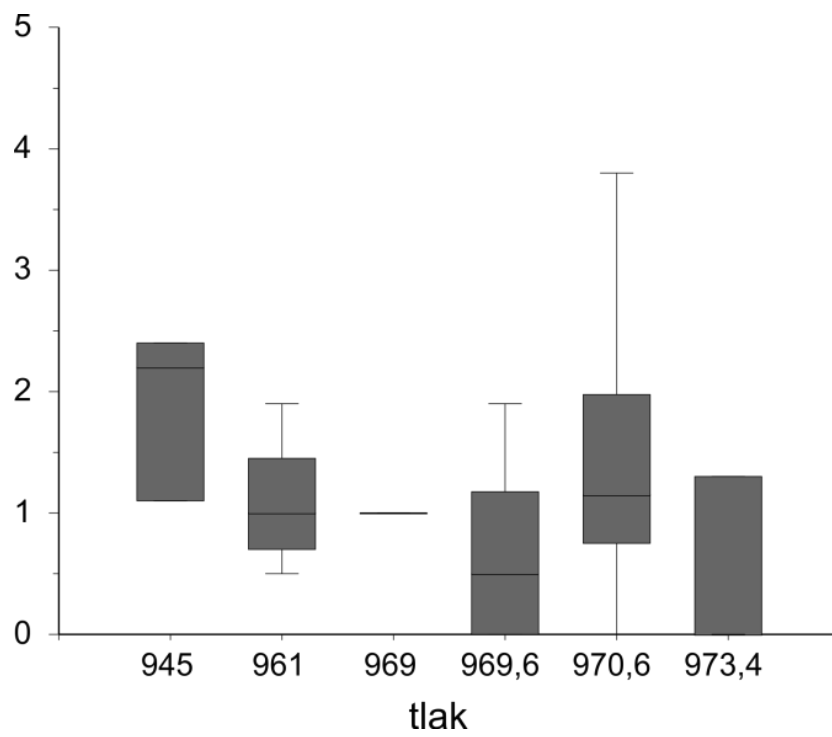
Atmosférický tlak neměl vliv na protiproudovou migraci ryb, vyjádřenou jako počet proti proudu migrujících ryb za všechny vzorkovací období přepočtený na časový úsek 24 hodin (ANOVA;  $F= 2,4$ ,  $P= 0,064$ ), viz. **graf 12**.

**Graf 12.** Vliv atmosférického tlaku na protiproudovou migraci ryb



Atmosférický tlak neměl vliv také na proudovou migraci ryb, vyjádřenou jako počet po proudu migrujících ryb za všechny vzorkovací období přepočtený na časový úsek 24 hodin (ANOVA;  $F=1,79$ ,  $P= 0,149$ ), viz. **graf 13**.

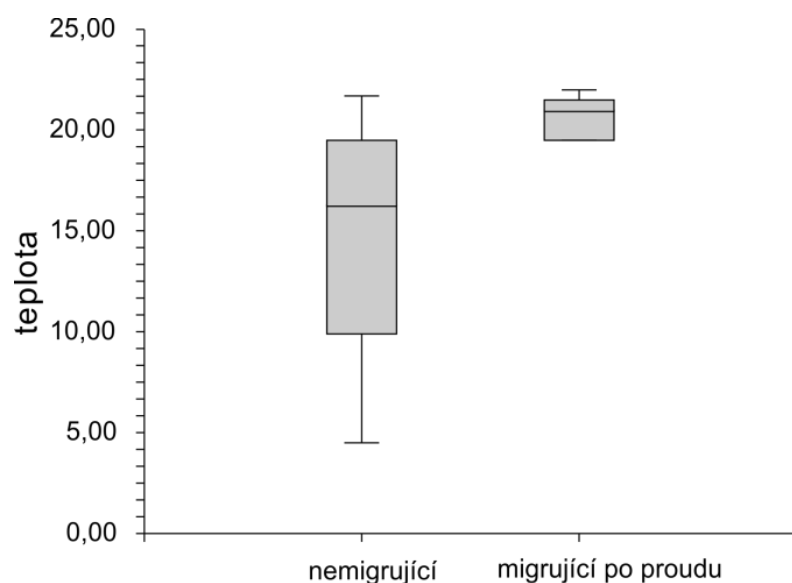
**Graf 13.** Vliv atmosférického tlaku na po proudovou migraci ryb



Na závěr byly prověřovány vazby mezi vybranými abiotickými faktory (teplotou vody, atmosférickým tlakem a průtokem) a intenzitou migrace nejpočetnějších druhů ryb- hrouzka obecného (*Gobio gobio*), okouna říčního (*Perca fluviatilis*) a plotice obecné (*Rutilus rutilus*). Tyto byly hodnoceny pomocí T- testu, resp. Mann-Whitneyova testu (na základě rozdělení vzorku dat).

Při posuzování souvislostí mezi teplotou vody a intenzitou migrace hrouzka obecného bylo zjištěno, že teplota vody ve vzorkovacích obdobích, ve kterých byla zjištěna po proudová migrace hrouzka, byla signifikantně vyšší (20,6 °C) než ve vzorkovacích obdobích, kdy hrouzek nemigroval (14,7 °C) (MW,  $Z= 2,81$ ;  $P= 0,0049$ ). To je patrné z **grafu 14**.

