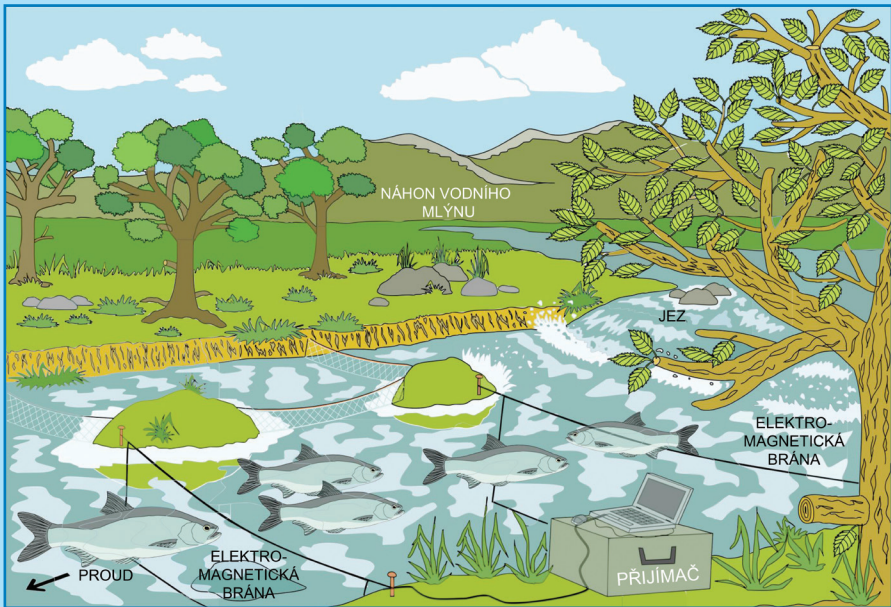


Biologické centrum AV ČR, v.v.i.  
Hydrobiologický ústav

Ověření technologie

## Využití univerzálních anténových systémů k detekci značených ryb ve větších vodách



RNDr. Marek Šmejkal, Ph.D.

Ing. Tomáš Kolařík

Mgr. Daniel Bartoň

Mgr. Zuzana Sajdlová, Ph.D.

RNDr. Petr Blabolil, Ph.D.

Mgr. Luboš Kočvara

České Budějovice, 2020

Ověřená technologie vznikla za finanční podpory programu aplikovaného výzkumu Ministerstva zemědělství na období 2017–2025 ZEMĚ, projektu QK1920011 „Metodologie kvantifikace dravých druhů ryb ve vodárenských nádržích pro optimalizaci managementu vodních ekosystémů“ a finanční podpory Technologické agentury ČR v rámci programu ZÉTA TJ02000012 „Zvýšení přirozeného reprodukčního potenciálu rheofilních ryb na člověkem ovlivněných tocích”.



Adresa  
Biologické centrum AV ČR, v.v.i.  
Hydrobiologický ústav  
Na Sádkách 702/7  
370 05 České Budějovice

ISBN 978-80-86668-71-0

## Obsah

1. Cíle technologie .....	4
2. Popis technologie .....	4
3. Oblast výzkumu .....	4
4. Úvod .....	5
4.1 Migrace ryb .....	5
4.2 Odlov a značení ryb .....	6
4.3 RFID technologie .....	8
4.4 Zajištění detekcí ryb .....	8
4.5 Údržba systému .....	10
4.6 Zpracování dat .....	10
4.7 Výpočet odhadu velikosti populace za použití dat z elektrolovu .....	10
4.8 Výpočet odhadu velikosti populace kombinací elektrolovu a RFID technologie .....	11
5. Okruhy ověření .....	11
5.1 Třecí migrace .....	11
5.2 Trdliště bolenů .....	12
5.3 Informace získané pomocí elektrolovu .....	12
5.4 Informace získané z anténových systémů .....	12
6. Výsledky .....	13
6.1 Ověření funkčnosti .....	13
6.2 Zjištěné informace o populaci .....	13
7. Závěry .....	14
8. Novost postupů .....	14
8.1 Využití univerzálních anténových systémů .....	14
8.2 Využití pro ochranu druhu .....	14
8.3 Využití k mezinárodní spolupráci .....	15
9. Ekonomické aspekty .....	15
10. Popis uplatnění technologie .....	16
11. Seznam literatury .....	16

