

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra myslivosti



**Fakulta lesnická
a dřevařská**

**Vliv magnetického pole Země na život a dílo Bobra
evropského (*Castor fiber*) v oblasti NP Šumava**

Bakalářská práce

Oldřich Vojtěch

doc. Ing. Vlastimil Hart, Ph.D.

2023

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Oldřich Vojtěch

Lesnictví
Provoz a řízení myslivosti

Název práce

Vliv magnetického pole Země na život a dílo Bobra evropského (Castor fiber) v oblasti NP Šumava

Název anglicky

The influence of the Earth's magnetic field on the life and work of the European Beaver (Castor fiber) in the area of the Šumava National Park

Cíle práce

Posoudit vliv magnetického pole Země na život a dílo bobra evropského na základě měření orientace okusů, hrází a hradů v oblasti Prášílska (NP Šumava).

Metodika

Bakalářská práce má za cíl zjistit vliv magnetického pole Země na život a dílo bobra evropského. Budou měřeny okusy, směry hrází a orientace hradů, ve vztahu ke směru toku, množství břehové vegetace a vzdálenosti mezi jednotlivými díly.

Okus stromů bude měřen u silnějších prutů a stromů nad 1 cm v místě okusu. Bude sledován druh dřeviny, vzdálenost od vody v [m], orientační tloušťka kmene v [cm], svah v místě stojícího okousaného stromu, stáří okusu, směr toku, vzdálenost od hradu a od hráze. Orientace hrází a umístění hradů bude posouzeno ve vztahu k celému měřenému úseku meandrujícímu toku tak, aby bylo možné vyhodnotit, zda si bobr vybírá místa s určitou orientací, nebo jestli jsou jejich stavby umístěny náhodně, případně ve vztahu k množství potravy, či rušivým vlivům (stožáry elektrického vedení, silnice, turistické cesty atd.).

Harmonogram zpracování:

Do 1. září 2021 budou posbírána data pro statistické zpracování a předložena vedoucímu práce. Literární rešerše bude průběžně konzultována s vedoucí práce a zpracována nejpozději do 30. listopadu 2021. První rukopis bakalářské práce bude předložen ke kontrole vedoucímu práce nejpozději do 28. února 2022. Dokončená bakalářská práce bude po předchozích konzultacích s vedoucí práce odevzdána na studijní oddělení FLD v termínu a dle pokynů studijního oddělení.

Doporučený rozsah práce

cca 30 – 40 stran

Klíčová slova

Bobr evropský, magnetorecepce, orientace, hráze, okus

Doporučené zdroje informací

- Begall S., Červený J., Neef J., Vojtěch O., Burda H. 2008: Magnetic alignment in grazing and raring cattle and deer; Proc Natl Acad Sci USA, s. 13451 – 13455
- Begall S., Malkemper E.P., Červený J., Němec P., Burda H. 2013: Magnetic alignment in mammals and other animals. Mammal. Biol. 78, s. 10-20.
- Cervený J., Begall S., Koubek P., Nováková P., Burda H. 2011: Directional preference may enhance hunting accuracy in foraging foxes; biology letters, s. 355 – 357
- Gallant D., Bérubé C.H., Tremblay E., Vasseur L. 2004: An extensive study of the foraging ecology of beavers (*Castor canadensis*) in relation to habitat quality. Canadian Journal of Zoology. 82 (6): 922–933.
- Krojerová-Prokešová J., Barančeková M., Hamšíková L., Vorel A. 2010: Feeding habits of reintroduced Eurasian beaver: spatial and seasonal variation in the use of food resources. J. Zool. 281, 183–193.
- Vácha M., Němec P. 2007: Mechanizmy magnetorecepce; Vesmír, s. 284 – 289
- Vorel A., Válková L., Hamšíková L., Maloň J., Korbelová, J. 2015: Beaver foraging behaviour: Seasonal foraging specialization by a choosy generalist herbivore. Behavioral Ecology and Sociobiology, 69(7), 1221–1235.
- Wiltschko R., Wiltschko W. 1995: Magnetic orientation in animals. Berlin, Germany: Springer.

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FLD

Vedoucí práce

doc. Ing. Vlastimil Hart, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra myslivosti a lesnické zoologie

Elektronicky schváleno dne 22. 4. 2021

doc. Ing. Vlastimil Hart, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 21. 7. 2021

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 29. 03. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv magnetického pole Země na život a dílo Bobra evropského (*Castor fiber*) v oblasti NP Šumava" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 4.4.2023

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu práce panu doc. Ing. Vlastimilu Hartovi, Ph.D. za pomoc s vypravováním mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za podporu.

Vliv magnetického pole Země na život a dílo Bobra evropského (*Castor fiber*) v oblasti NP Šumava

Abstrakt

Bobr evropský (*Castor fiber*) už přes deset let obývá krajinu našeho největšího národního parku. Patří k druhům, kteří výrazně mění své okolí. Pokácené stromy, přehrazené potoky a úchvatné hrady, tímto způsobem se bobr podepisuje v naší krajině. Smysl pro vnímání magnetického pole byl pozorován u mnoha druhů nejen z řad hlodavců, ale právě u nich se tato schopnost často promítá do jejich pobytových známek a staveb. Pro zjištění, jestli tomu je podobně i u bobrů na Šumavě, byly změřeny orientace okusů, bobřích hrází a hradů a vodních toků obývaných bobry. Při studiu orientace hrází a hradů byl brán v potaz stav okolního ekosystému, břehové vegetace a vzdálenost od rušivých faktorů, jako jsou například dráty vysokého napětí. Výsledné zpracování dat kruhovou analýzou, ale neprokázalo žádnou signifikantní preferenci v orientaci okusů ani staveb bobra evropského v souvislosti s magnetickým polem Země.

Klíčová slova: Bobr evropský, magnetorecepce, orientace, hráze, okus

The influence of the Earth's magnetic field on the life and work of the European Beaver (*Castor fiber*) in the area of the Šumava National Park

Summary

The European beaver (*Castor fiber*) has been inhabiting the landscape of the largest Czech national park for over ten years. They belong to species that significantly change their surroundings. Felled trees, dammed streams and breathtaking castles, this is how the beaver makes its mark in our landscape. The sense for the magnetic field has been observed in many species, not only among rodents, but with them, this ability is often reflected in their residence signs and buildings. To find out if the same is true of beavers in the Šumava National Park, the orientations of stumps, beaver dams and castles, and watercourses inhabited by beavers were measured. During studying the orientation of dams and castles, the state of the surrounding ecosystem, riparian vegetation and the distance from disturbing factors such as high voltage wires were taken into account. The resulting data processing by circular analysis, however, did not show any significant preference in the orientation of the European beaver's stumps or structures in relation to the Earth's magnetic field.

Keywords: European beaver, magnetoreception, orientation, dams, stump

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Cíle práce	10
3	Literární rešerše	11
3.1	Bobr evropský	11
3.1.1	Fylogeneze druhu <i>Castor fiber</i>	12
3.1.2	Nároky na životní prostředí	12
3.1.3	Šíření a výskyt.....	13
3.2	Magnetorecepce	14
3.2.1	Způsoby studování magnetorecepce u hlodavců.....	15
3.2.2	Vliv elektrického vedení na chování živočichů	17
4	Metodika	18
4.1	Studovaná oblast.....	18
4.2	Bobří okusy	19
4.3	Bobří hrady a hráze.....	20
5	Výsledky	22
5.1	Bobří okusy	22
5.2	Bobří hrady a hráze.....	25
6	Diskuze	30
7	Závěr.....	32
8	Literatura.....	33
9	Seznam tabulek, obrázků a příloh	38
9.1	Tabulky.....	38
9.2	Obrázky	38
9.3	Přílohy.....	39
10	Samostatné přílohy.....	40
10.1	Tabulka – záznamy okusů	40
10.2	Tabulka – záznamy hráze	45
10.3	Tabulka – záznamy hrady	46
10.4	Tabulka – záznamy orientace částí vodního toku v měřených úsecích	47

1 Úvod

První zmínky o teoriích, že živočichové jsou schopni vnímat magnetické pole Země a tuto informaci využívat, pochází již z 19. století. Experimenty, které toto potvrzují, přišly ale až v polovině 20. století (R. Wiltschko & Wiltschko, 2006). Na ty následně navazoval nespočet publikací zabývajících se převážně ptactvem (Bingman, 1981; Mora et al., 2004; Mouritsen, 1998; Munro & Wiltschko, 1993; Sandberg et al., 1991; Walcott et al., 1979; W. Wiltschko & Wiltschko, 1972) nebo malými hlodavci (August et al., 1989; Burda et al., 1990; Kimchi & Terkel, 2001; Mather & Baker, 1980; Oliveriusová et al., 2014). Na českém území se tyto objevy dostaly do povědomí veřejnosti až po uveřejnění práce z části českých autorů zabývajících se magnetorepcí v případě přežvýkavců naší krajiny skotu a jelenovitých (Begall et al., 2008). Dnes už tento smysl pro magnetické pole byl popsán u mnoha živočišných druhů a čeledí, mezi příklady lze uvést lišky (Červený et al., 2011), kachny (Hart et al., 2013), včely (Lindauer & Martin, 1972) nebo mloky (Phillips, 1977). Tento smysl je živočichy využíván nejčastěji k navigaci a orientaci v terénu (Walcott et al., 1979; W. Wiltschko & Wiltschko, 1972), ke zvýšení lovecké úspěšnosti (Červený et al., 2011) nebo k předcházení kolizím u druhů žijících ve skupinách (Hart et al., 2013).

Bobr evropský, náš největší zástupce řádu hlodavci (*Rodentia*), na rozdíl od většiny svých příbuzných obývá vodní prostředí toků či stojatých vod. Bobr se v posledních letech našeho století navrácí do naší české krajiny a s ním i výsledky jeho práce. Jen málokterý živočich dokáže změnit podobu prostředí, ve kterém žije, stejně tak jako to umí bobr. Mezi známky jeho pobytu zpravidla patří pokácené stromy, přehrazené říční toky, spletné kanály nebo úchvatné stavby hradů. Jediný, kdo mu v tomto dokáže konkurovat, je člověk. To má za následek odvěký boj mezi „pánem tvorstva“ a bobrem a je jedním z důvodů proč byl v minulosti pronásledován a v minulých stoletích na našem území zcela vyhuben. Dnes patří mezi druhy chráněné a jeho ochrana je zanesena v zákoně č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny.

Vrátil se také do mého domovského kraje na Šumavu. V okolí obce Prášil, mého bydliště, na vodních tocích bobr založil několik kolonií. Odtud tedy pramení výběr lokality pro účel tohoto výzkumu a mé bakalářské práce. Výběr studovaného druhu byla osobní sympatie, fakt, že práce publikovaná ve vědeckém časopise na toto téma zatím neexistuje a zabývají se jím jen autoři závěrečných prací a v neposlední řadě předpoklad pro schopnost magnetorecepce u bobra pramenící z výsledků mnoha studií zabývajících se jinými druhy z řádu hlodavců (viz kapitola *Způsoby studování magnetorecepce u hlodavců*).

2 Cíle práce

Cílem této práce je posoudit vliv magnetického pole Země na orientaci okusů vzniklých při kácení kmenů stromů a keřů, orientaci hrází na vodních tocích a orientaci bobřích hradů v oblasti okolí obce Prášily v Národním parku Šumava. Nasledně posoudit, zdali má na tyto pobytové známky a stavby vliv magnetické pole Země, to znamená, jestli při kácení nebo při stavbě hrází a hradů bobr evropský preferuje určitý směr v respektu k magnetickému poli Země nebo je tento směr náhodný, případně orientovaný na základě jiného faktoru například orientací vodního toku.

3 Literární rešerše

3.1 Bobr evropský

Třída:	Savci (<i>Mammalia</i>)
Řád:	Hlodavci (<i>Rodentia</i>)
Čeleď:	Bobrovití (<i>Castoridae</i>)
Rod a druh:	bobr kanadský (<i>Castor canadensis</i>) Kuhl 1820 bobr evropský (<i>Castor fiber</i>) Linnaeus 1758 Poddruh: bobr labský (<i>C. f. albicus</i>) Matschie 1907; bobr mongolský (<i>C. f. birulai</i>) Serebrennikov 1929; bobr skandinávský (<i>C. f. fiber</i>) Linnaeus 1758; bobr galský (<i>C. f. galliae</i>) Geoffroy 1803; bobr uralský (<i>C. f. pohlei</i>) Serebrennikov 1929; bobr běloruský (<i>C. f. vistulanus</i>) Matschie 1907 (Anděra, 1999)

Bobři (*Castor*) jsou druhým největším druhem hlodavců na světě. Bobr evropský (*Castor fiber*) váží mezi 17 a 30 kilogramy a délka jeho těla je 75 až 102 centimetru. Má zavalité tělo s tmavě hnědým osrstěním, které si impregnuje tukovými výměšky z řitní žlázy (Anděra & Červený, 2014). Ocas pokrytý rohovitými šupinami je svrchu zploštělý a je bobry používán jako kormidlo při plavání (Barthelmess, 2021). Kromě ocasu jsou životu ve vodě uzpůsobeny zadní končetiny, které mají mezi prsty plovací blánu. Oči, uši a nosní otvor jsou umístěny navrchu hlavy, pro lepší pohyb v hluboké vodě. Další adaptací jsou pysky, kterými bobr zvládne uzavřít ústní otvor za svými mohutnými hlodáky a mít je volně k dispozici pro hryzáni pod vodou (Campbell-Palmer et al., 2015).

Jedná se o hlodavce s noční aktivitou. Bobr žije v rodinách, někdy také nazývané kolonie, o průměrné velikosti okolo 6 jedinců, které obývají teritorium o velikosti kolem 2,5 kilometru říčního toku (Horníček et al., 2021). Své teritorium značí hromádkami bahna, které potřísni výměškem řitních žláz nazývaným kastoreum (Campbell-Palmer et al., 2015). Bobři hradí toky řek hrázemi, stavěných z větví a kmenů stromů, bahna a kamenů, hloubí síť kanálů a tímto způsobem zvětšují vodní plochu, v důsledku toho i svůj prostor pro život. Bobři žijí a vyvádí svá mláďata v norách hloubených do břehů nebo v bobřích hradech postavených uprostřed vodních ploch. Nora i hrad mají vchod pod vodou, aby byly chráněny proti predátorům, ale samotné hnízdo je umístěno nad hladinou vody. Délka březosti samice zpravidla trvá 103 až 108 dní a následný vrch bývá okolo 4 mláďat. Mladí bobři ve své rodině žijí do 3 let, poté rodinu opouští a zakládají svou vlastní ve volném teritoriu, často v blízkosti rodné kolonie (Anděra & Červený, 2014).

3.1.1 Fylogeneze druhu *Castor fiber*

Řád hlodavci (*Rodentia*) se vyvinul na konci druhohor v době křídly přibližně před 70 milióny let. Čeleď bobrovití (*Castoridae*) má společného předka v době eocénu před 53 milióny let, který se vyvinul odtržením od myšovců (*Myomorpha*), předchůdců dnešních myši, potkanů a krysy (Horn et al., 2011; Xenikoudakis et al., 2020). V této době se u bobrovitých začínala vyvíjet schopnost hrabání, a to pomocí předních končetin, ale i silných předních hlodáků. Ke konci eocénu se část populace začínala více specializovat na život podzemí, zbytek populace na konzumaci vodních rostlin a přibližně před 34 milióny let došlo k rozdělení čeledi na větev žijící ve vodním prostředí a větev podzemní (Plint et al., 2020; Rybczynski, 2008). Rod *Palaeocastor* patří mezi podzemní, hloubil spirálovité tunely kolmo dolů v půdě, i několik metrů hluboké, zakončené hnízdem, ve kterém žil. Živil se kořeny stromů (Martin & Bennett, 1977; Rybczynski, 2008). Vodní větev, kam patří podčeledi *Castoroidinae* a *Castorinae*, se dále specializovala na život ve vodě, na učila se plavat a podle fosilních nálezů se před 23 milióny let naučila kácet kmeny stromů a součástí její potravy se kromě vodních rostlin začala stávat i dřevní hmota (kůra, tenké větve). Podčeď *Castoroidinae* se vyvíjela v Severní Americe, její zástupci dorůstali obrovských rozměrů a vymřela společně s ostatními druhy megafauny. Podčeď *Castorinae* se vyvíjela v Eurasii a její součástí byl rod *Steneofiber* a rod *Castor*. V průběhu miocénu asi před 15 milióny let se začíná země ochlazovat, což zapříčiní vymření rodu *Steneofiber* (Plint et al., 2020; Rybczynski, 2007, 2008). U rodu *Castor* se reakcí na změny klimatu vyvine adaptační schopnost v podobě stavby hrází pomocí, které se mu podaří překonat období omezené potravní nabídky v době zimních měsíců. Podle fosilních nálezů se první bobří hráze datují před 8 milióny let. Toto období také odpovídá době, kdy bobří migrují do Severní Ameriky, přes zamrzlá moře na severu zeměkoule. Následné oteplení obě populace rozdělilo a tím dalo vzniku dvěma novým druhům *Castor fiber* (Eurasie) a *Castor canadensis* (Severní Amerika) (Horn et al., 2011; Samuels & Zancanella, 2016).