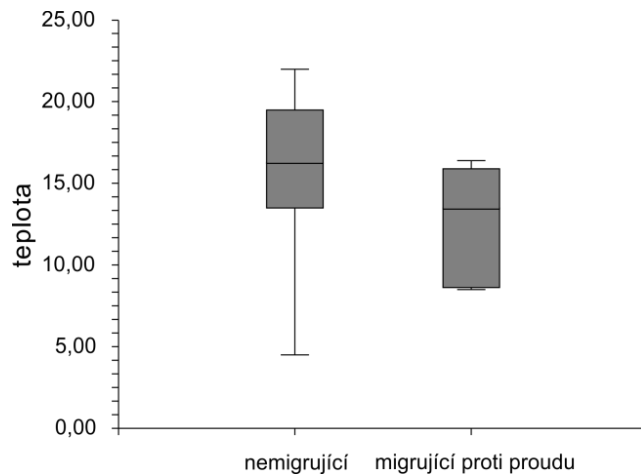
**Graf 14.** Teplota vody ve vzorkovacích obdobích, kdy byla zaznamenána po proudová migrace hrouzka obecného (*Gobio gobio*) ve srovnání s teplotou vody ve vzorkovacích obdobích, ve kterých hrouzek nemigroval



Pro okouna říčního naopak platilo, že teplota vody ve vzorkovacích obdobích, ve kterých byla zjištěna jeho protiproudová migrace, byla signifikantně nižší (13,5 °C) než ve vzorkovacích obdobích, kdy okoun nemigroval (16,3 °C) (MW,  $Z= -2,39$ ;  $P= 0,0165$ ), viz. **graf 15**.

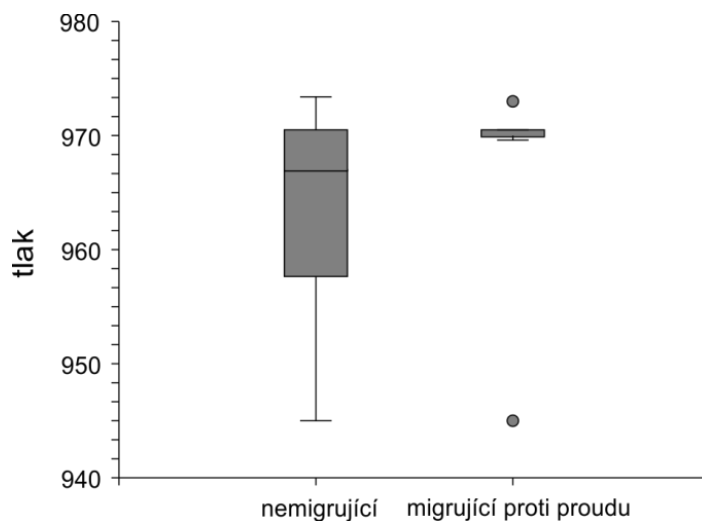


**Graf 15.** Teplota vody ve vzorkovacích obdobích, kdy byla zaznamenána protiproudová migrace okouna říčního (*Perca fluviatilis*) ve srovnání s teplotou vody ve vzorkovacích obdobích, ve kterých okoun nemigroval



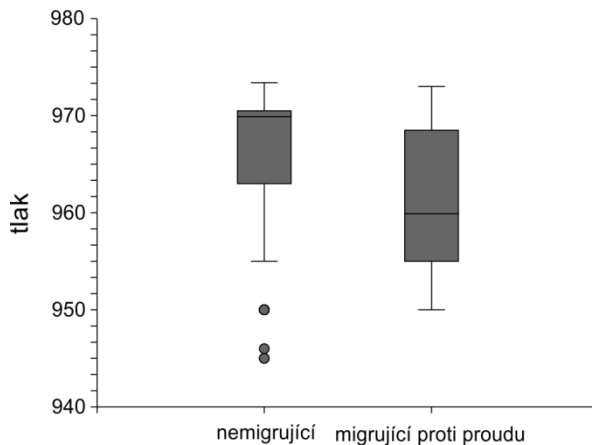
Při srovnání atmosférického tlaku a protiproudové migraci hrouzka obecného bylo zjištěno, že atmosférický tlak ve vzorkovacích obdobích, ve kterých zjištěna protiproudová migrace hrouzka, byl signifikantně vyšší (969,1 mbar) než ve vzorkovacích obdobích, kdy hrouzek nemigroval (963 mbar) (MW,  $Z= 2,708$ ;  $P= 0,0067$ ), viz. **graf 16**.

