

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra myslivosti a lesnické zoologie



**Magnetická orientace dutin datlovitých ptáků
ve zvolené oblasti**

Bakalářská práce

Autor: Lucie Jindrová

Vedoucí práce: prof. RNDr. Petr Koubek, CSc.

© 2018 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Lucie Jindrová

Lesnictví

Název práce

Magnetická orientace dutin datlovitých ptáků ve zvolené oblasti

Název anglicky

Magnetic orientation of woodpecker's cavities in selected area

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je zpracování literární rešerše k dané problematice a sledování magnetické orientace dutin datlovitých ptáků.

Metodika

V bakalářské práci se zaměřte na zpracování literární rešerše k dané problematice a zdokumentování vlivu magnetismu na směr dutin tesaných datlovitými ptáky. Minimální počet buzolou změřených dutin je 200. Získaná data budou statisticky vyhodnocena v programu Oriana. Přesný postup měření byl studentce sdělen na konzultaci.

Literární rešerši zašlete v elektronické podobě vedoucí diplomové práce nejpozději do 31.12.2016.

Doporučený rozsah práce

cca 30 stran textu

Klíčová slova

magnetismus, magnetická orientace, Picidae

Doporučené zdroje informací

- Able, K.P. 1994 Magnetic orientation and magnetoreception in birds. *Progress in Neurobiology* 42, 449-476.
- Beason, R.C. 2005 Mechanisms of Magnetic Orientation in Birds. *Integr. Comp. Biol.* 45, 565-573.
- Begall, S., Červený, J., Neef, J., Vojtěch, O. & Burda, H. 2008 Magnetic alignment in grazing and resting cattle and deer. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 105, 13 451-13 455.
- Begall, S., Malkemper, S. E. P., Červený, J., Němec, P. & Burda, H. 2013 Magnetic alignment in mammals and other animals. *Mammalian Biology* 78,10-20.
- Červený, J., Begall, S., Koubek, P., Nováková, P. & Burda, H. 2011 Directional preference may enhance hunting accuracy in foraging foxes. *Biol. Lett.* 7, 355-357.
- Hart, V., Kušta, T., Němec, P., Bláhová, V., Ježek, M., Nováková, P., Begall, S., Červený, J., Hanzal, V., Malkemper, E.P., Štípek, K., Vole, C. & Burda, H. 2012 Magnetic alignment in carps: Evidence from the Czech Christmas fish market. *PLOS ONE* 7(12), doi:10.1371/journal.pone.0051100.
- 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(38), doi: 10.1186/1742-9994-10-38.
- Hart, V., Nováková, P., Malkemper, E.P., Begall, S., Hanzal, V., Ježek, M., Kušta, T., Němcová, V., Adámková, J., Benediktova, K., Červený, J. & Burda, H. 2013 Dogs are sensitive to small variations of the Earth's magnetic field. *Frontiers in Zoology* 10(80), doi:10.1186/1742-9994-10-80.
- Wiltschko, W., Wiltschko, R. & Ritz, T. 2011 The mechanism of the avian magnetic compass. *Procedia Chemistry* 3, 276-284.
-

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – FLD

Vedoucí práce

prof. RNDr. Petr Koubek, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra myslivosti a lesnické zoologie

Elektronicky schváleno dne 5. 5. 2017

doc. Ing. Vlastimil Hart, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 12. 2. 2018

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan

V Praze dne 17. 04. 2018

Čestné prohlášení

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „*Magnetická orientace dutin datlovitých ptáků ve zvolené oblasti*“, jsem vypracovala samostatně pod vedením prof. RNDr. Petra Koubka, CSc. a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědomá, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.“

V Praze dne 20. 4. 2018

Podpis autora

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu bakalářské práce prof. RNDr. Petru Koubkovi, CSc. za jeho odborné vedení, cenné rady a v neposlední řadě své rodině za podporu a trpělivost.

Abstrakt

Bakalářská práce pojednává o magnetické orientaci vytesaných dutin datlovitých ptáků. Z pohledu moderní techniky je užívání klasického kompasu poněkud zastaralé a lidé používají často družicový navigační systém, který s přesností několika metrů určí místo ve dvojrozměrné síti souřadnic na povrchu Země a podle souřadnic dokáže nasměrovat k cíli. Ukazuje se, že i živočichové mají zřejmě pozičně navigační systém využívající celoplanetární gradienty magnetického pole. Důkazů o takové magnetické mapě, kterou živočichové používají, stále přibývá. Nedílnou součástí rešerše je i stručná charakteristika základní problematiky geomagnetického pole Země a magnetorecepce. Cílem praktické části je potvrzení nebo vyvrácení hypotézy, že mnohé druhy ptactva upřednostňují severojižní osu nejen při zarovnání svých těl (tzv. magnetického alignmentu), ale i stavbě hnízd nebo tesání hnízdních dutin. Statistickou analýzou byla zjištěna severojižní preference u dvou lokalit a u dalších tří lokalit byla spíše prokázána východozápadní preference. U poslední lokality nebyl zjištěn žádný převládající preferenční směr. Možné faktory, které pravděpodobně vedly k jiné preferenci směru, byly diskutovány, ale přesně nevysvětlují zmíněnou odchylku od severojižní orientace.

Klíčová slova: magnetismus, magnetická orientace, Picidae

Abstract

Bachelor thesis deals with magnetic orientation of carved cavities by woodpeckers birds. From the point of view of modern technologies, using of classical compass is rather obsolete and people often use the satellite navigation system which-with exactness of a few metres- can determine the place in two- dimensional coordinate grid on the Earth surface and according to the coordinates it is able to direct to the destination. It takes out that also animals probably have a position navigation system which uses the global gradients of the magnetic field. There is more and more evidence about such a magnetic map which is used by animals. The received knowledge about animal abilities, especially birds, which use the magnetic field for their orientation, will be elaborated in the form of a literary research. The integral part of the research will also be a brief characteristic of the basic problem of the geomagnetic field of the Earth and magnetic reception. The aim of the practical part is either to prove or disprove the hypothesis, that a lot of bird species prefer the north-southern axis not only by their body alignment (the magnetic alignment), but also by building nests and carving cavities.

By the statistical analysis the north-southern orientation was found out at two locations and at other three locations rather east – western orientation was proved. At the last location no prevailing direction was found. Possible factors which probably led to different direction preference have been discussed, but they do not exactly explain the mentioned deviation from the north – southern orientation.

Key words: magnetism, magnetic orientation, Picidae

Obsah

Seznam obrázků a fotografií a tabulek.....	10
1 Úvod a cíl práce	11
2 Magnetické pole Země	13
3 Účinky dočasné proměnlivosti v magnetickém poli	14
3.1 Účinky magnetických anomálií.....	14
4 Magnetorecepce.....	16
4.1 Magnetorecepce založená na elektromagnetické indukci	16
4.2 Magnetorecepce založená na součinnosti feromagnetických částic a mechanoreceptorů	17
4.3 Chemické magnetorecepce.....	17
5 Magnetická orientace živočichů.....	19
5.1 Savci.....	19
5.2 Hmyz, bakterie	22
5.3 Plazi.....	23
5.4 Ryby	24
6 Ptáci.....	26
6.1 Behaviorální důkaz vnímání magnetického pole (spontánní orientace)	26
6.2 Magnetická orientace u ptáků	26
6.3 Magnetický kompas v migrační orientaci a návratech domů.....	27
6.4 Role magnetického kompasu v migrační orientaci	28
6.5 Řízení migračního programu.....	30
7 Globální vzorce orientace dutin datlů.....	32
7.1 Dutina a vliv fyzikálních faktorů	33
7.2 Celosvětové globální trendy v orientaci dutin datlů	34
7.3 Vliv orientace dutin na kondici datlů	36
8 Datlovití (Picidae).....	37
8.1 Datel černý <i>Dryocopus martius</i> (Linné, 1758)	37
8.2 Žluna zelená <i>Picus viridis</i> (Linné, 1758)	38
8.3 Žluna šedá <i>Picus canus</i> (Linné, 1758)	38
8.4 Strakapoud velký <i>Dendrocopos major</i> (Linné, 1758).....	39
8.5 Strakapoud prostřední <i>Dendrocopos medius</i> (Linné, 1758)	39
8.6 Strakapoud malý <i>Dendrocopos minor</i> (Linné, 1758)	40
8.7 Strakapoud bělohřbetý <i>Dendrocopos leucotos</i> (Bechstein, 1803)	40
8.8 Strakapoud jižní <i>Dendrocopos syriacus</i> (Hemprich et Ehrenberg, 1833) ..	41

8.9	Datlík tříprstý <i>Picoides tridactylus</i> (Linné,1758)	42
8.10	Krutihlav obecný <i>Jynx torquilla</i> (Linné, 1758).....	42
9	Metodika práce a sběru dat.....	44
9.1	Zvolené lokality	45
9.1.1	Výsledky z lokality Velká Skalice	49
9.1.2	Výsledky z lokality Malá Skalice	50
9.1.3	Výsledky z lokality Chotoměřice	51
9.1.4	Výsledky z lokality Velký Osek	53
9.1.5	Výsledky z lokality: Veltruby	54
9.1.6	Výsledky z lokality: Praha 6 – Suchdol	55
10	Diskuze	57
11	Závěr.....	58
12	Seznam použitých zdrojů	60
13	Seznam příloh	71

Seznam obrázků a fotografií a tabulek

Seznam obrázků

Obrázek 1 – Axiální vyhodnocení dat z Velké Skalice	49
Obrázek 2 – Axiální vyhodnocení dat z Malé Skalice.....	50
Obrázek 3 – Axiální vyhodnocení dat z Chotoměřic.....	51
Obrázek 4 – Axiální vyhodnocení dat z Velkého Oseku.....	53
Obrázek 5 – Axiální vyhodnocení dat z Veltrub	54
Obrázek 6 – Axiální vyhodnocení dat z Prahy 6 – Suchdola	55

Seznam fotografií

Fotografie 1 – Libický luh	47
Fotografie 2 – Podbabské skály	48

Seznam tabulek

Tabulka 1 – Výsledky statistické analýzy z nasbíraných dat z lokality Velké Skalice	49
Tabulka 2 – Výsledky statistické analýzy z nasbíraných dat z lokality Malá Skalice	50
Tabulka 3 – Výsledky statistické analýzy z nasbíraných dat z lokality Chotoměřice.....	52
Tabulka 4 – Výsledky statistické analýzy z nasbíraných dat z lokality: Velký Osek	53
Tabulka 5 – Výsledky statistické analýzy z nasbíraných dat z lokality: Veltruby.....	54
Tabulka 6 – Výsledky statistické analýzy z nasbíraných dat z lokality: Praha 6 – Suchdol..	56

1 Úvod a cíl práce

Vnější prostředí má zásadní význam pro život na Zemi. Mělo nezastupitelnou úlohu při vzniku života a má zásadní význam pro jeho vývoj. Živočichové se musí vhodným způsobem přizpůsobovat prostředí, v němž žijí. Důležitou složkou přirozeného prostředí je magnetické pole Země, které poskytuje několik důležitých ukazatelů pro orientaci.

V dnešní moderní době si stále člověk nedokáže zcela vysvětlit orientační schopnosti živočichů. Zejména ptáci, ale i jiní tvorové, se vydávají na cesty dlouhé tisíce kilometrů bez jakýchkoli ukazatelů směrů a pro mnoha měsíců se vrací zpět na tutéž louku, k témuž rybníku, k témuž stromu v domovském lese. Moderní metody sledování pomocí satelitů přinášejí nové důkazy o tom, že živočichové po celou dobu vědí, kde jsou, i když jsou od svého cíle mnohdy vzdáleni stovky či tisíce kilometrů. Je vědecky prokázáno, že významnou úlohu v orientaci a migraci zvířat hrají zejména čich a chuť, sluch a také zrak. Avšak v poslední době se intenzivně zkoumají též účinky magnetických a elektromagnetických polí na biologické systémy. Tyto poznatky jsou cenné z toho důvodu, že v moderním prostředí umělého technického světa, v němž žijeme, těchto účinků přibývá. Pro budoucí generace a pro život na planetě Zemi je nutné zabývat se ve zvýšené míře citlivostí různých živočichů na přirozené geomagnetické pole. Současná věda se nachází v situaci, kdy teoretické studie pokračují s vyšší intenzitou než studie empirické.

Předpokládaná práce obsahuje dvě hlavní části – teoretickou a experimentální. Teoretická část zahrnuje literární rešerši, která má za cíl uceleně shrnout dosavadní poznatky o magnetorecepci, o geomagnetickém poli Země v souvislosti s jistým chováním živočichů a o mechanismu magnetické orientace u ptáků.

Využití zemského magnetického pole pro prostorovou orientaci je sledováno u různých živočichů již řadu let. Pokud jde o obratlovce, magnetický kompas byl prokázán u ryb (Quinn 1980), obojživelníků (Philipps 1986), plazů a savců (Keary et al. 2009). Ptáci jsou zdaleka nejdokonaleji zkoumanou skupinou živočichů, kterých se magnetická orientace přímo týká (Wiltschko 1995). Chování živočichů je ovlivněno mnoha dalšími faktory, zejména jde o fyzikální faktory prostředí jako například teplota,

srážky, směr převládajících větrů. Tato problematika bude zmíněna pouze okrajově s ohledem na to, že chování živočichů (v daném případě datlovitých) musí být posuzováno v různých souvislostech, přestože jejich orientace podle magnetického pole nabývá na svém významu.

Cílem závěrečné práce je zjistit, zda datlovití ptáci při vytesávání svých hnízdních dutin vnímají magnetické pole Země a zda preferují určitý směr.

2 Magnetické pole Země

Magnetické pole Země je generováno vnitřními procesy. Ve své podstatě je Země dipólový magnet s magnetickými siločárami, které jdou směrem nahoru od antarktického magnetického pólu, otáčejí se okolo Země a vstupují dolů u arktického magnetického pólu.

U magnetických pólů jsou siločáry vertikální vzhledem k zemské přitažlivosti, u magnetického rovníku (který se na většině míst neshoduje se zeměpisným rovníkem) jsou siločáry rovnoběžné se zemským povrchem a všude jinde mají úhel sklonu větší než nula stupňů a menší než devadesát stupňů. Vektor výsledného pole má vertikální a horizontální složku. U antarktického magnetického pólu je horizontální složka nulová a vertikální složka směřuje vzhůru. V noci je tato lokomoční aktivita dočasně oddělena od pravidelné činnosti v denní době. Směrem blíž k rovníku úhel sklonu klesá a zároveň horizontální složka vzrůstá. Severně od rovníku úhel sklonu směřuje dolů při stále ostřejších úhlech směrem k pólu. Horizontální složka se blíží k nule a bod, kde se siločáry setkávají, směřuje dolů do Země (u arktického magnetického pólu). Magnetické póly jsou vzdáleny od os zemských geografických pólů asi 200 km, což znamená, že na většině míst se magnetický a geografický pól neshoduje. Tento rozdíl se nazývá magnetická deklinace. Ve většině částí světa deklinace je menší než dvacet, ale může nabývat velkých hodnot ve vysokých nadmořských výškách. V globálním měřítku existují pravidelné prostorové vzory parametrů magnetického pole, které mohou poskytnout užitečné informace živočichům. Čáry stejného úhlu sklonu a stejné intenzity vytvářejí vzor, který se silně přibližuje rovnoběžkám zeměpisné šířky (Helbig 1991).

3 Účinky dočasné proměnlivosti v magnetickém poli

Magnetické pole Země prochází změnami v intenzitě s amplitudou cca 50 Nt. Avšak mohou nastat dočasné nepravidelné disturbance několika stovek Nt, tzv. magnetické proudy, které souvisí se skvrnami na Slunci a sluneční činností. Tento jev byl prokázán u závodních holubů (Carr et al. 1982), byla zjištěna korelace mezi různými aspekty návratů domů (rychlost, procento návratnosti domů) a indikátory aktivity slunečních skvrn. Specifičtější účinky disturbance magnetického pole byly poprvé zjištěny Southernem (1972). Mláďata racka delawarského (*Larus delawarenois*), byla umístěna do kruhového prostranství a měla tendenci procházet se směrem k jihovýchodu, což je směr, který může odpovídat směru zimní migrace. Tato orientace je narušena silnými magnetickými disturbancemi při jasné i zatažené obloze. Za mírnějších magnetických podmínek byl posun ve směru hodinových ručiček v aklinitě ptáků tak, jak vzrůstala hladina disturbancí. Podobný jev byl posléze sledován u holubů, kteří byli opakovaně vypuštěni ze stejných míst (Keeton 1974). Nejsilnější míra korelace byla při hladině disturbance 672 hodin před vypuštěním. O tom, že magnetické pole je skutečně součástí vztahu, pozorovaného u holubů, svědčí skutečnost, že tento účinek byl eliminován připojením malých tyčových magnetů k holubům (Larkin, Keeton 1974). Na druhou stranu, tento efekt se nevyskytuje na všech místech a změna v aklinitě byla někdy po směru, někdy proti směru hodinových ručiček (Walcott 1991).

3.1 Účinky magnetických anomálií

Zemské magnetické pole je charakterizováno malou prostorovou proměnlivostí, která je primárně funkcí geologie blízko zemského povrchu.