3.1.2 Nároky na životní prostředí

Bobr je svým životem vázán na vodní prostředí. Obývá toky řek a potoků, rybníky i jezera. Toky preferuje s měkčím bahnitějším substrátem dna a břehů pro snazší stavbu nor, s průměrnou šířkou toku 2,5 metru a hloubkou 36 centimetrů (Hartman & Törnlov, 2006; Hartmann, 1996; Pinto et al., 2009). Dalším důležitým kritériem je dostupnost potravní nabídky v podobě vodních rostlin a dřevin do vzdálenosti 20 metrů od břehu (Pinto et al., 2009). Mezi preferované dřeviny patří vrby (*Salix spp.*) a topoly (*Populus spp.*), dále břízy (*Betula spp.*), jeřáby (*Sorbus spp.*) a jiné listnaté dřeviny (Gallant et al., 2004; Haarberg & Rosell, 2006; John & Kostkan, 2009; Vorel et al., 2015). Jehličnaté stromy a olši (*Alnus spp.*) kácí až při nedostatku ostatních dřevin a využívá je primárně jako konstrukční materiál pro stavbu hradů a hrází (D. M. Barnes & Mallik, 1997; Doucet et al., 1994). Nejvíce využívá porosty do 10 metrů od břehu, poté intenzita kácení klesá a jen sporadicky dochází ke kácení dále než 60 metrů. Se vzdáleností od břehu se zvětšuje tloušťka kácených stromů. Kácí převážně mladé stromy s průměrným průměrem kmenu okolo 8 centimetrů v závislosti na dřevině (W. Barnes & Dibble, 1986; Haarberg &

Rosell, 2006). U břízy se průměr pohybuje okolo 11 centimetrů, u vrby popelavé (*Salix cinerea*) okolo 3 centimetrů a u topolu osiky (*Populus tremula*) je 17 centimetrů (Janiszewski, 2017).

Bobří patří mezi živočichy, kteří intenzivně využívají a mění krajinu, ve které žijí. Zvyšují hladiny řek, rozšiřují zaplavovaná území, prosvětlují porosty v okolí toku a tím mění životní prostředí i ostatním živočichům. Bobří hráze se stávají útočištěm pro vodní ptactvo (Nummi & Holopainen, 2014) a obojživelníky (Bashinskiy & Osipov, 2016). Mění se i druhové složení ryb, přibývají druhy stojatých pomalu tekoucích vod (Bashinskiy & Osipov, 2016; Kesminas et al., 2013).

3.1.3 Šíření a výskyt

Kůže a kosti byly oblíbenými surovinami získávanými lovem bobrů, což vedlo k výraznému přelovení populací bobra evropského a hrozilo vyhubení tohoto druhu. Na počátku 20. století přežívalo okolo 1200 jedinců v 8 subpopulacích napříč Euroasií (Nolet & Rosell, 1998). Následkem ochrany a reintrodukce začal počet jedinců a areál bobra v Evropě expandovat. V roce 2002 byla populace bobra evropského okolo 0,5 miliónu jedinců (Halley & Rosell, 2002). Rychlé šíření bobra stále pokračuje, odhad jeho populace v roce 2019 čítal více než 1,2 miliónu (Wróbel, 2020) a podle posledních průzkumů z dat k roku 2020 autoři odhadují populaci bobra na více 1,5 miliónu jedinců (Halley et al., 2021). Tento druh obývá většinu států severní, západní, střední a východní Evropy. V Rusku jeho areál sahá až za pohoří Ural a začíná se šířit i do ostatních států Asie především Kazachstánu a Mongolska (Halley et al., 2021).

V České republice byl bobr v průběhu 18. století ve volné přírodě zcela vyhuben (Andreska & Andreska, 2014). První jedinci na naše území začínali pronikat na konci 70. let 20. století podél toků Moravy a Dyje. Následně se začal šířit i na toku Labe, na území Plzeňského kraje a Slezska (Anděra & Červený, 2004). Bobří populace na našem území roste podobně rychle jako v celé Evropě, z toho důvodu už okolo roku 2012 můžeme kolonie bobrů nalézt ve většině území Moravy a Slezska, v Čechách v téměř na celé západní polovině. V této době se začínají objevovat první osídlené lokality v Národním parku Šumava (Vorel et al., 2012). V dnešní době se populace bobra v České republice odhaduje na 6000 a více jedinců (Halley et al., 2021; Vorel et al., 2016). Bobr evropský je nyní rozšířen v celé oblasti Národního parku Šumava (AOPK ČR, 2021; Vorel et al., 2014).

3.2 Magnetorecepce

Planeta Země působí na své okolí, kromě gravitačních, tak i magnetickými silami (také nazývány geomagnetické síly). Její magnetické pole svými vlastnostmi připomíná magnetické pole tyčového magnetu, můžeme si ho představit jako síť imaginárních čar mířících od severního magnetického pólu k jižnímu. Tyto čary nazýváme „čary indukční“. Severní magnetický pól se nachází na jižním zeměpisném pólu a jižní magnetický na severním zeměpisném s odchylkou $11,5^\circ$, což představuje asi 520 km rozdíl na povrchu. Síly magnetické indukce se měří v jednotkách tesla (T).

Geomagnetické síly působí na všechny organismy na naší planetě a dnes už víme, že mnozí z nich mají smysl, jak tyto síly vnímat. Tento smysl nazýváme magnetorecepce a mnoho vědeckých studií dokázalo, že jí jsou schopny nejrůznější druhy měkkýšů, členovců, ale i obratlovců. Existují tři nejuznávanější teorie, jak magnetorecepce funguje: 1) magnetorecepce založená na elektromagnetické indukci, 2) magnetorecepce chemická a 3) magnetorecepce za pomoci magnetitu (Němec & Vácha, 2007; W. Wiltschko & Wiltschko, 2005).

Magnetorepceci založenou na elektromagnetické indukci můžeme nalézt převážně u mořských živočichů. Její princip spočívá v tom, že vodičem v magnetickém poli, který se pohybuje skrze indukční čary (ne tedy od severu k jihu a obráceně), prochází elektrický proud o různé intenzitě v závislosti na úhlu vůči indukčním čarám. U paryb se vyvinul receptor nazývaný „Lorenziho ampule“, díky kterému jsou schopny vnímat i nepatrné rozdíly v intenzitě elektrického napětí, v nich proudící, vlivem magnetické indukce. Tuto informaci jsou potom schopni využít k určení směru jejich těla a k následné orientaci v prostoru. Omezením tohoto způsobu orientace je potřeba vodivého prostředí, kterým je například slaná mořská voda (Johnsen & Lohmann, 2008).

Dalším mechanismem magnetorecepce u zvířat je magnetorecepce chemická, která je založená na principu spinu elektronu v elektronovém orbitalu mezi dvěma molekulami (radikálový pár). Dvě molekuly, kterým ve valenční vrstvě chybí elektron mohou spolu vytvořit radikálový pár. V jednom orbitalu ve valenční vrstvě se potkají dva elektrony každý z jiné molekuly. Tyto elektrony se vůči sobě mohou otočit obráceně (singletový stav) nebo stejným směrem (tripletový stav). Pokud se otočí stejným směrem, výsledný směr obou elektronů může být ovlivněn magnetickou silou. K tomuto ději je potřeba světelné záření, proto jsou radikálové páry produkovány jen molekulami citlivé na světlo. Odhaduje se, že tyto molekuly jsou u živočichů obsaženy v proteinu kryptochrom, který je tímto považován za magnetoreceptor. Tento způsob magnetorecepce je proto možné použít jen ve dne (Begall et al., 2014; Ritz et al., 2000, 2010).

Třetím způsobem je magnetorecepce za pomoci magnetitu. Magnetit sám osobě je kov s magnetickými vlastnostmi. Existují dva modely toho, jak receptor využívající magnetit může fungovat. Podle prvního je řetízek krystalků magnetitu obaleného

v membráně spojen s mikrotubuly, které uzavírají iontové kanály buňky. Řetízek krystalů se naklání vlivem působení magnetických sil a tím působí na část mikrotubulů, které následně otevírají nebo zavírají iontové kanály (Walker et al., 2002). Druhý model pracuje s nanokrystalky, které jsou zabudovány do membrány neuronů a působí na ně magnetický moment. V souvislosti s tím se shluky těchto nanokrystalků mohou přitahovat nebo odpuzovat a následně působit na membránu. Membrána se stlačuje nebo natahuje a dochází tak k otevírání a zavírání iontových kanálů neuronu (Johnsen & Lohmann, 2005).

3.2.1 Způsoby studování magnetorecepce u hlodavců

Homing. Schopnost hlodavců vrátit se zpět do své domovské lokality se stala předmětem mnoha studií. První experimenty tohoto typu spočívaly v odchycení jedince, přemístění, vypuštění a následném zpětném odchytu (Layne, 1957; Murie & Murie, 1931) nebo na sledování směru útěku po vypuštění (Bovet, 1971). Většina těchto studií ale končila se neuspokojivými výsledky a novými informacemi k tomuto tématu příliš nepřispěly (Joslin, 1977). Jedna z příčin byla, že vypuštění hlodavci jen hledali nejbližší úkryt a neutíkali směrem ke svému domovu. První úspěchy v tomto odvětví zaznamenala vědecká dvojice Mather & Baker (1980), kteří místo úspěšnosti návratu měřili směrovou preferenci v neznámém prostředí. Měřili délku času, po kterou se myš (více druhů nejčastěji z rodu *Apodemus*) vyskytovala v jednotlivých ramenech z čtyřramenného boxu. Výsledek ukázal signifikantní preferenci pro rameno boxu mířící k místu odchytu („k domovu“). V dalším podobném a úspěšném experimentu během přepravy myším upravovali magnetické pole pomocí elektrického zdroje (Mather & Baker, 1981). Na podobném principu byl ověřen smysl pro orientaci pomocí „kompasu“ u křečka bělonohého (*Peromyscus leucopus*). V této studii ale August et al. (1989) použili kruhovou nádobu. Křeček podobně jako myši vykazoval jasnou preferenci směrem ke svému domovu, která se měnila v závislosti na vědci pozměněném magnetickém poli. Sofistikovanější metodu pro zkoumání tohoto jevu představili Kimchi et al. (2004), kteří za použití hvězdicovité sítě chodeb a jednoduchého bludiště pozorovali délku trasy, použití zkratk a způsob, kterým se slepec egyptský (*Spalax ehrenbergi*) vrací do svého hnízda.

Nest-Building. Kromě homingu lze u hlodavců pozorovat směrové preference při stavbě jejich hnízd. Průkopníkem v této oblasti je profesor Burda, který si při chovu rypošů (*Fukomys ansellii*) všiml, že si rypoši z dostupného materiálu (což byly kusy natrhaného papíru) staví svá hnízda u jihovýchodní stěny kruhových nádob (Begall et al., 2014). Tento jev následně i při upraveném magnetickém poli otestovali Burda et al. (1990) a z výsledků je zřejmá jasná směrová preference pro umístění hnízda ve vztahu k magnetickému poli. Tato, ve své podstatě, jednoduchá metoda se záhy stala oblíbeným způsobem pro studium magnetického smyslu hlodavců. Ve své studii jí použili Oliveriusová et al. (2012) pro ověření, že tuto schopnost sdílí i ostatní rody rypošovitých (*Bathyergidae*), konkrétně druh *Fukomys mechowii* z rodu *Fukomys* a zástupce z rodu *Heliophobius* druh *Heliophobius argenteocinereus*. U *F. mechowii* výsledky ukázaly

preferenci pro severozápadní stranu, ale jedinci *H. argenteocinereus* nejevili zájem stavět hnízda z kusů papíru, z toho důvodu byla sledovaná pozice jejich těla při spánku, kde byla pozorována preference směrem na západ. Výsledky těchto studií ale mohou být z části zkresleny, jak ukázaly studie Deutschlander et al. (2003) a Muheim et al. (2006). Jedinci křečků džungarských (*Phodopus sungorus*) a laboratorních myši C57BL/6J si svá hnízda v kruhové nádobě stavěli ve směru, který odpovídal stejnému směru, jako bylo stinné místo v nádobě, ve které pobývali před experimentem. Tyto studie nevyvrací magnetorecepci, ale přichází s myšlenkou toho, že preference pro určitý směr stavby hnízda není vrozená, ale naučená schopnost, která může být ovlivněna životními podmínkami daného jedince. Stavba hnízd se směrovou preferencí byla dále potvrzena u myšice křovinné (*Apodemus sylvaticus*) (Malkemper et al., 2015) a norníka rudého (*Clethrionomys glareolus*) (Oliveriusová et al., 2014).

Tunnel burrowing. Hlodavci žijící podzemí zpravidla hloubí síť tunelů, které využívají k obstarání potravy a jako útočiště. Z počátku se zdálo sledování preference směru při stavbě chodeb jako scestné. Lovegrove et al. (1992) při studiu tunelů druhu *Cryptomys damarensis* nedospěl k výsledkům, které by nasvědčovaly, že orientace těchto tunelů není pouze náhodná. K podobným závěrům dospěla i studie tukotuka talaského (*Ctenomys talarum*), zkoumající směr chodeb, směr, kterým začíná chodby hloubit, a orientaci v uměle vytvořené síti tunelů (Schleich & Antinuchi, 2004). Obě tyto studie pracují s metodou „polygon method“, která dobře funguje u lineárních sítí chodeb, ale nehodí se pro síť chodeb uspořádaných do kruhu, jak ve své práci vysvětlují Malewski et al. (2018). Přichází se svou novou metodou „long tunnel method“ a se srovnáním těchto dvou metod. S pomocí „long tunnel method“ se jim následně povedlo prokázat směrovou preferenci při stavbě tunelů u čtyř druhů podzemních hlodavců (*Fukomys anselli*, *F. mechowii*, *Heliophobius argenteocinereus* a *Ctenomys talarum*). Dalším studovaným druhem byl *Spalax galili* u toho druhu, ale autoři dospěli k výsledkům, které skutečnost preferovaného směru nepotvrzují. Naproti tomu publikace Kimchi & Terkel (2001), zabývající se blízkým příbuzným *S. galili* druhem *S. ehrenbergi* existenci magnetického smyslu a preferovaný směr potvrzují. Lze tedy předpokládat, že magnetorecepce je schopna i druh *S. galili*, na což v diskusi poukazují i Malewski et al. (2018).

Přímo u bobrů (*Castor*) magnetorecepce studována nebyla. Studie (Martin & Bennett, 1977), zabývající se způsobem, kterým *Paleocastor* (vymřelý druh příbuzný bobrům) stavěl své spirálovité chodby s hnízdem na konci, jako jedno z kritérií uvádí záznamy o směru, ve kterém bylo vyhloubeno hnízdo. Z výsledků je patrné, že hnízda byla orientována náhodně bez signifikantní preference k určitému směru.

3.2.2 Vliv elektrického vedení na chování živočichů

Elektrické vedení podobně, jako ostatní elektrické přístroje, působí na své okolí elektromagnetickými silami. Elektromagnetická pole lze rozdělit podle frekvence do tří kategorií nízké frekvence (0-300 Hz), střední frekvence (300 Hz-10 MHz) a vysoké frekvence (10 MHz-300 GHz). Elektrické vedení spadá do kategorie zařízení s nízkou frekvencí. V Evropě se používá vedení o frekvenci 50 Hz, ve světě lze nalézt i sítě s 60 Hz. Toto elektromagnetické záření zásadně působí i na živočichy. Pro ptáky, obzvláště migrující, je magnetorecepce důležitým smyslem, který využívají jako kompas (Wiltschko & Wiltschko, 1972). Jejich kompas se ale stává nefunkčním vlivem tohoto záření, které ovlivňuje funkci kryptochromu, o němž se předpokládá, že stojí za touto schopností (Engels et al., 2014; R. Wiltschko et al., 2015).

Mezi nejznámější publikace, zabývající se magnetorepceí, patří práce Begall et al. (2008). Autoři tohoto výzkumu analyzovali satelitní snímky z aplikace Google Earth s jedinci tura domácího (*Bos taurus*), jelena evropského (*Cervus elaphus*) a srnce obecného (*Capreolus capreolus*) při pastvě a odpočinku. Ve své práci prokázali preferenci těchto druhů zarovnávat postavení svého těla („magnetic alignment“) podél osy sever-jih (S-J) a tuto skutečnost připisují smyslu pro magnetické pole. V následující publikaci, za použití podobné metody, popisují vliv nízkofrekvenčního elektrického vedení na chování těchto přežvýkavců. Skot pasoucí se nebo odpočívající ve vzdálenosti nižší než 150 m od elektrického vedení přestává vykazovat známky preference zarovnání těla podél osy S-J a směřování jejich těl je náhodné. Obdobně lze tento jev pozorovat i u jedinců srnce obecného ve vzdálenosti nižší než 50 m od el. vedení. Pokud ale vezme v potaz pouze el. vedení jdoucí podél osy západ-východ (Z-V), jedinci skotu nacházející se blíže než 5 m vykazují preferenci pro osu Z-V, jedinci v rozmezí 5-50 m preferenci pro osu JZ-SV, jedinci ve vzdálenosti 50-150 m opět preferují osu S-J jen s nižší intenzitou než obvykle a při vzdálenosti nad 150 m je již vliv elektromagnetického pole minimální. V případě, kdy jde elektrické vedení ze severu na jih, směr preference zarovnání těla zůstává stejný, ale intenzita této preference klesá se snižující se vzdáleností od el. vedení (Burda et al., 2009).

