

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra zoologie a rybářství**



**Nápravná opatření k zajištění poproudové migrace ryb**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Tereza Kubová**

**Vedoucí práce: doc. Ing. Lukáš Kalous, Ph.D.**

© 2015 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Nápravná opatření k zajištění poproudové migrace ryb" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 15. dubna 2015

---

### **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala panu doc. Ing. Lukáši Kalousovi, Ph.D. za odborné vedení, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích v čase zpracování bakalářské práce. Mé poděkování patří též panu Ing. Jiřímu Musilovi, Ph.D. za cenné rady, které mi pomohly tuto práci zkompletovat.

# Nápravná opatření k zajištění poproudové migrace ryb

## Souhrn

Poproudovým migracím ryb brání důsledky lidské činnosti v podobě trvalých neprostupných překážek ve vodních tocích, jejichž počet v České republice přesahuje 6000. Mezi neprostupné překážky jsou řazeny jezy, přehradní hráze a vodní elektrárny, které navíc svými turbínami zapříčiňují vysokou úmrtnost ryb, které jsou v případě nedostatečných ochranných opatření nuceny při migraci procházet skrz turbíny. Bariérami v tocích jsou nejvíce ovlivněny druhy ryb, které vykonávají migrace diadromní, tedy obousměrné přesuny mezi říčním a mořským prostředím. S fragmentací toků se na území České republiky nejvíce potýkají úhoř říční a losos obecný, kteří se ve vodách Česka vyskytují jen díky vysazování násad a jiker do vhodných typů volných vod.

Překonání překážky v toku zajišťují rybí přechody, z nichž žádoucím typem jsou přechody přírodě blízké, které do jisté míry dokážou plnit funkce vodního toku. Řadí se mezi ně obtokové kanály neboli bypassy, migrační rampy a dnové peřeje. Ze zmíněných přechodů je nevhodnější obtokový kanál, který není součástí vlastní překážky. Jeho výstavba je náročná z hlediska zajištění rozsáhlé plochy a dostatku financí.

Existují nápravná opatření, tzv. rybí zábrany, jež rybám pomáhají vyhnout se nebezpečným předmětům, které bývají součástí malých vodních elektráren. Jejich úkolem je rybám zabránit v kontaktu s turbínami a nasměrovat je do obtokového systému elektrárny, který je navede zpět do hlavního toku řeky. V České republice se z mechanických zábran nejvíce používají česlové stěny doplněné zábranami behaviorálními elektrického typu.

Legislativa zabývající se poproudovými migracemi není zcela jednoznačná a je upořádována na úkor migrací protiproudových. Jediný legislativní předpis zajišťující částečnou migrační prostupnost toků je zakotven v Zákonu č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) v paragrafu 15.

**Klíčová slova:** poproudová migrace, příčné překážky, minimalizační nápravná opatření, fragmentace, vodní energie

# Measures to restore downstream migration of fish

## Summary

Human actions are the main causes of everlasting impenetrable barriers on watercourses, which as result prevent downstream migration of fish. Their amount has grown into more than 6 thousands in the Czech Republic. By impenetrable barriers we mean weirs, dams and mainly hydro stations. Due to the lack of security measures, fish are forced to swim through their turbines, while they migrate. So hydro stations are one of the main causes of deaths among them. Diadromous fish species, fishes, which have both ways migration between sea and freshwater, are most of them all affected by those barriers. Mostly European eel and Atlantic salmon struggle with fragmentation of watercourses in the Czech Republic, because they only habit rivers of the Czech due to planting with young fishes and roe to suitable types of rivers. Fishways ensure overcoming barriers in a river flow. Most wanted types are those ones, which can fulfil same or very similar function as rivers. Bypass channels, migration ramps and cascades all belong amongst them. With a bypass channel being the most desired one, because it is not part of a barrier itself. The construction is very demanding from the point of view of securing large area and enough money.

There are remedial measures, so called fish crossings, that help fishes to avoid dangerous objects, which are part of small hydroelectric power station. Their sole purpose is to prevent fish from being injured or getting killed by turbines. It is accomplished by directing them into bypass system of a plant, which will lead them into the main flow of a river afterwards. Bar screens with electric behavioural barriers are the most common ones in the Czech Republic.

Legislation which relates to downstream migration is not very conclusive and it is usually ignored in order to give way to upstream migration. The only regulation which guarantees at least partially safer migration passage in water flow is located in Act no. 254/2001 coll., about water and about change in some laws (water law) in section 15.

**Keywords:** downstream migration, transverse obstacles, minimization remedial measures, fragmentation, hydroelectric power

# Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>9</b>
<b>2 Cíl práce .....</b>	<b>10</b>
<b>3 Literární rešerše .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Migrace ryb.....</b>	<b>11</b>
3.1.1 Druhy migrací ve sladkých vodách .....	12
3.1.2 Migrace diadromní.....	14
3.1.3 Migrace potamodromní.....	16
3.1.3.1 Potamodromní druhy ryb – pstruhové pásmo .....	17
3.1.3.2 Potamodromní druhy ryb – lipanové pásmo .....	19
3.1.3.3 Potamodromní druhy ryb – parmové pásmo .....	21
3.1.3.4 Potamodromní druhy ryb – cejnové pásmo.....	23
3.1.4 Migrační výkonnost .....	24
<b>3.2 Migrační překážky .....</b>	<b>26</b>
3.2.1 Příčná a neprostupná překážka .....	26
3.2.1.1 Migrační bariéra - jez .....	27
3.2.1.2 Migrační bariéra – přehradní hráz .....	28
3.2.1.3 Migrační bariéra – vodní elektrárna .....	28
<b>3.3 Rybí přechody.....</b>	<b>29</b>
3.3.1 Rybí přechody přírodě blízké .....	31
3.3.1.1 Obtokové koryto .....	31
3.3.1.2 Migrační rampa .....	34
3.3.1.3 Dnová peřej .....	35
3.3.2 Technické rybí přechody .....	36
3.3.2.1 Žlabové rybí přechody.....	37

3.3.2.2	Speciální rybí přechody .....	40
3.3.3	Předpoklady funkčnosti rybích přechodů .....	41
<b>3.4</b>	<b>Zajištění poproudových migrací.....</b>	<b>42</b>
3.4.1	Mechanické zábrany .....	42
3.4.1.1	Česlové stěny .....	43
3.4.1.2	Ochranné filtry.....	45
3.4.1.3	Rotační sítě .....	45
3.4.1.4	Využití turbulence v potrubí.....	46
3.4.1.5	Naváděcí valy .....	46
3.4.1.6	Gerhardův přesmyk .....	47
3.4.2	Behaviorální zábrany .....	48
3.4.2.1	Elektrické zábrany .....	48
3.4.2.2	Optické zábrany .....	48
3.4.2.3	Pneumatické zábrany .....	49
3.4.2.4	Zvukové zábrany .....	50
<b>3.5</b>	<b>Legislativa .....</b>	<b>50</b>
3.5.1	Koncepce zprůchodnění říční sítě ČR .....	51
3.5.2	Evropský legislativní rámec.....	53
3.5.2.1	Směrnice 2000/60/Es.....	53
3.5.2.2	Nařízení Rady ES č. 1100/2007 .....	53
3.5.2.3	Směrnice Rady č. 92/43/EHS .....	54
3.5.3	Národní legislativní rámec.....	54
3.5.3.1	Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny .....	54
3.5.3.2	Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) .....	55

3.5.3.3	Zákon č. 99/2004 Sb., o rybníkářství, výkonu rybářského práva, rybářské stráží, ochraně mořských rybolovných zdrojů a o změně některých zákonů (zákon o rybářství) .....	56
<b>4</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>57</b>
<b>5</b>	<b>Seznam literatury .....</b>	<b>58</b>



# 1 Úvod

Většina říčních toků v České republice byla v minulých staletích značně ovlivněna lidskou činností. V průběhu století 19. a následně i století 20. se lidské nároky ohledně vodních zdrojů navyšovaly a jinak tomu není ani v dnešní době, ve které lidstvo využívá vodní toky nejen jako zdroj energie a potravy, ale stále častěji je využívá i jako estetický prvek v krajině.

Říční síť se lidské zásahy dotkly v několika oblastech. Pokud byly toky přehrazeny příčnými stavbami, důsledkem bylo snížení spádu a změna v ukládání sedimentů. Při vysokých odběrech vody, či výstavbě přehrad a jezových zdrží, byla zamezena proměnlivost průtoku vody. V případě, že překážky v toku jsou trvalé, dochází k narušení volného pohybu organismů, zejména pak ryb. K narušení pohybu ryb dochází i v případě, že je ve vodních tocích nedostačující hloubka nebo členitost vodního proudu. Následek může být i úplné zmizení druhu závislého na propustnosti vod.

Souhrn těchto změn působí na všechny vodní organismy, které díky tomu mění svou druhovou skladbu. V některých případech pak mění i velikostní, věkovou a genetickou strukturu. Zprůchodnění vodních toků je nezbytným krokem ke snížení dopadu lidského působení na vodní život.

Proto se tato práce zabývá výše zmíněnou problematikou zprůchodňování příčných překážek říční sítě bránicí vodním organismům v poproudové migraci. V práci je také zmíněna migrace protiproudová, jejíž důležitost je v České republice upřednostňována před migrací poproudovou.

## **2 Cíl práce**

Cílem této práce je pomocí nashromážděné literatury popsat problematiku poproudových migrací ryb, vyhledat vhodné způsoby řešení napravující migrační neprůchodnost toků v České republice a dále se zaměřit na rozbor legislativy zabývající se touto problematikou.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Migrace ryb

Migrace je pohyb jedinců téhož druhu určitým směrem z jednoho prostředí do jiného (Slavíková et al., 2009). Braniš et al. (1999) definují migraci jako pohyb jedinců vedoucí k rozšíření druhu. Jiný výklad uvádějí Lucas et Baras (2001), který migraci popisuje jako přizpůsobení se podmínkám prostředí. Dle Wootona (1998) je migrace pravidelně se opakující pohyb mezi dvěma až třemi odlišnými stanovišti. Díky migracím se u ryb zachovává životaschopnost populací (Birklen et al., 2009) a druhová diverzita (Vostradovský, 2005b). Nejvíce jsou prostudovány migrace druhů ryb důležitých z hlediska vysokého komerčního výnosu jako např. lososi, tuňáci nebo tresky. O poznání méně je věnována pozornost migracím čistě z ekologického hlediska (Wooton, 1998). Migrace se obvykle dějí z určitého důvodu, jsou ale také konány i z náhodných příčin (Lusk et al., 2014). Častým důvodem migrace je dosažitelnost potravních zdrojů, další je, jak již bylo zmíněno, migrace z důvodu rozmnožování a v neposlední řadě ve vodním prostředí probíhá migrace vlivem nepříznivých podmínek, kdy se vodní organismy přemísťují do vod klidnějších či čistějších (Slavíková et al., 2009).

Právě možnost volné migrace lze považovat za klíč prosperity populací a druhů ryb a až různé typy příčných překážek, které byly postupně postaveny ve vodních tocích, ji ve větší či menší míře omezily. Ve středověku se stavěly jezy, které sloužily k odběru vody pro rybníky, dále se budovaly také mlýny a pily. Tyto zmíněné stavby ovšem ještě nebyly ustálené a permanentní, proto částečně migraci umožňovaly. Problém týkající se volné migrace organismů trvá přibližně posledních 150 let, kdy se stavěly stabilní a velké vodní stavby, které již znamenaly bariéru volného pohybu. V dnešní době je v České republice zaznamenáno více než 6 000 příčných staveb, jejichž výška je větší než 1 metr, a přesto nejsou opatřeny rybími přechody (Lusk et al., 2014).

Říční migraci lze rozdělit dle pohybu ryb do tří směrů. Protiproudová migrace se děje proti jednosměrnému proudu vody, zpravidla probíhá z níže situované části toku do části situované výše. Poproudová migrace je pohyb ryb z vyšších poloh toku do částí nižších ve směru toku vody. Jako třetí je uváděna migrace laterální, při níž ryby migrují z vlastního koryta toku do bočních ramen říčního systému. Jak protiproudová, tak poproudová migrace se

s použitím různorodých konstrukcí a staveb dá obnovit, pokud překážkou není přehrada (Lusk et al., 2014).

Vzhledem ke změně stanoviště ryby je možné většinu migrací označit za aktivní migraci, při které jedinec k jejímu vykonání vynaloží určité množství energie. Tato migrace je vědomá, kdy si jedinec volí trasu migrace a také cílové stanoviště (Lusk et al., 2014). Jejím opakem je migrace pasivní, při níž je ryba volně unášena proudem vodního toku. Pasivně migrují nejčastěji jikry nebo mladší vývojová stádia ryb, která zatím nejsou schopna migrace aktivní (Vostradovský, 2005a).

### **3.1.1 Druhy migrací ve sladkých vodách**

Druhy migrací se rozdělují na několik typů. Jednou z nejznámějších a nejvýznamnějších migrací jsou migrace třecí, kdy se jedná o zachování populace. Tyto migrace bývají z hlediska trvání nejdelší (Slavík et al., 2012). Ryby během ní pátrají po přijatelných fyzikálních a chemických vlastnostech vody. Důležité pro naklazení a vývoj jiker je i vhodnost podkladu, kam se jikry ukládají (Just et al., 2003). Vzdálenosti uražené v rámci této migrace jsou značně rozdílné, např. ostroretka stěhovavá za rozmnožováním migruje až desítky kilometrů, zatímco vranka pruhoploutvá urazí vzdálenost nanejvýš v řádech stovek metrů (Lusk et al., 2014).

Dalším typem je migrace potravní, při které se jedinci obvykle přesouvají v řádech desítek metrů. Potravní migrace je ale závislá na druhu ryby, velikosti jedinců a také velikosti toku, proto migrace může přesáhnout hranici i několika kilometrů (Hanel et Andreska, 2013; Lusk et al., 2014). Tento druh migrace je ovšem obtížné určit, jelikož je neskonné rozpoznat, že jde o migraci za pouhým účelem nalezení potravy. Za potravou prokazatelně migrují například pstruzi, kteří z nepříznivých podmínek vysokohorských toku cestují do vod níže tekoucích (Slavík et al., 2012).

Méně známou migrací je migrace kompenzační, která se vyskytuje např. ve pstruhových vodách. Způsobují ji přívalové deště vyplavující díl obsádky pstruhů z výše umístěných částí řek se značným sklonem. Po odeznění přívalového deště a navrácení průtoku řeky do běžného stavu se ryby postupně rozmístí po celé délce řeky. Kompenzační migrace se odehrávají především v horských a podhorských pásmech, je ale možné je zaznamenat i po postavení nové čistírny odpadních vod, kdy se následně ryby vracejí do již neznečištěných částí toku. Tuto migraci lze pojmenovat i jako znovuosidlovací (Hanel et Andreska, 2013; Just et al., 2003).

Okupační migrace slouží k rozšíření druhu v říčním ekosystému. V minulosti se díky okupační migraci přirozeně rozšířily původní druhy ryb, v současnosti se takto spíše rozšiřují druhy nepůvodní do toků, kde se doposud nevyskytovaly (Hanel et Andreska, 2013).

Vývojová migrace se odvíjí od růstu a pohlavního dospívání jedince. Čím je jedinec větší, tím více se mění jeho požadavky na stanoviště z hlediska vyhovující hloubky vody, rychlosti proudění a také rozlohy území. Například pstruh obecný postupně migruje směrem po proudu toku řeky, protože s narůstající velikostí potřebuje větší teritorium (Hanel et Andreska, 2013; Lusk et al., 2014).

V únikové migraci jde především o přesun způsobený nepříznivými vlivy, jako například nízký stav vody, organické nebo toxické znečištění nebo nízká koncentrace rozpuštěného kyslíku (Hanel et Andreska, 2013). Pokud ryby zaznamenají některý z nepříznivých vlivů a neuhynou při něm, jejich snahou je vyhledat části toku, které umožňují přežití (Lusk et al., 2014).