Holubi, kteří byli vypuštěni při magnetických anomáliích mírně silných, byli zpočátku dezorientováni, dokonce za jasné oblohy. Tento stav trval až do té doby, než se jejich hejno vzdálilo za anomálii. Změna vnitřních hodin holubů svědčí o tom, že používají sluneční kompas, i když daná anomálie stále ovlivňuje jejich chování. Překvapivé zjištění přinesl Walcott (1992), když opět zkoumal chování holubů, vypuštěných v původní lokalitě (Lincoln, MA Massachusetts). Holubi z přesného místa v původním holubníku byli stále dezorientováni, zatímco jejich sourozenci, vypuštěni z místa

2,5 km vzdáleného, byli orientováni v době, když byli vypuštěni ve stejně silné anomálii (Walcott 1992). Toto je jasný důkaz, že lokalita domova je důležitým determinantem toho, zda magnetická anomálie naruší orientaci.

4 Magnetorecepce

Účinky magnetických a elektromagnetických polí na biologické systémy se intenzivně zkoumají, avšak až zhruba v posledních třiceti letech se vědcům podařilo shromáždit dostatek důkazů pro to, aby byla magnetorecepce všeobecně přijata. K pochopení tohoto jevu však musíme znát receptor a převodní mechanismus. Magnetoreceptory mohou být velmi malé a roztroušené ve tkáních nebo mohou mít podobu kaskády chemických reakcí, takže nemusí existovat žádný orgán, který zprostředkovává magnetorepenci (tj. receptor). Pokud nastává právě tento případ, kdy receptor chybí, máme jen omezené možnosti, jak studovat převodní mechanismus. Němec a Vácha (2007) uvádějí tři všeobecně přijímané hypotetické modely.

4.1 Magnetorecepce založená na elektromagnetické indukci

Na principu elektromagnetické indukce je založen model, který vysvětluje mechanismus magnetorepce u paryb. Základní myšlenka je ta, že paryby vnímají změny elektromotorického napětí indukovaného jejich pohybem v geomagnetickém poli. Specializované kanálky vyplněné aminopolysacharidy – Lorenziniho ampuly – fungují jako pohybující se vodiče. Mořská voda funguje jako vodivé medium a elektroreceptory na dně kanálků jako vysoce citlivé voltmetry (s prahem citlivosti 1 nV/cm , což odpovídá $1,5\text{ V}/3\text{ 000 km}$). Při vodorovném pohybu vzniká v ampulích orientovaných dorzo – ventrálně napěťový gradient. Jeho velikost závisí na rychlosti pohybu a úhlu, který svírá směr plavání s magnetickým vektorem. Pokud žralok plave na sever nebo na jih, je indukované napětí nulové. Jestliže plave na východ nebo na západ, je napětí maximální (s opačnými znaménky).

Pokud jde o problém stejného receptorového napětí, které vznikne při pohybu jak severovýchodním, tak i jihovýchodním směrem, musí zvíře oba směry odlišit. Živočich se vychýlí ze směru plavby a porovná změnu své orientace se změnou receptorového napětí. V reálných podmínkách však situaci výrazně komplikuje pohyb vodních mas.

4.2 Magnetorecepce založená na součinnosti feromagnetických částic a mechanoreceptorů

Tento model vychází z předpokladu, že v tkáních existují feromagnetické částice nebo jejich řady, které se chovají jako miniaturní magnety. Ve vnějším magnetickém poli se natáčejí tak, že se jejich magnetický moment přiklání ke směru indukčních čar pole. Takové vlastnosti mají malé krystalky biogenního magnetitu (Fe_3O_4 , velikost 50 nm). Mohou fungovat jako pasivní magnetomechanické převodníky, protože se spontánně natáčejí do směru geomagnetického pole. Tato magneticky vyvolaná mechanická síla se projeví několika způsoby. Krystaly působí silou či tlakem na sekundární receptory, volná nervová zakončení, vlasové buňky nebo kožní mechanoreceptory. Experimenty prokázaly, že v podkoží horní poloviny zobáku holubů se nacházejí nanokrystalky magnetitu. Jsou uvnitř nervových zakončení uspořádány, do shluků podél plazmatické membrány. Kromě krystalického magnetitu se v nervových zakončeních objevují také komplexy amorfního železa (beztvarého), které mohou fungovat jako lokální zesilovače magnetického pole. Nervová zakončení obsahující magnetit patří senzitivním dostředivým vláknům trojklanného nervu. Existují i přímé důkazy, že trojklanný nerv inervuje magnetoreceptory. Po přetrhnutí nervu ztrácí trénovaný holub schopnost rozlišit přítomnost magnetické anomálie a některé neurony v gangliu trojklanného nervu reagují zvýšenou aktivitou na velmi malé změny intenzity magnetického pole (práh citlivosti je 0,5 % intenzity geomagnetického pole).

4.3 Chemické magnetorecepce

Na první pohled se zdá velmi nepravděpodobné, že by chemické reakce mohly být ovlivňovány tak slabým polem, jako je zemské.

U organismů vznikají radikálové páry nejčastěji ve fotopigmentech (například chlorofylu nebo flavinu), když jsou vybudeny světlem. Energie světelného kvanta vyzdvihne elektron z nejvyššího obsazeného orbitalu na nejbližší vyšší volný orbital. Molekula, pak může předat svůj elektron jiné molekule a vytvořit s ní radikálový pár. Radikálové páry jsou velmi reaktivní a jejich vznik zpravidla spustí kaskádu dalších dějů.

Pokud v sítnici oka nebo epifyze existují specializované receptory, jejichž fotopigmenty generují magneticky senzitivní radikálové páry, může magnetické pole Země ovlivnit účinnost přeměny světla na membránový – potenciál a stát se tak viditelným. Zvíře vnímá pak odlišné vzory, jestliže se bude dívat různými magnetickými směry.

Tento model je závislý na světle, které poskytuje energii pro počáteční excitovaný stav. Experimentální studie chování živočichů prokázaly inklinální kompas, který je závislý na světle. U holubů byly v několika podkorových zrakových centrech nalezeny neurony, které se změnou směru magnetického vektoru mění svou aktivitu. Přímé důkazy, že sítnice je zapojena do magnetorecepce ptáků, zatím neexistují, ale zakrytí oka nebo přetnutí zrakového nervu aktivaci ruší. Zjistilo se také, že tažní pěvci s důkladně zakrytým okem nejsou schopni orientace, ale titíž ptáci se zakrytým levým okem problémy s orientací nemají. Dalším důležitým poznatkem, kterým současná věda disponuje, je zjištění, že kompasový smysl ptáků a obojživelníků je závislý na vlnové délce světla (Wiltschko 1995). Ptáci jsou schopni se orientovat kompasovým smyslem v bílém světle. Použijeme-li v experimentu monochromatické osvětlení, zjistíme, že se ptáci orientují pouze v modro – zelené části spektra. Pokud si však před experimentem přivyknou na černé světlo, jsou schopni se v něm orientovat. Schopnost orientace je závislá i na intenzitě monochromatického světla a na kombinaci barev použitých v experimentu. Dosud není prokázáno, zda barva světla ovlivňuje jen motivaci ptáků, nebo procesy na úrovni receptorů.

5 Magnetická orientace živočichů

Hromadné migrace lidí z center kontinentů do pobřežních oblastí Evropy a Severní Ameriky snadno vyvolávají dojem, že i člověk je ve své podstatě „tažný živočich“, který má vyvinutý cit pro orientaci a smysl pro navigaci. Tato domněnka není ovšem pravdivá. V průběhu svého evolučního vývoje byli lidé připoutáni k určitému území, které bylo relativně malé, ať už šlo o lovce, pastevce či zemědělce. Tito lidé se dokázali v prostoru orientovat na základě zrakem vnímatelných bodů, které si během života zapamatovali a osvojili. Avšak s mimořádně vyvinutými schopnostmi dálkové navigace se lze shledat u řady živočišných druhů, počínaje bezobratlými až po savce.

5.1 Savci

Čeští vědci jako první na světě popsali, čím přesně zvířata vnímají magnetické pole Země. Doposud bylo známo, že někteří živočichové mají schopnost reagovat na geomagnetické pole, ale nebylo známo, díky čemu.

Vědci z Masarykovy univerzity v Brně zjistili, že orientace podle magnetického pole je důsledkem existence proteinu s názvem kryptochrom, který se nachází v oku. Bylo zjištěno, že při „vypnutí“ kryptochromu živočichové ztrácejí schopnost vnímat směrovou složku magnetického pole. Orientace podle magnetického pole byla dříve pozorována u některých savců. Světové prvenství náleží čestnému vědci Hynku Burdovi, který zkoumal chování skotu na světových pastvinách. Stáda zvířat, která se pasou nebo odpočívají, si svoji polohu nevybírají jen podle směru větru nebo slunečních paprsků, ale přizpůsobují se také siločarám zemského magnetického pole. Bylo sledováno chování krav na pastvinách a počínání jelenů a srn ve volné přírodě. Pro sledování stád dobytka byla využita metoda vyhledávání zvířat na satelitních snímcích z programu Google Earth. Tím byly shromážděny údaje o téměř 9 000 kravách na více než 300 pastvinách po celém světě. Informace o chování srn a jelenů byly zjišťovány tradičními metodami – přímým pozorováním zvířat nebo studiem jejich stop ve sněhu. Takto také bylo monitorováno 3 000 zvířat po celém území České republiky. Burda dospěl k závěru, že sudokopytníci upřednostňují severojižní směr. Podobná orientace byla pozorována i u lišek (Červený et al. 2011).

Někteří savci jsou schopni při různých aktivitách naklánět osy svých těl podle siločar magnetického pole Země. Pes, ačkoliv jde o domestikované zvíře, byl vybrán z toho důvodu, že dřívější studie stejných odborníků prokázaly, že lišky obecné (*Vulpes vulpes*) vnímají magnetické pole Země. Vlk obecný (*Canis lupus*) jako divoký předek psů žije ve volné přírodě na území o rozloze 150 až 200 km² a je vybaven výborným orientačním systémem, k němuž lze řadit i vnitřní kompas. Jsou známy případy, kdy se zatoulaný pes ocitl daleko od domova a po úmorné, dlouhé cestě se mu podařilo vrátit domů. Mnoho činností, které vykonávají domestikovaní psi, ovlivňuje člověk. Pes je velmi vnímavý, dokáže rozpoznat lidské nálady, přání, reaguje na pohled i hlas svého pána. Vědci se snažili zvolit činnost, kterou pes vykonává nezávisle na člověku a pes se řídí pouze vlastním instinktem a vůlí. Touto činností je vylučování: urinace a defekace. Pes si vybírá vhodné místo zcela sám a zaujímá postoj, který mu nejlépe vyhovuje. Bylo sledováno opakovaně při urinaci celkem 70 psů 37 různých plemen v České republice i v Německu. Důležitým faktorem, kterého si všímali, byla poloha psího těla vzhledem ke světovým stranám. Během prvních dvou let prováděného šetření výsledné analýzy nenaznačovaly, že by se psi při urinaci orientovali podle siločar magnetického pole Země. Poté vznikla myšlenka, že vlastně magnetické pole Země není stále stejné. Pokud dojde k jeho narušení, zároveň se mění jeho intenzita i směry siločar. Dalším krokem bylo porovnání záznamů o chování psů při vylučování s veřejně dostupnými výsledky měření magnetického pole. Vědci zjistili, že pokud magnetické pole Země bylo stabilní, psi se zaujímalí při vylučování postoj v severojižním směru. Jestliže došlo k narušení magnetického pole, psi nevykazovali žádnou orientaci podle vnitřního kompasu. Byl prokázán vliv změn směru siločar magnetického pole na chování psů. S tím, jak se zvyšovala rychlost změn, psi se méně spoléhali na magnetické pole Země. Reakce psů na změněnou intenzitu magnetického pole byla méně výrazná. Na postoj psů při vylučování již vnější vlivy prokázány nebyly. Vědci pečlivě zkoumali, zda psi nevolí pozici podle Slunce tak, aby jim nesvítilo do očí. Avšak tento faktor byl vyloučen a jako jediné vysvětlení zbývalo nenarušené magnetické pole. Významné bylo zjištění, že na chování psů má vliv i velmi malá porucha magnetického pole. Ve výše zmíněném experimentu bylo magnetické pole Země stabilní pouze ve 30 % pozorování. Je tudíž pravděpodobné, že výsledky studií některých vědců, které nepotvrdily vliv magnetického pole Země na

chování i jiných zvířat, mohly být zkresleny právě nestabilním magnetickým polem Země v daném okamžiku. Jako další byl uveden příklad situace, kdy se člověk na cestě zastaví a podívá se do mapy. Jestliže je mapa v daném místě nečitelná, není možné se podle ní orientovat. Pokud je mapa nečitelná, lidé se nesnaží za každou cenu podle ní orientovat, a podobně ani psi se nesnaží o orientaci podle magnetického pole Země, které se rychle mění. Mnoho otázek zůstává stále nezodpovězeno. Vědci jsou přesvědčeni, že psi jsou citliví vůči magnetickému poli Země a reagují na něj. Avšak není známo, jakým mechanismem toto pole detekují. Je možné, že ho vnímají některým svým smyslem. Existuje i možnost, že se psi při orientaci těla ve směru siločar zemského magnetického pole pouze cítí příjemněji, než když se osa jejich těla od směru siločar výrazně odchyluje. Rovněž lze jen spekulovat o tom, proč se pes při stabilním magnetickém poli Země staví severojižním směrem. Je možné, že pes využívá chvíle vyprazdňování během procházky pro kalibraci svého magnetického kompasu a srovnává ho se svou „mentální mapou“. Pokud bychom chtěli ověřovat závěry u vlastních psů, je třeba mít na paměti, že pes musí mít možnost sám si zvolit směr. Tudíž by neměl být na vodítku, ale měl by být na volném prostranství. U plotu nebo zdi již nemá možnost sám si určit směr. Dále je třeba zdůraznit, že pokud pes zastavení a označování svého území používá ke srovnání svého kompasu a mentální mapy, pak toto nečiní v rámci svého dvorku nebo zahrady, ale pouze za plotem. Tento výzkum psího chování otevřel nové horizonty ve výzkumu magnetorecepce. Jelikož magnetické pole Země je stabilní pouze 20 % doby, kdy je denní světlo, zjištěné informace mohou být vysvětlením, proč mnohé experimenty v magnetorecepci nebylo možné replikovat a proč odlišné záznamy směru u různých pozorování jsou často velmi odlišné. Pokud jde o rozdíl v postavení psů a fen při urinaci a defekaci, pak ve sklonu jejich těl nebyly shledány žádné rozdíly (Hart et al. 2013).

Magnetickou orientací u hlodavců se zabývali například Mather, Baker (1981). Zaměřili se na myšici křovinnou (*Apodemus sylvaticus*). August et al. (1989) se zabýval křečkem bělonohým (*Peromyscus leucopus*). Pozorované výsledky však nepřinesly výrazně přesvědčivé důkazy. Burda et al. (1990) prokázal u rypose hotentotský (*Cryptomys hottentotus*) schopnost magnetického kompasu. Tito podzemní hlodavci vytvářejí dlouhé tunely, které jsou orientovány převážně severojižním směrem. V experimentálních podmínkách kruhového prostoru

v přirozeném magnetickém poli o inklinaci 66° živočichové upřednostňovali jihovýchodní část kruhového prostoru. Po otevření horizontální složky magnetického pole tyto hlodavci reagovali tak, že posunuli polohu hnízda o příslušný úhel.

Pro zjištění, zda všichni podzemní hlodavci preferují stejný směr pozice hnízda, byly do experimentu zahrnuty další dva druhy: rypoš obří (*Fukomys mehovii*) a rypoš stříbrný (*Heliophobius argenteocinereus*). Oba druhy preferovaly západní oddíl kruhové arény a průkazně reagovaly na otočení magnetického severu (Oliveriusová et al. 2012). Je pravděpodobné, že směrová orientace testovaných zvířat nebyla vrozená, ale naučená, spojená s podněty okolního prostředí, v němž se hlodavci pohybovali před provedením experimentu.

Dalším podzemním hlodavcem, u kterého byla zkoumána schopnost orientace podle magnetického pole, byl slepec egyptský (*Spalax ehrenbergi*). Schopnost jeho orientace byla testována v osmiramenném labyrintu. V tomto bludišti byly vytvořeny chodby o průměru, který je shodný s velikostí zvířat, aby bylo co nejméně způsobem napodobeno jejich přirozené prostředí. V pokusech Kimchiho, Terkela (2001) byla zjištěna významná směrová preference slepců při stavění hnízd a shromažďování potravních zásob. Tito autoři též zkoumali, jak jsou zvířata schopna využít přirozeného magnetického pole při orientaci v bludišti. Zvířata měla motivaci v podobě odměny (pamlsku), pokud zvládla absolvovat cestu labyrintem. Po změně magnetického pole pomocí cívky i u trénovaných jedinců došlo k velkému prodloužení doby, potřebné k úspěšnému projití labyrintem. Zároveň stoupl počet chyb při rozhodování, kterou cestou v bludišti dále pokračovat.

5.2 Hmyz, bakterie

Brněnští vědci se zabývali pokusy s rusem domácím (*Blatella germanica*) a švábem americkým (*Periplaneta americana*). Tento hmyz byl velmi neklidný v momentě, kdy došlo v počítačem řízeném systému velkých cívek k rotaci zemského magnetického pole. Tento experiment názorně ukázal, že protein kryptochrom je nezbytný pro detekci směru magnetického pole.