4 Metodika

Data byla sbírána terénním měřením podél říčních toků v oblasti Prášílska. Byly zmonitorovány bobří stavby a okusy v 9 bobřích teritoriích na 6 vodních tocích (Řezná, Křemelná, Jezerní potok, Plavební potok, Hrádecký potok, Hamerský potok). Měření v terénu probíhalo od srpna do prosince roku 2021. Podzimní měsíce jsou vhodné pro sběr dat. Bobřům končí letní období, během kterého se živí pastvou na travních porostech, a přechází na potravu dřevinného původu. V tomto období se bobři také pouští do opravy hrází a hradů a do vytvoření zásob na náročné zimní měsíce. Z důvodu absence sněhové pokrývky, která je na Šumavě v zimě značná, je podzim vhodný, protože jsou okusy dobře viditelné. Ke sběru dat byla využita klasická busola, lesnická průměrka, metr, počítačový program ArcGIS, ortofoto snímky ČR od ČÚZK a mobilní telefon s aplikací pro měření sklonu svahu (Inclinometr).

4.1 Studovaná oblast

Obec Prášily se nachází v Plzeňském kraji v okrese Klatovy. Jako oblast Prášílska bylo chápáno katastrální území obce Prášily o výměře 112 km² a dále části přilehlých katastrálních území obcí Železná Ruda, Javorná, Srní a Horská Kvilda. Obce Železná Ruda, Javorná se nacházejí v CHKO Šumava a obce Prášily, Srní, Horská Kvilda jsou součástí Národního parku Šumava. Od roku založení 1991 je Národní park Šumava se svou rozlohou 680 km² našim největším národním parkem. Bobr evropský se na Šumavu vrátil okolo roku 2012 a dnes jeho teritoria můžeme nalézt na celém jejím území (AOPK ČR, 2021). I když se na většině území Národního parku vyskytují porosty horské smrčiny, v okolí vodních toků ale často převládají porosty břízy a olše, tato skutečnost umožnila místní expanzi bobra. Bobří teritoria se zde dnes nachází i v nadmořských výškách nad 1000 m. n. m.

V oblasti Prášílska se vyskytuje více než 20 větších vodních toků a minimálně polovina je obydlena bobrem. Pro účely výzkumu bylo monitorováno jen 6 těchto toků, na zbylých je sice patrná aktivita bobra, ale bobři zde nestaví hráze ani hrady, z toho důvodu nebyly toky zahrnuty. Dále se v oblasti nachází dvě ledovcová jezera a nižší desítky menších vodních ploch, ty ale také nebyly zahrnuty, protože se zde nenachází žádné bobří stavby.

4.2 Bobří okusy

Okusem se rozumí kmen, kmínek stromu nebo keře s průměrem větším než 1 cm, který jednoznačně vznik okusem bobra evropského a nelze jej zaměnit s okusem zajíce, jelení nebo srnčí zvěře nebo jiného býložravce. Při měření byly brány v potaz jen okusy, které se před i po vzniku okusu nalézaly v kolmé poloze k rovině země, tj. nebyly měřeny okusy na větvích a kmenech mířících nebo nakloněných do horizontální polohy. Dále nebyly měřeny okusy, se kterými bylo manipulováno nebo jinak změnilo svou polohu (například v důsledku pádu). Důvodem byla možnost jednoznačného určení směru. Směr okusu je chápán jako pomyslný vektor mířící od místa více ohlodaného k méně (ke „špičce okusu“).



Obrázek 1: Bobří okus; špička představuje orientaci okusu (foto: Oldřich Vojtěch)

U každého okusu byl zaznamenán druh dřeviny, průměr kmene v místě okusu (v cm), vzdálenost okusu od vody, od nejbližší hráze a od hradu (pokud se zde hrad vyskytuje) (v m), svah v místě, kde se nachází okus (kategorie po 10 %), měření mobilní aplikací Inclinometr, stáří okusu (kategorie „do 1 roku“ = okusy ve stáří od konce letních měsíců nebo mladší; „1–2 roky“ = okusy ve stáří od konce letní sezóny předešlého roku do začátku letních měsíců tohoto roku; „3 a více roků“ = okusy ve stáří od začátku letní sezóny předešlého roku nebo starší), směr toku po proudu a směr samotného okusu.

Nasbíraná data byla zanalyzována v programu Oriana nejprve jako úhlová kruhová data („Angles“), pro otestování, jestli jsou okusy orientovány s respektem k magnetickému poli země, a poté jako osová kruhová data („Axial“), pro testování, jestli jsou okusy směřovány kolmo k vodnímu toku. Pro další analýzy byla data rozdělena do dvou skupin na Sever (S) a Jihovýchod (JV), důvodem bylo, že po provedení směrové analýzy orientace vodních toků vznikly dva významné shluky bodů a bylo proto potřeba data rozdělit pro lepší porovnání.

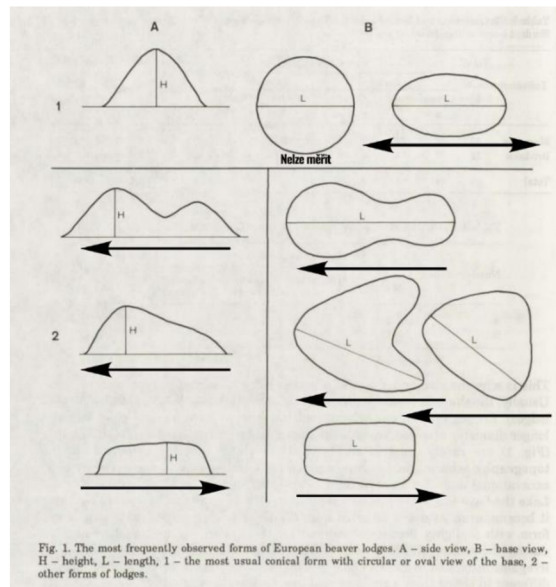
4.3 Bobří hrady a hráze

U hradů byla měřena jejich orientace a u hrází směr toku v místě hráze. Směrem toku hráze byl měřen v těsné blízkosti pod hrází. Tvar a půdorys bobřích hradů byl velice proměnlivý, jako směr orientace hradu byl rozuměn směr od pozvolněji se svažující pasáže hradu k pasáži strmé (ke „špičce hradu“) nebo jako osa v nejširším místě půdorysu hradu, jedná se jen o viditelnou část hradu nad vodní hladinou. Pokud by se vyskytl bobří hrad naprosto symetrický z pohledu z boku nebo z půdorysu, nebyl by zahrnut do experimentu. Dále bylo zaznamenáno, jestli je stavba bobry stále využívána nebo nikoliv.



Obrázek 2: Bobří hrad; šipka představuje orientaci hradu (foto: Oldřich Vojtěch)

V počítačovém programu ArcGIS byla provedena vektorizace aktuálních ortofoto snímků z dostupných map ČÚZK pro každé „teritorium“ (= část vodního toku intenzivně využívaného bobry). Při vektorizaci byly zaznamenány porosty dřevin, koryta vodních toků, vodní plochy, lidské stavby (účelové komunikace, silnice, mosty, lidská sídla), kabely vysokého elektrického napětí, bezlesí a bezlesí výrazně podmáčené. Následně byl vytvořen Buffer (obalová zóna) 20 m okolo linií vodních toků. Poté tato mapa byla v terénu zpřesněna (v případě vykácených porostů nebo nově vzniklých porostů, které vnikly až po leteckém snímkování) a dále opatřena o odhadovanou druhovou skladbu stromové vegetace do vzdálenosti 20 m od břehu toku, o 5 zkusných ploch o průměru 5 m (teritorium rozděleno na 5 stejných částí, v každé byla vytvořena jedna zkusná plocha; poloha plochy byla vybrána náhodně v porostu do 20 m od břehu), ve kterých byla přesně vypočtena druhová skladba a změřen průměrný průměr kmene pro každý druh dřeviny, a zakreslení polohy jednotlivých bobřích staveb (hráze i hrady). Podle těchto dat bylo následně posouzeno, jestli potravní nabídka pro bobra je v daném úseku vodního toku konstantní a má tedy možnost výběru místa pro stavbu hráze a poloha hráze tedy není výrazně ovlivněna potravní nabídkou. Tato informace byla poté zaznamenána pro jednotlivé hráze („ano“ = vyhovující potravní nabídka; „ne“ = nevhovující potravní nabídka – bobr neměl možnost výběru). Dále pro hrady i hráze byla zaznamenána vzdálenost od vedení elektrického proudu v kategoriích: do 5



Obrázek 3: Nákresy bobřích hradů ze studie Žurowski (1992) s pohledem z boku a z půdorysu; šipky představují orientaci hradu

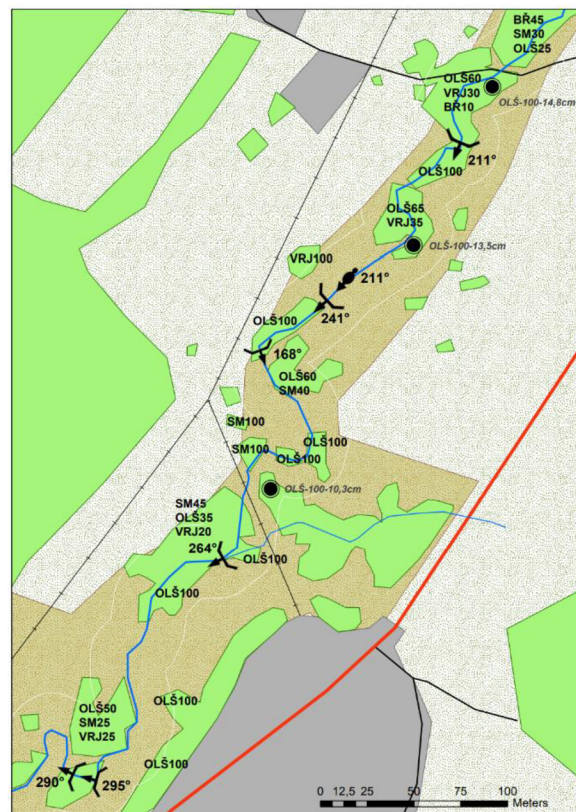
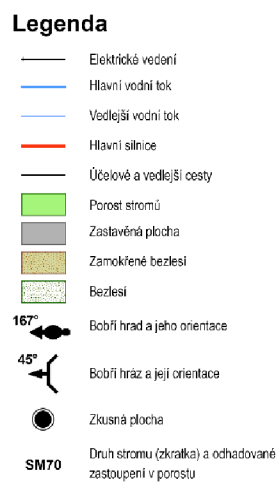
metrů, 5 až 50 metrů, 50 až 100 metrů, 100 až 150 metrů a nad 150 metrů. Bobří stavby, které se nacházeli ve vzdálenosti nižší než 150 metrů od vedení elektrického proudu nebyly zahrnuty do analýzy. V programu ArcGIS byly změřeny jednotlivé části vodních toků s přesností na jeden metr a zjištěna jejich orientace v celém mapovaném úseku.



Obrázek 4 a 5: Ortofoto snímky dvou bobříh hrází; šipky představují směr toku v místě hráze (zdroj: ortofoto mapa ČR – ČÚZK)

V počítačovém programu Oriana byla následně data z analyzována. Pro orientaci hradů byl použit typ pro osová kruhová data („Axial“) a pro orientaci směr vodních toků u hrází a směry jednotlivých částí vodních toků v mapovaném úseku byl použit typ pro úhlová kruhová data („Angles“). Analýza směrů vodních toků u hrází a směrů vodních toků v jednotlivých částech byla prováděna pro každý měřený úsek vodního toku (každé teritorium) zvláště a výsledky těchto dvou analýz byly porovnány, vypočítán rozdíl těchto orientací, a tak následně určena odchylka.

Obrázek.6: Příklad mapového výstupu
Vektorizace a mapování
vegetace v okolí vodních
toků



5 Výsledky

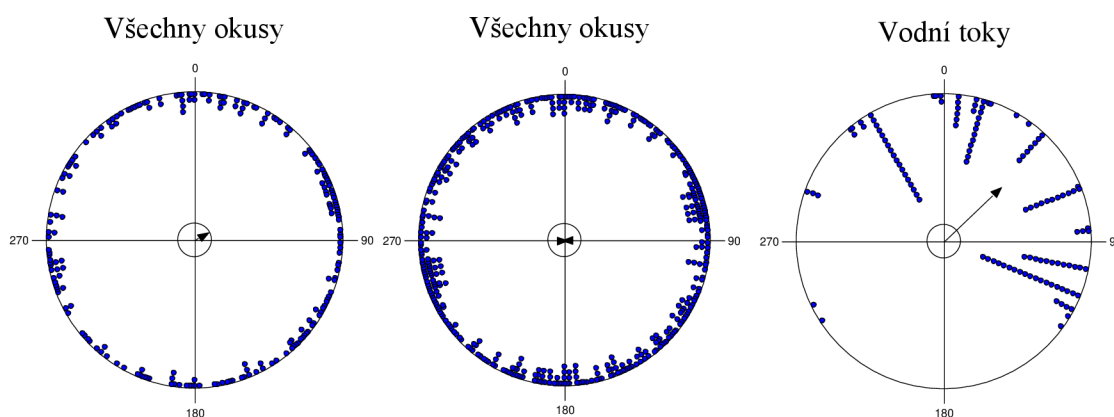
Celkem bylo zmapováno 9,2 kilometrů vodních toků. Bylo zaznamenáno 42 bobřích hrází a 4 hrady, z toho 7 hrází a jeden hrad se nacházel v blízkosti (do 150 m) elektrického vedení. Z důvodu možného ovlivnění dat, nebyla pozorování v blízkosti elektrického vedení dále použita ve výsledkové části práce. Celkově bylo změřeno 216 bobřích okusů s průměrnou tloušťkou kmene 13,8 centimetru, z čehož 69,4 % tvořila bříza bělokora, 21,8 % topol osika, 7,9 % tvořila olše šedá a zbylých 0,9 % zastupoval smrk ztepilý. Změřené okusy se nacházely až 42 metrů od břehu, přičemž ale téměř polovina všech okusů (49 %) se nacházela ve vzdálenosti do 2 metrů a 90 % okusů ve vzdálenosti do 15 metrů od břehu potoka.

	Počet záznamů	Zastoupení	\bar{x} průměr okusu
Druh stromu			
bříza bělokora	150	69,4 %	13,2 cm
topol osika	47	21,8 %	14,6 cm
olše šedá	17	7,9 %	13,4 cm
smrk ztepilý	2	0,9 %	12,0 cm
celkem	216		13,8 cm

Tabulka 1: Druhovú skladbu bobřích okusů

5.1 Bobří okusy

Směrová analýza všech okusů ukázala preferovaný úhel 60° se statistickou významností $p=0,087$ (viz obr. č.7) a hlavní osu 88° s $p=0,91$ (viz obr. č.8), přičemž výsledný úhel pro vodní toky byl 46° (viz obr. č.9). Data byla rozdělena do dvou skupin podle směru toku v místě, kde se nacházel okus, na Sever (S) do které spadaly okusy s tokem ve směru od 320° do 43° a na Jihovýchod (JV) s tokem ve směru od 68° do 121° .



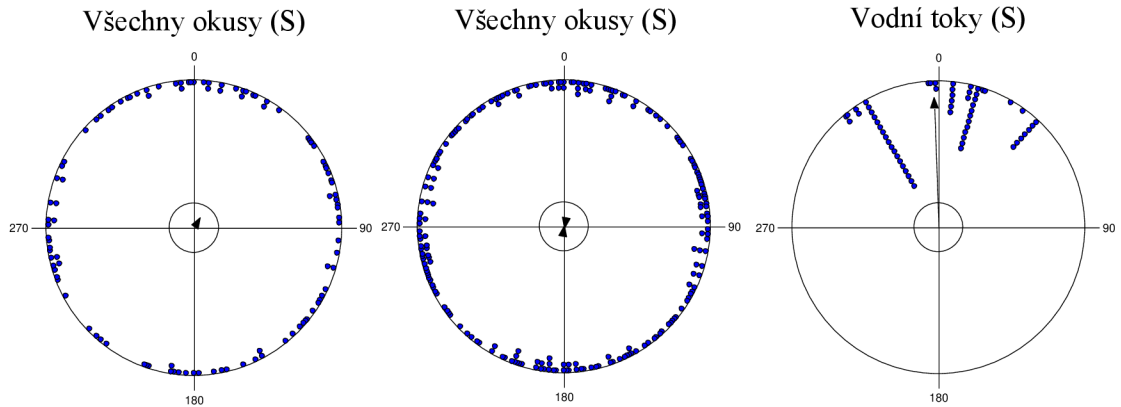
Obrázek 7: Orientace všech okusů (úhlový typ kruhových dat); 60° $p=0,087$

Obrázek 8: Orientace všech okusů (osový typ kruhových dat); 88° $p=0,91$

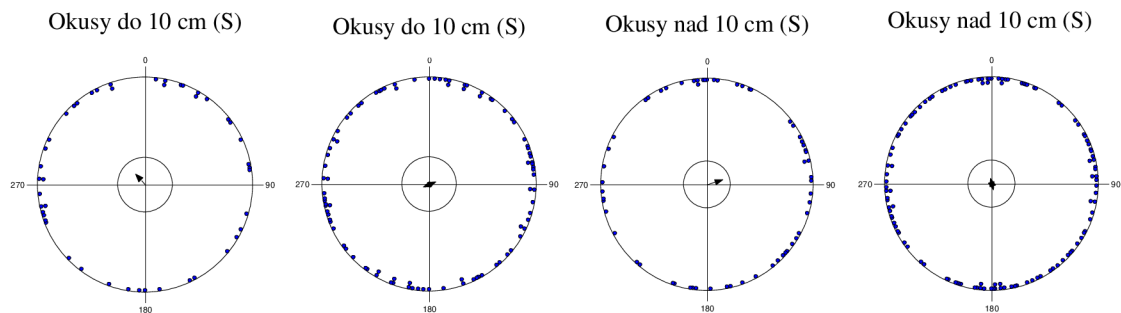
Obrázek 9: Orientace vodních toků v místě okusu; 46°

Toky tekoucí na sever měly výsledný hlavní směr 358° (viz obr. č.12). Úhlová analýza pro všechny okusy ze skupiny Sever ukázala výsledný úhel 30° při statistické

významnosti $p=0,499$ (viz obr. č.10) a axiální hlavní osu 10° s významností $p=0,994$ (viz obr. č.11). Okusy, s průměrem kmene menším než 10 centimetrů, měly výsledný vektor 317° s $p=0,425$ (viz obr. č.13) a výslednou osu 67° s $p=0,834$ (viz obr. č.14). Směrová analýza okusů, které měly průměr kmene větší 10 centimetrů, ukázala výsledný směr 72° se statistickou významností $p=0,253$ (viz obr. č.15) a osu 163° s významností $p=0,834$ (viz obr. č.16).

