

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra ekologie



Co pro šíření bobrů znamená chemická komunikace?

Diplomová práce

Diplomant: Tereza Králová

Vedoucí práce: Ing. Aleš Vorel, Ph.D.

© 2020 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Tereza Králová

Inženýrská ekologie
Ochrana přírody

Název práce

Co pro šíření bobrů znamená chemická komunikace?

Název anglicky

What does mean chemical communication for spreading of beavers?

Cíle práce

Šíření bobrů je ve střední Evropě stále neukončený proces, jehož základní mechanismy jsou stále nejasné. Vedle již známých základních disperzních parametrů není mimojiné jasná role chemické komunikace. Z dokumentovaného historického šíření bobrů se zdá být tato forma komunikace podstatná pro vzájemné vytvoření funkčního páru (který se pak může usadit). Rigorózní testování daného problému může výrazně rozšířit představu o mechanismech šíření a o klíčových faktorech, které stojí za procesem šíření tohoto podstatného druhu. Situace ve střední Evropě je cenná v tom, že ne všechna území jsou osídlena a proto je zde možné a vhodné daný efekt manipulativně simulovat.

Jako podstatná otázka se tedy zdá být, zda šíření bobřích pachových žláz (pionýrských kolonizantů) vodním tokem nemůže umožňovat či akcelarovat proces hledání partnera. Z čehož lze definovat testovanou hypotézu: šíření bobrů (frekvence návštěv) v průběhu jara je v homogenním prostředí nezávislé na přítomnosti pionýrských kolonizantů.

Metodika

Práce bude založena na manipulativním pokusu, který bude řešen v jednom území v průběhu dvou sezón (zima-jaro). Bude vybráno 15 podobně dlouhých vodních toků bez stávajícího bobřího osídlení (vodních toků). Toky budou srovnatelně velké a v podobném ("homogenním") prostředí, dále budou přímo napojeny na hlavní tok, který má obdobně intenzivní bobří osídlení. V první zimě bude na vybrané toky instalován set fotopastí, pro rekognoskaci frekvence bobřích návštěv, v první sezóně nebude aplikován man. efekt. Zároveň proběhne na odlišném území na dvou tocích pilotní pokus pro zajištění spolehlivosti celého pokusu. V druhé sezóně bude založen v prosinci experiment, kdy na 15 dříve sledovaných tocích bude selektivně aplikována žláza simulující pionýrské osídlení. Kombinovány budou ve stejných skupinách toky s aplikovanou žlázou z jednoho jedince, oboupohlavní aplikace žláz, a kontrolní skupina bez aplikace. Kontrola frekvencí návštěv bude probíhat pomocí instalovaných fotopastí v období (prosinec-květen).

Výsledkem práce bude statistické vyhodnocení stanovené hypotézy.

Doporučený rozsah práce

40-60

Klíčová slova

bobr, disperze, šíření, chemická komunikace

Doporučené zdroje informací

- Barták, V., Vorel, A., Šímová, P., & Puš, V. (2013). Spatial spread of Eurasian beavers in river networks: a comparison of range expansion rates. *Journal of Animal Ecology*, 82(3), 587–597
- Campbell-Palmer, R., & Rosell, F. (2011). The importance of chemical communication studies to mammalian conservation biology: A review. *Biological Conservation*, 144(7), 1919–1930
- Rosell, F., Bergan, F., & Parker, H. (1998). Scent-marking in the Eurasian beaver (*Castor fiber*) as a means of territory defense. *Journal of Chemical Ecology*, 24(2), 207–219.
- Rosell, F., & Nolet, B. A. (1997). Factors affecting scent-marking behavior in Eurasian beaver (*Castor fiber*). *Journal of Chemical Ecology*, 23(3), 673–689.
- Schulte, B. A., Müller-Schwarze, D., & Sun, L. (1995). Using anal gland secretion to determine sex in beaver. *Journal of Wildlife Management*, 59(3), 614–618
- Sun, L., & Müller-Schwarze, D. (1997). Sibling recognition in the beaver: a field test for phenotype matching. *Animal Behaviour*, 54, 493–502
- Sun, L., & Müller-Schwarze, D. (1998). Anal gland secretion codes for family membership in the beaver. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 44(3), 199–208
- Šimůnková, K., & Vorel, A. (2015). Spatial and temporal circumstances affecting the population growth of beavers. *Mammalian Biology*, 80(6), 468–476.
- Vorel, A., Mokřý, J., & Šimůnková, K. (2014). Růst populace bobra evropského na Šumavě The population growth of Eurasian beaver in the Bohemian Forest. *Silva Gabreta*, 20(1), 25–40.

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Aleš Vorel, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Konzultant

Jan Horníček

Elektronicky schváleno dne 5. 3. 2020

doc. Ing. Jiří Vojar, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 9. 3. 2020

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 12. 03. 2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Co pro šíření bobrů znamená chemická komunikace" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob, a že se tištěná verze shoduje s verzí odevzdanou přes Univerzitní informační systém.

V Praze dne 30. 6. 2020

Poděkování

Touto cestou bych ráda poděkovala Ing. Aleši Vorlovi, Ph.D. za vedení práce, odbornou a vstřícnou pomoc, trpělivost a lidský přístup. Dále děkuji Ing. Vojtěchu Bartákovi, PhD. za statistické zpracování dat, Ing. Janu Horníčkoví za pomoc v terénu, vedení a organizaci práce a celému bobřímu týmu, který se na výzkumu podílel. V neposlední řadě musím poděkovat své rodině a všem blízkým, kteří mne během studií podporovali.

Abstrakt

Smyslem této diplomové práce bylo zjistit, jakým způsobem probíhá disperze bobra evropského (*Castor fiber*) v souvislosti s pachovými značkami a odhadnout, jaké důsledky má chemická komunikace při šíření jedinců. Výzkum probíhal na území CHKO Český les, konkrétně v oblasti EVL Kateřinský a Nivní potok a v oblasti Hraničního potoka. Na 15 bobrem neosídlených lokalitách probíhal terénní experiment simulace bobřího kolonizanta pomocí uměle umístěných pachových značek. Lokality pro simulaci byly vybrány na základě nepřítomnosti bobra pomocí předběžného terénního průzkumu, při kterém se hledaly aktivní pobytové známky bobra. Metodika monitoringu populace bobra dle Vorla (2006) shrnuje jako pobytové známky: okusy, stopy, pachové značky, obydlí a projevy stavební aktivity.

Experiment byl založen na simulaci pachových značek (scentmarků) v prostředí. Ve většině případů slouží scentmark jako prostředek k vymezení teritoria (Rosell et al., 1998). V této studii byla pachová žláza (tzv. castoreum) použita jako atraktant, a to v podobě pevného mýdlového materiálu aplikovaného do vodního prostředí. V průběhu 3 týdnů docházelo k postupnému uvolňování látky do vody. Hlavní myšlenkou bylo využití proudící vody jako média, skrze které lze umožnit šíření pachové žlázy na větší vzdálenost, a simulovat tak přítomnost bobřího jedince. Rozptýlený atraktant měl sloužit k přivábění migrujících jedinců hledajících potenciálního sexuálního partnera k založení nové rodiny.

Ve vzdálenosti 50-100 metrů od aplikace (po směru proudu vodního toku) byly umístěny fotopasti zaznamenávající pohyb jedinců. Experiment probíhal v období hlavní migrační aktivity bobrů (leden – červen), přičemž mezi jednotlivými třítýdenními periodami docházelo k obnovování aplikovaných atraktantů a průběžnému sběru dat z fotopastí.

Stanovená hypotéza předpokládala, že šíření bobrů je v průběhu migrační sezóny nezávislé na přítomnosti pionýrských kolonizantů. Tato předpověď byla vyvrácena, protože z našich výsledků vyplývají signifikantní rozdíly ve frekvencích návštěv míst ošetřených pachovou značkou a míst bez ošetření.

Klíčová slova: bobr evropský, *Castor fiber*, chemická komunikace, disperze, šíření, scentmark

Abstract

The aim of this master thesis is to understand the spread mechanism of the Eurasian beaver (*Castor fiber*) in connection with a gland secretion and to estimate the consequences of chemical communication through the spread between individuals. The research took a place in the area of CHKO Český les, specifically in EVL Kateřinský stream, EVL Nivní stream and in the area of Hraniční stream. The experiment took a place in 15 locations unpopulated by beavers. These were picked using a preliminary field survey to identify the active signs of beaver's presence. As follows in the work of Vorel (2006) about the European beaver population monitoring status, the population activity of beavers is defined by: footprint, scent mark, habitation and building activity.

Experiment was based on the simulation of scent marks that are normally used by beavers as a territory demarcation (Rosell et al., 1998). In this study, the gland secretion (castoreum) was used as an attractant in the form of a solid soap material applied to the aquatic environment. The substance was gradually dissolving into the water in the period of three weeks. The main idea was to use water environment as a medium that enables long-distance spread of the anal gland secretion, to simulate the presence of a beaver. The scattered attractant was supposed to attract other migrant individuals seeking for potential sexual partners to start a new family of beavers.

Camera traps were set up 50 to 100 meters from application to detect movements of individuals. The research took place in the period from January to June in years 2018 and 2019. Through this period applications were regularly replaced by fresh ones in three-week cycles. Data from camera traps were collected continuously.

In this research we predicted that beaver dispersal is not dependent on the presence of colonists in the period of migration. This hypothesis has been disproved. Our results show that there are significant differences in the frequency of events between treated and control locations.

Keywords: Eurasian beaver, *Castor fiber*, anal gland secretion, dispersal, scentmark

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Cíle práce	10
3	Literární rešerše	11
3.1	Obecné disperzní modely.....	11
3.2	Disperze u bobra evropského.....	13
3.3	Bobr a chemická komunikace.....	14
3.4	Výskyt bobra evropského	16
3.4.1	Evropa.....	16
3.4.2	Česká republika.....	17
3.4.3	Český les.....	18
3.5	Popis lokality Český les.....	19
4	Metodika	21
4.1	Manipulativní pokus	21
4.2	Výběr lokalit	24
4.3	Simulace pachových značek	25
4.3.1	Výroba pachových vzorků.....	25
4.3.2	Umístění aplikací a instalace fotopastí	27
4.4	Sběr a zpracování dat.....	27
5	Výsledky	29
6	Diskuze	36
7	Závěr	40
8	Seznam použité literatury	42
9	Obrázková příloha.....	45

1 Úvod

Bobr evropský (*Castor fiber*, Linnaeus 1958) je řazen mezi velké savce mírného pásma žijící semiakvatickým způsobem života (Sun & Müller-Schwarze, 1998). Tento druh je známý svým pozitivním působením na krajinu skrze svou ekologii. Svou činností je schopen přispět k udržování stability vodních ekosystémů a zásadním způsobem ovlivňovat vodní poměry v krajině. Právě vodní prostředí je médium, které tento živočich využívá pro bezpečný pohyb v oblasti svého teritoria i mimo něj, poskytuje mu potravu a především ochranu před predátory. Voda je významným faktorem i pro jeho migrační a disperzní aktivitu. V důsledku vazby na vodní prostředí se bobři rozptylují do prostoru způsobem kopírování linií toků. Většina území střední Evropy disponuje hustou říční sítí. Tato skutečnost dopomohla k realizaci řady úspěšných reintrodukcí tohoto druhu, která byla reakcí na vymizení bobra z evropských krajín v důsledku jeho intenzivního pronásledování.

Proces rekolonizace a opětovného osidlování Evropy bobrem evropským započal v 90. letech dvacátého století a stále trvá. Mechanismy šíření bobrů stále nejsou zcela vysvětleny. Kromě obecných disperzních modelů, jejichž parametry pro šíření savců lze v tomto případě aplikovat, zde hraje významnou roli chemická komunikace. Tato forma dorozumívání je uplatňována zejména při vymezení teritoria, volbě sexuálního partnera, zakládání rodiny, ale svou roli hraje i při vnitropopulačních interakcích. Termín scentmarking (pachové značení) je skloňován v ekologických studiích většiny savců. U bobrů se jedná o výměšky análních a pachových žláz, jejichž vyloučením společně s močí za sebou zvíře zanechá pobytovou známku v podobě pachové stopy. Pachová značka v podobě hromádky na březích vodních toků (scentmark) obsahuje množství feromonů a dalších aromatických látek, které jsou unikátní pro každého jedince a postupně se uvolňují do prostředí. Šířící se intenzivně zapáchající aroma podává informaci o přítomnosti, pohlaví a vospělosti bobra nacházejícího se v daném místě. Ve většině případů scentmarky slouží k vymezení teritoria, ale svou úlohu mají i v průběhu disperse. Migrující jedinci šířící se prostorem užívají pachových značek jako jediné možné formy komunikace na větší vzdálenost.