K tomu, aby bylo možné podat jednoznačné vysvětlení, jak vlastně živočichové vnímají magnetické pole Země, je třeba ještě vyvíjet mnoho úsilí. Je však jisté, že například jednobuněčné bakterie se chovají podobně jako strelka kompasu a automaticky se natočí ve směru siločar, vycházejících z magnetických pólů Země (Bezalová et al. 2016).

5.3 Plazi

Mořské želvy, karety obrovské (*Chelonia mydas*), se podle amerických vědců již narodí s vlastní verzí navigace. Ke své orientaci používají magnetické pole Země, a tudíž vědí, na kterém místě planety Země se v daný moment nacházejí a kam mají směřovat jejich další cesty za nalezením potravy. Putman uvádí, že želvy používají magnetické pole jako druh mapy. Získávají z něj informace o své pozici. Karety se orientují jednak, podle intenzity magnetického pole, jehož síla klesá se vzdáleností od pólu, a také podle úhlu magnetického pole vůči zemskému povrchu. Karety tudíž vědí, ve které části oceánu jsou.

K těmto závěrům Putman dospěl díky experimentu s čerstvě vylíhnutými želvami. Malé želvy byly vloženy do kruhového prostoru s vodou. Kolem byly rozmístěny cívky, které mají schopnost vytvořit stejné magnetické pole, jaké se nachází kdekoli na Zemi. Poté bylo magnetické pole kolem želv měněno na takové, které se nachází podél jejich migračních tras.

Želvy byly umístěny ve dvou experimentálních prostředích: na Portoriku a na Kapverdských ostrovech. Želvy na Kapverdských ostrovech, nacházejících se na východní straně Atlantského oceánu, plavaly jihozápadním směrem, zatímco želvy z Portorika se vydaly po směru severoatlantického proudění v okolí Sargasového moře. Ukázalo se, že se i čerstvě narozené želvy dokázaly samy zorientovat a vydat správným směrem. Severoatlantické proudění vede želvy do míst hojného výskytu řas hroznovice (*Sargassum*), podle nichž je Sargasové moře pojmenováno. Tyto řasy poskytují mláďatům úkryt před predátory až do doby, než dostatečně vyrostou. V případě, že by se želvy k těmto řasám nedostaly, neměly by šanci na přežití, jelikož by bez potravy ve studené vodě zahynuly.

Vědcům se doposud nepodařilo zjistit, jakým způsobem želvy získávají informace z magnetického pole Země. Je již delší dobu známo, že jsou zvířata schopna určit zeměpisnou šířku podle vzdálenosti od zemských pólů. Tato nejnovější studie je důkazem toho, že karety dokáží zjistit i zeměpisnou délku. Podobně jako želvy migrující z východu na západ i další mořští živočichové, například žraloci či tučňáci (Lohmann et al. 2012).

Dále byla testována schopnost navigace na základě kognitivní mapy u želvy nádherné (*Trachemys scripta*). Právě 24 želv bylo testováno ve čtyřramenném otočném bludišti a jako vzdálené vizuální značky prostředí sloužily předměty nacházející se v místnosti. Zvířata byla v experimentu rozdělena do dvou skupin. Každá skupina začínala na rameni labyrintu z odlišné světové strany, aby se eliminovala jediná strategie pohybu, například zahýbání vpravo.

Ukázalo se, že želvy jsou schopny osvojit si prostorovou orientaci na základě kognitivního mapování prostředí. Želvy dokázaly navigovat cíl i z dosud nenavštívených míst v rámci daného prostoru (Avens, Lohmann 2004).

5.4 Ryby

V posledních letech výzkumy čím dál víc potvrzují, že pro orientaci lososů, ale i dalších migračních živočichů, je velmi důležitá magnetorecepce. Podle nedávných studií se zdá, že lososi využívají magnetoreceptci, tehdy, když potřebují najít ústí své řeky. Existuje několik teorií o využívání smyslů lososů jako je například využívají čichu k nalezení jejich rodného místa ve sladkovodní vodě nebo se mohou v řece také orientovat pomocí půdní skladby dna. Ale v oceánu tato teorie zcela selhává, díky velké rozloze. U některých jedinců byly nalezené buňky, které obsahují malý podíl magnetického minerálu, který slouží jako malý kompas. Tento zanedbatelný počet buněk je důležitým faktorem pro detekci magnetického pole, a díky tomu se mohou dobře orientovat v oceánu. Tyto buňky se nevyskytují u lososů ve velkém počtu záměrně, protože by mohlo docházet k vzájemnému ovlivnění. Magnetorecepce u lososa nerka (*Oncorhynchus nerka*) byla sledována již dávno, díky pokusu v nádržích v období, kdy se chystá k migraci. Magnetické pole se v kruhových nádržích změnilo o 90°. Změna magnetického pole vyvolala u lososů také změnu

pohybu o 90°, tento jev byl pozorován u nádrže, která přes noc nebyla ničím krytá. Za denního světla se změna pohybu projevila jen u krytých nádrží. Lososi, kteří neměli zakryté nádrže ve dne, se drželi stejného směru bez ohledu na změnu daného magnetického pole o 90° (Quinn 1980). Úhoř říční (*Aguila aguilla*) také využívá magnetorecepci v migrační sezoně. Podle výzkumů úhoři preferují severní nebo jižní směr při migraci. Tuto teorii potvrzují úhoři, kteří byli testováni v Severním moři, jelikož preferovali převážně severní směr. U některých jedinců byl zaznamenán i severozápadní až západní směr, pro tento výsledek ale nebylo zřejmé vysvětlení (Tesch, Lelek 1973). V neposlední řadě byl také proveden výzkum zaměřený na pozorování magnetorecepce u kapra obecného (*Cyprinus carpio*). Tato ryba je u nás jedna z nejvyhledávanějších a nejznámějších ryb, díky vánočním svátkům. Výzkum byl založen právě v období před zmíněnými svátky, kdy můžeme prakticky narazit na kádě plné vody a kaprů skoro na každém rohu. Pro výzkumný účel bylo pořízeno 817 snímků kaprů, kteří museli být minimálně 3 minuty v klidné poloze pro pořízení digitální fotografie. Tito kapři byli z 80 kádí a z 25 míst v České republice. Fotografie byly následně zpracovány a vyhodnoceny. Při hodnocení byly vynechány ty kádě, které byly ovlivněny např. přítokem nebo něčím, co by mohlo ovlivnit celý výsledek pokusu. Výsledkem tohoto pokusu bylo to, že kapři také orientují svá těla v kádích severojižním směrem (Hart et al. 2012).

6 Ptáci

6.1 Behaviorální důkaz vnímání magnetického pole (spontánní orientace)

Ptáci představují dva typy spontánní orientace. Stěhovaví ptáci se stávají hyperaktivními během sezóny migrace (migrační neklid). V klecích ptáci poskakují a u značného počtu druhů, kteří migrují v noci, je tato lokomoční aktivita dočasně oddělena od pravidelné činnosti v denní době. Pokud jsou ptáci umístěni do různých typů klecí, které jsou na aktivity zaměřené (Helbig 1991), migrační neklid má obvykle směrovou složku, která více či méně odpovídá směru migrace, který je typický pro tuto ptačí populaci.

Druhý typ spontánně orientovaného chování nastává u ptáků, kteří jsou odebráni „z domova“ (např. z hnízda). Jedinci mnoha druhů se vracejí domů celkem přímými trasami. Všechny dosud prováděné studie se věnovaly návratům holubů. I když jsou vypuštěni stovky či tisíce km od domova, holubi jsou schopni určit směr, který je dovede zpět do jejich holubníku. Holubi tento správný směr určí v několika minutách po vypuštění a odlétají tímto směrem.

Mnohaleté studie docházejí k závěru, že toto chování zahrnuje proces, složený ze dvou kroků.

Holub nejprve musí určit svoji prostorovou lokalitu ve vztahu k domovu (je to jeho cíl), tzv. mapovou složku navigace. Jakmile určí, že domov se nachází např. na severu, holub pak musí identifikovat ten směr, na který dostane kompas. Magnetické pole je vnímáno jako součást jak mapy, tak i kompasu (Kramer 1961).

6.2 Magnetická orientace u ptáků

Již dlouhou dobu existuje v cizině povědomí o tom, že živočichové mohou být schopni vnímat zemské magnetické pole. Von Middendorff (1859) byl očividně prvním, kdo přišel na to, že magnetická citlivost může být součástí navigačních schopností ptáků, a následně Viguiet (1882), Yeagley (1947, 1951) vytvořili hypotézu, kterou by vysvětlili migraci u holubů při návratu domů. Tato hypotéza byla založena na mřížkové mapě proměnných magnetických polí. Avšak tato raná tvrzení byla

napadána kvůli teoretickým podkladům. Pokusy testovat je experimentálně nepřinesly povzbudivé výsledky.

Situace se měnila pouze pozvolna a zásluhu na tom měla trvalá práce profesora Friedricha Merkela a jeho kolegů na Univerzitě ve Frankfurtu (Merkel, Fromme 1958; Merkel, Wiltschko 1965). Wolfgang Wiltschko se zabýval migrační orientací červenyky evropské (*Erithacus rubecula*). Podařilo se mu ovládat výběr směru u ptáků tím, že měnil magnetické pole obklopující jejich klec (Wiltschko 1968). Na tyto výsledky bylo pohlíženo skepticky, ale později se objevily články o magnetických účincích při orientaci mladých racků chechtavých (*Chroicocephalus ridibundus*) (Southern 1972) a při návratů holubů (Keeton 1969, 1971). Je to zčásti pravděpodobně v důsledku skutečnosti, že vnímání magnetického pole je smysl, kterého si nejsme vědomi.

Pokud jde o vnímavost magnetického pole u ptáků (a dalších organismů), je to vnímavost behaviorální. S výjimkou bakterií, obsahujících magnetit, není u žádného organismu známa behaviorální magnetická receptce. Existuje jen fyziologické spojení mezi podnětem a chováním.

6.3 Magnetický kompas v migrační orientaci a návratech domů

První experimentální důkaz magnetické orientace u ptáků pochází od Merkela a jeho spolupracovníků ve Frankfurtu. Domnívají se, že migrační neklid u červenyky evropské byl orientován směrem, odpovídajícím dané sezóně, přestože ptáci byli testováni v krytých klecích v uzavřených místnostech (Merkel, Fromme 1958) Tato orientace zmizela, jakmile byl testovací přístroj vložen do ocelového bubnu, kde byla redukována intenzita magnetického pole (Fromme 1961). Aklinita ptáků v první testovací sadě byla slabá. Skákání většiny jednotlivců během kteréhokoliv z testů, prováděných v noci, se nelišilo od náhodného. Směrový trend se objevil až poté, co byla provedena druhá analýza.

Nyní jsou dostupné údaje o značném počtu druhů a existuje několik nezávislých studií. V každém případě ti samí jedinci byli testováni na orientaci při dvou podmínkách magnetického pole (obvykle normální pole Země a pole, kde magnetický severní pól

byl změněn o 90° nebo více). Pokud lze orientaci ptáků předvídat, měli by se orientovat stejným magnetickým směrem při obou dvou testovacích podmínkách.

V pozdějším pokusu (Wiltschko, Wiltschko 1992) pěnice zahradní (*Sylvia borin*), transekvatoriální migrant (pták, který přelétává rovník), vykazoval jihozápadní orientaci v místním magnetickém poli ve Frankfurtu v období od srpna do září. Počátkem října byla skupina pokusných jedinců umístěna na 2 dny a 2 noci do horizontálního magnetického pole s intenzitou okolního prostředí. Kontrolní skupina zůstala v okolí magnetického pole Frankfurtu. Poté byly obě skupiny testovány v magnetickém poli Frankfurtu. Kontrolní skupina pokračovala v jižní orientaci, ale pokusná skupina se orientovala směrem k severu. Tento výsledek znamená, že pokud jsou ptáci vystaveni magnetickému poli, které je podobné poli u magnetického rovníku, dojde ke změně orientace na opačnou.

6.4 Role magnetického kompasu v migrační orientaci

Je známo, že stěhovaví ptáci disponují několika prostředky, které určují směry světových stran. Sluneční kompas, vzorky polarizovaného světla na obloze, hvězdný kompas, magnetický kompas (Schmidt-Kvenig et al. 1991). Vztah mezi hvězdným a magnetickým kompasem se zkoumá jedním ze dvou způsobů.

Ptáci byli testováni v planetáriu, kde hvězdy byly volně přemísťovány tak, že hvězdné a magnetické směry byly různé, nebo ptáci byli testováni venku pod jasnou noční oblohou v klecích, které byly připojeny k cívkám a měnily směr severního magnetického pólu podle směru hvězd. Ve většině případů se směr orientace stěhovavých ptáků měnil předpokládaným směrem. Mnoho ptáků, kteří migrují v noci, se silně spoléhá na vizuální pomoc při západu Slunce (Moore 1987). Toto je důležitý čas při rozhodování o tom, zda odlétat v tu stejnou noc a jakým směrem letět. Tato vizuální nápověda zahrnuje jednak samotné Slunce, jednak vzory polarizovaného světla při jasné obloze. Manipulace s vizuální nápovědou, konkrétně použití zvedel a polaidů, může vytvářet podnět (stimul), který je jen jako nepříznivý. Ornitologové, kteří studují migraci v magnetickém poli, také prověřovali údaje s ohledem na případné účinky magnetického proudění. Moore (1977) zjistil silnou pozitivní, lineární korelaci mezi rozptylem směrů letu nočních stěhovavých pěvců, která byla

posuzována při jejich průletu úzkým světelným paprskem, a intenzitou magnetické disturbance. Na druhou stranu, všechny studie nevykázaly stejné výsledky, což je způsobeno vlivem dalších faktorů, zejména směrem a rychlostí větru.

Tažní ptáci se na svých dlouhých cestách orientují mimo jiné i podle magnetického pole Země. Mechanismus, pomocí něhož detekují orientaci magnetického pole, není přesně znám. Předpokládá se, že místem detekce je sítnice oka, kde se po dopadu fotonů tvoří nabitě částice. Jejich prostorová orientace, ovlivněná magnetickým polem, je detekována neznámým receptorovým systémem. K detekci orientace magnetického pole ptáci potřebují „vidět“ zeleno-modrou část spektra. Nejcitlivěji se orientují v monochromatickém „zeleném světle“ (460 nm vlnová délka).

Tažný pták červenka obecná se v době začátku své migrace vydá ve směru svého přirozeného tahu pouze v případě vidí-li na obě oči nebo má-li zakryté pouze levé oko. Se zakrytým pravým okem se vydává nesystematicky do různých směrů. Ptákům tedy stačí k rozlišení orientace magnetického pole vidět pouze na pravé oko.

Stěhovaví ptáci, například červenky obecné se v noci orientují nejen podle hvězd, ale také podle magnetického pole. V blízkosti zdrojů radiových vln, které jsou běžné ve městech, však jejich „magnetický kompas“ přestává fungovat.

Elektromagnetický smog ve městech vyvolaný radiovými vlnami a běžnými elektrickými spotřebiči vadí stěhovavým červenkám. Dánský biolog Henrik Mouritsen se po tři roky pokoušel o experiment s tažnými ptáky. Předtím ho prováděl již mnohokrát a před ním desítky let řada jiných ornitologů. Vždy fungoval. Jenže pak se Mouritsen přestěhoval do univerzitního kampusu v německém Oldenburgu a mnohokrát prověřené chování červenek obecných se změnilo. Při opakovaných experimentech vědci zavírali červenky na hodinu do trychtýře se stěnou potaženou termopapírem. Tažní ptáci mají tendenci během migrační sezóny na jaře letět tam, kam je vede jejich magnetický kompas: na sever. Stejným směrem se snaží nejčastěji uniknout z trychtýře. Viditelným důkazem jsou stopy a škrábance zanechané na termopapíru.

Avšak v Oldenburgu červenky létaly různými směry. Mouritsen a jeho tým zkoušeli změnit osvětlení, krmivo, velikost a tvar trychtýře, avšak nic nepomáhalo. Teprve po

třech letech přišel jeden člen týmu s nápadem oplechovat dřevěnou boudu, v níž pokusy probíhaly, hliníkem, aby se odstínila elektromagnetická pole. Hliníkový plech uzemnili a vytvořili takzvanou Faradayovu klec. Dovnitř neproniklo téměř žádné elektromagnetické záření.

Poté červenky opět začaly mířit na sever, ale jen po dobu uzemnění izolace. Henrik Mouritsen shrnul tento experiment se závěrem, že „jediný drát rozhodoval o tom, zda červenkám funguje magnetický kompas.“ Pokud byl pokus později opakován ve volné přírodě mimo kampus, červenky se orientovaly bez problémů.

Experimenty s červenkami probíhaly dalších sedm let. Při vyhodnocování výsledků nebylo známo, kdy byla bouda pod proudem, takže nemohli vědci statistické výsledky podvědomě ovlivňovat. Mouritsen a jeho tým zároveň měřili elektromagnetické pole a zkoušeli různé frekvence. Ukázalo se, že nejvíce ptáky ruší frekvence v řádů kilohertzů až megahertzů související s lidskou činností, které představují obyčejné střední rádiové vlny a elektromagnetické pole produkované některými běžnými spotřebiči (Mouritsen et al. 2016).

