

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra myslivosti a lesnické zoologie



**Lateralita, kompasová preference a jejich
porovnání u psů a fen**

Bakalářská práce

Autor: Eliška Sládková

Vedoucí práce: prof. RNDr. Hynek Burda, CSc.

2018

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Eliška Sládková

Provoz a řízení myslivosti

Název práce

Lateralita, kompasová preference a jejich porovnání u psů a fen

Název anglicky

Laterality, directional preference and comparison in maledogs and femaledogs

Cíle práce

Obecně popsat projevy lateralit savců a projevy kompasové směrové preference živočichů s ohledem na magnetorecepci, se zaměřením na šelmy. V praktické části sledovat a případně popsat propojení lateralit s magnetorecepcí a ověřit, zda pomocí lateralit může být zjištěna přesnost kompasové preference u vybraných plemen psů.

Metodika

Z dostupné vědecké literatury bude v rešerši vysvětlen pojem lateralit, její popis a příklady lateralit u jednotlivých savců. Pro porovnání bude popsána z dostupných odborných publikací i magnetorecepcie u psů. V experimentální části bude zpracován pokus v budově v areálu výzkumného pracoviště FLD Šlechtitelské stanice Truba v Kostece nad Černými lesy. Minimálně počet sledovaných jedinců bude pět. Každý z nich bude vyslán k dvěma identickým miskám s potravou. Zkoumáno bude, zda pomocí zjištěné lateralit u testovaných jedinců je možné ověřit přesnost kompasové preference a zjistit, zda feny nebo psi jsou pomocí testů lateralit přesnější v kompasové preferenci.

Harmonogram zpracování

Do 15. července 2017 budou sesbírána data pro statistické zpracování a předána školiteli. Literární rešerše bude průběžně konzultována se školitelem a zpracována do 30. listopadu 2017. Rukopis bakalářské práce bude předložen ke kontrole vedoucímu práce do 28. února 2018. Dokončená bakalářská práce bude odevzdána v termínu duben 2018 na studijní oddělení FLD dle pokynů vydaných k odevzdávání bakalářských prací.

Doporučený rozsah práce

30-40 stran

Klíčová slova

Lateralita, magnetorecepce, směrová preference, pes

Doporučené zdroje informací

- Batt, L.S., Batt, M.S., Baguley, J.A., McGreevy, P.D., 2008. Stability of motor lateralisation in maturing dogs. *Laterality* 13, 468–479.
- Batt L.S., Batt M.S., McGreevy P.D., 2007: Two tests for motor laterality in dogs. *Journal of Veterinary Behavioral*. 2 (2). 47-51.
- Blanchet M., Konya A., 1969: Mirror image and acquisition of laterality of motor reflex in animal. *Annee Psychologique* 69.2: 363.
- Cerveny J., Begall S., Koubek P., Nováková P., Burda H. 2011: Directional preference may enhance hunting accuracy in foraging foxes; *biology letters*, s. 355 – 357
- Hart et al. 2013: Dogs are sensitive to small variations of the Earth's magnetic field. *Frontiers in Zoology*, 10:80.
- Hopkins, W.D., Bard, K.A., Griner, K., 1997. Postural adaptation and laterality in neonatal chimpanzees. *Int. J. Primatol.* 18, 104–114.
- Phillips J. B. 1996: Magnetic navigation. *J. Theor. Biol.* 180, s. 309 319.
- Rogers, L.J., 2002. Lateralization in vertebrates: its early evolution, general pattern, and development. *Adv. Study Behav.* 31, 107–161.
- Tomkins, L.M., Thomson, P.C., McGreevy, P.D., 2010b. First-stepping test as a measure of motor laterality in dogs (*Canis familiaris*). *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research* 5, 247–255.
- Tomkins, L.M., Williams, K.A., Thomson, P.C., McGreevy, P.D., 2010c. Sensory Jump test as a measure of sensory (visual) lateralisation in dogs (*Canis familiaris*). *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research* 5, 256–267.
-

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – FLD

Vedoucí práce

prof. RNDr. Hynek Burda, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra myslivosti a lesnické zoologie

Elektronicky schváleno dne 26. 4. 2017

doc. Ing. Vlastimil Hart, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27. 2. 2018

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan

V Praze dne 11. 04. 2018

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Lateralita, kompasová preference a jejich porovnání u psů a fen vypracovala samostatně pod vedením prof. RNDr. Hynka Burdy, CSc. a použila jsem jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědoma, 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

Podpis autora

Poděkování

Ráda bych poděkovala mámě a sestře za morální podporu při psaní této práce, blízkým přátelům, a především mé konzultantce Ing Janě Adámkové za odbornou pomoc a rady, bez kterých by tato práce nevznikla.

Abstrakt

Práce je zaměřena na studium laterality a kompasové směrové preference u psů a fen. Cílem bylo potvrdit nebo vyvrátit hypotézu možného vlivu laterality na kompasovou preferenci u psů a porovnání možných rozdílů těchto dvou smyslových projevů u psů a u fen. Testováno bylo celkem 8 jedinců (4 M, 4 F) psa domácího v magnetické cívice v areálu šlechtitelské stanice Truba v Kostelci nad Černými Lesy. Při experimentu sledování jedinci volili jednu ze dvou misek umístěných v kompasovém směru. Zaznamenáváno bylo, zda si psi vybrali pravou či levou stranu, o jaký kompasový směr se jednalo, datum, čas a přesný kompasový směr osy těla psa u misky. Psi byli sledováni při dvou měřeních; první bylo při ovlivnění magnetickou cívkou $+90^\circ$ ($V=S$), druhé za přirozeného magnetického pole Země ($S = S$). Z naměřených hodnot byly vypočítány indexy laterality všech jedinců a pomocí statistického programu Oriana vyhodnoceny hlavní kompasové směry fen a psů.

Výsledky nám potvrdily hypotézu o vzájemném působení laterality a kompasové směrové preference v porovnání psů a fen a daly možnost dalšího zkoumání těchto dvou fenoménů se zaměřením na laterality, prostorovou orientaci či navigaci.

Klíčová slova

Lateralita, magnetorecepce, směrová preference, pes

Abstract

The subject of this bachelor thesis is the study of laterality and compass directional preferences of male and female dogs. The aim of this work is to confirm or refute the hypothesis of possible influence of laterality on compass directional preferences of dogs and compare the possible differences of these two sensory manifestations between male and female dogs. For the purpose of this work eight domestic dogs (4 M, 4 F) were tested in magnetic coil situated in the breeding station Truba in Kostelec nad Černými Lesy. During the experiment the dogs had to choose one of two bowls placed in the compass direction. The following data were recorded in particular: the bowl that was chosen, the compass direction of the bowl, date, time and exact compass direction of the dog's body to the bowl. Two different measurements were made— during the first one the magnetic coil was left in the position $+ 90^\circ$ (N=E) In the second measurement the natural magnetic field was used (N=N). From the measured values the index of laterality of all tested dogs was calculated and the main compass directions of the female and male dogs were evaluated using the Oriana statistical program.

The results of this experiment confirmed the hypothesis of the relationship between laterality and compass directional preferences in comparison to male and female dogs. The results provide the opportunity to further study these two phenomena with the focus on laterality, spatial orientation or navigation.