## 1. Cíle technologie

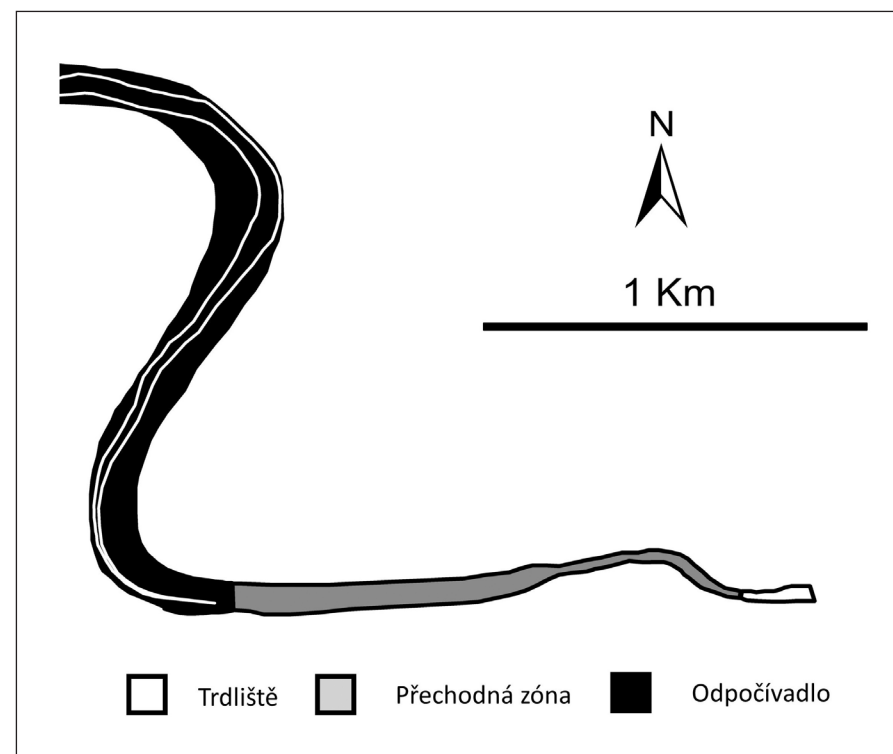
Cílem této ověřené technologie je ověřit funkčnost a přínosy monitoringu rybí populace na příkladu tření bolena dravého (*Leuciscus aspius*) pomocí RFID (identifikace na rádiové frekvenci) zařízení na středně velkém toku. Technologie vyhodnocuje účinnost a zpřesnění následného odhadu početnosti dospělých jedinců v nádrži a porovnává výsledky se standardní metodou zpětného odlovu značených ryb pomocí elektrolovu. Ověřená technologie zhodnocuje přínosy zavedení nové metody pro monitoring ohrožených populací a náročnost obsluhy RFID systémů.

## 2. Popis technologie

Technologie přehledně popisuje odborné veřejnosti možnost monitoringu rybích společenstev na středně velkém toku pomocí RFID zařízení na příkladové studii z vodárenské nádrže Švihov na řece Želivce. RFID technologie umožňuje mapovat přesuny jednotlivých ryb mezi definovanými lokalitami a vyhodnotit tak meziroční přežívání, početnost rybiho druhu či konektivitu říčního prostředí. Pro efektivní využití je třeba naznačit dostatečný podvzorek cílové populace pomocí HDX tagů (dále jen „čip“, 12, 23 nebo 32 mm, ISO 11784/11785 kompatibilní).

## 3. Oblast výzkumu

Testování technologie proběhlo na hlavním přítoku vodárenské nádrže Švihov spravované Povodím Vltavy, státním podnikem. Dospělí boleni obývající vodárenskou nádrž se v jarním období přesouvají z celé nádrže do přítokové části, kde mohou být vzorkování a zaznamenání pomocí RFID technologie.



**Obrázek 1:** Mapa zkoumané lokality na vodárenské nádrži Švihov. Boleni denně migrují mezi trdlištěm a odpočívadlem, vzorkování elektrolovem bylo provedeno na odpočívadle a přechodné zóně. Bílá čára na odpočívadle znázorňuje vrstvu hloubky 3 m. Přítomnost bolenu byla zaznamenána pomocí RFID technologie na trdlišti.

## 4. Úvod

### 4.1 Migrace ryb

Pod pojmem migrace se označují pravidelné přesuny organismů v prostoru, měřítko přesunu se však druh od druhu liší. Motivací bývá obvykle potravní nabídka, přesun do bezpečnějšího prostředí či shromáždění jedinců za účelem reprodukce (Brönmark et al., 2008; Čech et al., 2005; Šmejkal et al., 2017). Přerušování migrační konektivity toků je jedním z hlavních důvodů poklesu populací reofilních druhů ryb (Grill et al., 2019; Haddad et al., 2015). Migrace se ve vodním prostředí velice špatně zkoumá, neboť je toto prostředí pro člověka málo přehledné a mnoho přesunů se odehrává v soumrácném a nočním období (Lucas and Baras, 2001). Vhodné je tedy tento fenomén zkoumat nezávisle na lidském faktoru s konstantní přesností záznamu během dne a roku. RFID technologie toto umožňuje, neboť zajišťuje automatické zaznamenání značených jedinců v monitorovaném rozsahu (Zydlowski et al., 2006).



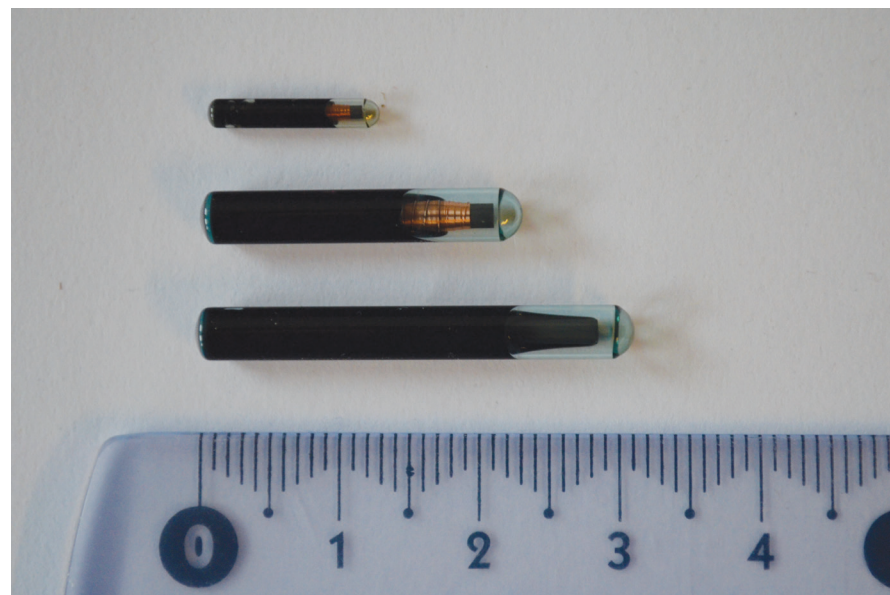
**Obrázek 2:** Umístění telemetrických bran na trdlišti bolena dravého.