V důsledku neustále probíhajícího osidlování nových lokalit bobry se nabízí studium mechanismů šíření tohoto druhu a bližší nahlédnutí do obecné problematiky jejich

disperze. Právě neosídlené oblasti umožňují praktikovat výzkum pomocí manipulativních pokusů a simulací, které mohou pomoci přiblížit různé funkce chemické komunikace, případně určit hloubku jejího významu právě v procesu šíření bobrů. Toho bylo využito i v případě naší studie, ve které byl řešen význam chemické komunikace pro šíření bobra evropského pomocí manipulativního pokusu. Pro průběh experimentu byla vybrána chráněná krajinná oblast Český les, konkrétně v okolí Kateřinského a Nivního potoka, kterou obývá rozvinutá saturovaná populace. Řízenou aplikací pachových značek na neosídlených lokalitách vodních toků probíhala simulace přítomnosti pionýrského bobřího kolonizanta vysílajícího pachovou informaci skrze vodní médium. Očekávanou odpovědí ze strany místní populace byly události v podobě návštěv jedinců přicházejících ke zdroji pachu. Cílem výzkumu bylo zhodnocení odpovědí na atraktant a určení výpovědní hodnoty chemické komunikace, která uvnitř populace probíhá.

2 Cíle práce

Cílem diplomové práce je řešení otázky, zda šíření bobřích pachových žláz vodním tokem nemůže umožňovat či akcelarovat proces hledání partnera. Testováním problému významu chemické komunikace mezi pionýrskými kolonizanty a jejich potenciálními sexuálními partnery se lze přiblížit k rozřešení této problematiky. Cílem je odkrytí mechanismů a klíčových faktorů šíření na základě chemické komunikace a potvrzení významnosti této formy dorozumívání při vytváření funkčního páru.

Stanovená hypotéza:

I. Šíření bobřů (frekvence návštěv) v průběhu jara je v homogenním prostředí nezávislé na přítomnosti pionýrských kolonizantů.

3 Literární rešerše

3.1 Obecné disperzní modely

Jedním z mnoha důsledků antropogenních vlivů je narušení přirozené rovnováhy související s druhovou diverzitou, populačními strukturami a procesy šíření. V posledních letech se věda intenzivně zabývá studiem prostorového šíření organismů. Pravděpodobně to souvisí s rozpínáním nepůvodních druhů, jejichž životní strategie vytlačuje původní organismy neschopné konkurovat. Kromě biologických invazí je však pozornost zaměřena i na druhy, které naopak během naší historie o svůj prostor přišly a nyní rekolonizují původní oblasti výskytu (Barták et al., 2013). Pochopení mechanismů a principů šíření druhů může být přínosné nejen pro populační biologii a ochranářskou ekologii (Halley et al., 2012), ale může se stát nástrojem pro efektivní management a druhovou ochranu (Barták et al., 2013).

Disperze je běžným jevem vyskytujícím se u většiny druhů živočichů a rostlin. U obratlovců ji lze specifikovat jako pohyb jedince z místa narození do místa rozmnožování. Je jedním z hlavních prostředků sloužících k výměně genetického materiálu mezi populacemi, zároveň je i nástrojem přirozeného rozšiřování populace do prostoru. Dle Murraye (1967) je disperzní vzdálenost definována jako „*přímá liniová vzdálenost mezi rodištěm a místem rozmnožování, a to bez ohledu na skutečnou uraženou vzdálenost*“ (Murray, 1967). Pomocí mnoha studií bylo zjištěno, že existují poměrně velké rozdíly v uražených disperzních vzdálenostech jedinců. S ohledem na konkrétní sledovanou skupinu/druh je možné tvrdit, že samotná schopnost a úspěšnost šíření závisí na konkrétní genetické výbavě a specifických odlišnostech mezi jedinci (Murray, 1967).

Ekologie savců se zaměřuje na šíření jedinců posledních zhruba 50 let. Disperze je v ekologii vysvětlována několika obecnými modely. Jedním z nejrozšířenějších disperzních modelů je model Bertrama G. Murraye (1967) založený na disperzním schématu, který odráží stupeň vnitrodruhové konkurence uvnitř populace. Tento model předpokládá homogenní prostředí, vyvážený poměr obou pohlaví v populaci, předem určené míry přežívání adultních i subadultních jedinců, linearitu disperze, dominanci rezidentních jedinců oproti nerezidentním a nepředpokládá emigraci dospělců během období rozmnožování. Model popisuje vzorce disperze, kde jedinci získávají určité výhody na základě filopatrie. Z toho vychází obecně známé tzv. Murrayovo pravidlo, kdy je disperze jedinců reakcí na vnější konkurenční tlak. V zásadě je projevem podřízenosti

a ústupu před dominantním jedincem, zpravidla však jen do nejbližšího volného teritoria (South & Kenward, 2001). Na Murraye pak navázal Waser (1985), jehož model šíření je přímo založený na kompetici jedinců. Vytvořil matematickou formuli, která predikuje frekvenci distribucí pro disperzní vzdálenosti. Pomocí tohoto vyjádření lze dostat hodnotu očekávané frekvence distribuce. Tento model je založen na geometrických pravděpodobnostech, které lze následně porovnat s empiricky odvozenými distribucemi (Swilling & Wooten, 2002).

Další z modelů disperze je založen na prostorových interakcích, které ovlivňují nárůst populace a zvětšování plochy obývaného území. Vyjadřuje interakce mezi disperzní vzdáleností a hledáním partnera. South & Kenward (2001) vypracovali metodiku založenou na závislosti prostorového nárůstu populace na disperzní vzdálenosti kolonizantů a na schopnostech kolonizantů najít partnera. Na základě tohoto výzkumu jsou prostorové interakce významným prvkem, který ovlivňuje šíření populací a zvětšování celkové obývané plochy.

Populace s dobrými disperzními schopnostmi se vyznačuje produkcí jedinců s určitou sadou behaviorálních znaků. Většinou jde o jedince, kteří tráví většinu života v blízkosti rodného místa nebo se po dosažení určitého věku do svého rodiště navracejí (často za účelem rozmnožování). Dalším typickým chováním jsou kompetiční boje o partnery ke spáření nebo reakce na dominantní konkurenci v podobě podřízenosti a opuštění svého vlastního teritoria. Zmíněné typy vrozeného nebo získaného chování se projevují za účelem zvýšení šance na úspěšnou reprodukci (Murray, 1967). Takové charakteristiky populace se vyskytují u mnohých živočišných druhů. Příkladem populací s dobrými disperzními schopnostmi mohou být některé druhy semiakvaticky žijících hlodavců, jako jsou ondatry, nutrie nebo bobři (Anděra, 2011).

Výborná schopnost disperze je pozorována u ondatry pižmové (*Ondatra zibethicus*). Na území České republiky se vyskytuje jako nepůvodní druh pocházející ze Severní Ameriky, který byl v roce 1905-1906 uměle vysazen knížetem Josefem Colloredo-Mansfeldem na Starohuťském rybníku na zámku u Dobříše. Během pouhých dvaceti let coby invazní druh pokryl téměř celou plochu rozlohy České republiky, až na výjimky nejvyšších horských oblastí. Limitující je pro něj pouze přítomnost vodního prostředí. Areál rozšíření ondatry je do dnešní doby v podstatě nezměněn, početnost populace má však z neznámých důvodů klesající tendenci (Anděra, 2011). Obdobnou

disperzní dynamikou se projevuje i bobr evropský, který byl jako původní vymizelý druh do české krajiny navrácen ke konci 20. století (viz kap. 3.4.2) (Šafář, 2002).

3.2 Disperze u bobra evropského

Bobr evropský (*Castor fiber*, Linnaeus 1958) je živočich s pevnými sociálními vazbami a výrazným teritoriálním chováním. Mezi hlavní životní strategie bobra evropského patří život v monogamním sociálním uspořádání, který je u savců poměrně vzácný. Celkově žije monogamicky jen 3-5% druhů savců (Herr & Rosell, 2004). Tento vztah je charakterizován selektivními partnerskými vztahy, paternalitou a výrazně agresivním chováním vůči konkurenci ohrožující životní prostor (teritorium), partnera nebo potomstvo. U většiny monogamně žijících savců se tyto druhy chování začínají objevovat až po dosažení pohlavní dospělosti a vytvoření funkčního páru (Insel et al., 1995). Bobři žijí v rodinách, jejichž základem je rodičovský pár s dvěma až třemi generacemi potomků. Každá rodina obývá své vlastní teritorium, jež hájí. V některých případech je rodina schopna přebývat na jednom místě po dobu až 9 let. Vícegenerační kolonie bobrů přebývajících na jednom místě řadu let umožňují skrze pozorování in situ shromážďovat množství hodnotných dat. Taková data mohou přispět k tvorbě modelů vzorců chování jiných druhů savců, zvláště těch monogamně žijících (Sun & Müller-Schwarze, 1997).

Vzhledem ke skutečnosti, že bobři žijí semiakvatickým způsobem života, odpovídá tomu i jejich způsob šíření (Sun & Müller-Schwarze, 1998). Disperze bobrů probíhá dvourozměrnou cestou skrze říční linie (Barták et al., 2013). Překonané vzdálenosti mohou dosahovat až více než 80 kilometrů, přičemž samci urazí v průměru větší vzdálenost, než samice (Sun et al., 2000). Prostorové šíření populací probíhá samovolně a náhodně, většinou je iniciováno mladými bobry, kteří opouštějí svou kolonii. Juvenilní jedinci nabývají pohlavní dospělosti ve stáří 1,5-2,5 roku (Vorel et al., 2006). V období druhého až třetího roku života jsou tato subadultní zvířata nucena opustit rodinu včetně stávajícího teritoria, ze kterého jsou svými vlastními rodiči vyhnána (nezřídka násilným a agresivním způsobem). Z dospívajícího potomka se nakonec stává konkurence a z obývaného prostoru cizí teritorium. Po odloučení se od mateřského prostředí následuje etapa disperze. V této fázi, která může trvat několik měsíců, ale i let, dochází k intenzivnímu hledání vhodného prostoru k usazení, které musí splňovat prostorové a potravní nároky budoucí bobří rodiny.

Kromě pátrání po vhodném místě k usídlení současně probíhá i hledání sexuálního partnera (Vorel et al., 2014); (Halley et al., 2012); (Herr & Rosell, 2004); (Vorel et al., 2012).

Dle zachovaných historických dokumentů byl bobr evropský součástí evropské fauny od nepaměti (Zíbrt, 1929). Jeho téměř úplné vymizení a opětovný návrat do původního areálu, který proběhl v nedávné historii, umožnil podrobně zachytit dynamiku a způsob šíření druhu. Zároveň lze poznatky o disperzi těchto hlodavců, která probíhala v krátkém čase na poměrně velkém území, aplikovat na další semiakvaticky žijící druhy (Halley & Rosell, 2002).

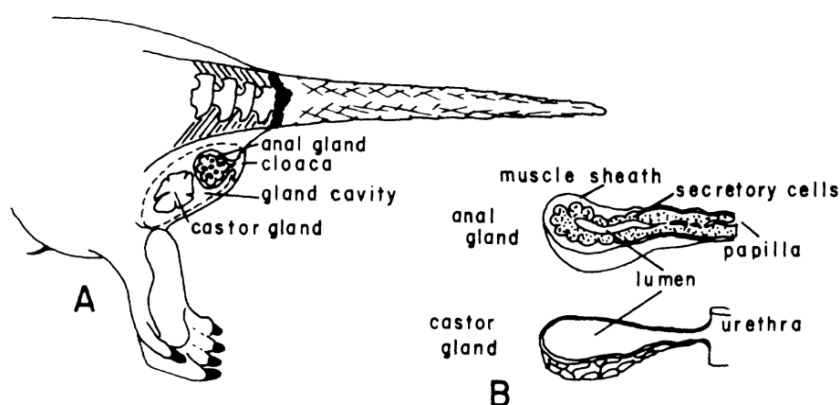
V průběhu disperzního procesu hraje u bobrů důležitou roli chemická komunikace. Migrující jedinci (samci i samice) za sebou kromě dalších pobytových známek (okusů, skluzů, dočasných obydlí) zanechávají pachové značky, tzv. scentmarky. Obecně je scentmarking u většiny druhů savců považován za způsob značení, který slouží k vymezení teritoria (Rosell & Nolet, 1997); (Aleksiuk, 1968).