6.5 Řízení migračního programu

Migrační trasy mnoha druhů zahrnují velké změny směrů, které mohou vyžadovat změnu orientace. Klasickou studií tohoto jevu provedl Gwinner, Wiltschko (1978) u pěnice slavikové. Německé populace tohoto ptáka nejprve migrují jihozápadně do Iberie, a pak se obrátí na jiho-jihovýchod a směřují do subsaharské Afriky. V časném podzimu byla tendence k orientaci jihozápadní, v pozdní sezóně pak jihovýchodní.

Odlišná a složitější situace byla popsána u lejska černohlavého (*Ficedula hypoleuca*). Jeho migrační trasa je podobná té, kterou absolvuje pěnice zahradní, ale nepokračuje na jih od rovníku. Při jejich testování v magnetickém poli střední Evropy vykazovali tyto ptáci jihozápadní orientaci na počátku migrační sezóny, ale později skákali v orientovaných klecích, zatímco jedinci stejného druhu, kteří volně letěli, již byli v severní Africe (Beck, Wiltschko 1982). Druhá skupina žila a byla testována v řadě magnetických polí, která simulovala klesající celkovou intenzitu a úhel sklonu, který by byl očekáván během migrace jižním směrem. Tito ptáci vykazovali orientované

poskakování po celou dobu sezóny a měnili směr od jihozápadu na jihovýchod přibližně ve správný čas a v odpovídajícím správném magnetickém poli (Beason, Nichols 1984). Tyto významné údaje svědčí o komplexní interakci mezi vnitřním dočasným programem a vnějším vodítkem (některý z parametrů magnetického pole).

7 Globální vzorce orientace dutin datlů

Do této analýzy byly zahrnuty pouze studie s významnou průkazností nenáhodné orientace. Byly modelovány jednotlivé vlivy zeměpisné šířky a kontinentu a též vzájemné interakce zeměpisné šíře a kontinentu na odchylku od severu. Byla použita úhlová odchylka od severu, tzn. orientace přímo na jih měla hodnotu maximálně 180°, severní orientace byla v hodnotě 0°. Avšak orientace na východ i západ byla v obou případech 90°. Výsledky ukázaly, že z osmdesáti studií 39 % (31 studií) prokázalo významnou preferenci v orientaci dutin. 16 z 23 druhů (70 %) prokázalo významnou orientaci alespoň v 1 studii. Odhaduje se, že více než jedna polovina studií s velikostí vzorku alespoň sto, vykázala nenáhodnou orientaci vstupu do dutiny. Všechny studie pro sedm druhů, u nichž nebyl zjištěn důkaz nenáhodné orientace vstupu do dutiny, měly relativně malé velikosti vzorků (maximálně 47, průměrná hodnota 26). Těchto sedm druhů bylo: strakapoud mniší (*Picoides albolarvatus*), strakapoud jižní (*Dendrocopos syriacus*), datel červenohlavý (*Melanerpes erythrocephalus*), datel karolínský (*Melanerpes carolinus*), datel červenoprský (*Sphyrapicus rufus*), strakapoud malý (*Dendrocopos minor*), strakapoud osikový (*Picoides pubescens*). Byl vysoce významný globální vztah mezi zeměpisnou šířkou populace a průměrnou odchylkou od severu ($t = 3; 746; p = 0,0008$). Je pozoruhodné, že průměrné odchylky se významně liší mezi Severní Amerikou a Eurasií. V Severní Americe se vyskytuje orientace více k jihu v porovnání s Eurasií ve vztahu k zeměpisné šířce.

Malý rozdíl v síle orientace mezi rody vypovídá o tom, že preference orientace vstupu do dutin jsou všude přítomné mezi taxony datlů a nejsou omezeny na žádný konkrétní podřád rodů. Je tedy pravděpodobné, že orientace bude důležitým aspektem biologie této skupiny. Bereme-li v úvahu hypotézu, že průměrné roční teploty ovlivňují orientaci vstupu do dutin u datlů (Wiebe 2001), očekávalo by se, že severní populace budou orientovat své vchody jižněji než jižní populace, jelikož populace ze severu by měly větší prospěch z vyšších teplot dutiny, které může poskytnout orientace k jihu. Zjištěné výsledky převážně potvrzují očekávaný vliv orientace vchodů, neboť jsou s vysokou významností orientovány k jihu s narůstající zeměpisnou šířkou.

Dále bylo zjištěno, že orientace severoamerických populací byly v průměru jižněji než populace Eurasie téže zeměpisné šířky. Tento rozdíl lze očekávat, protože podnebí

v Eurasii je celkově teplejší než v Severní Americe na stejné zeměpisné šířce, a to následkem vlivů oteplování, jako například Golfský proud. Například v lednu části západní Evropy mohou být až o 15-20 °C teplejší než stejné zeměpisné šířky v Severní Americe (Seager et al. 2002). Z tohoto důvodu teplota je považována za hlavní motivační faktor směru vchodu do dutin u datlovitých. Další faktory, jako například vítr a mikroklima, mohou působit v menším měřítku, regionálním nebo lokálním. Zajímavé náměty pro budoucí výzkum by byly například: zjišťovat orientaci vstupů v různých časových okamžicích chovné sezóny (hnízdění) nebo porovnávat polohu prvních a druhých hnízd.

Například střízlík kaktusový (*Campylorhynchus brunneicapillus*) postavil uzavřená hnízda.

Směřovaná pryč od směru převládajících větrů během chladného období jejich chovu (březen a duben) a směrem k větrům v teplejším období jejich chovu (květen a červen), (Rieklefs, Hainsworth 1969). Na rozdíl od jiných druhů ptáků, datli a ostatní z čeledi datlovitých mají poměrně stálé konstrukce pro určité druhy s delší dobou hloubení, například strakapoud kokardový (*Picoides borealis*) a černý datel (*Dryocopus martius*). Zřejmě není proveditelné během období hnízdění postavit nové hnízdo tak, aby se změnila jeho orientace. Datli, kteří žijí na teritoriích s mnoha dutinami, si mohou vybrat pro druhou snůšku jinou dostupnou dutinu s odlišnou orientací vstupu, než kterou použili při první snůšce.

7.1 Dutina a vliv fyzikálních faktorů

Všeobecně se předpokládá, že dutina chrání hnízdo před některými vlivy venkovního prostředí. Zejména uzavřené dutiny by měly být z tohoto pohledu výhodné. Jedenáct procent hnízd dudkovce stromového (*Phoeniculus purpureus*) v Jihoafrické republice přesto zaniklo, protože je vyplavila voda při dešti. Míra neúspěchu při hnízdění byla vyšší v obdobích s vyšším úhrnem srážek. Přestože vyplavení hnízda hrozilo zejména v dutinách s otvory mířícími vzhůru, ptáci se těmito nevýhodným dutinám nebránili (Radford, Duplessis 2003). Ptáci zároveň upřednostňovali spíše východní orientaci, která v tamějších podmínkách znamená právě nejmenší vliv větru a deště (Gaedecke, Winkel 2005).

Vysoké teploty v arizonských pouštích vedou datla gilského (*Melanerpes uropygialis*) k tomu, aby otvory svých dutin v kaktusech směřoval k severu. Taková orientace otvoru vzhledem k pozici Slunce je výhodná, protože zaručuje příznivější (v tomto případě nižší) teplotu uvnitř dutiny (Inouye et al. 1981). Přehřátí hnízda hrozí ovšem i v mírném podnebném pásu, zejména při pozdním hnízdění. Brzy zjara je hnízdění v dutině teplotně příznivější než hnízdění v otevřeném prostoru. Dutinová ptáci proto obvykle hnízdí časně (Nilsson 1986).

Hnízda v dutinách mohou být vystavena též opačnému působení teplot: nízká teplota v dutině, způsobená severní orientací otvoru, případně dalšími charakteristikami dutiny, vedla u datla zlatého v Kanadě k menším snůškám. Počet vyvedených mláďat však zůstal neovlivněn (Wiebe 2001).

7.2 Celosvětové globální trendy v orientaci dutin datlů

Lukas Landler et al. 2014, v odborné studii „Celosvětové globální trendy v orientaci dutin datlů: účinky zeměpisné šířky a kontinentu mohou vypovídat o vlivu regionálního klimatu“ zabývali se výzkumem globálních typů orientace vstupu do dutin stromů a zjišťovali určité selektivní síly, které utvářejí stavbu dutiny. Byla provedena systematická meta – analýza orientace vstupu dutin datla z 80 populací 23 druhů datlů a dalších zástupců datlovitých na severní polokouli. Ukazuje se, že orientace vstupu do dutin není náhodně vybraná. Populace, které se vyskytovaly ve vyšších zeměpisných šířkách, upřednostnily orientaci více k jihu, což svědčí o tom, že teplota nebo jiné parametry, které s teplotou souvisí, mohou vést k směřované orientaci dutiny. Rozdíly v orientaci mezi Eurasií a Severní Amerikou odpovídají této hypotéze. Taxonomické souvislosti a vztahy nebyly významným určujícím faktorem pro směr orientace. Zjištěné výsledky představují vzorce pro danou zeměpisnou šíři a kontinent a z nich pak vyplývá, že regionální klima je selektivní motiv pro orientaci vchodu do dutiny. Mnoho různých živočichů jedná jako architekti tím, že modifikují svá životní prostředí tak, aby si vytvořili struktury, jim poskytující potravu, úkryt a také přitahují soukmenovce (Hansell 2005).

V jistých případech datli vytvářejí nové niky tím, že hloubí dutiny v systémech, kde není hojný výskyt přirozeně vytvořených dutin. Tím poskytují prostor pro různé

druhotné jedince, hnízdící v dutinách (Blanc, Walters 2008). Existuje mnoho studií, které zkoumají strukturu a funkci hmyzích staveb nebo tunelových systémů a hnízdišť savců, ale o architektuře ptáků je dosud známo mnohem méně (Hansell 2000).

Pozice staveb živočichů může ovlivnit jejich funkci a poskytnout důkazy o motivech, které vedou živočichy k určité konstrukci stavby.

Poloha stavby může být definována buď jako směr její nejdlejší osy nebo v případě otevřených hnízd jako směr k otevřenému prostoru (například je-li hnízdo nakloněno proti stromu nebo zdi). Datli na celém světě stavějí a používají stromové dutiny pro hnízdění. V mnoha případech směr vstupu do dutiny ukazuje nenáhodné vzorce orientace v různých populacích datlů (Inouye et al. 1981; Wan et al. 2008). Selektivní orientace může být pro datly výhodou alespoň dvěma způsoby.

Za prvé úsilí, které je potřebné pro vydlabání, může být nižší, a za druhé při určité poloze dutiny je úspěšnější odchov mláďat. Oběma těmito mechanismy se již zabýval například Wiebe (2001), avšak přechodí studie byly omezeny jen na jediné lokality nebo jediný taxonomický druh datlů. Záměrem autora je zdůraznit značně rozšířenou přítomnost nenáhodné orientace vstupu do dutiny datlů. Autor se snaží hledat odpověď na otázku, zda mají datli preferují některý směr orientace vstupu do dutiny. Byla provedena opakovaná analýza publikovaných údajů. V prvním kroku byla získána data z dostupné literatury. Bylo shromážděno čtyřicet šest studií ze Severní Ameriky, třicet studií z Evropy a čtyři studie z Asie. Data z každého přehledu byla analyzována s použitím Rayleighova testu (Batschelet 1981), aby byla testována významná odchylka od náhodného rozdělení (alfa se rovná 0,05) a síla orientace. Síla odchylky od náhodného výběru je reprezentována r , pohybujícím se od nuly do jedničky. Nula znamená dokonalé náhodné rozdělení a jednička reprezentuje dokonalou těsnost závislosti. U provedených studií byly značné rozdíly v celkové velikosti vzorku ($n =$ od 3 do 437). Velikost vzorku má veliký vliv na statistickou průkaznost, proto byla následně použita analýza ve dvojkové soustavě (Binary response analysis).

7.3 Vliv orientace dutin na kondici datlů

Landler et al. (2014), dále zkoumají otázku, zda orientace dutin ovlivňuje kondici datlů. Tímto tématem se dosud zabývalo jen málo odborných článků. Je třeba zmínit studii týkající se datla zlatého (*Colaptes auratus*), kde Wiebe (2001) hledá souvislosti mezi orientací dutin a výběrem hnízdní dutiny s ohledem na tělesnou kondici datlů. Wiebe (2001) se zaměřuje na vztah mezi mikroklimatem dutiny a úspěšností snůšky, líhně a opeření. Orientace vstupu do dutiny ve studované populaci byla jižním směrem (210°) a Wiebe (2001) zjistil vyšší teploty v dutinách orientovaných k jihu než u dutin orientovaných severním směrem. Avšak nebyl shledán žádný definovatelný vztah mezi teplotou v dutině a úspěšností vyvedení opeřených mláďat. Jedna možná alternativa vysvětluje, že dutina je vyhloubena určitým směrem v důsledku regionální variability, pokud jde o směr růstu hniložijných hub. Většina hniložijných hub, které se vyskytují na místech, kde probíhá vydlabávání dutin, není zpočátku viditelných pozorováním (Jusino et al. v tisku) a mnoho vydlabaných míst s chátrajícím dřevem nevykazuje znaky rozkladu (Zahner et al. 2012).

Dále bylo prokázáno, že data, shromážděná o dutinách datlů, často nerozlišují dutiny podle účelu jejich využití (například tok nebo hnízdění). Též není věnována pozornost orientaci dutin na různých druzích stromů. Landler (2014) se v podstatě jako první osobně pokusil sumarizovat data týkající se orientace vstupu do dutin stromů u populace datlů v globálním měřítku a zkoumat faktory, které mají vliv na převládající orientace dutin. Landlerův souhrn publikovaných dat jasně ukazuje, že většina populací datlů, pro které máme k dispozici údaje o orientaci dutin, nevykazuje náhodně orientované dutiny. Také otázka vitality datlovitých, její kvantifikace a charakteristika bude vyžadovat další práce pro pochopení biologie datlů a vzájemný vztah mezi fenotypy živočichů a přirozeným prostředím. Důležitým poznatkem, který je třeba vzít v úvahu, je existence mnoha společenství obyvatel dutin, kteří jsou závislí na činnosti datlů. Směřování dutiny je standardně měřeno pro polní protokoly, ale jen málokdy se autoři výzkumů důkladně zabývají charakteristickými rysy dutin. Je užitečné shromažďovat data dlouhodobě a pracovat se vzorky o velikosti nad sto dutin. Pak by bylo možné vysvětlit některé výše zmíněné otázky.

8 Datlovití (Picidae)

Pozoruhodnou skupinou ptáků jsou takzvaní šplhavci, kteří jsou u nás zastoupení v čeledi datlovitých. Tato čeleď čítá 200 hojně žijících, rozmanitých druhů. U nás jsou datlovití zastoupení pouze v 10 druzích. Tyto druhy mají perfektně přizpůsobenou svoji stavbu těla tak, aby velmi dobře dokázali šplhat a tesat hnízdní dutiny kolmo ve stromech. Mezi hlavní poznávací znaky patří mimo jiné i jejich zobák dlátovitého nebo šídlovitého vzhledu, dále statné nohy zakončené hbitými prsty s ostrými drápy, mají také krátké tuhé, ocasní pera. Tyto ocasní pera ztrácejí při přepeřování až, když jsou ty nové zcela dorostlé, aby neztratili jednu z nejdůležitějších opor při šplhání po stromu. U ocasních neboli rýdovacích per lze často spatřit roztřepané konce brk. K tomuto jevu dochází v důsledku tření per o nepravděpodobný povrch kůry u stromu. S jedinci této čeledi se můžeme setkat skoro na celém světě, kromě životně neblahých oblastí pro jejich život, jako jsou subpolární, polární oblasti. Datli nebyli pozorováni v Irsku a také na Novém Zélandu. Naši šplhavci se vyznačují svojí stálostí na určitém území až na výjimku, kterou je například krutihlav obecný (*Jynx torquilla*), který překonává nemalou vzdálenost při migraci za příznivějšími podmínkami k prezimování do Afriky. Tuto čeleď velmi dobře zpozorujeme ve volné přírodě nebo v zahradách, parcích či sadech, díky svému typickému vzhledu a své akustice-zpěvu tzv. bubnování, které se může rozléhat na vzdálenost až několik kilometrů, cca 2-4 km. Bubnují jak samice, tak samci (Svensson et al. 2016). Všechny zástupce datlovitých ptáků můžeme zařadit do říše živočichů (*Animalia*), kmenu strunatců (*Chordata*), podkmenu obratlovců (*Vertebrata*), třídy ptáků (*Aves*), podtřídy letců (*Neognathae*) a řádu šplhavců (*Piciformes*).

8.1 Datel černý *Dryocopus martius* (Linné, 1758)

Datel černý se řadí mezi naše největší a nejnámější šplhavce. Dosahuje velikosti od 40 do 46 cm a rozpětí křídel se pohybuje kolem 67 až 73 cm a váží od 250 až 370 g. Nepřehlédnutelné jsou silné drápy a velmi tuhá ocasní pera, která datla pomáhají udržet a zároveň ho i ochraňují před nechtěným smykem po kůře stromu (Hudec et al. 2005). Typické zbarvení samce je celé tělo černé s červenou „čepičkou“ na hlavě. Samice je také celá černá, až na menší červenou skvrnu na zadní straně temene.