**Graf 16.** Atmosférický tlak ve vzorkovacích obdobích, kdy byla zaznamenána protiproudová migrace hrouzka obecného (*Gobio gobio*) ve srovnání s atmosférickým tlakem ve vzorkovacích obdobích, kdy hrouzci nemigrovali



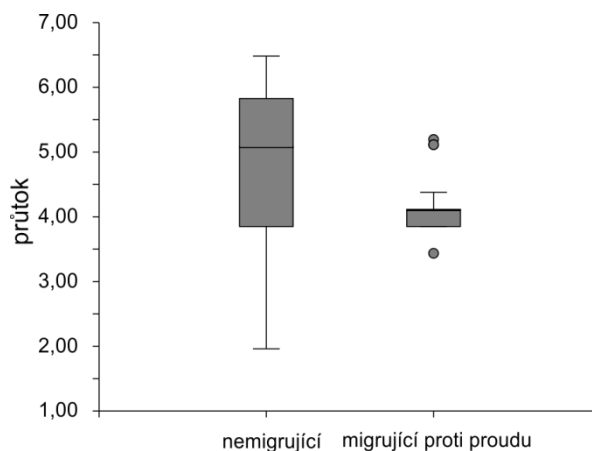
Pro plotici obecnou bylo zjištěno, atmosférický tlak ve vzorkovacích obdobích, ve kterých byla zjištěna protiproudová migrace plotice, byl signifikantně nižší (961,4 mbar) než ve vzorkovacích obdobích, kdy plotice nemigrovala (966 mbar) (MW, Z = -3,0558, P= 0,0022), viz. **graf 17**.

**Graf 17.** Atmosférický tlak ve vzorkovacích obdobích, kdy byla zaznamenána protiproudová migrace plotice obecné (*Rutilus rutilus*) ve srovnání s atmosférickým tlakem ve vzorkovacích obdobích, kdy plotice nemigrovali



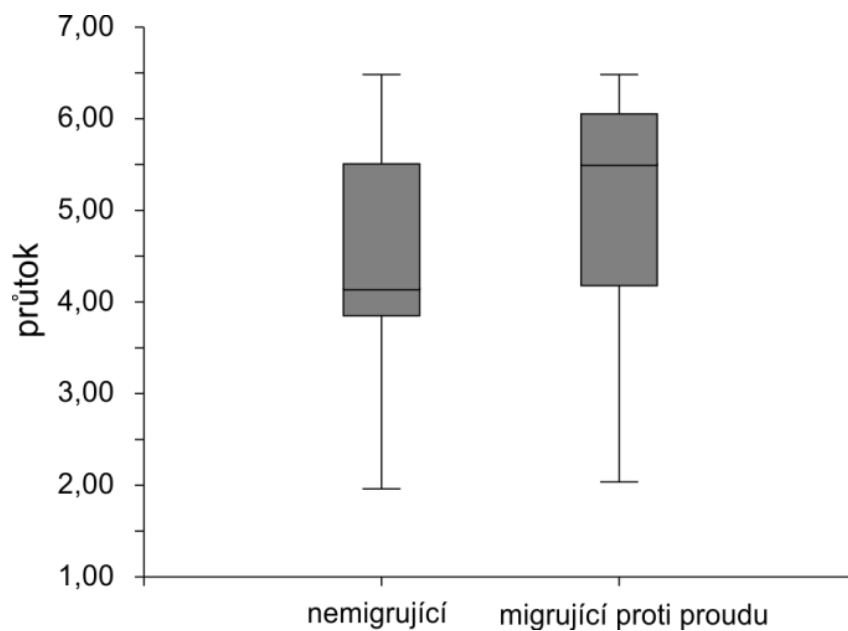
A nakonec průtok. Průtok ve vzorkovacích obdobích, ve kterých byla zjištěna protiproudová migrace hrouzka obecného, byl signifikantně nižší (4,11 m<sup>3</sup>/s) než ve vzorkovacích obdobích, kdy hrouzek nemigroval (5,11 m<sup>3</sup>/s) (MW, Z= -2,9188; P= 0,0035), viz. **graf 18**.

**Graf 18.** Průtok ve vzorkovacích obdobích, ve kterých byla zaznamenána protiproudová migrace hrouzka obecného (*Gobio gobio*) ve srovnání s průtokem ve vzorkovacích obdobích, kdy hrouzci nemigrovali



Průtok ve vzorkovacích obdobích, ve kterých byla zjištěna protiproudová migrace plotice obecné, byl signifikantně vyšší (5,50 m<sup>3</sup>/s) než ve vzorkovacích obdobích, kdy plotice nemigrovala (4,379 m<sup>3</sup>/s) (MW, Z= -2,9188; P= 0,0035), viz. **graf 19**

**Graf 19.** Průtok ve vzorkovacích obdobích, ve kterých byla zaznamenána protiproudová migrace plotice obecné (*Rutilus rutilus*) ve srovnání s průtokem ve vzorkovacích obdobích, kdy plotice nemigrovali