3.3 Bobr a chemická komunikace

Dorozumívání mezi bobry probíhá na základě zrakového, sluchového a čichového vnímání (Herr, 2005). Na úkor vizuální a akustické komunikace, skrze kterou se bobři mezi sebou nejsou schopni efektivně dorozumívat na větší vzdálenosti, je u nich dobře vyvinuto olfaktorické vnímání (Rosell et al., 1998). Z toho vyplývá, že většina sociálních interakcí mezi bobry je tedy zprostředkována chemickou komunikací (Sun & Müller-Schwarze, 1998). Z hlediska ekologie bobra evropského je chemická komunikace jedna z mechanismů iniciujících a provázejících migrační a disperzní procesy, teritorialitu, rozmnožování a sociální aktivity (Aleksiuk, 1968); (Herr, 2005).

Bobři disponují orgány, pomocí kterých mohou vytvářet pachové značky, tzv. scentmarky. Jedná se o dva páry žláz s vnitřní sekrecí v podobě váčků, které jsou umístěny ve spodní dutině břišní v oblasti pánve u kořene ocasu (Svendsen, 1978). Jeden pár žláz produkuje anální sekret, druhý pár obsahuje castoreum (Rosell et al., 1998). Castoreum vzniká hromaděním některých těžko stravitelných látek získaných z potravy. Jako hlodavec a býložravec pozře bobr velké množství rostlinné biomasy obsahující silice a různé aromatické látky. Tyto látky jsou metabolicky nerozložitelné a nemají pro zvíře žádnou nutriční ani jinou hodnotu. Projdou skrze trávicí trakt a akumulují se v měchýřcích

žláz (Sun & Müller-Schwarze, 1997). Jedinci všech věkových kategorií vyprazdňují obsah žláz v podobě pachových značek. Značka, neboli scentmark, je tvořena hromádkou substrátu (písku, bláta) a travin v těsné blízkosti vodního prostředí, která je následně označena močí společně s výměškem žláz (Rosell & Nolet, 1997). Umístování scentmarků neprobíhá náhodně, ale je řízeno instinktivně. Zvířata užívají určité vzorce chování, skrze které hájí svá teritoria nebo upozorňují na svou přítomnost. Pachová značka je obranným a výhružným mechanismem zároveň, který slouží jako varovný signál pro případného narušitele. V druhém případě jde o formu sexuálního chování při hledání partnera. Vyprodukovanými feromony bobří upozorňují cílovou skupinu na svoji přítomnost a zvyšují tak šanci, že budou objeveni (Rosell et al., 1998). Každý jedinec je vlastníkem unikátní feromonové stopy, skrze kterou dochází k vnitro populačním komunikačním interakcím (Müller-Schwarze, 1992).



Obrázek 1: Anální a pachové žlázy bobra. (Svendsen, 1978)

Sekret žláz je výrazně zapáchající vazká látka, která v důsledku své trvanlivosti a pachové intenzity plní několik funkcí. Kromě vylučování nepotřebných odpadních látek získaných z potravy (převážně silic) má především funkci chemicko-komunikační (Müller-Schwarze, 1992). Obsah análních žláz je u bobřů pohlavně dimorfní. Liší se od sebe různými vlastnostmi, především konzistencí, barvou a zápachem. Samčí žlázy produkují sekret okrově žluté, žlutohnědé až hnědé barvy s vyšší viskozitou. U samic je mnohem řidší a světlejší, středně olivové až šedavé barvy. Viditelné odlišnosti u sekretu análních žláz mohou být účinným nástrojem při rozlišování pohlaví jedinců. (Schulte et al., 1995). Složení sekretu daného jedince je specifické a je spojováno s několika faktory. Müller-Schwarze (1992) ve své práci zmiňuje proměnlivost feromonové skladby v závislosti

na aktuální potravní skladbě, environmentálních faktorech (míře širitelnosti pachu v daném prostředí) a na feromonech rodičů a blízkých příbuzných. Blízký a intenzivní kontakt příslušníků bobří rodiny způsobuje vzájemný přenos unikátních feromonů mezi jedinci, díky kterým jsou schopni se rozpoznávat. V případě nejstarších potomků, kteří rodinu opustí za účelem rozmnožování a založení rodiny vlastní, pak dochází ke ztrátě této unikátní pachové sady. To způsobuje, že jednou odloučené zvíře již není do skupiny znovu přijato (Sun & Müller-Schwarze, 1998).

3.4 Výskyt bobra evropského

3.4.1 Evropa

Bobr evropský byl hojně rozšířen téměř po celé Evropě a byl běžnou součástí její fauny. Díky své kvalitní kožešině, chutnému masu a anální pachové žláze (zv. castoreum), která byla využívána v lékárenství a jako přísada do parfémů, začal být bobr pronásledován člověkem (Zíbrt, 1929). Prvními oblastmi, kde byl zaznamenán úbytek populací nebo jejich úplné vyhubení, byly státy jižní Evropy a Blízkého východu, jako Portugalsko, Španělsko, Řecko, Turecko, Ázerbájdžán a Irák. Z Itálie a Velké Británie bobr vymizel v 16. století (Nolet & Rosell, 1998). Kvůli intenzivnímu lovu, omezení prostoru a úbytku biotopů poklesly stavy bobra na počátku 20. století na minimum. Jistou souvislost s jeho ubývající prosperitou může mít i redukce břehových porostů jakožto palivového dřeva a rozmach zemědělské činnosti (Vorel et al., 2014). Z původního souvislého areálu zbylo v celé Eurasii zhruba 1200 jedinců přežívajících v 8 izolovaných populacích, a to v jižní Francii (Rhôna), v severovýchodním Německu (Labe), jižním Norsku, severovýchodním Polsku, Mongolsku a v několika oblastech Ruska (Halley et al., 2012); (Vorel et al., 2012).

Ke konci 20. století započala realizace reintrodukcí, které usilovaly o navrácení bobra do jeho původního areálu (Vorel et al., 2014). Úspěšná série více než 157 repatriací měla za následek nárůst evropské bobří populace. V letech 1922-1939 proběhly první reintrodukce bobra evropského ve Švédsku. Další pokračovaly v Norsku, Rusku, Německu, Švýcarsku, Finsku, Polsku a v Pobaltských státech (Halley & Rosell, 2003). V tomto období bylo zavedeno množství ochranných programů, které rovněž přispěly k obnově populací (Halley et al., 2012). Z původních 1200 kusů se během několika desítek let populace obývající evropský areál rozrostla na 430 000 zvířat k roku 1997 (Nolet &

Rosell, 1998), k roku 2002 na 742 000 (Halley & Rosell, 2003) a k roku 2012 dokonce na 1 040 000 jedinců (Halley et al., 2012).

V Evropě byl vysazen i bobr kanadský (*Castor canadensis* Kuhl, 1820), a to ve Finsku, Rakousku, Polsku, Francii a Rusku, většina z těchto populací však zanikla pravděpodobně v důsledku vytlačení bobrem evropským. Reliktní populace severoamerického druhu bobra přetrvávají už jen ve Finsku a Rusku (Halley & Rosell, 2002). Nejpočetnější populace obývají oblasti Norska a Švédska, menší rozvíjející se populace pak zbytek Evropy (Halley et al., 2012).

3.4.2 Česká republika

Bobr evropský byl běžnou součástí české fauny od nepaměti, první známky o tomto druhu a jeho hojném výskytu máme ze 13. století. (Zíbrt, 1929). Centrální oblastí s největší populací bylo Třeboňsko v jižních Čechách a povodí Nežárky. Bobr se hojně vyskytoval i v Českém Krumlově, Jindřichově Hradci, Hluboké nad Vltavou, Protivíně nebo Vimperku (Hošek, 1978). Střední Čechy byly osídlené především v povodí řeky Labe (Kokeš, 1968), na Moravě to byla oblast Litovelského Pomoraví, jejíž populace byla nejrozvinutější (Hošek, 1978). Bobři byli velmi oblíbení ať už pro svou kvalitní kožešinu, tak pro chutné maso, jež bylo považováno za postní jídlo (dle pověry zvíře žijící ve vodě musí být podobné rybě). Další cenností, pro kterou byli bobři loveni, bylo castoreum (výměšky análních žláz). Často se užívalo v lékárenství nebo jako přísada do parfémů. Počátek 19. století s sebou přinesl stále četnější zásahy do krajiny a výraznou redukci biotopů vhodných pro osídlení bobry. Zábory půdy pro účely zemědělství, odlesňování krajiny nebo vysoušení mokřadů a úpravy vodních toků způsobily úpadek populace bobra na našem území (Vorel et al., 2012)

Ke konci 17. století počalo vymírání již oslabených populací. Poslední záchvěv záchrany bobra přišel ze strany šlechtického rodu Schwarzenberků, kteří vybudovali umělé chovy (tzv. bobrovny). Jedna z proslulých bobroven se nacházela u rybníka Rožmberk v Červeném dvoře (Zíbrt, 1929). Po čase prosperity se však umělým chovům přestalo dařit a s posledním uhynulým jedincem roku 1882 bobři zmizeli z našeho území.

Do České republiky se bobr začal vracet v období druhé poloviny 70. let, kdy začal osidlovat jižní Moravu (Vorel et al., 2012). V roce 1991-1992 se uskutečnila reintrodukce v CHKO Litovelské Pomoraví. Úspěšné znovuosídlení našich krajín však proběhlo díky šířícím se jedincům z repatriovaných populací z Rakouska, Německa a Polska (Šafář,

2002). Odhad velikosti populace bobra na území České republiky je k roku 2015 asi 6000 jedinců (Vorel, nepublikovaná data).

V současné době se populace bobra evropského na našem území úspěšně rozšiřuje. Recentním rozšířením bobra evropského na území České republiky se zabývá práce Vorla (2012), jež obsahuje detailní informace o šíření druhu v České republice v letech 2002-2011. Jedná se o komparaci náhodného šíření, které je způsobeno přirozenými procesy migrace a teritoriálního osídlení značícího úspěšnou kolonizaci lokality. Podrobná nálezová data pomohla přiblížit disperzní procesy na našem území a ujasnit genetický a geografický původ populací.

3.4.3 Český les

Po úspěšné reintrodukci bobra evropského v německém Bavorsku, která probíhala od 60. let dvacátého století, se bobr opět rozšířil i na území Českého lesa. První polovina 90. let zaznamenala příchod pionýrských jedinců zakládajících nové populace, které se úspěšně začaly rozrůstat (Vorel et al., 2010) (Korbelová et al., 2016). První osídlení bobry v oblasti Českého lesa je zaznamenáno v roce 1992 v povodí Kateřinského potoka. Od tohoto roku započal systematický monitoring, skrze který byly zaznamenávány trvale či přechodně osídlené oblasti a odhady počtů jedinců v jednotlivých populacích. Díky podrobnému a průběžnému monitorování byl od roku 1992 zaznamenáván neustálý nárůst velikostí populací (Vorel et al., 2010).

Jednou z centrálních oblastí výskytu bobra v Českém lese je povodí Kateřinského potoka. V současnosti tuto oblast obývá již saturovaná populace, která vyplnila v podstatě všechny hlavní lokality s habitaty vhodnými k osídlení. Počet stálých teritorií se pohybuje okolo čtyřiceti, k roku 2015 to bylo 37 a populační hustota dosahovala 0,55 teritorií na kilometr (Šimůnková & Vorel, 2015). Ve vztahu k rozloze dosáhl počet teritorií v této oblasti maxima a populace se nachází ve fázi stagnace. Vzhledem k nasycenosti využití území a dosažení určité hranice v čerpání zdrojů lze očekávat pravděpodobnou redukci počtu teritorií (Vorel et al., 2010). Zdejší rozvinutá populace je v důsledku nedostatku prostoru zatížena vysokou mírou kompetice. I přes její poměrně velkou početnost je produkce migrantů nižší, než u některých teprve se rozvíjejících populací. Schopnost úspěšného šíření a osídlování nových oblastí je snížena, zvláště pokud jde o migranty šířící se ze středu populace. Takoví jedinci musí čelit časté konfrontaci se zvířaty cizích teritorií, která musí během cesty překonat, což je pro ně značně vyčerpávající, stresující a mnohdy

to vyžaduje nasazení vlastního života. Efektivní disperze a prostorové rozpínání u saturovaných populací většinou probíhá skrze jedince z jejích okrajových částí populace (Vorel et al., 2012).