Key words

Laterality, magnetoreception, directional preference, dog

Obsah

| | |
|--|----|
| 1. Úvod | 9 |
| 2. Cíl | 11 |
| 3. Literární rešerše..... | 12 |
| 3.1 Magnetorecepce | 12 |
| 3.1.1 Magnetické pole Země | 12 |
| 3.1.2 Magnetorecepce u zvířat..... | 12 |
| 3.2 Lateralita | 14 |
| 3.2.1 Lateralita a fyziologie | 15 |
| 3.2.2 Lateralita u zvířat..... | 16 |
| 4. Metodika | 18 |
| 4.1 Metodický postup při sledování magnetorecepce..... | 18 |
| 4.1.1 Základní údaje | 18 |
| 4.1.2 Měření bez ovlivnění | 19 |
| 4.1.3 Měření s ovlivněním..... | 19 |
| 4.2 Metodický postup měření laterality | 20 |
| 5. Výsledky | 21 |
| 5.1 Výsledky laterality..... | 21 |
| 5.2 Výsledky kompasové preference | 22 |
| 5.2.1 Všichni jedinci s ovlivněním | 22 |
| 5.2.2 Všichni jedinci bez ovlivnění | 24 |
| 5.2.3 Feny a psi bez ovlivnění | 25 |
| 5.2.4 Feny a psi s ovlivněním | 26 |
| 6. Diskuze | 27 |
| 7. Závěr | 29 |
| 8. Literární zdroje..... | 30 |

1. Úvod

Kompasy byly vytvořeny dávno před samotným pochopením magnetismu a jeho vlivu na život na planetě Zemi. První kompas vznikl v Číně již před několika tisíci let. Původní název byl „vůz ukazující na jih“ a dle historických pramenů ho údajně vynalezl Čchan-Chu pro lepší orientaci císařské armády. Císař díky tomuto novému vynálezu válku vyhrál, ale tehdejší kompas nevypadal jako dnešní. První měl podobu vozu, na kterém byla umístěna dřevěná postava a její ruka ukazovala na jih. Nicméně první kompas, tak jak ho známe dnes, se objevil v třetím tisíciletí před naším letopočtem. Jednalo se o naběračku vyrobenou z magnetovce, která se položila na měděnou plošinku a následně na vodní hladinu. Tento typ kompasu byl ale značně nepraktický pro pochod armády a v následujících letech přicházela nejrůznější zdokonalení v podobě ocelové rybičky, jež byla zmagnetizovaná a její ocásek ukazoval na sever, nebo například ocelové strelky položené na list rákosu a opět vodní hladinu. Díky arabským obchodníkům se kompas dostal do Evropy, ale není známo kdy. První zmínky jsou v souvislosti s darem irácké královny od emíra z Córdoba. Kompas byl původně využívat na orientaci po souši, ale našel uplatnění i v lodní dopravě ve chvílích, kdy bylo špatné počasí a námořníci se nemohli orientovat podle hvězd (Anonymus, 2006).

Lidstvo bylo jevem magnetismu fascinováno i nadále a v roce 1859 byla vydána první publikace od Alexandra Theodora von Middendorffa, která se zabývala geomagnetismem u živočichů (Němec et al., 2007a), a díky vytrvalosti a nepřebernému množství výzkumů se přišlo na možný princip vnímání magnetického pole zvířaty, kdy pomocí světla a speciální látky v oku, tzv. kryptochromu, dokáží vnímat i ty nejjemnější nuance v magnetickém poli a jeho změnách (Bazalová et al., 2016).

Existuje ale několik jiných studií, které nám ukazují, že kryptochrom není jedinou variantou schopnosti vnímat geomagnetismus. Mezi některé patří např. holubi, kteří dokáží vnímat magnetické pole pomocí vnitřního ucha, kde mají ukrytá zrníčka železitého magnetického biominerálu. Stejně vnitřní ucho můžeme pozorovat i u ryb, obojživelníků, plazů a obratlovců kromě placentárních savců, těm se vyvinul hlemýžď, který je vyplněn tekutinou, jež přenáší jemné vibrace a ty jsou následně přetransformované na zvukové vjemy (Zakir et al, 2012).

Lateralita je jev sahající do raných dob evoluce (Bisazza et al., 1996), který se začal vědecky zkoumat u lidí již před 130 lety. Propojení laterality a kognitivních funkcí mozku pak pomáhá při každodenním přežití.

2. Cíl

Cílem práce bylo obecně popsat a zjistit laterality u savců se zaměřením na šelmy a sledovat její projevy v souvislosti s kompasovou směrovou preferencí, která byla sledována v uzavřené magnetické cívce, bez jakýchkoliv rušivých vlivů.

3. Literární rešerše

3.1 Magnetorecepce

3.1.1 Magnetické pole Země

Magnetické pole je nepostradatelným jevem, bez kterého by nemohl vzniknout a udržet se život na Zemi. Chrání nás od slunečního větru a pronikání kosmických částic do naší atmosféry. Životně důležitým je pro mnoho druhů živočichů, kteří se podle něj orientují a dokáží přežít. Nejvíce zkoumané a diskutované je magnetické pole v souvislosti s orientací migrujících ptáků.

Pole vzniká rychlou rotací Země v kombinaci s jádrem, které je tvořené roztavenými kovy, jejichž částice jsou silně vodivé. Při pohledu na průřez Země se pak „magnet“ jeví jako tyčový, tudíž má dva póly, které nazýváme jižní a severní pól. Mezi póly pak vznikají siločáry, které mají různý tvar a přizpůsobují se svému okolí např. Slunci. Rozlišujeme dva póly, geografický a magnetický, který je stále v pohybu, zesiluje či slábne, přizpůsobuje se okolním změnám a je pružný. Oproti tomu geografický je pak neměnný na čase a prostoru.

3.1.2 Magnetorecepce u zvířat

Velká část živočichů by se nedokázala bez magnetorecepce obejít v běžném životě. Vědci donedávna nevěděli, jak a kde se přijímají a zpracovávají informace o magnetickém poli a existovalo několik teorií, z nichž ani jedna nebyla ověřena a prohlášena za tu správnou. Nevědělo se, zda zvířata používají magnetorepce založenou na elektromagnetické indukci či na součinnosti feromagnetických částic a mechanoreceptorů nebo dokonce na chemickém principu (Němec et al, 2007).

Dnes je však zjištěno, že někteří živočichové vnímají magnetické pole pomocí fotosenzitivního proteinu kryptochromu, který se nachází v oko. Pokus byl prováděn na švábech, kteří mají schopnost tvořit dva druhy kryptochromu, jeden, který dokáže vnímat hmyz a druhý, který dokáže vnímat savci. Pokud byla odstraněna možnost tvořit kryptochrom, byly zde jasné důkazy špatné orientace a zmatenosti (Bazalová et al, 2016).

Ptáci patří mezi skupinu živočichů, u které si člověk poprvé všiml neviditelného smyslu pro skvělou orientaci a navigaci, kdy ptáci dokáží migrovat přes půlku zeměkoule, a přesto se následně vrátit na ten samý strom, kde hníždili rok předtím. Je dokázáno, že využívají spousty výrazných orientačních bodů a již zmíněný cit pro světlo, který dříve nebyl spojován se schopností geomagnetismu (Němec et al, 2007a). Geomagnetismus ale

nebyl studován jen u migrujících ptáků, ale i u druhů jako jsou krkavcovití, kteří jsou považováni za velice inteligentní čeleď pěvců, a též mají schopnost vnímat magnetický pól Země. Podle tohoto pólu se zarovnávají stejně jako všichni živočichové, tedy sever-jih (Pleskac et al, 2017).

Geomagnetismus se dá pozorovat především při svítání či úsvitu, protože se pak zvířata nemohou orientovat pomocí světla nebo viditelných bodů, kdy se toto potvrdilo na pozorování plameňáků. Dokonce i plameňáci chovaní a narození v zoologických zahradách projektují geomagnetickou schopnost do každodenního života, především při klidových aktivitách jako je např. odpočinek či postávání ve výběhu. Naopak u aktivit jako chůze, brodění či krmení se geomagnetismus neprojevil. Je zajímavé, že plameňáci v Evropě preferovali zarovnávání se na Jih a plameňáci v oblasti Keni naopak na Sever. Schopnost zarovnávání se má spíše informační než energický význam (Nováková et al, 2017).

U plameňáků v zoologických zahradách však nemohlo být zkoumáno, jak geomagnetismus slouží v každodenním životě volně žijících ptáků. Hejnové druhy ptáků jakým je např. kachna divoká se musejí orientovat při svých hromadných vzletech či přistání na hladině rybníka tak, aby nedošlo ke kolizím a zranění jedinců. I přes zhodnocení všech okolních podnětů (lehký vítr, slunce, směr příletu) se ukázalo, že se všechny kachny zarovnávají stejným směrem, a to podél osy sever-jih. Pro kachny byl pak důležitý magnetický sever, nikoliv sever geografický (Hart et al, 2013).