Sezónní migrace je spojena s vyhledáváním vyhovujících stanovišť pro přezimování, po skončení zimy a oteplení vody se ryby opět přesouvají do původních míst (Hanel et Andreska, 2013). V tocích vyšších nadmořských výšek dochází na počátku zimního období k rychlejšímu poklesu teplot, proto se ryby přesouvají do níže situovaných částí toku, kde mohou zimu přečkat v hlubokých tůních, v nichž voda nezamrzá (Lusk et al., 2014).

Diurnální migrace probíhají každý den na základě střídání světla a tmy (Randák et al., 2013). Ryby zaujímají jiné stanoviště ve dne a jiné v noci, obvykle střídají prostředí mezi hlubokou a mělkou vodou nebo proudící a stojatou (Lusk et al., 2014). Místo výskytu ryb při diurnálních migracích ovlivňuje denní nebo noční pohybová aktivita druhu (Randák et al., 2013).

Všechny výše zmíněné typy migrací jsou ovlivněny abiotickými faktory, mezi nevýznamnější se řadí teplota vody, světlo či její průtok. Ryby patří do skupiny studenokrevných organismů, a tedy v důsledku poklesu jejich teploty pod prahovou hodnotu nastává pokles svalové aktivity. Dalším faktorem podporující migraci je roční cyklus světla. Neopomenutelným faktorem pro migraci je průtok vody. Pokud je příliš vysoký a migrace by byla energeticky nadměrně náročná, ryby posečkají na vhodnější podmínky. Další faktor, který migraci ovlivňuje, je průhlednost vodního sloupce. U ryb orientujících se v toku vizuálně je nižší průhlednost podmětem ke zvýšení migrace (Slavík et al., 2012). Průhlednost více ovlivňuje např. lososovité ryby, jež žijí v čistých mělkých vodách. U druhů, které se zdržují spíše u dna (např. kaprovité), se průhlednost vodního sloupce tolik neuplatňuje (Vostradovský, 2005b).

### 3.1.2 Migrace diadromní

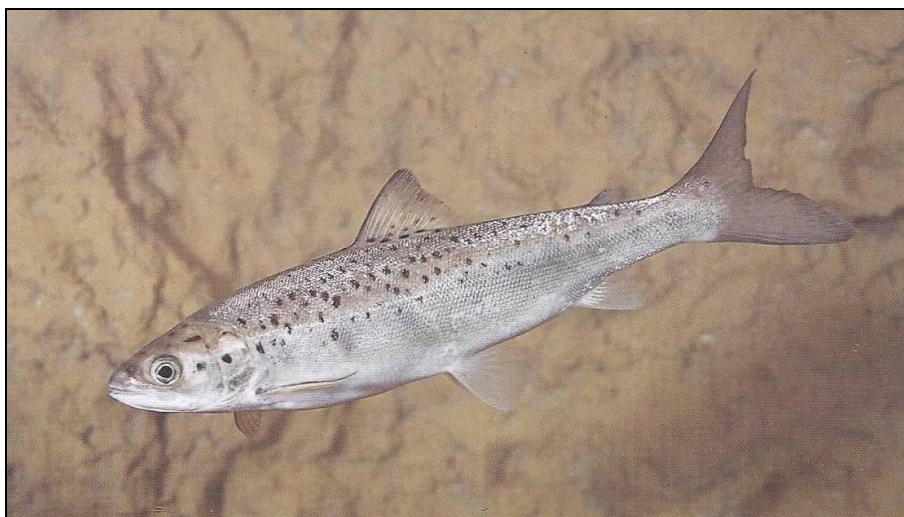
Diadromní migrace je uskutečňována mezi říčním a mořským prostředím. Dále se diadromní migrace dělí na dvě skupiny: na katadromní a anadromní. Katadromní migrace se vyznačuje tím, že dospělec se rozmnožuje v moři, ale jeho druh dospívá ve sladkých vodách. Jedná se tedy o migraci poproudovou směrem do moře. Opačně je tomu u skupiny anadromní, kde se jedná o migraci proti proudu řek. Dospělec migruje do sladkých vod za účelem rozmnožování, ale dospívá a prožije většinu života v moři (Wootton, 1998).

Jako jediným zástupcem naší ichtyofauny katadromní migrace je možné uvést úhoře říčního (*Anguilla anguilla*) (Obr. 1) (Hecker, 2013; Birklen et al., 2009), jenž za rozmnožováním migruje do Sargasového moře v Atlantském oceánu. Po vytření jikry úhoře říčního v moři putují pasivní migrací v Golském proudu přes Atlantický oceán přibližně 2,5 až 3 roky, kdy se dostanou do pobřežních vod Evropy. Následně malí úhoři o velikosti 7–8 cm, tzv. „monté“, musí prokázat neobyčejnou vytrvalost a vitalitu, protože migrují do horních částí řek proti proudu vody (tuto migraci lze nazvat jako potravní). Po dosažení cílové lokality v ní rostou a pohlavně dospívají 8–12 let. Na konci tohoto období dospělci váží 1–2 kg, měří 60–110 cm (Slavík et al., 2012) a mohou se vydat na 7 tisíc km dlouhou migraci zpět do Sargasového moře kvůli rozmnožování. V České republice se v současnosti úhoř říční vyskytuje jen díky dovozu a vysazování úhořího monté, které započalo přibližně na konci 19. a začátkem 20. století. Dříve přirozený výskyt a migrace úhoře říčního byly znemožněny výstavbou mnoha migračních překážek. Nyní jsou pokusy migrace úhoře do vnitrozemí zastaveny na řece Labi Střekovskou přehradou (Lusk et al., 2014). V současnosti je úhoř hodnocen dle Červeného seznamu ohrožených druhů pro Českou republiku jako „téměř ohrožený – NT“ druh. Toto hodnocení je důsledkem snížení vysazování monté a vysoká mortalita jedinců při poproudové migraci ve vodních elektrárnách (Lusk et al., 2011). Díky celkovému poklesu výskytu úhoře říčního ve vodách se mu dostalo mezinárodní pozornosti (Nařízení Rady ES č. 1100/2007) s cílem napravit jeho neblahý vývoj populací (Lusk et al., 2014).



**Obr. 1.** Úhoř říční (Kůs, 2008)

Dle Terofala a Militze (1997) za zástupce anadromní migrace české ichtyofauny je možné zmínit lososa obecného (*Salmo salar*) (Obr. 2), jenž se v 18. a z části v 19. století v povodí řek Labe a Odry hojně vyskytoval. Od roku 1948 byl ale na území České republiky hodnocen jako vymizelý, což byl důsledek fragmentace toků. Na konci 90. let 20. století započal pokus o obnovení populace (Slavík et al., 2012) a v současnosti je losos obecný hodnocen v Červeném seznamu jako „kriticky ohrožený CE“ (Lusk et al., 2011). Lososi skupinově migrovali za rozmnožováním do povodí Labe a Odry ze Severního a Baltského moře. Plůdek lososa v řekách rostl 2 až 3 roky a následně táhl zpět do moře, kde dosáhl pohlavní dospělosti. Po jejím dosažení dospělci migrovali zpět na místo, kde se vylíhli, aby se mohli vytříit (Lusk et al., 2014). Aby lososi byli schopni najít trasu zpět jak do vod sladkých, tak i do moře, používají k nalezení cesty čich, kterým jsou schopni rozeznat specifickou kombinaci látek rozpuštěných ve vodě (Brown et al., 2006).



**Obr. 2.** Losos obecný (Kůs, 2008)

V minulosti byla dokázána v tocích na území České republiky i přítomnost pstruha mořského (*Salmo trutta*), v současnosti se zde ale nevyskytuje a je klasifikován jako „vymizelý – EX“ (Dungel et Řehák, 2011). Mezi další druhy, které se řadí mezi druhy „vymizelé – EX“ a vyskytovaly se na území České republiky, patří jeseter velký (*Acipenser sturio*), vyza velká (*Huso huso*), platýs bradavičnatý (*Platichthys flesus*) či placka pomořanská (*Alosa alosa*) (Hecker, 2013; Lusk et al., 2011).

Diadromní migrace nejsou záležitostí jen jednoho konkrétního státu, ryby migrují i stovky až tisíce kilometrů, než se dostanou na místo určení. Proto je důležité zajistit průchodnost po celém toku trasy ryb (Slavíková et al., 2009).

### **3.1.3 Migrace potamodromní**

Na potamodromní migraci jsou závislé vodní organismy, které migrují pouze ve sladkých vodách (Wooton, 1998) v přibližné délce desítek kilometrů (Just et al., 2003). V případě ryb vyskytujících se např. v přehradních nádržích nastává migrace za reprodukci do přítoků nádrže, kde nachází své přirozené prostředí. Také ji ovlivňuje dostupnost úkrytů a potravy. Nedílnou součástí migrace je samotná kondice jednotlivých ryb a účel, za kterým migrují (Slavík et al., 2012). Migrace sladkovodních ryb byla dlouhou dobu neprobádaným tématem. Až na začátku 50. let 20. století se začaly sledovat migrace především hospodářských druhů ryb. Konkrétně pro pstruhy a lososy se začaly stavět a přizpůsobovat rybí přechody, které sloužily k překonání příčných překážek. U ostatních druhů včetně



kaprovitých se předpokládalo, že omezení migrační prostupnosti jejich přirozeného prostředí neomezí reprodukční rozvoj druhů. Potamodromní migrací se dlouhodobě zabýval vědec Gerking. Předpokládal, že ryby po celý život obývají jeden úsek řeky. V době jeho bádání se ryby značily pasivním označením (např. kovovým štítkem s číslem) a jejich opětovné nalezení v mohutné řece bylo téměř nemožným úkolem. Pokud při kontrole úseků, ve kterých byly ryby evidovány, část označených ryb nebyla objevena, byl úbytek přisuzován přirozené mortalitě či vlivu predátorů a toto vysvětlení téměř 40 let nebylo zpochybňováno. Až na konci 20. století bylo dokázáno, že část označených ryb podlehla přirozené úmrtnosti, ale někteří jedinci z označeného vzorku migrovali do jiných úseků řek (Slavík et al., 2012).

Jako zástupce potamodromnický migrující v České republice je možno uvést dle Hanela (2001) pstruha obecného (*Salmo trutta*), parmu obecnou (*Barbus barbus*), podoustev říční (*Vimba vimba*) a ouklej obecnou (*Alburnus alburnus*). Dalšími příklady této migrace mohou být ostroretka stěhovavá (*Chondrostoma nasus*), jelec tloušť (*Squalius cephalus*), jelec jesen (*Leuciscus idus*) nebo mník jednovousý (*Lota lota*) (Hanel et Andreska, 2013).

#### 3.1.3.1 Potamodromní druhy ryb – pstruhové pásmo

Pstruhové pásmo se vyznačuje tím, že představuje nejvyšší části toku a jeho charakter je potok nebo bystřina o maximální šířce do deseti metrů s výrazným spádem okolo 3 promile a více. Dno toku tvoří převážně kameny, které při přívalových deštích mohou být valeny korytem. V letních měsících a v období slabých dešťových srážek může v pstruhovém pásmu nastat nízký stav vody, při kterém ryby žijící v pásmu jsou nuceny migrovat do nižších částí toku. Maximální teplota vody se pohybuje v rozmezí 15–18 °C, na větší ohřátí není v horských podmínkách dostatek času. Pstruhové vody jsou bohaté na obsah kyslíku, který kolísá mezi 8–12 mg/l (Hanel, 2001; Hanel et Andreska, 2013). Převážnou potravu ryb tvoří hmyz, jeho larvy nebo náletový hmyz (Randák et al., 2013).

##### 3.1.3.1.1 Pstruh obecný

Pstruh obecný (Obr. 3) se řadí do krátkověkého druhu dožívajícího se 5 let (Dungel et Řehák, 2011), v němž jedinci žijí individuálním životem. Pohlavní dospělost získávají ve dvou až třech letech života, aby následně podnikali migrace za rozmnožováním hlavně proti proudu toku (Lusk et al., 2014), které probíhají v podzimním období od října do listopadu (Vostradovský, 2005c). Pokud migraci nebrání nepřekonatelné překážky, jedinci se přesunují až do horních částí toku, kde se vytírají a zanechávají jikry v místech s příhodnými

podmínkami pro jejich vývoj. Po vytření putují samice zpět na výchozí stanoviště. Pstruh obecný je schopen plavat proti proudu, který má rychlost 1–2 m/s a skokem zvládne překonat překážky o výšce 0,6 metru. Pokud je jedinec v dobré kondici, překoná překážky i vyšší. Pstruzi obecní se přibližně ve druhém roku života přesunují i díky vývojové migraci, při níž plují po proudu do větších částí toku. Tam se výrazně projevuje jejich teritoriální chování, které uplatňují nejen na ryby jiných druhů, ale i na jedince svého druhu (Lusk et al., 2014).



**Obr. 3.** Pstruh obecný potoční (Hecker, 2013)

#### 3.1.3.1.2 Střevle potoční

Střevle potoční (*Phoxinus phoxinus*) (Obr. 4) jsou drobné rybky malých rozměrů. Řadí se do krátkověkého druhu, přičemž se dožívají pěti let (Hanel, 2001). Dorůstají délky 7–10 cm a shromažďují se do velkých hejn, které plují u hladiny (Kůs, 2008). Nejčastěji se pohybují mimo hlavní proud v klidných a pomalu tekoucích vodách. V době rozmnožování migrují jen podél břehů v řádech desítek, nanejvýš stovek metrů a jsou schopny zdolat i překážky o výšce 0,2 metru (Lusk et al., 2014). Někteří jedinci jsou ale schopni za třením migrovat i jeden kilometr (Lucas et Baras, 2001).



**Obr. 4.** Střevle potoční (Hecker, 2013)

### 3.1.3.2 Potamodromní druhy ryb – lipanové pásmo

Pod pstruhovým pásmem se nachází pásmo lipanové, ve kterém se tok nazývá říčka a její dno pokrývá z největší části štěrk, místy se ale vyskytují i kameny či písek. Spád řeky má hranici 1,5–3 ‰ a šířka říčky je 10–15 metrů. Teplota vody je poněkud teplejší než v pásmu pstruhovém, obvykle nejvyšší teplota dosáhne na 18–20 °C. Lipanové pásmo je dostatečně nasyceno kyslíkem, jeho koncentrace zpravidla bývá 7–11 mg/l (Hanel, 2001; Hanel et Andreska, 2013).

#### 3.1.3.2.1 Lipan podhorní

Lipan podhorní (*Thymallus thymallus*) (Obr. 5) je krátkověká ryba dožívající se 3–5 let (Dungel et Řehák, 2011). Obvykle žije v hejnech ve větších či menších skupinkách, někteří velcí jedinci ale mají tendenci žít samotářsky a vytvářet si své teritorium (Hanel, 2001). Lipani podhorní vyhledávají táhlé proudy nebo pomalu proudící vody, v nichž pohlavně dospějí okolo 2–3 roku života. Migrace se u tohoto druhu příliš neprojevuje a to ani v době tření, kdy vzdálenost, kterou za rozmnožováním urazí, je 0,5–1 km (Lusk et al., 2014).



**Obr. 5.** Lipan podhorní (Hecker, 2013)

#### 3.1.3.2.2 Ostroretka stěhovavá

U ostroretky stěhovavé (Obr. 6) již pojmenování poukazuje na to, že pro tento druh jsou charakteristické vysoká migrační výkonnost a přesuny v toku na větší vzdálenosti. Jen za potravou je ostroretka schopna migrovat i několik set metrů, a pokud žije ve velkém toku, vzdálenosti denní potravní migrace mohou být i delší. Chování ostroretky je typicky hejnové, kde jednotlivé skupiny jsou věkově homogenní. Celkem se ostroretka může dožít až 18 let, pohlavní dospělost se dostaví v 5. až 7. roce života, když jedinec měří 20 až 25 cm. Vzdálenost, kterou ryby urazí při cestě za reprodukci výhradně proti proudu, se pohybuje v rozmezí 1 až 20 kilometrů a po vytření se ostroretky vrací zpět na své původní lokality (Lusk et al., 2014).