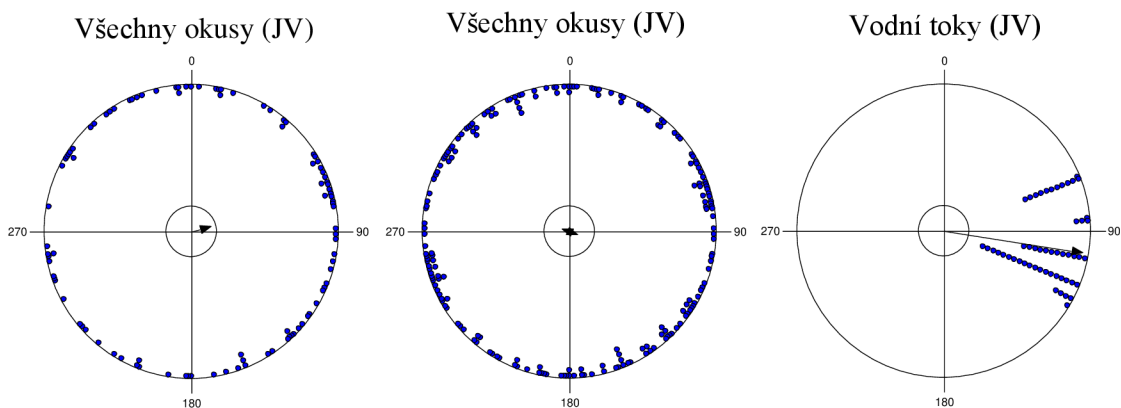


Obrázek 10: Orientace všech okusů (S) (úhlový typ kruhových dat); 30° $p=0,499$ Obrázek 11: Orientace všech okusů (S) (osový typ kruhových dat); 10° $p=0,994$ Obrázek 12: Orientace vodních toků (S); 358°



Obrázek 13: Orientace okusů s průměrem kmene menším než 10 cm (S) (úhlový typ kruhových dat); 317° $p=0,425$ Obrázek 14: Orientace okusů s průměrem kmene menším než 10 cm (S) (osový typ kruhových dat); 67° $p=0,834$ Obrázek 15: Orientace okusů s průměrem kmene větším než 10 cm (S) (úhlový typ kruhových dat); 72° $p=0,253$ Obrázek 16: Orientace okusů s průměrem kmene větším než 10 cm (S) (osový typ kruhových dat); 163° $p=0,834$

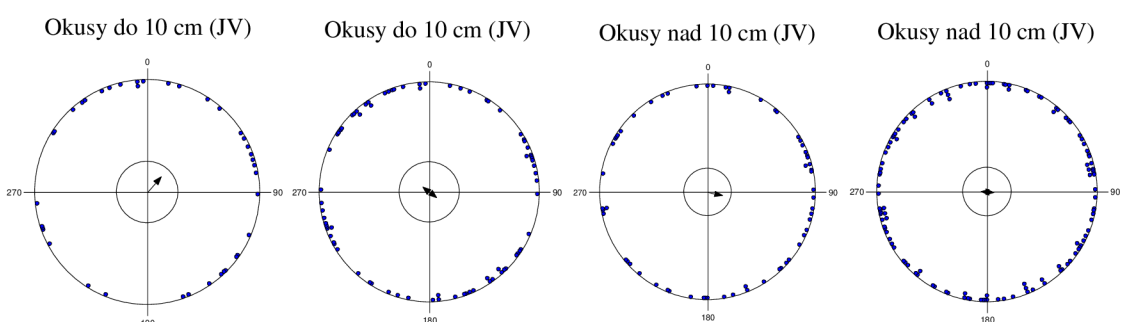
Ve skupině Jihovýchod byl výsledný směr vodních toků 99° (viz obr. č.19). Okusy všech dimenzí měly hlavní vektor 74° se statistickou významností $p=0,157$ (viz obr. č.17) a hlavní osu 111° s významností $p=0,743$ (viz obr. č.18). Směrová analýza okusů, které měly průměr kmene menší 10 centimetrů, ukázala výsledný směr 41° se statistickou významností $p=0,26$ (viz obr. č.20) a osu 130° s významností $p=0,787$ (viz obr. č.21). Okusy, s průměrem kmene větším než 10 centimetrů, měly výsledný vektor 101° s $p=0,307$ (viz obr. č.22) a výslednou osu 95° s $p=0,816$ (viz obr. č.23).



Obrázek 17: Orientace všech okusů (JV) (úhlový typ kruhových dat); 74° $p=0,157$

Obrázek 18: Orientace všech okusů (JV) (osový typ kruhových dat); 111° $p=0,743$

Obrázek 19: Orientace vodních toků (S); 99°



Obrázek 20: Orientace okusů s průměrem kmene menším než 10 cm (JV) (úhlový typ kruhových dat); 41° $p=0,26$

Obrázek 21: Orientace okusů s průměrem kmene menším než 10 cm (JV) (osový typ kruhových dat); 130° $p=0,787$

Obrázek 22: Orientace okusů s průměrem kmene větším než 10 cm (JV) (úhlový typ kruhových dat); 101° $p=0,307$

Obrázek 23: Orientace okusů s průměrem kmene větším než 10 cm (JV) (osový typ kruhových dat); 95° $p=0,816$

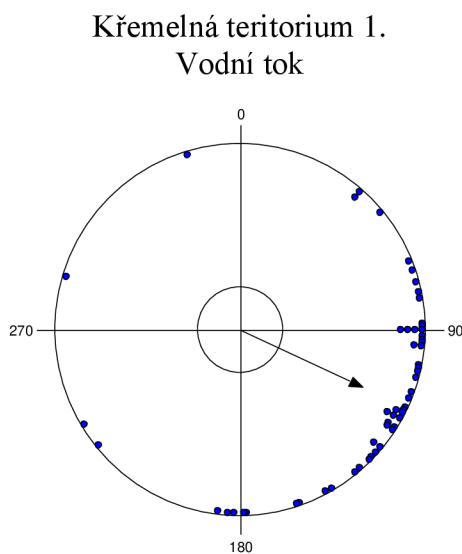
		Hlavní vektor	p	Počet záznamů
Okusy				
Všechny okusy	Angles	$59,683^\circ$	0,087	216
Všechny okusy	Axial	$87,486^\circ$	0,91	216
Vodní toky	Angles	$46,385^\circ$	X	216
Všechny průměry (S)	Angles	$29,967^\circ$	0,499	106
	Axial	$9,497^\circ$	0,994	106
Všechny průměry (JV)	Angles	$73,524^\circ$	0,157	100
	Axial	$110,857^\circ$	0,743	100
Do 10 cm (S)	Angles	$316,57^\circ$	0,425	46
	Axial	$66,515^\circ$	0,834	46
Do 10 cm (JV)	Angles	$40,653^\circ$	0,26	39
	Axial	$129,456^\circ$	0,787	39
Nad 10 cm (S)	Angles	$71,641^\circ$	0,253	60
	Axial	$162,796^\circ$	0,834	60
Nad 10 cm (JV)	Angles	$101,171^\circ$	0,307	61
	Axial	$94,96^\circ$	0,816	61
Vodní toky (S)	Angles	$357,726^\circ$	X	106
Vodní toky (JV)	Angles	$98,68^\circ$	X	100

Tabulka 2: Výsledky směrových analýz bobřích okusů

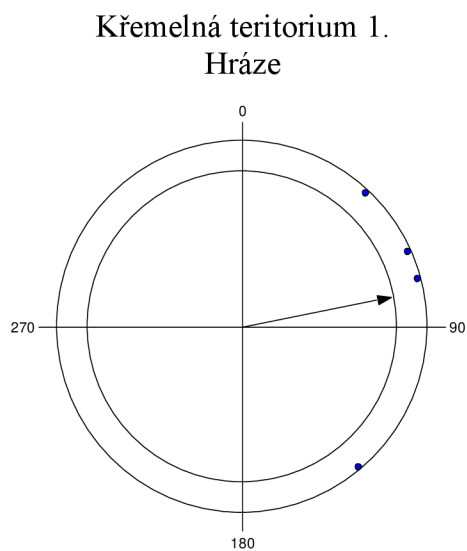
5.2 Bobří hrady a hráze

Vodní tok Křemelné v teritoriu 1. byl orientován směrem 115° (viz obr. č.24), hráze v tomto teritoriu měly výsledný vektor 79° (viz obr. č.25) se statistickou významností $p=0,06$ a odchylují se tak od směru toku o 36° . Úsek Křemelná v teritorium 2. byl orientován směrem 157° (viz obr. č.26), hráze v tomto teritoriu měly hlavní vektor 161° (viz obr. č.27) se statistickou významností $p=0,044$ a odchylkou 4° . Vodní tok Křemelné v teritoriu 3. byl orientován směrem 146° (viz obr. č.28), hráze měly výsledný vektor 109° (viz obr. č.29) se statistickou významností $p=0,022$ a odchylují se, tak od směru toku o 36° . Teritoriu 4. na řece Křemelné mělo vodní tok orientován směrem 119° (viz obr. č.30), hráze v tomto teritoriu měly hlavní vektor 75° (viz obr. č.31) se statistickou významností $p=0,512$ a odchylují se tak od směru toku o 44° . Výsledný vektor měřených částí Hrádeckého potoka měl 15° (viz obr. č.32) a hlavní vektor orientace hrází 5° (viz obr. č.33) na hladině významnosti $p=0,009$ a odchylkou 10° . Vodní tok Jezerního potoka měl v měřeném úseku orientaci 5° (viz obr. č.34), hráze na tomto toku měly 332° (viz obr. č.35) s hodnotou p nacházející se v intervalu $(0,001;0)$ a odchylují se tak o 32° . Hlavní směr orientace Plavebního potoka byl 3° (viz obr. č.36), hráze v tomto teritoriu měly orientaci 357° (viz obr. č.37) na hladině významnosti $p=0,126$ s odchylkou 6° . Vodní tok Hamerského potoka měl výsledný směr 281° (viz obr. č.38) hráze, které se na něm nacházely, měly hlavní vektor 310° (viz obr. č.39) se statistickou významností $p=0,512$ a odchylují se tak o 29° . Průměrná odchylka tak činila 25° .

V zájmovém území se nacházely pouze tři vhodné bobří hrady, což bylo nedostatečné množství pro provedení analýzy s průkaznými výsledky.

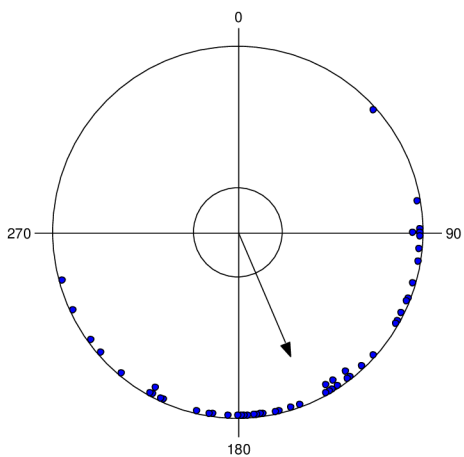


Obrázek 24: Orientace částí vodního toku v měřeném úseku Křemelná teritorium 1.; 115°



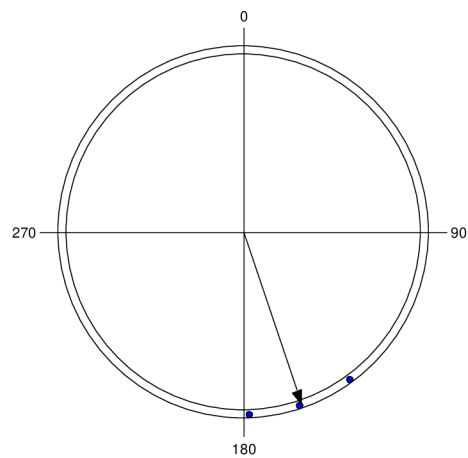
Obrázek 25: Orientace vodního toku v místě hráze v měřeném úseku Křemelná teritorium 1.; 79° s hodnotou $p=0,06$ v počtu 4 záznamů

Křemelná teritorium 2.
Vodní tok



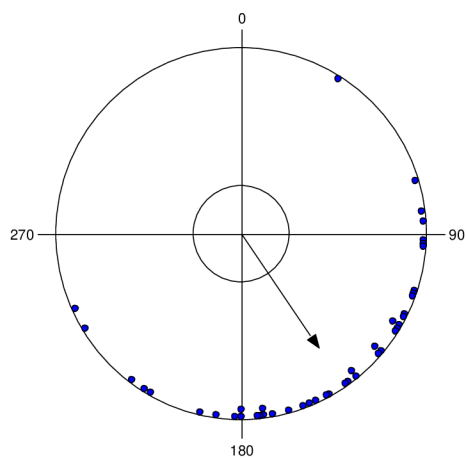
Obrázek 26: Orientace části vodního toku v měřeném úseku Křemelná teritorium 2.; 157°

Křemelná teritorium 2.
Hráze



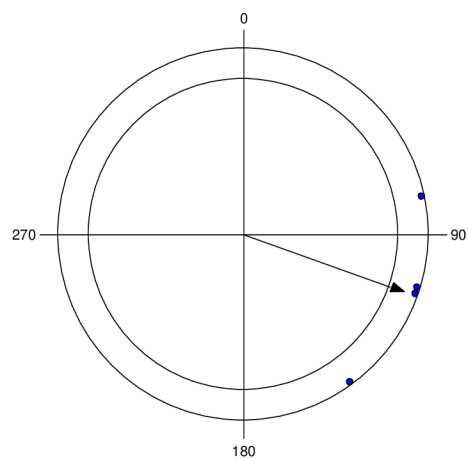
Obrázek 27: Orientace vodního toku v místě hráze v měřeném úseku Křemelná teritorium 2.; 161° s hodnotou $p=0,044$ v počtu 3 záznamů

Křemelná teritorium 3.
Vodní tok



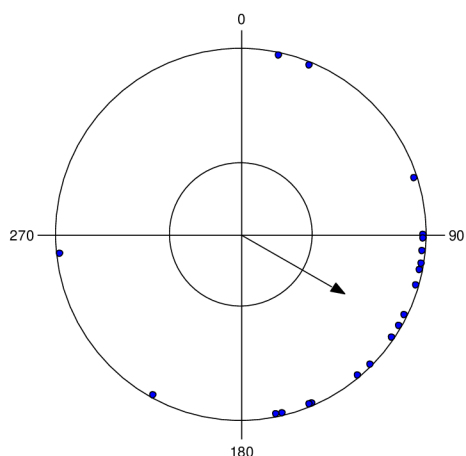
Obrázek 28: Orientace části vodního toku v měřeném úseku Křemelná teritorium 3.; 146°

Křemelná teritorium 3.
Hráze



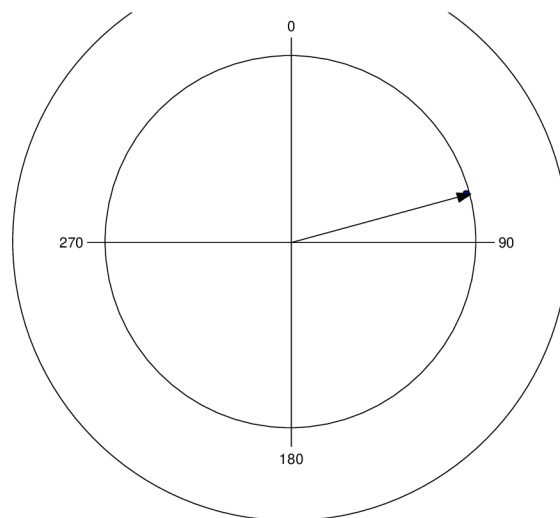
Obrázek 29: Orientace vodního toku v místě hráze v měřeném úseku Křemelná teritorium 3.; 109° s hodnotou $p=0,022$ v počtu 4 záznamů

Křemelná teritorium 4.
Vodní tok



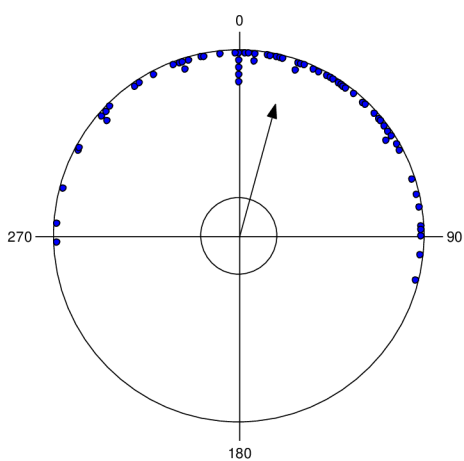
Obrázek 30: Orientace částí vodního toku v měřeném úseku Křemelná teritorium 4.; 119°