#### 4.2 Odlov a značení ryb

Odlov bolenů proběhl pomocí elektrolovné lodi vybavené motorovým agregátem vyrábějícím pulzní proud (EL 65 II GL DC, Hans Grassel, Schöнау am Königsee, Německo, 13 kW, 300/600 V). Ulovení boleni byli krátkodobě uspáni pomocí anestetika MS-222. U každého bolena byla zaznamenána standardní délka (délka těla bez ocasní ploutve), celková délka (délka těla včetně ocasní ploutve), hmotnost a pohlaví. Poté mu byly odebrány tři šupiny 5 cm nad břišní ploutví, na jejichž místě byl proveden 4–5 mm dlouhý řez (Šmejkal et al., 2019). Čip (technické údaje: Oregon RFID, HDX, délka 32 mm, průměr 3,65 mm, váha 0,8 g, kompatibilní ISO 11784/11785) byl implantován do břišní dutiny směrem k ocasní části ryby, aby se zamezilo jeho vypadnutí jizvou. Při vkládání čipů nebyl řez sežít stehy z důvodu zvýšeného rizika sekundární infekce (Skov et al., 2005). Po zotavení z anestetik byli boleni šetrně vypuštěni v blízkosti jejich ulovení. U značených zpětně ulovených ryb byl zaznamenán individuální kód čipu pomocí ruční čtečky. Jako paralelní značení bylo použito střížení hřbetní ploutve, které sloužilo jako ověření případné ztráty čipu (Šmejkal et al., 2019). Jako zpětný úlovek se považoval bolen se zahojenou ranou od značení, tj. bolen značený před rokem a déle. Ryby ulovené v roce značení byly z analýzy vyřazeny z důvodu možného ovlivnění chování ulovením a značením.

**Tabulka 1:** Počty nově označených ryb na zkoumané lokalitě, které sloužili v letech 2019 a 2020 k ověření funkčnosti RFID technologie k monitoringu rybí populace.

pohlaví	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
samice	139	184	254	305	201	88	128
samci	224	213	363	284	162	101	204



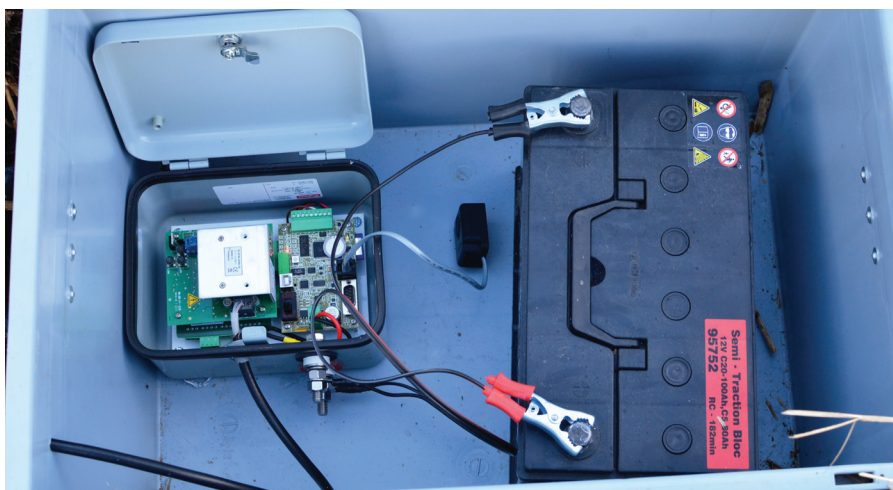
**Obrázek 3:** Dostupné velikosti HDX PIT-tagů 12, 23 a 32 mm. Pro značení bolenů byly využity největší z nich, neboť mají největší detekční vzdálenost a umožňují tak postavit největší telemetrické brány.



**Obrázek 4:** Bolen je označen unikátním kódem 900\_230000133248. Toto číslo bude při proplutí bolena telemetrickou bránou zaznamenáno společně s časem a datem detekce.

### 4.3 RFID technologie

Pro účely výzkumu byla pořízena RFID technologie od firmy OregonRFID. Sestava se skládá z čtecího zařízení "Oregon LF HDX RFID PIT-tag single-reader", případně z „LF HDX RFID PIT-tag multi-reader“ dle konkrétních potřeb na daném místě. Z čtecího zařízení byl veden kabel Twinaxial (9207 010500 - Twinaxial Cable PVC 8,4 mm 100 Ohm, pocínovaná měď, černá 152 m, Belden) do ladicí kondenzátorové skříňky. Měděný kabel stacionární antény jsme zvolili typu DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 16 CPR E 1001518. Ladicí kondenzátorovou skříňku je třeba upravit dle specifikace kabelu, v našem případě se dosáhlo při velikosti a tvaru antény 10 m délky a 0,6 m výšky konduktivity mezi 23 a 27 S. Systémy byly udržovány v provozu po dobu tření bolení, tedy přibližně od 20. března do 20. dubna v závislosti na chování bolení v daném roce.