## 6. Diskuze

Výsledky dosažené v rámci této práce potvrdili některé dříve publikované závěry o migracích potamodromních druhů původních pro naši ichtyofaunu. Největší míra celkové migrace, definované jako množství ryb migrujících rybím přechodem v obou směrech za časový úsek 24, byla pozorována v měsících dubnu a květnu. V těchto měsících také probíhala v největší míře protiproudová migrace rybím přechodem. Uvážíme-li charakter řeky Blanice v cca. čtyřkilometrovém úseku od rybího přechodu, můžeme prakticky jednoznačně prohlásit, že se jednalo o výtěrovou migraci, tedy pohyb z nevýtěrových habitatů do habitatu výtěrového (tedy na trdliště), kdy u protiproudu nejintenzivněji migrujících druhů ryb – plotice obecná, hrouzek obecný a dalších kaprovitých ryb (jelec tloušť a proudník, ostroretka stěhovavá) probíhá výtěrová migrace nejintenzivněji právě v tomto období (Baruš & Oliva 1995a a 1995b; Hladík & Kubečka, 2003; Knaepkens et al., 2006; Pollux et al., 2006; Nunn et al., 2010; Slavík et al., 2009a; Kottelat & Freyhof, 2009). Nejmenší míra celkové migrace pak byla zjištěna v měsíci březnu, kdy rybí jedinci zároveň migrovali pouze po proudu. Také v měsících červnu a červenci byla míra celkové migrace nižší a převažovala po proudová migrace. Vzhledem k výtěrovému období přítomných rybích druhů se nemohlo jednat o výtěrové migrace, jako nejpravděpodobnější se jeví vysvětlení, že se jednalo o přesun mezi habitaty v důsledku změn abiotických faktorů (především teploty vody a vyššího obsahu rozpuštěného kyslíku v úseku pod jezem), jak je popsáno u De Leeuw & Wintera (2008) nebo u Gosseta et al. (2006) anebo v důsledky změny potravní nabídky. Relativně velká celková migrace byla pozorována také v měsíci říjnu, kdy již u řady přítomných druhů dochází k přesunu do úkrytových habitatů, ve kterých přečkávají pozdě podzimní a zimní měsíce (Heermann & Borcharding, 2006). Vzhledem k výše uvedenému pak není překvapující závěr, že množství po proudu a proti proudu migrujících jedinců se v jednotlivých měsících prokazatelně lišilo.

Se zjištěnými odlišnostmi v míře migrace (ať už celkové, po proudové nebo protiproudové) v jednotlivých měsících úzce souvisí také odlišnosti v míře migrace v jednotlivých vzorkovacích obdobích, kdy v případě celkové migrace, po proudové a proti proudové migrace se množství migrujících jedinců mezi jednotlivými vzorkovacími obdobími prokazatelně lišilo.

U celkové migrace byla její míra prokazatelně vyšší u vzorkovacího období IV/3 ve srovnání s VI/3 a VII/3. To se dá opět vysvětlit relativně intenzivní výtěrovou migrací (tedy velkým podílem převážně proti proudu migrujících adultních jedinců kaprovitých druhů ryb), probíhající u zjištěných druhů právě v dubnu (Baruš & Oliva 1995a a 1995b; Kottelat & Freyhof, 2009; Geeraeters et al., 2007) ve srovnání s obdobími července a srpna, kdy tyto neprobíhají, resp. dá se uvažovat jen o potravních, popř. ještě úkrytových migracích (Heermann & Borcharding, 2006; Calles & Greenberg, 2007). Už vůbec nepřekvapí, že největší míra protiproudové migrace byla nalezena u vzorkovacích období, uskutečněných v druhé polovině dubna a na začátku června, kdy výtěrové migrace kaprovitých ryb probíhají nejintenzivněji a ve většině případů právě proti proudu (Lucas & Baras, 2001).

Dále byly nalezeny rozdíly v míře po proudové migrace mezi většinou vzorkovacích období, ovšem tento fakt je obtížně interpretovatelný.

Zajímavé výsledky přineslo také srovnání vybraných abiotických parametrů s mírou migrace nejpočetnějších rybích druhů. Řada hypotéz popisující stimuly potamodromních migrací, tedy faktory, které přímo a významným způsobem určují načasování a průběh vlastní migrace, považuje abiotické faktory za klíčové (Lucas & Baras, 2001; Heermann & Borcharding, 2006; Gosset et al., 2006; Slavík et al., 2009a). Velkým problémem ovšem je určení, které jednotlivé abiotické faktory migraci ovlivňují a jakým způsobem, resp. kombinace jakých abiotických faktorů je pro řízení migrací klíčová (Geeraeters et al., 2007; Prchalová et al., 2006). Trendem tedy je najít pro každý abiotický faktor konkrétní hodnotu, nebo rozmezí hodnot, kdy k vlastní migraci dochází, resp. je nejintenzivnější. Nelze ovšem zapomínat, že migrace je často ovlivňována, resp. určena i biotickými faktory, které nelze jednoduše zjistit a kvantifikovat (Slavík & Bartoš, 2002).

U po proudové migrace hrouzka obecného byla teplota vody signifikantně vyšší ve vzorkovacích obdobích, ve kterých hrouzek migroval, ve srovnání se vzorkovacími obdobími, kdy po proudu nemigroval. Teplotní rozdíl průměrných teplot v těchto vzorkovacích období byl relativně vysoký- 5,9 °C. Lze se domnívat, že tato po proudová migrace při vysoké teplotě vody byla způsobena změnami chemických parametrů vody (především poklesem obsahu rozpuštěného kyslíku) v původním habitatu, na což jedinci reagovali přesunem do habitatu v oblasti pod jezem, kde obsah

rozpuštěného kyslíku byl vyšší. Tento způsob chování v podmínkách středoevropských řek byl popsán např. Knaepkenssem et al. (2009) nebo Pavlovem et al. (2008). Dalším možným vysvětlením je reakce na změny v potravní nabídce v potravních habitatech, ke kterým v této části vegetačního období dochází.