Křemelná teritorium 4.
Hráze



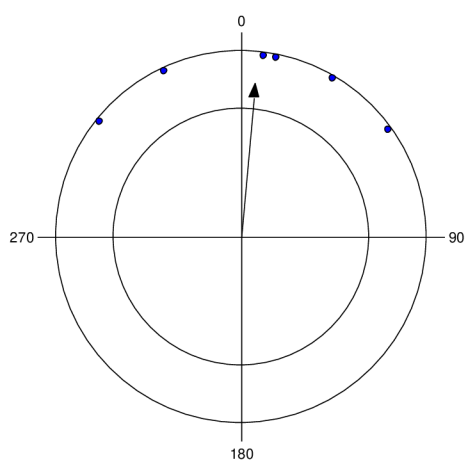
Obrázek 31: Orientace vodního toku v místě hráze v měřeném úseku Křemelná teritorium 4.; 75° s hodnotou $p=0,512$ v počtu 1 záznamu

Hrádecký potok
Vodní tok



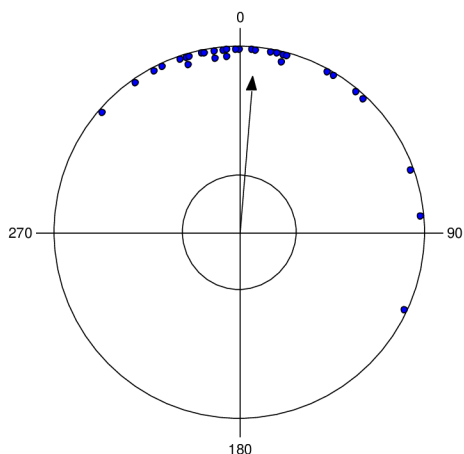
Obrázek 32: Orientace částí vodního toku v měřeném úseku Hrádecký potok.; 15°

Hrádecký potok
Hráze



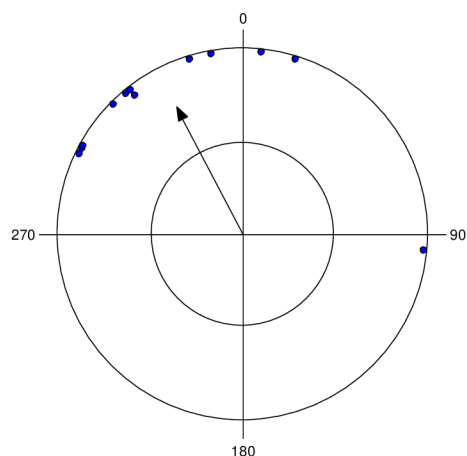
Obrázek 33: Orientace vodního toku v místě hráze v měřeném úseku Hrádecký potok; 5° s hodnotou $p=0,009$ v počtu 6 záznamů

Jezerní potok
Vodní tok



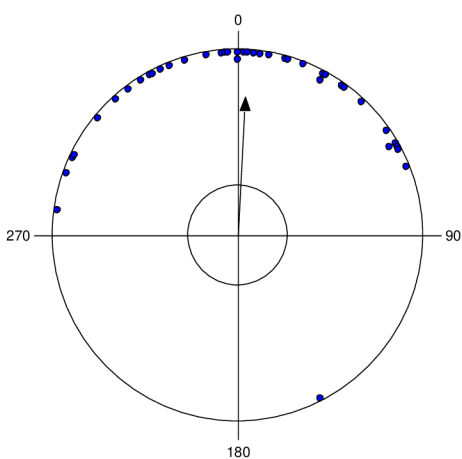
Obrázek 34: Orientace částí vodního toku v měřeném úseku Jezerní potok.; 5°

Jezerní potok
Hráze



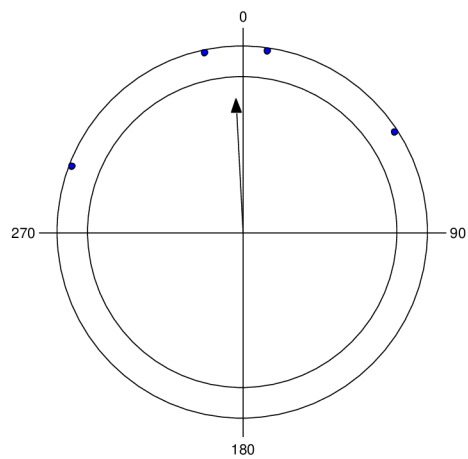
Obrázek 35: Orientace vodního toku v místě hráze v měřeném úseku Jezerní potok; 332° s hodnotou p v intervalu $(0,001;0)$ v počtu 12 záznamů

Plavební potok
Vodní tok

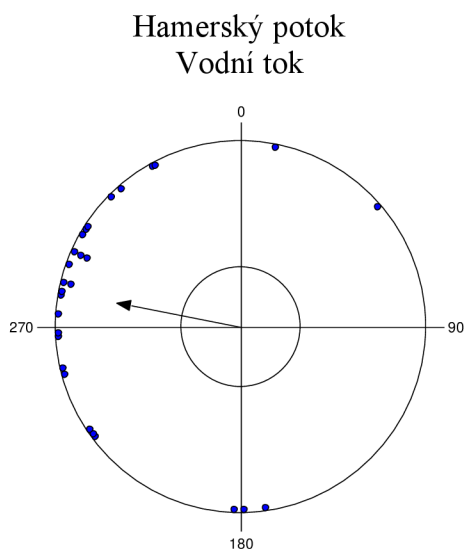


Obrázek 36: Orientace částí vodního toku v měřeném úseku Plavební potok.; 3°

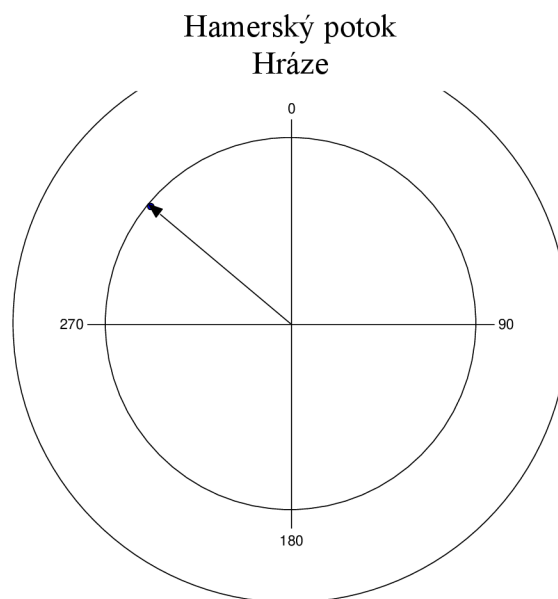
Plavební potok
Hráze



Obrázek 37: Orientace vodního toku v místě hráze v měřeném úseku Plavební potok; 357° s hodnotou $p=0,126$ v počtu 4 záznamů



Obrázek 38: Orientace části vodního toku v měřeném úseku Hamerský potok; 281°



Obrázek 39: Orientace vodního toku v místě hráze v měřeném úseku Hamerský potok; 310° s hodnotou $p=0,512$ v počtu 1 záznamu

	Hlavní vektor	p	Počet záznamů	Odchylka
Hráze				
Křemelná teritorium 1.-Vodní toky	115,049°	X	56	36,187°
Křemelná teritorium 1.-Hráze	78,862°	0,06	4	
Křemelná teritorium 2.-Vodní toky	157,076°	X	51	4,267°
Křemelná teritorium 2.-Hráze	161,343°	0,044	3	
Křemelná teritorium 3.-Vodní toky	145,474°	X	44	36,106°
Křemelná teritorium 3.-Hráze	109,368°	0,022	4	
Křemelná teritorium 4.-Vodní toky	119,435°	X	20	44,435°
Křemelná teritorium 4.-Hráze	75°	0,512	1	
Hrádecký potok-Vodní toky	15,136°	X	68	10,277°
Hrádecký potok-Hráze	4,859°	0,009	6	
Jezerní potok-Vodní toky	4,642°	X	31	32,238°
Jezerní potok-Hráze	332,404°	<0,001	12	
Plavební potok-Vodní toky	3,062°	X	40	6,324°
Plavební potok-Hráze	356,738°	0,126	4	
Hamerský potok-Vodní toky	280,869°	X	28	29,131°
Hamerský potok-Hráze	310°	0,512	1	

Tabulka 3: Výsledky směrových analýz orientace bobřích hrází

6 Diskuze

Na všechny tvory na planetě Zemi čekají různé nástrahy a nebezpečí. Zvířata musí být tedy stále ve střehu a v případě nebezpečí včas uniknout. K rychlému uniknutí je potřeba dobrá orientace v prostředí, ve kterém se nachází. Jedním z důvodů, proč byložravci při pastvě nebo odpočinku zarovávají svá těla podle osy sever–jih, je již zmíněná orientace v rámci svého okolí (Begall et al., 2008). Podobně jako se člověk lépe orientuje v mapě, pokud je sever nahoře a jih dole, živočichové se lépe orientují ve svém prostředí, když na něj nahlíží v jednom směru, čehož využívají při úniku před nebezpečím (Obleser et al., 2016), při lovu (Červený et al., 2011), pro všeobecnou orientaci v prostředí (Begall et al., 2008) nebo jim to také pomáhá předcházet kolizím (Hart et al., 2013). Čas strávený na břehu pro bobra skýtá nebezpečí, před kterým uniká pod vodu (Wilsson, 1971). Z výsledků mého experimentu není patrný žádný signifikantní směr okusu, předpokládám tedy, že bobr při hledání dřeva během kácení stromu nezarovává své tělo podle magnetických siločar sever–jih. Výsledky neukazují signifikantní preferovanou orientaci, lze ale pozorovat ve výsledcích náznak určitého trendu orientování okusů v podobném směru jako byl směr nejbližšího vodního toku. Nejlépe je to patrné u analýzy všech měřených okusů, kde se orientace okusů a vodních toků liší o 14° (okusy 60°; toky 46°) na hladině významnosti $p=0,087$. V takovém případě bobr stojí souběžně s vodním tokem. Bobr podobně jako většina byložravců má oči po stranách hlavy, pokud by při kácení stromu stál ve stejném směru jako je vodní tok, dovoluje mu toto uspořádání očí jedním okem sledovat dění ve svém okolí na břehu a druhým okem mít přehled, kde se nechází voda pro případný únik. Dalším důvodem pro cílenou orientaci okusů by mohla být snaha pokácet strom kolmo přes vodní tok, ve snaze ho přehradit, v takovém případě by osy okusů (okusy vznikají na pravém i levém břehu, z toho důvodu je lepší použít osovou kruhovou analýzu, která počítá s oběma směry okusu) byly kolmé na směr vodního toku, tento jev jsem ve výsledcích nepozoroval.

Některé druhy hlodavců si staví hnízda nebo nory. Podobně tomu je i u bobrů, kteří si staví nory, ze kterých vršením materiálu vznikají kupy na hraně břehu „polohrady“ a v důsledku dalšího vršení a zatopení okolí zvedlou hladinou vody i bobří hrady. Jedním způsobem, jak studovat magnetorecepci u hlodavců, je sledování orientace jejich vlastních hnízd. Touto technikou byla tato schopnost dokázána u několika druhů hlodavců (*Fukomys ansellii* (Burda et al., 1990), *Fukomys mechowii* (Oliveriusová et al., 2012), *Apodemus sylvaticus* (Malkemper et al., 2015), *Clethrionomys glareolus* (Oliveriusová et al., 2014)) v rozporu s tím je studie Martin et Bennett (1977), ve které autoři nepozorovali žádnou preferenci v orientaci hnízd jedinců z rodu *Paleocastor*, blízkého příbuzného rodu *Castor*. Ve studované oblasti se nacházely 4 hrady, z toho jeden byl v blízkosti elektrického vedení a jeho orientace tedy mohla být ovlivněná (Burda et al., 2009; Engels et al., 2014; Vácha et al., 2009; R. Wiltschko et al., 2015), nebylo tedy možné s takto malým vzorkem provádět průkaznou analýzu.

Mezi hlodavci jsou i druhy, které nestaví pouze hnízda, ale například i tunely, a i tyto stavby mohou být stavěny v respektu k magnetickému poli Země, jak ukazují studie

Kimchi et Terkel (2001) (*Spalax ehrenbergi*) a Malewski et al. (2018) (*Fukomys anselli*, *F. mechowii*, *Heliophobius argenteocinereus* a *Ctenomys talarum*). Kromě hradů mezi bobří stavby patří i hráze na řekách a potocích. Významný vliv na orientaci hráze má směr celého povodí, ale díky vodní erozi se vodní toky vlní a vznikají meandry, které poté nabízejí větší variabilitu výběru místa pro stavbu a orientaci hráze. Tento fakt můžeme pozorovat i na výsledných grafech (obr. č.24, č.26, č.28, č.30, č.32, č.34, č.36 a č.38), ukazují kromě výsledných vektorů i možnosti výběru různě orientovaných částí toků, mezi kterými mohli bobří volit při stavbě hrází. Při pohledu na výsledné grafy si lze všimnout, že v 5 z 8 teritorií byly hráze vybudovány v částech toku odchýlených od směru orientace celého toku více na sever. V průměru toto odchýlení bylo o 31° směrem na sever. Vypadá to tedy, že si bobří pro stavbu svých hrází vybírají části toků v rámci meandrů, které míří více na sever. Ve zbylých 3 případech se jednalo o toky směřující přímo na sever nebo na jih (dvakrát na sever, jednou na jih) a průměrná odchylka byla jen 14°. Pokud by bobří preferovali severně (případně jižně) tekoucí části vodních toků, je logické, že u potoků a řek tekoucích směrem k magnetickému polů se toto odchýlení bude snižovat a bobří budou stavět své hráze souběžně se směrem daného povodí. Nelze to však v tuto chvíli potvrdit. Vyžadovalo by to větší vzorek záznamů hrází a více zmapovaných vodních toků s ještě podrobnější rozborem stavu říčního toku z pohledu břehové a vodní vegetace a rušivých faktorů v blízkosti břehu, z analýzy poté vyřadit jednotlivé části toků, které jsou pro bobry méně vyhovující. Dalším z faktorů, ovlivňující bobry při stavbě hráze, je ale i zvuk tekoucí vody. Ve Švédsku byla totiž při studiu etologie bobrů pozorovaná reakce, na akustický stimul v podobě zvuku tekoucí vody a to stavbou hráze nebo její opravou v místě vydávající tento zvuk (Wilsson, 1971). Tento faktor by ale bylo velmi obtížné zahrnout, protože bobří svou činností stavění hráze naprosto změni v daném místě rychlost vodního toku, nelze tedy ověřit jakou podobu mělo koryto před stavbou hráze.

7 Závěr

Tato práce si brala za cíl posoudit vliv magnetického pole Země na pobytové známky bobra evropského v zájmovém území. Cíle práce tedy naplněny byly, nicméně výsledky práce neprokázaly, že by na bobří stavby mělo vliv magnetické pole Země. Nicméně výsledky z analýzy umístění hrází, tento fakt ani nevyvrací. Pro jasnější výsledky by bylo potřeba rozšířit vzorek studovaných hrází a to i v rámci jiných oblastí. V západní části Šumavy totiž většina potoků teče směrem na sever, výjimkou je řeka Křemelná, která teče na jihozápad, a Hamerský potok tekoucí na západ, na kterém se ale nenachází mnoho hrází, tomu odpovídají i nasbíraná data. Z toho důvodu si myslím, že při pokračování nebo rozšiřování tohoto experimentu by bylo dobré zahrnout více toků z jiných oblastí tekoucích jinými směry, jako jsou například vodní toky v Českém lese Kateřinský a Hraniční potok, které tečou jižním směrem. Také by bylo potřeba upravit metodiku a to podrobnějším studiem jednotlivých meandrů a posouzením jejich vhodnosti pro bobry.