Holubi jsou pak ukázkou jiného typu vnímání geomagnetismu, kdy orgán pro vnímání magnetického pole mají uložený ve vnitřním uchu, kde mají ukrytá zrníčka železitého magnetického biominerálu. Stejně vnitřní ucho můžeme pozorovat i u ryb, obojživelníků, plazů a obratlovců kromě placentárních savců, těm se vyvinul hlemýžď, který je vyplněn tekutinou, jež přenáší jemné vibrace a ty jsou následně přetransformované na zvukové vjemy (Zakir et al, 2012).

Jedni z předních odborníků na geomagnetismus prokázali, že i větší savci jako jsou jeleni či srnci jsou schopni vnímat magnetické pole a zarovnat se podle magnetického severu, a tudíž do osy sever-jih. Zvláštní je, že tato vlastnost zvířat byla celou dobu bez povšimnutí pastevců, lovců či dokonce chovatelů, proto se vědci rozhodli, že pokus udělají na hospodářských zvířatech. Hypotéza o vnímání geomagnetismu se potvrdila a může být tento fakt dále využit při chovu a zabezpečování pohodlí pro hospodářská a domácí zvířata (Begall et al, 2008). Zvýšenou pozornost pak vyvolala otázka, zda nízkofrekvenční magnetické pole může ovlivnit vnímání geomagnetismu, kdy

se toto pole nachází v elektrickém vedení vysokého napětí. Bylo prokázáno, že domácí skot, ale i jelen či srnec, se nedokáží zarovnat podle pole Země a jsou rušeni elektrickým vedením. Čím dále se pak jedinec nacházel, tím zřetelnější bylo zarovnání pomocí geomagnetismu. Nicméně nebylo to nezanedbatelné ovlivnění, protože bylo dokázáno, že jedinec nejen není schopný se zarovnat, ale taky se objevili změny v chování, tudíž se usuzuje, že elektrické vedení ovlivňuje jedince až na úroveň buněk a molekul (Burda et al, 2009). V návaznosti na prokázání geomagnetismu u přežvýkavců a jeho možného ovlivnění, se provedlo zkoumání u prasatovitých (prase bradavičné, prase divoké) a i u nich bylo prokázáno zarovnání sever-jih a dány podklady k dalšímu výzkumu (Červený et al, 2017).

Najdeme ale i výzkumy zaměřené na orientaci ryb pomocí magnetorecepce, kdy se jeden z výzkumů prováděl na kaproví obecném při vánočních trzích. Výsledky pak byly velmi zajímavé, protože nám dokázaly, že i ryby mají schopnost vnímat magnetické pole, a dokonce se podle něj i zarovnávat. Pro pochopení celé problematiky vnímání pole rybami jsou navrženy další potencionální výzkumy, které nám mohou pomoci při chovu všech druhů ryb (Hart, 2012).

Ke vnímání geomagnetismu nejsou vnímaví jen kapři obecní, ale celkově všechny druhy ryb včetně mořských druhů, které se nejenom díky vnímání teplých a studených proudů mohou orientovat v širokém oceánu a cestovat za potravou či rozmnožováním (Němec et al, 2007b).

3.2 Lateralita

Samotný pojem laterality pochází z latinského slova *latus*, které znamená bok či strana. Jedná se o odlišnost ve využívání párových orgánů, jak vnějších, tak i vnitřních, kdy se jeden, pravý nebo levý, upřednostňuje nad druhým. Stupně laterality mohou být od nepatrných projevů až po silné praváctví nebo leváctví a rozdělujeme ji na laterality tvarovou, kde se posuzuje nesouměrnost kvantitativní, a laterality funkční, která se zaměřuje na kvalitativní nesouměrnost. Typy laterality rozeznáváme celkem tři, kdy první je souhlasný, což znamená převahu jedné strany u všech orgánů, druhým je pak nesouhlasná, kdy se kříží preference např. dominantní pravé oko a levá ruka. Posledním typem je lateralita neurčená nebo také nevyhraněná, kdy jedinec využívá střídavě obě strany (Křišťanová, 1990).

Výzkum laterality byl v minulosti zaměřený především na pochopení leváctví či praváctví u lidí a ne zvířat, proto se lidské rozdělování lateralit uplatňuje i při hodnocení nových výzkumů na zvířata. Máme celkem pět tříd, kategorií, do kterých se lateralita rozděluje: L = silné leváctví, L- = mírné leváctví, A = nevyhraněnost, P- = mírné praváctví, P = silné praváctví (Drnková et al, 1983).

V dnešní době vzniká mnoho studií, které se zaměřují na výzkum lateralit u zvířat např. u psa domácího, kde bylo prokázáno, že i pes může mít dominantní jednu ze stran, ale většina jich je tzv. obojetných, nevyhraněných. Nicméně u zvířat je zásadní srovnání lateralit a magnetismu, zda nám u vyhraněných jedinců lateralita ovlivňuje magnetismus nebo zase naopak. U nevyhraněných jedinců se pak projevil větší cit pro magnetorecepci, kdy se psi točili a rovnali osu svého těla směrem na sever (Adámková, 2017).

3.2.1 Lateralita a fyziologie

Komplexní pochopení fungování vnějších podmětů a následné reakce v kombinaci s lateralitou je velmi složité a není zcela prozkoumané. Víme však, že pro živočichy jsou tyto reakce velmi důležité pro přežití, a proto jsou čistě logické (Vallortigara et al, 1999).

U všech obratlovců se sídlo lateralit skrývá v mozku, který dělíme na dvě hemisféry, levou a pravou. Každá z nich má svůj účel, kdy levá hemisféra se specializuje na zachycení, ulovení, kořisti, je sídlem orientace, řeší zautomatizované pohyby, chování a aktivuje se při opakujících se činnostech. Pravá je pak zaměřená na vyjádření strachu a agrese, řeší nové podměty a zpracovává topografické informace, nezbytné pro útek zvířete, šelmy. Pravá hemisféra se využívá při rychlých a nových podmínkách, které vyžadují okamžitou reakci, a levá pak pro kontrolované odpovědi (Rogers, 2002).

Lateralita fyziologicky není ovlivněna ani umístěním očí, protože i binokulární zvířata dokáží být laterální i přesto, že některé druhy mají více překryté binokulární pole. Nicméně, ať se výzkumy dělali na lidech či zvířatech, tak bylo prokázáno, že lateralita je vrozená, ne naučená, a je ovlivněna z největší částí genetikou ve vztahu s hormonálními a environmentálními událostmi. Díky vrozenosti a evolučnímu vývoji mohou zvířata pomocí lateralit komunikovat, koordinovat se nebo lovit kořist. Problematika využití lateralit v přirozených podmínkách však není dosud zcela přesně objasněna, protože většina pokusů je dělána v laboratorních podmínkách, proto můžeme jen doufat, že se tomuto

problému budou věnovat další studie a budeme moci lépe pochopit celkové chování zvířat v přirozených podmínkách (Rogers, 2002).

3.2.2 Lateralita u zvířat

Základní otázkou však zůstávalo, zda lateralita může být výhodou a jak se případně tyto výhody projevují. Bylo dokázáno, že to své výhody má a jedinec dokáže vnímat více podnětů najednou např. u slepic se projevují výhody, kdy při krmení natáčí hlavu na pravou stranu, která posílá informace do levé hemisféry, tudíž se mohou soustředit na výběr a příjem potravy, a zároveň levou stranou, okem, pozorují své okolí, kvůli případnému napadení dravcem, protože tyto podněty putují do pravé hemisféry, sídla okamžité reakce. Tento objev dokazuje, že lateralizace zvyšuje účinnost mozku při řešení kognitivních úkonů, kdy při stejné situaci se využívají obě hemisféry (Rogers et al, 2004).

U potkanů byl pak vytvořen tzv. PaTRaT test (pawdeness trait test), který se skládá z několika částí. Hlavní částí bylo klasické zjišťování laterality pomocí odměny, kdy potkan musel využít jednu z tlapek k získání odměny a následně s ní manipulovat. Ostatní části byly jen vedlejší, kdy se používaly testy na jemnou motoriku tlapek a obecné pohybové schopnosti potkanů, pro zpřesnění dat (Cunha, 2017).