**Obr. 6.** Ostroretka stěhovavá (Hecker, 2013)

### 3.1.3.3 Potamodromní druhy ryb – parmové pásmo

Na lipanové pásmo navazuje pásmo parmové, kde se již projevuje mírné zakalení vody a snižuje se její kvalita. Charakterem toku je nížinná řeka o šířce 10–20 metrů a spádu toku 0,8–1,5 promile. Dno řeky bývá písčité s mírným obsahem šterku a teplota vody může v letních měsících vystoupat na 18–22 °C. Voda je méně okysličená než v pásmu lipanovém, koncentrace kyslíku dosahuje 6–10 mg/l (Hanel, 2001; Hanel et Andreska, 2013). Migrační průchodnost na našem území v parmovém pásmu velmi znesnadnil častý výskyt jezů, díky kterým se vytvořily fragmentované úseky o délce několika kilometrů, které svými vlastnostmi odpovídají spíše následujícímu cejnovému pásmu (Randák et al., 2013).

#### 3.1.3.3.1 Parma obecná

Parma obecná (Obr. 7) je druhem dlouhověkým, který se může dožít i více než 30 let (Dungel et Řehák, 2011). Je migračně výrazně aktivní a nejdůležitějším přesunem je migrace třecí, při které hledá peřejnaté části řeky. Pokud je tok neupraven, migrace probíhá stovky metrů, ojediněle 1–2 km. Tyto vzdálenosti jsou nepatrné v porovnání s přesuny v tocích upravených, které se mohou blížit až k 30 kilometrům a v nichž převažuje monotónnost a nedostatek peřejnatých úseků. Za reprodukci směřují parmy především proti proudu, po vytření nastává poproudová migrace zpět do výchozího stanoviště. Hlavní faktor stimulující tření je teplota vody, která se musí pohybovat kolem 18 °C. Druhým důležitým typem migrace je migrace sezónní, při které parmy hledají vhodné stanoviště pro přezimování. To by

mělo skýtat pomalu proudící vodu s hlubšími úseky koryta a úkryty (Hanel, 2001; Lusk et al., 2014).



**Obr. 7.** Parma obecná (Hecker, 2013)

#### 3.1.3.3.2 Jelec tloušť

Jelec tloušť (Obr. 8) se dožívá až 22 let a ve starším věku žijí jedinci spíše soliterně (Hanel et Andreska, 2013). Jelec podniká minimální potravní migrace, neboť je tento druh z hlediska potravního všežravcem, který je schopen se živit i odpadky z kanálů (Hanel, 2001). Za třením ryby migrují do proudivých úseků řek. V neupravených tocích migrace dosahuje nejčastěji několika set metrů. Mnohem delší, až 25 km (Slavík et al., 2012), se děje v tocích upravených s nedostačujícím prouděním vody, kde ryby hledají vhodný podklad dna pro tření (Lusk et al., 2014).



**Obr. 8.** Jelec tloušť (Kůs, 2008)

#### 3.1.3.4 Potamodromní druhy ryb – cejnové pásmo

Na parrmové pásmo dále po toku navazuje pásmo cejnové, které je díky regulacím toku v České republice nejrozšířenějším typem říčního pásma. Některé cejnové úseky toku se vyskytují i ve vodách charakteru lipanového nebo pstruhového pásma (Randák et al., 2013). Pásmo je charakteristické pomalu proudící řekou šíře 20 metrů a více, hlubokým korytem a spádem do 0,8 ‰. Voda bývá velmi často silně zakalena, čímž výrazně klesá její kvalita. Dno je povětšinou písčité, ale četná místa mohou být až zabahněná. U dna bývá nejnižší koncentrace kyslíku, voda je zpravidla nasycena jen na hladině koncentrací 5–8 mg/l. Během léta se v cejnovém pásmu teplota vody může pohybovat mezi 20–28 °C (Hanel, 2001; Hanel et Andreska, 2013). Cejnové pásmo disponuje největším množstvím živin jak rostlinného, tak i živočišného původu (Randák et al., 2013).

##### 3.1.3.4.1 Cejn velký

Charakteristickým druhem pro cejnové pásmo je cejn velký (*Abramis brama*) (Obr. 9), jenž se dožívá 7 až 10 let. Nejčastěji se vyskytuje v dolních tocích mohutnějších řek se zakalenou vodou a měkkým dnem. Cejn je společenský druh ryby a v době rozmnožování se sdružuje do velkých hejn. V početných hejnech společně i přezimuje (Hanel, 2001). Za třením, které je velmi bouřlivé a hlučné, cejn migruje do lokalit s výskytem vodních zatopených rostlin, do kterých se vytírá (Lusk et al., 2014).



**Obr. 9.** Cejn velký (Kůs, 2008)

#### 3.1.3.4.2 Jelec jesen

Druhým charakteristickým druhem ryby cejnového pásma je jelec jesen (Obr. 10). Vyskytuje se v dolních tocích větších řek s pomalu proudící vodou. Někteří jedinci jsou schopni se přizpůsobit podmínkám, které připomínají rybníky. Je to společensky žijící ryba v hejnech, která se dožívá až 12 let (Hanel, 2001). Migračně výkonný je tento druh ryby průměrně, avšak za reprodukci se přesunuje i 100 km do mírných proudů toku (Slavík et al., 2012), kde se vytírá na rostlinný či pevný podklad. Pokud jelcovi brání v migraci překážka a je nucen využít rybí přechod, vyhovují mu typy přírodního charakteru, např. obtokové koryto nebo migrační rampa (Lusk et al., 2014).



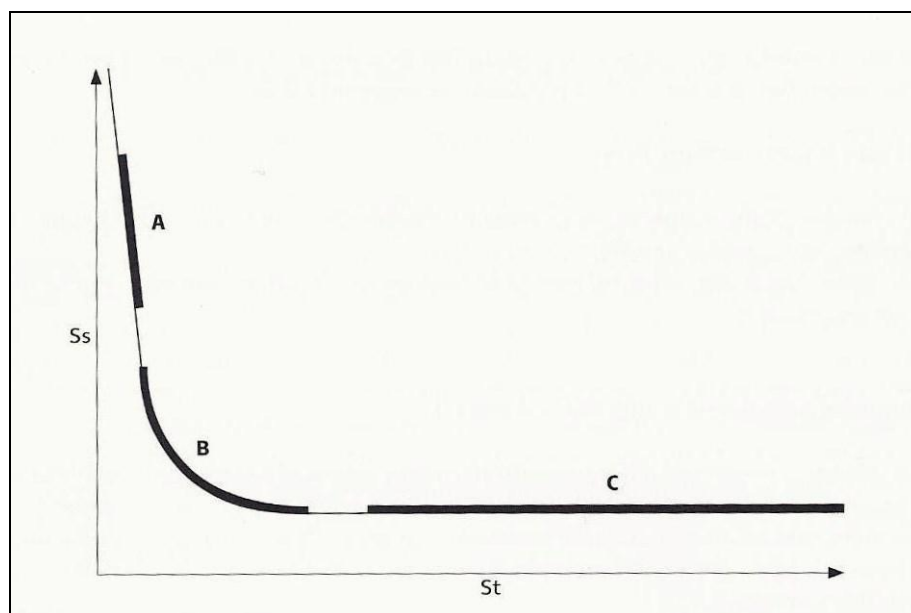
**Obr. 10.** Jelec jesen (Hecker, 2013)

#### 3.1.4 Migrační výkonnost

Migrace ryb je velmi ovlivněna tzv. migrační výkonností a každý druh i jedinec ji má individuální. Jedná se o schopnost zdolat konkrétní rychlost toku na určitou vzdálenost. Do této výkonnosti se dále řadí schopnost jedince překonat převýšení či překážku ve vodním toku. Migrační výkonnost je ovlivněna nejen velikostí, pohlavím a celkovou kondicí ryby, ale i například teplotou vody (Lusk et al., 2014). Konkrétně teplota vody ovlivňuje celkový metabolismus ryb v souvislosti s tím, že nemají stálou tělesnou teplotu (Just et al., 2003).



Ryby se mohou pohybovat až třemi různými rychlostmi plavání. Na krátkou vzdálenost a maximálně jen na pár vteřin jsou schopny vyvinout tzv. skokovou (startovací nebo sprinterskou) rychlost (viz Obr. 11). Dalším stupněm je tzv. maximální rychlost plavání. Tu jedinci zvládnou udržet od desítek sekund po několik minut (Lusk et al., 2014). Lososovité ryby jsou schopny dosáhnout maximální rychlosti až 2,0 m/s, kaprovité ryby mohou docílit rychlosti až 1,5 m/s a malé, mladé druhy ryb do rychlosti 1,0 m/s (Šlezinger, 2005). Konkrétně tyto dva výše zmíněné druhy rychlostí jsou klíčové pro migraci z hlediska zvládnání vodních úseků s rychlým prouděním vody. Nejvíce je důležitá rychlost skoková, protože právě tu ryby musí vyvinout v rybích přechodech. Nejdelší překážková vzdálenost pro ryby při této rychlosti by měla být od 0,5 až 1 metr (Lusk et al., 2014). Konkrétně losos či pstruh dokáže překonat překážku i vyšší jak 1 metr, toto tvrzení ovšem neplatí pro samice při podzimních třecích migracích, kdy je pro ně překážka nepřekonatelná již od 0,7 metru (Just et al., 2003). Například pro hrouzky a mřenky ale je i nižší překážka o výšce 0,3 m již velmi obtížně zdolatelná. Avšak překonání překážky skokem ryby volí až v případě, pokud ji nemohou zdolat plaváním ve vodním proudu (Šlezinger, 2005). Poslední rychlost je nazývána rychlostí cestovní. Ryby ji dokážou udržovat konstantně i po několik hodin (Holčík, 1998).



**Obr. 11.** Vztah mezi rychlostí ( $S_s$ ) a trváním plavání ( $S_t$ ) ryby. A – zóna skokové rychlosti, B – zóna maximální rychlosti, C – zóna cestovní rychlosti (Lusk et al., 2014)

## 3.2 Migrační překážky

Využití vodního prostředí člověkem jako zdroj energie a potravy se stalo ve vývoji moderních dějin neodmyslitelnou součástí. Úmyslně postavené ohrady a vrše z proutí k přehrazení řek a následnému lovu plovoucích ryb používal pravěký člověk již v mezolitu. Negativní vliv na vodní prostředí těmito dočasnými rybími pastmi ale způsoben nebyl. K zásadnímu poškozování prostředí tekoucích vod dochází, pokud překážky vystavené v toku jsou trvalé. Tím je ovlivněno volné pohybování ryb a důsledkem může být i jejich absolutní vymizení (Slavík et. al., 2012). Avšak celistvost říčního systému není narušována jen pevnými stavbami. Jeho narušení je zapříčiněno i vyšším odběrem vody či úpravou okolního prostředí na zemědělskou půdu. Rozšířená fragmentace říčního prostředí a toků ohrožuje přežití mnoha druhů ryb (Wissmar et Bisson, 2003). Nežádka jsou separovány unikátní části řek, do kterých ryby potřebují migrovat za reprodukci a ze kterých se pak noví jedinci vydávají jak proti proudu do vyšších částí toku, tak se šíří i druhým směrem po proudu do celého povodí. V dnešní době jsou již známy příklady některých druhů ryb, které za posledních 200 let naše vody opustily. Je možné sem zařadit např. jesetera velkého nebo síha severního. Přestože se vědomosti ohledně biologie ryb stále více prohlubují, tato tendence se udržuje a současný vliv civilizace na přirozené prostředí vodních organismů ohrožuje výskyt i přežití úhoře říčního. Příklady migračních překážek trvalého charakteru jsou ve všeobecné povědomosti a zahrnují se mezi ně nikoli jen přehradní nádrže nebo vysoké jezy, ale také, jak již bylo výše zmíněno, vysoký odběr vody z říčních úseků. Problém také nastává v případě, pokud je voda naopak do vodních toků přiváděna a je znečištěna chemickými nebo jinými odpadními látkami či teplem. Náprava poškození je mnohdy nákladnou záležitostí, proto je žádoucí zařadit do využívání životního prostředí projekty, které předcházejí mizení vodních organismů (Slavík et. al., 2012) a jsou v souladu s účinnou strategií, ve které je podkladem vědecky vypracovaná koncepce (Wissmar et Bisson, 2003).

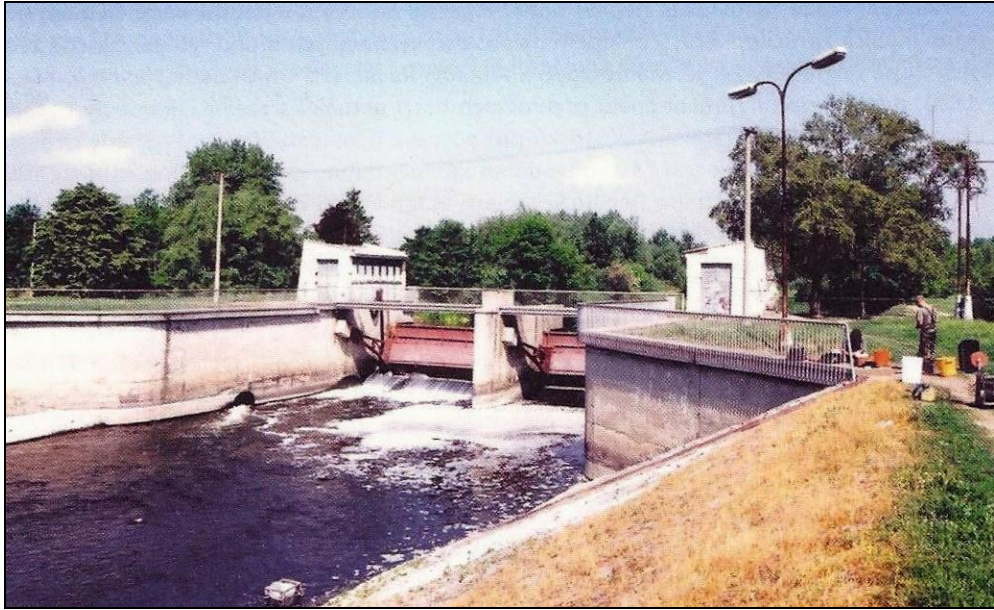
### 3.2.1 Příčná a neprostupná překážka

Za příčnou překážku je považováno samostatné vodní dílo, které je postaveno na vodním toku. V situaci, kdy překážka omezuje volný pohyb ryb či jiných vodních organismů, je považována za neprostupnou. Do podstaty neprostupnosti je důležité zařadit i jen dočasné omezení pohybu organismů, např. při poklesu hladiny vody se markantně zvýší rozdíl výšky mezi hladinou vody a překážkou. Jako neprostupnou překážku je účelné definovat každou zábranu, která je překonatelná pouze skokem. V případě, že je přehradní hráz nebo jez vyšší

než 1 metr, je pro většinu vodních organismů migrace bezpochyby téměř nemožná a pod těmito bariérami jsou ryby shlukovány do značných počtů (Slavík et al., 2012). Pokud ryby migrují v rámci reprodukční migrace a ta je zastavena příčnou bariérou, nemají ryby jinou možnost než se vytříít v místě překážky. Obyčejně ale je místo k vývoji jiker nevhodné a to zapříčiňuje neúspěšné úsilí o rozmnožení (Lusk et al., 2014). K určení, zdali je překážka neprostupná, se využívá druhové a velikostní složení společenstva ryb, jež by mělo zahrnovat nejen jedince, kteří zvládají překonat překážku i vyšší než jeden metr, ale i jedince, kteří mají problém s již 5 centimetrovým rozdílem hladiny vody. Podmínky prostupnosti je třeba přizpůsobit i takovým druhům ryb, které mají nejnižší možnost překážku zdolat. Jedině tak do budoucna budou zachována rozmanitá funkční společenstva (Slavík et al., 2012). Říční síť v České republice měří přibližně 76 000 říčních kilometrů s celkovým počtem větším než 1 750 uměle vytvořených migračních překážek, které měří více než 1 m (Marek, 2013). Birklen et al. (2009) uvádí, že migračních bariér vysokých kolem 1 m je více než šest tisíc. V tocích se ovšem vyskytují i uměle vytvořené překážky nižší nebo i takové, které vznikly přirozeným způsobem např. při zřícení skály či sesuvu půdy. V celkovém součtu je zřejmé, že říční síť České republiky je rozdělena na jednotlivé krátké úseky, u nichž je vzájemná komunikace velmi zredukovaná (Marek, 2013).