U protiproudové migrace okouna říčního byla teplota vody signifikantně nižší ve vzorkovacích obdobích, ve kterých migroval, ve srovnání s teplotou vody ve vzorkovacích obdobích, ve kterých nemigroval. Teplota vody ve vzorkovacích obdobích s protiproudovou migrací okouna říčního měla hodnotu 13,5 °C, což odpovídá optimální výtěrové teplotě (Baruš & Oliva, 1995b; Kottelat & Freyhof, 2009). Můžeme tak prohlásit, že se s největší pravděpodobností jednalo o výtěrovou migraci, která v podmínkách podobných řek probíhá často proti proudu (Lucas & Baras, 2001).

Při srovnání atmosférického tlaku a protiproudové migraci hrouzka obecného jsme zjistili, že atmosférický tlak ve vzorkovacích obdobích, ve kterých zjištěna protiproudová migrace hrouzka, byl signifikantně vyšší (969,1 mbar) než ve vzorkovacích obdobích, kdy hrouzek nemigroval (963 mbar), rozdíl hodnot atmosférického tlaku byl poměrně vysoký- 6,1 mbar. Pro vysvětlení souvislostí mezi hodnotami atmosférického tlaku a intenzitou migrace hrouzka obecného jsem v literatuře nenašel vysvětlení. Pro kaprovité druhy ryb uvádí (Prchalová et al., 2011), že intenzivnější migrace probíhají při vyšších hodnotách atmosférického tlaku (kolem 975 mbar) s tím, že atmosférický tlak nepředstavuje významný faktor mající na intenzitu migrací vliv. Na druhé straně jeho význam nelze opomenout z důvodu přímého ovlivnění rozpustnosti kyslíku ve vodě (Pitter, 2009), kdy se při řízení migrací ryb může uplatňovat druhotně.

Pro plotici obecnou naopak platilo, že atmosférický tlak ve vzorkovacích obdobích, ve kterých byla zjištěna protiproudová migrace plotice, byl signifikantně nižší (961,4 mbar) než ve vzorkovacích obdobích, kdy plotice nemigrovala (966 mbar), což příliš neodpovídá závěrům uváděným Prchalovou et al. (2011).

Posledním takto srovnávaným abiotickým faktorem byl průtok vody řekou Blanicí zjišťovaný v místě rybího přechodu. Někteří autoři (Lucas & Baras, 2001; Aerestrup et al., 2003; Slavík et al., 2009a a 2009b) považují průtok za vůbec nejdůležitější abiotický faktor uplatňující se při řízení potamodromních migrací. Otázkou zůstává míra jeho významnosti ve srovnání s jinými abiotickými faktory (především teplotou vody, ta

v našich klimatických podmínkách koreluje s ročním obdobím), resp. optimální rozsah hodnot průtoku. Navíc u různých druhů ryb je uváděna různá reakce na odlišné hodnoty průtoku a jeho změny v průběhu vlastní migrace, vztah mezi průtokem vody a množstvím migrujících jedinců je zřídka lineární.

Zjištění, že průtok ve vzorkovacích obdobích, ve kterých byla zjištěna protiproudová migrace plotice obecné, byl signifikantně vyšší ( $5,50 \text{ m}^3/\text{s}$ ) než ve vzorkovacích obdobích, kdy plotice nemigrovala ( $4,379 \text{ m}^3/\text{s}$ ), není překvapující a odpovídá údajům v literatuře (Prchalové et al., 2006; Geeraerts et al., 2007; Slavíka et al., 2009b). Prchalová et al., 2006). Prchalová et al. (2011) uvádí, že migrace plotice byla nejintenzivnější při hodnotách průtoku kolem  $6 \text{ m}^3/\text{s}$ , je ovšem třeba vzít v potaz odlišnosti jednotlivých řek. Vzhledem k početnosti proti proudu migrujících plotic v jednotlivých měsících (resp. vzorkovacích obdobích) se dá reálně uvažovat, že se jednalo o výtěrovou migraci. Ta většinou probíhá proti proudu a při vyšších hodnotách průtoku.

U hrouzka obecného byla situace opačná, kdy průtok ve vzorkovacích obdobích, ve kterých byla zjištěna jeho protiproudová migrace, byl signifikantně nižší ( $4,11 \text{ m}^3/\text{s}$ ) než ve vzorkovacích obdobích, kdy hrouzek nemigroval ( $5,11 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Konkrétní údaje o vztahu průtoku a míře migrace hrouzka obecného v literatuře chybějí. Opět se dá celkem jistě tvrdit, že se jednalo o výtěrovou migraci, která často probíhá proti proudu (Kottelat & Freyhof, 2007). Vyšší intenzita migrace při nižším průtoku by se částečně dala vysvětlit tělesnou stavbou hrouzka a s tím související nižší hodnotou kritického průtoku, tedy maximální hodnoty průtoku, kterou je jedinec daného druhu schopen aktivním plaváním překonat, resp. postupuje proti proudu (Pavlov et al., 2008).

Celkově pak platilo, že průtok vody měla signifikantní vliv na celkovou, po proudovou i proti proudovou migraci. Vzhledem k početnímu zastoupení výše uvedených druhů v jednotlivých kategoriích migrace se jedná o logický závěr.