8 Literatura

- Anděra, M. (1999). *České názvy živočichů II. Savci (Mammalia)*. Národní muzeum .
- Anděra, M., & Červený, J. (2004). *Atlas rozšíření savců v České republice. Předběžná verze. IV. Hlodavci (Rodentia) – část 3. Veverkovití (Sciuridae), bobrovití (Castoridae), nutriovití (Myocastoridae)*. Národní muzeum.
- Anděra, M., & Červený, J. (2014). *Atlas šumavských savců*. Karmášek.
- Andreska, D., & Andreska, J. (2014). Bobr 2014: Chráněný i nežádoucí. *Vesmír*.
- AOPK ČR. (2021). Výskyt a rozšíření druhů živočichů, rostlin a hub na území ČR. In *Nálezová databáze ochrany přírody*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR.
- August, P. V., Ayvazian, S. G., & Anderson, J. G. T. (1989). Magnetic Orientation in a Small Mammal, *Peromyscus leucopus*. *Journal of Mammalogy*, 70(1), 1–9. <https://doi.org/10.2307/1381663>
- Barnes, D. M., & Mallik, A. U. (1997). Habitat Factors Influencing Beaver Dam Establishment in a Northern Ontario Watershed. *The Journal of Wildlife Management*, 61(4), 1371. <https://doi.org/10.2307/3802140>
- Barnes, W., & Dibble, E. (1986). *The effects of beaver in riverbank forest succession*. . 0–5.
- Barthelmess, E. (2021). Beavers. In *Salem Press Encyclopedia of Science*.
- Bashinskiy, I., & Osipov, V. (2016). Beavers in Russian forest-steppe — characteristics of ponds and their impact on fishes and amphibians. *Russian Journal Of Theriology*, 0–9.
- Begall, S., Červený, J., Neef, J., Vojtech, O., & Burda, H. (2008). Magnetic alignment in grazing and resting cattle and deer. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(36), 13451–13455. <https://doi.org/10.1073/pnas.0803650105>
- Begall, S., Burda, H., & Malkemper, E. P. (2014). *Magnetoreception in Mammals* (pp. 45–88). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800286-5.00002-X>
- Bingman, V. P. (1981). Savannah sparrows have a magnetic compass. *Animal Behaviour*, 29(3), 962–963. [https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(81\)80040-1](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(81)80040-1)
- Bovet, J. (1971). Initial Orientation of Deer Mice (*Peromyscus maniculatus*) released on Snow in Homing Experiments. *Zeitschrift Für Tierpsychologie*, 28(2), 211–216. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.1971.tb00599.x>
- Burda, H., Marhold, S., Westenberger, T., Wiltschko, R., & Wiltschko, W. (1990). Magnetic compass orientation in the subterranean rodent *Cryptomys hottentotus* (Bathyergidae). *Experientia*, 46(5), 528–530. <https://doi.org/10.1007/BF01954256>
- Burda, H., Begall, S., Červený, J., Neef, J., & Nemeč, P. (2009). Extremely low-frequency electromagnetic fields disrupt magnetic alignment of ruminants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(14), 5708–5713. <https://doi.org/10.1073/pnas.0811194106>
- Campbell-Palmer, R., Gow, D., Jones, S., Needham, R., & Rosell, F. (2015). *The Eurasian Beaver*. Pelagic Publishing.
- Červený, J., Begall, S., Koubek, P., Nováková, P., & Burda, H. (2011). Directional preference may enhance hunting accuracy in foraging foxes. *Biology Letters*, 7(3), 355–357. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2010.1145>
- Deutschlander, M. E., Freake, M. J., Borland, S. C., Phillips, J. B., Madden, R. C., Anderson, L. E., & Wilson, B. W. (2003). Learned magnetic compass orientation by the Siberian hamster, *Phodopus sungorus*. *Animal Behaviour*, 65(4), 779–786. <https://doi.org/10.1006/anbe.2003.2111>

- Doucet, C. M., Adams, I. T., & Fryxell, J. M. (1994). Beaver dam and cache composition: Are woody species used differently? *Écoscience*, *1*(3), 268–270. <https://doi.org/10.1080/11956860.1994.11682251>
- Engels, S., Schneider, N.-L., Lefeldt, N., Hein, C. M., Zapka, M., Michalik, A., Elbers, D., Kittel, A., Hore, P. J., & Mouritsen, H. (2014). Anthropogenic electromagnetic noise disrupts magnetic compass orientation in a migratory bird. *Nature*, *509*(7500), 353–356. <https://doi.org/10.1038/nature13290>
- Gallant, D., Bérubé, C. H., Tremblay, E., & Vasseur, L. (2004). An extensive study of the foraging ecology of beavers (*Castor canadensis*) in relation to habitat quality. *Canadian Journal of Zoology*, *82*(6), 922–933. <https://doi.org/10.1139/z04-067>
- Haarberg, O., & Rosell, F. (2006). Selective foraging on woody plant species by the Eurasian beaver (*Castor fiber*) in Telemark, Norway. *Journal of Zoology*, *270*(2), 201–208. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2006.00142.x>
- Halley, D. J., & Rosell, F. (2002). The beaver's reconquest of Eurasia: status, population development and management of a conservation success. *Mammal Review*, *32*(3), 153–178. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2907.2002.00106.x>
- Halley, D. J., Saveljev, A. P., & Rosell, F. (2021). Population and distribution of beavers *Castor fiber* and *Castor canadensis* in Eurasia. *Mammal Review*, *51*(1), 1–24. <https://doi.org/10.1111/mam.12216>
- Hart, V., Malkemper, E. P., Kušta, T., Begall, S., Nováková, P., Hanzal, V., Pleskač, L., Ježek, M., Policht, R., Husinec, V., Červený, J., & Burda, H. (2013). Directional compass preference for landing in water birds. *Frontiers in Zoology*, *10*(1), 38. <https://doi.org/10.1186/1742-9994-10-38>
- Hartmann, G. (1996). Habitat selection by European beaver (*Castor fiber*) colonizing a boreal landscape. *Journal of Zoology*, 317–325.
- Hartman, G., & Törnlov, S. (2006). Influence of watercourse depth and width on dam-building behaviour by Eurasian beaver (*Castor fiber*). *Journal of Zoology*, *268*(2), 127–131. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2005.00025.x>
- Horn, S., Durka, W., Wolf, R., Ermala, A., Stubbe, A., Stubbe, M., & Hofreiter, M. (2011). Mitochondrial Genomes Reveal Slow Rates of Molecular Evolution and the Timing of Speciation in Beavers (*Castor*), One of the Largest Rodent Species. *PLoS ONE*, *6*(1), e14622. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014622>
- Horníček, J., Šimůnková, K., Mokry, J., Korbelová, J., & Vorel, A. (2021). How Do the Beaver Home Ranges Vary during the Range Expansion? *Annales Zoologici Fennici*, *59*(1). <https://doi.org/10.5735/086.059.0102>
- Janiszewski, P. (2017). The Preference Of The European Beaver *Castor Fiber* For Trees And Shrubs In Riparian Zone. *Applied Ecology and Environmental Research*, *15*(4), 313–327. https://doi.org/10.15666/aeer/1504_313327
- John, F., & Kostkan, V. (2009). Compositional analysis and GPS/GIS for study of habitat selection by the European beaver, *Castor fiber* in the middle reaches of the Morava River. *Folia Zoologica*, 76–86.
- Johnsen, S., & Lohmann, K. J. (2005). The physics and neurobiology of magnetoreception. *Nature Reviews Neuroscience*, *6*(9), 703–712. <https://doi.org/10.1038/nrn1745>
- Johnsen, S., & Lohmann, K. J. (2008). Magnetoreception in animals. *Physics Today*, *61*(3), 29–35. <https://doi.org/10.1063/1.2897947>
- Joslin, J. K. (1977). *Rodent Long Distance Orientation (“Homing”)* (pp. 63–89). [https://doi.org/10.1016/S0065-2504\(08\)60234-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2504(08)60234-2)

- Kesminas, V., Steponėnas, A., Pliūraitė, V., & Virbickas, T. (2013). Ecological Impact of Eurasian Beaver (*Castor fiber*) Activity on Fish Communities in Lithuanian Trout Streams. *Rocznik Ochrona Środowiska*, *15*, 59–80.
- Kimchi, T., & Terkel, J. (2001). Magnetic compass orientation in the blind mole rat *Spalax ehrenbergi*. *Journal of Experimental Biology*, *204*(4), 751–758. <https://doi.org/10.1242/jeb.204.4.751>
- Kimchi, T., Etienne, A. S., & Terkel, J. (2004). A subterranean mammal uses the magnetic compass for path integration. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *101*(4), 1105–1109. <https://doi.org/10.1073/pnas.0307560100>
- Layne, J. N. (1957). Homing Behavior of Chipmunks in Central New York. *Journal of Mammalogy*, *38*(4), 519. <https://doi.org/10.2307/1376412>
- Lindauer, M., & Martin. (1972). Magnetic Effect on Dancing Bees. *US Gov't Printing Office*.
- Lovegrove, B. G., Körtner, G., & Körtner, G. (1992). The magnetic compass orientation of the burrows of the Damara mole-rat *Cryptomys damarensis* (Bathyergidae). *Journal of Zoology*, *226*(4), 631–633. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1992.tb07505.x>
- Malewski, S., Begall, S., Schleich, C. E., Antenucci, C. D., & Burda, H. (2018). Do subterranean mammals use the Earth's magnetic field as a heading indicator to dig straight tunnels? *PeerJ*, *6*, e5819. <https://doi.org/10.7717/peerj.5819>
- Malkemper, E. P., Eder, S. H. K., Begall, S., Phillips, J. B., Winklhofer, M., Hart, V., & Burda, H. (2015). Magnetoreception in the wood mouse (*Apodemus sylvaticus*): influence of weak frequency-modulated radio frequency fields. *Scientific Reports*, *5*(1), 9917. <https://doi.org/10.1038/srep09917>
- Martin, L. D., & Bennett, D. K. (1977). The burrows of the miocene beaver palaeocastor, Western Nebraska, U.S.A. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, *22*(3), 173–193. [https://doi.org/10.1016/0031-0182\(77\)90027-X](https://doi.org/10.1016/0031-0182(77)90027-X)
- Mather, J. G., & Baker, R. R. (1980). A demonstration of navigation by small rodents using an orientation cage. *Nature*, *284*(5753), 259–262. <https://doi.org/10.1038/284259a0>
- Mather, J. G., & Baker, R. R. (1981). Magnetic sense of direction in woodmice for route-based navigation. *Nature*, *291*(5811), 152–155. <https://doi.org/10.1038/291152a0>
- Mora, C. V., Davison, M., Martin Wild, J., & Walker, M. M. (2004). Magnetoreception and its trigeminal mediation in the homing pigeon. *Nature*, *432*(7016), 508–511. <https://doi.org/10.1038/nature03077>
- Mouritsen, H. (1998). Redstarts, *Phoenicurus phoenicurus*, can orient in a true-zero magnetic field. *Animal Behaviour*, *55*(5), 1311–1324. <https://doi.org/10.1006/anbe.1997.0696>
- Muheim, R., Edgar, N. M., Sloan, K. A., & Phillips, J. B. (2006). Magnetic compass orientation in C57BL/6J mice. *Learning & Behavior*, *34*(4), 366–373. <https://doi.org/10.3758/BF03193201>
- Munro, U., & Wiltschko, W. (1993). Magnetic compass orientation in the yellow-faced honeyeater, *Lichenostomus chrysops*, a day migrating bird from Australia. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, *32*(2), 141–145. <https://doi.org/10.1007/BF00164047>
- Murie, O. J., & Murie, A. (1931). Travels of *Peromyscus*. *Journal of Mammalogy*, *12*(3), 200–209. <https://doi.org/10.2307/1373866>
- Němec, P., & Vácha, M. (2007). Mechanismy magnetorecepce. *Vesmír*, *86*, 284–289.

- Nolet, B. A., & Rosell, F. (1998). Comeback of the beaver *Castor fiber*: An overview of old and new conservation problems. *Biological Conservation*, 83(2), 165–173. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(97\)00066-9](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(97)00066-9)
- Nummi, P., & Holopainen, S. (2014). Whole-community facilitation by beaver: ecosystem engineer increases waterbird diversity. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 24(5), 623–633. <https://doi.org/10.1002/aqc.2437>
- Obleser, P., Hart, V., Malkemper, E. P., Begall, S., Holá, M., Painter, M. S., Červený, J., & Burda, H. (2016). Compass-controlled escape behavior in roe deer. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 70(8), 1345–1355. <https://doi.org/10.1007/s00265-016-2142-y>
- Oliveriusová, L., Němec, P., Králová, Z., & Sedláček, F. (2012). Magnetic compass orientation in two strictly subterranean rodents: learned or species-specific innate directional preference? *Journal of Experimental Biology*. <https://doi.org/10.1242/jeb.069625>
- Oliveriusová, L., Němec, P., Pavelková, Z., & Sedláček, F. (2014). Spontaneous expression of magnetic compass orientation in an epigeic rodent: the bank vole, *Clethrionomys glareolus*. *Naturwissenschaften*, 101(7), 557–563. <https://doi.org/10.1007/s00114-014-1192-0>
- Phillips, J. B. (1977). Use of the earth's magnetic field by orienting cave salamanders (*Eurycea lucifuga*). *Journal of Comparative Physiology ? A*, 121(2), 273–288. <https://doi.org/10.1007/BF00609616>
- Pinto, B., Santos, M. J., & Rosell, F. (2009). Habitat selection of the Eurasian beaver (*Castor fiber*) near its carrying capacity: an example from Norway. *Canadian Journal of Zoology*, 87(4), 317–325. <https://doi.org/10.1139/Z09-015>
- Plint, T., Longstaffe, F. J., Ballantyne, A., Telka, A., & Rybczynski, N. (2020). Evolution of woodcutting behaviour in Early Pliocene beaver driven by consumption of woody plants. *Scientific Reports*, 10(1), 13111. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-70164-1>
- Ritz, T., Adem, S., & Schulten, K. (2000). A Model for Photoreceptor-Based Magnetoreception in Birds. *Biophysical Journal*, 78(2), 707–718. [https://doi.org/10.1016/S0006-3495\(00\)76629-X](https://doi.org/10.1016/S0006-3495(00)76629-X)
- Ritz, T., Ahmad, M., Mouritsen, H., Wiltschko, R., & Wiltschko, W. (2010). Photoreceptor-based magnetoreception: optimal design of receptor molecules, cells, and neuronal processing. *Journal of The Royal Society Interface*, 7(suppl_2). <https://doi.org/10.1098/rsif.2009.0456.focus>
- Rybczynski, N. (2007). Castorid Phylogenetics: Implications for the Evolution of Swimming and Tree-Exploitation in Beavers. *Journal of Mammalian Evolution*, 14(1), 1–35. <https://doi.org/10.1007/s10914-006-9017-3>
- Rybczynski, N. (2008). Woodcutting behavior in beavers (Castoridae, Rodentia): estimating ecological performance in a modern and a fossil taxon. *Paleobiology*, 34(3), 389–402. <https://doi.org/10.1666/06085.1>
- Samuels, J. X., & Zancanella, J. (2016). An Early Hemphillian Occurrence Of *Castor* (Castoridae) From The Rattlesnake Formation Of Oregon. *Journal of Paleontology*, 85, 7.
- Sandberg, R., Ottosson, U., & Pettersson, J. (1991). Magnetic Orientation Of Migratory Wheatears (*Oenanthe Oenanthe*) In Sweden And Greenland. *Journal of Experimental Biology*, 155(1), 51–64. <https://doi.org/10.1242/jeb.155.1.51>
- Schleich, C. E., & Antinuchi, C. D. (2004). Testing Magnetic Orientation in a Solitary Subterranean Rodent *Ctenomys talarum* (Rodentia: Octodontidae). *Ethology*, 110(6), 485–495. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.2004.00981.x>

- Vácha, M., Půžová, T., & Kvícalová, M. (2009). Radio frequency magnetic fields disrupt magnetoreception in American cockroach. *Journal of Experimental Biology*, 212(21), 3473–3477. <https://doi.org/10.1242/jeb.028670>
- 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.*, 149–179.
- Vorel, A., Mokřý, J., & Šimůnková, K. (2014). The population growth of Eurasian beaver in the Bohemian Forest. *Silva Gabreta*, 25–40.
- Vorel, A., Válková, L., Hamšíková, L., Maloň, J., & Korbelová, J. (2015). Beaver foraging behaviour: Seasonal foraging specialization by a choosy generalist herbivore. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 69(7), 1221–1235. <https://doi.org/10.1007/s00265-015-1936-7>
- Vorel, A., Dostál, T., Uhlíková, J., Korbelová, J., & Koudelka, P. (2016). *Handbook for Coexisting with Beavers* (A. Vorel & J. Korbelová, Eds.). Czech University Of Life Science Prague.
- Walcott, C., Gould, J. L., & Kirschvink, J. L. (1979). Pigeons Have Magnets. *Science*, 205(4410), 1027–1029. <https://doi.org/10.1126/science.472725>
- Walker, M. M., Dennis, T. E., & Kirschvink, J. L. (2002). The magnetic sense and its use in long-distance navigation by animals. *Current Opinion in Neurobiology*, 12(6), 735–744. [https://doi.org/10.1016/S0959-4388\(02\)00389-6](https://doi.org/10.1016/S0959-4388(02)00389-6)
- Wilsson, L. (1971). Observations and Experiments on the Ethology of the European Beaver (*Castor fiber*). *Viltrevy Swedish Wildlife*, 8.
- Wiltschko, W., & Wiltschko, R. (1972). Magnetic Compass of European Robins. *Science*, 176(4030), 62–64. <https://doi.org/10.1126/science.176.4030.62>
- Wiltschko, W., & Wiltschko, R. (2005). Magnetic orientation and magnetoreception in birds and other animals. *Journal of Comparative Physiology A*, 191(8), 675–693. <https://doi.org/10.1007/s00359-005-0627-7>
- Wiltschko, R., & Wiltschko, W. (2006). Magnetoreception. *BioEssays*, 28(2), 157–168. <https://doi.org/10.1002/bies.20363>
- Wiltschko, R., Thalau, P., Gehring, D., Nießner, C., Ritz, T., & Wiltschko, W. (2015). Magnetoreception in birds: the effect of radio-frequency fields. *Journal of The Royal Society Interface*, 12(103), 20141103. <https://doi.org/10.1098/rsif.2014.1103>
- Wróbel, M. (2020). Population of Eurasian beaver (*Castor fiber*) in Europe. *Global Ecology and Conservation*, 23, e01046. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01046>
- Xenikoudakis, G., Ahmed, M., Harris, J. C., Wadleigh, R., Paijmans, J. L. A., Hartmann, S., Barlow, A., Lerner, H., & Hofreiter, M. (2020). Ancient DNA reveals twenty million years of aquatic life in beavers. *Current Biology*, 30(3), R110–R111. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.12.041>
- Żurowski, W. (1992). Building activity of beavers. *Acta Theriologica Sinica*, 37(4), 403–411.