#### 3.2.1.1 Migrační bariéra - jez

Jezy vytvářejí trvalé zadržení vody a v současné době představují na vodních tocích většinu migračních překážek. Existují různé typy jezů dle použité konstrukce a materiálu. Nejméně vhodné jsou jezy pohyblivé (Obr. 12.), které neumožňují do jezového díla umístit rybí přechod. Pohyblivé jezy usměrňují výšku a průtok hladiny vody za pomoci pohyblivé uzávěry. Tyto objekty zpravidla nepotřebují stálé přetékání vodou a tím je značně narušena poproudová migrace ryb, která je uskutečňována pohybem skrz vodu přetékající přes jez (Lusk et al., 2014). V ekosystému vzniká stavbou jezů úplně jiné prostředí – v prvotním nezměněném toku žily ryby náročné na vysoký obsah kyslíku, zatímco po výstavbě jezu a zklidnění hladiny se druhová skladba změnila na ryby s nároky na obsah kyslíku a kvalitu vody nižšími (Randák et al., 2013).



**Obr. 12.** Pohyblivý jez (Lusk et al., 2014)

### 3.2.1.2 Migrační bariéra – přehradní hráz

Přehradní hráze jsou řazeny mezi neprostupné migrační překážky a o jejich zprůchodnění na území České republiky se neuvažuje. Přehrady a přehradní jezera jsou největšími lidskými zásahy do původních stavů řek. Zapříčinily permanentní fragmentaci dílčích úseků prvotního souvislého říčního systému a výrazně omezily nebo zcela zastavily volnou migraci ryb. Nastalé změny vyvolané fragmentací jsou v mnoha ohledech značně extrémní či přímo devastační vzhledem k původnímu stavu. V současné době je na našem území postaveno 123 přehrad, které jsou registrovány v Mezinárodní přehradní komisi (Lusk et al., 2014).

### 3.2.1.3 Migrační bariéra – vodní elektrárna

Působení vodních elektráren má negativní vliv na rybí společenstva nejen tím, že je nadměrně odebírána voda, ale většina vody odcházející z přehradních nádrží je odváděna přes turbíny do vodních elektráren. Ryby migrující z přehrad směrem po proudu jsou strženy vodním proudem do turbín. U ryb, které se dostanou do kontaktu s turbínami, dochází k výrazným poraněním či usmrcení, tzv. turbínovou mortalitou (Lusk et al., 2014). Lopatky turbín zapříčiňují vnitřní i zevní zranění, fraktury, hematomy nebo jsou těla ryb rozsekána na části. Přibližně polovina jedinců, kteří jsou zachyceni na česlech před turbínami, jsou nezdraví

nebo již poranění jednotlivci s neschopností nasávacímu tahu vody vzdorovat. Při třecích migracích je výskyt zachycených ryb největší. Nejméně jsou ohroženy ryby či rybí plůdky do velikosti 15 cm. U úhoře říčního je turbínová mortalita u běžné malé vodní elektrárny více jak 60 %. V celkovém počtu vodních elektráren, které dospělí jedinci musí překonat při migraci za reprodukci do Sargasového moře, je jejich migrační úspěšnost v podstatě minimální (Randák et al., 2013). Coutant et Whitney (2000) uvádějí, že při průchodu turbínami může turbínová mortalita ryb obecně dosahovat až 15 %.

### 3.3 Rybí přechody

Nejčastější příčinou migrační neprostupnosti jsou příčné stavby, které je nutno z tohoto důvodu rekonstruovat a zasadit do nich rybí přechody (Beneš et al., 2014). Právě rybí přechody zajišťují možnost nejen rybám, ale i dalším vodním organismům či některým suchozemským obratlovcům, překonat překážku ve vodním toku (Maret et Vostradovský, 2011). Důležitosti přechodů si byli vědomi již Prusové, kteří schválili v roce 1874 zákon o rybářství ukládající povinnost zřizovat u staveb v tekoucích vodách rybí přechody (Hartvich, 1997). Prvotní rybí přechody byly postaveny v poklidných severských tocích kvůli tahům lososů. Z počátku se rybí přechody zhotovovaly převážně právě pro lososy a až postupem času se zjistilo, že jsou významné a žádané i pro jiné druhy ryb. Dnes jsou přechody stavěny a využívány téměř ve všech zemích nevyjímaje tropické a subtropické oblasti (Just et al., 2003) a mezi jejich největší zastávce patří USA a Kanada (Vostradovský, 2005d). Ve střední Evropě jsou přechody rozděleny podle různých hledisek do několika skupin (Just et al., 2003).

První skupinu rozlišujeme dle konstrukce přechodů, konkrétně na přechody přírodě blízké a technické. Mezi přechody přírodě blízké se řadí balvanité prahy, zdrsňelé rybí rampy, balvanité skluzy, tůňové rybí přechody a obtokové kanály. V technických přechodech rozeznáváme přechod komůrkový, šterbinový, Denilův lamelový, rybí výtahy a plavební komory. Oba výše uvedené typy se dají kombinovat (Just et al., 2003). Druhým kritériem rozdělení rybích přechodů je situační umístění rybích přechodů ve vodním toku. Přechod může být přímo součástí koryta toku, nebo je vybudován mimo příčnou překážku, v druhém případě se jedná o obtokové kanály. Dalším dělicím kritériem u rybích přechodů je zdroj energie. U většiny přechodů není potřeba dodávat pohon a tak migrace mohou probíhat plynule a bez přerušení. U přechodů s pohonem a obsluhou (např. rybí výtahy) je plynulost závislá na technických parametrech a obsluze. Dále rybí přechody mohou být trvalé nebo

přenosné, kdy přenosné se umísťují v časech migrací ryb a jsou z lehkých materiálů. Trvalé přechody jsou budovány z betonu, železobetonu a kameniva. Mezi další dělení přechodů patří selektivní a neselektivní přechody. Toto rozdělení zohledňuje, zdali přechod slouží k migraci všech živočichů, nebo jen několika vybraným druhům. Jako další typy přechodů se uvádějí pro migraci po proudu nebo proti proudu. U migrace poproudové se jedná především o úhoří obchvatové kanály kolem hydroelektráren. V neposlední řadě je nutné zmínit rozdělení přechodů na přechody jednoúčelové, které slouží čistě k migraci ryb či jiných vodních organismů, a víceúčelové, které umožňují lodní dopravu nebo například i vodní sporty (Hartvich, 1997).

Vhodnost lokality pro zhotovení a typ rybího přechodu je dána dvěma podstatnými skutečnostmi. První z nich zahrnuje strukturu ichtyofauny, konkrétně celkovou skladbu ryb, která v lokalitě žije. Druhá skutečnost pojednává o vlastnických vztazích a možnostech technické realizace stavby (Just et al., 2003). Účelný rybí přechod by měl vyhovovat dvěma kritériím. První kritérium se zaměřuje na hledisko kvalitativní, tedy na průchodnost co největšímu počtu druhů. Druhé kritérium se zabývá hlediskem kvantitativním, tedy zajištěním migrace co největšímu počtu všech migrujících jedinců (Hartvich, 1997).

Je důležité neopomenout, že ne všechny druhy ryb preferují v korytu stejné specifické místo k překonání překážky, jelikož schopnosti ryb na zdolání překážky jsou obvykle různé. Z tohoto důvodu je důležité zhotovit přechod tak, aby skýtal pro ryby více možností k jeho překonání. Tento požadavek spíše splňují přechody přírodě blízké než přechody technického rázu a proto by měly, pokud to situace dovoluje, být preferovány (Just et al., 2003).

Za nejvíce vyhovující řešení jsou považovány obtokové kanály neboli bypassy (Vostradovský, 2005h). Obtokové kanály nejsou součástí vlastní překážky v toku, takže je možné je umístit na nejvhodnější pozici v blízkosti koryta pro migraci vodních živočichů. Vhodnost bypassů je dána tím, že kanál umístěn mimo koryto řeky není vystaven nežádoucím účinkům při vysokém průtoku vody, pokud se ovšem v blízké oblasti bypassu nevyskytují povodně. Propustnost koryta řešená obtokovým kanálem vyžaduje vyhovující pozemky pro vedení trasy bypassu, u kterého se značně může protáhnout jeho délka vlivem potřeby dosažení vhodného sklonu kanálu. Z tohoto důvodu je velmi často nemožné toto řešení realizovat, přesto by se o něm ale mělo vždy uvažovat jako o prvním možném (Just et al., 2003).

Pokud není možné realizovat některý přechod z typů přírodě blízkých, je nezbytné se uchýlit k přechodům technickým (Marek et Vostradovský, 2011). Nejčastěji k tomu dochází v případech, kdy je rybí přechod součástí komplikované vodní stavby. Za nejvhodnější technický přechod se považuje přechod šterbinový (Vostradovský, 2006b). Vyznačuje se nakloněným žlabem s vestavěnými příčkami či výčnělky různých tvarů (Just et al., 2003).

### **3.3.1 Rybí přechody přírodě blízké**

Rybí přechody přírodě blízké nejméně narušují krajinný charakter a při kvalitním provedení plní do jisté míry funkce vodního toku (Hartvich, 1997), proto do něj ryby rády vstupují a některé ho i celoročně osidlují (Vostradovský, 2005h). V přechodu se střídají proudivé a peřejnaté fáze a rychlost proudu je proměnlivá, takže je umožněna obousměrná migrace všech druhů ryb (Lusk et al., 2014). V současné době se uplatňují jako přechody obtoková koryta, tůňové rybí přechody, migrační rampy a dnové peřeje (TNV 75 2321).

#### **3.3.1.1 Obtokové koryto**

V případě vysokých překážek jsou preferovány obtokové kanály (Obr. 13), které se vystavují kolem migrační překážky. Na základě délky koryta a celkové výšky migrační zábrany se do kanálu vpravují prvky imitující přírodní útvary (např. jednotlivé i skupinové balvany, tůně či peřejnaté úseky), díky kterým se, za přispění kamenitého dna a nepravidelnému příčnému profilu přechodu, upravuje proudění vody, čímž je umožněno rybám migrovat (Lusk et al., 2014). Balvany se vkládají i s konkrétním úmyslem zpomalit proudění vody (Vostradovský, 2005i), aby průměrná rychlost, která je vhodná pro většinu ryb obývajících české vody, byla mezi 0,4–0,6 m/s. Optimální šířka mezi jednotlivými kameny se pohybuje mezi 0,3–0,4 m (Vostradovský, 2005ch). Pokud je dno bypassu nestabilní, je vhodné na jeho zpevnění použít opět přírodě blízké materiály před betonem. Přírodní dno je obvykle osídleno bentickými organismy, které jsou výživou pro ryby, jež se v obtokovém kanálu zdržují trvale a na dně koryta hledají potravu. Ke zpevnění břehů je rovněž příhodné použít přírodní materiál např. velké kameny (Obr. 14), které pak i slouží jako úkryty pro živočichy. Z velké části je rybí přechod utvořen systémem nádržek nebo tůní, které jsou odděleny kamenitými překážkami, okolo kterých proudí voda. Variantou obtokového koryta zhotovenou mimo trasu vodního toku, je tůňový přechod obsahující soustavu tůňek propojených kanálovými spojkami. Jednotlivé nádržky se dimenzují tak, aby rybám zajišťovaly stanoviště a skrýše. V tomto směru hraje důležitou roli hloubka tůně, aby se v ní

ryby mohly pohodlně pohybovat. U ryb větších rozměrů by hloubka nádržky měla dosahovat nejméně 0,8 metru. Pokud je rybí přechod zaměřen na druhy ryb malých velikostí, hloubka by měla dosahovat v průměru 0,4 m (Lusk et al., 2014). V tůňovém přechodu by hloubka neměla být menší než 0,7 m a ve spojovacích kanálech by neměla klesnout pod 0,3 m (TNV 75 2321).

Migrační zprůchodňování toků je finančně značně náročné a u přechodů typů přírodě blízkých to platí především. Pro realizaci přechodu je zapotřebí spolehlivé založení stavby, výkup pozemků či dostatek kamenů na připodobnění přírodního prostředí. Finální částka za výstavbu jednoho přechodu obvykle vystoupá až do řádů milionů korun, u mohutnějších toků až do řádů desítek milionů korun (Marek, 2014).

Hlavní parametry zajišťující migrační prostupnost (TNV 75 2321) :

- nízký sklon nivelety dna 1 : 20 a mírnější;
- minimální šířka v nejužších místech 1,5 m a širší;
- minimální hloubka v peřejnatých úsecích 0,3 m;
- vrstva dnového substrátu vyšší než 0,2 m až 0,3 m;
- velikostně odstupňovaný hrubý substrát dna se štěrbinami;
- variabilní šířka štěrbin mezi balvany v přepážkách, v rozmezí 0,1 m až 0,5 m;
- nejvyšší rozdíly hladin mezi vzdutím vody 0,15 m, maximálně do 0,2 m;
- střední rychlost proudění vody do 0,5 m. s<sup>-1</sup>;
- variabilní rychlosti proudění vody v příčném a podélném profilu;
- průtok je odvozován od velikosti průtoku ve vodním toku, minimálně 0,15 m<sup>3</sup>. s<sup>-1</sup>.





**Obr. 13.** Obtokový kanál (Birklen et al., 2009)



**Obr. 14.** Obtokový kanál – zpevnění břehu kameny (Marek, 2013)

### 3.3.1.2 Migrační rampa

Migrační rampa (Obr. 15) je stavěna jako součást jezu a z toho důvodu je základ její konstrukce obvykle z betonu, který má mírný sklon a ve kterém jsou příčně zasazeny masivní kameny a balvany. První variantou přechodu je typ, který kolmo protíná těleso jezu a jeho začátek je umístěn v podjezí a končí v horní vodě v nadjezí. Druhá varianta rampy je umístěna přímo v tělese jezu. Šířka betonové konstrukce měří nejméně 3,5 m a sklon má maximálně 5 % (TNV 75 2321). Nezbytností funkčního rybiho přechodu je kvalitní upevnění přepážek z balvanů, které jsou 0,6–1,2 m dlouhé. Řádně ukotveny také musí být kameny, které pokrývají dno přechodu a mají funkci stabilizační a také zpomalují rychlost proudění vody (Vostradovský, 2006c). V neposlední řadě je nutné zajistit, aby v případě potřeby bylo možné zahradit přívod vody do rampy vhodnou konstrukcí (TNV 75 2321). Funkčnost migrační rampy závisí na celoročním dostatku vody – hladina vody v rampě by neměla klesnout pod 0,3 m (Vostradovský, 2006c) a vzhledem k betonové konstrukci tohoto rybiho přechodu je vhodné jej uplatňovat také v bystřinách s větším průtokem vody (Lusk et al., 2014). Výhodou migračních ramp je jejich využití všemi živými organismy po celý rok (Vostradovský, 2006c).