**Obrázek 5:** Zapojení čtecího zařízení od firmy Oregon RFID ke trakční baterii. Systém je umístěn v uzavíratelné plastové bedně chránící elektroniku před povětrnostními podmínkami.

### 4.4 Zajištění detekcí ryb

Maximální šíře antény byla při výšce vodního sloupce 60 cm 10 m. Při nižší hladině vodního sloupce je možné postavit delší anténu. Aktivní čtecí pole antény při tomto nastavení bylo 35 cm od středu antény, tj. ryba byla snímána po 70 cm délku plavby při proplutí kolmo na čtecí zařízení. Systém byl nastaven na snímání o frekvenci 10 skenů \* s<sup>-1</sup>. Dle předpokládané rychlosti ryby lze s tímto parametrem manipulovat, avšak rychlejší čtení je energeticky náročnější. Vyžaduje častou výměnu baterií a v teplém období může způsobit přehřívání čtecího zařízení. Vysoká rychlost se tedy doporučuje použít jen za předpokladu, že ryby se budou pohybovat skrz anténu vysokou rychlostí a čtecí zařízení je umístěno ve větraném prostoru.



**Obrázek 6:** Příklad upevnění brány pomocí zatravnovacích dlaždic, patič, dřevěných kůlů a lan. Měděný kabel je nutné periodicky čistit od nánosů, aby nedošlo ke stržení systému.



**Obrázek 7:** Značený bolen dravý proplouvající magnetickým polem antény.

#### 4.5 Údržba systému

Čtecí zařízení firmy OregonRFID je v zásadě jednoduchý počítač, tudíž je třeba jeho elektronické součásti udržovat v čistých podmínkách, aby nedošlo k jeho poškození. Z tohoto důvodu byl vždy v závislosti na meteorologických podmínkách umístěn do suchých odizolovaných boxů. Měděný kabel vytvářející elektromagnetické pole je třeba v proudné vodě několikrát měsíčně čistit od nánosů, frekvence závisí na rychlosti proudu a množství unášeného materiálu.

Čtecí zařízení je napájeno Li-Pol a Li-Ion akumulátory, které jsou schopny poskytnout energii dostatečnou pro funkci systému po několik dní bez nutnosti výměny baterií. Případnou alternativou je napájení z vnějšího DC zdroje nebo AC/DC adaptéru na 12 V. Sériové zapojení dvou kvalitních baterií o kapacitě 75 Ah postačí na funkci systému po dobu jednoho týdne. Data byla periodicky stahována do počítače ve formě textového souboru (.txt).

#### 4.6 Zpracování dat

Údaje o značených rybách byly zaneseny do protokolu v programu MS Excel. Následně byla data ze značení a textové soubory produkované pasivní telemetrií nahrány do programu R (R Development Core Team, 2016). Pomocí balíčku Tidyverse byly identifikovány a zaznamenány shody mezi kódy značených ryb a ryb zaznamenaných pomocí pasivní telemetrie do textových souborů (Wickham et al., 2019). Zpětné odchyty byly definovány jako opakování stejného kódu v souboru ulovených ryb s pozdějším datem ulovení. Ryby detekovány pomocí antén v roce značení byly z analýzy vyřazeny z důvodu možného ovlivnění výsledků ulovením a značením.

#### 4.7 Výpočet odhadu velikosti populace za použití dat z elektrolovu

V závislosti na průběhu oteplování trvá tření bolenu obvykle měsíc. Jedinci se v něm dynamicky střídají, samci zůstávají na trdlišti déle než samice, které připlouvají jen na několik dnů, obě pohlaví navíc často trdlišť opouštějí (Šmejkal et al., 2017). Vzhledem k této vysoké dynamice třecího hejna a mobilitě jednotlivých bolenu při odloveh hlubinným agregátem v přítoku je nutné vždy stanovit početnost třecího hejna zpětně k předchozímu roku značení, jak definuje vzorec níže. Početnost reprodukčně aktivních bolenu byla zjišťována na základě poměru značených a neznačených ryb metodou dle Petersena (Schneider, 2000) doplněným o koeficienty přežívání a doplňku.

$$N = (M * (C*(1-D)) / R)*1/U [ks]$$

N – počet dospělých bolenu v populaci v předchozím roce

M – počet značených ryb v předchozím roce

C – počet ulovených ryb v současném roce

D – koeficient doplňku bolena dravého na zkoumané lokalitě (0,3)

R – počet značených ryb v předchozím roce zpětně ulovených v současném roce

U – koeficient meziročního přežívání bolena dravého na zkoumané lokalitě (0,7)

#### 4.8 Výpočet odhadu velikosti populace kombinací elektrolovu a RFID technologie

Početnost reprodukčně aktivních bolenu byla zjišťována na základě poměru značených a neznačených ryb na trdlišti metodou dle Petersena (Schneider, 2000). Záznamy na anténách byly použity ke zjištění celkového počtu značených bolenu pohybujících se na trdlišti.