Výsledkem výzkumu bylo zjištění, že i potkani mají svou dominantní stranu, která se v průběhu času jen velmi málo mění. (Cunha, 2017). Jelikož se prokázala kvalita a přesnost testu, může se dále využívat pro další zkoumání laterality u zvířat.

Primáti patří k jedné z nejinteligentnějších skupin živočichů a mají mnoho společné s člověkem. Tvoří sociální skupiny, velmi intenzivně komunikují a mají pevně danou sociální hierarchii. Výzkum však probíhal na primátech nepříbuzných s člověkem, protože u nich nemůžeme přepokládat lateralitu tak, jako u primátů příbuzných. Zkoumány byly matky a jejich děti, kdy se pozorovalo, jakou rukou své potomky zvedají a v jaké je pak následně kolébají. U matek se lateralita projevila s ohledem na výchovu a potřebu mláďete, kdy používali levou ruku k ukládání, kojení a kolébání svého potomka, z důvodu slyšitelnosti matčina srdce (Damerose et al, 2002).

Lateralita se nejčastěji měří pomocí tzv. Kong testu nebo také preference jedné tlapy. Kong test je nejrozšířenější a nejpoužívanější metodou pro určování laterality a u psů. Jedná se o jednoduchou metodu, při které se používá gumová hračka Kong, do které se umístí pamlssek a pes pro jeho získání musí hračku zmáčknout a pomoci si jednou

z tlapek, aby odměnu získal. Jedinec se rozhoduje zcela intuitivně a bez vlivu svého okolí. Princip Kong testu lze využít i jinak, kdy se jedná o preferenci jedné z tlapek např. při chůzi do schodů nebo tzv. kelímkový test, kdy se místo hračky Kong použije kelímek od jogurtu a dovnitř se vloží pamlsek, pes pak musí opět využít jednu tlapku, aby odměnu získal (Plueckhahn et al, 2016).

Data získána při měření laterality již zmíněnými způsoby se vyhodnotí pomocí tzv. indexu laterality $(R-L) / (R+L) \times 100$ (Adámková et al, 2017).

4. Metodika

4.1 Metodický postup při sledování magnetorecepce

4.1.1 Základní údaje

Experiment probíhal na šlechtitelské stanici Truba v Kostelci nad Černými lesy. Sledováno bylo celkem 8 jedinců psů více druhů plemen viz tabulka č. 1. Bylo sledováno chování psů v časovém období od května 2017 do prosince 2017. Měření možné kompasové preference probíhalo v uzavřeném prostředí magnetické cívky při co nejlepším odstranění rušivých elementů jako např. denní světlo, vítr, elektromagneticky odstíněno. Prostor cívky byl zakryt po stranách tmavou plachtou, aby se zamezilo orientaci jedince podle specifických bodů. Umělé osvětlení uvnitř bylo nastaveno tak, aby se zabránilo tvorbě stínů. Pomůcky používané při experimentu byly kompas, dvě identické stejně barevné plastové misky, kousky sušených plíc jako odměna pro psa. Jednotlivé tabulky sloužili jako podklady pro statistické vyhodnocení a směrová preference se vyhodnocovala pomocí systému Oriana 4.02 (Kovach Computing).

V první části experimentu se měřili jedinci v cívce bez ovlivnění, což znamená, že jedinci mohli vnímat přirozené magnetické pole Země a pole nebylo ovlivněno pomocí cívky. V druhé části byla zapnuta magnetická cívka a jedinci byli umístěni do cívky minimálně deset minut před začátkem měření. Důvodem bylo zvyknutí si na nové magnetické pole.

Dvě misky se umístily do dvou směrů, do každé misky se dal kousek plíce tak, aby to pes neviděl, a byl následně vypuštěn s předem naučeným povelům jako např. „piškotek“. V jedné sadě měření byly celkem čtyři směry:

1. sever - východ
2. jih - západ
3. východ - jih
4. západ – sever

Dohromady tyto čtyři směry dávaly jednu sérii. Sérii musel jedinec udělat celkem 20 bez ovlivnění magnetickou cívkou a následně znovu 20 při ovlivnění magnetického pole. Z důvodu porovnání psů a fen byly do porovnání zahrnuty dvě feny jezevčíka trpasličího drsnorstého, které byly měřeny podle mírně pozměněné metodiky, která spočívala ve změně počtu měření (n=12, místo n=20).

Při měření byl zapnutý mikrofon a data se hlásila do hlavní místnosti, kde pak byly zapisované do tabulky.

Tabulka obsahovala datum a čas měření, umístění misek, skóre, volená a nevolená miska, směr postavení psa k misce, vzdálenost k misce a použitý pamlssek/hračka

Data bez ovlivnění sloužila jako data kontrolní pro následné porovnání s daty s ovlivněním. Celkem se měřilo 20/12 sérií po 4 měřeních a jedinci byli pravidelně střídáni, aby se předešlo jejich únavě a tím ovlivnění měřených výsledků.

| Jméno | Plemeno | Pohlaví | Věk - roky |
|-----------|---------------------------------|---------|------------|
| Nathaniel | Velký münsterlandský ohař | Pes | 3 |
| Shedy | Výmarský ohař krátkosrstý | Pes | 5 |
| Jimmy | Hladkosrstý jezevčík standardní | Pes | 2 |
| Yoran | Drsnosrstý jezevčík standardní | Pes | 2 |
| Pecka | Drsnosrstý jezevčík trpasličí | Fena | 2 |
| Žofka | Drnosrstý jezevčík trpasličí | Fena | 2 |
| Gofi | Hladkosrstý Foxteriér | Fena | 3 |
| Besy | Hladkosrstý Foxteriér | Fena | 8 |

Tabulka č. 1: Základní údaje o měřených jedincích - jméno, plemeno, pohlaví, věk.

4.1.2 Měření bez ovlivnění

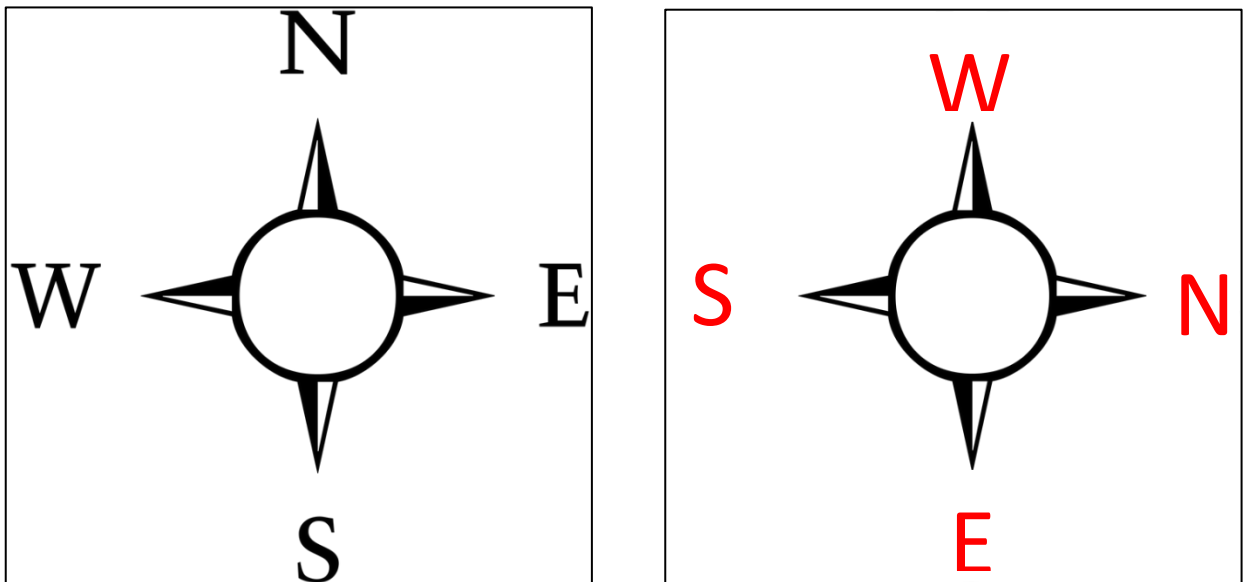
Cívka při tomto měření byla vypnuta a pes byl ovlivněn pouze přirozeným magnetickým polem Země. Uvnitř cívky byly přesně vyznačené světové směry a body, ze kterých se jedinec vypouštěl. Měření bez ovlivnění sloužilo následně jako kontrolní data, která se použila ve vyhodnocení celého experimentu.