Hlavní kritéria zajišťující migrační prostupnost (TNV 75 2321) :

Varianta a (rybí přechod protíná těleso jezu):

- velikostně odstupňovaný hrubý substrát dna se štěrbinami;
- mezery mezi balvany tvořící přepážky 0,1 m až 0,5 m;
- balvany o délce hrany minimálně 0,6 m až 1 m;
- nízký sklon 1 : 20 a mírnější;
- minimální šířka příčného profilu ve dně 3,5 m a větší;
- minimální hloubky 0,3 m až 0,4 m a více;
- minimální průtok  $0,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  na 1 m šířky příčného profilu RP.

Varianta b (rybí přechod je umístěn v tělese jezu):

- sklon středové osy tělesa RP 1 : 20 a menší;
- diverzifikace proudění je dosaženo v závislosti na sklonu shluky balvanů nebo souvislou balvanitou peřejí.



**Obr. 15.** Migrační rampa (<http://labskepiskovce.ochranaprirody.cz/aktuality/realizovane-projekty-opzp-v-usteckem-kraji/>)

### 3.3.1.3 Dnová peřej

Již z názvu rybiho přechodu vyplývá, že jeho účelem je imitace přirozených peřejnatých úseků toku. Základem přechodu jsou velké kameny či balvany, které jsou buď ukotveny do přirozeného dna, nebo v případě velkého spádu se naskýtá možnost je zabudovat do betonu. Stavba tohoto typu přechodu (Obr. 16) je vhodná na menších tocích s překážkami o nižších výškových rozdílech a proto zpravidla širě přechodu zabírá celý vodní tok. Je důležité dbát na pevné ukotvení všech kamenů a balvanů, zejména je ale třeba zabezpečit stabilitu konstrukce dolního úseku přechodu pro případ velkých průtoků (TNV 75 2321).



**Obr. 16.** Dnová peřej (Lusk et al., 2014)

### 3.3.2 Technické rybí přechody

V případě velkých toků s vysokými překážkami jsou z hlediska protiproudění migrace preferovány technické rybí přechody, které jsou speciální součástí překážky a jsou budovány z různých druhů materiálů (kov, beton, dřevo či plast) (TNV 75 2321). Základním prvkem technického přechodu je nejčastěji betonový žlab připomínající koryto, ve kterém jsou rozmístěny např. kameny nebo přepážky sloužící ke stanovení rychlosti proudění vody (Lusk et al., 2014). Na malých tocích a v terénech se zhoršenou dostupností pro techniku je možné stavět i přechody ze dřeva, je ale nutné u nich počítat s nižší životností nebo častějším nahrazováním poničených částí (Vostradovský, 2006a). Rychlost a průtok vody jsou směrodatné pro ryby a zajišťují atraktivnost rybího vstupu z dolní vody, proto by se vstup měl nacházet tam, kde průtok z horní do dolní vody je největší (Vostradovský, 2005g). Přechod by měl být koncipován tak, aby jej mohly užívat druhy ryb o jisté migrační výkonnosti ve všech věkových kategoriích. Nejdůležitějším faktorem je spád, jenž má dosahovat maximálně 7,5 % (TNV 75 2321). Po zvládnutí rybího přechodu by rybám nemělo hrozit splavení přes jez zpět do podjezí, kde hrozí např. silný proud směrem k turbínám (Hartvich, 1997).

Množství vody, která vteče do rybího přechodu, je regulováno šířkou svislé vtokové štěrbině nebo zvýšením dna (TNV 75 2321).

### 3.3.2.1 Žlabové rybí přechody

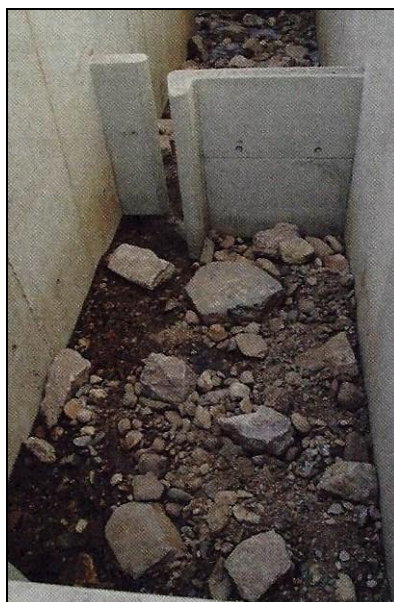
Podstatou těchto přechodů je betonové koryto s mírným náklonem. Uvnitř těla přechodu jsou vystaveny betonové příčky, balvanité přehrádky apod., díky kterým v přechodu proudí voda a vytváří splavitelné prostředí. Šíře dna žlabu by měla být nejméně 1,2 m. Žlabové stěny mohou být čistě jen betonové, ale na jejich výstavbu je možné použít i kameny, které se do betonu zakotvují (TNV 75 2321).

#### 3.3.2.1.1 Štěrbínový rybí přechod

Štěrbínový přechod (Obr. 17) vznikl v USA a byl upraven pro evropské potřeby. Je budován s jednou nebo dvěma skulinami po stranách betonových příček (Hartvich, 1997), u nás se spíše užívají žlaby jen s jednou štěrbinou (Vostradovský, 2006b). Na dno se pokládají kameny (Obr. 18), které musí být patřičně upevněny. Mezi kameny se dno vyplňuje hrubým říčním pískem, který u dna napomáhá snížit rychlost proudění vody a tím je migrace umožněna i drobným rybám. Výhodou štěrbinového přechodu je, že se nezanáší, nedochází k jeho ucpávání a je snadno čistitelný (TNV 75 2321). V podmínkách České republiky by štěrbinový přechod měl mít optimální spád do 5 % (Lusk et al., 2014). Pro tento typ přechodu nejsou pevně stanoveny normy, které by se při návrhu stavby měly dodržovat. Rozměry přechodu jsou určeny podle druhů ryb, kterým má přechod sloužit (Vostradovský, 2006b).



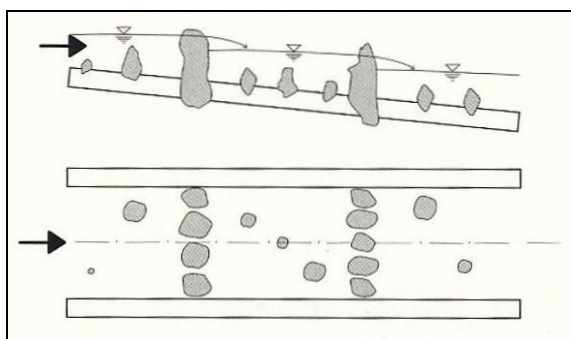
**Obr. 17.** Štěrbínový přechod (<http://labskepiskovce.ochranaprirody.cz/aktuality/realizovane-projekty-opzp-v-usteckem-kraji/>)



**Obr. 18.** Štěrbínový přechod – pokryv dna říčním štěrčkem a kameny (Lusk et al., 2014)

### 3.3.2.1.2 Žlabový rybí přechod s přepážkami z kamenů

Kameny tvořící přepážky v přechodu (Obr. 19) jsou zapuštěné v betonu a jsou uspořádány v řadě. Šíře mezi jednotlivými kameny by měla dosahovat nejméně 0,1 m. Velikost balvanů není jasně specifikována, neboť se volí dle šířky žlabu. Pokud je zapotřebí zpomalit proudění vody nebo stabilizovat hrubší sedimenty u dna, je možné mezi dílčí přepážky zasadit další kameny. Vzdálenost mezi řadami kamenů by měla být více než 2 m (v přechodu určenému lososu nejméně 3 m) a hloubka vody v přechodu by neměla klesnout pod 0,5 m (TNV 75 2321).



**Obr. 19.** Podélný řez a půdorys žlabového přechodu s přepážkami z kamenů (Lusk et al., 2014; TNV 75 2321)

### 3.3.2.1.3 Žlabový rybí přechod s kartáči

V tomto novějším typu rybího přechodu jsou nahrazeny betonové či kamenné přepážky zakotvenými bloky „kartáčů“ do dna přechodu (Obr. 20). Bloky jsou vyrobeny z elastických prutů o přibližné délce 0,3 nebo 0,5 m (Lusk et al., 2014; Slavík et al., 2012). Ideální spád žlabu je do 4 % a hloubka vody pro ryby parrmového a cejnového společenstva by neměla klesnout pod 0,7 m. Oproti výše zmíněným přechodům je tento typ náročnější na kontrolu, která by se měla uskutečňovat jednou ročně. Vzhledem k opotřebení komponentů a ztrátě jejich pružnosti je zapotřebí jejich výměna zhruba za 5–10 let. V případě toků, kde spolu s vodou proudí velké množství stěrku, se doba jejich funkčnosti výrazně zkracuje (Lusk et al., 2014). Výhodou kartáčového přechodu je snadná instalace. Výhodnost využití tohoto

typu přechodu ve větší míře zatím není známa, skutečnou životnost komponentů bude nutno teprve prokázat (Slavík et al., 2012).

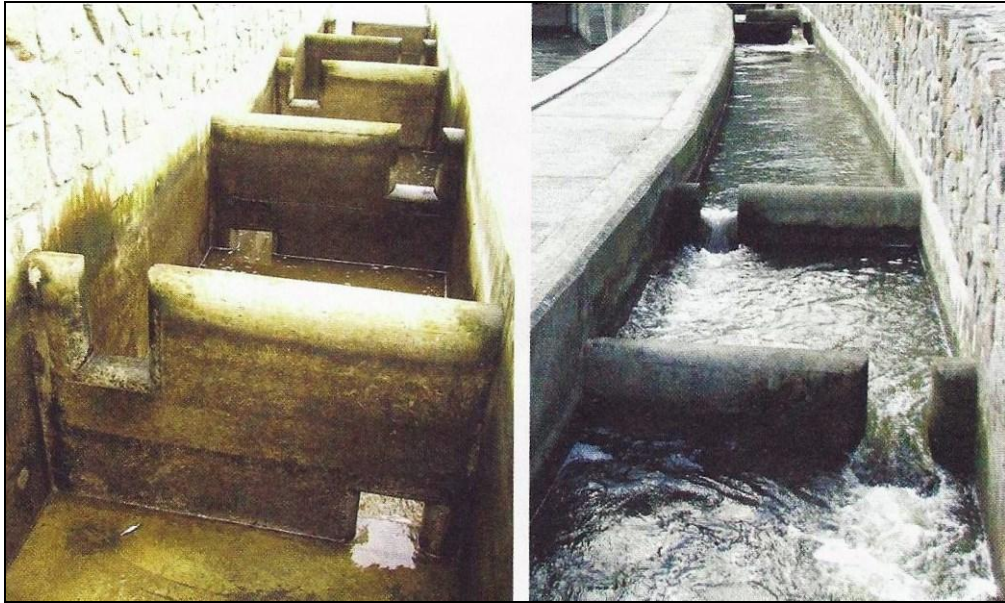


**Obr. 20.** Žlabový přechod s kartáči (Randák et al., 2013)

### 3.3.2.2 Speciální rybí přechody

Dále zmíněné technické rybí přechody nejsou většinou v našich podmínkách používané a osvědčené. Dříve se v tocích České republiky nejčastěji stavěl komůrkový rybí přechod (Obr. 21). Jeho účinnost byla malá a nespolehlivá, proto se od dalších staveb tohoto typu upustilo. Již instalované přechody jsou doposud v provozu. Komůrkový přechod se zanáší a potřebuje pravidelný servis a kontrolu (Lusk et al., 2014). Dalším typem, který je možno použít jako rybí přechody, jsou plavební komory a rybí výtahy. Jejich zbudování je nákladné a k provozování je zapotřebí komplikované mechaniky, která bývá poruchová (Hartvich, 1997).





**Obr. 21.** Komůrkový přechod (Randák et al., 2013)

### **3.3.3 Předpoklady funkčnosti rybích přechodů**

Ideální funkční rybí přechod by z hlediska technických parametrů měl umožňovat obousměrnou migraci všem jedincům a to i těm, u kterých se neuvažuje, že překonají překážku skokem a kteří mají nejslabší plavecké schopnosti (Hartvich, 1997). Základní myšlenkou funkčních přechodů je umožnit rybám vstup do rybího přechodu, zajistit jim v něm bezpečnou migraci a postarat se o bezproblémový výstup z přechodu do nadjezí (Vostradovský, 2005e). Pro ryby by absolvování trasy rybího přechodu mělo být co nejméně energeticky náročné (Lusk et al., 2014).

Je očividné, že dokonalý rybí přechod se stoprocentní průchodností je jen vysněnou představou, jelikož i v přirozeném, nefragmentovaném prostředí nejsou schopny všechny ryby zvládnout překážky, které na ně v toku čekají. Proto by ale rybí přechod měl být konstruován tak, aby byl překonatelný alespoň pro cílové a migračně výkonnější druhy ryb (Lusk et al., 2014). S ohledem na tuto skutečnost je zapotřebí přizvat k volbě vhodného přechodu techniky, projektanty a biology, kteří by měli vycházet z ichtyologického průzkumu dané lokality (Vostradovský, 2005f).

### 3.4 Zajištění poproudových migrací

K umožnění poproudových migrací je zapotřebí zajistit trvalý přeliv vody přes migrační překážku v dostatečné míře a to je možné uskutečnit, pokud není z toku odebíráno větší množství vody, např. do malých vodních elektráren. Přetékající voda přes okraj překážky by měla mít minimálně 5–10 cm do výšky. Při poproudových migracích jsou organismy unášeny ve směru proudící vody a přesouvají se nejen ryby, ale pasivní migrací také jikry či různá vývojová stadia larev. V případě, že je na toku zrealizována malá vodní elektrárna, tok vody je směřován do odběrových profilů a kanálů, ve kterých se maximalizuje průtok vody sloužící vodním elektrárnám. Čím větším počtem turbín jsou vodní elektrárny vybaveny, tím větší odběr z toku následuje a tím se snižuje pravděpodobnost možnosti migrací organismů přes hranu překážky (Lusk et al., 2014).

V druhém případě je kvůli malým vodním elektrárnám znemožněna migrace díky turbínám, které způsobují zranění nebo až smrt migrujícím jedincům (Lusk et al., 2014). Na podporu poproudových migrací se začátkem 20. století začaly používat rybí zábrany (Randák et al., 2013), které mají splňovat dvě základní funkce. První funkcí je zabránění nasátí ryb do hydrotechnických objektů. Druhou funkcí je nasměrování a navedení ryb do obtokového kanálu sloužícího k umožnění bezpečného přesunu pod migrační bariéru. Ústí obtokového kanálu je důležité umístit mimo oblast zpětného proudění vody nebo turbulentních zón. Vyhovující také nejsou klidné hluboké vody, neboť v nich mohou na ryby číhat dravci. Nejčastěji se používají zábrany mechanické, jako další lze uplatnit zábrany behaviorální. Ty ale spíše jen doplňují zábrany mechanické, protože mají nižší účinnost. Behaviorální zábrany pracují na základě vytváření či vysílání podnětů, které ryby odpuzují před plutím k překážce (Lusk et al., 2014). Jejich úspěšnost významně závisí na konkrétním druhu ryb, jejich citlivosti a chování. Dalším faktorem úspěšnosti behaviorálních zábran je aktuální rychlost proudění vody, její míra zákalu a denní doba, kdy je zapotřebí jejich užití (Slavík et al., 2012). Mezi behaviorální zábrany patří zábrany optické, akustické a elektrické (Randák et al., 2013). Hartvich et Dvořák (2002) ke třem vyjmenovaným přidávají zábrany pneumatické.