$$N = D * C / m [ks]$$

N – počet dospělých bolenu v populaci

D – počet značených bolenu z předchozích let detekovaných na trdlišti

C – celkový počet ulovených bolenu

m – počet značených a zároveň ulovených bolenu z předchozích let

### 5. Okruhy ověření

#### 5.1 Třecí migrace

Pro tuto modelovou studii byla zvolena třecí migrace bolena dravého, který každoročně v období brzkého jara táhne do proudných úseků řek, kde dochází k jeho reprodukci. Na přehradní nádrži Švihov táhne dospělá část populace z celé nádrže do hlavního přítoku – řeky Želivky. Zde lze monitorovat výskyt individuálně značených jedinců v řece o průměrném průtoku  $4 \text{ m}^3 * \text{s}^{-1}$ . Metoda RFID je vhodná pro druhy, které podnikají každoročně migraci a proplouvají zúženým místem, kde lze nainstalovat skenovací zařízení. Historicky byla migrace monitorována elektrolovem po několik dní v roce a RFID technologie by mohla zpřesnit údaje o načasování migrace. Před zavedením této technologie se například netušilo, že vrchol třecí aktivity bolena nastává v noci (Šmejkal a kol. 2018)



**Obrázek 8:** Tření bolena dravého na přítoku nádrže Švihov.

## 5.2 Trdliště bolenu

Trdliště bolenu je dlouhé 100–300 m dle výšky vodní hladiny v nádrži Švihov, která ovlivňuje délku proudného úseku Želivky. Dolní hranici trdliště tedy udává vzdutí vodní hladiny v nádrži a horní hranici představuje jez zabraňující další migraci proti proudu.

## 5.3 Informace získané pomocí elektrolovu

Lov elektrickým agregátem poskytuje informace o množství bolenu v blízkosti trdliště v konkrétní období lovu. Boleni byli loveni periodicky po více než deset dní v sezóně. Z těchto dat lze vyhodnotit poměr značených a neznačených jedinců v úlovku a odhadnout celkovou početnost hejna. Jejich úlovek podléhá náhodnosti vzorkování oproti RFID technologii, která zaznamenává každou rybu proplouvající trdlištěm. Elektrolov při zpětném odchytu poskytuje též informaci o meziročním přírůstku jedince ve spojení s unikátním kódem čipu.

## 5.4 Informace získané z anténových systémů

Anténové záznamy poskytují absolutní čísla značených jedinců, tj. zaznamenají všechny značené jedince, kteří se v dané sezóně připruli rozmnožovat. Nelze z nich vyhodnotit meziroční přírůstek a nezaznamenaná ryby, které nejsou značené, případně ztratily čip (Šmejkal et al., 2019, 2020). Ryby, které ztratily čip, však mohou být identifikovány v případě zpětného odchytu pomocí střížené ploutve. Na trdlišti lze pomocí detektoru čipů identifikovat ztracené čipy a zahrnout procentuální ztráty do výpočtu velikosti hejna (Šmejkal et al., 2019).

## 6. Výsledky

### 6.1 Ověření funkčnosti

Antény byly schopné zaznamenávat proplouvající boleny bez nutnosti výměny baterií v závislosti na počtu detekcí od dvou dnů (tisíce záznamů denně) až po více než týden (desítky záznamů denně). Antény zaznamenaly přibližně pětikrát až desetkrát více značených jedinců, než jsme byli schopni odlovit elektrickým agregátem v pozorovaných sezónách (Tabulka 2).

Antény musí být umístěny alespoň 50 m od sebe, případně být synchronizovány, jinak může docházet k rušení signálu a nespolehlivému záznamu proplouvajících jedinců. Systém funguje spolehlivě, pokud se nenachází nějaký jedinec či vytřený čipu přímo v poli antény – to může systém zablokovat (je schopen číst pouze jeden čip v jeden okamžik). Kumulace vytřených čipů na trdlišti může představovat problém dlouhodobých studií (Šmejkal et al., 2020).

**Tabulka 2:** Počet ulovených značených jedinců elektrickým agregátem (mc – celkový, mr – z předchozího roku) v porovnání s počtem značených jedinců zaznamenaných pomocí anténových systémů (Dc – celkový, Dr – z předchozího roku). Počet elektrolovných dní značí intenzitu lovného úsilí v daném roce.

rok	samice				samci				počet el. dnů
	mc	mr	Dc	Dr	mc	mr	Dc	Dr	
2019	29	10	438	137	67	12	456	111	13
2020	44	7	280	37	71	12	345	57	15

### 6.2 Zjištěné informace o populaci

Použití RFID technologie výrazně zpřesňuje odhad počtu dospělých jedinců v populaci (Tabulka 3) a umožňuje navíc stanovit meziroční mortalitu u samců a samic. Výrazné zpřesnění získaných informací může být podkladem pro managementová rozhodnutí o chráněné populaci. V porovnání s historickými záznamy, kdy se aktivita bolenu na trdlišti odhadovala na dva až tři dny v roce, též ukazuje na výrazné zkrácení vnímání migrace jen pomocí elektrolovu. Třetí sezóna trvala v letech 2019 a 2020 přibližně jeden měsíc. Zatímco metodou elektrolovu lze získat jen krátký náhled do fenoménu migrace, RFID technologie umožňuje kontinuální sběr dat bez nutnosti narušování přirozeného chování ryb jejich opakovaným odlovem.

