

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Fakulta rybářství a ochrany vod

Ústav akvakultury a ochrany vod

Diplomová práce

**Optimalizace využití RFID technologie pro detekci
značených ryb ve sladkovodním prostředí**

Autor: Bc. Tomáš Kolařík

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Marek Šmejkal, Ph.D.

Konzultant a fakultní garant diplomové práce: Mgr. Peter Podhorec, Ph.D.

Studijní program a obor: Zemědělská specializace, Rybářství a ochrana vod

Forma studia: Prezenční

Ročník: II.

České Budějovice, 2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že, v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění, souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě, případně v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných FROV JU. Zveřejnění probíhá elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce.

Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum: 21. 5. 2020

Podpis studenta

Rád bych poděkoval vedoucímu RNDr. Markovi Šmejkalovi, Ph.D. za metodické vedení, odbornou pomoc, trpělivost a ochotu poskytnout mi velmi cenné rady. Chtěl bych také poděkovat RNDr. Petru Blabolilovi, Ph.D. za poskytnutí cenných rad a připomínek, také bych chtěl poděkovat skupině HBÚ FishEcU za zázemí, finanční prostředky a za pomoc při terénních a laboratorních testech a Mgr. Petru Podhorcovi, Ph.D.

Největší díky však patří mé rodině za dlouhodobou morální i finanční podporu a porozumění, nejen při studiu a přípravě této práce, ale ve všech oblastech života.

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta rybářství a ochrany vod

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Tomáš KOLAŘÍK
Osobní číslo:	V18N008P
Studijní program:	N4106 Zemědělská specializace
Studijní obor:	Rybářství a ochrana vod
Téma práce:	Optimalizace využití RFID technologie pro detekci značených ryb ve sladkovodním prostředí
Zadávací katedra:	Ústav akvakultury a ochrany vod

Zásady pro vypracování

Cíl práce: Vyhodnotit možnosti použití metod pasivní telemetrie (technologie RFID) pro detekci ryb ve sladkovodních ekosystémech. V rešeršní části student kriticky zhodnotí aktuální publikované poznatky zabývající se pasivními telemetrickými systémy a jejich potenciální aplikaci do praxe. Zaměří se také na alternativní metody mapování domácího okrsku ryb pomocí RFID metody a jejich design použití v přirozených podmínkách. Bude se věnovat vhodnosti metody pro různá prostředí, které ryby obývají (lotické vs. lentické sladkovodní ekosystémy). Student by si měl v této fázi osvojit práci s anglickou literaturou, ideálně s pomocí profesionálního citačního programu (např. Mendeley).

V praktické části se student naučí pracovat s pasivní telemetrií, navrhovat a optimalizovat jednotlivé typy a tvary antén a následně nevhodnější typy antén použije pro zaznamenání ryb ve volném prostředí (firma Oregon RFID, Oregon, USA). Bude hledat adekvátní typy materiálu na českém trhu, které by odpovídaly mezinárodním standardům a usnadnily tak použití technologie v českém prostředí. U jednotlivých parametrů antén student porovná detekční vzdálenosti a ověří jejich funkčnost a spolehlivost v praxi při sledování třetí migrace bolena dravého (*Leuciscus aspius*) na evropsky významné lokalitě Želivka. V terénním pozorování vyzkouší vybrané prototypy antén a jejich konstrukci v praxi, účinnost a limity při jejich instalaci.

V diskuzní části se bude věnovat vyhodnocení a interpretaci získaných výsledků a jejich porovnání s doposud známými údaji. Stejným pohledem bude aplikovatelnost na ekologické studie, které jsou doposud řešeny jinými méně vhodnými metodami. Výhody a omezení pasivních telemetrických systémů budou popsány případovými studiemi.

Rozsah pracovní zprávy:	50-70 stran
Rozsah grafických prací:	dle potřeby
Forma zpracování diplomové práce:	tištěná

Seznam doporučené literatury:

- Aymes, J.C., and Rives, J. 2009. Detection efficiency of multiplexed Passive Integrated Transponder antennas is influenced by environmental conditions and fish swimming behaviour. *Ecol. Freshw. Fish.* doi:10.1111/j.1600-0633.2009.00373.x.
- Bond, M.H., Hanson, C. V., Baertsch, R., Hayes, S.A., and MacFarlane, R.B. 2007. A New Low-Cost Instream Antenna System for Tracking Passive Integrated Transponder (PIT)-Tagged Fish in Small Streams. *Trans. Am. Fish. Soc.* doi:10.1577/T06-084.1.
- Booth, M.T., Hairston, N.G., and Flecker, A.S. 2013. How mobile are fish populations? Diel movement, population turnover, and site fidelity in suckers. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 70: 666-677. doi:10.1139/cjfas-2012-0334.
- Brännäs, E., Lundqvist, H., Prentice, E., Schmitz, M., Brännäs, K., and Wiklund, B.S. 1994. Use of the Passive Integrated Transponder (Pit) in A Fish Identification and Monitoring-System for Fish Behavioral-Studies. *Trans. Am. Fish. Soc.* 123: 395-401. doi:10.1577/1548-8659(1994)123<0395:U0TPIT>2.3.CO;2.

- Burnett, N.J., Stamplecoskie, K.M., Thiem, J.D., and Cooke, S.J. 2013. Comparison of detection efficiency among three sizes of half-duplex passive integrated transponders using manual tracking and fixed antenna arrays. *North Am. J. Fish. Manag.* 33(1): 7-13. Available from <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02755947.2012.734895>.
- Castro-Santos, T., Haro, A., and Walk, S. 1996. A passive integrated transponder (PIT) tag system for monitoring fishways. *Fish. Res.* 28(3): 253-261. Elsevier. doi:10.1016/0165-7836(96)00514-0.
- Fetherman, E.R., Avila, B.W., and Winkelman, D.L. 2014. Raft and Floating Radio Frequency Identification (RFID) Antenna Systems for Detecting and Estimating Abundance of PIT-tagged Fish in Rivers. *North Am. J. Fish. Manag.* 34: 1065-1077. doi:10.1080/02755947.2014.943859.
- Gibbons, J.W., and Andrews, K.M. 2004. PIT Tagging: simple technology at its best. *Bioscience* 54: 447-454. doi:10.1641/0006-3568(2004)054[0447:PTSTAJ]2.0.CO;2.
- Greenberg, L.A., and Giller, P.S. 2000. The potential of flat-bed passive integrated transponder antennae for studying habitat use by stream fishes. *Ecol. Freshw. Fish* 9: 74-80. doi:10.1034/j.1600-0633.2000.90108.x.
- Johnston, P., Bérubé, F., and Bergeron, N.E. 2009. Development of a flatbed passive integrated transponder antenna grid for continuous monitoring of fishes in natural streams. *J. Fish Biol.* 74: 1651-1661. doi:10.1111/j.1095-8649.2009.02211.x.
- O'Donnell, M.J., Horton, G.E., and Letcher, B.H. 2010. Use of Portable Antennas to Estimate Abundance of PIT-Tagged Fish in Small Streams: Factors Affecting Detection Probability. *North Am. J. Fish. Manag.* 30: 323-336. doi:10.1577/M09-008.1.
- Richer, E.E., Fetherman, E.R., Kondratieff, M.C., and Barnes, T.A. 2017. Incorporating GPS and mobile radio frequency identification to detect PIT-Tagged fish and evaluate habitat utilization in streams. *North Am. J. Fish. Manag.* 37: 1249-1264. doi:10.1080/02755947.2017.1374312.
- Roussel, J.-M., Haro, A., and Cunjak, R.A. 2000. Field test of a new method for tracking small fishes in shallow rivers using passive integrated transponder (PIT) technology. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 57(7): 1326-1329. doi:10.1139/f00-110.
- Schmidt, T., Löb, C., Schreiber, B., and Schulz, R. 2016. A pitfall with PIT tags: reduced detection efficiency of half-duplex passive integrated transponders in groups of marked fish. *North Am. J. Fish. Manag.* 36: 951-957. doi:10.1080/02755947.2016.1173143.
- Zydlewski, G.B., Haro, A., Whalen, K.G., and McCormick, S.D. 2001. Performance of stationary and portable passive transponder detection systems for monitoring of fish movements. *J. Fish Biol.* 58(5): 1471-1475. doi:10.1006/jfbi.2000.1540.

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Marek Šmejkal, Ph.D.

Konzultant diplomové práce: Mgr. Peter Podhorec, Ph.D.
Ústav akvakultury a ochrany vod

Datum zadání diplomové práce: 21. dubna 2020

Termín odevzdání diplomové práce: 18. května 2020



prof. Ing. Pavel Kozák, Ph.D.
děkan

L.S.



Ing. Jan Kašpar
ředitel

Obsah

1. Úvod	9
2. Literární přehled	10
2.1. Migrace.....	10
2.1.1. Studování migrací	10
2.1.2. Migrace ryb.....	11
2.1.3. Rozdělení migrací	13
2.1.4. Motivace k migraci	16
2.2. Značení ryb	20
2.2.1. Význam.....	20
2.2.2 Účel a individuálnost značení.....	21
2.2.3. Náročnost značení vs. množství ryb	22
2.3. Metody značení vyžadující zpětný odlov ryb.....	22
2.4. Metody značení nevyžadující zpětný odlov ryb.....	23
2.4.1. Telemetrické metody	23
2.4.2. Radiofrekvenční identifikace (RFID – Radio frequency identification)	26
2.4.2.1. Čtecí zařízení (readery a ruční čtečky).....	28
2.4.2.2. Tagy.....	32
2.4.2.3. Přehled RFID systémů využívaných pro ryby.....	33
2.4.2.4. Faktory negativně ovlivňující detekci tagů.....	34
2.4.2.5. Aplikace PIT tagů – typu glasstag.....	37
2.4.2.5. Rizika vyloučení tagu.....	38
3. Materiál a metodika	40
3.1. Technické specifikace.....	41
3.1.1. Tag (transpondér)	41
3.1.2. Čtecí zařízení HDX	41
3.1.3. Ruční čtečka	41

3.1.4. Antény	42
3.1.5. Zdroj energie	45
3.1.6. Prototypy antén a jejich použití	46
3.1.7. Statistická analýza dat	47
4. Výsledky	48
4.1 Vyhodnocení typů kabelů, tvarů a rozměrů antén	52
4.3. Technické zásady pro instalaci antén a kritické body	53
4.3. Výsledky Statistické analýzy dat.....	54
5. Diskuze	59
6. Závěr.....	65
7. Literární zdroje	66
8. Seznam příloh	82
9. Přílohy	83
10. Abstrakt.....	89
11. Abstract	90

1. Úvod

Chceme-li porozumět chování, preferencím habitatů, pohybům a migračním vzorcům většiny druhů zvířat, včetně ryb, je nezbytně nutné je sledovat (Lucas a Baras, 2001). Bohužel člověk přizpůsobený na terestické prostředí nemůže dost dobře sledovat děje pod vodní hladinou, proto byla věnována velká pozornost vývoji metod, které by nám poodhalily děje skryté ve vodním prostředí (Zydlewski a kol., 2001). Sledování neboli monitoring ve vodním prostředí není snadné a má své limity, které ovlivňuje řada faktorů (Thorsteinsson a kol., 2002). Při hledání vhodné technologie, která by byla schopna tyto informace poskytnout, se začal využívat jednoduchá, ale přesto efektivní radiofrekvenční identifikace (RFID) (Hill a kol., 2006). Tato technologie je nejen široce rozšířená v odvětví IT technologií, ale je použitelná i pro monitoring transportu půdních částic (Parsons a kol., 2014), odnos sedimentu v tocích (Lamarre a kol., 2005), značení domácích i hospodářských zvířat (Floyd, 2015), i sledování chování živočichů, počínaje bezobratlými (Bubb a kol., 2002) přes ryby (Zydlewski a kol., 2001), obojživelníky (Pope a Matthews, 2001), plazi (Jemison a kol., 1995), ptáky (Boisvert a Sherry, 2000) až po savce (Clay a kol., 2009). Není tedy divu, že se stala hlavní značící technikou jedinců ve vodním prostředí (Cooke a kol., 2013).

Jedná se o velmi aktuální technologii pro testování průchodnosti rybích přechodů a migračního chování ryb hlavně z důvodu, že současná odborná literatura o jiné metodě neuvažuje (Bunt a kol., 2011), proto se tato práce zabývá RFID technologií pasivních integrovaných transpondérů - PIT tagů pro značení a následný monitoring ryb bez nutnosti jejich opětovného odlovu. Diplomová práce shrnuje a hlavně prohlubuje nejnovější poznatky v oblasti používání vhodných materiálů, dostupných pro konstruování anténních čtecích bran systému, modifikací a možností designů nezbytných pro zefektivnění technologie. Poznatky o funkčnosti, spolehlivosti, detekčních vzdálenostech a limitech technologie, byly experimentálně testovány nejen v laboratorních podmínkách, ale byly ověřeny i přímou aplikací v reálných terénních podmínkách při sledování třetí migrace bolena dravého (*Leuciscus aspius*) na evropsky významné lokalitě Želivka. Diplomová práce odpovídá na otázku, zda RFID PIT tag systém má potenciál stát se široce rozšířenou technologií s různorodým použitím nejen v přirozených a umělých podmínkách Českých toků se zaměřením na sladkovodní ryby.

Cíle práce:

- Navrhnout řešení pro monitoring na vodních tocích České republiky a specifikovat materiál vhodný pro použití nejen v přirozených podmínkách, ale i pro rybí přechody a potrubí vodní elektrárny s turbínou.
- Otestovat efektivitu detekce ryb při standardním nastavení (10 skenů.s⁻¹).

2. Literární přehled

2.1. Migrace

Migracemi jsou označovány pravidelné a hromadné stěhování živočišných druhů. Migrace prošly historickým vývojem, během něhož se vyvíjely a geneticky se zakódovávaly (Nikoľskij, 1961). Lze je chápat jako účelové přesuny jedinců, hejn či částí populací bez ohledu na směřování, vzdálenost či načasování (Lusk a kol., 2011). Cílem je přemístování do míst s takovými podmínkami, jež jsou migranty vyžadovány, ve fázi životního cyklu nastupujícího ke konci migrace. Jedná se o velkolepý přírodní úkaz, který však může mít i značný hospodářský význam. Migrace se tedy staly předmětem rozsáhlých výzkumů a vypracován byl i větší počet hledisek a systémů, jejichž pomocí jsou členěny a terminologicky označovány (Lucas a Baras, 2001).

2.1.1. Studování migrací

Ryby představují polovinu všech žijících druhů obratlovců (Nelson, 1994). Obrovská rozmanitost je z velké části způsobena vysokým počtem nik a stanovišť, které jsou k dispozici napříč planetou pokrytou převážně vodou. Současně s velkou rozmanitostí stanovišť je vysoká prostorová a časová heterogenita zdrojů, což vedlo k vývoji neuvěřitelně bohaté sady migračních chování, která umožňuje rybám úspěšně využívat téměř všechny vodní prostředí na Zemi (Grubbs a Kraus, 2010). Jedná se o strategii posilující kondici jedinců v odpovědi na měnící se ekologické a environmentální podmínky (Chapman a kol., 2014). Gerking (1953 a 1959) uznává „Teorii omezeného pohybu“, kdy sladkovodní ryby nemigrují a jsou schopny prožít celý svůj život v jedné tůni. Tato teorie byla v devadesátých letech minulého století

vyvrácena. Od té doby je populace chápána jako mix jedinců s rezidenčními nebo migračními předpoklady (Gowan a kol., 1994; Chapman a kol., 2011). Migrací jsou různé typy a existují i částečné, při nichž posuzujeme ekologické faktory odpovědné za zvyšování individuálních rozdílů v migračních tendencích v populacích. Při podpoře vývoje částečné migrace může být důležitá řada faktorů (Chapman a kol., 2011).

2.1.2. Migrace ryb

Migrace jsou chápány jako cyklické a hromadné stěhování živočišných druhů na různé vzdálenosti za určitým cílem. Jde o směrově orientovanou pohybovou aktivitu k jejímu uskutečnění je potřeba určitý podnět v rámci životního cyklu nebo náhodná příčina, které způsobí přesun ryb na jiná stanoviště (Nikol'skij, 1961; Begon a kol., 1997). K různým přesunům se však kromě živočišných druhů mohou uchýlovat i menší celky jako části populací, hejn či pouze jedinci bez ohledu na směrování, periodicitu či účel (Chapman a kol., 2011). Na úrovni jedinců jsou migrace jen málo poznány fenomén. Volný pohyb lze považovat za jednu ze základních podmínek prosperity druhu i populace. V minulosti byla možnost volné migrace v podélném profilu toků základním předpokladem pro rozšíření druhů do jiných říčních systémů, ale ještě ani dnes není přesně znám podíl migrací na rozšíření druhů a na koevoluční vztahy s dalšími organismy (Lucas a Baras, 2001).

Ryby se v českých říčních systémech mohou pohybovat ve všech směrech, a to horizontálně, vertikálně, laterálně, protiproudově či po proudově (Lusk, 2014). Protiproudová migrace probíhá z níže položených částí toku do výše ležících úseků proti jednosměrnému proudění vody. Po proudová migrace je uskutečňována opačně, ve směru proudění vody v korytě z horních úseků řek do níže položených míst toku (Baruš a kol., 1995). Po proudová a proti proudová migrace jsou negativně ovlivňovány přehradami, které je ve většině případů dokáží zcela eliminovat. U laterálních migrací, ryby z vlastního místa vodního toku odplouvají a přesouvají se do plošně zaplavených říčních niv nebo do bočních ramenních systémů. V současné době je laterální migrace prakticky neproveditelná, neboť ji brání provedené úpravy vodních toků (Lusk a kol., 2004). Koncem 90. let 20. století bylo 67 z 200 evropských druhů ryb nějakým způsobem ohroženo (Lelek, 1987). Northcote (1998) dokládá, že téměř 60% případů těchto ohrožení je způsobeno výstavbou neprostupných jezů či přehrad. Výjimkou

v České republice jsou pouze toky jako horní Lužnice, Poodří, Litovelské Pomoraví a soutok Moravy a Dyje, kde ačkoliv jsou postavené různé konstrukce a stavby na toku, tak nebrání laterální migraci (Lusk a kol., 2004; Lojkásek a kol., 2004).

Migraci lze rozdělit na aktivní a pasivní. Aktivní migrace je obvykle spojená s velkým výdejem energie z energetických zásob organismu. Je tedy uskutečňována za pomoci aktivních pohybů zvířete, kdy dochází ke kalorickým ztrátám z tělesné hmotnosti spolu se zvyšující se spotřebou kyslíku, potřebného pro okysličení fyzicky namáhaného organismu (Brett, 1973). Migrant si aktivně může měnit trasu a cílové stanoviště. Oproti tomu pasivní migrace se uskutečňuje bez energetických výdajů za pomoci využití jednosměrných vodních proudů, říčních či mořských. Probíhá v podélném profilu vodního toku (Baruš a kol., 1995). Je nejčtenější v průběhu různých ontogenetických stádií. Od vyvíjejících se jiker pelagofilních nebo polopelagifilních druhů, vylíhnutých zárodků a larev, která ještě nejsou schopná potřebného aktivního pohybu až po pokročilejší vývojová stadia (Balon, 1975). Dokonce i dospělci vracející se po vytření z výše položených úseků toku, kdy jsou ryby unášeny proudem v podélném profilu vodního toku (Baruš a kol., 1995). Posledním případem je kombinace předchozích, kdy např. larvy úhoře říčního (*Anguilla anguilla*) jsou pasivně unášeny během migrace v moři nebo v pobřežním pásmu a následně juvenilní či adultní jedinci táhnou zpět proti proudu toku (Gosset a kol., 2005).

Musíme však rozlišovat, zda se u jedinců ve stadiu larvální periody jedná o aktivní „chtěný“ či pasivní drift. Nejčastěji k pasivní migraci dochází za povodňových stavů průtoků. Poproudový drift hraje významnou roli u raných vývojových stádií, kdy je důležitou součástí jejich životního cyklu (Reichard a Jurajda, 2000; Reichard a kol., 2002). Samotnou migraci vyvolávají podněty, které mají biotický a abiotický původ. Biotické vlivy jsou úzce vázané na metabolismus, kdy se uplatňují hormonální vlivy (pohlaví a dosažení pohlavní dospělosti), genetické faktory i nutkání navrátit se na domovské stanoviště. Z abiotických podnětů se jedná především o teplotu vody, obsah kyslíku, průtok, průhlednost či zakalení vody. Svou neméně významnou úlohu hrají i klimatické faktory, kdy je důležité roční období, barometrický tlak, vodní srážky, délka slunečního svitu, intenzita světla či diurnální cyklus (Libosvářský, 1976; Lucas a Baras, 2001; Prchalová a kol., 2006a; Bizzoto a kol., 2009; Slavík a kol., 2009).

2.1.3. Rozdělení migrací

Nejzákladnější rozdělení migrací je na amfibiontní a holobiontní:

Amfibiontní – migrace mezi sladkými vodami a mořem. Druhy podnikající takovéto přesuny, jsou schopny měnit osmoregulační mechanismy.

- a) diadromní migrace jsou obousměrné přesuny mezi vodním tokem se sladkou vodou a mořským prostředím a dále se dělí na podskupiny:
 - katadromní migrace probíhající ze sladké vody do moře za účelem rozmnožování. Typickým představitelem je úhoř říční, který se tře v Sargasovém moři v Atlantském oceánu a po tření, adultní jedinci hynou. Jeho pelagické jikry a posléze larvy jsou pasivně unášeny Golským proudem, než dosáhnou břehů Evropy. Po dokončení larválního vývoje a metamorfózy v juvenilní stádium v larvu (monté), část úhořů migruje proti proudu řek, do jejich horních částí. V řekách rostou, samci pohlavně dospívají za 8 – 15 let a samice 10 – 18 let či více a následně zahajují poproudovou migraci zpět vodními toky za rozmnožováním do Atlantského oceánu (Lowe, 1952; Bruijs a Durif, 2009).
 - anadromní migrace zahrnuje přesuny za rozmnožováním z mořského prostředí do sladkých vod. Jediným druhem podnikajícím tuto migraci je z našich ryb dospělý losos obecný (*Salmo salar*), který ještě na počátku minulého století alespoň částečně migroval ze Severního a Baltského moře Odrou a Labem za třením. Tam vylíhnutý plůdek a strdlíce (juvenilní stádium žijící v horních úsecích vnitrozemských toků) odrůstají, aby následně spluli jako smolti zpět do moře. Kde časem dosáhnou pohlavní dospělosti a poté táhnou za třením zpět do míst, kde se vykulili z jikry. Po výtěru se část zdravých lososů navrací zpět do moře, aby migraci za třením ještě 2 až 5 krát zopakovali (Fraser a kol., 1995; Fleming, 1996).

- amfidromní migrace není vázána na rozmnožování. Larvální stádium putuje ze slaných do sladkých vod či obráceně za účelem proběhnutí prvotní růstové fáze. Po jejím proběhnutí se navracejí do původního prostředí, kde dále rostou a také se reprodukují (Nelson, 1994).

Holobiontní – typické migrace pro druhy žijící trvale v jednom typu životního prostředí

- a) thalassobiontní či thalassodromní migrace probíhá pouze v rámci mořské vody. Lze do této skupiny zařadit tuňáky, makrely a některé platýsi.
- b) potamobiontní či potamodromní migrace probíhají pouze v rámci sladkovodního prostředí. Do této skupiny patří většina našich druhů ryb.

Podle účelu řadí tyto migrace Lusk a kol. (2014) na:

- reprodukční – jeden z nejvýznamnějších druhů migrací z hlediska zachování populace a druhu v rámci vodního prostředí (vodní tok, jezero, nádrž, vodní tok – záplavové území). Hlavním cílem je najít prostředí s optimálními podmínkami pro uložení (substrát), vývoj jiker a následný růst larválních a juvenilních stádií. Za optimální podmínky je považován určitý druh substrátu a kvalita vody odpovídající biologii daného druhu. Vzdálenost přesunů je značně variabilní a je vázána na biologickou charakteristiku druhu. Kupříkladu u vranky pruhoploutvé (*Cottus poecilopus*) jde obvykle o migraci v délce několika jednotek či desítek metrů až po stovky metrů proti proudu za den (Kubín a kol., 2019). Zatímco u ostroretky stěhovavé (*Chondrostoma nasus*) se jedná o migrace v obvyklých vzdálenostech až desítky kilometrů (Rakowitz a kol., 2008). U každého jednotlivého druhu jsou optimální podmínky prostředí pro rozmnožování odlišné, proto jsou reprodukční projevy jak matečných ryb, tak i charakteristické vlastnosti larev a jiker geneticky zakódované.
- potravní – obvykle se vzdálenosti těchto migrací pohybují do řádů desítek metrů, avšak v závislosti na druhu, velikosti jedinců a mohutnosti toku mohou být výrazně delší až v rámci několika kilometrů. Tyto přesuny jsou vázány na sezónní charakter a určitý denní rytmus.

- kompenzační – V důsledku například krátkodobého znečištění či po průchodu velkých vod nebo ledu, obvykle dochází k sestupu ryb s vodou a jejich následnému návratu, jakmile to podmínky prostředí dovolí (Alerstam a kol., 2003).
- okupační – migrace slouží k rozšiřování areálu druhu. V minulosti tento způsob přesunu ryb umožnil přirozené rozšíření původních druhů v rámci povodí. V dnešní době se jedná hlavně o aktivní rozšiřování invazivních druhů do toků, kde není jejich přirozený areál výskytu. Podmínkou k tomuto typu šíření je kromě migrační prostupnosti toků i zvyšující se lodní doprava, která také negativně přispívá k přesunům nepůvodních druhů. Lze tedy říci, že významným faktorem je i působení člověka buďto nevědomě nebo záměrně. Díky těmto negativním vlivům je na našem území hojně rozšířen karas stříbřitý (*Carassius gibelio*) a masivně se v současné době rozšiřuje hlaváč černoústý (*Neogobius melanostomus*).
- vývojové – souvisí s růstem a vývojem jedince. Jak ryba roste, mění se její preference vůči stanovišti, například velikosti teritoria, hloubky vody a rychlosti proudu. Například u pstruha obecného (*Salmo trutta*) můžeme pozorovat, jak v určité fázi svého vývoje hledá větší teritorium a stejně tak se po výtěru navrácí zpět do svého původního stanoviště.
- únikové – jde o specifické migrace vyvolané nepříznivými vlivy, například znečištěním vody organickými či toxickými látkami, nedostatkem rozpuštěného kyslíku ve vodě, nízkými průtokovými stavy, predátory apod. Za předpokladu, že ryby nepříznivé podmínky přecházejí v dané lokalitě, snaží se vyhledávat přítoky, povrchovou vrstvu vody, tůň v podjezí či okrajové příbřežní části toku. V lokalitě silně ovlivněné predátorem se ryby snaží ovlivnit působení predátora změnou na lokalitu s příhodnějšími podmínkami (Alerstam a kol., 2003). Například lipan podhorní (*Thymallus thymallus*) je schopen migrovat do proudnějších částí toku, kde se může ukrývat před predáčním tlakem kormorána velkého (*Phalacrocorax carbo*), který zde není schopen efektivně lovit (ústní sdělení Hladík, 2019).