4.1.3 Měření s ovlivněním

Měření s ovlivněním probíhalo stejně jako měření bez ovlivnění. Jediný rozdíl byl ve změně magnetického pole, a tudíž pootočení světových směrů o + 90°. Vyhodnocení dat probíhalo následně stejně a data z měření bez ovlivnění sloužila jako data kontrolní. Cívka je zařízení, díky němuž můžeme měnit magnetické pole. Cívka se nachází v uzavřené budově ve šlechtitelské stanici Truba a je postavena tak, aby se zabránilo nežádoucím vlivům okolí, jako jsou např. světlo, vítr, hluky. Při zapnutí cívky můžeme

ovlivňovat pootočení a intenzitu magnetického pole. Při našem pokusu byla intenzita stejná jako intenzita přirozeného magnetického pole Země.

Podmínky pro měření s ovlivněním byly změněny pootočením magnetického pole o $+ 90^\circ$, s tím, že intenzita inklinace i deklinace magnetického pole byly zachovány. Pootočení o $+ 90^\circ$ tzn. sever umělého magnetického pole směřuje na východ běžného magnetického pole Země.



Obr. č. 1.: Znárodnění přirozeného magnetického pole Země.

Obr. č. 2.: Pootočení magnetického pole o $+ 90^\circ$.

4.2 Metodický postup měření laterality

Data se získávala v průběhu měření magnetorecepce a to v již zmíněné cívce. Pes se měl rozhodnout mezi dvěma miskami, umístěnými do dvou směrů. Vypouštěl se mezi miskami, aby nemohl být ovlivněn při preferenci levé či pravé strany a pro vyhodnocení se zaznamenávalo tzv. skóre, buď 1:0 (zvolení levé strany) nebo 0:1 (zvolení pravé strany).

5. Výsledky

Testováno bylo celkem 8 jedinců, 4 feny a 4 psi. Všichni byli testováni za stejných podmínek v magnetické cívce, kdy se měřilo při ovlivnění o + 90° a bez ovlivnění, tedy za přirozeného magnetického pole Země. Každý jedinec byl pak zvlášť vyhodnocen pro kompasovou preferenci a laterality.

Pro účely práce se ale také museli vyhodnotit dohromady všichni psi a následně pak všechny feny, za účelem porovnání jejich kompasové preference a přesnosti.

5.1 Výsledky laterality

Výsledky laterality se vyhodnotily pomocí indexu laterality, který se počítal pro každého psa zvlášť.

| Jméno | L (1:0) | P (0:1) | Výpočet (P-L) / (P+L) x 100 | LI |
|-----------|---------|---------|--------------------------------|-----|
| Nathaniel | 128 | 32 | (32-128)/(32+128)x100 | -60 |
| Shedy | 47 | 113 | (113-47)/(113+47)x100 | 41 |
| Jimmy | 52 | 108 | (108-52)/(108+52)x100 | 35 |
| Yoran | 116 | 44 | (44-116)/(44+116)x100 | -45 |
| Pecka | 34 | 60 | (60-34)/(60+34)x100 | 28 |
| Žofka | 26 | 70 | (70-26)/(70+26)x100 | 46 |
| Gofi | 157 | 3 | (3-157)/(3+157)x100 | -96 |
| Besy | 46 | 114 | (114-46)/(114+46)x100 | 43 |

Tabulka č. 2: Vyhodnocení laterality – jméno, počet zvolení levé a pravé strany, výpočet LI a výsledky LI.

Tabulka číslo 2 nám ukazuje výsledky laterality. Sloupec s názvem „L“ je zkratka slova levá, tudíž čísla v jednotlivých buňkách tohoto sloupečku odpovídají celkem součtu volení levé strany při ovlivnění i bez ovlivnění. Sloupec „P“ je pak synonymum, akorát na stranu pravou. Poslední sloupeček s názvem „LI“ je pak tzv. laterality index.

V předposledním sloupci je pak ukázán vzorec pro výpočet a jeho dosazení pro jednotlivé jedince. Poslední sloupec je vypočítaný index laterality, který nám ukazuje, že tři jedinci (Nathaniel, Yoran, Gofi) jsou levotočiví, pouze jeden ambilaterální jedinec, kterým je Pecka, a ostatní čtyři jedinci jsou pravotočiví (Shedy, Jimmy, Žofka, Besy).

Rozmezí pro vyhodnocení laterality jsme stanovili od -100 až +100 a to jsme rozdělili na tři přibližně stejné díly, takže leváci jsou od -100 do -33, ambilaterální jedinci od -33 do +33 a praváci +33 až +100.

5.2 Výsledky kompasové preference

Výsledky kompasové preference jsou rozděleny do čtyř podkapitol pro lepší přehlednost a pochopení výsledku experimentu.

Pro vyhodnocení všech dat týkajících se směrové preference byl použit program Oriana 4.02 (Kovach Computing). Způsob vyhodnocení, který byl použit, se nazývá angulární, který určuje pouze unimodalitu, tedy jednosměrnost. Z hlediska charakteru dat bylo použito pouze angulární vyhodnocení.

Výsledky jsou pak ve formě tabulky s přiloženým grafickým znázorněním, kdy šipka nacházející se uvnitř kruhu nám udává průměrný upřednostňovaný směr, tzv. hlavní vektor. Tento vektor je statisticky významný, pokud šipka přesáhne 5% hladinu významnosti v Rayleigho testu. Tato hladina je graficky znázorněna jako vnitřní kružnice.

5.2.1 Všichni jedinci s ovlivněním

Při této části experimentu byla magnetická cívka zapnuta, a tudíž pole bylo ovlivněno o + 90°, ale se stejnou intenzitou jako přirozené pole Země. Bylo zpracováno celkem 20 sérií, tudíž 80 jednotlivých vypuštění. U dvou fen, Pecky a Žofky, byl počet sérií jiný, protože byly měřeny podle jiných požadavků a do této práce byly přidány jen za účelem doplnění počtu fen vůči psům.

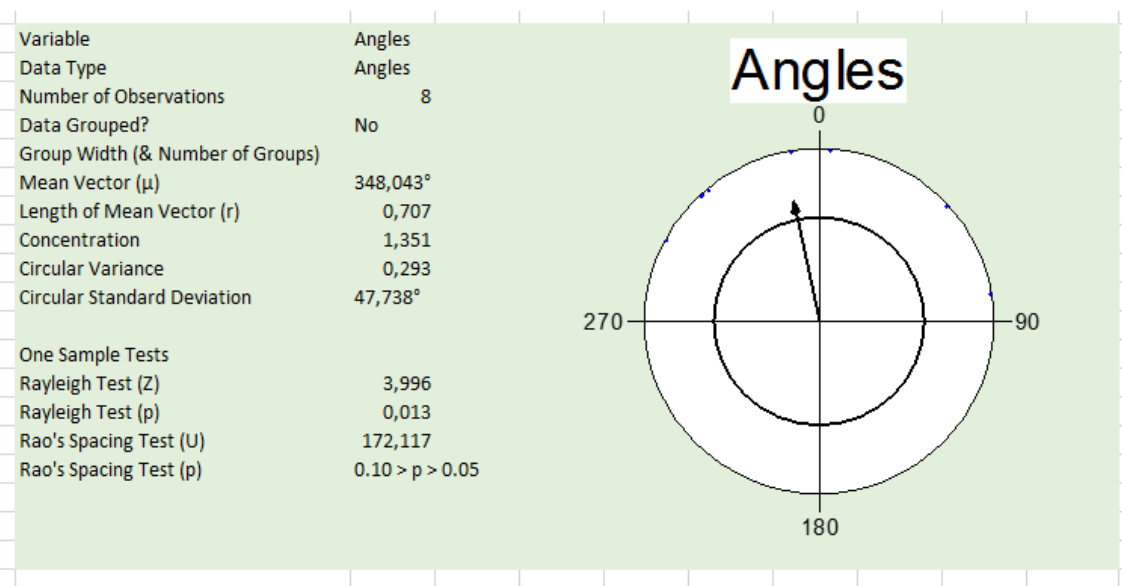
Výsledky u jednotlivců nevyšly statisticky signifikantně z důvodu malého počtu měření u každého jedince. V tabulce č. 3 vidíme zvýrazněný řádek, který nám ukazuje na hodnotu p , která by neměla být větší než 0,05, tedy by neměla přesáhnout 5% hladinu významnosti. Všechny hodnoty v tomto řádku jsou však větší než 0,05.