9 Seznam tabulek, obrázků a příloh

9.1 Tabulky

Tabulka 1: Druhá skladba bobřích okusů

Tabulka 2: Výsledky směrových analýz orientace bobřích okusů

Tabulka 3: Výsledky směrových analýz orientace bobřích hrází

9.2 Obrázky

Obrázek 1: Bobří okus; šipka představuje orientaci okusu (foto: Oldřich Vojtěch)

Obrázek 2: Bobří hrad; šipka představuje orientaci hradu (foto: Oldřich Vojtěch)

Obrázek 3: Nákrasy bobřích hradů ze studie Žurowski (1992) s pohledem z boku a z půdorysu; šipky představují orientaci hradu

Obrázek 4: Ortofoto snímky dvou bobřích hrází; modré šipky představují osu roviny hráze a červené šipky představují směr toku v místě hráze (zdroj: ortofoto mapa ČR – ČÚZK)

Obrázek 5: Ortofoto snímky dvou bobřích hrází; modré šipky představují osu roviny hráze a červené šipky představují směr toku v místě hráze (zdroj: ortofoto mapa ČR – ČÚZK)

Obrázek 6: Příklad mapového výstupu Vektorizace a mapování vegetace v okolí vodních toků

Obrázek 7: Orientace všech okusů (úhlový typ kruhových dat); 60° $p=0,087$

Obrázek 8: Orientace všech okusů (osový typ kruhových dat); 88° $p=0,91$

Obrázek 9: Orientace vodních toků v místě okusu; 46°

Obrázek 10: Orientace všech okusů (S) (úhlový typ kruhových dat); 30° $p=0,499$

Obrázek 11: Orientace všech okusů (S) (osový typ kruhových dat); 10° $p=0,994$

Obrázek 12: Orientace vodních toků (S); 358°

Obrázek 13: Orientace okusů s průměrem kmene menším než 10 cm (S) (úhlový typ kruhových dat); 317° $p=0,425$

Obrázek 14: Orientace okusů s průměrem kmene menším než 10 cm (S) (osový typ kruhových dat); 67° $p=0,834$

Obrázek 15: Orientace okusů s průměrem kmene větším než 10 cm (S) (úhlový typ kruhových dat); 72° $p=0,253$

Obrázek 16: Orientace okusů s průměrem kmene větším než 10 cm (S) (osový typ kruhových dat); 163° $p=0,834$

Obrázek 17: Orientace všech okusů (JV) (úhlový typ kruhových dat); 74° $p=0,157$

Obrázek 18: Orientace všech okusů (JV) (osový typ kruhových dat); 111° $p=0,743$

Obrázek 19: Orientace vodních toků (S); 99°

Obrázek 20: Orientace okusů s průměrem kmene menším než 10 cm (JV) (úhlový typ kruhových dat); 41° $p=0,26$

Obrázek 21: Orientace okusů s průměrem kmene menším než 10 cm (JV) (osový typ kruhových dat); 130° $p=0,787$

Obrázek 22: Orientace okusů s průměrem kmene větším než 10 cm (JV) (úhlový typ kruhových dat); 101° $p=0,307$

Obrázek 23: Orientace okusů s průměrem kmene větším než 10 cm (JV) (osový typ kruhových dat); 95° $p=0,816$

Obrázek 24: Orientace částí vodního toku v měřeném úseku Křemelná teritorium 1.; 115°

Obrázek 25: Orientace vodního toku v místě hráze v měřeném úseku Křemelná teritorium 1.; 79° s hodnotou $p=0,06$ v počtu 4 záznamů
Obrázek 26: Orientace částí vodního toku v měřeném úseku Křemelná teritorium 2.; 157°
Obrázek 27: Orientace vodního toku v místě hráze v měřeném úseku Křemelná teritorium 2.; 161° s hodnotou $p=0,044$ v počtu 3 záznamů
Obrázek 28: Orientace částí vodního toku v měřeném úseku Křemelná teritorium 3.; 146°
Obrázek 29: Orientace vodního toku v místě hráze v měřeném úseku Křemelná teritorium 3.; 109° s hodnotou $p=0,022$ v počtu 4 záznamů
Obrázek 30: Orientace částí vodního toku v měřeném úseku Křemelná teritorium 4.; 119°
Obrázek 31: Orientace vodního toku v místě hráze v měřeném úseku Křemelná teritorium 4.; 75° s hodnotou $p=0,512$ v počtu 1 záznamů
Obrázek 32: Orientace částí vodního toku v měřeném úseku Hrádecký potok; 15°
Obrázek 33: Orientace vodního toku v místě hráze v měřeném úseku Hrádecký potok; 5° s hodnotou $p=0,009$ v počtu 6 záznamů
Obrázek 34: Orientace částí vodního toku v měřeném úseku Jezerní potok; 5°
Obrázek 35: Orientace vodního toku v místě hráze v měřeném úseku Jezerní potok; 332° s hodnotou p v intervalu $(0,001;0)$ v počtu 12 záznamů
Obrázek 36: Orientace částí vodního toku v měřeném úseku Plavební potok; 3°
Obrázek 37: Orientace vodního toku v místě hráze v měřeném úseku Plavební potok; 357° s hodnotou $p=0,126$ v počtu 4 záznamů
Obrázek 38: Orientace částí vodního toku v měřeném úseku Hamerský potok; 281°
Obrázek 39: Orientace vodního toku v místě hráze v měřeném úseku Hamerský potok; 31° s hodnotou $p=0,512$ v počtu 1 záznamů

9.3 Přílohy

Příloha 1: Tabulka se záznamy jednotlivých záznamů okusů
Příloha 2: Tabulka s jednotlivými záznamy změřených hrází
Příloha 3: Tabulka s jednotlivými záznamy změřených hradů
Příloha 4: Tabulka s jednotlivými záznamy orientace částí vodních toků v měřených úsecích vodních toků

10 Samostatné přílohy

10.1 Tabulka – záznamy okusů

ID	druh	průměr (cm)	vzd. voda (m)	vzd. hráz (m)	vzd. hrad (m)	svah (%)	stáří okusu	směr toku	směr okusu
1	bříza bělokorá	20	1	12	x	<10%	3 roky a více	69	75
2	bříza bělokorá	15	1	16	x	<10%	3 roky a více	69	300
3	olše šedá	13	0,5	13	x	<10%	3 roky a více	69	302
4	olše šedá	9	0,5	13	x	<10%	3 roky a více	69	264
5	bříza bělokorá	11	0,5	16	x	<10%	3 roky a více	69	78
6	bříza bělokorá	14	0,5	16	x	<10%	3 roky a více	69	328
7	bříza bělokorá	14	1	18	x	<10%	3 roky a více	69	316
8	bříza bělokorá	15	1	18	x	<10%	3 roky a více	69	166
9	bříza bělokorá	10	3	20	x	<10%	3 roky a více	69	80
10	bříza bělokorá	17	2	21	x	<10%	3 roky a více	69	40
11	bříza bělokorá	19	2	21	x	<10%	3 roky a více	69	105
12	bříza bělokorá	24	2	21	x	<10%	3 roky a více	69	120
13	bříza bělokorá	14	7	27	x	<10%	3 roky a více	69	75
14	bříza bělokorá	13	9	28	x	<10%	3 roky a více	69	70
15	bříza bělokorá	15	9	28	x	<10%	3 roky a více	69	114
16	bříza bělokorá	9	9	28	x	<10%	3 roky a více	69	251
17	bříza bělokorá	8	9	28	x	<10%	3 roky a více	69	358
18	bříza bělokorá	12	1	25	x	<10%	3 roky a více	69	209
19	bříza bělokorá	7	1	25	x	<10%	3 roky a více	69	136
20	bříza bělokorá	5	1	25	x	<10%	3 roky a více	69	66
21	bříza bělokorá	9	1	26	x	<10%	3 roky a více	69	125
22	bříza bělokorá	6	1	26	x	<10%	3 roky a více	112	346
23	bříza bělokorá	12	3	30	x	<10%	3 roky a více	112	297
24	bříza bělokorá	11	3	30	x	<10%	3 roky a více	112	59
25	bříza bělokorá	12	16	47	x	<10%	1-2 roky	112	182
26	bříza bělokorá	9	16	47	x	<10%	1-2 roky	112	302
27	bříza bělokorá	6	16	47	x	<10%	1-2 roky	112	250
28	bříza bělokorá	9	16	47	x	<10%	1-2 roky	112	33
29	bříza bělokorá	10	16	47	x	<10%	1-2 roky	112	326
30	bříza bělokorá	6	16	47	x	<10%	1-2 roky	112	303
31	bříza bělokorá	10	16	47	x	<10%	1-2 roky	112	138
32	bříza bělokorá	10	10	60	x	<10%	3 roky a více	112	355
33	bříza bělokorá	11	10	60	x	<10%	3 roky a více	112	137
34	bříza bělokorá	9	1	70	x	<10%	3 roky a více	43	20
35	bříza bělokorá	9	1	70	x	<10%	3 roky a více	43	200
36	bříza bělokorá	10	1	70	x	<10%	3 roky a více	43	318
37	bříza bělokorá	13	1	70	x	<10%	3 roky a více	43	255
38	bříza bělokorá	8	1	70	x	<10%	3 roky a více	43	320
39	bříza bělokorá	10	1	72	x	<10%	3 roky a více	43	30
40	bříza bělokorá	7	1	72	x	<10%	3 roky a více	43	180

41	bříza bělokorá	6	1	72	x	<10%	3 roky a více	43	330
42	bříza bělokorá	6	1	72	x	<10%	3 roky a více	43	273
43	bříza bělokorá	9	1	74	x	<10%	3 roky a více	43	273
44	bříza bělokorá	10	1	74	x	<10%	3 roky a více	43	65
45	bříza bělokorá	10	3	74	x	<10%	3 roky a více	43	79
46	bříza bělokorá	10	1	74	x	<10%	3 roky a více	43	312
47	topol osika	28	0	8	x	<10%	3 roky a více	330	77
48	olše šedá	9	2	8	x	<10%	1-2 roky	330	54
49	topol osika	13	0,5	12	x	<10%	1-2 roky	330	152
50	topol osika	11	1	14	x	<10%	do 1 roku	330	17
51	topol osika	17	1	15	x	<10%	1-2 roky	330	100
52	topol osika	14	0	15	x	<10%	1-2 roky	330	63
53	topol osika	10	0	16	x	<10%	do 1 roku	330	226
54	topol osika	6	2	16	x	<10%	1-2 roky	330	290
55	topol osika	9	5	18	x	<10%	1-2 roky	330	115
56	topol osika	18	6	18	x	<10%	3 roky a více	330	130
57	bříza bělokorá	10	10	17	x	<10%	1-2 roky	330	36
58	bříza bělokorá	8	3	19	x	<10%	1-2 roky	330	106
59	bříza bělokorá	7	3	19	x	<10%	1-2 roky	330	250
60	bříza bělokorá	7	3	19	x	<10%	1-2 roky	330	81
61	topol osika	25	0	20	x	<10%	3 roky a více	330	106
62	topol osika	8	1	21	x	<10%	3 roky a více	330	52
63	topol osika	17	1	23	x	<10%	1-2 roky	330	222
64	topol osika	10	2	25	x	<10%	1-2 roky	330	249
65	topol osika	12	1	30	x	<10%	1-2 roky	330	24
66	bříza bělokorá	9	1	30	x	<10%	1-2 roky	330	120
67	topol osika	16	0	34	x	<10%	1-2 roky	330	121
68	topol osika	17	2	36	x	<10%	1-2 roky	330	77
69	topol osika	13	4	37	x	<10%	1-2 roky	330	189
70	bříza bělokorá	8	4	36	x	<10%	1-2 roky	330	258
71	bříza bělokorá	27	1	50	x	<10%	1-2 roky	330	324
72	topol osika	12	1	51	x	<10%	1-2 roky	330	25
73	topol osika	9	4	49	x	<10%	1-2 roky	330	255
74	topol osika	8	6	48	x	<10%	1-2 roky	330	30
75	topol osika	60	4	48	x	<10%	1-2 roky	330	337
76	topol osika	28	0	46	x	<10%	1-2 roky	330	297
77	topol osika	13	8	53	x	<10%	1-2 roky	330	141
78	topol osika	30	8	53	x	<10%	1-2 roky	330	66
79	topol osika	27	0	59	x	<10%	3 roky a více	330	262
80	bříza bělokorá	16	1	3	x	<10%	3 roky a více	330	71
81	olše šedá	10	10	29	x	<10%	1-2 roky	330	155
82	olše šedá	15	3	4	x	<10%	3 roky a více	320	355
83	olše šedá	31	2	10	x	<10%	1-2 roky	320	261
84	olše šedá	8	1	10	x	<10%	3 roky a více	320	280
85	bříza bělokorá	9	1	11	x	<10%	3 roky a více	320	129
86	bříza bělokorá	11	8	21	x	<10%	3 roky a více	101	79
87	bříza bělokorá	9	8	21	x	<10%	3 roky a více	101	11

88	bříza bělokorá	10	8	21	x	<10%	3 roky a více	101	158
89	bříza bělokorá	21	8	21	x	<10%	3 roky a více	101	111
90	bříza bělokorá	12	11	23	x	<10%	1-2 roky	101	201
91	bříza bělokorá	9	11	23	x	<10%	1-2 roky	101	126
92	bříza bělokorá	14	11	19	x	<10%	3 roky a více	101	3
93	bříza bělokorá	15	13	19	x	<10%	3 roky a více	101	89
94	bříza bělokorá	12	12	21	x	<10%	3 roky a více	101	130
95	bříza bělokorá	10	15	23	x	<10%	3 roky a více	101	355
96	bříza bělokorá	7	20	29	x	<10%	3 roky a více	101	73
97	bříza bělokorá	11	19	31	x	<10%	3 roky a více	101	171
98	bříza bělokorá	10	21	34	x	<10%	3 roky a více	101	91
99	bříza bělokorá	13	21	34	x	<10%	3 roky a více	101	181
100	bříza bělokorá	9	21	35	x	<10%	1-2 roky	101	41
101	bříza bělokorá	8	22	35	x	<10%	1-2 roky	101	76
102	bříza bělokorá	12	22	35	x	<10%	1-2 roky	101	71
103	bříza bělokorá	8	23	35	x	<10%	3 roky a více	101	70
104	bříza bělokorá	8	31	45	x	<10%	3 roky a více	101	146
105	bříza bělokorá	11	31	45	x	<10%	3 roky a více	101	61
106	bříza bělokorá	9	31	45	x	<10%	3 roky a více	101	242
107	bříza bělokorá	13	42	63	x	<10%	3 roky a více	101	99
108	bříza bělokorá	14	42	63	x	<10%	3 roky a více	101	12
109	bříza bělokorá	12	42	63	x	<10%	3 roky a více	101	305
110	olše šedá	7	1	51	x	<10%	3 roky a více	86	212
111	bříza bělokorá	15	3	51	x	<10%	3 roky a více	86	227
112	bříza bělokorá	10	2	8	x	<10%	1-2 roky	86	252
113	bříza bělokorá	8	2	8	x	<10%	1-2 roky	86	340
114	bříza bělokorá	14	3	5	x	<10%	3 roky a více	86	230
115	bříza bělokorá	13	3	4	x	<10%	3 roky a více	112	280
116	bříza bělokorá	13	1	6	x	<10%	do 1 roku	112	261
117	bříza bělokorá	9	3	8	x	<10%	1-2 roky	112	202
118	bříza bělokorá	11	3	8	x	<10%	1-2 roky	112	189
119	bříza bělokorá	20	3	10	x	<10%	3 roky a více	112	158
120	bříza bělokorá	15	4	10	x	<10%	3 roky a více	112	64
121	bříza bělokorá	15	2	12	x	<10%	3 roky a více	112	148
122	bříza bělokorá	11	2	12	x	<10%	3 roky a více	112	354
123	bříza bělokorá	15	3	15	x	<10%	3 roky a více	112	102
124	bříza bělokorá	11	1	21	x	<10%	3 roky a více	112	261
125	bříza bělokorá	18	1	21	x	<10%	3 roky a více	112	10
126	bříza bělokorá	16	1	22	x	<10%	3 roky a více	112	301
127	bříza bělokorá	26	1	22	x	<10%	3 roky a více	112	132
128	bříza bělokorá	4	1	22	x	<10%	3 roky a více	112	336
129	bříza bělokorá	14	1	23	x	<10%	3 roky a více	112	338
130	bříza bělokorá	10	1	23	x	<10%	3 roky a více	112	324
131	bříza bělokorá	26	0	10	x	<10%	3 roky a více	112	12
132	bříza bělokorá	6	0	10	x	<10%	3 roky a více	112	113
133	bříza bělokorá	26	3	5	x	<10%	3 roky a více	112	180
134	bříza bělokorá	26	10	12	x	<10%	3 roky a více	112	202