**Tabulka 3:** Odhady založené na elektrolovu a na kombinaci elektrolovu a RFID technologie. Odhad založený na elektrolovu mohl být proveden jen pro rok 2019, neboť jsou k odhadu potřebná data z následujícího roku.

metoda	2019	2020
elektrolov	4446	X
elektrolov + RFID	3106	2431

## 7. Závěry

Technologie pasivní telemetrie umožňuje neinvazivní sledování vývoje populace v čase za předpokladu prozrazení dostatečného počtu jedinců. Tento systém tak může napomoci sledovat populaci ohroženého druhu zejména v případě, že se druh shromažďuje na jednom místě v konkrétním období (rozmnožování, přezimování apod.), případně se přesouvá z jedné lokality na druhou a během této fáze se ocitá v užším koridoru, kde je možné telemetrické brány postavit. Data z pasivní telemetrie jsou vhodným doplňkem metody odchyty (v tomto případě elektrolovu), a umožňují přesný odhad počtu jedinců na trdlišti i meziroční mortality. Metoda není použitelná sama o sobě, neboť je závislá na odchytu zvířat a jejich značení. Při vhodném designu monitoringu poskytuje informace přesahující standardní metody používané nejen v ichtyologických průzkumech.

## 8. Novost postupů

### 8.1 Využití univerzálních anténových systémů

Anténové systémy mají široké uplatnění od monitoringu bezobratlých živočichů přes ryby až po aplikace u ptáků a savců (Bonter and Bridge, 2011; Bubb et al., 2002; Šmejkal et al., 2017). Technologii lze použít i na vyhodnocení unášení sedimentu v říčních ekosystémech (Schneider et al., 2010). Jejich použitím lze efektivně mapovat přesuny cílového objektu a na základě vyhodnocených dat dělat systémová rozhodnutí a identifikovat potenciální hrozby v daném ekosystému. Jejich využití se zatím týká převážně sběru vědeckých dat. Management ohrožené a chráněné populace je zatím ve světě spíše výjimkou týkající se komerčně významných druhů jako jsou lososovité ryby (Bond et al., 2018) a ostatním ubývajícím druhům se dostává poměrně málo pozornosti (Musselman et al., 2017). Jeho použití se ve světě omezuje spíše na migrační postupnosti bariér, ale komplexní monitoring populace, meziroční mortality a chování na trdlišti je výjimkou.

### 8.2 Využití pro ochranu druhu

Monitoring pomocí této metody představuje neinvazivní metodu, kdy jednou označení jedinci mohou být sledováni bez nutnosti zpětného odchyty. Data získaná touto metodou lze použít na odhady meziroční mortality v rámci ročníku a lze vyhodnotit stabilitu populace v průběhu času. Tato ověřená technologie má tedy potenciál výrazně přispět k monitoringu ohrožených druhů ryb i dalších živočichů, kteří mají skrytý způsob života a v nějaké jeho fázi se shromažďují na definovaném prostoru (Weber et al., 2019).

Sestavování akčních plánů pro ohrožené druhy živočichů je třeba založit na reálných datech, která zahrnují typickou populační biologii druhu, jeho prostorové nároky a behaviorální charakteristiky. U druhů s vhodnou ekologií pro RFID metodu mohou

získaná data přispět k efektivní ochraně druhu a mnohým managementovým rozhodnutím (podpořit či nepodpořit populaci vysazováním, rozšířit některý typ habitatu na lokalitě výskytu apod.).

### 8.3 Využití k mezinárodní spolupráci

Ačkoliv se tato technologie ve světě používá, jedná se stále o relativně malou skupinu vědeckých týmů, kteří s technologií umí zacházet od fáze instalace po softwarové zpracování velkého množství dat. Tato technologie tedy umožňuje navázání mezinárodní spolupráce s vědeckými týmy, které tuto metodu dosud nezavedly mezi běžně používané metody. Hlavní překážkou v používání této metody není ani tak cenová náročnost pořízení základní sestavy, ale programovací část zpracování dat. Pro pasivní telemetrii existují pouze relativně omezené softwarové možnosti, a tak největší flexibilitou disponuje přístup programování v jazyku R.

## 9. Ekonomické aspekty

Ačkoliv ceny produktů pasivní telemetrie v čase mírně klesají, jedná se o relativně vysokou počáteční investici do monitorovacího vybavení. Cena HDX PIT-tagu se v současnosti pohybuje okolo 50 Kč za kus. Cena HDX single-readeru se pohybuje okolo 63 000 Kč. Ruční čtečka stojí v současnosti okolo 8 000 Kč. Další příslušenství (kabely, baterie, ochranná krabice, ladicí kondenzátorová skříňka) lze pořídit přibližně za 20 000–30 000 Kč dle potřeby délky kabelů a úrovně protidešťové ochrany readeru. Materiální náklady sledování 1000 ks ryb tedy vychází na cca 130 000 Kč, a vzhledem k vývoji cen značek budou do budoucna spíše klesat.