- sezónní – přesuny vyvolané za účelem hledání vhodných stanovišť například pro přezimování. Při poklesu teploty byly pozorovány přesuny do teplotních refugií podzemních pramenů, ale byly zaznamenány i migrace jelců tloušťů (*Squalius cephalus*) do přístavů na Labi (Horký a kol., 2007). Po skončení zimního období a při zvýšení teploty vody se ryby navracejí zpět do míst původního výskytu. Tyto migrace jsou dobře pozorovatelné u některých okounovitých ryb, například u candáta obecného (*Sander lucioperca*) (Lappalainen a kol., 2003).
- diurnální – jsou migrace podmíněné intenzitou světla a obvykle se jedná o přesuny stanoviště obývaného ve dne či v noci. Většinou jsou to přesuny mezi stanovišti s mělkou a hlubší vodou, nebo z míst s pomalu proudící až stojící vodou do lokalit s vodou proudnou. Zároveň se může jednat i o přesuny z úkrytu (ve dne) do částí vodního prostředí bez úkrytů (v noci), které souvisí s potravní aktivitou (Říha a kol., 2015).
- Indukované parazity – Parazitismus je jednou z nejdůležitějších hnacích sil v ekologii, protože ovlivňuje distribuci a hojnost organismů v lokálním a globálním měřítku (Tompkins a Begon, 1999). Účinky parazitů na chování hostitele sahají od změn aktivity až ke změnám v preferencích stanovišť, příkladem může být glochidie (Horký a kol., 2014).

2.1.4. Motivace k migraci

Jedinci s určitými metabolickými vlastnostmi mají odpovídající projevy chování, podle kterých vykazují snahu šířit se v prostoru = migrovat. Tzv. migranti jsou úspěšnější jedinci, rozšiřující své geny co nejdále od mateřské populace. Jde o strategii posilující kondici jedinců v odpovědi na měnící se ekologické a environmentální podmínky. Mechanismus je vhodný pro šíření druhů, kdy se motivace odvíjí od reprodukčních cyklů, ontogenetického vývoje, hledání dostupných zdrojů a atmosférických cyklů (Slavík, 2016). Migrační chování je tedy ovlivňováno vnějším prostředím a biologickými procesy ryby. Za vnější faktory považujeme dostupnost kořisti, přesuny, vyhýbání se predátorovi a abiotické podmínky. Pod pojmem abiotické

podmínky jsou myšleny faktory, kterými jsou světlo, teplota, meteorologie, hydrologie a kvalita vody. Zatímco vnitřními stavy jsou myšleny ontogenetické změny, hlad, strach a fixace k známému stanovišti či prostoru (Lucas a Baras, 2001). Prostředí a biotické faktory mohou převážit vliv charakteristického životního cyklu zahrnujícího existenci a migrační rozsah u celé řady sladkovodních druhů ryb (Thorpe, 1987; Gross, 1987). Ontogenetické změny motivace a odpovědi na podněty jsou výsledkem vnitřních procesů a zkušeností z prostředí (Colgan, 1993).

Mnoho druhů ryb migruje z důvodu hledání potravy, někdy i přes značné vzdálenosti a zvyšující se riziko predace. Podnět k potravní migraci zahrnuje jak faktor hladu z pohledu střevní plnosti, tak i faktor metabolické rovnováhy v těle. Zejména pelagické ryby v jezerech uskutečňují diurnální migrace. V letním období se jedná o přesuny mezi teplou vrstvou a studenou vrstvou vody, což se odvíjí od měnící se hloubky (Lucas a Baras, 2001). Na přehradách či teplých stratifikovaných jezerech tyto přesuny nemusí být příliš obvyklé, a ryby mohou využívat pouze epilimnion, pokud je hypolimnion hypoxický (Prchalová a kol., 2009). Důvodem přemístování mohou být i důvody jako hledání potravního zdroje, konkrétně zooplanktonu nebo vyhýbání se predátorovi (Lucas a Baras, 2001). Podněty jsou tedy vázány na biotické a abiotické vlivy, které se u kaprovitých, okounovitých, sumcovitých, lososovitých a dalších druhů ryb více či méně liší.

Migrace sladkovodních ryb

Vzdálenost migrace se zkracuje se zvyšujícím se spádem toku a množstvím příčných překážek. Některé studie se zabývají otázkou částečných migrací, kdy se podle individuálního stavu ryb odvíjí i jejich potřeba migrovat. Stav jednotlivých ryb je pravděpodobně důsledkem klimatických faktorů a hustoty potravy v dané lokalitě během roku. To znamená, že existují velké rozdíly v náchylnosti k migraci mezi lety, a to jak v procentech migrujících ryb, tak v době setrvání ryb v proudných lokalitách (Brodersen a kol., 2008). Je obecně známo, že zvířata využívají k rozhodování informace, zda se do určitých oblastí vrátit, znovu je využít anebo se jim raději vyhnout (Morales a kol., 2010). Zvířata se zkušenostmi z různých prostředí, jsou schopna tyto informace využít ve svých preferencích či antipatiích k dané lokalitě. Na preferované

lokalitě jsou pak schopny využít znalosti prostředí. Znalost se může odrazit v efektivnosti lovu a tedy v lepším využití dostupného zdroje potravy za využití menšího množství energie. Pro lososovité ryby se mezi faktory ovlivňující délku a intenzitu migrací uvádí teplota vody, průtok, fáze měsíce, spád toku a sezónnost (Slavík a kol., 2012a; Slavík, 2017). Například optimální teplota vody se pro lososa obecného uvádí v rozsahu 6 až 10 °C (Fraser a kol., 1995).

Pro třecí a migrační aktivitu je příznivější menší a stabilnější průtok než naopak velký, až téměř povodňový (Slavík, 2004). Slavík (2007) zjistil, že aktivita sumcovitých, sledovaná u sumce velkého (*Silurus glanis*), úzce souvisí právě s průtokem vody, ale ovlivňují ji i sezónní a denní vlivy. Vejřík a kol. (2019) pozorovali, nejvyšší aktivitu u sumců v období jara až začínajícího léta, kdy je spojená s hledáním potravy a obvykle v období s nejvyššími průtoky vody.

Fáze měsíce je klíčovým faktorem, utvářející načasování migrační aktivity rčité skupiny ryb. Nejnížší migrační aktivita byla pozorována za úplňku či během dne a naopak při zatmění měsíce migrační aktivita dosahovala nejvyšší intenzity. Zajímavé je chování úhoře říčního, který je typicky noční a útočiště neopouští ani při soumraku, výjimkou mohou být deštivé dny (Lucas a Baras, 2001). Znalost lokality, do které se ryba navrácí, se stává individuální výhodou. Tento jev je označován jako „homing“ (Wootton, 1990; Baruš a kol., 1995). Což může být důležitou strategií v udržování individuální genetické zdatnosti. Schopnost navrátit se do rodné třecí lokality je dobře pozorovatelná u mnohých druhů lososovitých ryb (Hasler, 1983; Ueda, 2012).

Postupem času se v daném prostředí utvářejí adaptace specifické pro jednotlivé populace, které mohou zahrnovat změny morfologických nebo fyziologických specifikací ryb (Lucas a Baras, 2001). Stejně jako čichový vjem a vjem pachu z konkrétního místa je důležitou součástí pro návrat do místa vykulení ryby. Kritické období pro vtisknutí informace o dané lokalitě výskytu nastává u lososů kisuč (*Oncorhynchus kisutch*) během smoltifikace ve věku 15 až 16 měsíců. Zatímco u ostatních druhů dochází k tzv. imprintingu většinou ve velmi rané fázi života. Horall (1981) předpokládá, že informace, které jsou vtištěny o místě zrodu, jsou získány z následujících:

- 1) z pachů ve vodě, která protéká daným místem,
- 2) pachy pocházející ze samotného místa,
- 3) feromony specifické pro populace vylučované rybami nebo jejich odpadními produkty.

U kaprovitých ryb dochází obvykle k stimulaci aktivace migrace pomocí průtoku vody, který dosahuje nadprůměrných hodnot (Baras a Cherry, 1990). Důležitou roli také hraje délka světelného dne, na což se váže sezónní vliv (Lucas a Batley, 1996). To potvrzují i Prchalová a kol. (2006), kteří považují za významný faktor délku dne spolu s teplotou vody. Se stoupající teplotou vody se zrychluje metabolismus ryb, což následně může způsobit zvýšení pohybové aktivity (Lucas a Baras, 2001). Aktivitou planktonní kořisti v jezerech, nebo bezobratlými v řekách a potocích, která se také odvíjí od střídání denní a noční periody.

Fyziologie a chování ryb je ovlivňováno teplotou, kyslíkem a dalšími fyzikálně-chemickými parametry vody. Za optimální teplotní rozhraní pro zahájení migrace kaprovitých ryb bývá považována teplota vody 8 až 10 °C (Travade a kol., 1998), nutno doplnit, že u kaprovitých ryb se k přesunům mezi stanovišti schyluje převážně během dne (Prchalová a kol., 2006). Během dne je mnohem vyšší riziko, že se organismus stane kořistí predátora, který loví pomocí zraku. Díky tomuto zjištění není snadné odlišit, do jaké míry se u sladkovodních ryb jedná o migraci částečně či přímo vyvolanou přítomností predátora a kdy je migrace ovlivněna střídáním denní a noční periody. Přesuny ryb v rámci dne jsou nejvíce ovlivňovány intenzitou světla při východu a západu slunce (Lucas a Baras, 2001). Do vzorců chování jednotlivců však může vstupovat i přítomnost predátora, kdy na základě zkušeností nebo rychlého asociativního učení, jsou ryby schopné rozpoznávat konkrétní látky ve vodě. Tyto látky uvolňují jiné kaprovité ryby, například při poranění predátorem a mohou tedy sloužit jako alarm pro ostatní jedince (Smith, 1992; Šmejkal a kol., 2018). Jedinci schopní detekovat tyto látky mají pak snahu se lokálně s přítomností nebezpečí predátoru vyhnout (Smith, 1992).

2.2. Značení ryb

2.2.1. Význam

K získání základních informací o ekologii a biologii mnoha druhů ryb je již více než 100 let využíváno značení ryb (Thorsteinsson a kol., 2002). Postupně s rozvojem techniky se metody značení a značící zařízení vyvíjí a zdokonaluje. Nemalou měrou přispívá v posledních desetiletích rozvoj elektroniky a její postupná miniaturizace, díky které byly vyvinuty pokročilejší způsoby, umožňující i aktivní sledování pohybu jedinců. Sledováním konkrétních jedinců získáváme široké spektrum informací o migraci, růstu, rozmnožování i o populační dynamice mnoha slanovodních i možských či amfibiontních druhů z volných vod. Užitečné je také značení ryb pro efektivní chovatelskou činnost v komerční akvakultuře. Zatímco pro vědeckou činnost a šlechtitelskou činnost je jednoznačné rozlišení konkrétních jedinců z různých plemen či odlišného původu nezbytným předpokladem (Jones, 1979; Brännäs a kol., 1994; Thorsteinsson a kol., 2002), pro plemenářskou plemenitbu není nutná individuální identifikační značka, ale jakmile to velikost a stav ryb dovolí, provádí se u geneticky otestovaného plůdku skupinové značení podle zákona (v České republice zákon č. 154/2000 Sb.). Hlavní požadavky na optimální metodu značení (Kelly, 1967; Wydoski a Emery, 1983) jsou:

- Životnost značky v době vyžadované účelem značení
- Snadná aplikace a následná identifikace značky
- Možnost identifikace skupiny ryb či jedince
- Ekonomická efektivnost
- Minimální vliv na přežití, růstu, chování a pravděpodobnosti ulovení označené ryby

V dnešní době je k dispozici značné množství značících metod a jejich využití, lišící se jak cenou, tak i časovou náročností aplikace a identifikací značky. Vždy je snaha volit nejlepší poměr mezi kvalitou a ekonomikou, což se odvíjí od účelu za jakým je značení ryb prováděno, spolu s velikostí, hmotností a počtem ryb, které chceme značit. Nelze však opomíjet vliv konkrétní značící metody a značky na chování ryby,

protože navzdory nedostatku studií zabývajících se těmito nelehce definovatelnými vlivy, může dojít ke zvýšení mortality, zpomalení růstu či snahy zbavit se značky (Thorsteinssona a kol., 2002).

2.2.2 Účel a individuálnost značení

Značení ryb se odvíjí od množství potřebných informací. Od porozumění migračnímu chování, přes informace o složení populací ve volných vodách či růstu a přežití v přirozených podmínkách. Zatímco v chovatelské praxi postačí jednoduchý způsob značení, pro vědecké účely je potřeba často zvolit sofistikovanější metodu (Jones, 1979). Důležitá je správná volba metody, protože pro některé druhy opětovné identifikace vyžadují značku v těle ryby najít, což může být spojené s usmrcením. Tyto scénáře jsou proto využívány jen ojediněle, obvykle ve vědeckém odvětví pro experimentální využití. Metody značení se mohou lišit v závislosti, zda se jedná o jednotlivce či skupinu (Wydoski a Emery, 1983; Turek, 2013).

Skupinové značení se používá pro odlišení více skupin ryb vysazených či chovaných ve společném prostředí. Nevýhodou je neschopnost identifikace konkrétních jedinců, proto je využíváno pro odlišení skupin různého pohlaví, plemena, původu či ryb ošetřených nebo neošetřených různými veterinárními léčivy. Výhodou je možnost a vhodnost značení i poměrně malých jedinců (Blabolil a kol., 2018), protože postačuje pouze rozeznat příslušnost jedince k dané skupině (Turek, 2013). Vždy by měla být volena co nejméně časově, ekonomicky a technicky náročná metoda, vzhledem k tomu, že značeny bývají velké skupiny ryb čítající i tisíce kusů. Zároveň metoda musí umožňovat snadnou a jednoznačnou identifikaci tagu. Snadné rozlišení označených ryb podle příslušnosti ke skupině by mělo být možné v provozních podmínkách i pro pracovníky bez dlouhodobých zkušeností, proto by značky měly být co nejvíce rozdílné. Při vědeckém využití je možné sledovat přežití, migrace, růst ryb na základě porovnání počátečních a konečných hodnot (Wydoski a Emery, 1983; Thorsteinsson a kol., 2002).

Individuální značení umožňuje identifikaci konkrétní ryby, díky čemuž lze sledovat migraci, kondici či růst jednotlivých jedinců (Jones, 1979), ale i neomylně rozlišit jednotlivé generační ryby ve šlechtitelských chovech, kdy metoda značení si zakládá na jedinečném označení ryby (zákon č. 154/2000 Sb.). Tím může být kromě

jiných metod například implantace značky s unikátním kódem. Tato metoda je považována za větší zásah do rybího organismu a je vhodné ji provádět až od určité velikosti jedince konkrétního druhu (Turek a kol., 2014). U nevhodně zvolených velikostí ryb se po označení může projevit vyšší mortalita. Vyskytují se i případy, kdy je poměrně malé rybě aplikována značka do břišní dutiny, ale navzdory tomu není ovlivněna mortalita, nýbrž je pozorován nižší příjem potravy a pomalejší růst, který však jsou takto hendikepovaní jedinci schopni brzy dohnat (Navarro a kol., 2016). Příčinou je podle Ali a kol. (2003) a Carlson a kol. (2004) rychlý kompenzační růst juvenilních ryb. Aplikace značky je technicky i časově náročné a pro detekci značky je nezbytné speciální vybavení, které ovlivňuje ekonomickou náročnost. Individuální značení se dělí na pasivní a aktivní. Zatímco pasivní značení vyžaduje opětovné odlovení označené ryby po určitém čase, u aktivního značení se jedná o možnost okamžitého kontinuálního sledování označeného jedince (Turek a kol., 2014).

2.2.3. Náročnost značení vs. množství ryb

Již při plánování značící akce je nutné zohlednit počet ryb, které potřebujeme označit. Důležitá je správná volba technického zázemí, protože některé metody značení není možné uskutečnit bez připojení k elektrické síti nebo bez použití výpočetní techniky (Turek a kol., 2014). Redukce časové náročnosti je dosažena vlivem zkušeného, obratného a zodpovědného značitele (Navarro a kol., 2006), který nejenže rychleji aplikuje značku, ale také hrozí menší riziko poškození ryby spolu s nižší pravděpodobností ztráty značky (Bateman a Gresswell, 2006). Za předpokladu vědeckých experimentů je nutné mít předem naplánovaný statistický způsob vyhodnocení získaných dat a tomu případně přizpůsobit velikost vzorku (Turek a kol., 2014).

2.3. Metody značení vyžadující zpětný odlov ryb

Do těchto metod lze řadíme perforaci či zastřihávání ploutví (Obrázek č. 1), značení pomocí tekutého dusíku, přívěsné značky, terčíky, elastomery (Visible Implant Elastomer - VIE), alfanumerické štítky (Visible Implant Alpha – VIA), kódované drátkové mikroznačky (CWT – Coded wire tags) či barvení OTC – ARS

(oxytetracyklin hydrochlorid - alizarinově červená) (Blabolil a kol., 2018) nebo genetické značky. Detailnější informace o značení ryb uvádí Turek (2013).

2.4. Metody značení nevyžadující zpětný odlov ryb

2.4.1. Telemetrické metody

Principem telemetrických metod je sledování volně žijících živočichů pomocí signálů produkovaných vysílači na různých frekvencích. Jejichž využití v chovatelské praxi doposud není časté, z důvodů vysoké technické a finanční náročnosti. Naopak ve vědeckých studiích je jejich vznik, a následné rozšíření považované za jeden z nejdůležitějších pokroků ve studiu chování ryb ve sladké i mořské vodě (Baras a Lagardère, 1995; Winter, 1996; Voegeli a kol., 1998; Clements a kol., 2005).

Telemetrii lze podle využívaných frekvencí rozdělit na akustickou (20 - 300 kHz) a radiotelemetrii (30 - 170 MHz). Čím vyšší frekvenci má zvuk, tím lépe se šíří vzduchem, ale ve vodním prostředí je rychleji zeslabován. Pro sledování ryb v mořích, jezerech nebo uměle vytvořených nádržích se často používá akustická telemetrie, která není limitována hloubkou či vodivostí vody (Lucas a Baras, 2001). Poměrně málo testovanou metodou je satelitní telemetrie využívající komunikaci vysílačky se satelitem. Komunikace se satelitem však není možná z větších hloubek, proto se využívá u vodních živočichů, kteří se čas od času vynoří a ve chvíli, kdy je vysílačka v blízkosti hladiny, vyšle informaci o pozici přes satelit (Cendelin, 2006). U vodních živočichů, kteří se vynořovat nepotřebují, se používají tzv. pop-up vysílačky. Ty zaznamenávají informace o výskytu v hloubkách, teplotách či oblastech, vertikální a horizontální migraci, interakcí spojených s rybolovem či případnou mortalitu (Musyl a kol., 2011). Tyto informace jsou ukládány do interní paměti značky a po určité době je speciální mechanismus oddělí od živočicha. Následně vysílačky vyplavou na hladinu, kde začnou vysílat satelitní signál o své pozici (Økland a kol., 2013). Jedná se tedy o zcela odlišný princip než u akustické telemetrie, kdy celková funkčnost a přesnost může být negativně ovlivněna vodními turbulencemi, thermoklinami a vodní vegetací.

Akustická telemetrie se kvůli nižší frekvenci zvuku, vzduchem šíří jen několik metrů a téměř neproniká skrz vodní hladinu. V případě umístění vysílače i přijímače do vodního prostředí se zvuk dobře šíří a vysílačky, tak mohou být zaměřeny i do hloubek

desítek či stovek metrů (Catipovic, 1990). Obtížná je i realizace sledování pod ledem v zimě, z důvodu nutnosti příjmu signálu přijímačem ponořeným do vody. Stejně tak není možné sledovat migrační chování ryb na velké vzdálenosti jako například z letadla, což je standardní postup v radiotelemetrii při sledování migrací lososů (Holbrook, 2007), jakmile však dojde k ponoření ryby do větší hloubky v řádech několika metrů, stává se živočich prakticky nedetekovatelným (Leatherwood a Evans, 1979).

Radiotelemetrie je vhodná pro použití ve sladkovodních říčních ekosystémech s hloubkou do 10 m a vodivostí do 800 μS . Při vodivosti nižší než 200 μS je možné uvažovat o využití i v hlubších vodách (www.lotek.com) Nelze však opomenout fakt, že při nevhodných hloubkových a špatných vodivostních podmínkách se negativní vliv na průchod radiového signálu sčítá. V případě, že se hodnoty zmíněných parametrů blíží limitům detekovatelnosti, je nezbytně nutné před samotným zahájením studie provést pomocí kontrolní vysílačky měření průchodu signálu vodou. Radiotelemetrická funkčnost může být značně omezena v centru velkých měst, přítomností rozvodné sítě vysokého napětí nebo jiných výkonných vysílačů, které mohou negativně ovlivnit příjem signálu. Anténa však může být umístěna mimo vodní prostředí a je tedy možné přijímat signál ze břehu, například z auta či letadla (McCleave a kol., 1978). Problémem není ani ledová pokrývka pro průchod signálu (Johnston a kol., 2009).

Podle způsobu aplikace dělíme vysílačky na interní a externí. Externí jsou nejčastěji přichycené ke hřbetní ploutvi ryby. Interní vysílačky se dělí na aplikované orální cestou a na chirurgicky aplikované do intraperitoneální dutiny. Kdy poslední zmíněný typ vysílačky je nejběžnější pro svoji univerzálnost z hlediska možností využití. Jeho chirurgická implantace je poměrně složitá, detailní informace uvádí Kolářová a kol. (2014). Telemetrickými metodami je možné určovat pozice ryb na sledované lokalitě, ale je nutné odhadnout přesnost určení pozice ryby, která se může pohybovat v rozmezí 1 až 3 metrů (Slavík a Horký, 2009). Obvykle se takto sledují pozice ryb v jednorozměrném prostoru, kdy je předmětem zájmu pohyb ryb v podélném profilu toku, ale také lze těmito metodami vytvořit i dvojrozměrný či trojrozměrný prostor sledování (Lucas a Frear, 1997). Ve dvojrozměrném prostoru je cílem stanovit pozici ryby co nejpřesněji i se vzdáleností od břehu za použití tzv. biangulace (White a Garrot, 1990). Kdy pomocí dvou vzdálených bodů lokalizovaných GPS se změří úhel určující směr, odkud na dané místo přichází nejsilnější signál. Průsečík přímk

směřujících pod daným úhlem z bodů o známých souřadnicích následně určí odhadovanou pozici ryby. Posledním typem je sledování v trojrozměrném prostoru pomocí minimálně čtyř přijímačů rozmístěných v oblasti. V takovém případě se jedná o akustickou telemetrii, kde třetím rozměrem je hloubka, ve které se ryba nachází (Lucas a Baras, 2001). Správné zaměření ryby dosáhneme rozdílem časů, kdy jednotlivé hydrofony zaznamenají signál vysílačky. Existují dva základní způsoby, jak se získávají informace o pozicích ryb. Buďto pomocí stacionárních automatizovaných stanic, které v předem daných intervalech sbírají a ukládají veškeré odezvy zaznamenané pomocí stabilně umístěných přijímačů (Eiler, 1995). Jejich využití je vhodné pouze pro detekci přítomnosti označených jedinců v konkrétní lokalitě či prostoru, například pro detekci překonání migrační překážky (Gowans a kol., 1999). Možné je sledovat i pohybovou aktivitu a habitatové preference ryb pohybujících se v dosahu antén, ale v takovém případě se musí jednat o sofistikovanější systémy (Horký a kol., 2007). Druhým typem je manuální sledování pomocí přenosných přijímačů. Jde o nejčastěji používaný postup v radiotelemetrii pro získání informací o pozicích ryb (Lucas a Baras, 2001). Telemetrická data mají široké spektrum využití, mohou sloužit k popisu migrací z pohledu aktivity, směru, načasování, její vzdálenosti i cílového prostředí migrace (Fredrich, 2003). Také k pozorování struktury a velikosti domácího okrsku, diurnálních rytmů, interakcí mezi jedinci nebo habitatovým preferencím (Harvey a Nakamoto, 1999; Horký a kol., 2008; Slavík a Horký, 2009). Informaci o prostorové distribuci ryb je žádoucí kombinovat s měřením teploty a hloubkami prostředí, případně lze informaci doplnit i o svalovou aktivitu ryb (Cooke a kol., 2004).

Nasbíraných informací z telemetrických experimentů může být až nepřehledné množství, proto je nutné pokus přizpůsobit požadovaným cílům a pečlivě jej dopředu naplánovat, protože díky statistickému programu R, nemusejí být biliony sekvencí výjimkou. Například pro získání adekvátních dat pro analýzu migrační aktivity ryb v závislosti na druhu je vhodné snímat jejich pozice v týdenních intervalech, zatímco pro analýzu vypovídající o diurnálních rytmech nebo analýzu domácího stanoviště či podrobných charakteristik lze jako dostatečnou považovat lokalizaci v tříhodinových intervalech během 24 hodin. Implantace vysílačky do těla ryby může být také provedena operačním zákrokem veterináře. Náročnost aplikace vysílačky je vysoká a označení jednoho jedince trvá obvykle cca 5 minut. Identifikace vysílačky může být

náročnější a je vhodné ji provádět minimálně ve dvou pracovnících (Oakland, 1950). Možnost jak snížit náročnost je automatická detekce v detekčních rámech či anténách. Za nevýhody lze považovat již zmíněné ekonomické, personální a časové aspekty nezbytné pro detekci značených ryb. Naopak výhodou je lokalizace aktuální polohy značené ryby bez nutnosti jejího zpětného odlovení, kdykoliv po dobu životnosti vysílačky (Turek a kol., 2014), která je u PIT tagů prakticky neomezená a lze technologii radiofrekvenční technologie považovat za nejvhodnější metodu pro individuální značení (Bolland a kol., 2009).

2.4.2. Radiofrekvenční identifikace (RFID – Radio frequency identification)

Od roku 1975, kdy se začaly objevovat první patenty (RFID) technologie, se postupně začala využívat technologie pro různé telekomunikační přenosy (Hill a kol., 2006) a také nejen pro monitoring neživých objektů, ale i pro monitoring zvířat (Floyd, 2015). Jedná se o bezdrátovou komunikační technologii, umožňující počítačům číst identitu elektronických identifikačních prvků na vzdálenost několika metrů. Tato levná a snadno dostupná automatická identifikace se skládá z vlastního identifikačního prvku – tagu (transpondéru či nesprávně „čipu“) a čtecího zařízení (Nath a kol., 2006).

PIT tag v podobě skleněné trubičky (tzv. glasstag). Typ HDX (poloduplex) pracující na frekvenci 134,2 kHz. V závislosti na nejčastější velikosti značených ryb bývá volen tag délky 32 mm (případně 23mm), průměru 3,65 mm a hmotností 0,8 g. Neobsahuje zdroj energie (baterii) a označená ryba tedy není tolik limitována velikostí a hmotností značky, což může významně ovlivňovat její chování (Bridger a Booth, 2003).