3.5 Popis lokality Český les

Jednou z intenzivně sledovaných lokalit nyní hojně osídlených bobrem evropským je pohraniční oblast jihozápadních Čech nesoucí název Český les (*něm. Böhmischer Wald*). Její značná část spadá od roku 2005 do kategorie zvláště chráněných území. Jedná se o nejmladší CHKO České republiky, jejíž rozloha činí 473 km². Oblast přetíná liniová stavba v podobě dálnice D5 a dělí ji tak na dva fragmenty. Západní hřebeny Českého lesa kopírují česko-německou státní hranici a svažují se do bavorského regionu, konkrétně do oblasti s obdobnými přírodními poměry - *Oberpfälzer Wald*. Z východu je oblast CHKO zhruba vymezena obcemi Broumov, Halže, Milíře, Lesná, dále Přimda, Třemešné, Bělá nad Radbuzou, Klenčí pod Čerchovem a Česká Kubice. Na hranice chráněné krajinné oblasti volně navazuje Podčeskoleská pahorkatina a Všerubská vrchovina (Andreska & spol., 2005).

Český les je jedním z největších souvislých lesních komplexů Evropy. Přesto je krajina strukturována pestrou mozaikou mnoha biotopů. Kromě lesních porostů je tvořena typy křovin, luk, pastvin, ale i mokřadů, rašelinišť, pramenišť a dalších vodních prostředí. Zvláštní charakteristikou území jsou pozůstatky desítek sídel, vesnic a obcí zaniklých po roce 1945 v souvislosti s odsunem německého obyvatelstva ze sudet. Následkem vysídlení pohraničního pásma bylo zpustnutí velké části oblasti. Zmíněné historické události daly za vznik jedinečnému krajinnému rázu, který snoubí pozůstatky lidské činnosti v podobě rozpadajících se stavení, mostků nebo cest s divokou přírodou. Rozvaliny a zbytky sídel ovlivňují okolní prostředí a vytvářejí specifická stanoviště. Taková místa poskytují habitaty pro množství rostlinných i živočišných druhů, především synantropních společenstev. Tyto faktory podporují heterogenitu prostředí, s níž je spjata i vyšší druhová bohatost. Oblast Českého lesa je dnes považována za hodnotnou krajinu s výjimečnou atmosférou (Andreska & spol., 2005).

Český les disponuje nesmírně bohatou sítí různých typů vodních prostředí. Přes řeky, potoky, nádrže, rybníky a jezírka až po bažiny, rašeliniště a prameniště.

Tato skutečnost přispěla k znovuosídlení oblasti bobry v 90. letech dvacátého století a jejich úspěšnému rozšíření (Vorel et al., 2010).

4 Metodika

4.1 Manipulativní pokus

Výzkum byl založen na manipulativním pokusu. Proběhla simulace chemické komunikace bobra evropského skrze pachové značky (výměšky análních žláz) umístěné do vodního prostředí, kdy se sledovala reakce migrantů na přítomnost feromonů cizích jedinců. Pro experiment byla vybrána oblast Kateřinského a Nivního potoka v Českém lese. Jedná se o dlouhodobě monitorované území (od prvotního osídlení v roce 1992), jež disponuje plně rozvinutou saturovanou populací. Nasycenost prostorové kapacity umožňuje sledovat disperzi šířících se kolonizantů s přibližně stejnou pravděpodobností na úspěšnost osídlení. Zmíněná fakta jsou předpokladem k realizaci této studie. Vzhledem k náročnosti projektu se na výzkumu podílel několikačlenný tým katedry aplikované ekologie České zemědělské univerzity v Praze pod vedením Ing. Aleše Vorla, PhD., jehož jsem byla součástí. Jako jednotlivec jsem se v tomto výzkumu zabývala strategií pro funkční simulaci bobřích pachových značek, její následnou realizací, sběrem dat, shrnutím našich výsledků a závěrečným zhodnocením práce.

Metodika se skládá z jednotlivých fází výzkumu, které jsou uvedeny a popsány v následujících kapitolách. Celá studie proběhla ve dvou sezónách pojmenovaných *Rok 1* a *Rok 2*. Dle stanovených kritérií bylo vybráno 15 úseků vodních toků (všechny podmínky jsou podrobně vypsány v kapitole 4.2). Na jednotlivých tocích byly nainstalovány fotopasti, které snímaly návštěvy bobřích jedinců v průběhu sledovaného migračního období leden-červen. Pro instalaci fotopastí se v průběhu obou sezón užívalo jednotného postupu, který je popsán níže (kapitola 4.3.2). V první sezóně (*Rok 1*) byla sledována přirozená návštěvnost neosídlených lokalit. Data sesbíraná z *Roku 1* sloužila jako komparační sada informací k následující sezóně, ve které již došlo k aplikaci bobřích žláz do vody (*Rok 2*). Žlázy se v podobě mýdlových vymývatelných vzorků umísťovaly přímo do proudu vodního toku. Byly upevněny provázkem k železnému roxoru zatlučenému do dna koryta. Samotné simulaci předcházel pilotní pokus, ve kterém se testovala funkčnost a trvanlivost vyrobených pachových vzorků. Ověřování použité metody proběhlo na Šáreckém potoce v městské části Praha-Lysolaje v listopadu a prosinci roku 2018. Simulace pachových značek na Kateřinském a Nivním potoce byla zahájena v lednu 2019 (*Rok 2*).

Rok 1

V této sezóně se experiment uskutečnil na vybraných lokalitách v oblasti CHKO Český les. Pro náš výzkum bylo zvoleno celkem 15 lokalit v povodí Kateřinského potoka, Nivního potoka a Hraničního potoka. Výběr vhodných úseků byl podmíněn na základě předem zadaných kritérií. Jednou z hlavních podmínek bylo určení vodního toku dosud neosídleného bobří populací, což proběhlo vyloučením výskytu aktivních pobytových známek. Každý z úseků byl přibližně stejného charakteru (vodnatost, podélný sklon), nacházel se v obdobném homogenním prostředí daného biotopu a zároveň se napojoval na hlavní tok se stabilním bobřím osídlením (podrobně uvedeno v kapitole 4.2). Na základě předešlého dlouhodobého monitoringu a sledování oblasti bylo hledání neosídlených lokalit poměrně usnadněno (Vorel et al., 2010); (Vorel et al., 2012); (Šafář, 2002). Vzhledem k tomu, že Český les obývá již saturovaná bobří populace, potenciálních teritorií k obsazení není příliš mnoho. Monitorováním vodních toků (nebo jejich částí) s predikovanou nízkou pravděpodobností osídlení se vyselektovalo právě patnáct lokalit splňujících všechna zadaná kritéria a vyhovujících našim požadavkům pro manipulativní pokus.

V této fázi výzkumu (*Rok 1*), jsme se věnovali sledování návštěvnosti vybraných lokalit, aniž by došlo k umístění pachových vzorků s bobří žlázou. Monitorovali jsme přirozené migrace bobrů ve směru po proudu i proti proudu vody. Na každém úseku byla nainstalována fotopast v minimální výšce 0,5 metru, která zachycovala pohyb migrujících jedinců z obou směrů. Pohled přístroje byl namířen na vodní hladinu pod úhlem cca 30° po směru proudu. V obou letech trvání výzkumu se instalace fotopastí řídila zadanou metodikou, která je podrobně uvedena v kapitole 4.3.2. Snímaná data sloužila jako srovnání pro data z následující sezóny, ve které již došlo k aplikaci pachových atraktantů.

Rok 2

Hlavní část našeho výzkumu tvořila druhá sezóna, která je označena jako „*Rok 2*“. Zde proběhl samotný manipulativní pokus simulace pachových značek. Předcházel mu pilotní pokus testující funkčnost a trvanlivost vzorků, který proběhl ještě před zahájením druhé sezóny naší studie. Pro snazší dostupnost a průběh sledování se pilotní pokus uskutečnil mimo zvolenou lokalitu. Testování spolehlivosti metody proběhlo v blízkosti České zemědělské univerzity. První umístění a pozorování vzorků ve vodě proběhlo

na dvou úsecích Šáreckého potoka v obci Lysolaje (Hl. m. Praha), a to v zimě 2017/2018 během měsíců prosince a ledna. Rychlost vymývání atraktantu určila budoucí periodu pro obnovování vzorků na lokalitách. Na jednotlivých vodních tocích byly selektivně aplikovány vzorky s bobří žlázou simulující pionýrské osídlení. 15 úseků toků bylo rozděleno na tři stejně velké skupiny po pěti, kdy každá ze skupin podléhala jinému typu ošetření (viz *Tabulka 1*). Skupiny byly definovány jako: (a) skupina A sloužící jako kontrola – aplikace bez ošetření; (b) skupina B obsahující vzorky s feromony obou pohlaví – aplikace směsi samčích a samičích žláz; (c) skupina C obsahující vzorky s feromony samce – aplikace samčí žlázy.

Tabulka 1: Přehled a třídění vzorků pro manipulativní pokus.

Skupina	Ošetření	Počet	Počet opakování
A	Control	5	2
B	Mix	5	2
C	Male	5	2

Každá z lokalit měla přidělený typ ošetření a byla označena identifikačním číslem 1-15. Rovněž byla zanesena poloha GPS všech našich sledovaných míst. Na úsek byl vždy umístěn vzorek se žlázou v podobě dvou opakování ve vzdálenosti cca 5m od sebe, důvodem bylo zajištění větší intenzity pachu rozptýleného do vody a částečné prevence. I za předpokladu dostatečné vodnatosti toků v zimním a jarním období bylo nutné vzít v úvahu případný nedostatek srážek a pokles vodní hladiny nebo naopak přívalový déšť způsobující výrazný nadstav vody. Pro podchycení obou extrémních případů a zamezení přerušení pokusu v důsledku vnějších vlivů byl každý z obou vzorků umístěn v různé hloubce a vzdálenosti od břehové linie. Mýdlový vzorek byl pomocí pevného nylonového provázku upevněn k železnému roxoru zatlučenému do dna koryta. Vzdálenost roxorů od sebe činila zhruba 10-15 metrů. Kromě aplikací atraktantů byly nainstalovány fotopasti pro sběr dat, které snímaly návštěvy bobrů (stejně, jako v *Roce 1*).

Manipulativní pokus byl zahájen první aplikací vzorku s bobří žlázou dne 5. 1. 2019. Postupné vymývání vzorků trvalo zhruba 3 týdny, čímž byla určena pravidelná perioda pro obnovu atraktantu a průběžný sběr dat z fotopastí. Poslední vzorky byly umístěny dne 7. 5. 2019.

4.2 Výběr lokalit

Pro uskutečnění našeho výzkumu bylo nutné zvolit lokality s vhodnými místními podmínkami. Těm vyhovovala povodí několika potoků nacházejících se v CHKO Český les: Hraniční potok pramenící v oblasti Farských bažin kopírující česko-německou státní hranici a oblast Kateřinského a Nivního potoka spadajícího pod soustavu NATURA 2000, kde je předmětem ochrany právě bobr evropský. V této oblasti je soustředěna stabilní saturovaná populace, která poskytuje jedincům šířícím se prostorem stejné podmínky a podobnou naději na osídlení. Přibližně stejná pravděpodobnost úspěšnosti kolonizantů při osidlování byla jedním z předpokladů pro uskutečnění naší studie právě v tomto místě.

Výběr lokalit pro manipulativní pokus podléhal několika kritériím. Celkem bylo zvoleno 15 úseků na výše zmíněných vodních tocích. Každý z úseků měl přibližně stejnou délku, rozměry, nacházel se v podobném prostředí a splňoval tyto podmínky:

- a) nepřítomnost aktivních pobytových známek bobra na celém přítoku
- b) napojení na hlavní tok s přibližně stejnou intenzitou bobřího osídlení
- c) homogenní biotopové podmínky
- d) toky obdobného charakteru (vodní režim, podélný sklon)
- e) výzkumné stanoviště vzdálené 500-700m od soutoku s hlavním tokem.