Populace reofilních druhů ryb celosvětově výrazně klesají (v Evropě byl úbytek kvantifikován na 93 %), a to přes trend opětovné zlepšování kvality vody řek v současné době (Deinet et al., 2020). Jednou z příčin je bezpochyby fragmentace toků a jejich nízká prostupnost. Monitoring pomocí RFID technologie je jednou z cest, jak zjistit, zda postavené rybí přechody plní svůj účel a zajišťují dostupnost různých habitatů pro říční druhy ryb. Tato technologie nám tedy může napomoci vrátit ekosystémové služby na jejich původní hodnoty, neboť s její pomocí můžeme kvantifikovat pozitivní a negativní zásahy ve vodních ekosystémech (Hein et al., 2006; Silva et al., 2018).

Mnoho druhů ryb je v současné době intenzivně vysazováno do toků, tyto programy však nejsou přímo navázány na početnost ryb v daném místě. Odhad absolutní početnosti bez značení ryb je nesmírně náročné a prakticky neproveditelné u méně početných druhů na velkých vodách. Tato metoda tak může rozklíčovat skutečnou početnost druhu a dle početnosti se mohou vysazovací plány upravit. V případě úspěšné přirozené reprodukce totiž vysazování může být kontraproduktivní (narušení genetické výbavy populace v důsledku outbreedingu) a peníze mohou být alokovány potřebnějším směrem (např. rozšíření či obnova přirozených trdlišť).

## 10. Popis uplatnění technologie

Technologie lze uplatnit na širších místech toků, kde je třeba podchytit migrující ryby či jiné druhy organismů, na které management cílí (Weber et al., 2019). Typ kabelu použitý v této studii umožňuje efektivně monitorovat řeky o šířce 10 m i širší, pokud se přistoupí k tvorbě bariér a zúžení prostoru pro migraci ryb. Při využití jiného typu kabelu je možné vytvoření větších anténových systémů, které mohou pokrýt i větší toky. Technologie může být využita k standardnímu monitoringu rybích přechodů při úpravě kabelu na požadovanou velikost a vyladění systému.

Smlouva o uplatnění ověřené technologie byla uzavřena se státním podnikem Povodí Vltavy se sídlem Holečkova 3178/8, 150 00 Praha 5 – Smíchov.

## 11. Seznam literatury

Bond, R.M., Nicol, C.L., Kiernan, J.D., Spence, B.C., 2018. Occurrence, fate, and confounding influence of ghost PIT tags in an intensively monitored watershed. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 76, 185–191. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2017-0409>

Bonter, D.N., Bridge, E.S., 2011. Applications of radio frequency identification (RFID) in ornithological research: a review. *J. F. Ornithol.* 82, 1–10. <https://doi.org/10.1111/j.1557-9263.2010.00302.x>

Brönmark, C., Skov, C., Brodersen, J., Nilsson, P.A., Hansson, L.-A., 2008. Seasonal migration determined by a trade-off between predator avoidance and growth. *PLoS One* 3, e1957. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0001957>

Bubb, D.H., Lucas, M.C., Thom, T.J., Rycroft, P., 2002. The potential use of PIT telemetry for identifying and tracking crayfish in their natural environment. *Hydrobiologia* 483, 225–230. <https://doi.org/10.1023/A:1021352217332>

Čech, M., Kratochvíl, M., Kubečka, J., Draštík, V., Matěna, J., 2005. Diel vertical migrations of bathypelagic perch fry. *J. Fish Biol.* 66, 685–702. <https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2005.00630.x>

Deinet, S., Scott-Gatty, K., Rotton, H., Twarddek, W.M., Marconi, V., McRae, L., Baumgartner, L.J., Brink, K., Claussen, J.E., Cooke, S.J., Darwall, W., Klemens Eriksson, B., Garcia de Leaniz, C., Hogan, Z., Royte, J., M Silva, L.G., Thieme, M.L., Tickner, D., Waldman, J., Wanningsen, H., F Weyl, O.L., Berkhuisen, A., de Leaniz, G., 2020. The Living Planet Index (LPI) for migratory freshwater fish - Technical Report. World Fish Migration Foundation, The Netherlands.

Grill, G., Lehner, B., Thieme, M., Geenen, B., Tickner, D., Antonelli, F., Babu, S., Borrelli, P., Cheng, L., Crochetiere, H., Ehalt Macedo, H., Filgueiras, R., Goichot, M., Higgins, J., Hogan, Z., Lip, B., McClain, M.E., Meng, J., Mulligan, M., Nilsson, C., Olden, J.D., Opperman, J.J., Petry, P., Reidy Liermann, C., Sáenz, L., Salinas-Rodríguez, S., Schelle, P., Schmitt, R.J.P., Snider, J., Tan, F., Tickner, K., Valdujo, P.H., van Soesbergen, A., Zarfl, C., 2019. Mapping the world's free-flowing rivers. *Nature* 569, 215–221. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1111-9>

Haddad, N.M., Brudvig, L.A., Clobert, J., Davies, K.F., Gonzalez, A., Holt, R.D., Lovejoy, T.E., Sexton, J.O., Austin, M.P., Collins, C.D., Cook, W.M., Damschen, E.I., Ewers, R.M., Foster, B.L., Jenkins, C.N., King, A.J., Laurance, W.F., Levey, D.J., Margules, C.R., Melbourne, B.A., Nicholls, A.O., Orrock, J.L., Song, D.-X., Townshend, J.R., 2015. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Sci. Adv.* 1, e1500052. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500052>