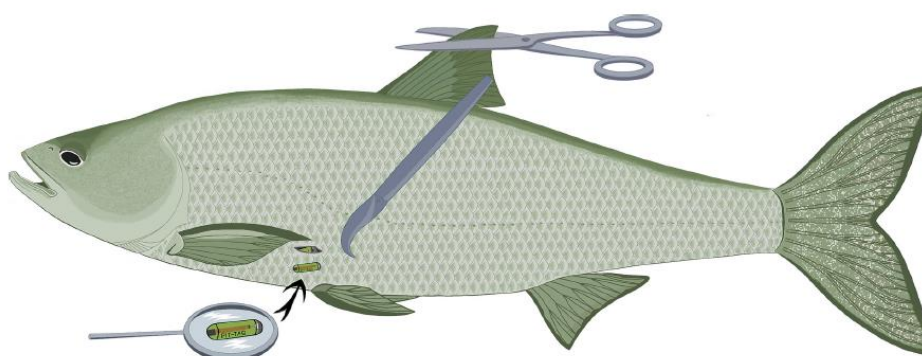
Čtecí zařízení jsou dvojího typu, stacionární nebo přenosné. Stacionární zařízení se skládá z antény a čtecího zařízení, které se skládá z dekodéru s elektronickými komponenty, záznamového zařízení s nosičem dat a zdroje. Čtecí zařízení pomocí vyladěné antény posílá dlouhovlnné radiofrekvenční záření, jakmile se do dosahu tohoto signálu (elektromagnetické pole) dostane PIT tag, přijme energii a modulovanou do ID kódu ji odrazí. Vyslaný kód tagu je zpětně zaznamenán a uložen do záznamového zařízení. U stacionárního zařízení je potřebné takové vyladění antény, aby označené zvíře (v našem případě bolen dravý) byl vždy detekována při dostatečném přiblížení k signálu vyladěné bráně čtecího zařízení (Rodina a Flajšhans, 2008; www.oregonrfid.com; Závorka a kol., 2014).

Odlov a značení ryb

Odlov ryb je nedílnou součástí RFID PIT tag technologie, ale je potřeba zvolit vhodnou metodu lovu, protože je zapotřebí odlovit a označit pasivními tagy minimálně 300 jedinců (Calles a Greenberg, 2007), kteří budou reprezentovat široké spektrum druhů, velikostí a ekologické spektrum nejen původních druhů ryb (Balon, 1975; Schiemer a Weidbacher, 1992). Za nejefektivnější způsob je považován lov elektrickým agregátem, který musí probíhat v souladu s platnou legislativou ČR (zákon č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrání; zákon č. 99/2004 Sb., o rybářství; vyhláška č. 50/1978 Sb., o odborné způsobilosti v elektrotechnice). Detailnější informace o typech elektrických agregátů a technické údaje spolu s metodikou lovu ryb lze dohledat v Lovu ryb elektrickým agregátem od Bednáře a kol. (2010).

Původně byl PIT tags systém zamýšlen pro nepřetržitý monitoring ryb v pokusných podmínkách a pro monitoring ryb při průchodu skrz turbíny vodní elektrárny či rybí přechody (Johnston a kol., 2009), protože má jedinečnou identifikační schopnost. Tato technologie je hojně rozšířena také v plemenných chovech generačních ryb (Rodina a Flajšhans, 2008). Díky informacím, které PIT tags systém poskytuje, jsme schopni zjišťovat, jak hloubka, rychlost vody, substrát a dřevité zbytky ovlivňují vzorce chování ryb při využívání stanovišť a jejich mobilitě. Lze takto sledovat migrace během vysokých povodňových průtoků nebo lze monitorovat i chování ryb v souvislostech s tvorbou ledové pokrývky, kdy nelze použít jiné metody vzorkování (Johnston a kol., 2009).

Obrázek č. 1: Poloha tagu a místo aplikace do břišní dutiny



Převzato z Šmejkal a kol. (2019)

Individuální značení je založené na implantaci tagu do rybího těla (Obrázek č. 1). Následná bezkontaktní aktivace a detekce čtecím zařízením či anténou za pomoci rádiových vln (Prentice a Park, 1984). Chování daného druhu ryb však musí dovolit sledovateli dostat se na dostatečnou vzdálenost nebo ryba musí být ochotna proplouvat konkrétním územím či částí toku, buď z vlastní iniciativy, nebo díky vlivu vnějšího impulsu (Roussel a kol., 2000). Vhodné je využití uváděného systému v rybích přechodech, kde je velmi vysoká účinnost sledování (Turek a kol., 2014; Závorka a kol., 2014). Perfektní je schopnost detekce, kdy tagy lze detekovat i přes jakékoliv nekovové materiály či překážky, jakými jsou voda, dřevo, plast, sklo, beton či nečistoty (www.oregonrfid.com). Výjimkou nejsou tedy ani kořeny, kameny, valouny či led, kdy nedochází k žádné nebo pouze minimální ztrátě detekčního rozsahu (Zydlowski a kol., 2001).

2.4.2.1. Čtecí zařízení (readery a ruční čtečky)

Čtecí zařízení mohou být modifikovány jako stacionární či přenosné, ale vždy se skládají z antény (cívky), mikroprocesorové jednotky, komunikačního rozhraní (dekodéru) a zdroje elektrické energie. Kdy anténa je cívka (s feritovým jádrem nebo vzdušná), v jejímž elektromagnetickém poli dochází ke čtení transpondéru. To předurčuje jednu z důležitých vlastností čtecího zařízení, kterou je čtecí vzdálenost. U přenosných čtecích zařízení se jedná o cca 150 mm (pro glasstag LF 12 mm). Jednoduché kapesní čtečky mají anténu integrovanou do pouzdra přístroje. Specializované přenosné přístroje mají prutovou či diskovou anténu. Úkolem mikroprocesorové řídicí jednotky je proces čtení a dekódování informace z tagu. Ve většině současných přístrojů je řídicí jednotka schopna dekódovat více systémů, pak je takové zařízení označováno jako Multi-reader.

Důležitým parametrem čtecího zařízení je seznam podporovaných systémů. Pod pojmem komunikační rozhraní si lze představit pouze displej a funkční tlačítka či klávesnice nebo i porty pro připojení k PC, a i ty nejjednodušší modely obvykle mají od jednoho až po několik funkčních tlačítek a disponují obrazovkou. Zřídka se můžeme setkat s jednoduchými čtečkami bez obrazovky, sloužícími pouze pro připojení k PC. Pokročilé čtečky jsou schopné zaznamenávat kódy do paměti čtečky a až posléze je stáhnout do počítače, tabletu či smartphonu. Tyto modely jsou vybavené počítačovým

rozhraním, nejčastěji USB. Či disponují bezdrátovým přenosem dat přes Bluetooth, IR nebo WIFI. Existují také systémové konektory RFID čtecích modulů pro datové terminály se zvláštním typem rozhraní. Stacionární čtecí zařízení mohou navíc využívat přenos dat prostřednictvím LAN či připojení do GSM sítě (www.biomark.com; www.oregonrfid.com).

Tento fakt je potřeba zohlednit a tam kde je potřeba stavět systémy blízko sebe, musí být použita Multiplex LF HDX RFID reader (kompatibilní s ISO 11784), která dokáže v 1 systému obsluhovat až 4 antény. Na 1 Multi-reader lze připojit až 4 jednotlivé antény, ale je potřeba ji dle toho také nastavit. V takovém případě však se rychlost čtení antén všech antén v systému zpomaluje v závislosti na jejich počtu, protože reader může komunikovat s každou jednotlivou anténou pouze v době, kdy jsou ostatní antény odstavené, z toho důvodu se s počtem antén zapojených do multi-readeru snižuje rychlost čtení. U systému se čtyřmi anténami se rychlost skenování sníží 4x v porovnání se systémem obsluhujícím pouze 1 anténu. Princip zaznamenání byl vždy stejný, ve chvíli, kdy byl tag detekován jakoukoliv anténou, došlo v daném HDX readeru k zaznamenání data (formát dd/mm/rr), času (hh/mm/ss), ID antény (čísla karty multiplexu a čísla karty) a zaznamenání na 1 GB SD kartu.

Reader je jednoduchý počítač a jeho elektronické součásti je potřeba udržovat v odpovídajících podmínkách, aby nedošlo k jeho poškození. Z tohoto důvodu byl vždy v závislosti na meteorologických podmínkách umístěn do suchých, v zimním období tepelně odizolovaných boxů a v letních měsících do odvětrávaných prostor. Z důvodu snížení či eliminace vlivu špatných povětrnostních podmínek na komponenty, které jsou citlivé na změny teplot a vlhkosti byl samotný čtecí systém umístěn do plastových nebo hliníkových boxů.

Kdy použít HDX a kdy FDX technologii?

U stacionárních čtecích systémů je pro využití technologie potřebná instalace čtecí anténní brány. Bránu je vhodné umístit do míst, kterými budou ryby proplavávat. Obvykle do mělkých a úzkých částí toku (Bond a kol., 2007). Od lokálních podmínek se odvíjí volba z těchto typů čtecích systémů s různými komunikačními atributy.

HDX (half - duplex) **technologie** je výhodnější ekonomicky i energeticky. Obrovskou výhodou je možnost vytváření libovolných tvarů a velikostí čtecích antén. Je možné ji použít na větší tekoucí vody, protože umožňuje stavbu jednoduché a poměrně velké anténní čtecí brány v délce až 200 m s výškou 0,6 m. Možnost vytváření čtecích antén velkých rozměrů je dána frekvenčním posunem zapisování (FM), které má lepší odolnost vůči šumu (www.oregonrfid.com). Zároveň kabel anténní čtecí brány nemusí být nutně připevněn na konstrukci a může být umístěn v zemi či substrátu dna, ve vodě i ve vzdušném prostředí (Greenberg a Giller, 2000). Bohužel komunikační rychlost tohoto systému je pomalejší, protože čtecí systém HDX vysílá krátké impulsy k tagu několikrát za sekundu a následně dochází ke krátkým prodlevám, aby reader mohl zachytit odezvu od tagu. Ve chvíli, kdy se tag ocitne v elektromagnetickém poli antény, dochází k indukci napětí v cívice. To nabije kondenzátor energií, pomocí níž je vyslána informace uložená v paměťovém čipu tagu do čtecího zařízení, jenž dekóduje signál a odešle jej na komunikační rozhraní (Rodina a Flajšhans, 2008; Schmidt a kol., 2016). Rychlost čtení čtecího zařízení HDX je v továrním nastavení 10 skenů.s⁻¹. Jsou však obvyklé modifikace na rychlosti 1, 5, 10, 20 skenů.s⁻¹ ale je možné je dle konkrétních požadavků upravovat až na 28 skenů.s⁻¹ (www.oregonrfid.com). Například Castro-Santos a kol. (1996) používali rychlost čtení HDX čtecího zařízení mezi 5 – 7 skeny.s⁻¹. Při nízké rychlosti čtení nemusí dojít k načtení rychle se pohybujícího tagu skrz elektromagnetické pole, ale sníží se celková spotřeba energie, čímž se prodlouží výdrž baterií. Naopak vysoká rychlost skenování s sebou také nese rizika. Příliš vysoká rychlost skenování zkracuje dobu nabíjení tagu, následkem toho nemusí dojít k dostatečnému nabití tagu a tedy vyslání zpětného signálu do čtecího zařízení. Také dochází k vyšším odběrům energie z baterií, což obvykle vede k přehřívání čtecího zařízení (www.oregonrfid.com).

Obvykle využívané velikosti celkové délky těla tagu u HDX systému jsou pro menší ryby délky 12 a 23 mm (Schmidt a kol., 2016), pro větší lze použít až 32 mm. Bez ohledu na druh se tyto velikosti obvykle umísťují do břišní dutiny, protože se jedná o poměrně velké objekty umísťované do těla ryby (Prentice a kol., 1990; Acolas a kol., 2007). HDX PIT systém s 23 nebo 32 mm tagy mohou nabídnout detekční rozsah až 1000 mm pro přenosné i stacionární vybavení (Castro-Santos a kol., 1996; Roussel a kol., 2000; Zydlewski a kol., 2001). Pro příklad tagy 23 mm by neměly být používány

pro značení lososovitých ryb celkové délky menší než 85 mm (Zydlewski a kol., 2001; Johnston a kol., 2009) a 32 mm tagy až od minimální celkové délky 120 mm a hmotnost tagu by neměla překročit 12 % celkové hmotnosti ryby (Brown a kol., 1999). Tím se minimalizuje možnost vlivu negativních účinků na růst a přežití ryb (Johnston a kol., 2009).

FDX (full – duplex) **technologie** je ekonomicky i energeticky náročnější. Výhodou je rychlost komunikace. Tato technologie vytváří nepřetržité elektromagnetické pole, k čemuž je potřeba více energie než u předchozího typu, ale velkou výhodou oproti HDX technologii je nepřetržitá komunikace. Tag je neustále energeticky nabíjen, a díky tomu reaguje okamžitě a posílá signál čteče. Nevýhodou je vyšší spotřeba energie. Slabinou systému je frekvenční posun zapisování (AM), který je citlivý na atmosférický šum. Konstrukce s kabelem měla být velmi stabilní, aby nedocházelo k vibracím. U FDX je nutné, aby okolo kabelu anténního čtecího zařízení bylo vzdušné prostředí (www.oregonrfid.com). V terénních podmínkách je systém hůře aplikovatelný pro studium chování, z důvodu malé detekční vzdálenosti (Johnston a kol., 2009). Bond a kol. (2007) testovali funkční bránu umístěnou na dřevěné konstrukci s maximální délkou 2,8 m a výškou 0,6 m.

FDX technologie je vhodná pro sledování vodních organismů při průchodu přírodních toků či člověkem zbudovaných konstrukcích s proudnou vodou, kterými mohou být vodní elektrárny, jezy, rybí přechody, hlavně kvůli rychlejšímu čtení je mnohem vyšší pravděpodobnost detekce tagu při průchodu ryby (www.biomark.com/custom-systems).

Při použití FDX systému s 12 mm tagy se dosah detekčního rozsahu pohyboval mezi 0,02 – 0,36 m (Brännäs a kol., 1994; Armstrong a kol., 1996; Ibbotson a kol., 2004). Nicméně tento poměrně malý detekční rozsah byl limitací studia chování v přírodních podmínkách, proto vylepšením antény či použitím větších tagů došlo k zvýšení rozsahu (Brännäs a kol., 1994; Armstrong a kol., 1996). Detekční rozsah lze zvýšit až na 0,9 m za pomoci větších, 23 mm tagů a specifického designu antény (Hill a kol., 2006). Následně je možné monitorovat ryby vyskytující se až do 1 metru hloubky, za předpokladu využití systému společně s většími PIT tagy

(Castro-Santos a kol., 1996) a sledovat lze i poměrně velké úseky řek, za pomoci antén navržených jako prototyp (Zydlowski a kol., 2001).

2.4.2.2. Tagy

Tagy umožňují individuální identifikaci. Jsou malé a většina typů má časově neomezenou životnost (Johnston a kol., 2009). Tag má vlastní paměťový čip různého typu a kapacity, který obvykle bývá se zdrojem energie ve společném pouzdře (Rodina a Flajshans, 2008). V opačném případě není zdroj energie zabudovaný v tagu. Detekce je bezkontaktní, není potřeba rybu přímo chytit (Roussel a kol., 2000). Jakmile se vyskytne tag v elektromagnetickém poli antény, dojde k externímu nabití a odeslání unikátního kódu do čtecího zařízení, které jej zaznamená (Enders a kol., 2007).

Cena jednoho tagu je značně variabilní podle velikosti, způsobu magnetické komunikace a pořizovaného množství (www.oregonrfid.com). S velikostí tagu se zvyšuje jeho detekční vzdálenost (Johnston a kol., 2009; Burnett a kol., 2013).

Dělení transpodéru podle:		Poznámky:
Zdroje energie	Aktivní	mají vlastní aktivní zdroj energie - např. baterie
	Pasivní	mají pouze cívku a nabíjecí kondenzátor, který zastupuje baterii
Velikosti	8 mm	
	9 mm	
	10 mm	
	12 mm	
	13 mm	
	23 mm	
	32 mm	
Pracovní frekvence tagů	LF	Low Frequency – nízkofrekvenční (125 - 134,2 kHz)
	HF	High Frequency – vysokofrekvenční (13,56 MHz - 5,8 GHz)
Kapacity paměťového tagu	64 bit	
	128 bit	
	512 bit	
Možnosti čtení a zápisu dat do paměti	R/O tag	read only – pouze pro čtení
	R/W tag	read/write – pro čtení i zápis
Typ pouzdra	glasstag	hermeticky uzavřené skleněné válečky o průměru několik mm

	plastové identifikační karty	
	přívěsky	
Módu komunikace mezi readerem a tagem	HDX	Pracuje na principu vysílačky, kdy reader vyšle signál a transpondér asynchronně odpovídá; Ekonomicky náročnější
	FDX	Pracuje na principu telefonu, kdy transpondér i reader vysílají signál synchronně; Ekonomicky méně náročné

Vytvořeno podle (www.cschms.cz; www.biomark.com; www.elatec-rfid.com; www.loligosystems.com; www.oregonrfid.com)

2.4.2.3. Přehled RFID systémů využívaných pro ryby

První RFID systém používaný v ČR byl Destron Fearing. Tagy TX1400L používaly 64bitový R/O paměťový čip pracující na frekvenci 125 kHz, specifikace FDX-A FECAVA. Kód tagu byl 10místný alfanumerický hexadecimální kód (písmena A-F, čísla 0-9) (Flajšhans a Daněk, 1994).

Pro značení zvířat pomocí RFID je vhodný 128bitový R/O systém, pracující na frekvenci 134,2 kHz v režimu FDX-B. Jde o nejrozšířenější systém u nás a od přelomu tisíciletí se používá i pro ryby. Vlastní kód tagu je 15místný numerický kód. Dodavatelů je celá řada, a proto se lze setkat s celou škálou různých označení, např.: Trovan FDX-B – ID1053/HT2/13, Destron – TX1400SST, AEG – AEGID162, HONGTENG – HT850, Ordicam, Datamars a další (Rodina a Flajšhans, 2008). Kromě těchto dvou systémů se používají či používaly systémy:

- Oregon RFID od americké firmy Oregon, pracujících v režimech HDX, FDX či HF. Kompatibilní s čtecími zařízeními i jiných výrobců, protože odpovídá standardům ISO 11784 a 11785 (www.oregonrfid.com).
- TIRIS je americký systém firmy Texas Instruments, který pracuje na frekvenci 134,2 kHz v režimu HDX. Tagy jsou v provedení 64bitové R/O i R/W typu glasstag velikostí 23 a 32 mm. Jejichž limitací byla ztráta čitelnosti až u 30 % po 15 měsících (Domezain a kol., 2001).
- AVID Microchip je také americký systém od společnosti American Veterinary Identification Devices. Je nositelem devítimístného numerického kódu např.: 040*122*117 a pracuje na frekvenci 125 kHz.

- UNIQUE systém používá 64bitový R/O paměťový čip H4102, jenž pracuje na frekvenci 125 kHz v režimu FDX-A. Kód tagu je 10místný alfanumerický hexadecimální kód, např.: 10A12F5F62. Je široce rozšířen pro logistické a technické účely, značení zvířat nevyjímaje. Pro značení zvířat se používají glasstags různých velikostí s různým označením.
- TROVAN UNIQUE někdy označován EURO I. D. Trovan používá 64bitový R/O paměťový čip pracující na frekvenci 125 kHz (není však kompatibilní s předchozím). Tag má označení AEG-ID100 s 10místným alfanumerickým hexadecimálním kódem (Rodina a Flajšhans, 2008).

Často se lze setkat s pasivními tagy nazývanými PIT (Passive Integrated Transponder) typu glasstag, obvykle: LF, R/O (Rodina a Flajšhans, 2008). Tvoří jej paměťový tag s miniaturní cívkou a kondenzátorem zapouzdřeným biokompatibilním sklem do válečku. Umožňují 100% unikátní identifikaci a podle individuálních potřeb lze značit široké spektrum velikostí ryb. Je možné volit ze škály velikostí tagů, od které se odvíjejí jejich průměry a hmotnosti (www.biomark.com).

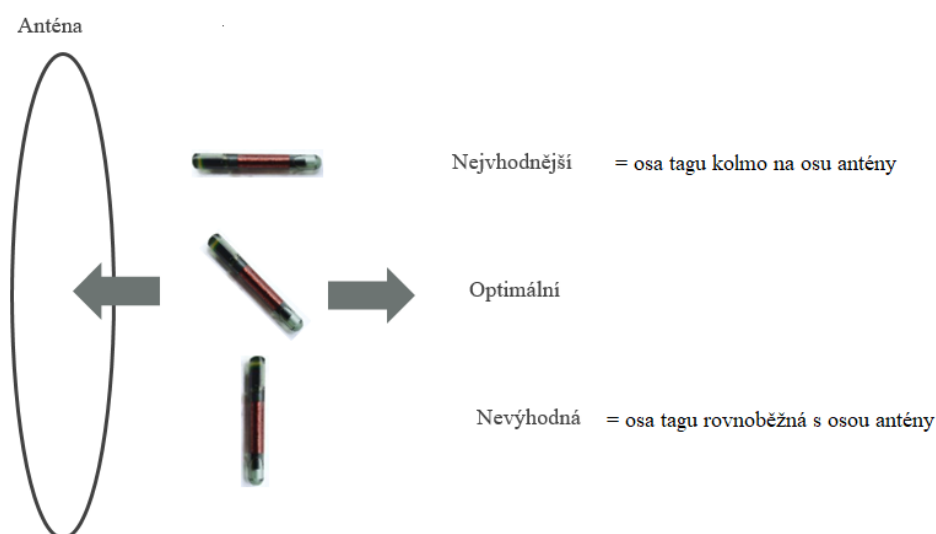
2.4.2.4. Faktory negativně ovlivňující detekci tagů

Ačkoliv to není příliš obvyklé, někdy může docházet k problémům s detekcí ryb. Většinou se jedná o oblasti s velkou hustotou značených ryb nebo pro oblasti, kde se vyskytují ryby, tíhnoucí k hejnovému chování (Johnston a kol., 2009; Schmidt a kol., 2016). Důvodem problémů může být špatná schopnost rozlišení již od 2 tagů ve stejném elektromagnetickém poli současně (Armstrong a kol., 1996; Castro-Santos a kol., 1996; Greenberg a Giller, 2000; Zydlewski a kol., 2001; Ibbotson a kol., 2004). Stejně tak nemusí k detekci dojít, když jsou tagy od sebe vzdáleny do 5 centimetrů (Morhardt a kol., 2000) či v případě výskytu 2 odlišných velikostí tagů dochází k dominanci většího tagu v důsledku jeho lepší indukčnosti, větší nabíjecí kapacity a tím i schopnosti odeslat silnější signál (Schmidt a kol., 2016). Detekce tagu nemusí být úspěšná u rychle plavajících ryb či proplutí ryby po obvodu detekčního pole antény. V nejhorším případě nemusí být získán žádný záznam o průchodu, ale tyto chyby se vyskytnou jen velmi zřídka, zhruba na úrovni 0,2 %. Abychom takovýmto situacím s detekčními chybami zabránili, je možné vytvořit oblast, která ryby odradí zdržovat se v blízkosti detekčního anténního systému dlouhodoběji. Toho lze dosáhnout vytvořením relativně rychlého

průtoku skrz brány s eliminací úkrytů, které by mohly sloužit jako útočiště. Takto uměle vytvořené podmínky však musí být dimenzovány tak, aby nedošlo k narušení průchodnosti toku a voda protékající tímto úsekem nevytvářela migrační bariéru (Greenberg a Giller, 2000). V praxi se do vybrané části toku instalovali spolu s detekčním systémem i stavební konstrukční prvky (např. cihly), díky tomu vznikl z jednoho širokého koryta několik užších koryt, ve kterých se ryby nemohly dlouhodobě zdržovat. Dalším možným řešením je umístění většího počtu menších antén do toku, které snižují pravděpodobnost výskytu většího počtu ryb ve stejném poli současně. Paradoxně může dojít k situaci, kdy někteří jedinci mohou naleznout útočiště v detekční zóně, a tím může docházet k omezování detekce proplouvajících ryb touto zónou. Paradoxně takové chování umožňuje studovat vzorce aktivit či ukrývání ryb. Zatímco menší antény mohou detailněji popisovat prostorovou distribuci ryb, ale je potřeba větší počet antén pro dosažení stejného prostorového pokrytí. Detekční rozsah lze zvýšit použitím větších rozměrů anténí čtecí brány avšak na úkor prostorového rozlišení, v kterém konkrétním místě se ryba vyskytuje v daný čas (Johnston a kol., 2009).

Čtecí systém je omezován dobou, po kterou jsou značky vystaveny aktivaci v detekční zóně (Castro-Santos a kol., 1996; Greenberg a Giller, 2000; Zydlewski a kol., 2001). Detekční zóna se do jisté míry odvíjí od energie, která je systému dodávána. Nejlepší a nejsnazší z hlediska údržby je využití elektrického proudu z elektrické sítě, což může značně snižovat počet toků, které je možné monitorovat. Z tohoto důvodu jsou na izolovaných tocích používány jako zdroj energie bateriové akumulátory, jejichž nevýhodou je potřeba pozornosti a nezbytné výměny vybitých za nabití (Greenberg a Giller, 2000), protože právě systém může být limitován velikostí energetického pole, ve kterém je tag aktivován či detekován. Čtecí rozsah se může lišit v závislosti na velikosti tagu (Schmidt a kol., 2016), jeho poloze a orientaci vzhledem k anténě (Zydlewski a kol., 2001; Johnston a kol., 2009). K zaznamenání tagu nemusí dojít, pokud tag prochází anténou, rovnoběžně s rovinou antény. V danou chvíli se nachází v tzv. slepém bodu detekčního pole a s velkou pravděpodobností nedojde k zaznamenání (Johnston a kol., 2009). Naopak čím více je osa tagu kolmá na rovinu antény, tím se pravděpodobnost zaznamenání tagu rapidně zvyšuje (Schéma č. 1) (www.oregonrfid.com).

Schéma č. 1: Různé možnosti poloh osy tagu vůči ose antény,



Autor: Tomáš Kolařík

Záleží také na vzdálenosti detekčního pole, když Castro-Santos a kol. (1996) postavili brány s vnitřní pomyslnou plochou 0,31 až 0,96 m², jejichž detekční oblast v každém rybím přechodu pokrývala celý průřez a maximální délka detekčního pole se pohybovala od 0,5 do 1 m od brány. Při sériovém uspořádání anténních polí se však detekční vzdálenost snížila na méně než 0,5 m. Avšak existují případy, kdy není nezbytně nutná velká detekční vzdálenost. Pro některé druhy jako juvenilní losos obecný je dostačujících 0,4 m ode dna, z důvodu tendence těchto ryb, zůstat v rychle proudící vodě blízko substrátu dna (Johnston a kol., 2009).