K vyloučení bobřího osídlení ve zvolených oblastech se došlo pomocí terénního mapování břehových zón u jednotlivých přítoků a ramen. Aktivní pobytové známky, jež signalizují přítomnost zvířat, jsou dle metodiky monitoringu bobra evropského definovány jako: okusy (zbytky potravní činnosti), pachové značky (teritoriální aktivita), stopy (otisky končetin nebo ocasu), obydlí (denní a zimní úkryty) nebo projevy stavební aktivity (hráze apod.) (Vorel et al., 2006). Ve zkoumaném období, tedy hlavní migrační sezóně bobra evropského, která trvá od ledna do června, obvykle dochází k intenzivnímu pohybu jedinců, kteří dispergují za účelem nalezení vhodnějšího (nebo v případě subadultů nového) místa k osídlení. Vybrané zmapované lokality musely podlehnout opakovaným kontrolám, zda nedošlo mezi zkoumanými sezónami (*Roku 1 a 2*) k nečekanému osídlení.

4.3 Simulace pachových značek

Experiment v podobě simulace pachového značení měl otestovat reakci jedinců na uměle umístěné pachové značky. Pomocí nainstalovaných fotopastí jsme sledovali, zda dojde ke zvýšení frekvence návštěv lokalit ošetřených našimi vzorky, z kterých se uvolňovaly feromony do vodního prostředí, oproti lokalitám bez ošetření. Experiment probíhal ve dvou sezónách v období hlavní disperzní aktivity bobra evropského (leden-červen).

Na počátku studie založené na simulaci bylo třeba nalézt vhodný materiál, který by splňoval naše požadavky. Hledali jsme látku, skrze kterou by se mohl sekret bobřích žláz šířit ve vodě a která by byla schopna dostatečně dlouhou dobu ve vodním prostředí přetrvávat. Jako nejvhodnější materiál pro postupné uvolňování se do kapaliny bylo shledáno mýdlo, které lze snadno vyrobit v domácích podmínkách. Mýdlo umístěné do vody má tendenci se rozpouštět, k uvolňování látky však dochází postupně a poměrně dlouhou dobu. S nižší teplotou vody se doba rozpouštění prodlužuje. Vzhledem k období, ve kterém experiment probíhal, byla teplota vody většinou $<10\text{ }^{\circ}\text{C}$, což přispívalo k větší trvanlivosti a delší vymyvateľnosti vzorků. Proces výroby mýdla za studena umožňuje přimísení biologického materiálu, v našem případě sekretu bobřích análních žláz, aniž by došlo k jeho znehodnocení. Jak jsme to udělali,?

4.3.1 Výroba pachových vzorků

Samotnému manipulativnímu pokusu předcházela výroba pachových vzorků. Pro zajištění věrohodné simulace bobří pachové značky - scent marku, bylo třeba najít vhodný materiál, skrze který by se feromony a aromatické látky obsažené v sekretu análních žláz postupně uvolňovaly do vodního prostředí. Pro naše účely bylo požadováno, aby proces rozptylování skrze vodní médium probíhal rovnoměrně v rozmezí delšího časového úseku, ideálně několika týdnů. Látkou splňující dané parametry a vhodnou k realizaci manipulativního pokusu bylo stanoveno mýdlo. Mýdlo je alkalická sůl mastných kyselin vznikající během chemického procesu zvaného saponifikace (neboli zmýdelňování). Principem výroby mýdla je neutralizace mastných kyselin (Svoboda, 2005).

Za daných podmínek byla pro svou nenáročnost a vhodnost zvolena technologie výroby mýdla za studena. Oproti standardní metodě výroby mýdla za tepla, kdy se směs

po celou dobu zahřívá a proces zmýdelnění se urychlí, je metoda za studena pomalejší, saponifikace trvá delší dobu, ale je šetrnější. V použité metodě za studena zmýdelňování probíhá pouze pomocí exotermní reakce, během které se uvolňuje energie v podobě tepla. K uskutečnění výroby nebylo třeba využít laboratorních podmínek.

Pomůcky

- hydroxid sodný *NaOH*
- rostlinný tuk (slunečnicový olej)
- destilovaná voda
- sekret bobřích análních žláz (samec a samice)
- tyčový mixér
- laboratorní váha
- teploměr
- PVC potravinová síť
- provázek
- ochranné pomůcky (ocet, rukavice, brýle, plášť)

Technologický postup

V odměřeném množství destilované vody se postupně nechal rozpustit hydroxid sodný. Během procesu došlo k silné exotermické reakci, dle toho byla zvolena vhodná nádoba (z varného skla). Po zchladnutí na cca 36°C se roztok hydroxidu sodného smísil s rostlinným tukem. Za použití vysokootáčkového tyčového mixéru proběhla homogenizace roztoku hydroxidu sodného s olejem a započal proces zmýdelňování. Pro vypočítání přesných poměrů a množství jednotlivých přísad byla užita online volně přístupná aplikace *SoapCalc* (<http://www.soapcalc.net/calc/SoapCalcWP.asp>).

Dalším krokem byla příprava bobří žlázy. Preparace análních žláz proběhla během pitvy uhynulých jedinců v pitevně Fakulty životního prostředí České zemědělské univerzity pod vedením Ing. Aleše Vorla, PhD. Ihned po preparaci byl veškerý materiál umístěn do mrazicího boxu a uchováván při teplotě -17°C.

Za pomoci laboratorní váhy se odvážilo přesné množství žlázy, které bylo následně přimícháno ke směsi. Dávka sekretu žlázy pro každou lokalitu činila 6g, množství mýdla 50g. Po důkladné homogenizaci obou složek byly vymodelovány mýdlové vzorky

kulovitého tvaru, jejichž povrch byl kompletně obalen několika vrstvami potravinové sítě z PVC, která byla svázána nylonovým provázkem (*Obr. 1*). Produkce vzorků probíhala vždy ve dvou opakováních na lokalitu, tj. v našem případě 20 kusů pro deset lokalit.

4.3.2 Umístění aplikací a instalace fotopastí

Manipulativní pokus proběhl na 15 lokalitách vodních toků. Každá z lokalit podléhala několika zvoleným kritériím. Jednalo se o toky nacházející se v homogenním biotopovém prostředí, podobného charakteru, se srovnatelným vodním režimem a s přibližně stejným podélným sklonem. Každý z patnácti přítoků nevykazoval známky trvalého osídlení bobrem a zároveň byl napojen na hlavní, již trvale osídlený tok. Na 10 lokalitách byla aplikována bobří žláza vždy s jedním typem ošetření dle určených skupin (*Tabulka 1*). Rozmístění typů ošetření bylo zvoleno náhodně. Zadaný úsek pro umístění aplikace se pohyboval v rozmezí 500-700 metrů vzdálených od soutoku s hlavním osídleným tokem. Z preventivních důvodů byly na každé lokalitě vždy dvě opakování, a to ve vzdálenosti 5-10 metrů od sebe. Zbylých 5 lokalit sloužilo jako kontrolních.

Zhruba 50 metrů po směru proudu od aplikace se žlázou byla nainstalována fotopast se zaznamenanou polohou GPS. Každý přístroj byl umístěn dle několika kritérií. Vzhledem k ročnímu období, ve kterém experiment probíhal, se počítalo s četnými srážkami, zvýšenými stavy vody a nepravidelným kolísáním hladiny. Výška zavěšení fotopasti byla minimálně 0,5m nad hladinou vody. Osa čočky přístroje byla namířena přímo na vodní plochu pod úhlem cca 30° po směru proudu (příchod migrujících jedinců se uvažoval opačným směrem). Jako prevence odcizení bylo třeba využít co nejméně exponované místo k umístění snímače. Využívalo se prostředí mezi odhalenými kořeny, padlými stromy, dutinami a břehovými útvary. Pomocí přírodnin (jako např. stará kůra, větve, mechrosty) byly přístroje zakrývány tak, aby se snížila jejich viditelnost pro případné kolemjdoucí.

4.4 Sběr a zpracování dat

Použitou metodou pro sběr dat bylo monitorování pomocí fotopastí. Jednalo se o přístroj výrobce *UOVision* typu *UV 535 Panda CZ* s dosvitem na 10-12 metrů, neviditelným infra přísvitem (940nm) a s rozlišením pořizovaných snímků 6MP.

Shromažďování dat probíhalo v průběhu dvou po sobě jdoucích disperzních sezon (*Rok 1* a *rok 2*) v období od ledna do června. Data byla sbírána v pravidelných intervalech. Tyto intervaly byly určeny na základě rychlosti vymývání aplikovaného atraktantu, což činilo zhruba 3-4 týdny. Veškeré pořízené snímky z fotopastí byly zálohovány a posléze systematicky třizeny. Ke zpracování byly použity všechny snímky, na kterých byla zachycena prokazatelná návštěva bobřího jedince. Následovalo seřazení návštěv dle data, místa, času a velikosti jedince. Vzhledem ke skutečnosti, že u bobra evropského není znatelný pohlavní dimorfismus, nebylo možné určení pohlaví jedinců.

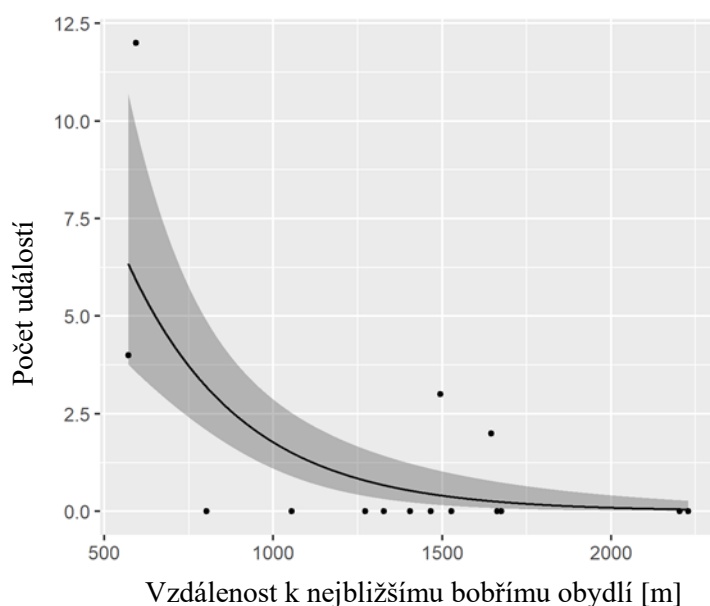
Rozlišovali jsme 3 kategorie dat dle snímků jedinců, kteří byli zachyceni při disperzi. První skupinou byli bobři přicházející po proudu, tzn. ve směru působení atraktantu, druhou skupinou jedinci dispergující proti proudu vodního toku, tedy proti směru působení vzorku, a do třetí kategorie jsme zahrnuli snímky z obou možných situací. Zachycení jedince na lokalitě, který v průběhu několika hodin podnikl cestu proti proudu a zpět (nebo naopak), bylo přirozeně hodnoceno jako jedna událost. Data byla tříděna do skupin pro každou sezónu zvlášť. Vylišili jsme jednotlivé kategorie, abychom dostali výsledky zhodnocující účinnost našich aplikovaných vzorků rozptylovaných do vodního prostředí. Snahou bylo získat tři sady dat, které by se daly vzájemně porovnat a pomocí nich zhodnotit vliv přítomnosti pachových značek na šíření v prostoru. Kategorie dat obsahující snímky bobrů přicházejících proti směru proudu tak může značit jedince, kteří by mohli být přilákáni feromony rozptylujícími se ve vodním prostředí. Naopak jedince zachycené ve směru proudění vody jsme předpokládali jako náhodné migranty, na které atraktant přirozeně neměl vliv. Spojením obou kategorií dat jsme sledovali aktuální místní trend v šíření jedinců dané populace.

Pro statistickou analýzu dat se využilo volně dostupného programu *R-Studio*. Cílem zpracování dat bylo vygenerování několika typů výsledků. Zjišťovala se frekvence návštěv na jednotlivých lokalitách v závislosti na vzdálenosti od nejbližšího bobřího osídlení a zastoupení návštěv lokalit dle skupiny ošetření A, B nebo C (tzn. *Control*, *MALE*, *MIX*). Data byla vyhodnocena pro každou sezónu zvlášť, aby mohlo dojít k porovnání výsledků z roku bez ošetření s rokem, kdy proběhla simulace.