| Variable | Angles | Angles | Angles | Angles | Angles | Angles | Angles | Angles |
|----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Subgroup | Bessy | Gofi | Shedy | Naty | Arthur | Jimmy | Pecka | Žofka |
| Data Type | Angles | Angles | Angles | Angles | Angles | Angles | Angles | Angles |
| Number of Observations | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 48 | 48 |
| Data Grouped? | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| Group Width (& Number of Groups) | 10° (36) | 10° (36) | 10° (36) | 10° (36) | 10° (36) | 10° (36) | 10° (36) | 10° (36) |
| Mean Vector (μ) | 351,845° | 318,596° | 4,779° | 81,34° | 48,756° | 320,036° | 298,457° | 317,895° |
| Length of Mean Vector (r) | 0,012 | 0,037 | 0,052 | 0,088 | 0,116 | 0,09 | 0,15 | 0,132 |
| Concentration | 0,025 | 0,075 | 0,104 | 0,178 | 0,234 | 0,182 | 0,304 | 0,265 |
| Circular Variance | 0,988 | 0,963 | 0,948 | 0,912 | 0,884 | 0,91 | 0,85 | 0,868 |
| Circular Standard Deviation | 169,84° | 146,937° | 139,357° | 126,185° | 118,837° | 125,596° | 111,551° | 115,395° |
| One Sample Tests | | | | | | | | |
| Rayleigh Test (Z) | 0,012 | 0,111 | 0,216 | 0,626 | 1,083 | 0,655 | 1,084 | 0,831 |
| Rayleigh Test (p) | 0,988 | 0,895 | 0,806 | 0,535 | 0,338 | 0,519 | 0,34 | 0,438 |
| Rao's Spacing Test (U) | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Rao's Spacing Test (p) | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Second Order Statistics | | | | | | | | |
| Grand Mean Vector (GM) | 343,372° | | | | | | | |
| Length of Grand Mean Vector (r) | 0,055 | | | | | | | |
| Number of Means | 8 | | | | | | | |

Tabulka č. 3: Celkové vyhodnocení všech jedinců při měření s ovlivněním $o + 90^\circ$.

Po zhodnocení všech jedinců dohromady nám ale vyšlo, že výsledek experimentu je statisticky signifikantní a hodnota p vyšla 0,013, tedy velmi přesně. Hlavní vektor měl pak průměrnou hodnotu 348° , viz graf č. 1.

Důvod, proč nám experiment vyšel po zhodnocení všech jedinců je, že se vyhodnocovalo více měření a jedinců dohromady.



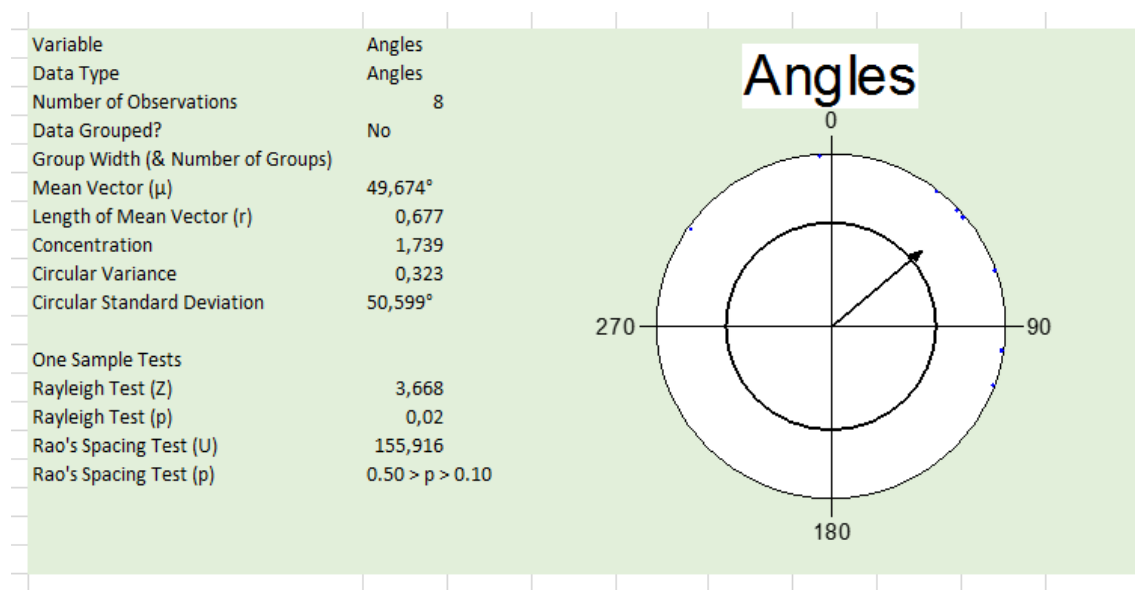
Graf č. 1: Graf znázorňující vyhodnocení všech jedinců dohromady při měření s ovlivněním.

5.2.2 Všichni jedinci bez ovlivnění

Princip vyhodnocení dat bez ovlivnění je stejný jako s ovlivněním o + 90°. Opět u jednotlivců nevyšly výsledky statisticky signifikantně na 5% hladině, ale po vyhodnocení všech jedinců dohromady byl výsledek hodnoty p statisticky signifikantní a to 0,02. Hlavní vektor získaný z průměrů všech vektorů jedinců je zaokrouhledně 50°, viz tabulka č. 4 a graf č. 2.

| Variable | Angles | Angles | Angles | Angles | Angles | Angles | Angles | Angles |
|-------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Subgroup | Shedy | Naty | Arthur | Jimmy | Bessy | Gofi | Pecka | Žofka |
| Data Type | Angles | Angles | Angles | Angles | Angles | Angles | Angles | Angles |
| Number of Observations | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 46 | 48 |
| Data Grouped? | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| Group Width (& Number of Groups) | 10° (36) | 10° (36) | 10° (36) | 10° (36) | 10° (36) | 10° (36) | 10° (36) | 10° (36) |
| Mean Vector (μ) | 71,077° | 50,14° | 98,579° | 47,339° | 38,746° | 110,663° | 356,579° | 305,901° |
| Length of Mean Vector (r) | 0,145 | 0,099 | 0,178 | 0,112 | 0,125 | 0,035 | 0,052 | 0,057 |
| Concentration | 0,293 | 0,199 | 0,361 | 0,225 | 0,251 | 0,071 | 0,104 | 0,114 |
| Circular Variance | 0,855 | 0,901 | 0,822 | 0,888 | 0,875 | 0,965 | 0,948 | 0,943 |
| Circular Standard Deviation | 112,632° | 123,186° | 106,505° | 119,901° | 116,899° | 148,049° | 139,397° | 137,247° |
| One Sample Tests | | | | | | | | |
| Rayleigh Test (Z) | 1,678 | 0,786 | 2,526 | 1,003 | 1,245 | 0,101 | 0,124 | 0,155 |
| Rayleigh Test (p) | 0,187 | 0,456 | 0,08 | 0,367 | 0,288 | 0,904 | 0,885 | 0,858 |
| Rao's Spacing Test (U) | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| Rao's Spacing Test (p) | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| Second Order Statistics | | | | | | | | |
| Grand Mean Vector (GM) | 58,28° | | | | | | | |
| Length of Grand Mean Vector (r) | 0,078 | | | | | | | |
| Number of Means | 8 | | | | | | | |