Hein, L., van Koppen, K., de Groot, R.S., van Ierland, E.C., 2006. Spatial scales, stakeholders and the valuation of ecosystem services. *Ecol. Econ.* 57, 209–228. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.04.005>

Lucas, M.C., Baras, E., 2001. Migration of Freshwater Fishes. Blackwell Science Ltd, Oxford, UK. <https://doi.org/10.1002/9780470999653>

Musselman, W.C., Worthington, T.A., Mouser, J., Williams, D.M., Brewer, S.K., 2017. Passive Integrated Transponder Tags: Review of Studies on Warmwater Fishes With Notes on Additional Species. *J. Fish Wildl. Manag.* 8, 353–364. <https://doi.org/10.3996/122016-JFWM-091>

R Development Core Team, 2016. R: A Language and Environment for Statistical Computing. *R Found. Stat. Comput.* <https://doi.org/10.1007/978-3-540-74686-7>

Schneider, J., Hegglin, R., Meier, S., Turowski, J.M., Nitsche, M., Rickenmann, D., 2010. Studying sediment transport in mountain rivers by mobile and stationary RFID antennas, In: Proceedings of the International Conference on Fluvial Hydraulics: River Flow 2010, Bundesanstalt Für Wasserbau, Braunschweig. 1723–1730.

Schneider, J.C., 2000. Chapter 8 : Lake Fish Population Estimates by Mark-and-Recapture Methods. *Man. Fish. Surv. Methods II with Period. Updat.*

Silva, A.T., Lucas, M.C., Castro-Santos, T., Katopodis, C., Baumgartner, L.J., Thiem, J.D., Aarestrup, K., Pompeu, P.S., O'Brien, G.C., Braun, D.C., Burnett, N.J., Zhu, D.Z., Fjeldstad, H.P., Forseth, T., Rajaratnam, N., Williams, J.G., Cooke, S.J., 2018. The future of fish passage science, engineering, and practice. *Fish Fish.* 19, 340–362. <https://doi.org/10.1111/faf.12258>

Skov, C., Brodersen, J., Bronmark, C., Hansson, L.-A., Hertonsson, P., Nilsson, P.A., 2005. Evaluation of PIT-tagging in cyprinids. *J. Fish Biol.* 67, 1195–1201. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2005.00814.x>

Šmejkal, M., Bartoň, D., Děd, V., Souza, A.T., Blabolil, P., Vejřík, L., Sajdlová, Z., Říha, M., Kubečka, J., 2020. Negative feedback concept in tagging: Ghost tags imperil the long-term monitoring of fishes. *PLoS One* 15, e0229350. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229350>

Šmejkal, M., Blabolil, P., Bartoň, D., Duras, J., Vejřík, L., Sajdlová, Z., Kočvara, L., Kubečka, J., 2019. Sex-specific probability of PIT-tag retention in a cyprinid fish. *Fish. Res.* 219, 105325. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2019.105325>

Šmejkal, M., Souza, A.T., Blabolil, P., Bartoň, D., Sajdlová, Z., Vejřík, L., Kubečka, J., 2018. Nocturnal spawning as a way to avoid egg exposure to diurnal predators. *Sci. Rep.*, 8, 15377. DOI:10.1038/s41598-018-33615-4

Šmejkal, M., Ricard, D., Vejřík, L., Mrkvička, T., Vebrová, L., Baran, R., Blabolil, P., Sajdlová, Z., Vejříková, I., Prchalová, M., Kubečka, J., 2017. Seasonal and daily protandry in a cyprinid fish. *Sci. Rep.* 7, 4737. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04827-x>

Weber, L., Šmejkal, M., Bartoň, D., Rulík, M., 2019. Testing the applicability of tagging the Great crested newt (*Triturus cristatus*) using passive integrated transponders. *PLoS One* 14, e0219069. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219069>

Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., McGowan, L., François, R., Golemund, G., Hayes, A., Henry, L., Hester, J., Kuhn, M., Pedersen, T., Miller, E., Bache, S., Müller, K., Ooms, J., Robinson, D., Seidel, D., Spinu, V., Takahashi, K., Vaughan, D., Wilke, C., Woo, K., Yutani, H., 2019. Welcome to the Tidyverse. *J. Open Source Softw.* 4, 1686. <https://doi.org/10.21105/joss.01686>

Zydlewski, G.B., Horton, G., Dubreuil, T., Letcher, B., Casey, S., Zydlewski, J., 2006. Remote monitoring of fish in small streams. *Fisheries* 31, 492–502. [https://doi.org/10.1577/1548-8446\(2006\)31](https://doi.org/10.1577/1548-8446(2006)31)

#### **Ověření technologie:**

**Využití univerzálních anténových systémů k detekci značených ryb ve větších vodách**

#### **Autoři:**

Marek Šmejkal, Tomáš Kolařík, Daniel Bartoň, Zuzana Sajdlová, Petr Blabolil a Luboš Kočvara

#### **Vydavatel:**

Biologické centrum AV ČR, v.v.i.  
Na Sádkách 702/7, 370 05 České Budějovice

**Tisk:** Tiskárna Lukáš Sobotka, Řečany nad Labem

**Vydání:** první, 2020

**Počet stran:** 20

ISBN 978-80-86668-71-0