#### 3.4.1 Mechanické zábrany

Mechanické zábrany mají za úkol fyzicky zabránit průchodu rybám do zařízení vodních elektráren (Slavík et al., 2012). V našich větších vodních tocích se proti vstupu ryb do turbín nejvíce používají česlové stěny. Ty v dostatečné míře zajišťují rybám možnost vyhnutí malým vodním elektrárnám a usnadňují nalezení cesty do obtokových systémů pod

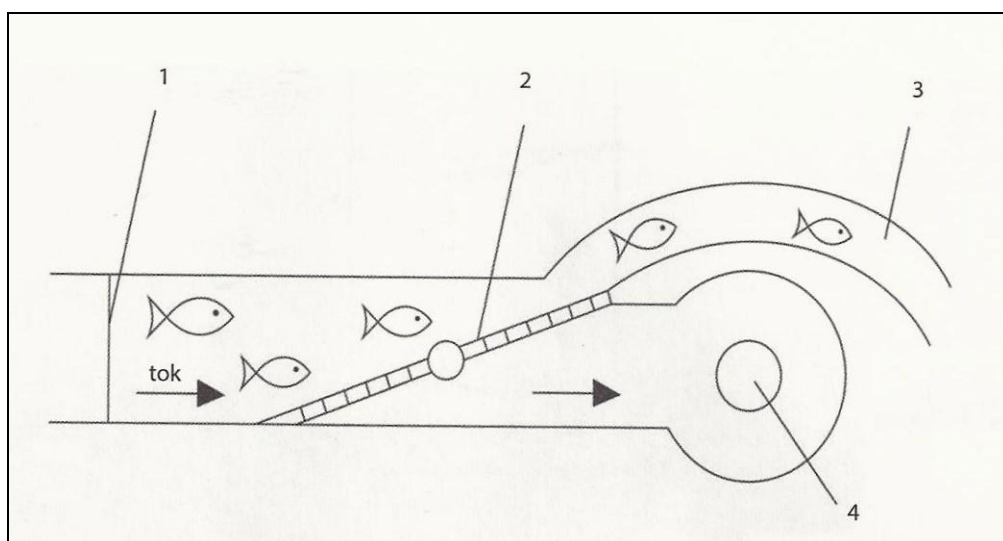
migrační překážku. Ostatní mechanické zábrany jako např. filtry se využívají spíše na tocích menších. Míra účinnosti česel závisí hlavně na vzdálenosti česlic a velikosti ok. V českých poměrech se ponejvíc uplatňují česle s mezerami o vzdálenosti 30–50 mm, v zahraničí je vzdálenost poněkud kratší, obvykle mezi 15–25 mm (Lusk et al., 2014).

#### 3.4.1.1 Česlové stěny

Česlová stěna je konstruována česlicemi nejčastěji ze železných prutů a ty jsou vzhledem ke dnu kolmé, nebo jsou umístěny vodorovně či šikmo. Mezi jednotlivými česlicemi jsou mezery, které umožňují protékání vody (Hartvich et Dvořák, 2002) a aby okraje česlí nezraňovaly ryby a nekladly odpor protékající vodě, používají se pruty proudnicového tvaru. Před česlemi by voda neměla proudit větší rychlostí jak 0,2 m/s, aby ryby měly snadnou možnost se jim vyhnout a směřovat do obtokového systému (Randák et al., 2013). Největší účinnost mají česle, které jsou tmavé barvy a jsou z pevného materiálu. U pružného materiálu hrozí prohnutí nebo prasknutí prutů (Hartvich et Dvořák, 2002). Česle o větších mezerách mají za úkol zachytit nežádoucí předměty, česle s menšími mezerami se instalují za česle hrubé a ty mají za úkol zachytit ryby před vniknutím do kanálů, které ženou vodu do malých vodních elektráren (Lusk et al., 2014).

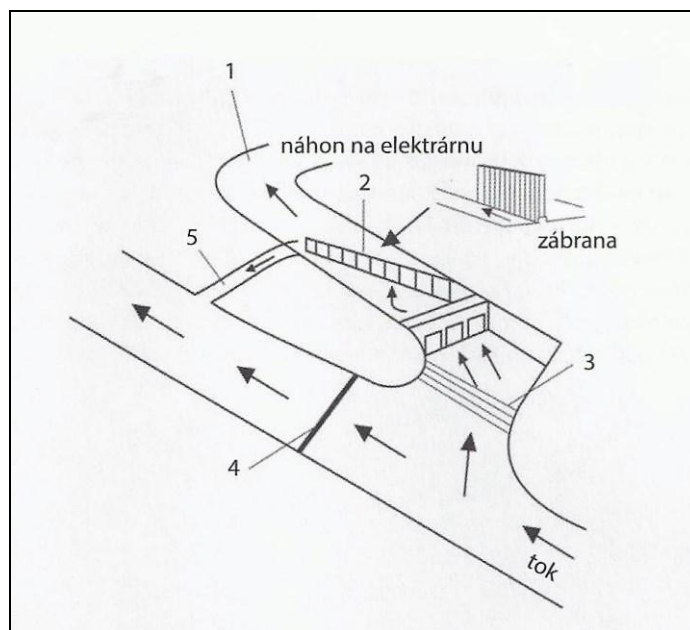
Tzv. hrubé česle se aplikují u všech hydrotechnických objektů, ve kterých dochází k odebírání vody, aby se zabránilo proniknutí nánosů splavenin do turbín a čerpadel. Vzdálenost mezi pruty je 10 cm a více. Vzhledem k ochraně ryb jsou zapotřebí česle jemné, které mají vzdálenost mezi pruty menší než 50 mm (Lusk et al., 2014). Pro ryby pstruhového pásma jsou optimální rozestupy prutů 10 mm, pro ostatní ryby postačí 20 mm (Hartvich et Dvořák, 2002). Samozřejmě platí, že čím je vzdálenost mezi pruty nižší, tím je zábrana efektivnější a do zařízení vodní elektrárny pronikne méně ryb. Jako optimální mezera se uvádí 10–15 mm. Při zařazení jemných česlí do vodního díla je nutností také vybudovat obtokový systém, díky kterému je rybám umožněno vodní dílo bez újmy obeplout (Lusk et al., 2014). Nevýhodou kratších mezer mezi pruty pro provozovatele malých vodních elektráren je vyšší zanášení naplaveninami a nutnost častějšího pravidelného čištění (Slavík et al., 2012).

Česle mají různé konstrukce, jako příklad lze uvést otočné ploché česle (Obr. 22) umožňující jednoduché čištění nanesených nečistot. Uprostřed česlí je otočný čep, k němuž je zábrana ukotvena. Při narovnání česlí je proud vody vyčistí a po navrácení do původní polohy mohou opět správně fungovat. Tento typ je vhodné používat na menších tocích a vzdálenost mezi pruty by měla být maximálně 20 mm (Randák et al., 2013).



**Obr. 22.** Otočné česle – 1. hrubé česle; 2. otočné jemné česle; 3. obtokový kanál; 4. turbína (Randák et al., 2013).

Jiným typem česlové konstrukce je Louver (žaluzie). Tato zábrana (Obr. 23) je určena na ochranu mladých lososů, kteří migrují do moře. Louver je umístován u malých vodních elektráren na vtoku bočních odběrů vody z hlavního koryta řeky. Každý železný prut měří na šířku až 15 cm (Hartvich et Dvořák, 2002) a mezery mezi nimi mají mít ideálně délku 4 cm. Zábrana určuje trasu plujících lososů až do obtokového kanálu, který je navrátí zpět do hlavního toku (Randák et al., 2013).



**Obr. 23.** Louver – 1. náhon vody do turbíny; 2. jemné česle; 3. hrubé česle; 4. hlavní tok; 5. obtokový kanál (Randák et al., 2013)

#### 3.4.1.2 Ochranné filtry

Použití ochranných filtrů, které se umisťují před odběrové kanály vodních elektráren, je další možností, jak zabránit rybám průnik do hydrotechnických zařízení. Filtry mohou být z různých materiálů, ale obvykle je použit písek, štěrkopísek nebo štěrk (Hartvich et Dvořák, 2002). Aby nedošlo k poškození filtrů, je možno je aplikovat pouze do elektráren, jež mají poměrně malý odběr vody. Moderní formou filtrů jsou tzv. kazetové filtry, které se po vyčištění dají opět použít. Výsledkem aplikace filtrů je neprostupnost ryb do odběrových kanálů, a proto je jejich účinnost při ochraně ryb velmi vysoká (Lusk et al., 2014).

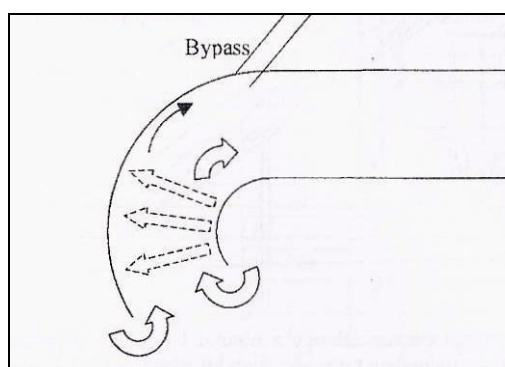
#### 3.4.1.3 Rotační síť

Novější mechanickou zábranou jsou rotační sítě z česlí, které tvoří nekonečný, elektromotorem poháněný, pohyblivý síťový pás, jenž má žlábký pro ryby, které je vynáší mimo proud vody směřující do turbín a vyklápějí je do obtokového systému (Lusk et al., 2014). Aby se skrz síť nesnižoval průtok vody pro potřeby elektrárny, je důležité je udržovat průchodné. Proto se pravidelně čistí vysokotlakými vodními tryskami nebo mechanickými kartáči (Hartvich et Dvořák, 2002). Pro využití vysoké účinnosti této zábrany je důležité, aby

byla instalována v malých a středních tocích (Randák et al., 2013). Účinnost rotačních sítí dosahuje více než 70 % a jsou vhodné pro většinu druhů ryb včetně úhořů a lososů (Lusk et al., 2014).

#### 3.4.1.4 Využití turbulence v potrubí

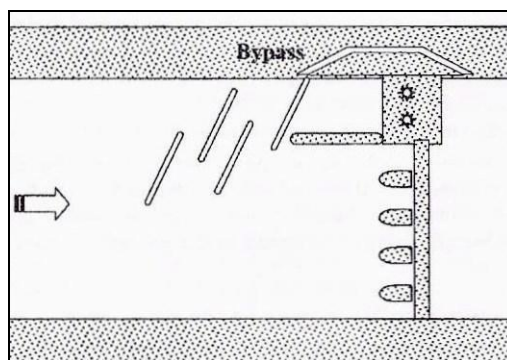
Jiným druhem rybí zábrany před vniknutím do turbín je využití turbulentního proudu vody vznikajícího v zákrutu potrubí (Obr. 24), které přivádí vodu do elektráren (Hartvich et Dvořák, 2002). Díky turbulentnímu proudění vzniká odstředivá síla, která ryby směřuje do bypassu, jenž tvoří boční vývod z potrubí (Lusk et al., 2014).



**Obr. 24.** Turbulentní proudění v potrubí (Hartvich et Dvořák, 2002)

#### 3.4.1.5 Naváděcí valy

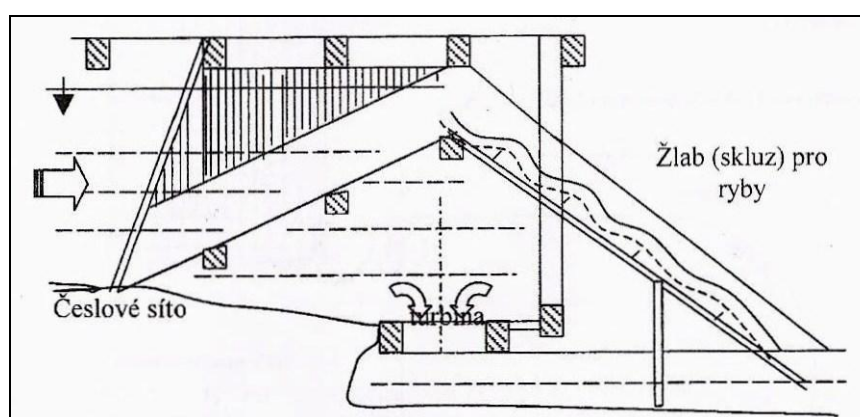
Valy (Obr. 25), které jsou vyrobené z betonu, jsou umístovány šikmo na dno koryta přibližně 10–15 m před nátokem vody do turbín (Hartvich et Dvořák, 2002) a pro úplnou ochranu ryb mohou být přidány i jemné česle. Výšku valu, která dosahuje 30–100 cm, určuje hloubka vody a také objem průtoku (Lusk et al., 2014). Ryby plavoucí u dna jsou díky valům směřovány ke straně toku, na které se nachází obtokový kanál sloužící k vyvedení z objektu vodní elektrárny. Pro ryby, které neplavou u dna, je vhodné do valů zabudovat 1 metr dlouhé bílé tyče, které ryby ke dnu nasměrují (Hartvich et Dvořák, 2002).



**Obr. 25.** Navádění valy (Hartvich et Dvořák, 2002)

#### 3.4.1.6 Gerhardův přesmyk

Zábrana, která je určena převážně pro poproudovou migraci úhořů, vznikla opět spojením česlových stěn a obtokového kanálu. Gerhardův přesmyk je vytvořen ze dvou žlabů (Obr. 26), které jsou šikmé a spojují se nad turbínou (Lusk et al., 2014). Stěny žlabu jsou vysoké 30 cm a jsou nabarveny na černo, aby se vstupu do žlabu úhoři nevyhýbali. Vstup je situován do dolní části česlí u dna. Žlab, kterým ryby migrují ze dna toku k hladině, má sklon 22,5°. Po zvládnutí stoupající cesty úhoři migrují do žlabu druhého, který má sestupnou trasu se sklonem 45° do odtokových vod elektrárny (Hartvich et Dvořák, 2002).



**Obr. 26.** Gerhardův přesmyk (Hartvich et Dvořák, 2002)

### 3.4.2 Behaviorální zábrany

Behaviorální zábrany se zakládají na principu odpuzování ryb pomocí technických zařízení, díky kterým mění směr plavání. Účinnost těchto zábran je ovšem velmi nízká a proměnlivá, protože každý jedinec reaguje na behaviorální zábrany jinou měrou, a to i v případě stejného druhu. Nejednotné výsledky byly zjištěny i při testování zařízení v laboratořích a v terénu. Proto je z důvodu nízké spolehlivosti doporučeno tyto zábrany užívat jako doplněk mechanických zábran. V České republice jsou používány elektronické typy zábran, jiné druhy se aplikují jen vzácně (Lusk et al., 2014).

#### 3.4.2.1 Elektrické zábrany

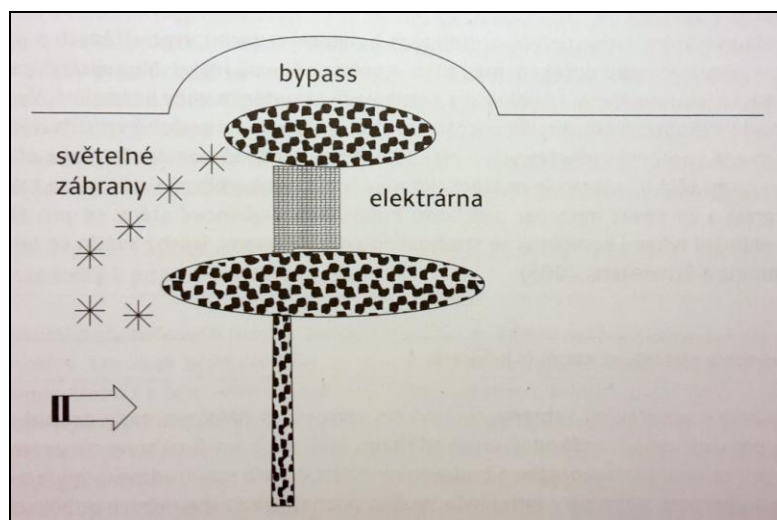
Tyto zábrany využívají krátké elektrické pulzy o napětí zhruba 1 voltu k odpuzení ryb z areálů malých vodních elektráren (Slavík et al., 2012). Míra účinnosti závisí nejen na chemických a fyzikálních vlastnostech vody nebo na konkrétním druhu a stáří ryb, ale také na jejich zdravotním stavu. U ryb poškozených či nemocných byly prokázány omezené reakce. Čím je vyšší vodivost vody, tím je zábrana účinnější a ryby jsou na překážku upozorněny dříve. V blízkosti elektrod by proudění vody nemělo přesáhnout rychlost 0,3 m/s. Pokud je proudění rychlejší, ryby se elektrickému poli již s obtížemi vyhýbají (Hartvich et Dvořák, 2002). Elektrické zábrany jsou tvořeny zdrojem elektrické energie, vedením, generátorem pulsů a elektrodami (Randák et al., 2013), které jsou v toku volně zavěšeny přibližně v půlmetrových rozestupech (Slavík et al., 2012) v jedné nebo i více řadách. Doplnkovou součástí může být i vyhodnocující zařízení, které dle potřeby upravuje intenzitu a frekvenci elektrických pulzů (Randák et al., 2013). Zábrany jsou účinné, pokud jsou umístěny na odbočce do nátokového kanálu elektrárny. Ryby díky pulzům do kanálu neplují a pokračují v hlavním toku. V případě, že jsou elektrické zábrany instalovány v naváděcím kanálu vody do turbín, je zapotřebí pro ryby vybudovat obtokový systém, kterým ryby vodní elektrárnu opustí (Lusk et al., 2014). Nejlépe na tento druh zábran reagují úhoři, kteří jsou velmi citliví na elektrické působení (Randák et al., 2013).