## 7. Závěr

V rámci této práce byly splněny hlavní cíle vytčené v úvodu. Po velkou část let 2010 a 2011 bylo prováděno sledování migrací ryb v rybím přechodu Bavorov a také zaznamenávány hodnoty těch abiotických faktorů, u kterých existuje reálný předpoklad, že jsou hlavními stimuly potamodromních migrací ryb. Podařilo se shromáždit dostatek dat o průchodu jednotlivých druhů ryb a také abiotických faktorů, načež mohla být provedena analýza vlivu těchto abiotických faktorů na migraci ryb. Mezi některými abiotickými faktory a intenzitou migrace byla nalezena statisticky prokazatelná závislost. V další části práce jsou pak diskutována možná vysvětlení těchto závislostí a to srovnáním získaných výsledků se soudobou vědeckou literaturou. Do budoucna by bylo vhodné prováděná pozorování zintenzivnit a popřípadě rozšířit i počet zjišťovaných abiotických faktorů a také se pokusit přesněji kvantifikovat míru vlivu těchto abiotických faktorů na jednotlivé druhy ryb. Pozitivním zjištěním je, že rybí přechod Bavorov je po více než po deseti letech od svého uvedení do provozu stále funkční, tedy umožňuje bezproblémový průchod všech migrujícím druhům a jejich věkovým kategoriím a to v obou směrech. Přesto by bylo vhodné pokračovat ve sledování jeho migrační průchodnosti i do budoucna a to z důvodu sledování jeho funkčnosti, kdy po určité době od jeho uvedení do provozu může dojít ke změně některých hydraulických parametrů a tím i zhoršení průchodu pro některé druhy ryb, resp. jejich věková stádia. Dalším důvodem pro sledování průchodu ryb rybím přechodem Bavorov v budoucnu je fakt, že toto sledování nám poskytuje poměrně přesné údaje o stavu populací potamodromních druhů ryb místní ichtyofauny.



## 8. Literatura

### 8.1. Použitá literatura

- Aerestrup, K., Lucas, M. C. & Hansen, J. A. (2003). Efficiency of a natur-like bypass channel for sea trout (*Salmo trutta*) ascending a small Danish stream studied by PIT telemetry. *Ecology of Freshwater Fish* **12**, 160-168.
- Anonym (2009). The Riverwatcher Fish Counter. Vaki Aquaculture Systems Ltd., Iceland. Dostupné pod odkazem: <http://www.vaki.is/media/files/Riverwatcher%20brochure%202005%20comp.pdf>
- Baruš, V. & Oliva, O. (1995a). *Mihulovci- Petromyzontes a ryby- Osteichthyes* (1). Praha: Academia.
- Baruš, V. & Oliva, O. (1995b). *Mihulovci- Petromyzontes a ryby- Osteichthyes* (2). Praha: Academia.
- Baumgartner, L. J. & Harris, J. H. (2007). Passage of non-salmonid fish through deelder lock on a lowland river. *River Research and Applications* **23**, 1058-1069.
- Bolland, J. D., Cowx, I. G. & Lucas, M. C. (2009). Evaluation of VIE and PIT tagging methods for juvenile cyprinid fishes. *Journal of Applied Ichthyology* **25**, 381-386.
- Bruyndoncx, L., Knaepkens, G., Meeus, G., Bervoets, W. & Eens, L. (2002). The evaluation of passive integrated transponder (PIT) tags and visible implant elastomer (VIE) marks as new marking techniques for the bullhead. *Journal of Fish Biology* **60**, 260-262.
- Calles, E. O. & Greenberg, L. A. (2007). The use of two natur-like fishways by some fish species in the Swedish River Eman. *Ecology of Freshwater Fish* **16**, 183-190.
- Castro- Santos, T., Haro, A. & Walk, S. (1996). A passive integrated transponder (PIT) tag system for monitoring fishways. *Fisheries Research* **28**, 253-261.
- De Leeuw, J. J. & Winter, H. V. (2008). Migration of the rheophilic fish in the large lowland rivers Meuse nad Rhine, the Netherlands. *Fisheries Management and Ecology* **15**, 409-415.
- Dingle, H. (1996). *Migration: The biology of life on the move*. Oxford: Oxford University Press.
- Dingle, H. & Drake, V. A. (2007). What is migration?. *BioScience* **57**, 113-121.