5 Výsledky

Výsledky naší studie vypovídají o počtech událostí ve vztahu k vzdálenosti od nejbližšího bobřího osídlení. Celkem šlo o 15 lokalit, jejichž návštěvnost byla hodnocena zvlášť pro *Rok 1*, pro *Rok 2* a pro oba roky současně. Data z *Roku 1* sloužila jako kontrolní a nepodléhala žádnému ošetření. Sledovala frekvence návštěv migrujících jedinců, kteří nebyli ovlivněni pachovými atraktanty ve vodním prostředí. V *Roce 2* byly do vody aplikovány pachové vzorky. Pozorované události na ošetřených lokalitách měly předpoklad odpovědi jedinců zachycujících pachovou informaci. Výsledky jsou vyjádřeny grafickým zobrazením a obsahují data jak z jednotlivých let tak data smíšená z obou období. Analýzy grafů jsou podrobně popsány dále.

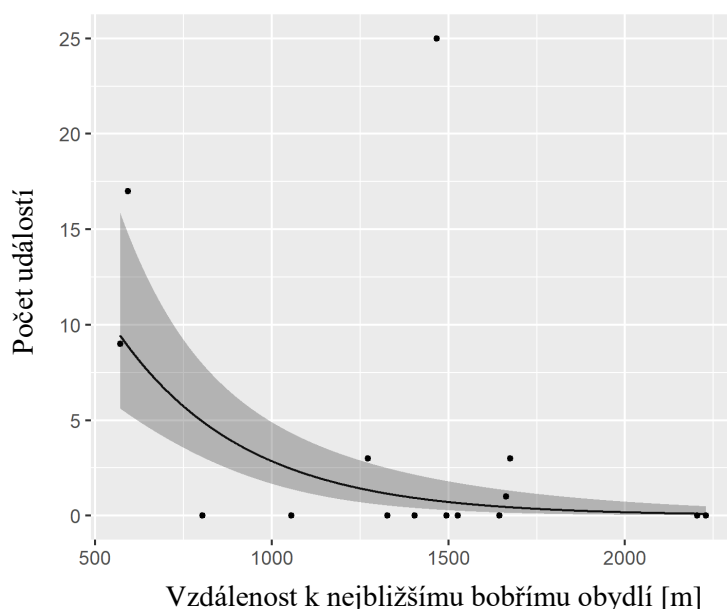
Graf 1: Zobrazení počtu návštěv na jednotlivých lokalitách v závislosti na vzdálenostech od nejbližšího bobřího osídlení v *Roce 1*.



Graf obsahuje data z *Roku 1*, data tedy nepodlehla ošetření pachovými vzorky. Na ose x jsou hodnoty počtu událostí, v našem případě se jedná o jednotlivé návštěvy bobříků jedinců. Body umístěné v síti značí jednotlivé lokality. Osa y vypovídá o vzdálenosti každé jednotlivé lokality od sídla s bobří rodinou. V tomto případě je většina lokalit nenavštívena, z celkových 15 byla aktivita zaznamenána na čtyřech, ale vždy opakovaně. Z grafu je patrné, že se vzdáleností od nejbližšího bobřího osídlení

se frekvence návštěv výrazně snižuje. Zdaleka největší frekvenci návštěv mají 2 lokality, které jsou nejblíže osídlení. Největší počet událostí se uskutečnil na lokalitě vzdálené 600 metrů od bobřího sídla, kde bylo zaznamenáno 12 návštěv. Pravděpodobně to lze vysvětlit jako opakované cesty zvířat do blízkého okolí své vlastní kolonie. Může se jednat o putování jednotlivců za potravou nebo průzkum terénu při hledání nového vhodnějšího místa k osídlení. K případnému přesunu do potenciálního teritoria většinou dochází ve fázi vyčerpání potravních zdrojů daného místa.

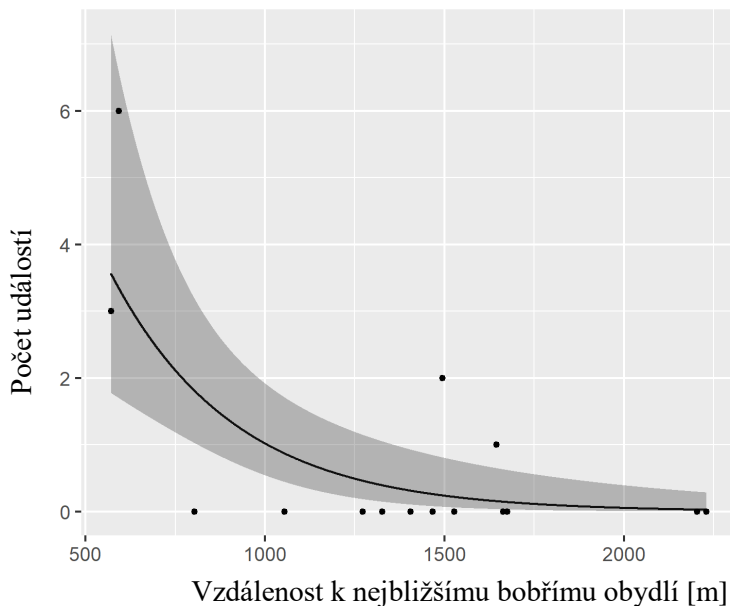
Graf 2: Zobrazení počtu návštěv na jednotlivých lokalitách v závislosti na vzdálenostech od nejbližšího bobřího osídlení v *Roce 2*.



Graf obsahuje data z *Roce 2*, kdy došlo k ošetření atraktantem. Oproti předchozímu grafu z *Roce 1* zde můžeme sledovat vyšší počet navštívených lokalit a zároveň i výrazně vyšší frekvenci návštěv. Nejnavštěvovanější lokalita s celkovým počtem 25 událostí byla vzdálena téměř 1500 metrů od obydlí. Významná aktivita byla zaznamenána na dvou lokalitách s nejmenší vzdáleností od sídel, s počtem 9 a 17 návštěv. Jednalo se o tytéž lokality, které byly několikrát navštíveny během *Roce 1*. V porovnání s *Grafem 1* vidíme výrazný nárůst ve frekvencích návštěv těchto lokalit. Zatímco v neošetřené sezóně byly

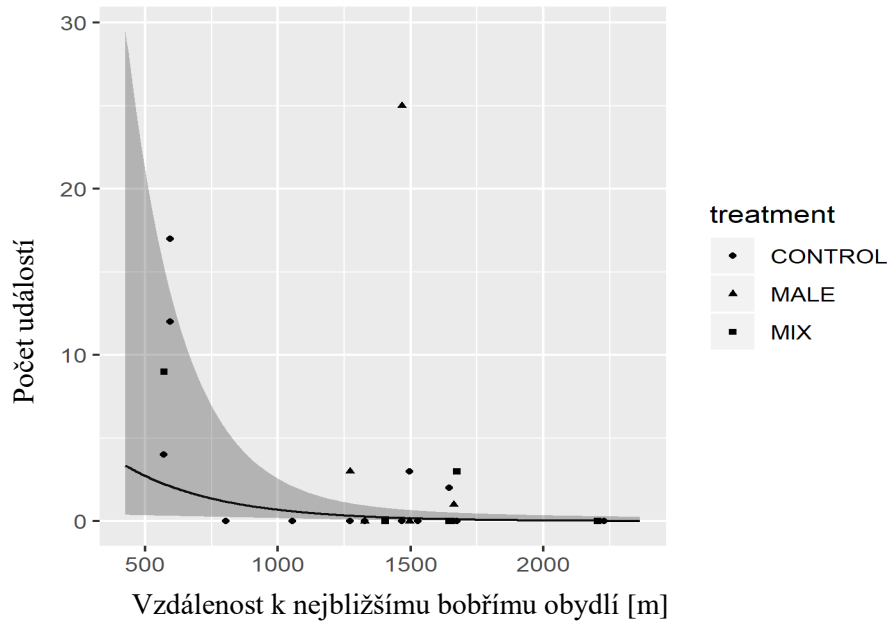
události výsledkem nahodilých cest jedinců, zobrazení *Grafem 2* značí prokazatelnou odpověď migrujících jedinců na přítomnost atraktantu ve vodním prostředí.

Graf 3: Zobrazení počtu návštěv ze směru proti proudu na jednotlivých lokalitách v závislosti na vzdálenostech od nejbližšího bobřího osídlení v *Roce 1*.



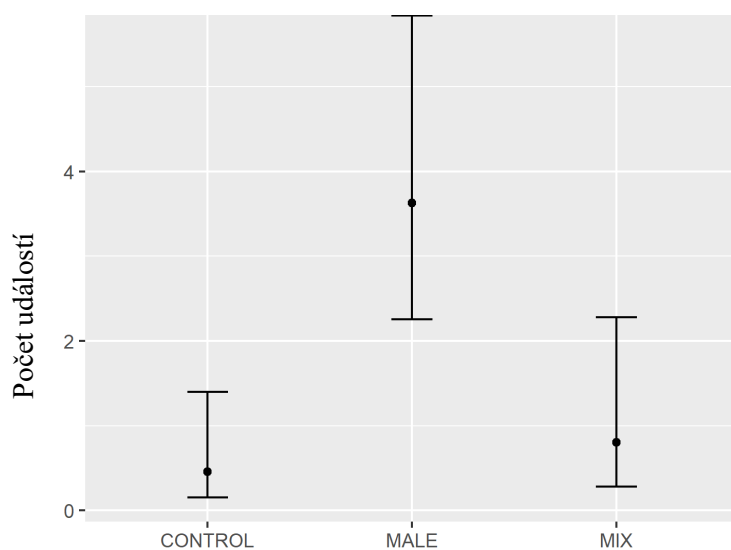
Tento graf obsahuje data z *Roku 1* bez ošetření. Zde jsou zachyceny jen návštěvy jedinců migrujících proti směru proudu, aniž by byl umístěn pachový vzorek. Lokality nejméně vzdálené od bobřích sídel (cca 600 metrů) vykazovaly nejvyšší frekvenci návštěv, což může značit buď opakované výpravy jedinců jdoucích za potravou, nebo průzkumy terénu při hledání teritoria. Při srovnání s *Grafem 1* je zjevné, že migrace jedinců nijak neovlivněných chemickou látkou ve vodě probíhá ve stejné míře jak ve směru po proudu, tak proti proudu. Vyčtené frekvence událostí z *Grafu 3* jsou polovičními hodnotami *Grafu 1*. Pravděpodobně se jedná o náhodné cesty bobrů v okolí svých teritorií, jež probíhají nezávisle oběma směry.

Graf 4: Zobrazení počtu návštěv na jednotlivých lokalitách s daným ošetřením v závislosti na vzdálenostech od nejbližšího bobřího osídlení pro *Rok 1* i pro *Rok 2*.



Graf obsahuje smíšená data z obou sezón. Lze vyčíst, že kontrolní lokality bez ošetření byly hojně navštěvovány jen do určité vzdálenosti od osídlení. To může značit náhodné výpravy jedinců z přilehlých kolonií jdoucí za potravou nebo vyhledávající vhodnější místo k osídlení, než je to stávající. Oproti tomu lokality ošetřené pachovými vzorky jsou navštěvovány, zvláště pokud jde o vzdálenost >1200m od osídlení. Nejvíce událostí proběhlo na lokalitách uvolňujících samčí feromony, maximální zaznamenaný počet návštěv byl 25. To může značit skutečnost, že samice hledající sexuálního partnera ke spáření mohla být přivábena naším atraktantem, jenž jí evokoval vyčkávacího samce. V úvahu by mohla přijít i druhá možnost, kdy by byl mladý samec přilákan cizími feromony do místa s výhodnými podmínkami k usazení, o které by mohl soupeřit.

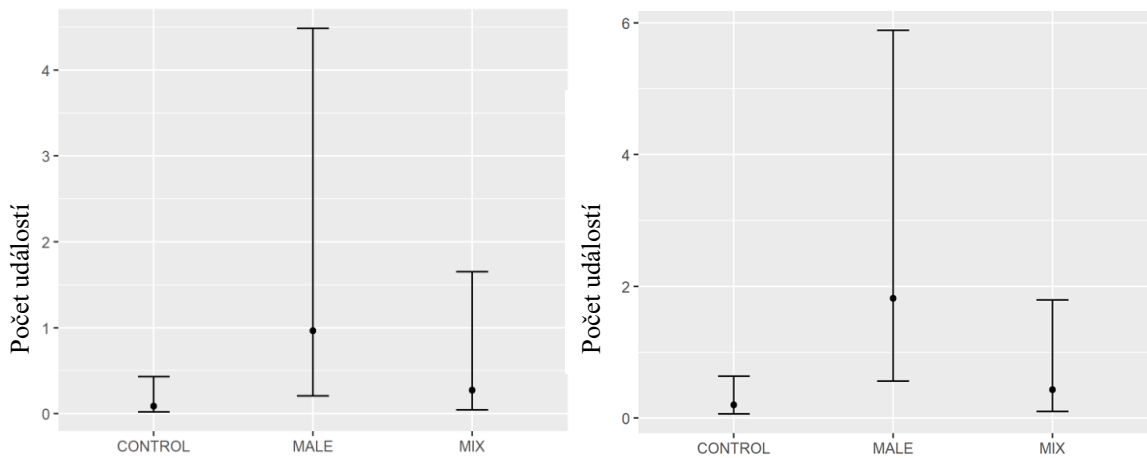
Graf 5: Zastoupení jednotlivých návštěv ve směru proti proudu vzhledem k ošetření pro Rok 2.