Jednotlivá pohlaví se dají už velmi dobře rozeznat i u mláďat. Datel jako jediný z čeledi datlovitých, svoje otvory dutin vytesává do elipsovitého tvaru o rozměrech cca 9 x 12 cm. Létá relativně přímočaře, někdy může působit jeho let neohrabaně (Svensson et al. 2016). Na snůšce sedí jak samice, tak samec od dubna do srpna cca 12 až 14 dní, počet vajec v jedné snůšce činí 4, nanejvýše 5 vajec (Hudec et al. 2005).

8.2 Žluna zelená *Picus viridis* (Linné, 1758)

Žluna zelená je u nás celkem hojný pták o velikosti od 30 až 36 cm, rozpětí křídel se pohybuje kolem 45 až 51 cm a hmotnost cca 185 až 250 g (Svensson et al. 2016). Tento „zelený datlík“ má o něco křehčí a drobnější zobák než datel černý, proto si vyhledává pro své tesání dutiny stromů, které mají buď měkké dřevo nebo jsou nějakým způsobem poškozené, např. nahnilé nebo suché stromy (Bejček et al. 1999). Dlouhý, lepkavý jazyk slouží k zachytávání potravy, např. mravenců. Vytesání hnízdni dutiny o rozměrech 6 x 7 cm trvá průměrně 14 dní (Pelz et al. 2002). První snůška vajec probíhá od poloviny dubna až do začátku června, samice klade vajíčka do hnízdni dutiny na podklad bez vystlání. V dutině je maximálně 4 až 8 bílých vajec, na kterých sedí, jak samice, tak samec 15 až 17 dní (Bouchner 1975). Žlunu zelenou, lze maximálně zaměnit se žlunou šedivou, od které se liší černým zbarvením kolem očí a červeným temenem (Svensson et al. 2016). Samice se vyznačuje celým černým vousem u zobáku na rozdíl od samce, který má tento vous zbarvený červenou barvou (Hudec et al. 2005).

8.3 Žluna šedá *Picus canus* (Linné, 1758)

Žluna šedá je o něco menší než žluna zelená. Z dálky jsou tyto ptáci lehce zaměnitelní. Zblízka už je rozdíl víceméně patrný. Samička žluny má celou hlavu jednotně zbarvenou do šedého odstínu až na malou uzdičku kolem oka a malý tenký černý vous. Samec má kromě šedého zbarvení hlavy menší červenou kaňku na čele hned nad kratším zobákem. Velikost žluny se pohybuje kolem 25 až 30 cm s váhou od 110 do 150 g (Hudec et al. 2005). Svoji vytesanou dutinu používá k hnízdění i několikrát po sobě. Vletový otvor dutiny je také o něco menší než u žluny zelené, cca 5,5 cm. V této dutině žluna hnízdí jednou za rok v období duben až květen. Jedna snůška může

čítat až 10 vajíček. Samice i samec opět sedí na snůšce cca 17 až 18 dní, než se mlád'ata vylíhnou. V potravě převážně preferuje mravence, ale živí se i dalším hmyzem (Svensson et al. 2016).

8.4 Strakapoud velký *Dendrocopos major* (Linné, 1758)

Strakapoud velký se řadí k nejběžnějším šplhavicům, kteří jsou k vidění jak v lesích, tak na zahradě u krmítka nebo na stromě. Strakapoud má nápadný černobílý vzhled doplněný červeným vybarvením. Jednotlivé druhy od sebe můžeme o něco hůře rozeznávat. Pozorněji si musíme všimnout těch nejmenších, a pro někoho méně patrných určujících znaků. Strakapoud má svoji velikost poměrně stejnou jako žluna šedá pohybuje se od 23 až 26 cm a váha cca 70 až 90 g (Hudec et al. 2005). Samce od samice rozeznáme, díky červenému fleku na zadní části temene, který samice nemá.

Samice má celou zadní část temene černě zbarvenou. Ocasní pera jsou velmi tuhá a na okrajích jsou proužkovaná typickým černobílým šrafováním, které téměř postrádá strakapoud jižní. Výraznější odstín červeného zbarvení můžeme vidět u strakapoudů z jižní nebo západní Evropy. Tento odstín červené může přecházet na spodní části břicha až k jemným tónům šedivé barvy (Svensson et al. 2016). Hnízdit začíná kolem druhé poloviny dubna až června. Na snůšce sedí jak samice, tak i samec cca 13 dní, počet vajec je v rozmezí 4 až 7 vajec na jednu snůšku. V potravě se specializuje převážně na semena šišek jehličnanů. Nepohrdne ani semeny z listnatých stromů při menší úrodě. Další důležitou složkou jeho potravy je hmyz. Například v tajze, když je na podzim zanedbatelná úroda šišek, tak se vydá instinktivně za lepší úrodou šišek na jih nebo jihozápad.

8.5 Strakapoud prostřední *Dendrocopos medius* (Linné, 1758)

Strakapoud prostřední (*Dendrocopos medius*) je také zařazen do červeného seznamu do kategorie zranitelní (VU) v letech 1990-1994 byl zaznamenán počet párů v České republice cca 3 000-6 000 (Hudec et al. 1995). V roce 2001-2003 byl počet párů zaznamenán ve vyšším počtu 3 500-7 000. Byl upozorován přírůstek jedinců tohoto druhu, avšak spodní hranice stále nepřesahuje 10 000 jedinců (Baillie et al. 2004; Brooks et al. 2004; Butchart et al. 2004, 2006a). Strakapoud s velikostí 19-22 cm

a váhou pohybující se kolem 52 až 80 g se nejpočetněji vyskytuje převážně v lužních lesích. Kratší, útlejší zobák světle šedé barvy dominuje na hnědobílé hlavě. Spodní část břicha má nádech světlejšího odstínu narůžovělé barvy. Samice a samce lze od sebe o něco hůře odlišit. Samice má temeno nevýrazné, lehce zbarvené na okraji až do oranžovo-žluto-červeného odstínu (Dungel et al. 2001). Vletový otvor u hnízdní dutiny má průměrnou velikost cca 4 cm. Strakapoud prostřední hnízdí v období od druhé poloviny dubna až do druhé poloviny května, snůška čítá 5 až 6 vajec na, kterých sedí jak samice, tak samec po dobu 11-12 dní. Hlavní složku potravy tvoří převážně hmyz, doplňkem potravy bývají často semena buku lesního (*Fagus sylvatica*) nebo habru obecného (*Carpinus betulus*) (Štastný et al. 2006).

8.6 Strakapoud malý *Dendrocopos minor* (Linné, 1758)

Strakapoud malý se řadí na území České republiky mezi nejmenší datlíky z čeledi datlovití se svojí velikostí 14 až 16,5 cm a váhou 18-27 g. Je zařazen do červeného seznamu IUCN pod kategorií zranitelní (VU). Za zranitelný druh lze považovat ten, který v počtu nepřesáhne 10 000 jedinců a je velmi ohrožený ve své působnosti ve volné přírodě (Baillie et al. 2004; Brooks et al. 2004). Tento poměrně malý datlík má robustní, zakulacenější tvar těla a zcela mu chybí červené nebo narůžovělé vybarvení na spodní části břicha. Pro samce je typická skvrna na temeni, která je zbarvená do červeného odstínu. A u samice toto červené zbarvení chybí. Hnízdní dutina má malý vletový otvor přizpůsobený velikosti datlíka o velikosti 3 x 3,5 cm. Hnízdí opět jednou za rok v období od druhé poloviny dubna do první poloviny června, snůška čítá dohromady 5 až 6 vajec. Jak samice, tak samec sedí na snůšce po dobu 12 dní. V Potravě preferuje převážně hmyz, který někdy obohatí semennou složkou potravy (Svensson et al. 2016).

8.7 Strakapoud bělohřbetý *Dendrocopos leucotos* (Bechstein, 1803)

Strakapoud bělohřbetý je uvedený v červeném seznamu IUCN pod kategorií ohrožení (EN) (Baillie et al. 2004; Brooks et al. 2004; Butchart et al. 2004, 2006a). Mezi ohrožené (EN) se řadí převážně ty druhy organismů, kterým hrozí úplné vymizení z jejich přirozeného prostředí. V roce 1985–1989 bylo pozorováno na území České

republiky cca 150 až 250 párů strakapouda bělohřbetého (Šťastný et al. 1996) a další provedené pozorování počtu strakapoudů z roku 2010 uvádí 170–250 párů (Hora et al. 2015). Avšak tento malý nárůst počtu jedinců neznamenal v žádném případě vyřazení z červeného seznamu IUCN, protože jedinců je stále velmi malý počet, který čítá odhadem něco málo kolem 500 jedinců tohoto druhu na našem území. Díky tomu ho můžeme považovat za vzácného šplhavce. Odlišuje se od svých zástupců z rodu (*Dendrocopos*) svým bílým hřbetem (kostřecem), který je možno zjevně zpozorovat při letu. Samec má zbarvenou celou část temene výraznou červenou barvou, ale u samice tento znak úplně chybí (Svensson et al. 2016). Samice má temeno zcela zbarvené černým odstínem barvy. Strakapoudi z jihovýchodní Evropy, Kavkazu a Turecka mají břicho a okolí oka zbarvené odstínem světle šedivé s nádechem tmavších tónů žluté a hnědé barvy, a dále mají hřbet vyšrafovaný jemnými proužky. Strakapoudi ze severu a jihu Evropy jsou o něco světlejšího zbarvení, na břicho převládá spíše světlý růžovožlutý odstín a výrazně čirý bílý hřbet. Pro svoji hnízdní dutinu vyhledávají tyto ptáci většinou spíše poškozené či zčásti shnilé stromy. V neposlední řadě preferují vytváření své hnízdní dutiny v kmenech buku o průměrné velikosti vletového otvoru cca 5,5 x 6,5 cm. Hnízdí od začátku dubna do konce května, snůška čítá 3 až 5 vajec, na kterých 14-16 dní sedí jak samice, tak samec (Hudec et al. 2005). Hlavní složkou jeho potravy tvoří převážně larvy brouků, tato složka bývá doplněna různými semeny a plody.

8.8 Strakapoud jižní *Dendrocopos syriacus* (Hemprich et Ehrenberg, 1833)

Strakapoud jižní je také zapsán v červeném seznamu IUCN pod kategorií ohrožení (EN). Tento druh strakapouda můžeme z velké části pozorovat na střední a jižní Moravě, kde byl v roce 1953 v Lednici poprvé zaznamenán. V roce 1997 byla na Moravě zaznamenána populace 600 až 800 jedinců tohoto druhu (Baillie et al. 2004; Brooks, Kennedy 2004; Butchart et al. 2004, 2006a). Strakapoud jižní je nápadně podobný strakapoudovi velkému, jak svojí velikostí 23-25 cm a vahou 70-82 g, tak typickým zbarvením pro daný rod (*Dendrocopos*). Hlavním rozeznávacím znakem je chybějící černá linka, která spojuje temenní část u strakapouda velkého. Na odolných ocasních perech je další rozpoznávací znak v podobě zanedbatelného množství bílých

skvrn oproti strakapoudovi velkému. Samec a samice se od sebe liší opět zbarvením temene, kdy samice má celé temeno černě zbarvené a samec má drobnou červenou skvrnu na temeni (Svensson et al. 2016). Hnízdí ve své vytesané dutině o průměru 5 cm jednou za rok v období od druhé poloviny dubna do první poloviny května. Na snůšce, která čítá 3 až 6 vajec, sedí opět jak samice, tak samec 9-11 dní. Potrava je vyvážená jak hmyzem, tak bobulemi, plody apod.

8.9 Datlík tříprstý *Picoides tridactylus* (Linné, 1758)

Datlík tříprstý získal název podle svého počtu prstů, kdy jeden směřuje dozadu a dva dopředu. Stejně jako strakapoud bělohřbetý, strakapoud jižní je také uveden v červeném seznamu IUCN pod kategorií ohrožený druh (EN). Velikost datlíka se pohybuje od 21,5 až 24 cm a váha až 80 g. Zbarvení tmavší černobílé u samice, ale u samce je střední temeno zbarvené do výrazné žluté barvy. Hnízdní dutinu si vytesává nejčastěji na jehličnatých stromech s menší průměrnou velikostí vletového otvoru 4,5-5 cm a hnízdí jednou ročně od dubna až do května. Snůška čítá 3 až 4 bílá vejce. Jeho nejpreferovanější a zároveň nejvyhledávanější potravou jsou larvy lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*). Datlík nejčastěji vytváří malé kruhovitě spirály na povrchu kůry, aby našel lépe mizu stromu. Tyto kruhovitě spirály jsou označovány za tzv. „kroužkování“ stromů. V celé Evropě se jeho počet snížil cca na 350 tisíc párů, v České republice je zaznamenáno v roce 2008-2010 cca 350 až 500 párů. Datlíci ze severní Evropy se liší od datlíků z jižní Evropy svým výrazně bílým hřbetem, zatímco ti jižní nemají bílý hřbet, ale mají pravidelně proužkovanou celou hřbetní část (Svensson et al. 2016).

8.10 Krutihlav obecný *Jynx torquilla* (Linné, 1758)

Krutihlav obecný je zařazen na seznamu pro zvláště chráněné rostliny a živočichy dle § 56 odst. 1 a 2 zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny (příloha II. vyhlášky 395/1992 Sb. v platném znění). Tento šplhavec patří u nás vzhledem k nejmenšímu z čeledi, velikostně od 16,5 až cca do 18 cm a hmotnosti pohybující se kolem 28 až 42 g se od své čeledi odlišuje zejména svoji anatomickou stavbou těla, ale také poměrně odlišným způsobem svého života (Hudec et al. 2005). Ocasní pera

jsou poměrně krátká a spíše jemného rázu, protože je na rozdíl od ostatních datlovitých nepoužívá k vyrovnávání rovnováhy při šplhání na stojícím stromu. Také se vyznačuje svým pohyblivým krkem, kterým dokáže otočit o 180°. Neposlední řadě stojí za zmínku fakt, že krutihlav obecný, nevytesává stromové dutiny, ale pouze již už vytesané využívá k hnízdění. Někdy ke svému hnízdění využívá ptačí budky (Svensson et al. 2016). Hnízdí jednou ročně nejčastěji v období od května až června. Snůška činí kolem 7 a nejvýše 10 vajec. Na snůšce sedí po dobu cca 14 dní jak samice, tak i samec. Samice a samci krutihlava obecného se od sebe nijak zvlášť neodlišují (Dungel et al. 2001). V potravě se specializuje převážně na mravence. Jeho let je spíše vlnovitý a poměrně rychlý.

9 Metodika práce a sběru dat

Všechna data byla naměřena v lokalitách: Velký Osek, Veltruby, Malá Skalice, Velká Skalice a Chotoměřice v období od 24. 3. 2016 do 31. 12. 2017 a v Praze 6 na Suchdole v období 24. 4. 2016 – 3. 6. 2016.

U jednotlivých nalezených dutin byl změřen jejich azimut pomocí buzoly. Při měření azimutu ve vysoko položených místech, jako je vytesaná dutina, musíme dbát na větší přesnost a vždy držet buzolu vodorovně. Když se měří s buzolou, měli bychom se vyvarovat přímého kontaktu s mobilním telefonem, kolejnicemi, dráty vysokého napětí a železnými předměty, protože to může ovlivnit měření. U mobilních telefonů je doporučená vzdálenost nejmíň 20 cm od buzoly (ústní sdělení Roman Bukovič).

Po změření jednotlivých azimutů byla data z jednotlivých míst zapsána do zápisníku. Tato data byla přepsána do Excelu a zařazena do dané lokality, kde měření probíhalo. Data nakonec byla vyhodnocena statistickým programem Oriana. Tento program je zaměřen na analýzu cyklických dat a pomocí jeho funkcí lze vytvořit kruhové histogramy četnosti aktivit v průběhu dne. Tento program dokáže vypočítat též řadu statistik jednotlivých vzorků a porovnává vzorky navzájem. Základní statistiky zahrnují kruhový průměr, délku středního vektoru, kruhovou směrodatnou odchylku s 95 % a 99 % limity spolehlivosti. Existuje také několik testů rozdělení jednoho vzorku, jako např. Rayleighův test rovnoměrnosti a test rozestupu. Výsledky analýzy jsou prezentovány v tabulkovém formátu. Počet proměnných a hodnot, které může Oriana analyzovat, je omezen pouze kapacitou nainstalované paměti a místa na disku. Oriana umí zpracovat širokou škálu datových typů. Kromě úhlových dat ve stupních lze také zadat cyklická data – čas, den v týdnu nebo měsíc v roce. Dokáže také zpracovat i řadu necyklických typů dat včetně lineárních údajů a speciálních podskupinových proměnných. Lineární data lze začlenit do grafů a analýz (pomocí histogramů se dvěma proměnnými a cyklických lineárních korelací). K dispozici je řada typů grafů. Údaje pro každý soubor pozorování lze shrnout pomocí různých diagramů nebo kruhových histogramů. Tyto mohou být uspořádány tak, aby zobrazovaly relativní proporce podmnožin uvnitř dat. Lze vytvořit též vektorové grafy, kdy je pro každý případ zakreslena šipka a kruhový diagram-scatterplot (Anonymus 2013a).