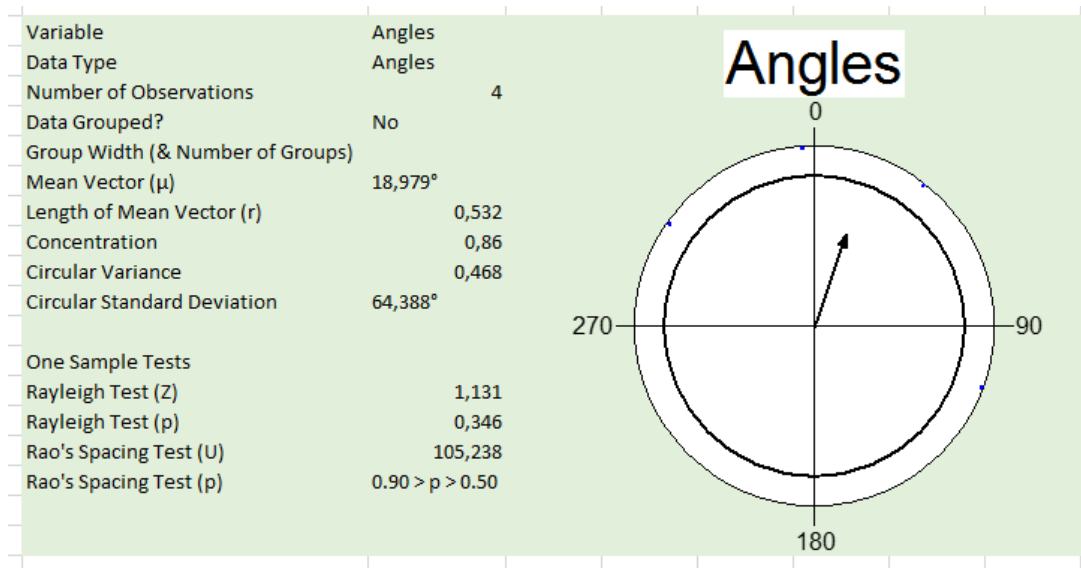
Tabulka č. 4: Tabulka vyhodnocení všech jedinců při měření bez ovlivnění magnetického pole.



Graf č. 2: Graf znázorňující vyhodnocení všech jedinců při měření bez ovlivnění magnetického pole.

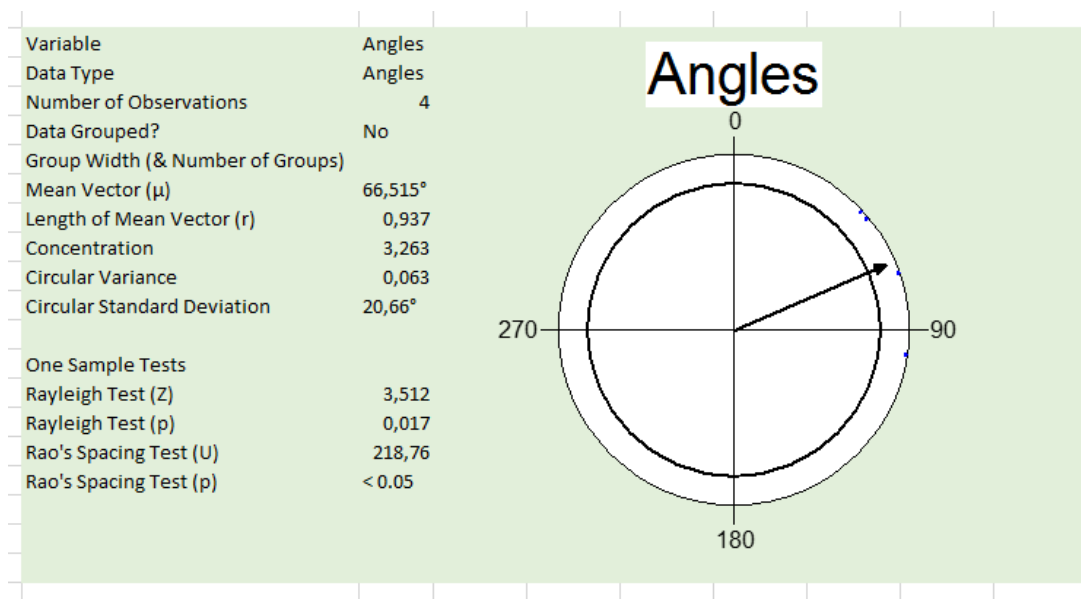
5.2.3 Feny a psi bez ovlivnění

K porovnání se musely výsledky rozdělit do dvou skupin, a to psi (4 jedinci) a feny (4 jedinci). Vyhodnocení probíhalo stejně, jako vyhodnocení všech jedinců dohromady. V grafu č. 3 je vyhodnocení fen bez ovlivnění a na 5% hladině významnosti feny v tomto případě nevyšly statisticky signifikantně. Hlavní vektor je zaokrouhlen na 19°. Volený směr tedy ukazuje na severo-východ s vyšší inklinací k severu.



Graf č. 3: Grafické znázornění vyhodnocení všech fen při měření bez ovlivnění.

Vyhodnocení všech psů dohromady nám vyšlo statisticky signifikantní a to s hodnou 0,017 a hlavní vektorem zaokrouhleně 67°, tedy stejným směrem jako feny severo-východně, ale s vyšší inklinací k východu, viz graf č. 4.

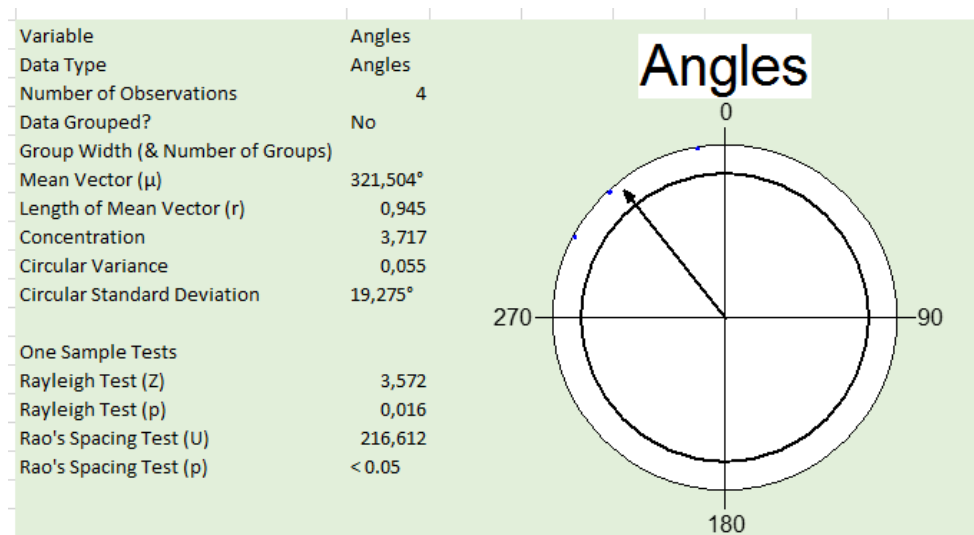


Graf č. 4: Grafické vyhodnocení výsledků všech psů dohromady při měření bez ovlivnění.

5.2.4 Feny a psi s ovlivněním

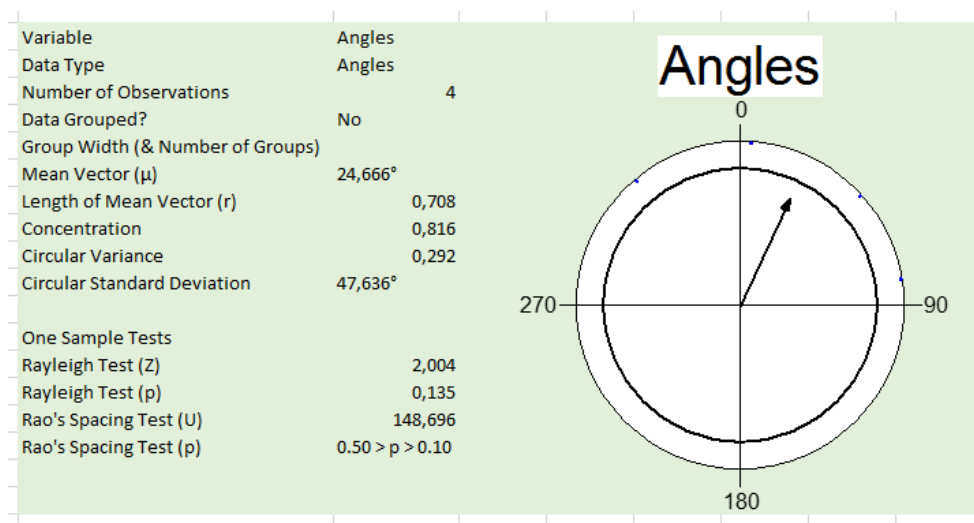
Při získávání dat s ovlivněním byla po celou dobu experimentu zapnuta magnetická cívka a jedincům bylo umožněno zvyknout si na nové magnetické pole. To mělo stejnou intezitu, jako přirozené magnetické pole.