Z Grafu 5 můžeme vyčíst, jak velký podíl událostí náleží té které skupině ošetření během druhé výzkumné sezóny. Je zde patrný signifikantní rozdíl mezi lokalitami ošetřenými a kontrolními. Jak je zmíněno výše (stejně jako Graf 4), tak k největšímu počtu událostí došlo na místech ošetřených vzorky uvolňující do vody samčí pach. Určitý rozdíl vůči kontrole vykazují i místa, na která byla umístěna aplikace směsi pachu samčího a samičího (*MIX*). Z toho lze usoudit, že bobři očividně reagují na přítomnost chemické látky, ať už se jedná o feromony samce nebo samice. Prokazatelně je však reakce zvýšená v případě zachycení pachu samce.

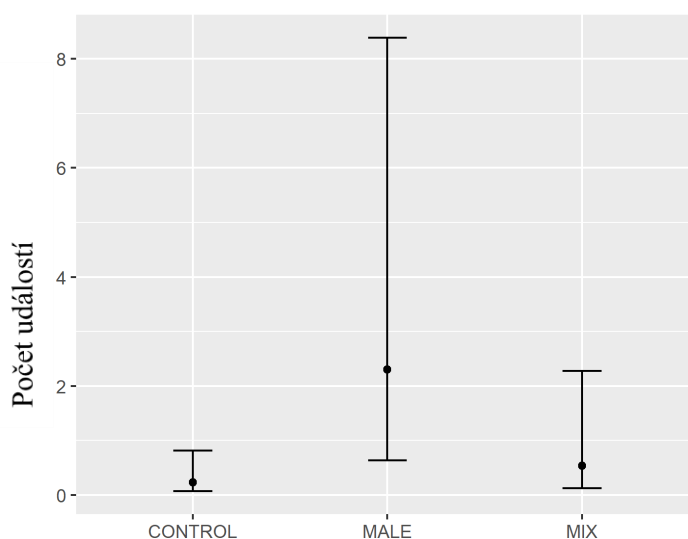
Graf 6 (vlevo): Zastoupení jednotlivých návštěv ve směru po proudu vzhledem k ošetření.

Graf 7 (vpravo): Zastoupení jednotlivých návštěv ve směru proti proudu vzhledem k ošetření.



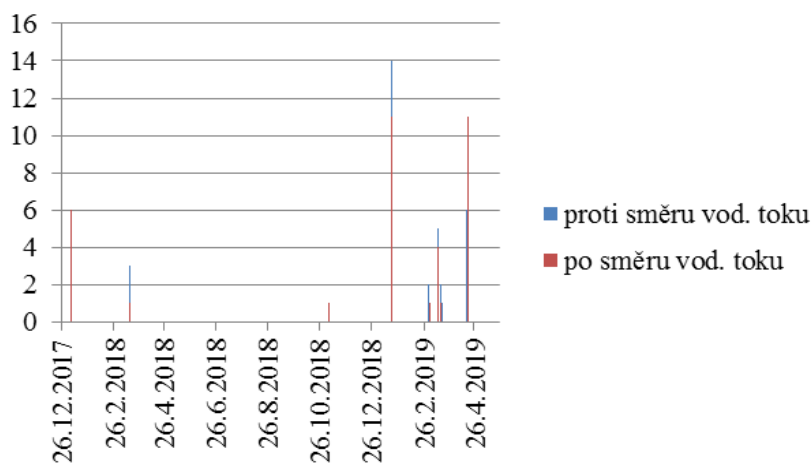
V *Grafech 6 a 7* jsou znázorněna data z obou sezón (*Rok 1 a Rok 2*). Ze srovnání obou grafů je zde patrný jednoznačný signifikantní rozdíl mezi ošetřeními obou skupin (*MALE a MIX*) a kontrolou bez ošetření (*CONTROL*). Pokud se zaměříme na druh ošetření, tak je z obou grafů patrný významný rozdíl mezi skupinou *MIX* a *MALE*. Skupina vzorků vylučující samčí feromony (*MALE*) vykazuje trojnásobně vyšší počet událostí oproti skupině s feromony samčími i samičými (*MIX*). V porovnání s kontrolou je patrná až osminásobně vyšší frekvence událostí.

Graf 8: Zastoupení jednotlivých návštěv v obou směrech vzhledem k ošetření.



V *Grafu 8* jsou zobrazena data všech zachycených událostí. Nejvýznamnějším jevem je signifikantní rozdíl mezi skupinou vzorků s ošetřením samčími pachovými žlázami (MALE) a skupinami vzorků se směsí pachů (MIX) a vzorků bez ošetření (CONTROL). Aplikace samčích feromonů vykazovala až osminásobně vyšší počty návštěv oproti kontrole. Také lze pozorovat, že u aplikací s obsahem samčích i samičích pachových žláz (MIX) byla návštěvnost až čtyřnásobně nižší oproti aplikacím s pouze samčí pachovou žlázou (MALE).

Graf 9: Frekvence návštěv v průběhu sledovaného období



6 Diskuze

Šíření savců je popisováno mnoha obecnými modely, jejichž principy lze aplikovat na velké množství živočišných druhů (Murray, 1967). Ještě nedávná historie řadila bobra evropského k druhům ohroženým vyhynutím (Zíbrt, 1929). Rekolonizace původního evropského areálu však proběhla v překvapivě krátkém časovém úseku několika desítek let (Nolet & Rosell, 1998). Z tohoto důvodu lze bobra označit za demonstrativní živočišný druh pro vytváření a upřesňování disperzních modelů. Vývojem nových funkčních metod pro predikci disperze druhů šířících se vodními liniemi se zabývá studie Bartáka a kol. (2013). Uvádí, že v souvislosti s větší plochou dochází spíše k prostorovému rozpínání, než ke zvyšování populační hustoty druhu. Náš výzkum proběhl v oblasti, kterou obývá saturovaná bobří populace. Prostorová nasycenost tedy ovlivňuje způsob migrace jedinců. Generační tlak uvnitř populace nutí zvířata opouštět a znovu obsazovat teritoria. Experiment probíhal na neosídlených lokalitách, které po umístění atraktantu podléhaly hojným návštěvám, což dokazuje kontinuální prostorovou rozpínavost populace.

Skrze manipulativní pokus nám bylo umožněno dojít k několika poznatkům, které částečně odkrývají problematiku chemické komunikace a jejího významu při šíření bobrů. Provedená simulace pionýrských kolonizantů se setkala s hodnotnou odpovědí ze strany zdejších jedinců. Šířící se chemické signály byly mířeny na skupinu dospívajících nebo dospělých soliterních jedinců, kteří jsou účastníky daného disperzního období. Frekvence návštěv na lokalitách ošetřených vzorky s výměšky bobřích pachových žláz (MALE a MIX) byly ve většině případů několikanásobně vyšší oproti lokalitám kontrolním. Takový výsledek by mohl být vysvětlen tak, že bobří reagují na chemickou informaci ve vodě a jsou jí navigováni proti proudu až ke zdroji.

Zvláštní pozornost je soustředěna na lokality v druhé sezóně, u kterých proběhla aplikace vzorků se samčími feromony (MALE). Na těchto místech dosahovaly frekvence návštěv nejvyšších hodnot. Tuto skutečnost lze vysvětlit tím, že pach původem z jednoho zvířete šířící se prostředím je pro migrujícího jedince přirozeně atraktivnější, než přítomnost feromonů obou pohlaví v prostředí. První případ zvířeti evokuje přítomnost druhá ke spárování, tudíž je k němu přirozeně přitahován. Z pohledu bobra je druhý případ signálem o přítomnosti (a) páru, (b) dvou nezávislých jedinců různého pohlaví, (c) sourozenců nebo blízce příbuzných jedinců dočasně obývajících jedno teritorium, kteří se nemohou spárovat. Pokud by byl ve vodě rozptýlen feromon pouze samice, dala

by se naopak očekávat kladná odpověď ze strany samců. Zmíněná varianta však experimentu nepodlehla. Z těchto poznatků vyvozujeme, že přítomnost samčích výměšků pachových žláz úspěšně láká opačné pohlaví s cílem vytvoření funkčního páru. Taková chemická komunikace může usnadnit a urychlit proces párování a tím i přispívat k reprodukční úspěšnosti. Rosell & Thomsen (2006) ve své práci uvádějí, že produkce scentmarků je v průběhu disperzního období významně vyšší u samců, než u samic. Četnější umístování pachových značek tedy zvyšuje pravděpodobnost zachycení feromonu okolím. Pravděpodobně to může souviset s určitým znakem chování, jehož součástí je zvýšená atraktivita samčího feromonu nad samičím.

Z experimentu Schulteho (1998) vyplývá, že jsou bobří schopni rozpoznávat konkrétní jedince dle pachových značek umístěných v jejich teritoriu nebo v jeho blízkosti. Při detekci scentmarku samčího původu jsou schopni odlišit, zda se jedná o pach samce vlastního teritorium, o pach samce sousedícího s daným teritoriem nebo o samčí pach jejich potomků a mláďat. Zvýšená pozornost je přirozeně věnována scentmarkům zvířat, která nepatří do sousedství, tudíž znamenají větší hrozbu pro držení teritoria. Obdobná fakta jsou zmíněna v práci Müller-Schwarzeho (1992), která se zabývá funkcí, chemickým složením a aktivitou jednotlivých složek scentmarků. I přes vysokou trvanlivost aromatických komponentů chemické složení a intenzita pachových značek v čase postupně vyprchají. V případě nechtěné cizí značky dochází k překrývání vlastním pachem anebo v případě vlastního scentmarku k jeho obnovení. Přeznačení hromádky čerstvou pachovou stopou vypovídá o aktuálně probíhající olfaktorické komunikaci (Schulte, 1998). Ve výzkumu Schulteho (1998) bylo rovněž zjištěno, že cizí pachové značky jsou více navštěvovány oproti značkám rodinných příslušníků. Manipulativní pokus, který jsme prováděli my, nebral v úvahu přesný původ análních a pachových žláz, ale pouze rozlišoval, zda se jedná o žlázy samčí nebo samičí. Tudíž nebylo možné porovnávat reakce zvířat na pachy jim blízké nebo naopak úplně cizí. Vzhledem k omezené dostupnosti a množství žláz, kterých bylo pro výrobu vzorků použito, uvažujeme odpovědi jedinců v našem manipulativním pokusu jako reakce na zcela neznámý pach cizího jedince. S uvážením výsledků Schulteho (1998) tímto můžeme vysvětlit vyšší frekvence návštěv lokalit se samčími vzorky, které byly místní kolonií považovány za hrozbu.

V našem výzkumu nedošlo k použití samičích pachových žláz jako samostatné skupiny ošetření. Domnívali jsme se, že by kombinace dvou typů skupin, ve kterých podává informaci jednatel (samec nebo samice), vedlo k určitému zkruslení a znejasnění výsledků. Pokud srovnáváme výsledky všech tří typů ošetření, kterých bylo užito, je zde patrný signifikantní rozdíl mezi reakcemi na feromony samotného samce (MALE) oproti směsi samec + samice (MIX) a kontrole (CONTROL). Předpokládáme, že pokud bychom do experimentu zahrnuli skupinu ošetření s pachem samotné samice, s určitou pravděpodobností by se výsledky podobaly těm nynějším s feromony samčími. Vzhledem k tomu, že oblast našeho výzkumu uvažuje určitý počet potenciálních migrantů v populaci, čtvrtý typ ošetření by mohl roztržit již tak limitovaný počet migrantů a výsledky by mohly být neprůkazné.