9.1 Zvolené lokality

Pro první měření byly vybrány lokality na území Velké Skalice, Malé Skalice, Chotoměřic. Oblasti se nacházely v poklidné části rozsáhlého lesního komplexu, minimálně narušovaného lidskou činností a faktory, které by mohly nějakým způsobem ovlivňovat celý výsledek měření. Místa, na kterých proběhlo měření, nebyla v blízkosti žádného vysokého napětí, dopravní tratě či silnice apod. Nadmořská výška lokalit se pohybuje kolem 502 m. n. m. Podnebí bývá o něco více chladnější, než je to v okolních místech jako je Kutná Hora a Kolín. Roční množství srážek, které dopadnou na dané území v západní části činí 600 až 650 mm, na východní část dopadne až o 100 mm srážek více a roční průměrná teplota 7 °C. Tuto oblast řadíme podle klimatických oblastí do oblasti teplé, která se dělí na 5 podoblastí (T1 – T5). Oblasti jsou řazeny do T4.

Převládá zde půdní typ kambizem a pseudoglej modální. Geologický podklad tvoří slínovec, nejčastější půdní typ kambizem-modální a forma nadložního humusu je mor. Jako hlavní dřevina zde převládá jednoznačně smrk ztepilý (*Picea abies*). Zmlazování dřevin je slabší. Při nové výsadbě porostů v okolí se už začal brát ohled na původní přirozenou druhovou skladbu, tj. začaly se vysazovat více listnaté dřeviny např. buk lesní, dub zimní (*Quercus petraea*). Z historického hlediska byl porost již v předcházející generaci přeměněn z původního porostu s dominantním zastoupením buku lesního na umělou smrkovou monokulturu, což prokazují pozůstalé staré stromy buku lesního a zbytky původní bylinné vegetace jako např. bika hajní (*Luzula luzuloides*), brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*). Rostlinná vegetace se řadí mezi velmi bohatou a rozmanitou, k základním zástupcům patří např. sasanka hajní (*Anemone nemorosa*), bledule jarní (*Leucojum vernum*), šťavel kyselý (*Oxalis acetosella*), náprstník červený (*Digitalis purpurea*), náprstník žlutý (*Digitalis lutea*), měsíčnice vytrvalá (*Lunaria rediviva*) (Demek et al. 2006).

Další měření proběhlo v lokalitách v okolí Velkého Oseku a Veltrub. Data z lokalit byla získána v lesích, které jsou situovány v blízkosti hlavní traťové křižovatky směřující na Prahu, Pardubice a Hradec Králové. V neposlední řadě se můžeme setkat v lesích s vedením vysokého napětí, motokrosovou dráhou a silnicí. Geologický podklad zejména tvoří eolický substrát (písek, spraše), v této oblasti převládá půdní

subtyp podzol-arenický a forma nadložního humusu je morový moder. Dominantní dřevinou v porostu byla borovice lesní (*Pinus sylvestris*) a další stromy: borovice vejmutovka (*Pinus strobus*) a bříza bělokorá (*Betula pendula*). Zmlazování dřevin je střední až výborné. Rostlinou vegetaci představují např.: ostružiník maliník (*Rubus idaeus*), třezalka tečkovaná (*Hypericum perforatum*), řebříček obecný (*Achillea millefolium*), kakost smrdutý (*Geranium robertianum*), pelyněk černobýl (*Artemisia vulgaris*), heřmánkovec nevonný (*Tripleurospermum inodorum*).

Nejbližší meteorologická stanice se nachází v Opolanech s nadmořskou výškou 194 m. n. m. Průměrné roční srážky se pohybují kolem 540 mm a roční teplota kolem 9,6 stupňů. Tuto oblast řadíme podle klimatických oblastí do oblasti teplé, která se dělí na 5 podoblastí (T1 – T5). Velký Osek se je zařazen do T2.

Část dat tj. 46, byla naměřená v Národní přírodní rezervaci Libický luh, nedaleko měřených stanovišť byla, také hlavní silnice, která je velmi frekventovaná. Libický luh se vyznačuje především tvrdými a měkkými luhy v okolí nížiny obohacené dubohabřinami a mokřadními olšinami a místy vrbou bílou (*Salix alba*). Slepá ramena Labe v okolí Velkého Oseku, vytváří stojaté nebo záplavové oblasti luk a mokřadů, které nejsou, tak druhově bohaté. Typickým fenoménem v dané oblasti je dymnivka dutá (*Corydalis cava*), která v období dubna vytváří svojí květenou nádhernou scenérii. Další zástupci z říše rostlin: kruštík polabský (*Epipactis albensis*), vodňanka žabí (*Hydrocharis morsus-ranae*), leknín bílý (*Nymphaea alba*), leknín bělostný (*Nymphaea candida*). Ohrožené zástupci ze živočišné fauny: roháč obecný (*Lucanus cervus*), kuňka ohnivá (*Bombina bombina*), páchník hnědý (*Osmoderma eremita*).

Fotografie 1 – Libický luh



Zdroj: vlastní zpracování

Data z lokality z Prahy 6 ze Suchdola byla naměřena v oblasti menšího lesního komplexu na levé části Vltavy a na Podbabských skalách, v nedaleké blízkosti nad železniční tratí a silnicí. Tato oblast se nachází v nadmořské výšce cca 280 m. Průměrné roční srážky činí 500 mm. Geologický podklad oblasti tvoří zejména sediment eolického původu-spraš. Sprašové půdy, díky své propustnosti velmi dobře vsakují srážky. Na těchto půdách rostou rostliny např. rozchodník bílý (*Sedum album*), kavyl Ivanův (*Stipa pennata*), kostřava waleská (*Festuca valesiaca*), česnek chlumní (*Allium senescens*) a mnohé další. V neposlední řadě tyto sprašové oblasti obývají významní živočichové jako ještěrka obecná (*Lacerta agilis*) nebo otakárek ovocný (*Iphiclides podalirius*).

Fotografie 2 – Podbabské skály

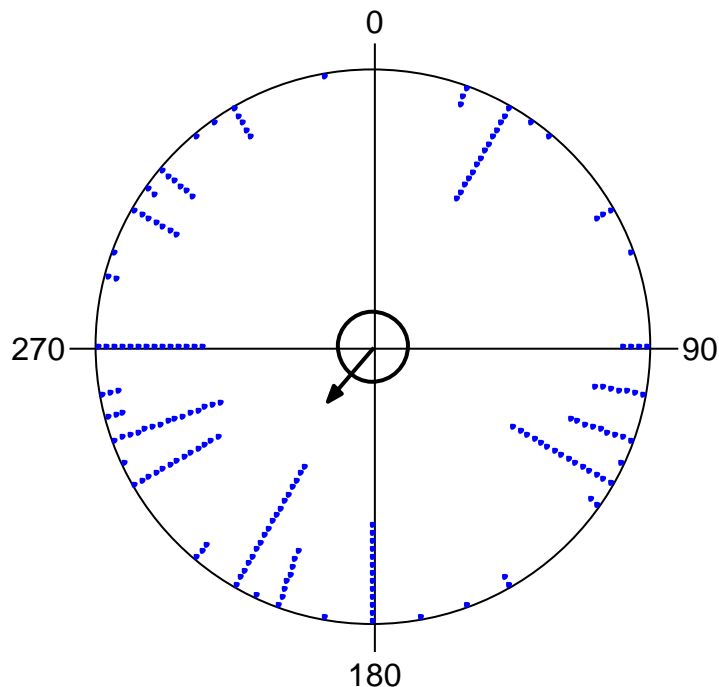


Zdroj: vlastní zpracování

9.1.1 Výsledky z lokality Velká Skalice

Obrázek 1 – Axiální vyhodnocení dat z Velké Skalice

Angulární vyjádření směru vytesaných dutin datlovitými ptáky - Velká Skalice



Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 1 – Výsledky statistické analýzy z nasbíraných dat z lokality Velké Skalice

Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	184
Data Grouped?	No
Group Width (& Number of Groups)	
Mean Vector (μ)	220,015°
Length of Mean Vector (r)	0,256
Concentration	0,529
Circular Variance	0,744
Circular Standard Deviation	94,627°

One Sample Tests	
Rayleigh Test (Z)	12,029
Rayleigh Test (p)	5,97E-6
Rao's Spacing Test (U)	289,565
Rao's Spacing Test (p)	< 0.01

Zdroj: vlastní zpracování

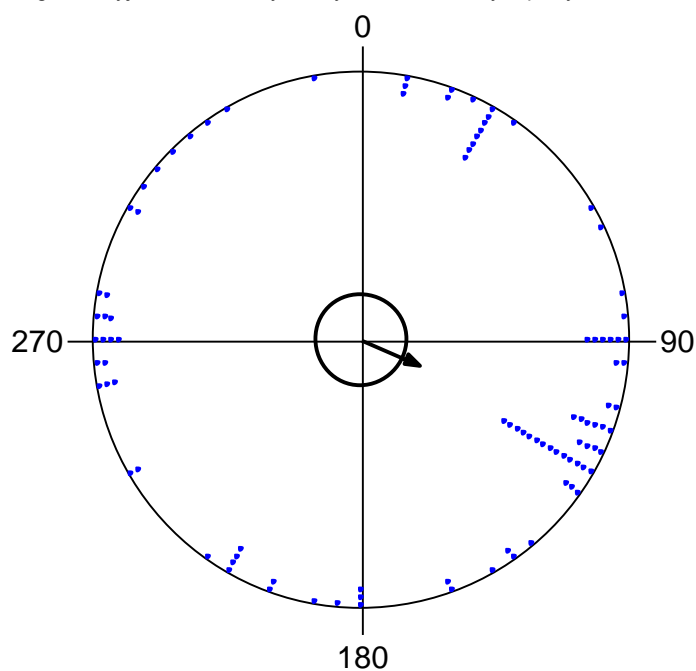
Z nasbíraných 184 dat z lokality Velká Skalice byl zjištěn následující výsledek z úhlového měření: Průměrný vektor, který dosáhl velikosti 220,015°. Tento vektor

(viz obrázek č. 1) je graficky znázorněn pomocí šipky. Ukazuje v první řadě délku průměrného vektoru, a také statistickou signifikanci, která se vyznačuje středním kruhem, který jsme získali v 5% úrovni relevantnosti Rayleighova testu.

9.1.2 Výsledky z lokality Malá Skalice

Obrázek 2 – Axiální vyhodnocení dat z Malé Skalice

Angulární vyjádření směru vytesaných dutin datlovitými ptáky - Malá Skalice



Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 2 – Výsledky statistické analýzy z nasbíraných dat z lokality Malá Skalice

Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	99
Data Grouped?	No
Group Width (& Number of Groups)	
Mean Vector (μ)	113,724°
Length of Mean Vector (r)	0,239
Concentration	0,491
Circular Variance	0,761
Circular Standard Deviation	96,992°

One Sample Tests	
Rayleigh Test (Z)	5,638
Rayleigh Test (p)	0,004
Rao's Spacing Test (U)	214,545
Rao's Spacing Test (p)	< 0.01

Zdroj: vlastní zpracování

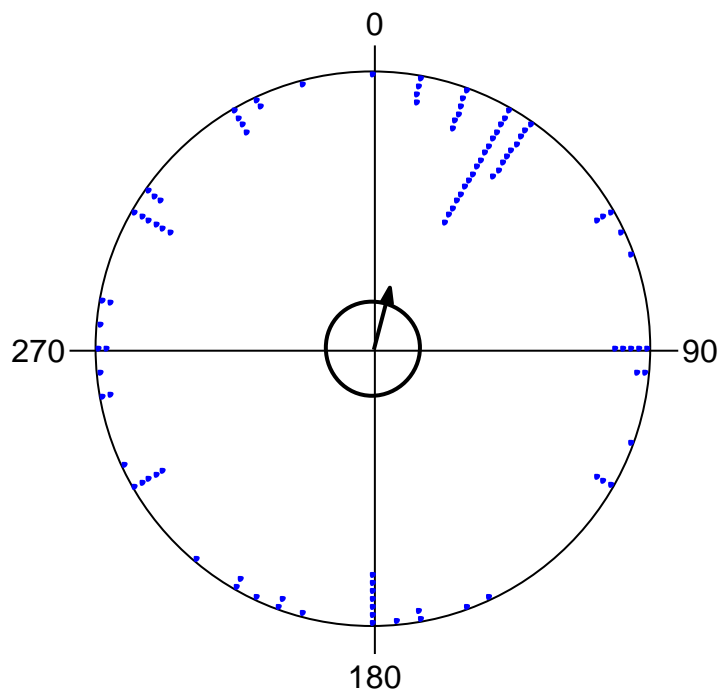
Tabulka č. 2: Výsledky statistické analýzy z nasbíraných dat z lokality Malá Skalice

Z nasbíraných 99 dat z lokality Malá Skalice byl zjištěn úhlovým měřením průměrný vektor o velikosti $113,724^\circ$. Tento vektor (viz obrázek č. 2), je graficky znázorněn pomocí šipky. Ukazuje v první řadě délku průměrného vektoru, a také statistickou signifikanci, která se vyznačuje středním kruhem, který jsme získali v 5% úrovni relevantnosti Rayleighova testu.

9.1.3 Výsledky z lokality Chotoměřice

Obrázek 3 – Axiální vyhodnocení dat z Chotoměřic

Angulární vyjádření směru vytesaných dutin datlovitými ptáky - Chotoměřice



Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 3 – Výsledky statistické analýzy z nasbíraných dat z lokality Chotoměřice

Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	102
Data Grouped?	No
Group Width (& Number of Groups)	
Mean Vector (μ)	13,856°
Length of Mean Vector (r)	0,231
Concentration	0,475
Circular Variance	0,769
Circular Standard Deviation	98,052°

One Sample Tests	
Rayleigh Test (Z)	5,454
Rayleigh Test (p)	0,004
Rao's Spacing Test (U)	240
Rao's Spacing Test (p)	< 0.01

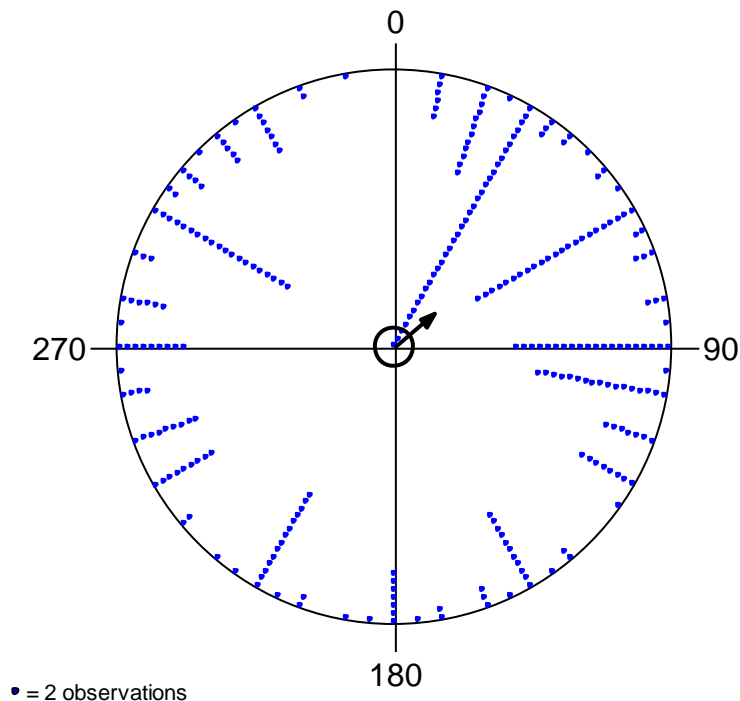
Zdroj: vlastní zpracování

Ze 102 nasbíraných dat z lokality Chotoměřice byl zjištěn úhlovým měřením průměrný vektor o velikosti 13,856°. Tento vektor (viz obrázek č. 3), který je graficky znázorněn pomocí šipky, ukazuje v první řadě délku průměrného vektoru, a také statistickou signifikanci, která se vyznačuje středním kruhem, který jsme získali v 5% úrovni relevantnosti Rayleighova testu.