#### 3.4.2.2 Optické zábrany

Světelné zábrany není vhodné instalovat do zakalených eutrofních vod, jelikož účinně fungují jen ve vodách s dostačující průhledností (Randák et al., 2013). Vodotěsná světla (diody) sloužící k odpuzování ryb jsou připevněna na kovové konstrukci a při vhodném



umístění a správně zvoleném intervalu impulsů navádějí ryby do zastíněného bypassu, který je odvede mimo turbíny (Obr. 27) (Lusk et al., 2014). Aby zábrana byla účinná, měla by světla generovat více jak 200 záblesků za minutu (Slavík et al., 2012). Světelné zábrany úspěšně působí na úhoře, u kterých byla zjištěna 60% účinnost (Hartvich et Dvořák, 2002). Ne všechny druhy ryb ale na světelné zábrany reagují stejně. Světloplaché druhy jsou zábranou odrazovány, kdežto světlomilné druhy jsou světlem přitahovány (Randák et al., 2013). Z tohoto důvodu je vhodné frekvenci blikání a intenzitu světla obměňovat (Hartvich et Dvořák, 2002).



**Obr. 27.** Světelné zábrany (Lusk et al., 2014)

Jiným typem optické zábrany je řetězový kovový závěs, který se instaluje na odbočce náhonu elektrárny z hlavního toku. Při zaznamenání zábrany ryby pokračují hlavním tokem mimo nebezpečí (Randák et al., 2013).

### 3.4.2.3 Pneumatické zábrany

Do pneumatických zábran je řazena bublinková stěna. Drobné vzduchové bublinky v několika řadách se ze dna volně vznášejí k hladině a vytvářejí bariéru, která ryby zastaví v migraci. Spolu s bublinkami ryby stoupají vzhůru a následně jsou směřovány do obtokového kanálu (Lusk et al., 2014). Potrubí na dně, ve kterém je vzduch poháněn dmychadlem nebo ventilátorem s kompresorem, má otvory, díky kterým bublinky vznikají. Velikost otvorů měří 0,5–2 mm s rozestupy 1–3 cm (Slavík et al., 2012). Nevýhodou této

zábrany je vysoká spotřeba energie a nebezpečí, že více okysličená voda ryby bude naopak přitahovat k průchodu skrz bublinky (Lusk et al., 2014).

#### 3.4.2.4 Zvukové zábrany

Zvukové zábrany využívají vnímavost ryb na zvukové signály nebo vibrace (Slavík et al., 2012). Některé ryby zvukové frekvence přitahují, jiné druhy naopak odpuzují (Hartvich et Dvořák, 2002). Z tohoto důvodu je nutné vytvořit několik různých signálů, které jsou vysílány nahodile nebo ve smyčce, aby si na ně ryby neměly čas zvyknout (Slavík et al., 2012). Účinnost zábrany souvisí s vhodně zvolenou frekvencí a s vybranou škálou zvuků, která by měla účinkovat na co nejširší druhové spektrum ryb. Zvuková zábrana je vyrobena ze dvou hlavních komponentů. Prvním je zvukový projektor vybaven flexibilními membránami vytvářejícími zvuky. Druhým komponentem je signální jednotka se zesilovačem s úkolem udržovat přehrávání signálu (Hartvich et Dvořák, 2002). Výhodou signálů je možnost použití i v zakalených vodách nebo u elektráren, které jsou v provozu na mořskou vodu. Zvukové zábrany jsou účinné na sumcovité a kaprovité ryby, méně citlivé na zvuk jsou okouni a lososi (Lusk et al., 2014).

### 3.5 Legislativa

Vůbec prvním krokem, který se v České republice zasluhoval o zprůchodňování vodních toků, bylo vypracování dokumentu „Akční plán výstavby rybích přechodů“ v roce 1999 pod záštitou Agentury ochrany přírody a krajiny České republiky. Důsledkem Akčního plánu byl v roce 2000 vznik Komise pro rybí přechody taktéž při AOPK ČR, která započala intenzivní jednání ohledně migrační prostupnosti říčních toků mezi jejich správci a správou ochrany přírody. S ohledem na aktuální požadavky byl Akční plán v roce 2010 nahrazen novým dokumentem „Koncepce zprostupnění říční sítě v ČR“ (Birklen, 2014), jenž byl vypracován Ministerstvem životního prostředí za spolupráce s AOPK ČR a Výzkumným ústavem vodohospodářským T. G. Masaryka, v.v.i. (Birklen et al., 2009).

### 3.5.1 Koncepce zprůchodnění říční sítě ČR

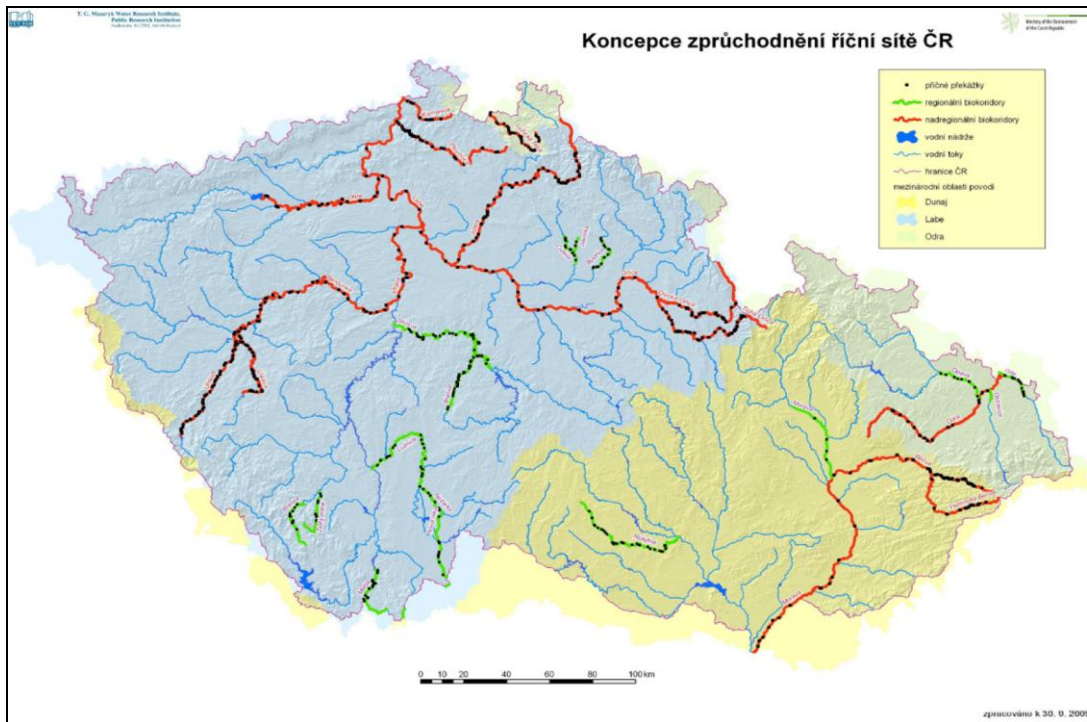
Koncepce zprůchodnění říční sítě ČR (Obr. 28) vznikla v roce 2009 a opírá se o evropské závazky vyplývající ze Směrnice Rady č. 92/43/EHS a Rámcové směrnice o vodách (Lusk et al., 2014). Koncepce vznikla právě z důvodu, že bylo zapotřebí splnit závazky Rámcové směrnice o vodách, ve které se členské státy Evropské unie zavazují k obnově průchodnosti toků a k dosažení dobrého ekologického stavu vod (Slavíková et al., 2009).

Dokument rozlišuje toky významné z hlediska migrací ve dvou rovinách (Slavíková et al., 2009). První rovinou jsou nadregionální prioritní biokoridory s mezinárodním významem a druhou rovinou jsou národní prioritní úseky toků, v nichž se vyskytují chráněné nebo evropsky významné druhy živočichů, u kterých by bez zprůchodnění toků byla ohrožena existence (Birklen et al., 2009).

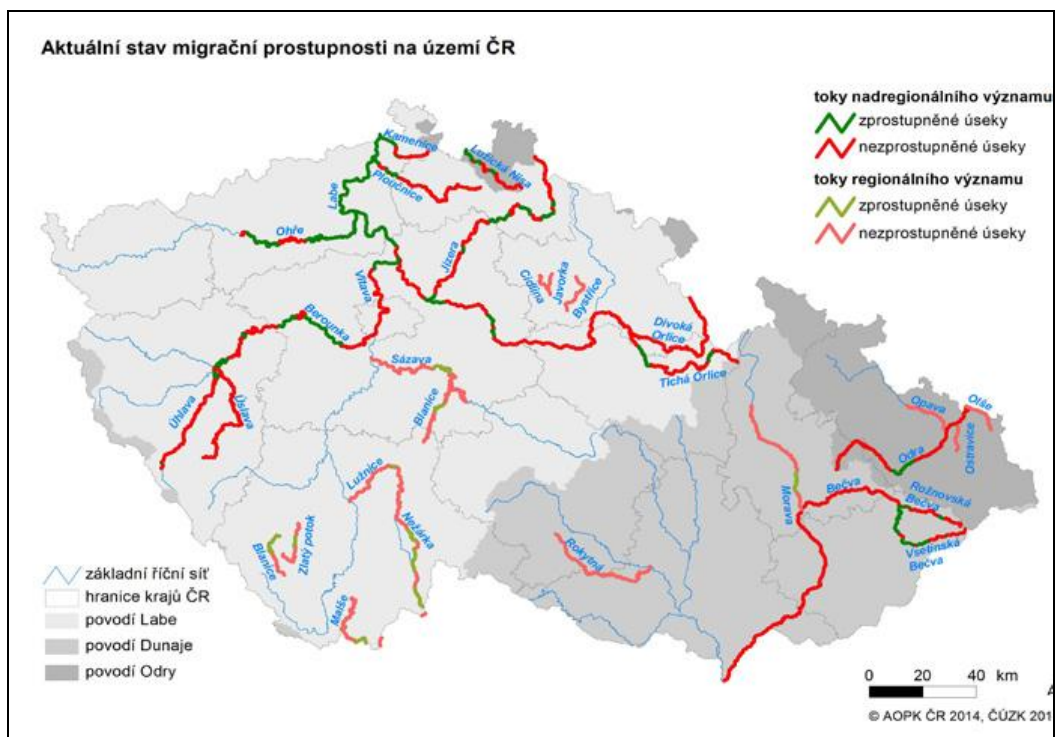
Pro stanovení nadregionálních prioritních biokoridorů byla důležitá vazba na mořské prostředí, absence vodních nádrží a vyhlídka na obnovení původního přirozeného prostředí. Koncepce zpracovala návrhy na zprůchodnění toků pro tři mezinárodní povodí, která se na území České republiky vyskytují – pro povodí Labe, Odry a Dunaje (Slavíková et al., 2009).

Národní prioritní úseky toků mají za cíl zachovat a podpořit populace chráněných druhů. Ohroženy jsou v první řadě mlži, kteří využívají k osidlování nových stanovišť ryby. Dále jsou ohroženy ryby, které k udržení životaschopné populace potřebují podnikat rozsáhlé migrace (Marek, 2013).

Koncepce zprůchodnění říční sítě ČR je z časového hlediska rozdělena do tří etap, z nichž první etapa probíhá v letech 2009–2015. V této etapě jsou převážně zprůchodňovány nadregionální prioritní biokoridory s mezinárodním významem (Birklen et al., 2009). Birklen (2015) uvádí, že v první etapě bylo ke zprůchodnění navrženo 63 překážek, avšak do konce roku 2015 se dle plánů Koncepce zrealizuje jen 15 rybích přechodů (Obr. 29). V současné době je prováděna aktualizace druhé etapy, jež bude probíhat v letech 2016–2021, třetí etapa se datuje do let 2022–2027 (Birklen et al., 2009).



Obr. 28. Koncepte zprůchodnění říční sítě ČR (Slavíková et al., 2009)



Obr. 29. Vyhodnocení stavu zprůchodnění vodních toků do r. 2014 (Birklen, 2015)

### 3.5.2 Evropský legislativní rámec

Počínaje rokem 1996, ve kterém Česká republika zažádala o členství v Evropské unii, je pro Českou republiku evropské právo závazné (Randák et al., 2013).

#### 3.5.2.1 Směrnice 2000/60/Es

Směrnice 2000/60/Es, neboli tzv. „Rámcová směrnice o vodách“ ze dne 23. října 2000 byla vytvořena s cílem dosažení dobrého stavu vod v členských státech Evropské unie. Jedním z podmínek dosažení dobrého stavu vod je postupná náprava fragmentace toků (Slavíková et al., 2009). Tato směrnice ztělesňuje nejdůležitější legislativní prostředek, který se zabývá ochranou a nápravou vod EU s časovým ohraničením do roku 2027. V úvodu Rámcové směrnice o vodách je uvedeno, že dědictví v podobě vody je zapotřebí chránit a nelze s ním nakládat jako s komerčním výrobkem. Směrnice mimo jiné klade důraz na zastavení zhoršování, ochranu a zlepšení stavu vodních ekosystémů, na dlouhodobou ochranu dosažitelných vodních zdrojů a na cílené odstranění vypouštění nebezpečných látek do vodního prostředí. Důraz je také kladen na ochranu podzemních vod a snížení jejich znečištění (Randák et al., 2013).

#### 3.5.2.2 Nařízení Rady ES č. 1100/2007

Během posledního desetiletí byl zaznamenán rapidní populační úpadek úhoře říčního. Jeho populace se snížila na 1 % historické početnosti důsledkem řady antropogenních vlivů (Randák et al., 2013). Tento fakt vedl Evropskou unii k vytvoření nařízení Rady ES č. 1100/2007, ve kterém jsou stanovena opatření, jež mají zabránit poklesu populace a naopak ji mají za úkol obnovit. Záchranný program, tzv. Plán managementu úhoře, se týká členských států Evropské unie. Každý stát má povinnost navrhnout taková ochranná opatření, díky kterým se při poproudové migraci úhoře nejméně 40 % historické populace daného státu dostane přes státní hranice do jiného země. V rámci České republiky se Plán managementu úhoře zabýval dvěma povodími – řeky Labe a Odry, ve kterých se úhoř původně vyskytoval (Barteková et al., 2014). Každý Plán managementu úhoře musí být schválen řídicím orgánem Evropské unie a musí v něm být uveden časový rámec, do kdy bude cíl plánu splněn. Plán České republiky je veden Ministerstvem zemědělství a byl vypracován Výzkumným ústavem T. G. Masaryka, v.v.i. (Randák et al., 2013).