- Geeraerts, C., Ovidio, M., Verbiest, H., Buysse, D., Coeck, J., Belpaire, C. & Philippart, J.-C. (2007). Mobility of individual roach *Rutilus rutilus* (L.) in the free weir-fragmented Belgian rivers. *Hydrobiologia* **582**, 143-153.
- Goldsmith, R. J., Closs, G. P. & Steen, H. (2003). Evaluation of visible implant elastomer for individual marking of small perch and common bully. *Journal of Fish Biology* **63**, 631-636.
- Gosset, C., Rives, J. & Labonne, J. (2006). Effect of habitat fragmentation on spawning migration of brown trout (*Salmo trutta* L.). *Ecology of Freshwater Fish* **15**, 247-254.
- Hartvich, P., Dvořák, P. & Holub, M. (2004). Výskyt ryb v rybím přechodu na řece Blanici v Bavorově. In *Biodiverzita Ichtyofauny České republiky V* (Lusk, S., Lusková, V. & Halačka, K., eds), s. 93-98. Brno: ÚBO AV ČR a AOPK ČR.
- Helfman, G. S., Collete, B. B., Facey, D. E. & Bowen, B. W. (2009). *The Diversity of Fishes- Biology, Evolution and Ecology*, 2. vydání. New Jersey: Wiley.
- Heermann, L. & Borcherdig, J. (2006). Winter short- distance migration of juvenile fish between two floodplain water bodies of the Lower River Rhine. *Ecology of Freshwater Fish* **15**, 161-168.
- Hinch, S. G., Cooke, S. J., Healey, M. C. & Farrell, A. P. (2006). Behavioural physiology of fish migration: Salmon as a model approach. In *Behaviour and Physiology of Fish*, Vol. 24 (Sloman, K. A, Wilson, R. W. & Balshine, S., eds), s. 239-295. San Diego: Elsevier.
- Hladík, M. & Kubečka, J. (2003). Fish migration between a temperate reservoir and its main tributary. *Hydrobiologia* **54**, 251-266.
- Horáková, M. (2003). *Analytika vody*, 2. vydání. Praha: VŠCHT Praha.
- Knaepkens, G., Baekelandt, K. & Eens, M. (2006). Fish pass effectiveness for bullhead (*Cottus gobio*), perch (*Perca fluviatilis*) and roach (*Rutilus rutilus*) in a regulated lowland river. *Ecology of Freshwater Fish* **15**, 20-29.
- Kottelat, M. & Freyhof, J. (2007). *Handbook of European Freshwater Fishes*. Berlin: Corlon.
- Kotusz, J., Witkowski, A., Baran, M. & Blachuta, Ł. (2006). Fish migrations in a large lowland river (Odra R., Poland) – based on fish pass observations. *Folia Zoologica* **55**, 386-398.

- Langhammer, J. (2010). Analysis of the relationship between the stream regulations and the geomorphologic effects of floods. *Natural Hazards* **54**, 121-139.
- Lucas, M. C. & Baras, E. (2000). Methods for studying spatial behaviour of freshwater fishes in the natural environment. *Fish and Fisheries* **1**, 283-316.
- Lucas, M. C. & Baras, E. (2001). *Migration of Freshwater Fishes*. Oxford: Blackwell.
- Mallen-Cooper, M. & Stuart, I. G. (2007). Optimising Denil fishways for passage of small and large fishes. *Fisheries Management and Ecology* **14**, 61-71.
- McDowall, R. M. (2007). On amphidromy, a distinct form of diadromy in aquatic organisms. *Fish and Fisheries* **8**, 1-13.
- Metcalf, E., Arnold, G. & McDowall, R. (2002). Migration. In *Handbook of Fish Biology and Fisheries*, Vol. 1 (Hart, J. B. P. & Reynolds, J. B., eds), pp. 175-200. Oxford: Blackwell.
- Myers, G. S. (1938). Fresh-water fishes and West Indian zoogeography. *Annual Report of the Smithsonian Institution* **3645**, 339-364.
- Nelson, J. S. (2006). *Fishes of the World*, 4. vydání. New Jersey: Wiley.
- Nortcote, T. G. (1984). *Mechanisms of fish migration in rivers*. New York: Plenum.
- Nunn, A. D., Copp, G. H., Vilizzi, L. & Carter, L. G. (2010). Seasonal and diel patterns in the migrations of fishes between a river and a floodplain tributary. *Ecology of Freshwater Fish* **19**, 153-162.
- Pavlov, D. S., Mikheev, V. N., Lupandin, A. I. & Skorobogatov, M. A. (2008). Ecological and behavioural influences on juvenile fish migrations on regulated rivers: a review of experimental and field studies. *Hydrobiologia* **609**, 125-138.
- Pelicice, F. M. & Agostinho, A. A. (2008). Fish- passage facilities as ecological traps in large neotropical rivers. *Conservation Biology* **22**, 180-188.
- Pitter, P. (2009). *Hydrochemie*, 4. vydání. Praha: Nakladatelství VŠCHT.
- Pollux, B. J. A., Korosi, A., Verberk, W. C. E. P., Pollux, P. M. J. & Van der Velde, G. (2006). Reproduction, growth, and migration of fishes in a regulated lowland tributary: potential recruitment to the river Meuse. *Hydrobiologia* **565**, 105-120.
- Prchalová, M., Vetešník, L. & Slavík, O. (2006). Migrations of juvenile and subadult fish through a fishpass during late summer and fall. *Folia Zoologica* **55**, 162-166.
- Prchalová, M., Horký, P., Slavík, O., Vetešník, L. & Halačka, K. (2011). Fish occurrence in the fishpass on the lowland section of the River Elbe, Czech Republic,

- with respect to water temperature, water flow and fish size. *Folia Zoologica* **60**, 104-114.
- Riede, K. (2004). Global Register of Migratory Species- from global to regional scales.
- Roscoe, D. W. & Hinch, S. G. (2010). Effectiveness monitoring of fish passage facilities: historical trends, geographic patterns and future directions. *Fish and Fisheries* **11**, 12-33.
- Santos, J. M., Pinheiro, P. J., Ferreira, M. T. & Bochechas, J. (2008). Monitoring fish passes using infrared beaming: a case study in an Iberian river. *Journal of Applied Ichthyology* **24**, 26-30.
- Stuart, I. G. & Berghuis, A. P. (2002). Upstream passage of fish through a vertical-slot fishway in an Australian subtropical river. *Fisheries Management and Ecology* **9**, 111-122.
- Slavík, O. & Bartoš, L. (2002). Factors effecting migration of burbot. *Journal of Fish Biology* **60**, 989-998.
- Slavík, O., Horký, P. & Bartoš, L. (2009a). Occurrence of cyprinids in fish ladders in relation to flow. *Biologia* **64**, 999-1004.
- Slavík, O., Bartoš, L. & Horký, P. (2009b). Effect of river fragmentation and flow regulation on occurrence of landlocked brown trout in a fish ladder. *Journal of Applied Ichthyology* **25**, 67-72.
- Tradavade, F. & Larinier, M. (2002). Monitoring techniques for fishways. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* **364**, 166-180.