9.1.4 Výsledky z lokality Velký Osek

Obrázek 4 – Axiální vyhodnocení dat z Velkého Oseku

Angulární vyjádření směru vytesaných dutin datlovitými ptáky - Velký Osek



Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 4 – Výsledky statistické analýzy z nasbíraných dat z lokality: Velký Osek

Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	535
Data Grouped?	No
Group Width (& Number of Groups)	
Mean Vector (μ)	48,572°
Length of Mean Vector (r)	0,189
Concentration	0,386
Circular Variance	0,811
Circular Standard Deviation	104,507°

One Sample Tests	
Rayleigh Test (Z)	12,029
Rayleigh Test (p)	5,97E-6
Rao's Spacing Test (U)	289,565
Rao's Spacing Test (p)	< 0.01

Zdroj: vlastní zpracování

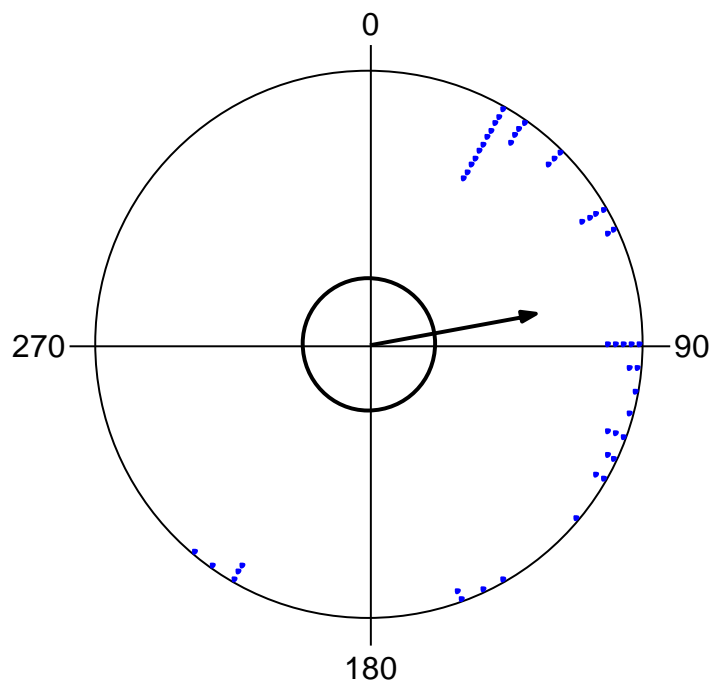
Z 535 nasbíraných dat z lokality Velký Osek byl zjištěn úhlovým měřením průměrný vektor o velikosti 48,572°. Tento vektor (viz obrázek č. 4), který je graficky znázorněn

pomocí šipky, ukazuje v první řadě délku průměrného vektoru, a také statistickou signifikanci, která se vyznačuje středním kruhem, který jsme získali v 5% úrovni relevantnosti Rayleighova testu.

9.1.5 Výsledky z lokality: Veltruby

Obrázek 5 – Axiální vyhodnocení dat z Veltrub

Angulární vyjádření směru vytesaných dutin datlovitými ptáky - Veltruby



Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 5 – Výsledky statistické analýzy z nasbíraných dat z lokality: Veltruby

Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	184
Data Grouped?	No
Group Width (& Number of Groups)	
Mean Vector (μ)	220,015°
Length of Mean Vector (r)	0,256
Concentration	0,529
Circular Variance	0,744
Circular Standard Deviation	94,627°

One Sample Tests	
Rayleigh Test (Z)	19,208
Rayleigh Test (p)	4,55E-9
Rao's Spacing Test (U)	324,336
Rao's Spacing Test (p)	< 0.01

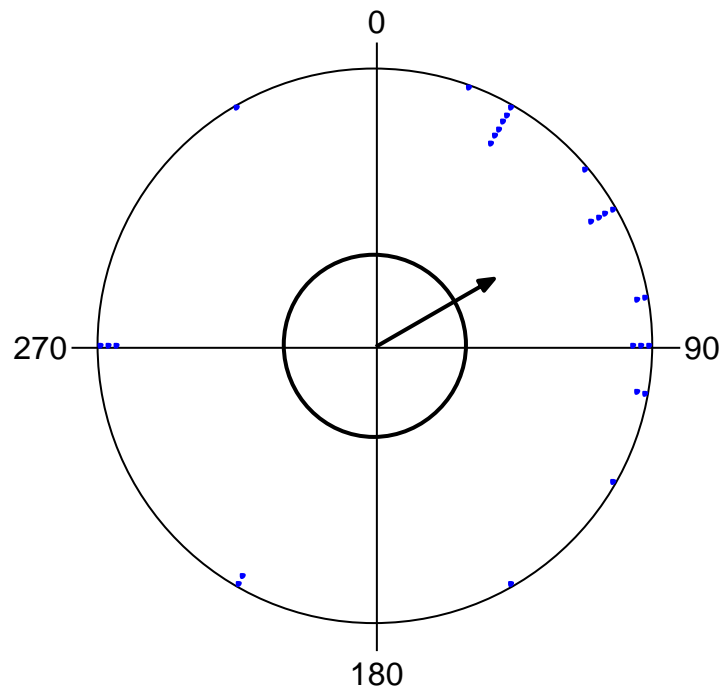
Zdroj: vlastní zpracování

Z 50 nasbíraných dat z lokality Veltrub byl zjištěn úhlovým měřením průměrný vektor o velikosti $79,088^\circ$. Tento vektor (viz obrázek č. 5), který je graficky znázorněn pomocí šipky, ukazuje v první řadě délku průměrného vektoru, a také statistickou signifikanci, která se vyznačuje středním kruhem, který jsme získali v 5% úrovni relevantnosti Rayleighova testu.

9.1.6 Výsledky z lokality: Praha 6 – Suchdol

Obrázek 6 – Axiální vyhodnocení dat z Prahy 6 – Suchdola

Angulární vyjádření směru vytesaných dutin datlovými ptáky - Praha Suchdol



Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 6 – Výsledky statistické analýzy z nasbíraných dat z lokality:

Praha 6 – Suchdol

Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	50
Data Grouped?	No
Group Width (& Number of Groups)	
Mean Vector (μ)	79,088°
Length of Mean Vector (r)	0,614
Concentration	1,568
Circular Variance	0,386
Circular Standard Deviation	956,57°

One Sample Tests	
Rayleigh Test (Z)	18,863
Rayleigh Test (p)	6,42E-9
Rao's Spacing Test (U)	249,6
Rao's Spacing Test (p)	< 0.01

Zdroj: vlastní zpracování

Z velmi malého počtu nasbíraných, tj. 27 dat z lokality Praha 6 ze Suchdola byl zjištěn úhlovým měření průměrný vektor o velikosti 60,084°. Tento vektor (viz obrázek č. 6), který je graficky znázorněn pomocí šipky, ukazuje v první řadě délku průměrného vektoru, a také statistickou signifikanci, která se vyznačuje středním kruhem, který jsme získali v 5% úrovni relevantnosti Rayleighova testu.

10 Diskuze

Na zvolených dvou lokalitách v okolí Velké Skalice a Chotoměřic, které se nacházely v poklidné části rozsáhlého lesního komplexu byla prokázána severojižní preference orientace vytesaných dutin. Tato preference byla prokázána např. i u rypoše hotentotského (*Cryptomys hottentotus*), který své tunely orientuje právě tímto směrem (Burda et al. 1990). Dále byla severojižní preference pozorována u krava na pastvinách, jelena evropského (*Cervus elaphus*) a u srnce obecného (*Capreolus capreolus*) (Burda et al. 2009). U dalších druhů živočichů byla také spíše pozorována severojižní preference.

Na dalších lokalitách v Praze 6 – Suchdol, Veltrubech a Malé Skalici byla prokázána spíše východozápadní preference. Pro tento výsledek není žádné podložené vysvětlení tohoto úkazu, ale jsou tu jen pravděpodobné možné vlivy, které mohly dané výsledky zkreslit. Např. v Praze a ve Veltrubech byla měření provedena nedaleko železniční tratě, která má velký vliv nejenom na člověka, ale právě i na živočichy. Můžeme předpokládat, že došlo k narušení jejich přirozené orientace vůči magnetickému poli Země. Co se týká lokality Malá Skalice, tam můžeme předpokládat pravděpodobné ovlivnění výsledků z hlediska složení podloží půdy nebo lokální síly magnetického pole Země.

Na lokalitě Velký Osek nebyla zjištěna žádná určitá preference směru. Mezi další vlivy, které mohly pravděpodobně ovlivnit výsledky, kromě polohy lokality na rušném místě tj. (hlavní traťová křižovatka, vedení vysokého napětí, motokrosová dráha a silnice), patří zejména lokální mikroklima a teplota. V období hnízdění mohou datlovití vybírat takovou orientaci své hnízdní dutiny, aby nedocházelo k pozdějšímu přehřívání stromové dutiny s rizikem ztráty svých potomků. Tímto problémem se zabýval také Lukas Lander (2014) ve své studii a Hansell (2005) prodiskutoval možné vlivy regionálního klimatu na preferenci směru vytesaných dutin ptáků. Dalším faktorem může být i samotné magnetické pole, které může být na určitých místech velmi proměnlivé nebo slabé.

11 Závěr

Hlavním tématem mé závěrečné práce bylo zjistit vliv magnetického pole Země na orientaci dutin datlovitých ptáků. Teoretické část je převážně zaměřená na podstatu a mechanismus magnetického pole Země a další možné faktory, které mohou také ovlivňovat působení magnetického pole Země. Díky různým výzkumům a pozorováním ze světa živočichů, lze odhadnout jejich pravděpodobnou preferenci k severojižnímu směru viz u skotu, ryboše hotentotského (Burda et al. 2009), lososa nerky (Quinn 1980), kapra obecného (Hart et al. 2012) a mnohé další studie.

V praktické části se tento předpoklad měl prokázat pomocí provedených měření, která měla tento předpoklad potvrdit, popřípadě vyvrátit. Naměřená data z terénu byla zapsána a poté vyhodnocena ve statistickém programu Oriana prostřednictvím Rayleighova testu. Teorie o severojižní preferenci byla potvrzena pouze na dvou lokalitách ve Velké Skalici a Chotoměřicích. Zde byla prokázána severojižní preference jako u ostatních sledovaných druhů živočichů.

Na dalších lokalitách-v Praze 6 na Suchdole, Malé Skalici a ve Veltrubech byl prokázán spíše východozápadní směr. Ke stejnému výsledku dospělo i několik dalších výzkumů, které neměli daný výsledek podložený fakty, které vedly k jednoznačnému závěru, ale jen pravděpodobné možné domněnky, které vysvětlovaly, proč nevyšel severojižní směr.

Tyto lokality mohly být pravděpodobně ovlivněny pro nás zcela běžnými objekty jako je například železniční trať či vedení vysokého napětí apod. Dalším významným vlivem na výsledek orientace hnízdnicích dutin mohly být místní podmínky prostředí jako skladba půdy, mikroklima, proudění vzduchu, teplota vzduchu a zvláště teplota v hnízdnicích dutinách stromů, fluktuace magnetického pole Země či síla magnetického pole na daném měřeném stanovišti nebo vrtkavé magnetické pole Země nebo malý počet naměřených dat - viz lokalita Praha 6 -Suchdol.

U poslední lokality ve Velkém Oseku nevyšel žádný určitý směr orientace. Tento výsledek je adekvátní, když vezmeme v potaz polohu dané lokality. Jiný výsledek by byl celkem nepravděpodobný. Na této lokalitě je více než jeden faktor, který ovlivňuje dané měření. Jediné, co může být sporné, do jaké míry jednotlivé rušivé objekty

a faktory měly na dané měření největší možný vliv, ale cílem mé závěrečné práce bylo pozorovat magnetickou orientaci dutin datlovitých ptáků, na zvolených lokalitách Středočeského kraje a Prahy. Ze shromážděných naměřených dat došlo u dvou lokalit k prokázání hypotézy o preferenci severojižního směru. U zbylých lokalit tato hypotéza nebyla prokázána, díky pravděpodobným rušivým činitelům a místním anomáliím, proto nemůžeme hypotézu zcela jednoznačně potvrdit či zamítnout. K potvrzení dané hypotézy by bylo zapotřebí realizovat více detailnějších analýz v daných oblastech, které jsou nějakým způsobem ovlivněny lokálními vlivy, aby se dospělo k jednoznačnému vyhodnocení.

12 Seznam použitých zdrojů

ANONYMUS, 2013a. *Kovach Computing Services* [online]. [cit. 2013-02-21].

Dostupné z WWW: <http://www.kovcomp.co.uk/oriana/oribroc.html>

AUGUST, P. V.; AYVAZIN, S. G.; ANDERSON, J. G. T, 1989. Magnetic Orientation in a Small Mammal, *Peromyscus leucopus*. *Journal of Mammalogy*. roč. 70. č. 1. s. 1–9. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW:

<https://doi.org/10.2307/1381663>

AVENS, L.; LOHMANN, K.J, 2004. *Navigation and seasonal migratory orientation in juvenile sea turtles*. *The Journal of Experimental Biology*. roč. 207. s. 1771-1778. [online]. [cit. 2018-03-18]. doi: 10.1242/jeb.00946. Dostupné z WWW: <http://jeb.biologists.org/content/207/11/1771>

BATSCHULET, E, 1981. *Circular statistics in biology*. Academic Press, New York. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW:

<http://www.worldcat.org/title/circular-statistics-in-biology/oclc/10557759>

BAZALOVÁ, O.; KVICALOVÁ, M.; VÁLKOVÁ, T.; SLABÝ, P.; BARTOŠ, P.; NETUŠIL, R.; TOMANOVA, K.; BRAEUNIG, P.; LEE, H. J.; SAUMAN, I.; DAMULEWICZ, M.; PROVAZNÍK, J.; POKORNÝ, R.; DOLEŽAL, D.; VÁCHA, M, 2016. *Cryptochrome 2 mediates directional magnetoreception in cockroaches*. Ohio State University. Columbus. PNAS. 2016. roč. 113 (6). s. 1660-1665. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z

<https://doi.org/10.1073/pnas.1518622113>

BECK, W.; WILTSCHKO, W, 1982. *The magnetic field as reference system for the genetically encoded migratory direction in pied flycatchers, *Ficedula hypoleuca**. *Z Tierpsychol*. roč.60. s. 41-46. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW:

<https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.1982.tb01075.x>

BEASON, R. C.; NICHOLS, J. E, 1984. *Magnetic orientation and magnetically sensitive material in a transequatorial migratory bird*. *Nature*. roč. 309. s. 151-153. [online]. [cit. 2018-03-18]. doi:10.1038/309151a0 Dostupné z WWW:

<https://www.nature.com/articles/309151a0>

BEGALL, S.; MALKEMPER, E.P.; ČERVENÝ, J.; NĚMEC, P.; BURDA, H, 2012. *Magnetic alignment in mammals and other animals*. Mammal Biol Epub. [online]. [cit. 2018-03-18].

<http://dx.doi.org/10.1016/j.mambio.2012.05.005>. Dostupné z WWW:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1616504712000754>

BEJČEK, V.; ŠŤASTNÝ, K, 1999. *Fauna Tušimicka*. Praha. Grada. s. 36. ISBN 80-7169-875 X.

BOUCHNER, M, 1975. *Kapesní atlas ptáků*. 5. vyd. Praha. Státní pedagogické nakladatelství. s. 154. ISBN: 14-530-89

BURDA, H.; MARHOLD, S.; WESTERNBERGER, T.; WILTSCHKO, R.; WILTSCHKO, W, 1990. *Magnetic compass orientation in the subterranean rodent *Cryptomys hottentotus* (Bathyerigidae)*. *Experientia*. roč. 46. s. 528–530. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2347407>

BURDA, H.; BEGALL, S.; ČERVENÝ, J.; NEEF, J.; NĚMEC, P, 2009. *Extremely Low-Frequency Electromagnetic Fields Disrupt Magnetic Alignment of Ruminants*. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*. roč. 106. č. 14. s. 5708–5713. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1073/pnas.0811194106>

BLANC, L. A.; WALTERS, J. R, 2008. *Cavity-nest webs in a longleaf pine ecosystem*. *Condor*. roč. 110. s. 80–92. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1525/cond.2008.110.1.80>

CARR, A.; SWITZER, W. P, 1982. *Evidence for interference with navigation of homing pigeons by a magnetic storm*. roč. 56. s. 327-340.

ČERVENÝ, J.; VOJTĚCH, O.; BURDA, H, 2008. *Magnetické krávy a internet přitahují*. *Vesmír*. roč.87. č. 11. s. 750-753. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2008/cislo-11/magneticke-kravy-internet-pritahuji.html>

ČERVENÝ, J.; BEGALL, S.; KOUBEK, P.; NOVÁKOVÁ, P.; BURDA, H, 2011. *Directional preference may enhance hunting accuracy in foraging foxes*. *Biol Lett*. roč. 7. s. 355–357. [online]. [cit. 2018-03-18]. DOI: 10.1098/rsbl.2010.1145

Dostupné z WWW:

<http://rsbl.royalsocietypublishing.org/content/early/2011/01/06/rsbl.2010.1145>

DEMEK, J.; MACKOVČIN P.; BALATKA B.; BUČEK A.; CIBULKOVÁ P.; CULEK M.; ČERMÁK P.; DOBIÁŠ D.; HAVLÍČEK M.; HRÁDEK M.; KIRCHNER K.; LACINA J.; PÁNEK T.; SLAVÍK P.; VAŠÁTKO J, 2006.

Hory a nížiny. Zeměpisný lexikon. ČR. 2. upravené vydání. Brno: MŽP ČR. s. 582. ISBN 80-86064-99-9.

DUNGEL, J.; HUDEC, K, 2001. *Atlas ptáků České a Slovenské republiky*. Praha. Academia. s. 158. ISBN 978-80-200-0927-2.

FROMME, H. G, 1961. *Untersuchungen über das Orientierungsvermögen nachtllich ziehender Kleinvoegel (Erithacus rubecula, Sylvia communis)*. Zeits.

Tierpsychol. roč. 18. s. 205-220. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW:

<https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.1961.tb00228.x>

GAEDECKE, N.; WINKEL, W, 2005. *Bevorzugen Meisen Parus spp. und andere in Höhlen brütende Kleinvoegel bei der Wahl ihres Brutplatzes die vom Wetter abgewandte Seite?* Vogelwarte. roč. 43. s. 15–18. [online]. [cit. 2018-03-18].