Vysoká rychlost proudění vody může mít stejné důsledky, jako již zmíněný větší počet tagů v detekční zóně ve stejný okamžik, kdy dochází k problémům se zaznamenáváním tagů (Castro-Santos a kol., 1996; Zydlewski a kol., 2001). Tyto problémy by neměly mít příliš významný vliv, protože byly zaznamenány na velmi nízké úrovni 0,07 % ve studii Johnstona a kol. (2009). Také materiál nosné konstrukce může mít vliv na detekční vzdálenost pole, kdy jsou obecně považovány za nevhodné kovy. Castro-Santos a kol. (1996) vyrobili konstrukci z hliníku, který údajně zeslabuje detekční rozsah a zeslabuje tedy intenzitu elektromagnetického pole. Kov, nacházející se blíž jak 1 m od antény může snižovat detekční vzdálenost (Greenberg a Giller, 2000). Zároveň může působit jako negativní faktor pro rychlost čtení brány, hlavně u rychle proudících toků či u ryb rychle plavajících po proudu. Četnost čtení systému je

v obvyklém nastavení 5 – 7 skenů.s⁻¹, což nemusí být dostačující již pro rychlost proudění 2,5 až 3,5 m.s⁻¹ (Castro-Santos a kol., 1996). Bez ohledu na tato limitace poskytuje technologie RFID celou řadu užitečných a aplikovatelných způsobů využití pro rybářský management a výzkum (Richer a kol., 2017).

2.4.2.5. Aplikace PIT tagů – typu glasstag

Tyto tagy jsou vhodné pro hodnocení pohybu, růstu a přežití ryb, které však může zkreslovat jejich ztrátovost. Přesná retence tagů napříč všemi ontogenetickými stádii, které lze označit, zůstává doposud neznámá (Bateman a kol., 2009). Náročnost značícího procesu je nízká a lze jej provádět i samostatně, i když optimálnější je provádění minimálně ve dvou pracovnících i z důvodu snížení časové náročnosti. Celý značící proces zahrnující nasunutí značky do aplikátoru i včetně dezinfekce a označení ryby, obvykle netrvá déle než 60 s. Následná identifikace pomocí čtečky je bezproblémová i po dlouhé době od značení (Turek a kol., 2014). Tagy o velikosti 8 – 13 mm se do těla ryb obvykle injektují pomocí aplikátoru, pracujícího na principu jehly s pístem. Nejčastějším místem aplikace tagu je hřbetní svalovina v oblasti prvního paprsku hřbetní ploutve. Jehla s tagem se zapíchne pod úhlem cca 30° do hloubky přibližně 1,5 cm. Hloubku vpichu jehly je potřeba korigovat v závislosti na velikosti značené ryby. Následně je tag stlačením pístu vysunut do rybí tkáně. Důležité je dbát na očištění místa vpichu od šupin či případných nečistot, jinak hrozí hnisání či infekce rány (Baras a kol., 1999). To může zvyšovat riziko vypadnutí tagu z rány nebo může docházet k ovlivnění zdravotního stavu ryby a v nejzávažších případech může dojít až úhynu. Mortalita značených ryb se neprojeví ihned a podle druhu se může řádově jednat o desítky dní. Implantace větších tagů (23 a 32 mm) je možná za pomoci chirurgického řezu a následného vložení tagu do břišní dutiny. Nejprve je však potřeba odstranit několik šupin, následně je proveden vertikální řez délky 4–5 mm, ve výšce 3–4 cm před břišní ploutví (vztažené k bolenu dravému o hmotnosti 1,5 kg). Do břišní dutiny ryby je následně opatrně vložen PIT tag. Řez není nezbytně nutné zašít (Skov a kol., 2005; Šmejkal a kol., 2019). Pokud jsou tímto způsobem značeny malé ryby, vložním tagu do dutiny břišní dochází k razantní kompresi trávicího traktu a následkem toho ryby mohou růst pomaleji než kohorta bez označení. Z dlouhodobějšího hlediska je tato krátkodobá stagnace zanedbatelná, protože po určité

době je kompenzována rychlejším růstem, který zapříčiní opětovné sjednocení (Baras a kol., 1999).

Značení PIT tagy je vzhledem k velikosti tagů možné až od určitého stáří, respektive velikosti ryby. Pro nejmenší velikost tagů se považuje za minimální délku ryby 55 mm a hmotnost 20 g u pstruha duhového. V případě menších jedinců existuje zvýšené riziko mortality, které může dosahovat úrovně až 30 %. U ryb nad 200 g lze při dodržení hygieny a všech pravidel předpokládat, že aplikace největší velikosti tagu nebude mít negativní vliv na zdravotní stav či růst ryby (Richard a kol., 2013). Podle Barase a Westerloppa, (1999) má krátkodobý negativní vliv na rybu hlavně odlov a manipulace nutná k jejímu označení. Mortalita a rychlost zacelení rány je značně variabilní podle druhu, u tilápie nilské (*Oreochromis niloticus*) se úmrtí v důsledku značení vyskytlo do 10 dní od značení a stejná doba byla potřebná k zahojení rány (Navarro a kol., 2006). K zacelení rány u okouna říčního (*Perca fluviatilis*) bylo potřeba 18 dní (Baras a kol., 2000), 32 dní u lososa obecného) (Roussel a kol., 2000), 47 dní u lososa nerky (*Sockeye salmon*) (Prentice a kol., 1989).

Pro anestezii se při značení používá anestetická lázeň, která usnadní práci s rybou a minimalizuje riziko jejího poranění v průběhu aplikace tagu z důvodu nenadálého pohybu. Nejčastěji používanými uspávacími látkami jsou MS-222, 2-phenoxyethanol a hřebíčkový olej, jejichž účinné látky a přesné koncentrace uvádí Kouřil a kol. (2001), ale lze se setkat i s použitím 4-allyl-2-methoxyphenolu (Schmidt a kol., 2016). Za předpokladu dezinfekce jehly například v C₂H₅OH (ethanolu) je možné aplikátor používat opakovaně pro několik ryb. Po aplikaci tagu je nutné lokaci vpichu ošetřit desinfekčním prostředkem (Turek a kol., 2014). Jako nejlepší řešení se jeví roztok KMnO₄ (manganistanu draselného). Léčebné dávky se odvíjejí od délky ponořovací koupele. Obvykle se provádí po dobu 30 – 45 sekund a v takovém případě se používá roztok s koncentrací 1 g.l⁻¹ KMnO₄ (Kolářová a kol., 2016).

2.4.2.5. Rizika vyloučení tagu

Bateman a kol., (2009) čipovaly ryby velikosti 100 až 250 mm tagy velikosti 8 – 12 mm. V laboratorních podmínkách dosáhli Zydlewski a kol. (2001) retence tagů přesahující 99 %. To je však neobvyklé v terénních podmínkách, kde je ztrátovost tagů různá. Avšak čím menší je velikost značené ryby, tím vyšší je pravděpodobnost

vytlačení tagu při plavání (Dieterman a Hoxmeier, 2009). Přestože se jen málo studií zaměřilo na míru retence značek PIT u reprodukčně aktivních ryb, z výsledků lze usuzovat, že ztrátovost značek se u jednotlivých druhů liší, a dokonce se vyskytují odlišnosti i mezi pohlavími stejného druhu (Bateman a kol., 2009). Zatímco u pohlavně aktivních samců a nepohlavně aktivních samic byla retence čipů 100 %, tak u pohlavně aktivních samic už byla 83 % (Prentice a kol., 1990). Během uvolňování jiker mohou být až 4 % PIT tagů z tělní dutiny vypuzeny (Prentice a kol., 1990; Ombredane a kol., 1998). Teorii podporuje výzkum Šmejkal a kol. (2019), kdy podezření na ztrátovost čipů v průběhu tření samic bylo doloženo pomocí aktivního vyhledání konkrétních čipů s kódy, i s jejich polohou v sedimentu na dně toku. Ztrátovost tagů u samic byla 14,7 %, zatímco u samců pouze 2,2 %. Jednou z hypotéz jak může dojít k vypadnutí čipu je vyšší pohybová aktivita při plavání ve volné přírodě, která způsobí pohyb čipu v břišní dutině a jeho následné vypadnutí. Nicméně sledováním třecí aktivity bylo zjištěno, že samci se oproti samicím vyskytují v proudu nad třecím substrátem častěji a po delší dobu (Šmejkal a kol., 2017), což tuto teorii vyvrací. Vyjma dalších faktorů je také důležité umístění tagu v břišní dutině ryby, protože čím blíže k přední části těla ryby je tag umístěn, tím se snižuje pravděpodobnost jeho vypadnutí (Dieterman a Hoxmeier, 2009). Nicméně ztráta není zcela vyloučena, protože u ryb s vaječnickovou ovulací je vysoká pravděpodobnost vyloučení tagu spolu s jikrami. I za předpokladu velmi šetrné implantace tagu do břišní dutiny, aby nedošlo k jeho vniknutí do gonád, může být tag vlivem masivních pohybů tkání samice vyloučen. Zdá se, že vyloučení tagu spolu s jikrami je fenomén, potenciálně se vztahující na anatomii a morfologii druhu (Šmejkal a kol., 2019).

Důležitý může být faktor neidentifikovatelné ztráty značky (Pollock a kol., 1990). Ztráta způsobuje negativní zkreslení odhadů přežití v důsledku snížení počtu označených jedinců, kteří mohou být opětovně zaznamenáni (Bateman a kol., 2009). Tito autoři ve své studii naznačují, že ztrátovost PIT tagů u značených ryb složených z juvenilních a adultních jedinců je vyšší než u skupiny tvořené pouze juvenilními jedinci. Stále však není jasné, zda neexistuje u samců a samic genderová zaujatost spojená se ztrátou značky, z důvodu odlišného pohybu, růstu a přežití. Míra opětovného zaznamenání značek se totiž může odvíjet od pohlaví. Přestože někteří jedinci PIT značku neztratili ani jednou za dobu 4 let, jiným jedincům se to dařilo opakovaně

a museli být znovu značeni i třikrát za stejné období. Swanberg (1997) zdokumentoval případy, kdy tagy byly vyloučeny z těla pstruha velkohlavého (*Salvelinus confluentus*). Vyloučení tagů u bolena při tření pozorovali i Šmejkal a kol. (2019), kdy u části samic existuje reálná možnost vypuzení tagů spolu s jikrami. Proto v případech, kdy míra retence může ovlivnit výsledky studie, například při odhadu početnosti a přežití, je vhodné zvážit označení dvěma různými způsoby. Hlavně v případech, kdy mají být PIT tagy vloženy do tělní dutiny a sledována míra jejich opětovného zaznamenání v určitém časovém úseku (Bateman a kol., 2009).

3. Materiál a metodika

K realizaci terénních ověřovacích testů v Evropsky významné lokalitě Želivka a v laboratorních podmínkách v letech 2019 a 2020 byla používána technologie RFID PIT tags od Americké firmy Oregon RFID. Technologie sestávala z vlastních identifikačních prvků - **tagů** a **readeru**. Z Single- nebo Multi-readeru (www.oregonrfid.com) byl veden kabel Twinaxial (9207 010500 - Twinaxial Cable PVC 8.4mm 100Ohm, pocínovaná měď, černá 152m, Belden) do ladící kondenzátorové skříňky (www.support.oregonrfid.com) z níž vedl kabel (vodič) stacionární antény (specifikace jednotlivých kabelů shrnuje Tabulka 1).

Tabulka 1: Testované typy kabelů (vodičů) vhodné pro zhotovení antény

TITARC 16 USE <HAR> H01 N2-D 16 213
IEMMEQU <HAR> H01N2 1x25 1984569 2018 CE
DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 16 CPR E 1001518
DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 6 CPR E 1001518
DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 4 CPR E 1001518

Samotný reader se skládal z mikroprocesorové jednotky (dekodéru s elektronickými komponenty), záznamového zařízení s nosičem dat, komunikačního rozhraní a zdroje elektrické energie. Čtecí zařízení pomocí vyladěné antény posílalo dlouhovlnné radiofrekvenční záření a ve chvíli, kdy se do dosahu tohoto signálu (elektromagnetického pole) dostal tag, přijmul energii a modulovanou do ID kódu ji odrazil. Vyslaný kód tagu byl zpětně zaznamenán a uložen do záznamového zařízení.

U použitého stacionárního zařízení bylo takové vyladění antény, aby pokusní bolení draví označení tagy, byli vždy detekováni při dostatečném přiblížení k signálu vyladěné antény čtecího zařízení.

3.1. Technické specifikace

3.1.1. Tag (transpondér)

V experimentu byly používány PIT tagy v podobě skleněné trubičky (tzv. glasstag). Typ HDX (poloduplex) pracující na frekvenci 134,2 kHz. V závislosti na nejčastější velikosti značených ryb byl zvolen tag délky 32 mm, průměru 3,65 mm o hmotnosti 0,8 g (Příloha č. 1). Tag odpovídá mezinárodním standardům, normám ISO-11784 (Radiofrekvenční identifikaci pro strukturu kódů zvířat) a ISO-11785 (Radiofrekvenční identifikaci pro zvířata - technický koncept). Je certifikován na tlak až 1000 PSI, což odpovídá tlaku vody v hloubce 500 m. Díky tomu je PIT tag použitelný téměř ve všech světových sladkovodních vodních útvarech.

3.1.2. Ruční čtečka

Ruční čtečka (Příloha č. 2) je vhodná k detekci tagů u ulovených jedinců. Nevýhodou ruční čtečky je potřeba jedince detekovat na poměrně malou vzdálenost (20 cm) oproti detekční vzdálenosti antény (téměř 1 metr, anténa může dosahovat rozměrů jednotek i desítek metrů). Ruční čtečka typ (Oregon RFID, Easy Tracer II, Čtečka FDX / HDX), která dokáže skenovat FDX i HDX tagy. Problémy s detekcí tagu mohou způsobovat kovové konstrukce v blízkosti tagu (do vzdálenosti 25 cm, příkladem z praxe je loď ze slitiny hliníku), které omezují elektromagnetické pole čtečky a nemusí dojít k načtení tagu. Stejný problém se může vyskytnout u tagů umístěných a načítaných až v kovové jehle aplikátoru.

3.1.3. Čtecí zařízení HDX

Funkce HDX čtecího zařízení spočívala v posílání krátkých magnetických pulzů z antény (čtecí anténní brány). Ve chvíli, kdy se v jejím elektromagnetickém poli PIT tag vyskytoval, byl indukčně nabíjen a odesílal zpět signál s informací o konkrétním tagu na čtecí rozhraní čtecího systému HDX. Při experimentu bylo ponecháno tovární

nastavení čtecího zařízení, kdy docházelo k nabití tagu v čase 50 ms (milisekund) a následovalo čekání na odpověď po dobu 50 ms. Toto nastavení odpovídalo 10 detekcím.s⁻¹. Systém ve většině případů pracoval se Single LF HDX RFID readerem (kompatibilním s ISO 11784) dimenzovaným pouze na jednu čtecí bránu. Další totožný systém musel být v dostatečné vzdálenosti, aby nedocházelo k vzájemnému vyrušování signálů systémů (interferenci) či úplné eliminaci detekčních schopností systémů. V případech, kdy je potřeba antény umístit blízko od sebe je potřeba zvolit Multi-reader (Příloha č. 3)

3.1.4. Anténa

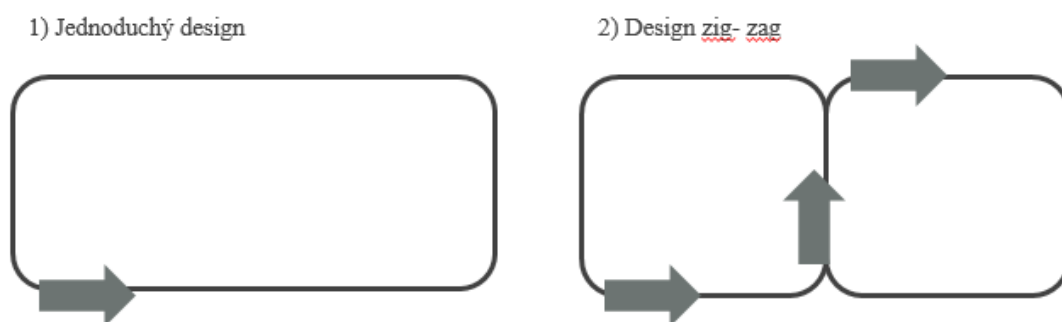
Anténa je součástí systému tvořená kabelem (vodičem), díky němuž vytváří elektromagnetické pole, které je nezbytné pro detekci tagu. Pro minimalizaci rizika, že tag při průchodu elektromagnetickým polem nebude zaznamenán, bylo potřeba anténu přizpůsobit šířce a hloubce toku Želivky, aby zaujímala pokud možno co největší profil vodního sloupce řeky. Z tohoto důvodu byla nutná modifikace a specializace antény nejen délkou a výškou, ale i šířkou dle konkrétních podmínek (Příloha č. 4).

Rozměry antény musí být dostatečné, aby pokryla celý vodní sloupec, ode dna až k hladině v celé šířce toku a zároveň aby byla funkční (schopná skenovat celou svou vnitřní plochu). Pro dodržení této zásady, pokud to podmínky dovolují, lze část toku zahradit. Obvykle je však snaha antény umísťovat do nejužších částí toků či do technických staveb na tocích, z důvodu přesného profilu. Při instalaci antény je nutné počítat s větším průtokem vody než průměrným a přizpůsobit tomu rozměry antény.

Následně byla pomocí digitálního LCR metru (model LCR 200) (Příloha č. 5) změřena konduktivita, na jejímž základě teprve bylo možné anténu vyladit tak, aby byla schopná skenovat celý svůj vnitřní profil. Když byla anténa zhotovena a případně zafixována, pomocí speciálního zařízení byla změřena hodnota její induktance (u hodnot od 5,3 do 59,3 lze očekávat funkční anténu). Podle změřených hodnot induktance byly nastaveny piny v ladící kondenzátorové skřínce (Příloha č. 6). V případě, že anténa nebyla schopná skenovat celý svůj vnitřní profil, bylo zapotřebí ji zmenšit či jinak upravit na takové rozměry, aby byla funkční v celém svém profilu a následně zafixovat kvůli zabránění vibracím kabelu, které mohou snižovat detekční vzdálenost. Odlišné tvary a velikosti antén měly různé detekční vzdálenosti, které

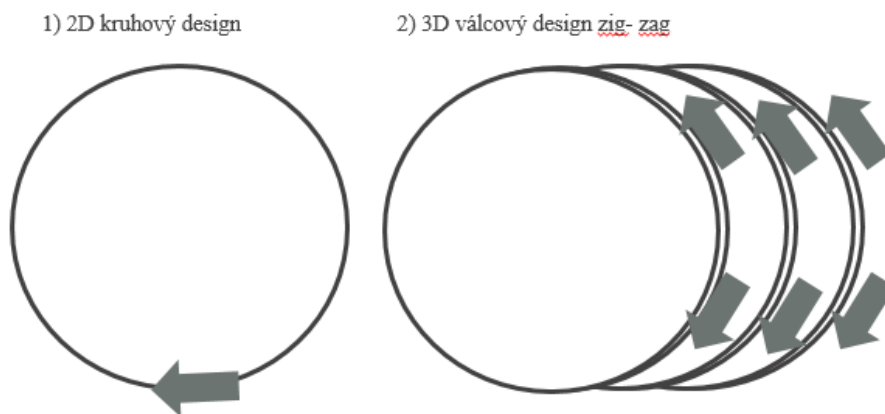
se značně odvíjely od typů a průměrů kabelů i od počtu otáček kabelů zároveň s jejich vzájemnými rozestupy od sebe. Tvarové možnosti bran byly značně variabilní a byly vytvořeny různé tvary dle potřeb jejich následné aplikace do terénních podmínek. Z důvodu snazšího napínání kabelu byly nejčastěji konstruovány 2D antény tvaru obdélníku, čtverce, kruhu a posledním typem byla 3D anténa ve tvaru válce (Schéma č. 2 a 3).

Schéma č. 2: Modifikace designu obdélníkové 2D antény podle způsobu instalace kabelu:



Autor: Tomáš Kolařík

Schéma č. 3: Modifikace kruhové antény 2D a 3D designu podle instalace kabelu antény



Autor: Tomáš Kolařík

Rozměrové modifikace

Rozměrové modifikace jednoduchých designů obdélníkových antén se pohybovaly od 17 x 0,5 přes 4 x 1,25 až po 2 x 1,5 metru, zatímco pro čtvercové 2D antény designu zig-zag byly stavěny až 4x4 metry, ale konkrétní rozměry nebyly striktně dané a byly hledány limity rozměrových velikostí antén. Limitační faktor antény byl stav, kdy anténa nebyla schopna detekovat tagy v jejím středu.

Kruhové tvary antény byly krom tří velikostí 2D prototypů (průměr 0,3, 0,4 a 0,5 m), testovány ještě pro průměr 0,4 metru ve 3D variantách, aby bylo možné výsledky studie implementovat například na náhony či potrubní vedení turbín vodních elektráren. Ve této studii byl kabel antény namotáván na plastové potrubí stylem zig-zag ve směru třetího rozměru antény do vzdáleností 0,25, 0,5 a 1 m (Příloha č. 7).

Kritické body, údržba a řešení poruch

Antény by měly být minimálně dvě, umístěné za sebou, aby bylo možné monitorovat směr migrace. Antény se proto nejčastěji umísťují na začátek a konec monitorované oblasti, u technických zařízení na toku na vstup a výstup. Rozestup antén v takovém případě nemusí být dostatečný a je nutné antény synchronizovat, aby nedocházelo k vzájemnému rušení, tzv. interferenci, která může být způsobovat:

- 1) Vzájemné rušení elektromagnetických polí antén,**
- 2) Vzájemná interference kabelů (Twinax) vedoucích k anténám,**
- 3) Interference elektromagnetického pole kovovými konstrukcemi**

Všechny tyto faktory mohou negativně ovlivňovat detekční vlastnosti antény a v nejzažším případě může docházet k úplné eliminaci detekční schopnosti antén (Slavík a kol., 2012b). Nezbytné je anténu i další části systému je vhodné zafixovat tak, aby při případné povodni nedošlo vlivem kinetické energie vodního proudu k posunu, deformaci nebo v nejhorším případě k úplné ztrátě. V našem případě byly pro fixaci použity kovové ocelové betonářské pruty tl. 18 mm (roxory), lana a elektrikářské pásky.

Technologii bylo potřeba průběžně kontrolovat, měnit vybité akumulátory za nabité. Údržba také spočívala v odstraňování rostlinných nečistot přinášných vodou (splávi) z prostoru antény a následné kontroly systému, zda nejsou některé části či kabely viditelně poškozeny. Následně byla otestována funkčnost detekce tagů pomocí testovacího tagu v celém jejím profilu. Systém fungoval a tagy četl, pokud by tagy nebyly detekovány, pak se přistoupilo k hledání poruchy a jejímu řešení:

- A) Zda je systém připojen ke zdroji elektrické energie
- B) Vizuální kontrola systému, zda není některá část systému či kabely mechanicky poškozené (povodní, vandaly)
- C) Vizuální kontrola systému, zda jsou všechny kontakty zapojené do správných vstupů a zdali jsou dobře upevněny
- D) Kontrola zda v anténě není kovový předmět, který by narušoval detekční schopnosti

3.1.5. Zdroj energie

Přenosná zařízení jsou nejčastěji napájena z výměnných nebo vestavěných akumulátorů či z bateriových článků, přičemž z pohledu provozního hlediska jsou nejvhodnější vyměnitelné 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.

Pro kontinuální provoz stacionárního elektronického systému RFID PIT tag je stěžejní zdroj elektrického napětí. Nejvhodnějším napájecím zdrojem pro stacionární čtecí zařízení je v dnešní době napájení přes AC/DC adaptér z elektrické rozvodné sítě, což však bývá u řek s nedostupným elektrickým vedením značný problém, proto byly používány dva druhy olověných baterií.

První typ baterie Monbat monolith power byl semi-trakční speciální akumulátor pro hluboké vybíjení pro profesionální použití, hobby i volný čas s elektrolytem v kapalném skupenství. Specifikace MP100 95752, nominální napětí 12V, nominální kapacita C20 – 100 Ah, nominální kapacita C5 - 80 Ah, RC - 182 min s polaritou 0/1 a uchycením B01. Hmotnost akumulátoru 23,5 kg s rozměry 304/173/220 mm (www.rsp-fishing.cz).

Druhým typem akumulátoru byla trakční baterie Goowei energy, technologie (VRLA/GEL), která neobsahovala elektrolyt v kapalném skupenství, ale byl ztužen v hybridním gelu, což předurčovalo její bezúdržbovost. Baterie měla specifikaci OTL75-12, nominální napětí 12V, nominální kapacitu 10H - 75 Ah, uchycení M6 a maximální vybíjecí proud 500 A. Hmotnost akumulátoru 24 kg s rozměry 260/166/206 mm o stejné průměrné ceně jako předchozí akumulátor (www.battery-import.cz).

Údržba systému byla minimální, obvykle stačilo vyměnit téměř vybité baterie za nabité, aby se zabránilo výpadkům napájení. Pravidelnost výměny byla značně variabilní v závislosti na počtu ryb proplouvajících anténami. Při minimálních počtech ryb bylo možné baterie měnit 1x za 7 až 10 dní, zatímco při velkém počtu záznamů je pro zajištění kontinuity záznamu z preventivních důvodů vhodné měnit baterie i 1x za 2 – 3 dny u baterie Monbat monolith power, 5 – 6 dní u baterie Goowei energy.

3.1.6. Prototypy antén a jejich použití

Byly stavěny různé prototypy antén se zaměřením na různou detekční vzdálenost, z tohoto důvodu bylo potřeba zhotovit různé rozměrové varianty, které se odvíjely od konkrétních terénních podmínek na zvláště chráněné lokalitě řeky Želivky. Konkrétní modifikace se odvíjely podle těchto základních parametrů: tvaru, rozměru, počtu otáček kabelu a podle typu kabelu. Pro **tvarové modifikace** 2D antén byly vybrány 3 nejvhodnější tvary pro aplikaci do terénních podmínek: obdélník, čtverec a kruh. Rozměrové parametry se různě specializovaly primárně u obdélníkových tvarů, zatímco rozměrové specializace u kruhových tvarů se měnily minimálně (Tabulky č. 2, 3 a 4). Tyto tabulky zobrazují i další charakteristiky, například místo testování, induktanci, detekční vzdálenost pole či počet otáček anténního kabelu, kdy bylo voleno obvykle 1 až 3 otáčky a v jednom případě bylo dokonce 10 otáček. Typ kabelu se odvíjel od možností typů, které skýtá český trh (Tabulka č. 1).

Z modifikace v **počtu otáček** kabelu bylo testováno od 1 do 3 otáček pro potřeby experimentu. Byl vytvořen i prototyp kruhové antény o rozměrech 0,3 x 0,3 metru o 10 otáčkách kabelu. Tento případ byl ojedinělý, protože se jednalo o anténu, jež

byla součástí prototypu speciálního zařízení tzv. „hledáčky“ pro aktivní vyhledávání tagů vytřených rybami v terénních podmínkách (Příloha č. 8).