## 8.2. Elektronické zdroje

- PV (2012). Stavy a průtoky na vodních tocích, dostupné <http://www.pvl.cz/portal/sap/cz/index.htm> (poslední přístup 4. 1. 2012)
- VÚV (2012). Hydroekologický informační systém VÚV TGM. Výzkumný ústav vodního hospodářství T. G. Masaryka, v.v.i. dostupné <http://heis.vuv.cz> (poslední přístup 4. 1. 2012)

## 9. Abstrakt

### *Monitoring migrací řekou Blanici v RP Bavorov*

Hlavním cílem mé bakalářské práce bylo sledování potamodromních migrací ryb v rybím přechodu Bavorov.

Rybí přechod Bavorov je situován na 40. říčním kilometru řeky Blanice Vodňanské (povodí Vltavy, úmoří Severního moře), kde migračně zprůchodňuje migrační překážku- střešovitý jez. Do provozu byl uveden v červnu roku 2001 a je konstruován jako přírodě blízký bypass, vedený po pravém břehu jezu. Sledování migrací ryb tímto rybím přechodem probíhalo v průběhu měsíců března až září v letech 2010 a 2011.

K tomuto sledování bylo použito na míru zhotovené samočinné rybolovné zařízení, pracující na principu vrše. To se skládalo ze dvou částí- klecové a dvou vězencových částí. Rybolovné zařízení, umístěné ve vstupním profilu rybího přechodu, umožňovalo současně odlovovat po proudu a proti proudu migrující ryby. Takto ulovené ryby byly zpracovány obvyklými ichtyologickými metodami a dále byl určen směr jejich migrace (po proudu nebo proti proudu). V průběhu vzorkování byly dále sledovány hodnoty vybraných abiotických faktorů (teplota vody, obsah kyslíku, atmosférický tlak, pH a vodní stav).

Celkem bylo v obou letech provedeno 12 vzorkovacích období (8 v roce 2010 a 4 v roce 2011), což představovalo dobu 875 hodin, kdy rybolovné zařízení odlovovalo procházející ryby. Během nich bylo odloveno celkem 124 jedinců (93 migrujících proti proudu a 31 migrujících po proudu) náležících do 12 rybích druhů. Nejpočetnějšími druhy migrujícími proti proudu byla plotice obecná (*Rutilus rutilus*, n= 36), hrouzek obecný (*Gobio gobio*, n= 20) a okoun říční (*Perca fluviatilis*, n= 14). Po proudu nejvíce migroval okoun říční (*Perca fluviatilis*, n= 6) a střevlička východní (*Pseudorasbora parva*, n= 9). Díky získaným hodnotám průchodu ryb a abiotických faktorů byly sledovány odlišnosti v míře migrace mezi jednotlivými vzorkovacími obdobími a závislosti mezi abiotickými faktory a migrací všech jedinců i vybraných rybích druhů.

Klíčová slova: přírodě blízký rybí přechod, potamodromní migrace ryb, pasivní vzorkovací metoda, abiotické faktory.

### *Monitoring of fish migration on the Blanice river in the Bavorov fishway*

Main scope of my bachelor's thesis was to study potamodromous fish migration in the fishway Bavorov.

The fishway Bavorov is located on the 40<sup>th</sup> river kilometer of the Blanice Vodňanská river (Vltava river basin, Northern Sea drainage) where fish migration obstacle is located- roof-like weir. The natur-like bypass fishway was build in July, 2001 on the right flank next to the weir. Study of fish migration was conducted between March and September in 2010 and 2011.

To catch all fish passing through the fishway, passive fishcatch device were used. The device had similer design as a fishpot and consist of two parts- cage and two fyke nets. Passive fishcatch device was placed into upstream exit of the fishway and caught all fish passing upstream a downstream. All caught fish were proccesed by usual ichthyological methods and direction of their migration was determined- upstream or downstream. I also collected values of some environmental variables- water temperature, dissolved oxygen amount, atmospheric pressure, pH and water course.

Totally, 12 periods were made (8 in 2010 a 4 in 2011), which represent 875 hours of fish catching using passive fishcatch device. We caught 124 individuals (93 moving upstream and 31 moving downstream) of 12 fish species. The most numerous species moving upstream were Roach (*Rutilus rutilus*, n= 36), Gudgeon (*Gobio gobio*, n= 20) and Perch (*Perca fluviatilis*, n= 10). The most numerous species moving downstream were Perch (*Perca fluviatilis*, n= 6) and Pseudorasbora (*Pseudorasbora parva*, n= 9). According collected data we should observe differences in migration amount among selected periods and also link between environmental variables and migration of all individuals or selected species.

Key words: natur-like bypass fishway, potamodromous fish migration, passive fishcatch device, environmental variables.