135	bříza bělokorá	18	14	16	x	<10%	3 roky a více	112	93
136	bříza bělokorá	18	17	20	x	<10%	3 roky a více	112	220
137	bříza bělokorá	25	3	20	x	<10%	3 roky a více	356	326
138	bříza bělokorá	28	2	18	x	<10%	3 roky a více	30	137
139	bříza bělokorá	21	1	115	82	<10%	3 roky a více	290	20
140	bříza bělokorá	16	1	115	82	<10%	3 roky a více	290	52
141	bříza bělokorá	14	1	115	82	<10%	do 1 roku	290	34
142	bříza bělokorá	15	1	115	82	<10%	do 1 roku	290	67
143	bříza bělokorá	20	1	116	83	<10%	do 1 roku	290	165
144	smrk ztepilý	9	5	5	250	10-20%	3 roky a více	244	240
145	smrk ztepilý	15	5	5	250	10-20%	3 roky a více	244	277
146	olše šedá	18	3	23	250	<10%	do 1 roku	237	76
147	olše šedá	22	3	23	250	<10%	do 1 roku	237	203
148	topol osika	45	15	16	x	<10%	do 1 roku	118	41
149	topol osika	23	8	10	x	<10%	1-2 roky	118	260
150	bříza bělokorá	12	6	12	x	<10%	do 1 roku	118	335
151	olše šedá	14	5	16	x	<10%	do 1 roku	118	136
152	olše šedá	11	3	20	x	<10%	1-2 roky	126	117
153	bříza bělokorá	18	1	25	x	<10%	do 1 roku	85	30
154	bříza bělokorá	13	4	30	x	<10%	do 1 roku	68	258
155	bříza bělokorá	4	4	30	x	<10%	do 1 roku	68	17
156	bříza bělokorá	15	1	5	x	<10%	1-2 roky	112	0
157	bříza bělokorá	17	2	6	x	<10%	do 1 roku	112	229
158	bříza bělokorá	21	1	7	x	10-20%	do 1 roku	112	158
159	bříza bělokorá	5	1	7	x	10-20%	3 roky a více	112	161
160	olše šedá	24	4	25	x	<10%	3 roky a více	121	68
161	olše šedá	4	3	16	x	<10%	1-2 roky	118	135
162	olše šedá	2	3	18	x	<10%	do 1 roku	118	58
163	olše šedá	5	3	18	x	<10%	do 1 roku	118	318
164	olše šedá	4	3	18	x	<10%	do 1 roku	118	61
165	bříza bělokorá	15	2	5	x	10-20%	do 1 roku	16	186
166	bříza bělokorá	13	2	5	x	10-20%	do 1 roku	16	199
167	bříza bělokorá	3	3	6	x	10-20%	do 1 roku	16	189
168	bříza bělokorá	4	3	6	x	10-20%	do 1 roku	16	11
169	bříza bělokorá	6	2	5	x	10-20%	3 roky a více	16	82
170	bříza bělokorá	18	2	5	x	10-20%	do 1 roku	16	95
171	bříza bělokorá	15	2	5	x	10-20%	1-2 roky	16	86
172	bříza bělokorá	11	2	5	x	10-20%	do 1 roku	16	88
173	bříza bělokorá	9	1	5	x	10-20%	3 roky a více	16	172
174	bříza bělokorá	16	1	4	x	<10%	3 roky a více	16	359
175	bříza bělokorá	6	1	4	x	<10%	3 roky a více	16	152
176	bříza bělokorá	10	1	4	x	<10%	3 roky a více	16	333
177	bříza bělokorá	8	1	4	x	<10%	3 roky a více	16	295
178	bříza bělokorá	5	1	5	x	<10%	1-2 roky	16	258
179	bříza bělokorá	11	1	5	x	<10%	1-2 roky	16	6
180	bříza bělokorá	4	1	5	x	<10%	3 roky a více	16	265
181	bříza bělokorá	24	2	6	x	<10%	1-2 roky	359	125

182	bříza bělokorá	22	1	6	x	<10%	3 roky a více	359	198
183	bříza bělokorá	23	2	6	x	<10%	1-2 roky	359	271
184	bříza bělokorá	11	6	10	x	<10%	3 roky a více	325	133
185	bříza bělokorá	8	6	10	x	<10%	3 roky a více	325	341
186	bříza bělokorá	9	6	10	x	<10%	3 roky a více	325	21
187	bříza bělokorá	13	2	7	x	<10%	do 1 roku	16	358
188	bříza bělokorá	15	2	7	x	<10%	do 1 roku	16	0
189	bříza bělokorá	6	2	7	x	<10%	1-2 roky	16	6
190	bříza bělokorá	7	2	7	x	<10%	1-2 roky	16	11
191	bříza bělokorá	9	2	7	x	<10%	1-2 roky	16	341
192	bříza bělokorá	16	5	10	x	<10%	3 roky a více	16	53
193	bříza bělokorá	11	5	9	x	<10%	1-2 roky	16	290
194	bříza bělokorá	13	5	10	x	<10%	do 1 roku	16	56
195	topol osika	22	5	60	100	<10%	1-2 roky	13	68
196	topol osika	14	10	60	100	<10%	3 roky a více	13	355
197	bříza bělokorá	13	1	6	40	<10%	do 1 roku	19	188
198	bříza bělokorá	4	1	6	40	<10%	do 1 roku	18	217
199	topol osika	23	10	8	38	10-20%	do 1 roku	6	167
200	topol osika	60	1	11	35	<10%	do 1 roku	6	72
201	topol osika	22	8	15	40	<10%	1-2 roky	6	266
202	topol osika	11	8	15	40	<10%	3 roky a více	6	20
203	topol osika	19	8	15	40	<10%	1-2 roky	6	220
204	topol osika	10	8	14	40	<10%	1-2 roky	6	183
205	topol osika	15	8	12	40	<10%	1-2 roky	6	131
206	topol osika	17	8	10	40	<10%	1-2 roky	6	160
207	topol osika	15	9	9	40	<10%	1-2 roky	6	169
208	topol osika	6	8	8	42	<10%	1-2 roky	6	253
209	topol osika	43	2	10	8	<10%	do 1 roku	36	334
210	topol osika	13	5	50	100	<10%	3 roky a více	13	118
211	topol osika	23	5	50	100	<10%	1-2 roky	13	178
212	topol osika	22	6	50	100	<10%	3 roky a více	13	346
213	topol osika	18	4	50	100	<10%	3 roky a více	6	242
214	topol osika	23	3	40	100	<10%	3 roky a více	321	4
215	topol osika	24	1	40	100	<10%	3 roky a více	321	353
216	topol osika	15	1	40	100	<10%	1-2 roky	357	280

Příloha 1: Tabulka se záznamy jednotlivých záznamů okusů

10.2 Tabulka – záznamy hráze

lokality	aktivní	vyhovující	vzd. od el. vedení	orien. toku v místě hráze	orientace hráze	orien. toku
Plavební potok	ano	ano	nad 150 m	348	258	351
Plavební potok	ano	ano	nad 150 m	8	98	351
Plavební potok	ano	ano	nad 150 m	57	147	351
Plavební potok	ne	ano	nad 150 m	291	201	351
Jezerní potok	ne	ano	nad 150 m	320	230	346
Jezerní potok	ne	ano	nad 150 m	350	260	346
Jezerní potok	ne	ano	nad 150 m	315	225	346
Jezerní potok	ne	ano	nad 150 m	322	232	346
Jezerní potok	ne	ano	nad 150 m	95	5	346
Jezerní potok	ano	ano	nad 150 m	299	209	346
Jezerní potok	ano	ano	nad 150 m	298	208	346
Jezerní potok	ano	ano	nad 150 m	322	232	346
Jezerní potok	ano	ano	nad 150 m	17	107	346
Jezerní potok	ano	ano	nad 150 m	6	96	346
Jezerní potok	ano	ano	nad 150 m	296	206	346
Jezerní potok	ano	ano	nad 150 m	343	253	346
Hrádecký potok	ne	ano	nad 150 m	30	120	1
Hrádecký potok	ne	ano	nad 150 m	54	144	1
Hrádecký potok	ano	ano	nad 150 m	7	97	1
Hrádecký potok	ano	ano	nad 150 m	335	245	1
Hrádecký potok	ano	ano	nad 150 m	11	101	1
Hrádecký potok	ne	ano	nad 150 m	309	219	1
Hamerský potok	ano	ano	nad 150 m	310	310	269
Křemelná Ter.2	ne	ano	nad 150 m	162	252	145
Křemelná Ter.2	ne	ano	nad 150 m	144	234	145
Křemelná Ter.2	ne	ano	nad 150 m	178	268	145
Křemelná Ter.3	ne	ano	nad 150 m	144	234	133
Křemelná Ter.3	ne	ano	nad 150 m	78	168	133
Křemelná Ter.3	ano	ano	nad 150 m	109	199	133
Křemelná Ter.3	ano	ano	nad 150 m	107	197	133
Křemelná Ter.4	ano	ne	nad 150 m	75	165	120
Křemelná Ter.1	ano	ano	nad 150 m	43	133	102
Křemelná Ter.1	ano	ano	nad 150 m	140	230	102
Křemelná Ter.1	ano	ano	nad 150 m	66	156	102
Křemelná Ter.1	ne	ano	nad 150 m	75	165	102
Řezná	ano	ne	5-50 m	236	326	209
Řezná	ano	ne	50-100 m	290	380	209
Řezná	ano	ne	50-100 m	295	385	209
Řezná	ano	ne	5-50 m	264	354	209
Řezná	ano	ne	5-50 m	168	258	209
Řezná	ano	ne	5-50 m	241	331	209
Řezná	ano	ne	50-100 m	211	301	209

Příloha 2: Tabulka s jednotlivými záznamy změřených hrází

10.3 Tabulka – záznamy hrady

lokality	aktivní	vzd. od el. vedení	orien. hradu	orien. toku
Řezná	ano	5-50 m	211	209
Hamberský potok	ano	nad 150 m	359	269
Hamberský potok	ano	nad 150 m	163	269
Hrádecký potok	ano	nad 150 m	48	1

Příloha 3: Tabulka s jednotlivými záznamy změřených hradů

10.4 Tabulka – záznamy orientace částí vodního toku v měřených úsecích

teritorium	azimut	délka	teritorium	azimut	délka	teritorium	azimut	délka	teritorium	azimut	délka
křemelná T1	80	11	křemelná T2	245	20	mechov	350	6	slunečná	14	39
křemelná T1	41	13	křemelná T2	204	13	mechov	55	7	slunečná	4	23
křemelná T1	102	24	křemelná T2	229	22	mechov	16	33	slunečná	349	152
křemelná T1	95	18	křemelná T2	160	45	mechov	356	6	slunečná	356	22
křemelná T1	179	8	křemelná T2	147	32	mechov	332	15	slunečná	15	41
křemelná T1	90	13	křemelná T2	188	9	mechov	335	40	slunečná	348	38
křemelná T1	123	15	křemelná T2	255	16	mechov	323	14	slunečná	332	95
křemelná T1	93	15	křemelná T2	167	18	mechov	2	15	slunečná	70	5
křemelná T1	78	9	křemelná T3	130	31	mechov	295	7	slunečná	14	34
křemelná T1	116	8	křemelná T3	152	12	mechov	343	36	slunečná	341	149
křemelná T1	178	12	křemelná T3	170	28	mechov	310	13	slunečná	352	20
křemelná T1	135	5	křemelná T3	188	26	mechov	357	30	slunečná	85	46
křemelná T1	71	4	křemelná T3	116	7	mechov	338	27	slunečná	115	67
křemelná T1	134	7	křemelná T3	145	16	srní	354	11	horská kvilda	281	25
křemelná T1	184	11	křemelná T3	108	8	srní	315	18	horská kvilda	257	27
křemelná T1	123	8	křemelná T3	73	18	srní	0	10	horská kvilda	290	8
křemelná T1	95	15	křemelná T3	130	9	srní	30	24	horská kvilda	11	10
křemelná T1	117	18	křemelná T3	173	13	srní	2	14	horská kvilda	319	23
křemelná T1	130	24	křemelná T3	193	15	srní	299	51	horská kvilda	274	22
křemelná T1	119	18	křemelná T3	210	12	srní	325	12	horská kvilda	236	17
křemelná T1	139	3	křemelná T3	175	14	srní	359	40	horská kvilda	294	38
křemelná T1	187	8	křemelná T3	165	30	srní	344	18	horská kvilda	332	16
křemelná T1	162	5	křemelná T3	144	13	srní	57	15	horská kvilda	294	23
křemelná T1	103	38	křemelná T3	120	17	srní	0	25	horská kvilda	172	17
křemelná T1	94	15	křemelná T3	93	20	srní	311	20	horská kvilda	280	21
křemelná T1	90	9	křemelná T3	110	8	srní	19	96	horská kvilda	294	39
křemelná T1	119	7	křemelná T3	141	12	srní	57	23	horská kvilda	315	18
křemelná T1	182	5	křemelná T3	180	6	srní	21	18	horská kvilda	234	43
křemelná T1	122	13	křemelná T3	239	10	srní	349	11	horská kvilda	303	19
křemelná T1	68	14	křemelná T3	180	6	srní	20	56	horská kvilda	331	7
křemelná T1	92	16	křemelná T3	141	5	srní	34	10	horská kvilda	267	25
křemelná T1	101	13	křemelná T3	94	8	srní	53	9	horská kvilda	284	27
křemelná T1	75	17	křemelná T3	156	17	srní	96	17	horská kvilda	49	13
křemelná T1	88	7	křemelná T3	109	7	srní	12	7	horská kvilda	300	32
křemelná T1	90	6	křemelná T3	158	20	srní	29	14	horská kvilda	268	17
křemelná T1	41	3	křemelná T3	117	9	srní	298	16	horská kvilda	182	6
křemelná T1	343	8	křemelná T3	32	13	srní	332	5	horská kvilda	255	17
křemelná T1	50	6	křemelná T3	83	41	srní	5	26	horská kvilda	179	14
křemelná T1	115	12	křemelná T3	131	10	srní	55	21	horská kvilda	233	5
křemelná T1	122	32	křemelná T3	86	16	srní	77	18	horská kvilda	302	13
křemelná T1	117	58	křemelná T3	122	63	srní	342	17	horská kvilda	284	47
křemelná T1	89	3	křemelná T3	92	35	srní	268	12			
křemelná T1	152	16	křemelná T3	120	18	srní	311	8			
křemelná T1	110	10	křemelná T3	217	7	srní	3	5			
křemelná T1	90	21	křemelná T3	246	11	srní	50	9			
křemelná T1	132	23	křemelná T3	174	83	srní	24	19			
křemelná T1	112	4	křemelná T3	182	15	srní	0	4			
křemelná T1	161	16	křemelná T3	151	118	srní	285	8			
křemelná T1	105	16	křemelná T3	173	15	srní	10	34			
křemelná T1	150	2	křemelná T3	121	38	srní	81	12			
křemelná T1	231	7	křemelná T3	212	13	srní	327	20			
křemelná T1	287	22	křemelná T3	160	17	srní	26	23			
křemelná T1	239	6	křemelná T4	135	128	srní	104	15			

křemelná T1	141	13	křemelná T4	116	25	srní	72	6
křemelná T1	130	17	křemelná T4	157	40	srní	35	89
křemelná T1	119	23	křemelná T4	99	33	srní	341	29
křemelná T2	99	15	křemelná T4	124	91	srní	0	6
křemelná T2	143	9	křemelná T4	106	62	srní	62	4
křemelná T2	90	10	křemelná T4	12	43	srní	13	37
křemelná T2	112	25	křemelná T4	90	23	srní	43	35
křemelná T2	149	5	křemelná T4	22	24	srní	9	18
křemelná T2	234	13	křemelná T4	169	16	srní	31	21
křemelná T2	205	7	křemelná T4	140	24	srní	339	6
křemelná T2	151	6	křemelná T4	209	8	srní	39	22
křemelná T2	91	4	křemelná T4	264	9	srní	5	38
křemelná T2	132	6	křemelná T4	158	13	srní	60	17
křemelná T2	180	5	křemelná T4	95	10	srní	342	5
křemelná T2	208	11	křemelná T4	167	32	srní	274	12
křemelná T2	179	3	křemelná T4	120	19	srní	313	22
křemelná T2	142	15	křemelná T4	91	21	srní	36	19
křemelná T2	178	2	křemelná T4	72	28	srní	0	12
křemelná T2	220	5	křemelná T4	101	14	srní	33	23
křemelná T2	177	18	mechov	15	5	srní	90	12
křemelná T2	111	8	mechov	60	3	srní	87	13
křemelná T2	95	21	mechov	36	6	srní	44	23
křemelná T2	150	6	mechov	21	8	srní	19	5
křemelná T2	174	5	mechov	43	6	srní	348	18
křemelná T2	116	27	mechov	68	10	srní	14	88
křemelná T2	90	13	mechov	28	13	srní	51	24
křemelná T2	119	6	mechov	10	10	srní	88	12
křemelná T2	168	23	mechov	29	18	srní	48	54
křemelná T2	189	21	mechov	3	17	slunečná	355	28
křemelná T2	137	5	mechov	328	16	slunečná	343	59
křemelná T2	48	8	mechov	278	7	slunečná	335	106
křemelná T2	80	7	mechov	331	7	slunečná	5	50
křemelná T2	173	11	mechov	28	9	slunečná	311	37
křemelná T2	150	10	mechov	35	20	slunečná	356	168
křemelná T2	106	8	mechov	60	17	slunečná	40	14
křemelná T2	142	34	mechov	7	15	slunečná	12	51
křemelná T2	172	7	mechov	296	23	slunečná	31	17
křemelná T2	208	12	mechov	0	3	slunečná	344	39
křemelná T2	175	26	mechov	61	6	slunečná	359	49
křemelná T2	209	6	mechov	0	3	slunečná	325	24
křemelná T2	193	11	mechov	290	5	slunečná	0	32
křemelná T2	183	17	mechov	318	8	slunečná	29	29
křemelná T2	120	6	mechov	5	16	slunečná	343	130
křemelná T2	89	14	mechov	153	15	slunečná	352	27
křemelná T2	147	6	mechov	355	17	slunečná	10	31
křemelná T2	163	3	mechov	62	12	slunečná	43	33

Příloha 4: Tabulka s jednotlivými záznamy orientace částí vodních toků v měřených úsecích vodních toků