Rozměry antény, které následně vytvářejí vnitřní plochu antény, jsou značně variabilní a je možné vytvářet široké spektrum variací prototypů o různých detekčních polích (Tabulka č. 2, 3 a 4). Pro tekoucí vody jsou vhodné jednoduché tvary hlavně obdélníku a čtverce, které se zhotovují nejsnáze.

Detekční vzdálenost pole byla měřena pomocí svinovacího kovového metru. Detekční vzdálenost byla měřena kolmo na střed antény za pomoci zvukového zařízení (beeper), které bylo ke čtecímu zařízení připojeno a pokud se tag nacházel v elektromagnetickém poli antény a byl zařízením snímán, tak zvukové zařízení produkovalo zvuk. Po tomto provedeném měření bylo přistoupeno k sofistikovanějšímu zařízení tzv: “speciálnímu testovacímu zařízení pro detekci počtu zaznamenání tagu“ (Zařízení je viditelné při testování na Příloze č. 7).

Toto zařízení bylo dálkově ovládané, speciálně vytvořené i pro podvodní testování funkčnosti antén, kdy se voděodolnost zaručila speciálním voděodolným potrubím do něž se vložilo (Příloha č. 9). Speciální testovací zařízení bylo založeno na principu vozíku, který přepravoval tag konstantní rychlostí $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ z bodu A do bodu B a následně z bodu B do bodu A rychlostí $0,75 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

3.1.7. Statistická analýza dat

Rozdíly v počtu detekcí tagů mezi jednotlivými anténami byly testovány jednocestnou analýzou variance (one-way ANOVA). Následně byl proveden Tukeyho HSD post-hoc test k určení vzájemných rozdílů mezi jednotlivými anténami. Závislost počet detekcí na ploše vnitřního elektromagnetického pole antény byla testována lineární regresí. Testování bylo provedeno v rámci skupin s obdobným designem (v Tabulce 2, 3 a 4 označeny A, B, C a D). Statistická analýza byla provedena v programu R, R version 3.6.0 ((R Development Core Team, 2009).

4. Výsledky

Tabulka 2: Obdélníkové a čtvercové 2D antény testované v terénních podmínkách Želivky

Testování	Anténa č.	Označení	Design	Délka x Výška x Šířka (m)	Čte do vzdálenosti (m)	Počet otáček	Označení kabelu	Odpor
"Hledačka"	8		2D kruh	0,3x0,3	1	10	DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 4 CPR E 1001518	59
Želivka 2020	7	B2	2D obdélník	4x3	0,65	1	TITARC 16 USE <HAR>H01 N2-D 16 213	46
Želivka 2019	14		2D obdélník zig-zag	4x4	0,75	1	TITARC 16 USE <HAR>H01 N2-D 16 213	46,6
Želivka 2019	12		2D obdélník	4x1,25	0,5	1	DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 16 CPR E 1001518	18,3
Želivka 2019	9		2D obdélník	1,7x2	0,5	1	DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 16 CPR E 1001518	12,7
Želivka 2019	10		2D obdélník	2,2x1,25	0,5	1	DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 16 CPR E 1001518	15
Želivka 2020	4	A9	2D obdélník	10,7x0,5	0,35	1	DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 16 CPR E 1001518	26,1
Želivka 2020	6	A7	2D obdélník	8,3x0,45	0,25	1	DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 16 CPR E 1001518	23,3
Želivka 2020	5	A8	2D obdélník	8x0,5	0,25	1	DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 16 CPR E 1001518	24,6
Želivka 2020	2	A4	2D obdélník	13x0,2	0,2	2	IEMMEQU <HAR> H01N2 1x25 1984569 2018 CE	42,1
Želivka 2019	11		2D obdélník	4x1,2	0,2	1	DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 16 CPR E 1001518	18,4
Želivka 2019	13		2D obdélník zig-zag	4x2	0,2	1	DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 16 CPR E 1001518	31,4
Želivka 2020	1	A1	2D obdélník	6,5x0,17	0,15	2	DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 6 CPR E 1001518	30,9
Želivka 2020	3		2D obdélník	2,8x0,2	0,15	2	DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 6 CPR E 1001518	21,5

Tabulka č. 3: Obdélníkové a čtvercové antény laboratorně testované

Testování	Anténa č.	Označení	Design	Délka x Výška x Šířka (m)	Čte do vzdálenosti (m)	Počet otáček	Označení kabelu	Odpor
Laboratorní	35	A10	2D obdélník	10x0,6	0,1	1	IEMMEQU <HAR> H01N2 1x25 1984569 2018 CE	32,5
Laboratorní	26	A11	2D obdélník	10x0,6	0,15	1	DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 4 CPR E 1001518	32,9
Laboratorní	36	A12	2D obdélník	10x0,6	0,13	1	TITARC 16 USE <HAR>H01 N2-D 16 213	31,7
Laboratorní	25	A13	2D obdélník	16x0,4	0,15	1	DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 4 CPR E 1001518	39,6
Laboratorní	38	A14	2D obdélník zig-zag	10x0,7	0,43	1	TITARC 16 USE <HAR>H01 N2-D 16 213	37,9
Laboratorní	20	A2	2D obdélník	4x0,3	0,35	2	DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 4 CPR E 1001518	31,5
Laboratorní	22	A3	2D obdélník	12x0,2	0,17	1	DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 4 CPR E 1001518	29,2
Laboratorní	24	A5	2D obdélník	16x0,2	0,4	1	DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 4 CPR E 1001518	34,8
Laboratorní	58	A6	2D obdélník	8x0,45	0,05	1	DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 16 CPR E 1001518	21
Laboratorní	33	B1	2D obdélník zig-zag	10x0,6	0,5	1	IEMMEQU <HAR> H01N2 1x25 1984569 2018 CE	37
Laboratorní	37	B3	2D obdélník zig-zag	10x0,6	0,8	1	TITARC 16 USE <HAR>H01 N2-D 16 213	36,3
Laboratorní	17		2D čtverec zig-zag	4x4	0,75	1	TITARC 16 USE <HAR>H01 N2-D 16 213	59,3
Laboratorní	16		2D obdélník	17x0,5	0,3	1	TITARC 16 USE <HAR>H01 N2-D 16 213	/
Laboratorní	15		2D obdélník	17x0,3	0,3	1	TITARC 16 USE <HAR>H01 N2-D 16 213	/
Laboratorní	52		2D obdélník	2x1,5	0,25	2	TITARC 16 USE <HAR>H01 N2-D 16 213	39,8
Laboratorní	38		2D obdélník zig-zag	10x0,7	0,43	1	TITARC 16 USE <HAR>H01 N2-D 16 213	37,9

Laboratorní	18		2D obdélník	4x0,6	/	1	DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 4 CPR E 1001518	16,4
Laboratorní	21		2D obdélník	4x0,6	/	3	DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 4 CPR E 1001518	83,5
Laboratorní	/		2D obdélník	50x0,2	/	1	DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 4 CPR E 1001518	95,1
Laboratorní	27		2D obdélník	10x0,8	/	1	DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 4 CPR E 1001518	33,6
Laboratorní	28		2D obdélník	10x0,7	/	1	DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 4 CPR E 1001518	33,4
Laboratorní	29		2D obdélník	10x0,8	/	2	DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 6 CPR E 1001518	87,6
Laboratorní	/		2D obdélník zig-zag	10x0,8	/	1	IEMMEQU <HAR> H01N2 1x25 1984569 2018 CE	40,4
Laboratorní	/		2D obdélník zig-zag	10x0,7	/	1	IEMMEQU <HAR> H01N2 1x25 1984569 2018 CE	38,3
Laboratorní	39		2D obdélník zig-zag	10x0,8	/	1	TITARC 16 USE <HAR>H01 N2-D 16 213	39,9
Laboratorní	50		2D čtverec	2x2	/	2	TITARC 16 USE <HAR>H01 N2-D 16 213	43,7
Laboratorní	51		2D obdélník	2x1,6	/	2	TITARC 16 USE <HAR>H01 N2-D 16 213	42,6
Laboratorní	53		2D obdélník	2x1,5	/	1	TITARC 16 USE <HAR>H01 N2-D 16 213	25
Laboratorní	54		2D obdélník	2x1,7	/	1	TITARC 16 USE <HAR>H01 N2-D 16 213	25,5
Laboratorní	55		2D obdélník	2x1,7	/	2	TITARC 16 USE <HAR>H01 N2-D 16 213	42,3

Tabulka č. 4: Kruhové antény 2D a 3D

Testování	Anténa č.	Označení	Design	Délka x Výška x Šířka (m)	Čte do vzdálenosti (m)	Počet otáček	Označení kabelu	Odpor
Laboratorní	56	C1	2D kruh	0,4x0,4	0,05	1	DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 16 CPR E 1001518	2,9
Laboratorní	59	C2	2D kruh	0,4x0,4	0,15	2	DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 16 CPR E 1001518	5,3
Laboratorní	43	C3	2D kruh	0,4x0,4	0,1	1	TITARC 16 USE <HAR>H01 N2-D 16 213	17,1
Laboratorní	42	C4	2D kruh	0,4x0,4	0,15	2	TITARC 16 USE <HAR>H01 N2-D 16 213	19,4
Laboratorní	61	C5	2D kruh	0,4x0,4	0,25	3	TITARC 16 USE <HAR>H01 N2-D 16 213	21,9
Laboratorní	60	D1	3D kruh zig-zag	0,4x0,4x0,25	0,1	1	TITARC 16 USE <HAR>H01 N2-D 16 213	18,7
Laboratorní	30	D2	3D kruh zig-zag	0,4x0,4x0,5	0,2	1	DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 6 CPR E 1001518	20
Laboratorní	31	D3	3D kruh zig-zag	0,4x0,4x1	0,25	1	DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 6 CPR E 1001518	28,2
Laboratorní	41	D4	3D kruh zig-zag	0,4x0,4x0,5	0,6	1	TITARC 16 USE <HAR>H01 N2-D 16 213	36,4
Laboratorní	40	D5	3D kruh zig-zag	0,4x0,4x1	0,35	1	TITARC 16 USE <HAR>H01 N2-D 16 213	30,7
Laboratorní	47		2D kruh	0,5x0,5	0,15	2	DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 6 CPR E 1001518	5,4
Laboratorní	57		2D kruh	0,4x0,4	0,15	2	DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 16 CPR E 1001518	5,6
Laboratorní	49		2D kruh	0,3x0,3	0,18	3	DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 6 CPR E 1001518	6,9
Laboratorní	44		2D kruh	1x1	/	1	DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 16 CPR E 1001518	5
Laboratorní	45		2D kruh	0,85x0,85	/	1	TITARC 16 USE <HAR>H01 N2-D 16 213	19
Laboratorní	46		2D kruh	0,5x0,5	/	1	TITARC 16 USE <HAR>H01 N2-D 16 213	17,2
Laboratorní	48		2D kruh	1x1	/	1	DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 6 CPR E 1001518	4,1

4.1 Vyhodnocení typů kabelů, tvarů a rozměrů antén

Z mých výsledků vyplývá, že nejvhodnější typ kabelu pro konstruování velkorozměrových čtecích antén je TITARC 16 USE <HAR>H01 N2-D 16 213, případně IEMMEQU <HAR> H01N2 1x25 1984569 2018 CE. Je však možné pro zhotovení malorozměrových antén zvolit kterýkoliv z kabelů DRAKA H07V-K <EZU> <HAR> ... CPR E 1001518 nebo i DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 8 či 10 CPR E 1001518, které byly testovány v jiných experimentech, jež nezahrnuje tato práce, ale z nabitých zkušeností si dovoluji tvrdit, že tyto kabely disponují obdobnými parametry jako kabely DRAKA 4, 6 a 16 testované v rámci této práce (Tabulka č. 1).

TITARC 16 USE <HAR> H01 N2-D 16 213
IEMMEQU <HAR> H01N2 1x25 1984569 2018 CE
DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 16 CPR E 1001518
DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 6 CPR E 1001518
DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 4 CPR E 1001518

Tabulka 1: Testované typy kabelů (vodičů) vhodné pro zhotovení antény

Při porovnání dvou rozměrově stejných obdélníkových 2D antén ve všech parametrech (10 x 0,6 m, kabel Titarc 16, 1 otáčka), kdy jednoduchým 2D designem umístění kabelu bylo dosaženo detekčního pole 0,26 m, tak v případě designu zig-zag bylo dosaženo pole 1,6 m. Tento design se osvědčil i při zhotovování tvarů obdélníkových antén, kdy největší funkční anténa jednoduchého designu o 2 otáčkách kabelu Titarc 16, rozměrů 2 x 1,5 m měla detekční pole 0,5 m, tak v případě téměř identické antény jen s rozměry 4 x 3 metry, aplikované v terénních podmínkách byl detekční pole 1,1 metru. U antény č. 7 (Příloha č. 9), 4 x 3 metry o 1 otáčce kabelu Titarc 16 umístěného způsobem zig-zag bylo dosaženo celkového detekčního pole dokonce 1,5 m. Tento způsob velmi výrazně zvyšuje detekční vzdálenost antény až o desítky centimetrů pro 32 mm tagy.

U 3D válcových designů zig-zag antén s kabelem Titarc 16, rozšířených o třetí rozměr o 0,25, 0,5 a 1 metr byla v posledních dvou případech výsledná velikost detekčního pole 1,7 metru. Tímto způsobem námi největší postavená funkční obdélníková 2D anténa jednoduchého designu měla rozměry 17 x 0,5 m a detekční pole zaznamenání tagu 0,6 metru, které bylo možné zvýšit umístěním kabelu antény na konstrukci způsobem zig-zag, který znázorňuje (Schéma č. 2).

Kruhové 2D designy antény byly krom tří velikostí prototypů (průměr 0,3, 0,4 a 0,5 m), testovány ještě pro průměr 0,4 metru ve 3D variantách, aby bylo možné výsledky studie implementovat například na náhony či potrubní vedení turbín vodních elektráren (Schéma č. 3). U 2D kruhových tvarů antén o průměru 0,4 metru, minimálně o 2 otáčkách kabelu lze s kterýmkoliv z mnoha testovaných typů dosáhnout detekčního pole minimálně 0,3 m. V případě potřeby zvýšení detekčního pole je vhodné stavbu antény rozšířit i do 3D prostoru. V rámci této práce byl kabel antény namotáván na plastové potrubí stylem zig-zag ve směru třetího rozměru antény do vzdáleností 0,25, 0,5 a 1 m (Příloha č. 6).

4.3. Technické zásady pro instalaci antén a kritické body

V našem experimentu byla minimální vzdálenost pro rozestup dvou obdélníkových antén, z nichž každá byla zapojena do jednoho single-readeru vyhodnocena na 50 metrů. Následně byla provedena fixace kovovými prvky, kdy 18 mm silné roxory použité k fixaci neměly zaznamatelný vliv na detekční schopnost antény. Negativní vliv jsme zaznamenali v případě, kdy kovový prvek tvořil překážku mezi elektromagnetickým polem antény a tagem.

U antén s velmi dobrým detekčním polem (1,2 - 1,6 m) se induktance nejčastěji pohybovala v rozmezí hodnot 31,4 až 36,4, ale mohla dosahovat v některých případech i hodnot mnohem vyšších (59,3). Ladící kondenzátorová skříňka byla připojena k záznamovému zařízení, které bylo nastaveno pomocí počítačového programu PuTTY 2. Aktivace antén probíhala postupně, sekvencí 120 ms na anténu a ověření trvalo 33 s. Následně byly u každé jednotlivé antény vyladěny ladící kondenzátorové skříňky za pomoci ladících indikátorů (tuning indicator). Nakonec byly ověřeny detekční schopnosti antény pomocí testovacího tagu.

Při testování v terénních podmínkách jsem zaznamenal problémy se synchronizací antény, kdy se elektromagnetická pole mezi anténami č. 11 a č. 12 (Tabulka č. 2) měla tendenci vyrušovat a musel být vytvořen rozestup 10 metrů mezi anténami, jinak nebylo možné zajistit vyladění správnou funkčnost obou, i když v laboratorních podmínkách jsem zjistil, že je potřeba hlavně změnit polohu jumperů

v ladící skřínce podle ladícího manuálu (příloha č. 7), protože dokonalé vyladění není nezbytně nutné k zajištění dobré detekční vzdálenosti.

4.3. Výsledky Statistické analýzy dat

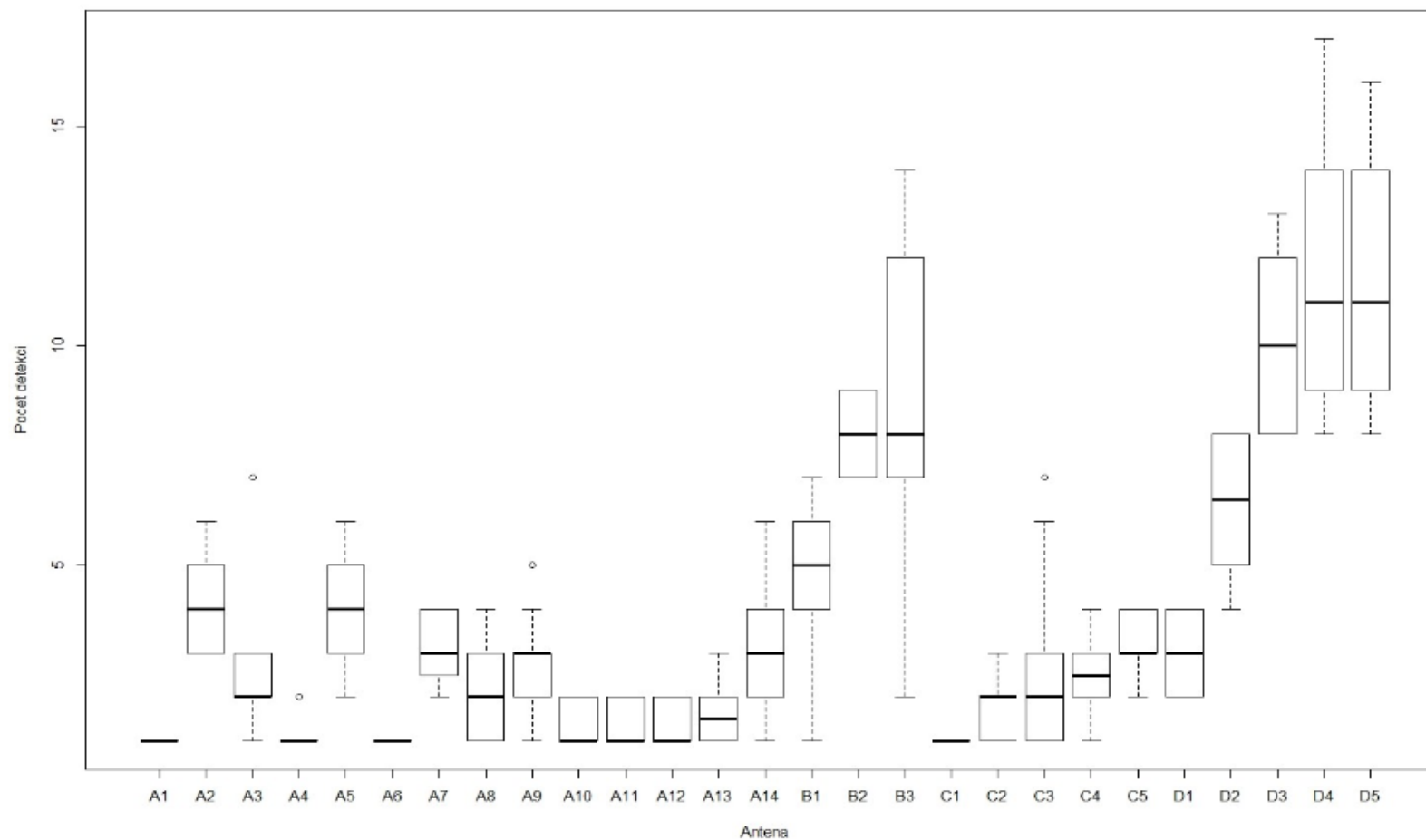
Množství detekcí bylo průkazně rozdílné mezi anténami ($F_{26,2673}=692$; $p<0,001$) (Graf č. 1) a vzájemné rozdíly mezi anténami jsou uvedeny v Tabulce č. 3.

Tabulka č. 3: Hodnoty průkaznosti (0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1) v části nad diagonálou a hodnoty rozdílů od průměru pod diagonálou získané zTukeyho HSD post-hoc testu mezi anténami.

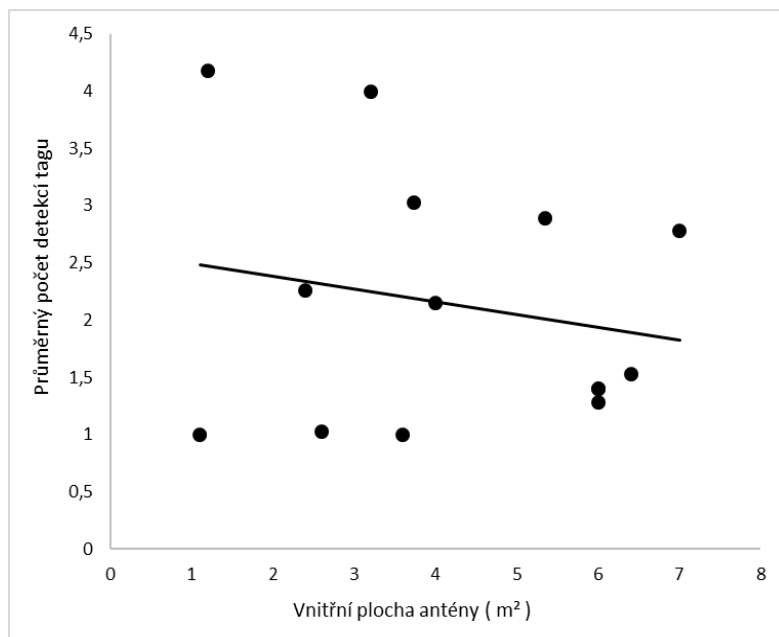
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	B1	B2	B3	C1	C2	C3	C4	C5	D1	D2	D3	D4	D5		
A1	-	0	>0.001	1	0	1	0	>0.005	0	1.00	0.89	0.89	0.37	0	0	0	0	0	0.038	>0.004	0	0	0	0	0	0	0	0	
A2	2.51	-	0	0	1	0	>0.005	0	2.23	2.11	2.11	1.98	0.73	>0.001	0	0	0	0	0	0	0	>0.004	>0.001	0	0	0	0	0	
A3	0.59	-2.58	-	>0.001	0	>0.001	0.006	1	0.1	0.32	0.2	0.19	0.07	-1.19	0	0	0	>0.001	0.19	0.99	1	>0.002	0.06	0	0	0	0	0	
A4	-0.64	-3.83	-2	-	0	1	0.053	>0.009	0	-0.92	-1.05	-1.18	-2.43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
A5	2.33	-0.84	1.07	2.31	-	0	>0.002	0	>0.002	2.05	1.93	1.93	1.8	0.56	>0.004	0	0	0	0	0	0	0	0.006	>0.006	0	0	0	0	0
A6	-0.66	-3.85	-1.93	-0.68	-3.67	-	0	>0.006	0	-0.94	-1.07	-1.08	-1.2	-2.45	0	0	0	0	0	0.04	>0.004	0	0	0	0	0	0	0	
A7	1.36	-1.82	0.11	1.34	-1.64	1.36	-	0	0.99	1.08	0.97	0.97	0.84	-0.41	0	0	0	0	0	0.005	0.29	1	1	0	0	0	0	0	
A8	0.48	-2.7	-0.76	0.47	-2.52	0.49	-1.55	-	0.02	0.21	0.8	0.09	-0.04	-1.3	0	0	0	>0.005	0.63	1	>0.005	0.002	0.87	0.99	1	0	0	0	
A9	1.22	-2	-0.03	1.2	-1.78	1.22	-0.81	0.08	-	0.95	0.83	0.83	0.7	-0.55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
A10	-0.38	0	>0.001	0.99	0	1	0	0	0	-	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0.89	0	>0.008	0	0	0	0	0	0	
A11	-0.26	0	0	0.94	0	0.89	0	0	0	-0.55	-	1	1	0	0	0	0	0	0.9	1	0.02	>0.007	0	0	0	0	0	0	
A12	-0.26	0	0	0.94	0	0.9	0	0.009	0	-0.54	-0.66	-	1	0	0	0	0	0	0.9	0	0.03	>0.007	0	0	0	0	0	0	
A13	-0.13	0	0.01	0.45	0	0.37	0	0.11	0	-0.41	-0.53	-0.53	-	>0.006	0	0	0	0.38	1	0.25	>0.004	0	0	0	0	0	0	0	
A14	1.11	0	0.41	0	>0.004	0	0.99	0.09	1	0.83	0.72	0.72	-1.18	-	0	0	0	>0.003	0.02	1	0.72	0.99	0	0	0	0	0	0	
B1	3.49	0.32	2.23	3.47	0.5	3.5	1.47	2.34	1.6	3.21	3.09	3.09	2.96	1.71	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
B2	6.32	3.14	5.06	6.3	3.32	6.32	4.29	5.17	4.43	6.04	5.92	5.79	5.79	4.54	2.16	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B3	7.79	4.61	6.53	7.78	4.79	7.8	5.77	6.64	5.9	7.51	7.39	7.39	7.26	6.01	3.63	0.81	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C1	-0.66	-3.85	-1.93	-0.69	-3.67	-0.67	-2.7	-1.82	-2.56	-0.94	-1.07	-1.07	-1.2	-2.45	-4.83	-7.66	-9.13	-	0.036	>0.005	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C2	0.01	-3.17	-1.25	-0	-2.99	0.01	-2.01	-1.14	-1.88	-0.27	-0.38	-0.38	-0.51	-1.77	-4.15	-6.98	-8.45	0.02	-	0.87	0.003	0	>0.001	0	0	0	0	0	0
C3	0.43	-2.76	-0.83	0.41	-2.58	0.43	-1.61	-0.72	-1.47	0.15	0.02	0.03	-0.1	-1.36	-3.74	-6.57	-8.04	0.43	-0.25	-	0.91	>0.008	0.001	0	0	0	0	0	
C4	0.82	-2.37	-0.44	0.8	-2.19	0.82	-1.22	-0.33	-1.08	0.54	0.42	0.29	-0.29	-0.96	-3.35	-6.18	-7.65	0.82	0.14	-0.27	-	0	0	0	0	0	0	0	
C5	1.56	-1.62	0.31	1.54	-1.44	1.56	-0.46	0.42	-0.32	1.28	1.16	1.03	-0.21	-2.6	-5.43	-6.9	1.56	0.89	0.48	0.09	-	0.99	0	0	0	0	0	0	
D1	1.26	-1.92	-0.002	1.24	-1.74	1.26	-0.78	0.1	-0.64	0.97	0.85	0.85	0.72	-0.53	-2.9	-5.73	-7.2	1.26	0.57	0.16	-0.23	-0.98	0	0	0	0	0	0	
D2	4.53	1.35	3.27	4.51	1.53	4.53	2.5	3.38	2.64	4.25	4.13	4.1	4	2.75	0.38	-2.46	-3.93	4.53	3.85	3.44	3.05	2.3	2.61	0	0	0	0	0	
D3	8.61	5.43	7.35	8.6	5.61	8.62	6.59	7.46	6.72	8.33	8.22	8.08	6.83	4.45	1.62	0.16	8.62	7.93	7.52	7.13	6.38	6.69	3.42	-	>0.001	>0.002	0	0	
D4	9.81	6.62	8.55	9.79	6.8	9.91	7.78	8.65	7.92	9.53	9.4	9.41	9.28	8.03	5.64	2.81	1.34	9.81	9.13	8.72	8.33	7.58	7.88	4.61	0.53	-	1	1	
D5	9.79	6.61	8.54	9.78	6.79	9.8	7.77	8.65	7.9	9.51	9.4	9.4	9.26	8.01	5.63	2.8	1.33	9.8	9.12	8.71	8.32	7.56	7.87	4.6	0.52	-0.67	-	1	

Tabulka č. 3: Hodnoty průkaznosti (0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1) v části nad diagonálou a hodnoty rozdílů od průměru pod diagonálou získané zTukeyho HSD post-hoc testu mezi anténami

Graf č. 1: Různé prototypy antén s počty detekcí tagů vyjádřeny krabicovým diagramem zobrazující medián (silná čára), hodní a dolní kvartily (čtverec), minimální a maximální hodnoty (chybové úsečky) a odchýlené hodnoty (body).