Z výsledků vyplývá, že frekvence návštěv lokalit byla signifikantně vyšší ze směru proti proudu vodního toku. Ke stejnému poznatku došel i Rosell a kol. (1997), který ve svém experimentu hodnotil význam scentmarku jako prostředku k hájení teritoria. Souvislost s mírou frekvence návštěv ze směru od nejbližšího bobřího osídlení má právě i zmíněná teritorialita. Sun & Müller-Schwarze (1996) ve své studii potvrdili zvýšený zájem a aktivitu bobrů v umístování scentmarků v případě zachycení neznámého feromonu. Tím lze vysvětlit vyšší četnost událostí pocházejících ze směru od bobřího sídla proti proudu ke zdroji.

V metodice je popsána výroba mýdlových pachových vzorků, které byly v experimentu použity. Vzhledem k limitům dostupnosti biologického materiálu v podobě análních pachových žláz, které jsou získávány výhradně skrze pitvu uhynulých jedinců, bylo třeba pro výzkum použít žlázy z několika zvířat. Rychlost vymývání vzorků do vody byla stanovena na dobu cca 3 týdnů dle předchozího pilotního pokusu. Vzhledem k frekvenci obnovování atraktantů a potřebnému množství biologického materiálu tak v průběhu sledovaného období postupně muselo dojít k aplikaci pachu více jedinců. Dle Müller-Schwarzeho (1992) jsou bobři dle pachových značek schopni rozeznávat nejen pohlaví, příslušnost k rodině nebo přibližný věk (zralost), ale i konkrétní jednotlivá individua. Feromonová skladba je pro každé zvíře unikátní. Proto skrze aplikace pachů různého původu mohlo dojít k ovlivnění dispergujících jedinců, kteří zachycovali simulovaného kolonizanta. Bobr, který opakovaně navštěvoval lokalitu s atraktantem, jehož pach už je mu známý, se po obnově pachového vzorku za jiný mohl další návštěvy

zdržet. Nebo skrze tuto záměnu mohlo naopak dojít ke zvýšení atraktivity a iniciaci k opětovnému navštívení místa. Všechny zmíněné skutečnosti mohly ovlivnit výsledky frekvencí bobřích návštěv na jednotlivých lokalitách.

7 Závěr

V CHKO Český les v oblasti Kateřinského a Nivního potoka proběhl v letech 2018-2019 manipulativní pokus, který byl zaměřen na sledování významu chemické komunikace při procesu disperze bobra evropského. Výsledky našeho manipulativního pokusu vyvrátily stanovenou hypotézu o šíření bobrů, které je nezávislé na přítomnosti pionýrských kolonizantů v průběhu jara v homogenním prostředí. Porovnali jsme data ze dvou zkoumaných migračních sezón. Z výsledků vyplývá, že přítomnost chemické látky ve vodním prostředí významně ovlivňuje chování a pohyb jedinců, zejména pokud jde o výměšky pachových žláz samčího původu. V porovnání s kontrolou byl výsledný rozdíl v hodnotách návštěvnosti lokalit s aplikovanými atraktanty až osminásobně vyšší. Z toho vyvozujeme, že samčí výměšky pachových žláz rozptýlené vodou pravděpodobně přitahují další bobry. Feromony uvolněné z aplikací unášené proudem jsou zachycovány zvířaty v nižší části toku. Tímto způsobem dochází ke komunikaci dvou nebo více jedinců v prostoru. Scentmark (pachová značka) vysílá do prostředí chemický signál podávající specifické informace o pohlaví, vyspělosti a pravděpodobně i kondici zvířete. Šířící se informace tedy mohou být přímo cíleny na opačné pohlaví za účelem vytvoření funkčního páru. Využití chemické komunikace skrze vodní médium může být jedním ze způsobů, jak urychlit proces hledání sexuálního partnera. Během migračního období jsou bobři mnohdy nuceni urazit poměrně velké vzdálenosti. Podle našeho názoru by důsledkem chemické komunikace a její funkčnosti na větší vzdálenost mohla být vyšší pravděpodobnost k úspěšnému spárování. S tím se pojí i reprodukční úspěch, který tak může být významně pozitivně ovlivněn.

Zdá se, že je tato forma chemické komunikace významným a funkčním nástrojem v populační ekologii bobrů. Současné trendy v šíření bobra evropského a jeho úspěšně probíhající rekolonizace původního evropského areálu poukazuje na platnou funkčnost tohoto mechanismu. Bobr je živočišným druhem, u kterého lze sledovat efektivní schopnost šíření v krátkém čase (v rámci několika desítek let) a dynamiku rozvíjení kolonií až na úroveň saturovaných populací. Domnívám se, že princip úspěšné disperze bobrů je postaven právě na chemických interakcích, jež mohou fungovat na velké vzdálenosti. Signalizace kolonizantů, kteří skrze výměšky análních pachových žláz vysílají informace vodním prostředím směrem ke zbytku populace, je dle mého názoru forma strategické komunikace, která je prokazatelně funkční a velmi efektivní. Důkazem takových úvah

může být příklad dynamického nárůstu populací, nově obsazovaných teritorií a početnosti jedinců v posledních letech, a to nejen na území České republiky, ale i ve většině Evropy. Vzhledem k dosaženým výsledkům, které potvrzují váhu chemické komunikace při šíření bobra evropského, lze uvažovat o navázání a rozšíření obdobného manipulativního pokusu.

8 Seznam použité literatury

- ALEKSIUK, M., 1968. Scent-Mound Communication, Territoriality, and Population Regulation in Beaver (*Castor canadensis* Kuhl). *Journal of Mammalogy*, November, Issue 4, pp. 759-762.
- ANDĚRA, M., 2011. Current distributional status of rodents in the Czech Republic (Rodentia). *Lynx, n.s.*, Issue 42, pp. 5-82.
- ANDRESKA, J. & spol., 2005. *Český les - příroda, historie, život*. Havlíčkův Brod: Miloš Uhlíř - Baset.
- BARTÁK, V., VOREL, A., ŠÍMOVÁ, P. & PUŠ, V., 2013. Spatial spread of Eurasian beavers in river networks: a comparison of range expansion rates. *Journal of Animal Ecology*, Issue 82, pp. 587-593.
- HALLEY, D. J. & ROSELL, F., 2002. The beaver's reconquest of Eurasia: status, population development and management of a conservation success. *Mammal Rev.*, Issue 32, No. 3, pp. 153-178.
- HALLEY, D. J. & ROSELL, F., 2003. Population and distribution of European beavers (*Castor fiber*). *Lutra*, Issue 46 (2), pp. 91-101.
- HALLEY, D., ROSELL, F. & SAVELJEV, A., 2012. Population and distribution of Eurasian beaver (*Castor fiber*). *Baltic forestry*, Issue 18 (1), pp. 168-175.
- HERR, J., 2005. Chemical communication in a stable beaver (*Castor canadensis*) population. *Master thesis*. New York: State University of New York College of Environmental Science and Forestry.
- HERR, J. & ROSELL, F., 2004. Use of space and movement patterns in monogamous adult Eurasian beavers (*Castor fiber*). *The Zoological Society of London*, Issue 262, pp. 257-264.
- INSEL, T. R., PRESTON, S. & WINSLOW, J. T., 1995. Mating in the Monogamous Male: Behavioral Consequences. *Physiology & Behavior*, Issue 57, pp. 615-627.
- KORBELOVÁ, J., SOLSKÝ, M., ŠIMŮNKOVÁ, K. & VOREL, A., 2016. Monitoring populací bobra evropského v ČR pro roky 2015 a 2016. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze.

- MÜLLER-SCHWARZE, D., 1992. Castoreum of beaver (*Castor canadensis*): function, chemistry and biological activity of its components. *Chemical signals in vertebrates VI*, pp. 457-464.
- MURRAY, B. G., 1967. Dispersal in vertebrates. *Ecology*, Issue 48, pp. 975-978.
- NOLET, B. A. & ROSELL, F., 1998. Comeback of the beaver (*Castor fiber*): an overview of old and new conservation problems. *Biological Conservation*, Issue 83, No.2, pp. 165-173.
- ROSELL, F. & BERGAN, F., 1998. Free ranging eurasian beavers, *Castor fiber*, Deposit anal gland secretion when scent marking. *The canadian field naturalist*, Issue 112(3), pp. 532-535.
- ROSELL, F., BERGAN, F. & PARKER, H., 1998. Scent-marking in the Eurasian beaver (*Castor fiber*) as a means of territory defense. *Journal of Chemical Ecology*, Issue 24(2), pp. 207-219.
- ROSELL, F., JOHANSEN, G. & PARKER, H., 2000. Eurasian beavers (*Castor fiber*) behavioral response to simulated territorial intruders. *Canadian Journal of Zoology*, pp. 2-18.
- ROSELL, F. & NOLET, B. A., 1997. Factors affecting scent-marking behavior in Eurasian beaver (*Castor fiber*). *Journal of Chemical Ecology*, Issue 23(3), pp. 673-689.
- SCHULTE, B. A., 1998. Scent marking and responses to male castor fluid by beavers. *Journal of mammalogy*, Issue 79(1), pp. 191-203.
- SCHULTE, B. A., MÜLLER-SCHWARZE, D. & SUN, L., 1995. Using anal gland secretion to determine sex in beaver. *Journal of Wildlife Management*, Issue 59(3), pp. 614-618.
- SCHULTE, B. A., MÜLLER-SCHWARZE, D., TANG, R. & WEBSTER, F. X., 1994. Beaver (*Castor canadensis*) responses to major phenolic and neutral compounds in castoreum. *Journal of Chemical Ecology*, Issue 20, pp. 3063-3081.
- SOUTH, A. B. & KENWARD, R. E., 2001. Mate finding, dispersal distances and population growth in invading species: a spatially explicit model. *OIKOS*, Issue 95, pp. 53-58.
- SUN, L. & MÜLLER-SCHWARZE, D., 1997. Sibling recognition in the beaver: a field test for phenotype matching. *Animal Behaviour*, Issue 54, pp. 493-502.

- SUN, L. & MÜLLER-SCHWARZE, D., 1998. Anal gland secretion codes for family membership in the beaver. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, Issue 44(3), pp. 199-208.
- SUN, L., MÜLLER-SCHWARZE, D. & SCHULTE, B. A., 2000. Dispersal pattern and effective population size of the beaver. *Canadian Journal of Zoology*, Issue 78, pp. 393-398.
- SVENDSEN, G. E., 1978. Castor and anal glands of the beaver. *Journal of Mammalogy*, Issue 59, No.3, pp. 618-620.
- SVOBODA, J., 2005. Organická chemie I.. 1. editor Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze.
- SWILLING, W. R. & WOOTEN, M. C., 2002. Subadult dispersal in a monogamous species: the Alabama beach mouse (*Peromyscus polionotus ammobates*). *Journal of Mammalogy*, Issue 83(1), pp. 252-259.
- ŠAFÁŘ, J., 2002. Novodobé rozšíření bobra evropského (*Castor fiber* L., 1758) v České republice. *Příroda*, Issue 13, pp. 161-196.
- ŠIMŮNKOVÁ, K. & VOREL, A., 2015. Spatial and temporal circumstances affecting the population growth of beavers. *Mammalian Biology*, Issue 80(6), pp. 468-476.
- Vorel, A. a další, 2010. Dlouhodobý vývoj bobra evropského v Českém lese. Praha, Sborník abstraktů z konference 11. - 12. února 2010, pp. 236-237.
- VOREL, A., JOHN, F. & HAMŠÍKOVÁ, L., 2006. Metodika monitoringu populace bobra evropského v České republice. *Příroda*, Issue 25, pp. 75-94.
- VOREL, A., MOKRÝ, J. & ŠIMŮNKOVÁ, K., 2014. Růst populace bobra evropského na Šumavě. *Silva Gabreta*, Issue 20(1), pp. 25-40.
- VOREL, A., ŠAFÁŘ, J. & ŠIMŮNKOVÁ, K., 2012. Recentní rozšíření bobra evropského (*Castor fiber*) v České republice v letech 2002-2012 (Rodentia: Castoridae). *Lynx, n. s.*, Issue 43(1-2), pp. 149-179.
- ZÍBRT, Č., 1929. Bobr v zemích československých. Praha: Československá Akademie Zemědělská.

9 Obrázková příloha



Obr. 1: Mýdlové pachové vzorky (foto: Tereza Králová).



Obr. 2: Umístění pachových vzorků do vodního toku (foto: Tereza Králová).



Obr. 3: Ukázka charakteru vodních toků, kam byly umístěny atraktanty (foto: Tereza Králová).