Dostupné z WWW: [http://publikationen.ub.uni-](http://publikationen.ub.uni-frankfurt.de/frontdoor/index/index/year/2008/docId/9515)

[frankfurt.de/frontdoor/index/index/year/2008/docId/9515](http://publikationen.ub.uni-frankfurt.de/frontdoor/index/index/year/2008/docId/9515)

GWINNER, E.; WILTSCHKO, W, 1978. *Endogenously controlled changes in the migratory direction of the garden warbler, Sylvia borin*. *J Comp Physiol*. roč. 125. s. 267-273. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW:

<https://link.springer.com/article/10.1007/BF00656605>

- 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*. A. roč. 10. č. 1. s. 1–10. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1186/1742-9994-10-38>
- HART, V.; KUŠTA, T.; NĚMEC, P.; BLÁHOVÁ, V.; JEŽEK, M.; NOVÁKOVÁ, P.; BEGALL, S.; ČERVENÝ, J.; HANZAL, V.; MALKEMPER, E. P.; ŠTÍPEK, K.; VOLE, Ch.; BURDA, H,** 2012. *Magnetic Alignment in Carps: Evidence from the Czech Christmas Fish Market*. *PLoS ONE*. vol. 7, issue 12, p. e51100 [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051100>
- HANSELL, M. H,** 2000. *Bird nests and construction behaviour*. Cambridge University Press. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1017/CBO9781139106788>
- HANSELL, M. H,** 2005. *Animal architecture*. Oxford University Press, Oxford. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <https://global.oup.com/academic/product/animal-architecture-9780198507529?cc=cz&lang=en&>
- HELBIG, A. J,** 1991. *Inheritance of migratory direction in a bird species: a cross breeding experiment with SE-and SW-migrating blackcaps (Sylvia atricapilla)*. *Behav Ecol Sociobiol*. A. č. 28. s. 9-12. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00172133>
- HELBIG, A.; BERTHOLD, P.; WILTSCHKO, W,** 1989. *Migratory orientation of blackcaps (Sylvia atricapilla): Population-specific shifts of direction during autumn*. *Ethology*. roč. 82. s. 307-315. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.1989.tb00510.x>
- HUDEEC, K,** 2005. et al. *Fauna ČR. Ptáci 2*. Praha. Academia. s. 1 208. ISBN 80-200-1113-7.

INOUYE, R. S.; HUNTLY, N. J.; INOUYE, D. W., 1981. *Non-random orientation of Gila Woodpecker nest entrances in saguaro cacti*. Condor. roč. 83. s. 88–89.

[online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <https://sora.unm.edu/node/103141>

INOUYE, D. W., 1976. *Nonrandom orientation of entrance holes to woodpecker nests in aspen trees*. Condor. roč. 78. s. 101-102. [online]. [cit. 2018-03-18].

Dostupné WWW: z

<https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/condor/v078n01/p0101-p0102.pdf>

INOUYE, R. S.; HUNTLY, N. J.; INOUYE, D. W., 1982. *Non-random orientation of nest entrances in saguaro cacti*. Condor. roč. 83. s. 88-89. [online]. [cit. 2018-03-

18]. Dostupné z WWW:

https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.cz/&httpsredir=1&article=1460&context=biology_facpub

JUSINO, M. A.; LINDNER, D. L.; BANIK, M. T.; WALTERS, J. R., 2015.

Heart rot hotel: fungal communities in red-cockaded woodpecker excavations.

Fungal Ecology. In press. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW:

https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf2015/fpl_2015_jusino001.pdf

KEARY, N.; RUPLOH, T.; EMAIL, J. V.; THALAU, P.; WILTSCHKO, R.;

WILTSCHKO, W. and BISCHOF, H. J., 2009. *Oscillating magnetic field disrupts magnetic orientation in Zebra finches, Taeniopygia guttata*. *Frontiers in Zoology*.

[online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1186/1742-9994-6-25>

KEETON, W. T., 1974. *The orientational and navigational basis of homing in birds*.

Adv Study Behav. roč. 5. s. 47-132. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW:

[https://doi.org/10.1016/S0065-3454\(08\)60020-0](https://doi.org/10.1016/S0065-3454(08)60020-0)

KEETON, W. T.; LARKIN, T. S., 1974. *Normal fluctuation in the earth's magnetic field influence pigeon orientation*. *J Comp Physiol*. roč. 95. s. 95-103. [online]. [cit.

2018-03-18]. Dostupné z WWW:

<https://link.springer.com/article/10.1007/BF00610108>

- KEETON, W. T.**, 1969. *Orientation by pigeons: Is the sun necessary?* Science. roč. 165. s. 922-928. [online]. [cit. 2018-03-18]. DOI: 10.1126/science.165.3896.922
Dostupné z WWW: <http://science.sciencemag.org/content/165/3896/922>
- KEETON, W. T.**, 1971. *Magnets interfere with pigeon homing.* Proc. natn. Acad. Sci. U.S.A. roč. 68. s. 102-106. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC391171/>
- KIMCHI, T.; TERKEL, J.**, 2001. *Magnetic compass orientation in the blind mole rat *Spalax ehrenbergi*.* J Exp Biol. roč. 204. s. 751–758. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11171357>
- KRAMER, G.**, 1957. *Experiments on bird orientation and their interpretation.* Ibis. roč. 99. s. 196-227. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1957.tb01947.x>
- KRAMER, G.**, 1961. *Long distance orientation.* In: Marshall AJ (ed) *Biology and comparative physiology of birds.* Academic Press. New York. 1961. s. 341-371. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <https://www.elsevier.com/books/biology-and-comparative-physiology-of-birds/unknown/978-1-4832-3143-3>
- LANDLER, L.; JUSINO, M. A.; SKELTON, J.; WALTERS, J. R.**, 2014. *Global Trends in Woodpecker Cavity Entrance Orientation: Latitudinal and Continental Effects Suggest Regional Climate Influence.* Acta Ornithologica. roč. 49(2). s. 257-266. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.3161/173484714X687145>
- LOHMANN, K. J.; PUTMAN, N. F.; LOHMANN C. M. F.**, 2012. *The Magnetic Map of Hatchling Loggerhead Sea Turtles.* Current Opinion in Neurobiology. roč. 22. s. 336–342. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1016/j.conb.2011.11.005>
- MATHER, J. G.; BAKER, R. R.**, 1981. *Magnetic sense of direction in woodmice for routebased navigation.* Nature. roč. 291. s. 152-155. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.1961.tb00228.x>

- MERKEL, F. W.; FROMME H. G.**, 1958. *Untersuchungen fiber das Orientierungsvermögen nachtlich ziehender Rotkehlchen, Erithacus rubecula*. Naturwissen. roč. 45. s. 499-500. [online]. [cit. 2018-03-18]. DOI:10.1007/BF00635576 Dostupné z WWW: <http://adsabs.harvard.edu/abs/1958NW.....45..499M>
- MERKEL, F. W.; WILTSCHKO, W.**, 1965. *Magnetismus und Richtungsfinden zugunruhiger Rotkehlchen (Erithacus rubecula)*. Vogelwarte. roč. 23. s. 71–77.
- MOORE, F. R.**, 1987. *Sunset and the orientation behaviour of migrating birds*. Bioi Rev. ro. 62. s. 65-8. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1987.tb00626.x>
- MOORE, F. R.**, 1977. *Geomagnetic disturbances and the orientation of nocturnally migrating birds*. Science. ro. 196. s. 682-684. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/854743>
- MOURITSEN, H.; BAKER, N.; ENGELS, S.; LEFELDT, N.; DREYER, D.; REICHL, T.; SCHNEIDER, N. L.; SCHWARZE, S.**, 2016. *Weak Broadband Electromagnetic Fields are More Disruptive to Magnetic Compass Orientation in a Night-Migratory Songbird (Erithacus rubecula) than Strong Narrow-Band Fields*. [online]. [cit. 2018-03-18]. doi: 10.3389/fnbeh.2016.00055 Dostupné z WWW: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27047356>
- NMEC, P.; VACHA, M.**, 2007. *Jak ivoichov vnímají magnetick pole Zem*. Vesmr. ro. 86. s. 284. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <https://www.muni.cz/vyzkum/publikace/718052>
- NILSSON, S. G.**, 1984. *The evolution of nest-site selection among hole-nesting birds: The importance of nest predation and competition*. Ornis Scandinavica. ro. 15. s. 167–175. [online]. [cit. 2018-03-18]. DOI: 10.2307/3675958 Dostupné z WWW: https://www.jstor.org/stable/3675958?seq=1#page_scan_tab_contents

NILSON, S. G., 1986. *Evolution of Hole-nesting in Birds: On Balancing Selection Pressures*. Department of Zoology. roč. 561. s. 75-122. [online]. [cit. 2018-03-18].

Dostupné z WWW:

<https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/auk/v103n02/p0432-p0435.pdf>

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*.

roč. 215. č. 20. s. 3649–3654. [online]. [cit. 2018-03-18]. doi: 10.1242/jeb.069625

Dostupné z WWW: <http://jeb.biologists.org/content/215/20/3649>

PACLÍK, M.; REIF, J., 2005. *Hnízdění ptáků ve stromových dutinách*. *Sylvia*. roč. 41. s. 1-15.

PHILLIPS, J. B., 1986. *Magnetic compass orientation in the eastern red-spotted newt (*Notophthalmus viridescens*)*. *J. comp. Physiol. A*. roč. 158. s. 103-109.

[online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW:

<https://link.springer.com/article/10.1007/BF00614524>

QUINN T.P., 1980. *Evidence for celestial and magnetic compass orientation in lake migrating sockeye salmon fry*. *J Comp Physiol. A*. roč. 137. s. 243–248 [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW:

[online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW:

<https://link.springer.com/article/10.1007/BF00657119>

RADFORD, A. N.; DUPLESSIS, M. A., 2003. *The importance of rainfall to a cavity-nesting species*. *Ibis*. roč. 145. s. 692–694. [online]. [cit. 2018-03-18].

Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1046/j.1474-919X.2003.00198.x>

RICKLEFS, R. E.; HAINSWORTH, F. R., 1969. *Temperature regulation in nestling Cactus Wrens: the nest environment*. *Condor*. roč. 71. s. 32–37. [online].

[cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW:

<https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/condor/v071n01/p0032-p0037.pdf>

SCHMIDT-KOENIG, K.; GANZHORN, J. U., 1991. *On the problem of bird navigation*. In: *Bateson PPG, Klopfer PH (eds) Perspectives in ethology*. Plenum Press. New York. s. 261-283. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z

- SOUTHERN, W. E.**, 1972. *Magnets disrupt the orientation of juvenile ring-billed gulls*. *BioScience A*. roč. 22. s.476-479. [online]. [cit. 2018-03-18]. DOI: 10.2307/1296245 Dostupné z WWW: https://www.researchgate.net/publication/270247474_Magnets_Disrupt_the_Orientation_of_Juvenile_Ring-Billed_Gulls
- SOUTHERN, W. E.**, 1972. *Influence of disturbances on the earth's magnetic field on ring-billed gull orientation*. *Condor B*. roč. 74. s. 102-105. [online]. [cit. 2018-03-18]. DOI: 10.2307/1366458 Dostupné z WWW: <http://www.jstor.org/stable/1366458>
- SEAGER, R.; BATTISTI, D. S.; YIN, J.; GORDON, N.; NAIK, N.; CLEMENT, A. C.; CANE, M. A.**, 2002. *Is the Gulf Stream responsible for Europe's mild winters?* *Q. J. Roy. Meteor. Soc.* roč. 128. s. 2563–2586. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <https://miami.pure.elsevier.com/en/publications/is-the-gulf-stream-responsible-for-europes-mild-winters>
- SVENSSON, L.; MULLARNEY K.; ZETTERSTRÖM D.** *Ptáci Evropy, Severní Afriky a Blízkého Východu*. 2. vydání. Stockholm: Bonnier Fakta, 448 s. ISBN 978-80-7291-246-9.
- SEAGER, R.; BATTISTI, D. S.; YIN, J.; GORDON, N.; NAIK, N., CLEMENT, A. C.; CANE, M. A.**, 2002. *Is the Gulf Stream responsible for Europe's mild winters?* *Q. J. Roy. Meteor. Soc.* roč. 128. s. 2563–2586. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1256/qj.01.128>
- TESCH, F.; LELEK, A.**, 1973. *Directional behaviour of transplanted stationary and migratory forms of the eel, *Anguilla anguilla*, in a circular tank*. *Neth J Sea Res.* roč. 7. s. 46–52. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: [https://doi.org/10.1016/0077-7579\(73\)90031-8](https://doi.org/10.1016/0077-7579(73)90031-8)
- VĚTVIČKA, V.; NEBOROVÁ, H.; LAPÁČEK, V.**, 1997. *Wegweiser durch die natur*. 1. vydání. Stuttgart: Reader's Digest Das Best. 432 s. ISBN 80-86196-15-1.
- VON MIDDENDORF, A.**, 1859. *Die Isepipetsen Russlands; Grundlagen zur Erforschung der Zugzeiten and Zugrichtungen der Vogel Russlands*. *Mere. Acad. Sci. St. Petersburg.* roč. 8. s. 1-143.

VIGUIER, C, 1882. *Le sens de l'orientation et ses organes chez les animaux et chez l'homme*. Rev Phil France Etranger. roč. 14. s. 1-36.

WALCOTT, C, 1991. *Magnetic maps in pigeons*. In: *Orientation in Birds*. s. 38-51. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-0348-7208-9_3

WALCOTT, C, 1992. *Pigeons at magnetic anomalies: The effects of loft location*. J. exp. Biol. roč. 170. s. 127-141. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <http://jeb.biologists.org/content/170/1/127>

WAN, T.; HU, J. F.; JIAO, Z. B.; WEN, J. B.; LUO, Y. Q, 2008. *Nest-cavity characteristics of the Great Spotted Woodpecker *Dendrocopos major* in shelter plantations of west Inner Mongolia*. For. Stud. China. roč. 10. s. 36–40. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11632-008-0010-1>

WIEBE, K. L, 2001. *Microclimate of tree cavitynests: is it important for reproductive success in Northern Flickers?* Auk. roč. 118. s. 412–421. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <https://sora.unm.edu/sites/default/files/p00412-p00421.pdf>

WIEBE, K. L.; SWIFT, T. L, 2003. *Clutch size relative to nest size in Northern Flickers using tree cavities*. Journal of Avian Biology. roč. 32. s. 167–173. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1034/j.1600-048X.2001.320210.x>

WILTSCHKO, W, 1968. *Ober den Einfluß statischer Magnetfelder auf die Zugorientierung der Rotkehlchen (*Erithacus rubecula*)*. Z Tierpsychol. roč. 25. s. 537-558. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: https://www.researchgate.net/publication/34698471_Uber_den_Einfluss_statischer_Magnetfelder_auf_die_Zugorientierung_der_Rotkehlchen_Erithacus_rubecula_Mit_14_Abb

WILTSCHKO, W, 1974. *Der Magnetkompass der Gartengrasmiicke (*Sylvia borin*)*. J. Ornithol. roč. 115. s. 1-7. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z

- WILTSCHKO, W.**, 1968. *Ober den Einfluß statischer Magnetfelder auf die Zugorientierung der Rotkehlchen (Erithacus rubecula)*. Z Tierpsychol. roč. 25. s. 537-558. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.1968.tb00028.x>
- WILTSCHKO, W.; WITSCHKO, R.**, 1992. *Migratory orientation: Magnetic compass orientation of garden warblers (Sylvia borin) after a simulated crossing of the magnetic equator*. Ethology. roč. 91. s. 70-74. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.1992.tb00851.x>
- WILTSCHKO, W.; WILTSCHKO, R.**, 2005. *Magnetic orientation and magnetoreception in birds and other animals*. J. Comp. Physiol. A. roč. 191. s. 675–693. [online]. [cit. 2018-03-18]. DOI: 10.1007/s00359-005-0627-7 Dostupné z WWW: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15886990>
- WILTSCHKO, W.; WILTSCHKO, R.**, 1995. *Migratory orientation of European robins is affected by the wavelength of light as well as by a magnetic pulse*. J Comp Physiol. A. roč. 177. s. 363-369. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00192425>
- WITSCHKO, W.; WITSCHKO, R.**, 1975. *The interaction of stars and magnetic field in the orientation of night migrating birds. II. Spring experiments with European robins (Erithacus rubecula)*. Zeits. Tierpsychol. B. roč. 39. s. 265-282. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1231422>
- YEAGLEY, H. L.**, 1947. *A preliminary study of a physical basis of bird navigation*. J Appl Phys. roč. 18. s. 1035-1063. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1063/1.1697587>
- YEAGLEY, H. L.**, 1951. *A preliminary study of a physical basis of bird navigation. Part II*. J Appl Phys. roč. 22. s. 746-760. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1063/1.1700043>
- ZAHNER, V.; SIKORA, L.; PASINELLI, G.**, 2012. *Heart rot as a key factor for cavity tree selection in the black woodpecker*. Forest Ecol. Manag. roč. 271. s. 98–103. [online]. [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.01.041>

13 Seznam příloh

Příloha 1 – vytesaná dutina.....	72
---	-----------

Příloha 1 – vytesaná dutina