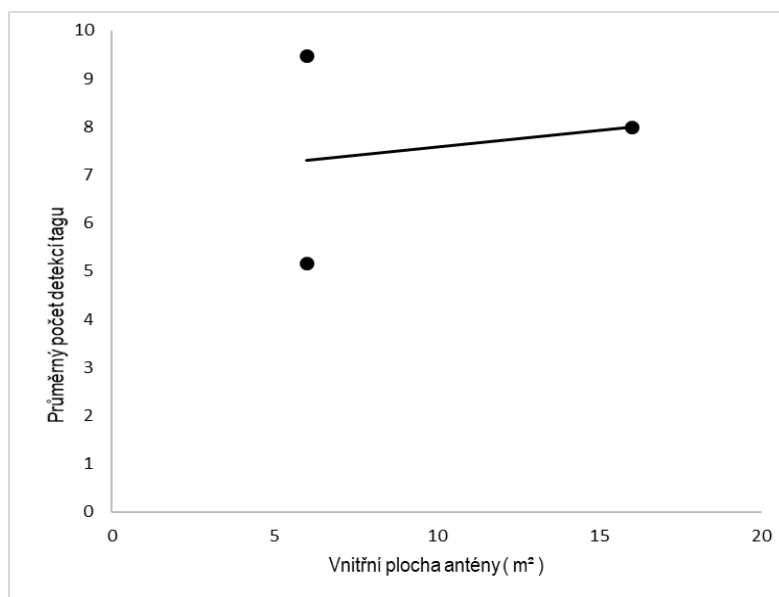


Pro skupinu A (A1 – A14) byl vztah mezi počtem detekcí a vnitřní plochou elektromagnetického pole antény statisticky neprůkazný ($F_{1,12}=0,4931$; $p=0,496$). Pozorovaný trend vykazoval negativní (Graf č. 2).



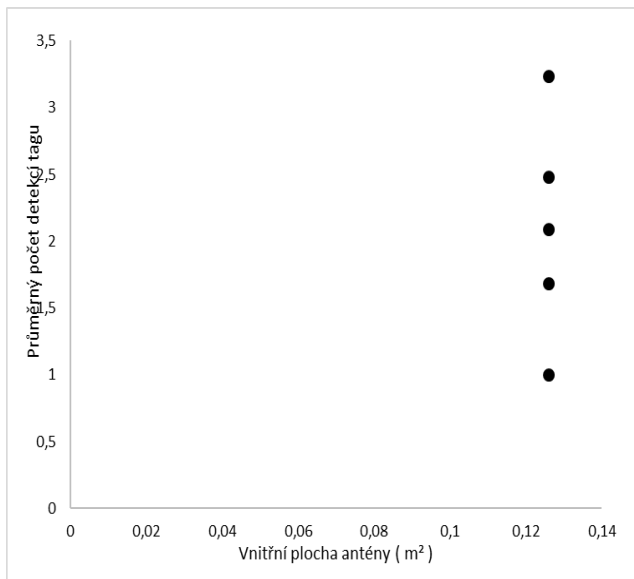
Graf č. 2.: Závislost počtu detekcí na vnitřní ploše elektromagnetického pole antény pro skupiny A (1 – 14, obvod tvaru jednoduchý 2D obdelník a čtverec).

Pro skupinu B (1 – 3) byl vztah mezi počtem detekcí a vnitřní plochou elektromagnetického pole antény rovněž statisticky neprůkazný ($F_{1,1}=0,033$; $p=0,885$). Pozorovaný trend vykazoval pozitivní vztah (Graf č. 3).



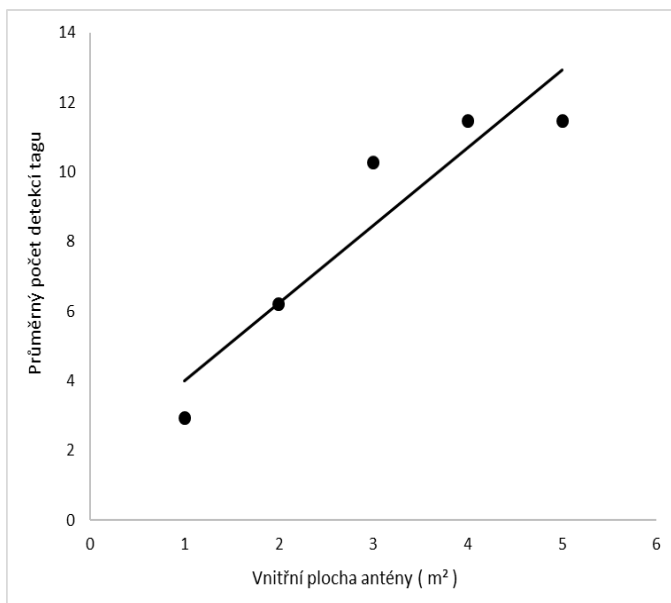
Graf č. 3.: Závislost počtu detekcí na vnitřní ploše elektromagnetického pole antény pro skupiny B (1 – 3, obvod tvaru obdelník zig-zag a čtverec zig-zag).

Pro skupinu C (1 – 3) nebylo možné provést regresní analýzu statistickým programem R, protože plochy všech C skupin byly stejné. Grafické znázornění závislosti průměrného počtu detekcí v závislosti na vnitřní ploše antén skupiny C (Graf č. 4).



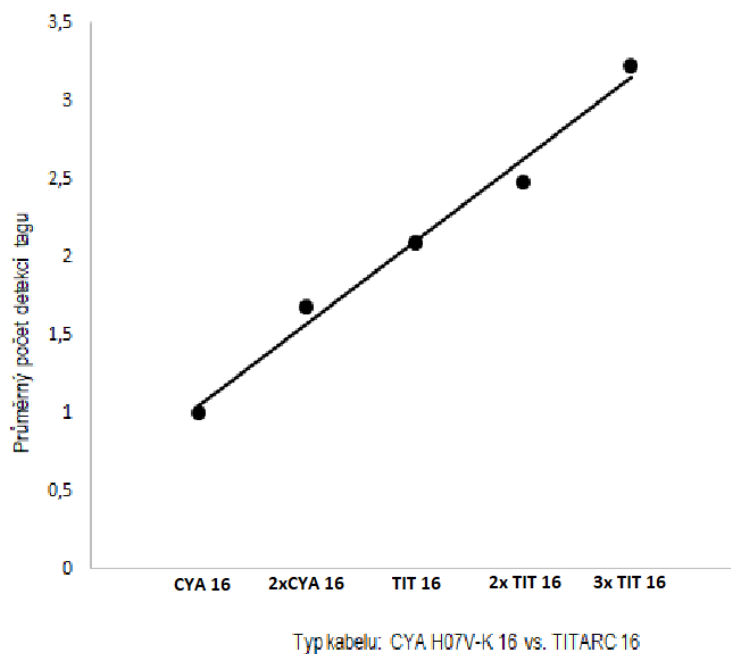
Graf č. 4.: Závislosti počtu detekcí a plochy antén skupiny C (1 – 3).

Pro skupinu D (1 – 5) byl vztah mezi počtem detekcí a vnitřní plochou antény ($F_{2,2}=2,921$; $p=0,255$) také statisticky neprůkazný (Graf č. 5).



Graf č. 5.: Závislost počtu detekcí a plochy antén skupiny D (1 – 5).

Na testovaných anténách C (1 – 5) je dobře viditelné jak se s kvalitou a počty otáček kabelu zvyšuje počet detekcí (Graf č. 6).



Graf č. 6.: Závislost počtu detekcí tagu na typu kabelu a počtu otáček

5. Diskuze

Z mých výsledků vyplývá, že je nutné provádět testování antén, protože parametrů ovlivňujících detekční vzdálenost antén je celá řada, negativně ovlivňujících detekci podílejších se různou měrou. Proto se z pohledu typů kabelů pro zhotovování všech obdélníkových a čtvercových prototypů antén jednoduchého nebo zig-zag designu jeví jako nejvhodnější kabel (vodič) TITARC 16 USE <HAR>H01 N2-D 16 213, který je však ze všech testovaných typů kabelů ekonomicky nejnáročnější. Shledávám proto pro kruhové 2D antény na českém trhu ekonomicky mnohem dostupnější kabel, obchodním názvem DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 4 CPR E 1001518. U něhož výsledky ukazují, že zhotovením 10 otáček kabelu lze dosáhnout i u malých rozměrů (0,3 x 0,3 m) antény č. 8. U této antény se zmíněným kabelem, lze dosáhnout vynikající čtecí vzdálenosti, která přesahuje o 0,2 m největší čtecí vzdálenost pole u nejeftivnějších antén č. 7 a 37. Z dosažených výsledků a nabitých zkušeností předpokládám, že již není možné dosáhnout většího celkového detekčního pole než je 1,6 až 2 m u antény ve 2D designu. Z výsledků také vyvozují, že anténa s 1 otáčkou kabelu Titarc 16, designu zig-zag, velikosti 4 x 4 metry rozhodně není limitem rozměrových možností technologie.

Podobný závěr vyplývá i z Obrázku č. 8, který ukazuje, že s kvalitou kabelu, jenž je vyjádřena vodivostí kabelu má pozitivní vliv na zvyšující se detekční vzdálenost, ale signifikantnějším parametrem pro zvýšení detekční vzdálenosti je zvýšení z 1 na 2 až 3 otáčky kabelu. Otáčky kabelu udávají důležitý parametr dobře skenující antény tzv. indukčnosti. Tu je možné měnit pomocí zvyšování nebo snižování počtu otáček kabelu, aniž by bylo potřeba měnit tvar antény. Při konstruování antén s větším počtem otáček se indukčnost zvyšuje, a s tím se zvětšuje i velikost elektromagnetického pole, které je zásadní pro dosažení dostatečné čtecí vzdálenosti, v němž je radiofrekvenční systém schopen konkrétní (HDX 32 mm) tagy detekovat (www.oregonrfid.com). Tagy HDX mají oproti FDX tagům větší detekční vzdálenost (Washburn a Hateley, 2019) a je možné u 23 a 32 mm dosáhnout detekční vzdálenosti až 1 metr (Castro-Santos a kol., 1996; Roussel a kol., 2000; Zydlewski a kol., 2001) i za použití malého průměru kabelu, ale podmínkou je dostatečný již zmíněný počet otáček kabelu a dobré vyladění antény.

Různé tvary a rozměry antény vytvářejí plochu antény, která je významným parametrem systému. S pomocí antén navržených jako prototyp, lze sledovat i poměrně

velké úseky řek (Zydlewski a kol., 2001). U obdélníkových antén byla v terénních podmínkách detekční vzdálenost pole od 0,15 m (anténa č. 1) do 0,8 m (anténa č. 7 a 37). V mých experimentálních testováních obdélníkových antén č. 38 a 39 jsem dosáhl celkové detekční vzdálenosti pole 1,5 a 1,6 metru. Při testování obdélníkových tvarů antén bylo tedy dosaženo 0,8 m maximální detekční vzdálenosti tagu od antény. Zatímco minimální vzdálenost u těchto tvarů experimentálních prototypů začínala na 0,05 metru. Podobných výsledků dosáhli Richer a kol. (2017) kdy u antény 3 x 0,9 m se detekční vzdálenost pohybovala od 0,03 do 0,64 m.

V mé experimentu byl u kruhových 3D antén kabel namotáván na plastové potrubí stylem zig-zag ve směru třetího rozměru antény do vzdáleností 0,25, 0,5 a 1 m (Příloha č. 8), tím došlo ke zvětšení detekčního pole. V experimentu jsem těchto hodnot dosáhl u kruhové antény č. 8, která měla rozměr 0,3 x 0,3 m, 10 otáček kabelu DRAKA 07 H07V-K <EZU> <HAR> 4 CPR E 1001518. To je průlomová informace, protože se jednalo o nejlevnější typ kabelu. Z ekonomické stránky se celá technologie kromě pořizovací ceny readeru se následně do značné míry odvíjí od délky potřebných kabelů, kdy náklady jsou přímo úměrné prostorovému rozsahu a geometrické konfiguraci systému (Johnston a kol., 2009). Zhotovení kruhové antény však vyžaduje kruhovou strukturu, která se obvykle na vodohospodářských stavbách na tocích již nachází a lze ji tedy snadno využít jako prvek pro uchycení antény. Nesmí se však zapomínat, že kovová konstrukce necházející se jako překážka v elektromagnetickém poli mezi anténou a tagem zapříčiní eliminaci detekce tagu (www.oregonrfid.com).

Podle předešlých vědeckých studií se s velikostí tagu zvyšuje detekční vzdálenost (Johnston a kol., 2009; Burnett a kol., 2013), pro 23 a 32 mm HDX tagy je možná maximální detekční vzdálenost 1 m (Castro-Santos a kol., 1996; Zydlewski a kol., 2001; Washburn a Hateley, 2019) za použití specifického designu antény (Hill a kol., 2006). To potvrzují moje výsledky, kdy při zhotovení kruhové 2D antény, která byla součástí speciálního zařízení pro vyhledávání tagů ztracených rybami (Příloha č. 4), v Tabulce č. 1 označené jako anténa č. 8, podobné koncepce jakou vytvořili Zydlewski a kol. (2000), jsem získal neobvykle velké detekční pole, které dosahovalo detekční vzdálenosti 1 m od antény (pro 32 mm tagy).

Testy prototypů také ukázaly, že anténa s 1 otáčkou kabelu Titarc 16, designu zig-zag, rozhodně není s velikostí 4 x 4 metry maximálním možným rozměrem antény. Společnost Oregon RFID USA uvádí, že je reálné zhotovit anténu o rozměrech 200 x 0,6 m s blíže nespecifikovaným kabelem (know-how firmy), ale mohlo by se jednat o ekvivalent některého z kabelů, které skýtá český trh. Konkrétní limit rozměrů antén s kabely v Česku dostupnými mi nejsou doposud známy a je možné, že limit rozměrů antény se neodvíjí od délky kabelu, ale od proudu potřebného k vytvoření dostatečného detekčního dosahu velkorozměrové antény. Oregon RFID USA uvádí, že se zvyšujícím se proudem vstupujícím do systému, se zvyšuje frekvence a tím i detekční vzdálenost, ale neuvádí konkrétní hodnoty, kde se limity antény nacházejí (www.oregonrfid.com), ale podle ústního sdělení může být systém napájen elektrickým napětím přesahujícím standartních 12 V, tedy napětím 18 až 20 V. S tímto napětím se zvyšuje úzkofrekvenční dosah antény, ale zároveň hrozí vyšší riziko, že dojde k poškození elektronických obvodů readeru (www.oregonrfid.com).

Poloha antény nemusí být vždy vertikální, jako tomu bylo u většiny našich systémů. Je možné zvolit horizontální polohu antény jako v případě v případě antény č. 8, specializované pro vyhledávání ztracených tagů. Horizontální polohu antény testovali i ve vědeckých článcích, zatímco Johnston a kol. (2009) umístili na dno toku 256 antén, tak Richer a kol. (2017) připevnili pouze 1 anténu za raft, kterým byla tažena řekou. Náš výzkum až na výjimečné případy horizontální polohu antény nedoporučuje v případě umístění tagu ryby do dutiny břišní horizontálně. Důvodem je poloha osy tagu vůči ose antény, kdy optimální je natočení osy tagu kolmo na osu antény. V opačném případě, kdy je osa tagu rovnoběžná s osou antény nemusí k detekci tagu vůbec dojít (www.oregonrfid.com).

Pro použití v terénech podmínkách se jako nejvhodnější rozměry antény odvíjí od konkrétních podmínek daného profilu toku. Vždy je potřebné, aby anténa byla schopná detekovat tag vyskytující se v jejím elektromagnetickém poli. Účinnost detekce antény se však může snižovat se zvyšující se rychlostí procházejícího tagu (Greenberg a Giller, 2000), natočením osy tagu rovnoběžně s osou antény (Zydlewski a kol., 2001) a s počtem více než 1 tagu procházejících elektromagnetickým polem v 1 okamžik (Armstrong a kol., 1996; Castro-Santos a kol., 1996; Greenberg a Giller, 2000; Zydlewski a kol., 2001; Ibbotson a kol., 2004). V současnosti je považována FDX

technologie za výhodnější pro monitoring průchodu ryb skrze turbínu vodní elektrárny z důvodu rychlejšího čtení a tedy mnohem vyšší pravděpodobnosti detekce tagu, ale v terénních podmínkách je FDX hůře aplikovatelný z důvodu malé detekční vzdálenosti (Johnston a kol., 2009).

Dostatečná čtecí rychlost je důležitá k detekci tagů u ryb pohybujících se skz pole antény, ačkoliv malá rychlost čtení snižuje celkovou spotřebu energie systému a prodlužuje tak dobu provozu zařízení napájeného z baterií (www.oregonrfid.com). U HDX technologie při rychlosti proudění vody 2,5 až 3,5 m.s⁻¹ nemusí být četnost čtení dostačující při nastavení systému 5 – 7 skenů.s⁻¹ (Castro-Santos a kol., 1996). Při testech jsem dosáhl celkové detekční vzdálenosti 2 metry u antény č. 8 spolu s detekční rychlostí 10 skenů.s⁻¹. Při této rychlosti čtení musí být tag přítomen v poli, alespoň 0,1 vteřiny, aby došlo k jeho detekci. Předpokládám tedy, že při rychlosti proudění vody 2,5 až 3,5 m.s⁻¹ dojde k zaznamenání i HDX tagu pohybujícího se skrze potrubí turbíny.

S ohledem na velikost a průtok bude ve většině případů dostačovat technologie HDX, zatímco pro vodohospodářské stavby na tocích (hlavně místa s vyšší rychlostí proudění vody jakou jsou nátoky a výtoky z turbín vodních elektráren) již bude třeba zvolit dražší, ale efektivnější technologii FDX, kdy v obou případech je třeba specializovat tvar antény na konkrétní podmínky a brát ohled na dostatečný rozestup antén mezi sebou.

Také kovové konstrukce, které jsou blíže, jak 1 m od antény mohou mít negativní vliv na množství detekcí podle Greenberga a Gillera (2000). Avšak nám v terénních podmínkách anténa č. 7 při zhotovování umístěná na kovové konstrukci a následně umístěna 0,5 metru od masivních ocelových štetovnic typu Larsen byla neustále schopná tagy detekovat až do vzdálenosti 0,8 m za předpokladu, že kovová konstrukce netvořila překážku mezi kabelem antény a tagem. Umístění kabelu je tedy možné i do kovové konstrukce, aniž by musela být negativně ovlivněna funkčnost antény (www.oregonrfid.com). Námí testované antény byly umístěny na dřevěné konstrukci, kterou také doporučují Bond a kol. (2007), která byla zafixována kovovými fixační prvky (roxory), které neměly negativní vliv na schopnost detekce antény, což potvrzuje i (www.oregonrfid.com).

Cucherousset a kol. (2005) uvádí, že RFID PIT technologie je velmi účinná v malých potocích do šířky 5 m, kde lze tagy efektivně detekovat a lze tak monitorovat poměrně velké vzdálenosti řeky za krátké časové období. Mé výsledky však naznačují, že technologii je možné využít i na středně velkých tocích, kde já a tým FishEcU HBÚ jsme ji využili na řece Želivka, šířky 17 metrů s průtokem 4 - 10 m³.s⁻¹. Je tedy využitelná hlavně pro přirozené, pomalu tekoucí až středně velké toky České republiky (Musil a kol., 2018). Pro efektivní využití na velkých řekách je nutná kombinace monitorovacích metod, ideálně s akustickými rádiovými vysílači (Washburn a Hateley, 2019) nebo bioskenerem (Slavík a kol., 2012b).

Při testování v terénních podmínkách byly zaznamenány problémy se synchronizací antény, kdy se elektromagnetická pole mezi jednotlivými anténami zapojených do single-readeru měly tendenci vyrušovat a musel být vytvořen rozestup 50 metrů mezi nimi. To může být limitační faktor pro aplikaci do rybích přechodů kratších vzdáleností, proto v takových případech je zapotřebí zvolit Multi-reader do než budou zapojeny antény, mezi nimiž je také potřeba podle velikosti elektromagnetického pole vytvořit rozestup. V terénních podmínkách pro anténu č. 11 a 12 byl rozestup 10 metrů.

Při testování rybích přechodů se antény umísťují na vstup a výstup rybiho přechodu, pro kvantifikaci procentuální účinnosti, která by měla dosahovat alespoň 70 % (Slavík a kol., 2012b), protože se tímto způsobem dosáhne velmi vysoké účinnosti sledování (Turek a kol., 2014). Rozměrové parametry zhotovovaných prototypů antén byly navrženy tak, aby velikostně dostačovali celému spektru velikostí rybích přechodů, kdy konkrétní konstrukční rozměrové parametry přechodů, pro vody kaprovité i lososovité druhy ryb lze dohledat v publikacích od Slavíka a kol. (2012b) a Vrány a kol. (2014).

Design 2D a 3D kruhových antén 0,4x0,4 m je aplikovatelný na vstupy a výstupy vodních elektráren, které jsou široce rozšířeny na mnoha evropských řekách, kde jsou známy významné úmrtnosti v populacích úhoře při poproudovém průchodu turbínou. Autoři předešlých studií se shodují, že procentuální mortalita dosahuje minimálně 50 % a více (Brujns a Durif, 2009; Calles a kol., 2010; Dębowski a kol., 2016) a právě nejvhodnější metodou pro značení je technologie RFID, PIT tagů (Bolland a kol., 2009), kdy minimální doporučený počet ryb vybavených vysílačkou

je 15 – 20 jedinců, v případě pasivních integrátorů nejméně 300 (Slavík kol., 2012b). Díky námi zhotoveným prototypům lze monitorovat ryby a získávat informace o zimním přežití, načasování migrací, ale i o malých prostorových přesunech ryb pro posouzení preference habitatů či o přežití a rozšiřování ryb po vysazení (Wydoski a Emery, 1983; Lucas a Baras, 2000), či přežití po průchodu turbínou či vyhodnocovat efektivnost rybích přechodů a jiných technických opatření na tocích (Slavík a kol., 2012b). Technologie má potenciál poskytnout rozhodující informace o využívání stanovišť, biotických interakcí (konkurence a predace) a vzorců pohybů reofilních ryb (Johnston a kol., 2009). Antény jsou využitelné pro sledování širokého spektra velikostí ryb, je možné je použít i pro odhady zimního přežití, načasování migrace mezi dvěma nebo více stabilními systémy, pro celkové načasování migrací mezi anténami a pro sledování malých pohybů v rámci vodního prostředí u mladých ryb k posouzení jejich proměnlivosti preference habitatů (Zydlewski a kol., 2001).

Technologie je velmi aktuální téma pro testování průchodnosti rybích přechodů a migračního chování ryb. Není tedy divu, že se stala hlavní značící technikou jedinců ve vodním prostředí, protože umožňuje široký záběr využití nejen pro vodní organismy (Cooke a kol., 2013). Od různých telekomunikačních přenosů (Hill a kol., 2006) přes monitoring neživých objektů až po monitoring zvířat (Floyd, 2015). Konkrétně od monitoringu transportu půdních částic (Parsons a kol., 2014), odnosu sedimentu v tocích (Lamarre a kol., 2005), značení domácích i hospodářských zvířat (Floyd, 2015), ale i migraci živočichů, počínaje ptáky (Boisvert a Sherry, 2000), plazi (Jemison a kol., 1995), savce (Clay a kol., 2009), bezobratlými (Bubb a kol., 2002) přes obojživelníky (Pope a Matthews, 2001) a ryby (Zydlewski a kol., 2001), které byli pomocí této technologie sledovány při tření. Stále je však zapotřebí zdokonalovat a modifikovat antény technologie RFID, protože odborná literatura s jinou metodou pro neuvažuje (Bunt a kol., 2011). Ačkoliv má technologie řadu limitujících faktorů, skýtá celou řadu aplikačně užitečných využití pro rybářský management a výzkum (Richer a kol., 2017).

6. Závěr

Při řešení diplomové práce byly splněny vytyčené cíle: Navrhnout řešení pro monitoring na vodních tocích České republiky a specifikovat materiál vhodný pro použití nejen v přirozených podmínkách, ale i pro rybí přechody a potrubí vodní elektrárny s turbínou a otestovat efektivitu detekce ryb při standardním nastavení (10 skenů.s⁻¹). Radiofrekvenční technologii PIT je možné specializovat a modifikovat, kdy podmínky českého trhu umožňují zvyšování efektivity díky specializaci na konkrétní přírodní podmínky

Na přirozené, pomalu tekoucí vody České republiky s ohledem na velikost a průtok bude ve většině případů dostačovat technologie HDX, která má lepší detekční vzdálenost. Zatímco pro vodohospodářské stavby na tocích (hlavně místa s vyšší rychlostí proudění vody jakou jsou nátoky a výtoky z turbín vodních elektráren) by bylo vhodnější zvolit dražší technologii FDX, kdy v obou případech je třeba specializovat tvar antény na konkrétní podmínky a brát ohled na dostatečný rozestup antén mezi sebou. Na největší toky je potřeba použít více sledovacích metod.

Zaměření diplomové práce zabývající se zvýšením efektivnosti technologie pasivních integrovaných transpondérů - PIT tagů pro značení a následný monitoring ryb bez nutnosti jejich opětovného odlovu bylo velmi přínosné, protože tato technologie je nezbytná pro sledování ryb v podmínkách českých toků.