### 3.5.2.3 Směrnice Rady č. 92/43/EHS

Řešení migrační prostupnosti toků České republiky je ovlivněno závazky, které jsou důsledkem Směrnice Rady č. 92/43/EHS ze dne 21. května 1992 o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících druhů a planě rostoucích rostlin (Slavíková et al., 2009). Z hlediska ochrany rybích druhů je důležitá Směrnice o stanovištích, neboť pestrost druhů a udržení jejich početnosti může záviset na prostupnosti vodních toků (Randák et al., 2013).

### 3.5.3 Národní legislativní rámec

V legislativě České republiky je otázka umožnění migrací ryb zmíněna jen ve dvou zákonech – v zákonu o ochraně přírody a ve vodním zákonu. Zmíněné zákony změnil pohled na funkce vodních toků. Vedle hospodářských a hydrologických funkcí se na vodní toky začalo nahlížet jako na biotopy, které obývají vodní organismy (Lusk et al., 2014).

#### 3.5.3.1 Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny

V paragrafu 3, odst. 1, písmena b) je vodní tok definován jako významný krajinný prvek, který utváří typický vzhled krajiny (§ 3 zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny).

Paragraf 4, odst. 2 uvádí, že vodní toky jakožto významné krajinné prvky jsou chráněny před ničením a poškozováním. Je dovoleno je využívat pouze tak, aby nedocházelo k narušení jejich obnovy a oslabení či ohrožení jejich stabilizační funkce. Závazné stanovisko orgánu ochrany přírody je povinen si pořídit každý, kdo plánuje provádět zásahy, které by mohly vést ke zničení nebo poškození vodního toku. V takovém případě může orgán ochrany přírody stanovit podmínky zajišťující migrační prostupnost toku podmiňující realizaci zásahu (§ 4 zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny).

Paragraf 5, odst. 1 chrání před poškozováním, zničením, odchytem nebo sběrem všechny druhy živočichů a rostlin v případě, že by u nich hrozilo ohrožení bytí druhu či degenerace, zániknutí populace druhů nebo i jen narušení rozmnožovací schopnosti. Orgán ochrany přírody má pravomoc omezit rušivou činnost v případě porušení výše zmíněných podmínek (§ 5 zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny).

Paragraf 67 pojednává o povinnostech investorů. V případě závažného zásahu do krajiny, který by mohl mít za následek negativní důsledky na přírodu, je investor povinen na svůj náklad zhotovit přírodovědný průzkum, jak hluboce by se zásah dotkl živočichů a rostlin. Odstavec 4 ukládá investoru povinnost zajistit přiměřená náhradní opatření vůči přírodě

například v podobě výstavby technických zábran apod. (§ 67 zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny).

### 3.5.3.2 Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)

Jediný předpis, který v některých případech ukládá povinnost zajištění migrační prostupnosti toků, je vodní zákon. V něm jsou uvedena i další nařízení související s migrační neprůchodností (Lusk et al., 2014).

Příčná překážka je obvykle samostatným vodním dílem na vodním toku (§ 55 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)), nebo může být i jeho součástí. Každý vlastník vodního díla má povinnosti, které se díla týkají, a souhrn základních povinností je uveden v § 59 vodního zákona. V tomto paragrafu je mimo jiné zmíněno, že je povinností vlastníka udržovat vodní dílo v takovém stavu, v jakém bylo povoleno a uvedeno do chodu, aby nedocházelo k ohrožení bezpečnosti osob, majetku či ostatních chráněných zájmů (§ 59 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)). Obecné povinnosti vlastníkovu vodních děl ukládá nejen vodní zákon, ale i stavební zákon, který ukládá povinnost okamžitě oznámit vodohospodářskému úřadu závady na vodním díle, díky kterým jsou životy a zdraví osob či zvířat v ohrožení. Taktéž klade povinnost umožnit kontrolní revizi díla, pokud tomu nebrání závažné příčiny (§ 154 zákona č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)).

V paragrafu 15, odst. 6 vodního zákona je uvedeno, že během schvalování vodních děl, jejich případných změn včetně změn v používání nebo jejich odstranění, se musí brát ohled na vodní a na vodu vázané ekosystémy. Stejně tak až na zákonem stanové výjimky vodní díla nesmí představovat překážky pohybu ryb a vodních organismů v obou směrech ve vodním toku. Z výjimek např. písmeno c) uvádí, že může být udělena z důvodu neúměrnosti nákladů nebo technické neproveditelnosti (§ 15 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)).

Paragraf 36 pojednává o minimálním zůstatkovém průtoku povrchových vod, který musí umožňovat obecné nakládání s povrchovými vodami a ekologické funkce toku a je stanoven vodoprávním úřadem (§ 36 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)).

### 3.5.3.3 Zákon č. 99/2004 Sb., o rybníkářství, výkonu rybářského práva, rybářské stráž, ochraně mořských rybolovných zdrojů a o změně některých zákonů (zákon o rybářství)

V paragrafu 12, odst. 3 je zmíněno, že stát může poskytnout finance na podporu výstavby rybích přechodů (§ 12 zákona č. 99/2004 Sb., o rybníkářství, výkonu rybářského práva, rybářské stráž, ochraně mořských rybolovných zdrojů a o změně některých zákonů (zákon o rybářství)). Naopak kontraproduktivní nařízení v souvislosti s průchodností toků je uvedeno v § 13, odst. 3, písmena k), jenž zakazuje lov ryb v rybím přechodu a v 50 metrech nad a pod ním. Tímto nařízením se sledování a kontrola funkčnosti rybích přechodů značně ztěžuje (Lusk et al., 2014).



## 4 Závěr

Fragmentace a migrační neprůchodnost říční sítě v České republice je povětšinou způsobena odběrem vody z toků do malých vodních elektráren, jež nemají stanoveny limity pro využití vodního toku, a příčnými neprostupnými překážkami, které dnes patří k hlavním tlakům ovlivňující ekosystémy tekoucích vod.

Nejspolehlivějším řešením neprůchodnosti říční sítě by bylo úplné odstranění samotných příčin fragmentace. To je ale v kulturní krajině, která je obývaná člověkem, nemožné. Nejčastějším opatřením vedoucí ke zmírnění neprůchodnosti toků je výstavba rybích přechodů, kdy nejvhodnější volbou přechodu je obtokový kanál, jenž při správné výstavbě kompletně nahrazuje funkci vodního toku. O možnosti obtokového kanálu by se vždy mělo uvažovat jako o první volbě, avšak k jeho realizaci je mnohdy zapotřebí velkého prostoru, což je spojeno s výkupem pozemků. V legislativě České republiky ale není právní předpis, který by majetkové vztahy mezi vlastníky vodního díla a vlastníky pozemků řešil.

Obecně aktuální právní předpisy, které by měly vést k dosažení zprůchodnění říční sítě České republiky, nelze považovat za dostačující. V legislativě není zakotvena povinnost zprůchodnění stávající překážky bez kontextu s jejich změnou či změnou jejich užití. V případě možnosti odstranění stávající překážky není v právních předpisech řešeno vypořádání majetkových vztahů vůči vlastníkovi vodního díla a z hlediska realizovaných rybích přechodů neexistuje zákonná norma, která by umožňovala odbornou kontrolu jejich funkčnosti. Chybějící předpisy spadají do kompetence Ministerstva zemědělství a měly by být v co nejkratší době vyřešeny, neboť samotné zprůchodnění říční sítě je dlouhodobý a náročný proces.

## 5 Seznam literatury

Barteková, T., Musil, J., Barankiewicz, M., Ferrao, J. M. C. C. 2014. Úspěšnost katadromní migrace úhoře říčního v České republice. In: Sborník Semináře zprůchodnění migračních překážek vodních toků: vydaný k příležitosti 100. zasedání Komise pro rybí přechody při Agentuře ochrany přírody a krajiny ČR. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky. Praha. s. 37–39. ISBN: 978-80-87457-92-4.

Beneš, J., Kepřta, M., Vait, J. 2014. Zkušenosti s výstavbou rybích přechodů. In: Sborník Semináře zprůchodnění migračních překážek vodních toků: vydaný k příležitosti 100. zasedání Komise pro rybí přechody při Agentuře ochrany přírody a krajiny ČR. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky. Praha. s. 15–16. ISBN: 978-80-87457-92-4.

Birklen, P. 2014. Aktuální podmínky pro obnovu migrační prostupnosti v ČR. In: Sborník Semináře zprůchodnění migračních překážek vodních toků: vydaný k příležitosti 100. zasedání Komise pro rybí přechody při Agentuře ochrany přírody a krajiny ČR. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky. Praha. s. 5–10. ISBN: 978-80-87457-92-4.

Birklen, P. 2015. Kudy vede cesta? Zamyšlení nad fragmentací našich řek. Fórum ochrany přírody. (1). 24–27.

Birklen, P., Dobrovský, P., Slavíková, A., Horecký, J., Musil, J., Marek, P. 2009. Řešení migrační prostupnosti říční sítě v ČR. Ochrana přírody. (5). 10–12.

Braniš, M., Pivnička, K., Benešová, L., Pušová, R., Tonika, J., Hovorka, J. 1999. Výkladový slovník vybraných termínů z oblasti ochrany životního prostředí a ekologie. Karolinum. Praha. 46 s. ISBN: 80-7184-758-5.

Brown, C., Laland, K., Krause, J. 2006. Fish Cognition and Behaviour. Blackwell Publishing Ltd. Oxford. p. 328. ISBN: 1-4051-3429-1.

Coutant, C. C., Whitney, R. R. 2000. Fish Behavior in Relation to Passage through Hydropower Turbines: A Review. Transactions of the American Fisheries Society. Volume 129. Issue 2. p. 351–380.

- Dungel, J., Řehák, Z. 2011. Atlas ryb, obojživelníků a plazů České a Slovenské republiky. Academia. Praha. 181 s. ISBN: 978-80-200-1979-0.
- Hanel, L. 2001. Naše ryby a rybaření. Brázda. Praha. 286 s. ISBN: 80-209-0292-9.
- Hanel, L., Andreska, J. 2013. Ryby evropských vod v ilustracích Květoslava Hlíška. Aventinum. Praha. 352 s. ISBN: 978-80-7442-038-2.
- Hartvich, P. 1997. Hlavní typy rybích přechodů a jejich biotechnické funkce. Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický. Vodňany. 10 s. ISBN: 80-85887-17-7.
- Hartvich, P., Dvořák, D. 2002. Zařízení k usměrnění poproudových migrací ryb. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve Vodňanech. České Budějovice. 16 s. ISBN 80-85887-36-3.
- Hecker, F. 2013. Ryby našich vod: sladkovodní ryby střední Evropy. Slovart. Praha. 139 s. ISBN: 978-80-73-91-805-7.
- Holčík, J. 1998. Ichtyológia. Příroda. Bratislava. 310 s. ISBN: 80-07-01035-1.
- Just, T., Šámal, V., Dušek, M., Fischer, D., Karlík, P., Pykal, J. 2003. Revitalizace vodního prostředí. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Praha. 144 s. ISBN: 80-86064-72-7.
- Kůs, E. 2008. Ryby: [fotografický atlas]. Aventinum. Praha. 255 s. ISBN: 978-80-86858-74-6.
- Lucas, M. C., Baras, E. 2001. Migration of freshwater fishes. Blackwell Science. Oxford. p. 420. ISBN: 0-632-05754-8.
- Lusk, S., Lusková, V., Hanel, L., Lojkásek, B., Hartvich, P. 2011. Červený seznam mihulí a ryb České republiky – verze 2010. Biodiverzita ichtyofauny ČR (VIII): 68-78.

Lusk, S., Hartvich, P., Lojkásek, B. 2014. Migrace ryb a migrační prostupnost vodních toků. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod. Vodňany. 254 s. ISBN: 978-80-87437-77-3.

Marek, P. 2013. Zajišťování migrační průchodnosti vodních toků. Ochrana přírody: Zvláštní číslo \_Ekologická síť v ČR/2012. 54–55.

Marek, P. 2014. Dotační tituly pro podporu výstavby rybích přechodů. In: Sborník Semináře zprůchodnění migračních překážek vodních toků: vydaný k příležitosti 100. zasedání Komise pro rybí přechody při Agentuře ochrany přírody a krajiny ČR. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky. Praha. s. 10–13. ISBN: 978-80-87457-92-4.

Marek, P., Vostradovský, J. 2011. K výstavbě nových rybích přechodů na rybářských revírech (2). Rybářství. (1). 14–17.

Randák, T., Slavík, O., Kubečka, J., Adámek, Z., Horký, P., Turek, J., Vostradovský, J., Hladík, M., Peterka, J., Musil, J., Prchalová, M., Jůza, T., Kratochvíl, M., Boukal, D., Vašek, M., Andreji, J., Dvořák, P. 2013. Rybářství ve volných vodách. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod. Vodňany. 434 s. ISBN: 978-80-87437-49-0.

Slavík, O., Vančura, Z., Musil, J., Horký, P., Lauerman, M., Bůžek, D., Bůžek, M. 2012. Migrace ryb, rybí přechody a způsob jejich testování: metodický postup pro návrh, realizaci a možnosti testování funkce rybích přechodů pro žadatele OPŽP. Ministerstvo životní prostředí. 139 s. ISBN: 978-80-7212-580-7.

Slavíková, A., Pravec, M., Horecký, J., Dobrovský. 2009. Koncepce zprůchodnění říční sítě ČR. MŽP ČR. Praha. 14 s. 9 mapových příloh.

Šlezinger, M. 2005. Stabilizace říčních ekosystémů. Akademické nakladatelství CERM. Brno. 353 s. ISBN: 80-7204-403-6.

Terofal, F., Militz, C. 1997. Sladkovodní ryby v evropských vodách. Ikar. Praha. 287 s. ISBN: 80-7202-140-0.

- Vostradovský, J. 2005a. Rybí přechody (2). Rybářství. (2). 51.
- Vostradovský, J. 2005b. Rybí přechody (3). Rybářství. (3). 65.
- Vostradovský, J. 2005c. Rybí přechody (4). Rybářství. (4). 69.
- Vostradovský, J. 2005d. Rybí přechody (5). Rybářství. (5). 65.
- Vostradovský, J. 2005e. Rybí přechody (6). Rybářství. (6). 51.
- Vostradovský, J. 2005f. Rybí přechody (7). Rybářství. (7). 53.
- Vostradovský, J. 2005g. Rybí přechody (9). Rybářství. (9). 51.
- Vostradovský, J. 2005h. Rybí přechody (10). Rybářství. (10). 55.
- Vostradovský, J. 2005ch. Rybí přechody (11). Rybářství. (11). 52–53.
- Vostradovský, J. 2005i. Rybí přechody (12). Rybářství. (12). 46–47.
- Vostradovský, J. 2006a. Rybí přechod (13). Rybářství. (1). 50–51.
- Vostradovský, J. 2006b. Rybí přechod (16). Rybářství. (4). 54–55.
- Vostradovský, J. 2006c. Rybí přechod (17). Rybářství. (5). 44–45.
- Wissmar, R. C., Bisson, P. A. 2003. Strategies for Restoring River Ecosystems. American Fisheries Society. Bethesda, Maryland. p. 276. ISBN: 1-888569-46-8.
- Wootton, R. J. 1998. Ecology of Teleost Fishes. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, the Netherlands. p. 386. ISBN: 0-412-84590-3.

## **Právní předpisy**

Česko. Zákon č. 99/2004 Sb., o rybníkářství, výkonu rybářského práva, rybářské stráží, ochraně mořských rybolovných zdrojů a o změně některých zákonů (zákon o rybářství). In: Sběrka zákonů České republiky. 2004. částka 32. s. 1506–1522.

Česko. Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny. In: Sběrka zákonů České republiky. 1992. částka 28. s. 666–692.

Česko. Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon). In: Sběrka zákonů České republiky. 2006. částka 63. s. 2226–2289.

Česko. Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). In: Sběrka zákonů České republiky. 2001. částka 98. s. 5617–5665.

TNV 75 2321. Zprůchodňování migračních bariér rybími přechody. 2011. Hydroprojekt CZ a.s., Praha. 27 s.