7. Literární zdroje

- Acolas, M.L., Roussel, J.-M., Lebel, M., Bagliniere, J.L., 2007. Laboratory experiment on survival, growth and tag retention following PIT injection into the body cavity of juvenile Brown Trout (*Salmo trutta*). Fisheries Research 86: 280–284.
- Alerstam, T., Hedenstrom, A., Akesson, D., Susanne, F., 2003. Long-distance migration: evolution and determinants, Oikos 103(2): 247–260.
- Ali, M., Nicieza, A., Wootton, R. J., 2003. Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. Fish and Fisheries 4: 147–190.
- Armstrong, J. D., Braithwaite, V. A., Rycroft, P., 1996. A flat-bed passive integrated transponder antenna array for monitoring behaviour of Atlantic salmon parr and other fish. Journal of Fish Biology 48: 539–541.
- Balon, E. K., 1975. Reproductive Guilds of Fishes: A Proposal and Definition. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 32(6): 821-864.
- Baras, E., Cherry, B., 1990. Seasonal activities of female barbel *Barbus barbus* (L.) in the River Ourthe (Southern Belgium), as revealed by radio tracking, Aquatic Living Resources 4: 283–294.
- Baras, E., Lagardère, J.-P., 1995. Fish telemetry in aquaculture: review and perspectives Aquaculture International 3: 77-102.
- Baras, E., Westerloppe, L., 1999. Transintestinal expulsion of surgically implanted tags by African catfish *Heterobranchus longifilis* of variable size and age. Transactions of the American Fisheries Society 128(4): 737-746.
- Baruš, V., Oliva, O. a kol., 1995. Mihulovci *Petromyzontes* a ryby *Osteichthyes* (1). Academia, Praha, 623 s.
- Bateman, D.S., Gresswell, R.E., 2006. Survival and growth of Age-0 steelhead after surgical implantation of 23-mm passive integrated transponders. North American Journal of Fisheries Management 26: 545–550.

- Bateman, D.S., Gresswell, R.E., Berger, A.M., 2009. Passive integrated transponder tag retention rates in headwater populations of coastal cutthroat trout. *North American Journal of Fisheries Management* 29: 653–657.
- Bednář, R., Nusl, P., Dubský, K., Poupě, J., Kaše, J., Dvořák, V., 2010. *Lov ryb elektrickým agregátem*, Český rybářský svaz, Praha, 136 s.
- Begon, M., Harper, J. L., Townsend, C. R., 1997. *Ekologie: jedinci, populace a společenstva*. (Český překlad z anglického originálu „Ecology: individuals, populations and communities“, 2. ed. 1990, Blackwell Sc. Pub.), Vydavatelství University Palackého v Olomouci, 949 s.
- Bizzoto, P.M., Godinho, A.L., Vono, V., Kynard, B., Godinho, H.P., 2009. Influence of seasonal, diel, lunar, and other environmental factors on upstream fish passage in the Igarapava fish ladder, Brasil. *Ecology of Freshwater Fish* 18: 461-472.
- Blabolil, P., Frouzová, J., Matěna, J., Peterka, J., 2018. Immersion mass marking of pikeperch (*Sander lucioperca*) larvae in oxytetracycline hydrochloride and its detection using fluorescence microscopy. *Biologia* 73(5): 531-535.
- Boisvert, M.J., Sherry, D.F., 2000. A system for the automated recording of feeding behavior and body weight. *Physiological Behavior* 71: 147–151.
- Bolland, J. D., Cowx, I. G., Lucas, M. C., 2009. Evaluation of VIE and PIT tagging methods for juvenile cyprinid fishes. *Journal of Applied Ichthyology*, 25(4): 381-386.
- Brännäs, E., Lundqvist, H., Prentice, E., Schmitz, M., Brännäs, K., Wiklund, B.-S., 1994. Use of the passive integrated transponder (PIT) in a fish identification and monitoring system for fish behavioral studies. *Transactions of the American Fisheries Society* 123: 395–401.
- Brett, J. R., 1973. Energy Expenditure of Sockeye Salmon, *Oncorhynchus nerka*, During Sustained Performance. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 30(12): 1799-1809.
- Bridger, C. J., R. K. Booth., 2003. The effects of biotelemetry transmitter presence and attachment procedures on fish physiology and behaviour. *Reviews in Fisheries Science* 11: 13–34.

- Brodersen, J., Nilsson, P.A., Hansson, L-A. Skov, C., Bronmark, C., 2008. Condition-dependent Individual Decision-making Determines Cyprinid Partial Migration, *Ecological Society of America* 89(5): 1195–1200.
- Brown, R.S., Cooke, S.J., Anderson, W.G., McKinley, R.S., 1999. Evidence to challenge the “2% rule” for biotelemetry. *North American Journal of Fisheries Management* 19: 867–871.
- Brujls, M. C., Durif, C. M., 2009. Silver eel migration and behaviour. In *Spawning migration of the European eel*, Springer, Dordrecht, 65-95 pp.
- 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.
- Bunt, C.M., Castro-Santos, T., Haro. A., 2011. Performance of fish passage structures at upstream barriers to migration. *River Research and Applications* 28: 457–478.
- Burnett, N. J., Stamplecoskie, K. M., Thiem, J. D., Cooke, S. J., 2013. Comparison of detection efficiency among three sizes of half-duplex passive integrated transponders using manual tracking and fixed antenna arrays. *North American Journal of Fisheries Management* 33(1): 7-13.
- Calles, E.O., Greenberg, L.A., 2007. The use of two nature-like fishways by some fish species in the Swedish River Emån. *Ecology of Freshwater Fish* 16: 183–190.
- Calles, O., Olsson, I. C., Comoglio, C., Kemp, P. S., Blunden, L., Schmitz, M., Greenberg, L. A. 2010. Applied Issues: Size-dependent mortality of migratory silver eels at a hydropower plant, and implications for escapement to the sea. *Freshwater Biology* 55(10): 2167-2180.
- Carlson, S.M., Hendry, A.P., Letcher, B.H., 2004. Natural selection acting on body size, growth. *Evolutionary Ecology Research* 6(7): 955-973.
- Castro-Santos, T., Haro, A. Walk, S., 1996. A passive integrated transponder (PIT) tag system for monitoring fishways. *Fisheries Research* 28: 253–261.
- Catipovic, J.A., 1990. "Performance limitations in underwater acoustic telemetry". *IEEE Journal of Oceanic Engineering* 15(3): 205-216.

- Cendelín, R., 2006. Telemetrická zařízení pro divoká zvířata. Bakalářská práce, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická. 47 s.
- Clay, C.A., Lehmer, E.M., Previtali, A., St. Jeor, S., Dearing, M.D., 2009. Contact heterogeneity in deer mice: implications for Sin Nombre virus transmission. *Proc. R. Society B: Biological Sciences* 276: 1305–1312.
- Clements, S., Jepsen, D., Karnowski, M., Shreck, C. D., 2005. Optimization of an acoustic telemetry array for detecting transmitter-implanted fish. *North American Journal of Fisheries Management* 25: 429-436.
- Colgan, P., 1993. The motivational basis of fish behavior. In: *Behaviour of Teleost Fishes*, 2nd edn. (ed. T. J. Pitcher), 31-56 pp. Chapman and Hall, London, 715 s.
- Cooke, S. J., Midwood, J. D., Thiem, J. D., Klimley, P., Lucas, M. C., Thorstad, E. B., Ebner, B. C., 2013. Tracking animals in freshwater with electronic tags: past, present and future. *Animal Biotelemetry* 1(1): 5.
- Cooke, S.J., Thorstad, E.B., Hinch, S.G., 2004. Activity and energetics of freeswimming fish: insight from electromyogram telemetry. *Fish and Fisheries* 5: 21–52.
- Cucherousset, J., Roussel, J. M., Keeler, R., Cunjak, R. A., & Stump, R. (2005). The use of two new portable 12-mm PIT tag detectors to track small fish in shallow streams. *North American Journal of Fisheries Management* 25(1): 270-274.
- Daněk, T., Horký, P., Kalous, L., Filingr, K., Břicháček, V., Slavík, O., 2016. Seasonal changes in diel activity of juvenile European catfish *Silurus glanis* (Linnaeus, 1758) in Byšická Lake, Central Bohemia. *Journal of Applied Ichthyology* 32(6): 1093-1098.
- Dębowski, P., Bernaś, R., Skóra, M., Morzuch, J., 2016. Mortality of silver eel (*Anguilla anguilla*) migrating downstream through a small hydroelectric plant on the Drawa River in northern Poland. *Fisheries & Aquatic Life* 24(2): 69-75.
- Dieterman, D.J., Hoxmeier, R.J.H., 2009. Instream evaluation of passive integrated transponder retention in Brook Trout and brown trout: effects of season, anatomical placement, and fish length. *North American Journal of Fisheries Management* 29: 109–115.
- Domezain, A., Soriguer, M.C., Domezain, J., Hernando, J.A., 2001. Comparative study of various identification markers for use with sturgeon: proposal for a selection method.

In:4th Symposium on Sturgeon – Poster Papers – Extended Abstracts , 4th Symposium on Sturgeon, July 8–13 Oshkosh, Wisconsin, USA, 22 pp.

- Eiler, J.H., 1995. A remote satellite-linked tracking system for studying Pacific salmon with radio telemetry. *Transactions of the American Fisheries Society* 124: 184–193.
- Enders, E.C., Clarke, K.D., Pennell, C.J., Ollerhead, L.M.N., Scruton, D.A., 2007. Comparison between PIT and radio telemetry to evaluate winter habitat use and activity patterns of juvenile Atlantic salmon and brown trout. *Hydrobiologia* 582: 231–242.
- Flajšhans, M., Daněk, O., 1994. Použití systému PIT tagging a programu GENOA verze 1.0 ke značkování a operativní evidenci sumce velkého (*Silurus glanis*) ve šlechtitelském programu, *Bulletin VÚRH Vodňany* 30(4): 128-133.
- Fleming, I.A., 1996. Reproductive strategies of Atlantic salmon: ecology and evolution. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 6: 379-416.
- Floyd, R. E., 2015. RFID in animal-tracking applications. *IEEE Potentials*, 34(5): 32-33.
- Fraser, H.C., Metcal, B., Heggenes, J., Thorpe, T.E., 1995. Low summer temperatures cause juvenile Atlantic salmon to become nocturnal. *Canadian Journal of Zoology*, 73(3): 446-451.
- Fredrich, F., Ohmann, S., Curio, B., Kirschbaum, F., 2003. Spawning migrations of the chub in the River Spree, Germany. *Journal of Fish Biology* 63: 710–723.
- Gerking, S.D., 1953. Evidence for the concepts of home range and territory in stream fishes. *Ecology* 34: 347–365.
- Gerking, S.D., 1959. The restricted movement of fish populations. *Biological reviews* 34: 221–241.
- Gosset, C., Travade, F., Durif, C., Rives, J., Elie, P., 2005. *River Research and Applications* 21: 1095–1105.
- Gowan, C., Young, M. K., Fausch, K. D. and Riley, S. 1994. Restricted movement in resident stream salmonids: a paradigm lost? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 51: 2626–2637.

- Gowans, A.R.D., Armstrong, J.D., Priede, I.G., 1999. Movements of adult Atlantic salmon in relation to a hydroelectric dam and fish ladder. *Journal of Fish Biology* 54: 713–726.
- Gross, M. R., 1987. Evolution of diadromy in fishes. *American Fisheries Society Symposium* 1: 14-25.
- Harvey, B.C., Nakamoto, J.R., 1999. Diel and seasonal movements by adult Sacramento pikeminnow (*Ptychocheilus grandis*) in the Eel River, northwestern California. *Ecology of Freshwater Fish* 8: 209–215.
- Hasler, A. D., 1983. Synthetic chemicals and pheromones in homing salmon. In: *Control Processes in Fish Physiology* (eds J.C. Rankin, T. J. Pitcher a R. T. Deggan), Croom Helm, London. 103-116 pp.
- Hill, M. S., Zydlewski, G. B., Zydlewski, J. D., Gasvoda, J. M., 2006. Development and evaluation of portable PIT tag detection units: PITpacks. *Fisheries Research* 77: 102–109.
- Horall, R. M., 1981. Behavioral Stock-Isolating Mechanisms in Great Lakes Fishes with Special Reference to Homing and Site Imprinting. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 38(12): 1481-1496.
- Horký, P., Slavík, O., Bartoš, L., Kolářová, J., Randák, T., 2007. Behavioural pattern in cyprinid fish below a weir as detected by radio telemetry, *Journal of Applied Ichthyology* 23: 679–683.
- Chapman, B.B., Brönmark, Ch., Nilsson, J., Hansson, L.-A., 2011. The ecology and evolution of partial migration. *Nordic Society Oikos* 120(12): 1764–1775.
- Chapman, B.B., Hulthén, K., Wellenreuther, M., Hansson, L.A., Nilsson, J.Å., Brönmark, C., 2014. Patterns of animal migration. *Animal movement across scales*, 11-35.
- Ibbotson, A. T., Beaumont, W. R. C., Collinson, D., Wilkinson, A., Pinderet, A. C., 2004. A cross-river antenna array for the detection of miniature passive integrated transponder tags in deep, fast flowing rivers. *Journal of Fish Biology* 65: 1441–1443.
- Jemison, S.C., Bishop, L.A., May, P.G., Farrell, T.M., 1995. The impact of PIT-tags on growth and movement of the rattlesnake, *Sistrurus miliarius*. *Journal of Herpetology* 29: 129–132.

- Jones, R., 1979. Materials and methods used in marking experiments in fishery research, FAO Fisheries Technical Paper No. 190, Food and agriculture organization of the United Nations Rome, 133 s.
- Kelly, W.H., 1967. Marking fish with dyes. Transactions of the American Fisheries Society 96: 163–175.
- Kolářová, J. Svobodová, Z., 2009. Léčebné a preventivní postupy v chovech ryb. Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 88, 30 s.
- Kolářová, J., Slavík, O., Horký, P., Randák, T., 2014. Implantace telemetrických vysílaček do ryb. Vodňany. Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 77, 25 s.
- Kolářová, J., Velíšek, J., Nepejchalová, L., 2007. Anestetika pro ryby. Edice metodik, VÚRH JU, Vodňany, č. 77, 20 s.
- Kolářová, J., Zusková, E., Steinbach, Ch., Velíšek, J., 2016. Praktické návody k provádění léčebných postupů u vybraných parazitárních onemocnění ryb. Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 166, 38 s.
- Kouřil, J., Mareš, J., Pokorný, J., Adámek, Z., Randák, T., Kolářová, J., Palíková, M., 2008. Chov lososovitých druhů ryb, lipana a síhů. VÚRH JU Vodňany, 141 s.
- Kouřil, J., Stupka, Z., Hamáčková, J., Lepičová, A., 2001. Předběžné výsledky účinku třech anestetik u různých druhů ryb. In: Kolářová, J. a kol. (red.): Ochrana zdraví ryb. VÚRH JU Vodňany, 131-136 s.
- Kubečka, J., Hohausová, E., Matěna, J., Peterka, J., Amarasinghe, U.S., Bonar, S.A., Hateley, J., Hickley, P., Suuronen, P., Tereschenko, V., Welcomme, R., Winfield, I.J., 2009. The true picture of a lake or reservoir fish stock: A review of needs and progress. Fisheries Research 96: 1-5.
- Kubín, M., Závorka, L., Rulík, M., Galia, T., Škarpich, V., Mikl, L., Šmejkal, M., Jaskula, F., 2019. Bagry a ryby: Nové poznatky o mortalitě a pohybech ryb během technických úprav ve vodních tocích. Vodní Hhospodářství 1: 69.
- Lamarre, H., MacVicar, B., Roy, A. G., 2005. Using passive integrated transponder (PIT) tags to investigate sediment transport in gravel-bed rivers. Journal of Sedimentary Research 75(4): 736-741.

- Lappalainen, J., Dörner, H., Wysujack, K., 2003. Reproduction biology of pikeperch (*Sander lucioperca* (L.)) – a review. *Ecology of Freshwater Fish* 12: 95–106.
- Leatherwood, S., Evans, W.E., 1979. Some Recent Uses and Potentials of Radiotelemetry in Field Studies of Cetaceans. *Behavior of Marine Animals*, 1-31 pp.
- Lelek, A., 1987. The freshwater fishes of Europe. Vol. 9, Threatened fishes of Europe, Wiesbaden: Aula-Verlag, 343 s.
- Libosvářský, 1976. On the ekology of spawning migration of brown trout. *Folia Zoologica* 25: 175-182.
- Lojkásek, B., Lusk, S., Halačka, K., Lusková, V., 2004. Fish communities in Poodří Protected Landscape Area (Odra River basin). *Czech Journal of Animal Science* 49: 121-130.
- Lowe, R. H., 1952. The influence of light and other factors on the seaward migration of the silver eel (*Anguilla anguilla* L.). *The Journal of Animal Ecology*: 275-309.
- Lucas, M., Baras, E., 2001. Migration of freshwater fishes. Blackwell Science, London, UK, 420 pp.
- Lucas, M.C, Batley, E., 1996. Seasonal movements and behaviour of adult barbel *Barbus barbus*, a riverine cyprinid fish: implications for river management. *Journal of Applied Ecology* 33: 1345-1358.
- Lucas, M.C., Frear, P.A., 1997. Effects of a flow-gauging weir on the migratory behaviour of adult barbel, a riverine cyprinid. *Journal of Fish Biology* 50: 382–396.
- Lusk, S., Hartvich, P., Lojkásek, B., 2014. Migrace ryb a migrační prostupnost vodních toků. 1. vydání. Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeská univerzita, Vodňany, 254 s.
- Lusk, S., Hartvich, P., Lojkásek, B., Lusková, V., 2011. Migrace ryb a migrační prostupnost vodních toků. In: Lusk, S., Lusková, V., (Eds.), Biodiverzita ichtyofauny ČR (VIII): 5-67.
- Lusk, S., Koščo, J., Lusková, V., Halačka, K., Košuth, P., 2004. Alien fish species in the flood-plains of the Dyjeand the Bodrog rivers. *Ecology & Hydrobiology* 4(2): 173-181.

- McCleave, J.D., Power, J.H., Rommel, S.A. Jr., 1978. Use of radio telemetry for studying upriver migration of adult Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of Fish Biology* 12: 549–558.
- McMahon, T.E., Dalbey, S.R., Ireland, S.C., Magee, J.P., Byorth, P.A., 1996. Field evaluation of visible implant tag retention by brook trout, cutthroat trout, rainbow trout, and arctic grayling. *North American Journal of Fisheries Management* 16: 921–992.
- Morales, J. M., Moorcroft, P. R., Matthiopoulos, J., Merrill, E. H., Haydon, D. T., 2010. Building the bridge between animal movement and population dynamics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365: 2289–2301.
- Morhardt, J. E., Bishir, D., Handlin, C. I., Mulder, S. D., 2000. A portable system for reading large passive integrated transponder tags from wild trout. *North American Journal of Fisheries Management* 20(1): 276-283.
- Musyl, M. K. Domeier, M. L., Nasby-Lucas, N., Brill, R. W., McNaughton, L. M., Swimmer, J. Y., Lutcavage, M. S., Wilson, S. G., Galuardi, B., Liddle, J. B., 2011. Performance of pop-up satellite archival tags, *Marine Ecology Progress Series* 433: 1–28.
- Nath, B., Reynolds, F., Want, R., 2006. RFID technology and applications. *IEEE Pervasive computing* 5(1): 22-24.
- Navarro, A., Oliva, V., Zamorano, M. J., Ginés, R., Izquierdo, M. S., Astorga, N., Afonso, J. M., 2006. Evaluation of PIT system as a method to tag fingerlings of gilthead seabream (*Sparus auratus* L.): Effects on growth, mortality and tag loss. *Aquaculture* 257: 309–315.
- Nelson, J. S., 1994. *Fishes of the World*, 3rd edition John Wiley & Sons, New York, 624 s.
- Nikol'skij, G. V., 1961. *Ekologia ryb*. Vysšaja škola, Moskva, Russia, 335 pp.
- Northcote, T. G. 1998. Migratory Behaviour of Fish and its Significance to Movement through Riverine Fish Passage. In: Jungwirth, M., Schmutz, S. and Weiss, S. (eds.), *Fish Migration and Fish Bypasses*. Oxford: Fishing News Books, Blackwell science Ltd, 3–18.
- Oakland, G. B., 1950. An application of sequential analysis to whitefish sampling. *Biometrics*, 6(1): 59-67.

- Økland, F., Thorstad, E.B., Westerberg, H., Aarestrup, K., Metcalfe, J.D., 2013. Development and testing of attachment methods for pop-up satellite archival transmitters in European eel. *Animal Biotelemetry* 1: 2-12.
- Ombredane, D., Baglinière, J. L., Marchand, F., 1998. The effects of Passive Integrated Transponder tags on survival and growth of juvenile brown trout (*Salmo trutta* L.) and their use for studying movement in a small river. *Hydrobiologia* 371: 99–106.
- Parsons, A. J., Onda, Y., Noguchi, T., Patin, J., Cooper, J., Wainwright, J., & Sakai, N., 2014. The use of RFID in soil-erosion research. *Earth Surface Processes and Landforms* 39(12): 1693-1696.
- Pollock, K. H., Nichols, J. D., Brownie, C., Hines, J. E., 1990. Statistical inference for capture-recapture experiments. *Wildlife monographs*, 3-97.
- Pope, K., Matthews, K., 2001. Movement ecology and seasonal distribution of mountain yellow-legged frogs, *Rana muscosa*, in a high-elevation Sierra Nevada basin. *Copeia*, 787–793.
- Prentice, E., Flagg, T., McCutcheon., C., 1990. Feasibility of using implantable passive integrated transponder (PIT) tags in salmonids. Pages 317–322. In: N. Parker, A. Giorgi, R. Heidinger, D. Jester, E. Prince, and G. Winans, editors. *Fish-marking techniques*. American Fisheries Society, Symposium 7, Bethesda, Maryland.
- Prentice, E.F., Park, D.L., 1984. A Study to Determine the Biological Feasibility of a New Fish Tagging System (Annual Report of Research), Seattle, 38 s.
- Prchalová, M., Slavík, O., Bartoš, L. 2006. Patterns of cyprinid migration through a fishway in relation to light, water temperature and fish circling behaviour, *Integrated Journal River Basin Management* 4(3): 213-218.
- Prchalová, M., Slavík, O., Bartoš, L., 2006. Patterns of cyprinid migration through a fishway in relation to light, water temperature and fish circling behaviour. *International Journal of River Basin Management* 3: 213-218.
- Prchalová, M., Vetešník L., Slavík, O., 2006. Migrations juvenile and subadult fish through a fishpass during late summer and fall. *Folia Zoologica* 55: 162 – 166.

- R Development Core Team, 2019. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing.
- R.D. Grubbs, R.T. Kraus, 2010, Fish Migration, Encyclopedia of Animal Behavior, p. 715-724.
- Rakowitz, G., Berger, B., Kubečka, J., H. Keckeis, H., 2008. Functional role of environmental stimuli for the spawning migration in Danube nase *Chondrostoma nasus* (L.), Ecology of Freshwater Fish 17: 502–514.
- Reichard, M., Jurajda, P., 2000. Různé strategie dritu ryb v nížinných tocích. In: Lusk, S., Halačka, K. (Eds), Biodiverzita ichtyofauny ČR (III): 143-148.
- Reichard, M., Jurajda, P., Ondračková, M., a kol., 2002. Interannual variability in seasonal dynamics and species composition of young-of-the-year fishes in two European lowland rivers. Journal of Fish Biology 60 (1): 87 – 101.
- Richard, A., O'Rourke, J., Caudron, A., Cattaneo, F., 2013. Effects of passive integrated transponder tagging methods on survival, tag retention and growth of age-0 brown trout. Fisheries Research 145: 37–42.
- Rikardsen, A.H., Woodgate, M., Thompson, D.A., 2002. A comparison of floy and soft Vialpha tags on hatchery Arctic charr, with emphasis on tag retention, growth and survival. Environmental Biology of Fishes 64: 269–273.
- Říha M., Ricard D., Vašek M., Prchalová M., Mrkvička T., Jůza T., Čech M., Drašík V., Muška M., Kratochvíl M., Peterka J., Tušer M., Sed'a J., Blabolil P., Bláha M., Wanzenböck J., Kubečka J., 2015. Patterns in diel habitat use of fish covering the littoral and pelagic zones in a reservoir. Hydrobiologia 747: 111-131.
- Schiemer, F., Weidbacher, H., 1992. Strategies for conservation of a Danubian fish fauna. In: Boon, P. J. a kol. (eds.) River Conservation and Management. John Willey & Sons. Ltd., 363- 382.
- Skov, C., Brodersen, J., Bronmark, C., Hansson, L.-A., Hertonsen, P., Nilsson, P.A., 2005. Evaluation of PIT-tagging in cyprinids. Journal of Fish Biology 67: 1195–1201.
- Slavík, O., Bartoš, L., 2004. What are reasons of the Prussian carp expansion in the Upper Elbe River, Czech Republic? Journal of Fish Biology 65: 1-14.

- Slavík, O., Horký, P., 2009. When fish meet fish as determined by physiological sensors. *Ecology of Freshwater Fish* 18: 501–506.
- Slavík, O., Horký, P., Bartoš, L., 2009. Occurrence of cyprinids in fish ladders in relation to flow. *Biologia* 5: 999-10004.
- Slavík, O., Horký, P., Maciak, M., Horká, P., Langrová, I., 2017. Diel movement of brown trout, *Salmo trutta*, is reduced in dense populations with high site fidelity. *Ecology and Evolution* 8(9): 4495-4507.
- Slavík, O., Horký, P., Randák, T., Balvín, P., Bílý, M., 2012a. Brown trout spawning migration in fragmented Central European headwaters: effect of isolation by artificial obstacles and the moon phase. *Transactions of the American Fisheries Society* 14: 673-680.
- Slavík, O., Mašek, P., Balvín, P., Kolářová, J., Randák, T., 2004. Migrace pstruhů obecných a variabilita průtoku v pramenných oblastech řek Vydry a Vltavy, *Aktuality Šumavského výzkumu II.*, str. 230 – 232.
- Slavík, O., Vančura, Z., Musil, J., Horký, P., Lauerman, M., Bůžek, D., Bůžek, M., 2012b. Migrace ryb, rybí přechody a způsob jejich testování. Metodický postup pro návrh, realizaci a možnosti testování funkce rybích přechodů pro žadatele OPŽP. Praha: MŽP.
- Smith, R. J. F., 1992. Alarm signals in fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 2: 33-63.
- Swanberg, T. R., 1997. Movements of and habitat use by fluvial bull trout in the Blackfoot River, Montana. *Transactions of the American Fisheries Society* 126: 735–746.
- Šmejkal, M., Peterka, J., Prchalová, M., Blabolil, P., Baran, R., Sajdlová, Z., Vejřík, L., Vejříková, I., Bartoš, D., Draštík, V., Kočvara, L., Prachař, Z., Soukalová, K., Kolařík, T., Zemanová, Z., Kubečka, J., 2018. Nesnadná úloha sameců v živočišné říši, *Středisko společných činností AV ČR*, v. v. i., Praha 1, 1. vydání, 33 s.
- 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. *Scientific Reports* 7(1): 1-9.
- Thorpe, J. E., 1987. Smoting versus residency: developmental conflict in salmonids. *American Fisheries Society Symposium*, 1, 244-252.

- Thorsteinsson, V., 2002. Tagging Methods for Stock Assessment and Research in Fisheries. Report of Concerted Action FAIR CT.96.1394 (CATAG). Reykjavik. Marine Research Institute Technical Report (79), pp 179.
- Tompkins, D. M., Begon, M., 1999. Parasites can regulate wildlife populations. *Parasitology Today* 15: 311–313.
- Travade, F., Larinier, M., Boyer-Bernard, S., Dartiguolongue, J., 1998. Performance of Four Fish Pass Installations Recently Built on Two Rivers in South-west France. *Fish Migration and Fish Bypasses*, 11: 146–170.
- Turek, J., 2015. Značení ryb. *In*: 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., 2015. *Rybářství ve volných vodách*. FROV JU, Vodňany, 434 s.
- Turek, J., Horký, P., Slavík, O., Randák, T., 2014. Značení ryb, FROV JU, Vodňany, č. 154, 33 s.
- Tušer, M., Kratochvíl, M., Čech, M., Draštík, V., Frouzová, J., Hohausová, E., 2008. Distribution patterns of fishes in a canyon-shaped reservoir *Journal of Fish Biology* 73: 54–78.
- Ueda, H., 2012. Physiological mechanisms of imprinting and homing migration in Pacific salmon *Oncorhynchus* spp. *Journal of Fish Biology* 81(2): 543-558.
- Vander Haegen, G.E., Blankenship, H.L., Hoffmann, A., Thompson, D.A., 2005. The Effects of Adipose Fin Clipping and Coded Wire Tagging on the Survival and Growth of Spring Chinook Salmon. *North American Journal of Fisheries Management* 25: 1161–1170.
- Vejřík, L., Vejříková, I., Kočvara, L., Blabolil, P., Peterka, J., Sajdlová, Z., Jůza, T., Šmejkal, M., Kolařík, T., Bartoň, D., Čech, M., Kubečka, J. (2019). The pros and cons of the invasive freshwater apex predator, European catfish *Silurus glanis*, and powerful angling technique for its population control. *Journal of environmental management* 241: 374-382.
- Voegeli, F. A., Lacroix, G. L., Anderson, J. M., 1998. Development of miniature pingers for tracking Atlantic salmon smolts at sea. *Hydrobiologia* 371: 35-46.

Vrána, K., Birklen, P., Beranovský, P., Farský, K., Hartvich, P., Lusk, S., Nowak, P., 2014. Rybí přechody, Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, SPPK B02 006, 34 s.

Vyhláška ČÚBP a ČBÚ č. 50/1978 Sb., o odborné způsobilosti v elektrotechnice.

Washburn, E., Hateley, J., 2019. Guidance for assessing the efficiency and related metrics of fish passage solutions using telemetry. *In: Standardisierung von Fischaufstiegsanlagen–Notwendigkeit, Möglichkeiten und Grenzen. 6. Kolloquium zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen am 6./7. Juni 2018 in Koblenz-BfG-Veranstaltungen 1/2019* (pp. 54-59).

White, G.C., Garrott, R.A., 1990. Analysis of Wildlife Radio-tracking Data. Academic Press, New York, USA, 383 pp.

Winter, J.D., 1996. Advances in underwater biotelemetry. *In: Murphy, B.R., Willis, D.W., (Eds), Fisheries Techniques, 2nd Ed., American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, USA, pp. 555–590.*

Wootton, R. J., 1990. The ecology of Teleost Fishes. Chapman and Hall, London.

Wydoski, R.S., Emery, L., 1983. Tagging and marking. *In: Nielsen, A., Johnsson, D.L., (Eds), Fisheries techniques. American Fisheries Society, Bethesda, MD, USA, pp. 215–237.*

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

Zákon č. 154/2000 Sb., o šlechtění, plemenitbě a evidenci hospodářských zvířat a o změně některých souvisejících zákonů (plemenářský zákon).

Zákon č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrání.

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

Zydwlewski, G.B., Haro, A., Whalen, K.G., McCormick, S.D., 2001. Performance of stationary and portable passive transponder detection systems for monitoring of fish movements. *Journal Fish Biology* 58: 1471–1475.

Internetové zdroje:

- 1) www.biomark.com, (Custom system) [online].
dostupné z: <<https://www.biomark.com/custom-systems>>
[cit. 2019-11-28].
- 2) www.cschms.cz, (Elektronická identifikace zvířat - EID) [online].
dostupné z: <<http://www.cschms.cz/index.php?page=news&id=47b2e27215e2c>>
[cit. 2019-11-28].
- 3) www.elatec-rfid.com (RFID – Radio Frequency Identification) [online].
dostupné z: <<https://www.elatec-rfid.com/technology/rfid-radio-frequency-identification/>>
[cit. 2019-11-27].
- 4) www.oregonrfid.com (HDX Single Antenna and PIT Tag Reader Oreon FRID) [online]. Firmware Version 1.40, Portland, Oregon. dostupné z: <<https://www.oregonrfid.com/wp-content/uploads/2019/05/Single-Antenna-Reader-User-Guide.pdf>>. [cit. 2019-11-28].
- 5) www.oregonrfid.com (Class Handout Antennas) [online].
Dostupné z: <<https://www.oregonrfid.com/wp-content/uploads/2018/06/Class-Handout-Antennas.pdf>>
[cit. 2020-03-07].
- 6) www.loligosystems.com [online].
Dostupné z: <<https://www.loligosystems.com/pit-tags>>
[cit. 2020-03-07].
- 7) www.lotek.com [online].
Dostupné z: <<https://www.lotek.com/products/?segment=freshwater>>
[cit. 2019-10-13].
- 8) www.nmt.us [online].
Dostupné z: <<https://www.nmt.us/products/freshwater>>
[cit. 2019-10-16].

9) www.rsp-fishing.cz

Dostupné z: < <https://www.rsp-fishing.cz/baterie-nabijecky/baterie-monbat-monolith-power-12v-60ah-230ah-2/?12174-12388>>

[cit. 2019-04-26].

10) www.battery-import.cz

Dostupné z: < <https://www.battery-import.cz/rada-otl-12v/trakcni--gelova-baterie-goowei-otl75-12--75-ah--12v--vrla-/>>

[cit. 2019-04-26].

11) support.oregonrfid.com

Dostupné z: < <http://support.oregonrfid.com/support/solutions/articles/5000005176-which-tuning-capacitor-box-do-i-have->>

[cit. 2020-05-14].

12) Musil a kol., 2018, Monitoring funkčnosti rybích přechodů[online].

Dostupné z:

<<http://www.ochranaprirody.cz/res/archive/381/061825.pdf?seek=1518178740>>

[cit. 2020-05-14].

Zkratky:

RFID - Radio Frequency IDentification - radiofrekvenční identifikace

PIT - Passive Integrated Transponder – pasivní integrovaný transpondér

8. Seznam příloh

- Příloha č. 1: PIT tag
- Příloha č. 2: Ruční čtečka
- Příloha č. 3: Multi-reader
- Příloha č. 4: Anténa v terénních podmínkách řeky Želivky
- Příloha č. 5: Digitální LCR metr
- Příloha č. 6: Ladící kondenzátorová skříňka
- Příloha č. 7: 3D válcový design zig-zag antény (0,4x0,4x1 m) spolu se speciálním testovacím zařízením pro počty zaznamenání tagů
- Příloha č. 8: Prototyp kruhové 2D antény tzv: „hledáčky“ pro aktivní vyhledání tagů ztracených rybami v terénních podmínkách
- Příloha č. 9: Anténa č. 7 v terénních podmínkách Želivky (Pracovní název: „Kolaříň“)
- Příloha č. 10: Speciální zařízení při testování počtu skenů antény ve voděodolném pouzdře
- Příloha č. 11: Tabulka ladění antény pomocí jumperů (čipů)
- Příloha č. 12: Program PuTTY 2 s ukázkou záznamů některých tagů

9. Přílohy



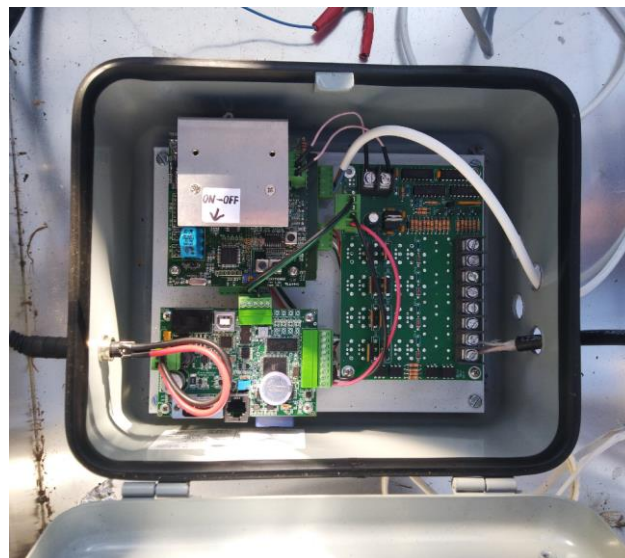
Příloha č. 1: PIT tag

Foto: Tomáš Kolařík



Příloha č. 2: Ruční čtečka

Foto: Tomáš Kolařík



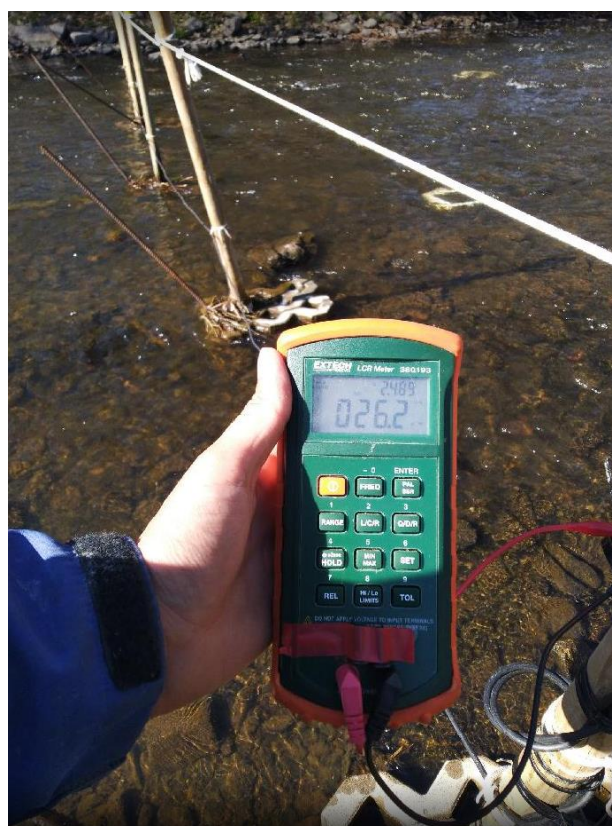
Příloha č. 3: Multi-reader

Foto: Tomáš Kolařík



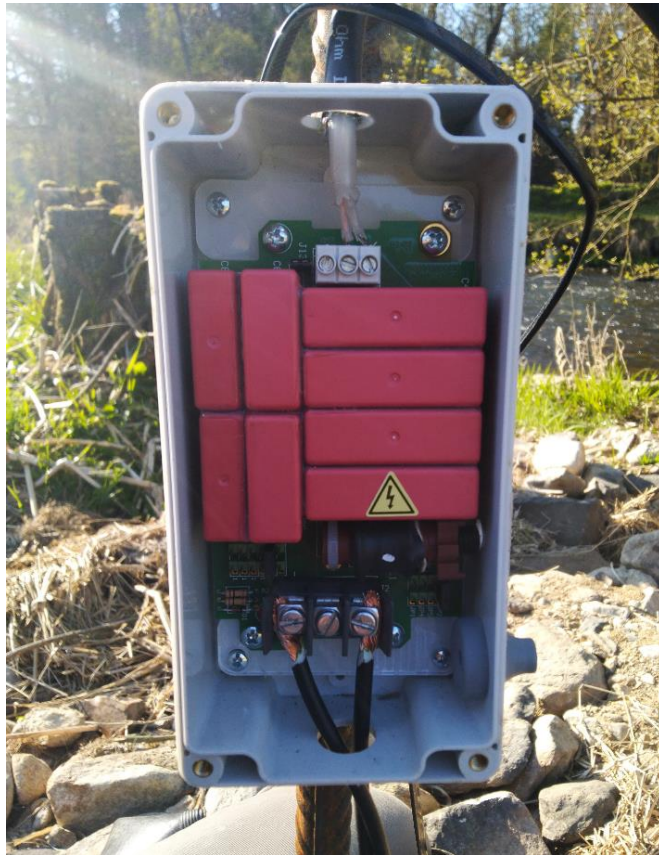
Příloha č. 4: Anténa v terénních podmínkách řeky Želivky

Foto: Tomáš Kolařík



Příloha č. 5: digitální LCR metr

Foto: Tomáš Kolařík



Příloha č. 6: Ladící kondenzátorová skříňka

Foto: Tomáš Kolařík, 2020



Příloha č. 7: 3D válcový design zig-zag antény (0,4x0,4x1 m) spolu se speciálním testovacím zařízením pro počty zaznamenání tagů

Foto: Tomáš Kolařík, 2020

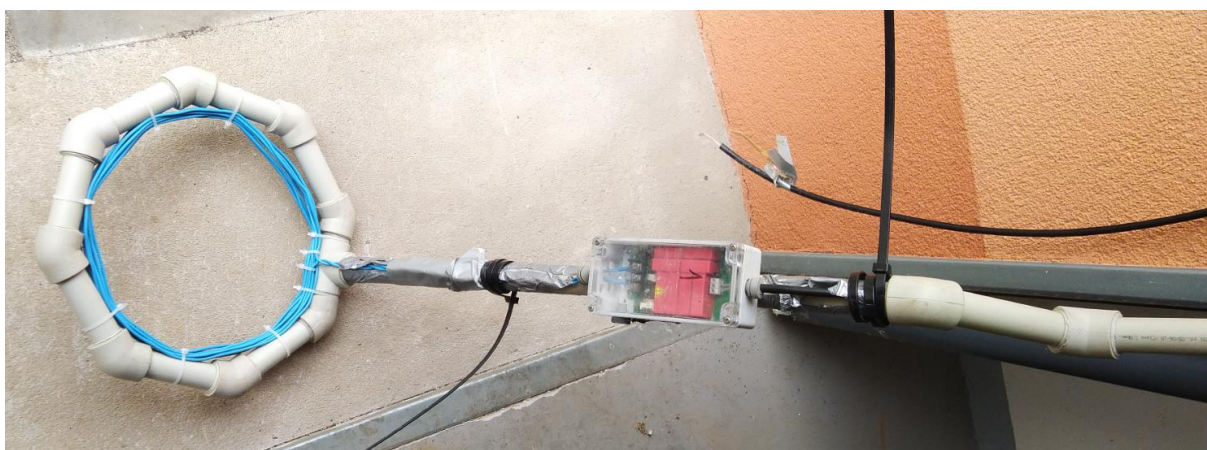


Foto: Tomáš Kolařík, 2020



Foto: Aneta Schreinerová, 2020

Příloha č. 8: Prototyp kruhové 2D antény tzv: „hledačky“ pro aktivní vyhledání tagů ztracených rybami v terénních podmínkách



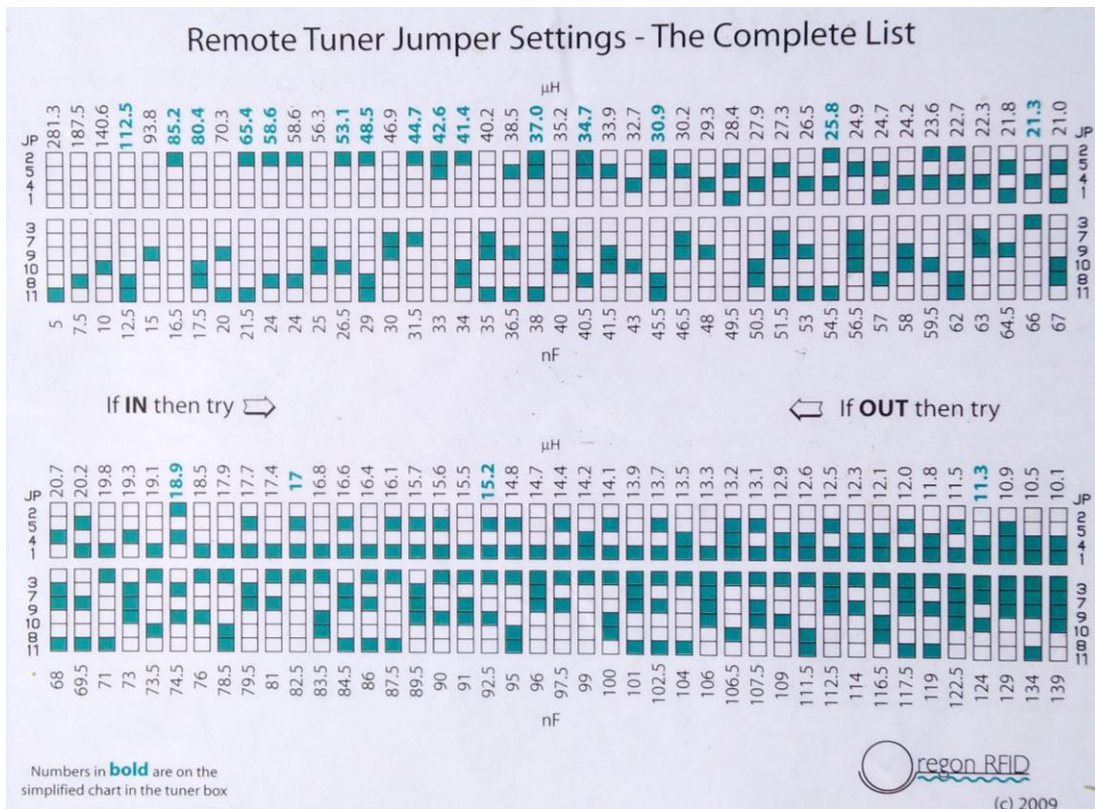
Příloha č. 9: Anténa č. 7 v terénních podmínkách Želivky (Pracovní název: „Kolaříň“)

Foto: Tomáš Kolařík, 2020



Příloha č. 10: Speciální zařízení při testování počtu skenů antény ve voděodolném pouzdře

Foto: Tomáš Kolařík, 2020



Příloha č. 11: Tabulka ladění antény pomocí jumperů (čipů)

Foto: Tomáš Kolařík, 2020

```

COM3 - PuTTY
03/25/2020 00:31:10.44 00:00:00.00 A 00000 0 900 230000133940 AI 1 2061
03/25/2020 00:34:45.65 00:00:00.00 A 00000 0 900 230000133869 AI 1 1082
03/25/2020 00:35:37.23 00:00:00.00 A 00000 0 900 230000132610 AI 1 259
03/25/2020 00:35:37.73 00:00:00.20 A 00000 0 900 230000133610 AI 2 1
03/25/2020 00:36:50.07 00:00:00.20 A 00000 0 900 230000133940 AI 2 362
03/25/2020 00:36:50.66 00:00:00.00 A 00000 0 900 230000133940 AI 1 1
03/25/2020 00:36:53.65 00:00:00.19 A 00000 0 900 230000223691 AI 2 14
03/25/2020 00:40:45.95 00:00:00.00 A 00000 0 900 230000133940 AI 1 1167
03/25/2020 00:40:46.56 00:00:00.00 A 00000 0 900 230000133940 AI 1 2
03/25/2020 00:40:46.95 00:00:59.61 A 00000 0 900 230000133940 AI 4 1
03/25/2020 00:42:09.82 00:00:00.41 A 00000 0 900 230000133940 AI 4 413
03/25/2020 00:43:17.40 00:00:00.39 A 00000 0 900 230000133940 AI 3 336
03/25/2020 00:53:50.91 00:00:00.41 A 00000 0 900 230000133940 AI 3 3185
03/25/2020 00:57:56.24 00:00:00.00 A 00000 0 900 230000133935 AI 1 1232
03/25/2020 01:04:25.44 00:00:00.00 A 00000 0 900 230000133940 AI 1 1957
03/25/2020 01:04:25.83 00:00:00.00 A 00000 0 900 230000133940 AI 1 1
03/25/2020 01:16:12.68 00:00:00.00 A 00000 0 900 230000223560 AI 5 3556
03/25/2020 01:16:26.80 00:00:00.00 A 00000 0 900 230000132916 AI 1 66
03/25/2020 01:17:54.06 00:00:00.19 A 00000 0 900 230000223560 AI 2 438
03/25/2020 01:17:56.64 00:00:00.19 A 00000 0 900 230000133940 AI 2 11
03/25/2020 01:29:27.19 00:00:00.00 R 00000 00000018427480 AI 1 3473
03/25/2020 01:33:29.24 00:00:00.40 A 00000 0 900 230000132610 AI 3 1217
03/25/2020 01:34:20.13 00:00:00.59 A 00000 0 900 230000223560 AI 4 253
03/25/2020 01:34:26.69 00:00:00.00 A 00000 0 900 230000133940 AI 1 29
03/25/2020 01:35:24.91 00:00:00.00 A 00000 0 900 230000132939 AI 1 292
03/25/2020 01:36:47.20 00:00:00.19 A 00000 0 900 230000133940 AI 2 413
03/25/2020 01:37:14.62 00:00:00.39 A 00000 0 900 230000133940 AI 3 136
03/25/2020 01:41:54.82 00:00:00.20 A 00000 0 900 230000132632 AI 2 1489
03/25/2020 01:45:56.67 00:00:00.00 A 00000 0 900 230000133940 AI 1 1215
03/25/2020 01:45:56.26 00:00:00.00 A 00000 0 900 230000133940 AI 1 2
03/25/2020 01:46:40.38 00:00:00.20 A 00000 0 900 230000133940 AI 2 216
03/25/2020 01:49:43.40 00:00:00.00 A 00000 0 900 230000132939 AI 1 417
03/25/2020 01:52:19.21 00:00:01.40 A 00000 0 900 230000132722 AI 6 1085
03/25/2020 01:53:03.53 00:00:00.00 A 00000 0 900 230000223571 AI 1 215
03/25/2020 01:53:11.88 00:00:00.40 A 00000 0 900 230000133940 AI 3 41
03/25/2020 01:53:12.89 00:00:59.21 A 00000 0 900 230000133940 AI 2 2
03/25/2020 01:53:15.47 00:00:00.00 A 00000 0 900 230000133456 AI 1 11
03/25/2020 01:53:17.66 00:00:00.00 A 00000 0 900 230000133456 AI 1 10
03/25/2020 01:53:30.98 00:00:00.00 A 00000 0 900 230000133940 AI 5 66
03/25/2020 01:54:10.73 00:00:01.60 A 00000 0 900 230000223709 AI 6 195
03/25/2020 01:58:41.20 00:00:00.00 A 00000 0 900 230000106858 AI 1 1352
03/25/2020 01:58:41.60 00:00:00.00 A 00000 0 900 230000106858 AI 1 1
03/25/2020 01:58:41.91 00:00:00.00 A 00000 0 900 230000106858 AI 1 1
03/25/2020 01:58:42.40 00:00:00.20 A 00000 0 900 230000106858 AI 2 1
03/25/2020 01:58:42.39 00:00:59.81 A 00000 0 900 230000106858 AI 5 3
03/25/2020 03:25:39.22 00:00:00.00 A 00000 0 900 230000133850 AI 1 29297
03/25/2020 03:27:39.74 00:00:01.00 A 00000 0 900 230000133850 AI 6 610
upload 101 done
  
```

Příloha č. 12: Program PuTTY 2 s ukázkou záznamů některých tagů

Foto: Tomáš Kolařík, 2020

10. Abstrakt

Optimalizace využití RFID technologie pro detekci značených ryb ve sladkovodním prostředí

Technologie RFID PIT tag má potenciál stát se široce rozšířenou technologií s různorodým použitím v Českých tocích, a jedním z hlavních použití je monitoring migrací sladkovodních ryb. Tato diplomová práce shrnuje a prohlubuje nejnovější poznatky v oblasti používání vhodných materiálů dostupných pro konstruování antén (anténních čtecích bran) systému. Zabývá se možnostmi designů anténových tvarů nezbytných pro správnou funkci technologie. Poznatky o funkčnosti, spolehlivosti, detekčních vzdálenostech a limitech technologie byly experimentálně testovány nejen v laboratorních podmínkách, ale byly ověřeny i aplikací v reálných terénních podmínkách při sledování migrace ryb na Evropsky významné lokalitě Želivka. Práce testuje, zda je možné efektivní využití RFID technologie pro malé, střední a velké přirozené toky či pro člověkem vybudované stavby na tocích, jakými jsou vodní elektrárny, jezy či rybí přechody.

Při experimentech v rámci této práce byly testovány různé rozměrové modifikace 2D i 3D tvarů, obdélníkových, čtvercových i kruhových antén spolu s 5 typy kabelů, s 1 až 10 otáčkami kabelu na konstrukci a 2 různými možnostmi umístění kabelu na konstrukci antén. Tyto poznatky byly experimentálně vyhodnoceny, aby bylo možné definovat parametry funkčních antén, z nichž některé kromě laboratorních podmínek byly testovány již v reálných terénních podmínkách.

Práce identifikuje vhodné typy materiálů dostupných na českém trhu, které jsou vhodné pro konstrukci telemetrických zařízení, a některé z nich vykazují vynikající detekční schopnosti. Výsledky experimentů zaměřených na testování antén mohou napomoci při sestavování monitorovacích zařízení v našich volných vodách i experimentálních podmínkách.

Klíčová slova: RFID, PIT tag, anténa, sledování, migrace, ryb.

11. Abstract

Optimizing the usage of RFID technology for detection of tagged fish in freshwater environment

The RFID technology has a potential to become widely used technology with various usage in Czech waters, and one of the major applications is monitoring of freshwater fish migrations. This thesis summarizes and expands the newest knowledge in the field of using suitable materials for antenna construction for passive telemetry. The thesis explores the possibilities of antenna shapes necessary for correct technology function. The findings on functionality, reliability, detection distances and limits of the technology were experimentally tested not only in the laboratory conditions but were also evaluated in the field conditions during the monitoring campaign of the fish migration in European protected area Želivka. The thesis addresses the question whether it is possible to use RFID technology for small, medium and large natural streams or in man-made constructions in the streams such as power plants, weirs or fish passages.

Various size modifications both 2D and 3D were tested in the experiments with square, rectangular and circular shape. Five different cable types were used with one to ten loops and two different possibilities of antenna attachment to the construction. The results were evaluated, and the high-quality antennas defined, and some of these were used also in the field setup.

The thesis identifies useful type of materials available on the Czech market, which are suitable for telemetry system constructions, and some of them have great detection parameters. The results of the experiments focused on the antenna testing may guide during the passive monitoring system construction in our open waters as well as in the laboratory setups.

Key words: RFID, PIT tag, antenna, monitoring, migration, fish.