Vyhodnocení se provádělo stejně jako vyhodnocení bez ovlivnění. Feny v tomto případě vyšly statisticky signifikantní a to s hodnotou 0,016, hlavní vektor zaokrouhlený na 322° a preferovaným směrem severo-západ, viz graf č. 5.



Graf č. 5: Grafické znázornění výsledků všech fen dohromady při měření s ovlivněním o + 90°.

U psů naopak výsledky měření s ovlivněním nebyly statisticky signifikantní a měly hodnotu 0,135, hlavní vektor zaokrouhleně 25° a volený směr byl severo-východ stejně jako ve výsledcích bez ovlivnění, viz graf č. 6.



Graf č. 6: Grafické znázornění výsledků všech psů dohromady při měření s ovlivněním o + 90°.

6. Diskuze

Fenomémem magnetorecepce a laterality se vědci zabývají již několik desítek let a neustále objevují nejrůznější souvislosti a možnosti vnímání magnetického pole různými druhy živočichů jako jsou např. holubi, jeleni, kapři či švábi (Bazalová et al, 2016; Begall et al, 2008; Hart 2012; Zakir et al, 2012 a další).

V tomto výzkumu jsme se zaměřili na lateralitu jedince, jeho kompasovou preferenci a možné ovlivnění kompasové preference lateralitou. Měřeno bylo celkem osm jedinců, kteří si v magnetické cívce museli zvolit jednu ze dvou připravených misek, ve kterých byl umístěn pamlsek. Misky byly umístěny do dvou světových směrů (sever-východ, jih – západ, východ – jih, západ – sever) a zaznamenávala se jak lateralita jedince, tak zároveň kompasová preference. Výsledky laterality ukázaly, že mezi osmi zkoumanými jedinci byli celkem tři levotočiví, jeden ambilaterální a čtyři pravotočiví. Pro potvrzení laterality byl proveden u každého tzv. Kong test, který potvrdil výsledky laterality naměřené v cívce. Bylo tedy prokázáno stejně jako např. u potkanů (Cunha et al, 2017), že i psi mají svou dominantní stranu a rozhodují se čistě intuitivně.

U kompasové preference pak bylo potvrzeno, že psi mají schopnost tzv. „zarovnávání se na sever.“ Tento efekt byl významný u fen, které v měření byly přesnější oproti psům. Nebylo možné zhodnotit kompasovou preferenci u jednotlivců, protože počet nabíraných dat nebyl dostatečný, a proto nám výsledky u každého zvlášť nevyšly signifikantně. Vyhodnocovali se tedy psi dohromady, viz graf č. 4 a 6, a feny dohromady, viz graf č. 3 a 5. Pro všechny byly stanoveny stejné podmínky (světlo, intenzita magnetického pole, vítr), jediný rozdíl byl v osobě, která psa vypouštěla. Nicméně nebyl zaznamenán vliv, když jedince vypouštěl majitel či jiná, cizí, osoba. Nedochozelo ani k učení jedince pouze na jeden směr, protože mu bylo umožněno vzít si odměnu z obou misek.

Efekt zarovnání se na sever pro všechny jedince dohromady v porovnání bez ovlivnění a s ovlivněním o + 90° se projevil v obou případech, ale při ovlivnění byl zřetelnější, psi byli přesnější. Naopak je zajímavé, že po rozdělení do dvou skupin, psi a feny, výsledky nevyšly vždy statisticky signifikantně. U psů vyšel výsledek bez ovlivnění statisticky signifikantně, ale s ovlivněním se naopak statisticky signifikantního výsledku nedosáhlo. U fen to bylo přesně naopak, v případě bez ovlivnění feny nevyšly statisticky signifikantně, ale s ovlivněním ano. Stejný objev zarovnávání se podle osy sever – jih měl i výzkum Hart et al. (2012) na kaprech či vodních ptácích při jejich dosedání a vzletání z vodní hladiny (Hart et al., 2013). Výsledky práce přispěly k potvrzení, že i

domestikovaná zvířata, jako jsou psi, neztratili svou schopnost vnímat a využívat magnetické pole v běžném životě.

Při následném porovnání laterality a kompasové preference bylo potvrzeno, že laterality má nejen vliv na celkové vlastnosti psa např. při pohybu, ale také ovlivňuje a hraje významnou roli v kompasové preferenci a zarovnávání se na sever. Výsledky se shodují a podporují práci Adámkové et al. (2017), kdy jejich experiment poprvé zkoumal porovnávání laterality a kompasové preference.

Tyto dva fenomény by měly být i nadále zkoumány především v souvislosti s prostorovou orientací či navigací.

7. Závěr

Cílem práce bylo zkoumat laterality u savců se zaměřením na psovitě šelmy, v našich podmínkách psa domácího, a sledovat její projevy v souvislosti s kompasovou směrovou preferencí.

Experiment nám dal několik zajímavých výsledků, kdy se potvrdila schopnost psů preferovat levou či pravou stranu. V určitých případech však psi jsou schopni potlačit svoji laterality a upřednostnit kompasový směr. Potvrdil se nám tím cíl práce, který měl sledovat případné ovlivnění laterality kompasovou preferencí nebo naopak.

Výsledkem práce je potvrzení hypotézy o působení kompasové směrové preference jedinců na laterality, s tím, že nejde s jistotou říci, že je rozdíl v porovnání psů a fen.

8. Literární zdroje

ANONYMUS, 2006, *Leonardo – věda a technika*, Dostupné z WWW: http://www.rozhlas.cz/leonardo/historie/_zprava/cesty-kompasu--223131

ANONYMUS. 2013. Kovach Computing Services (online). [cit. 2013-02-21]. Dostupné z WWW: <http://www.kovkomp.uk/oriana/oribroc.html>.

ADÁMKOVÁ, JANA; SVODOA, JAN; BENEDIKTOVÁ, KATEŘINA; MARTINI, SABINE; NOVÁKOVÁ, PETRA; TŮMA, DAVID; KUČEROVÁ, MICHAELA; DIVIŠOVÁ, MICHAELA; BEGALL, SABINE; HART, VLASTIMIL; BURDA, HYNEK: *Directional preference in dogs: Laterality and "pull of the north"*. DOI: 10.1371/journal.pone.0185243, 2017

BAZALOVÁ, OLGA; KVÍČALOVÁ, MARKÉTA; VÁLKOVÁ, TEREZA; SLABÝ, PAVEL; BARTOŠ, PŘEMYSL; NETUŠIL, RADEK; TOMANOVÁ, KATEŘINA; BRAEUNIG, PETR; LEE, HOW-JING; ŠAUMAN, IVO; DAMULEWICZ, MILENA; PROVAZNIK, JAN; POKORNY, RICHARD; DOLEZEL, DAVID; VÁCHA, MARTINA: *Cryptochrome 2 mediates directional magnetoreception in cockroaches*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, WASHINGTON: National Academy of Sciences, 2016, roč. 113, č. 6, s. 1660-1665. ISSN 0027-8424

BEGALL, SABINE; ČERVENÝ, JAROSLAV; NEEF, JULIA; VOJTĚCH, OLDŘICH; BURDA, HYNEK: *Magnetic Alignment in Grazing and Resting Cattle and Deer*. 2008, ISSN: 00278424

BISAZZA, A.; CANTALUPO, C.; ROBINS, A.; ROGERS, J. LESLEY; VALLORTIGARAA, G.: *Pawedness and Motor Asymmetries in Toads*. DOI: 10.1080/713754252, 1997

BURDA, HYNEK; BEGALL, SABINE; ČERVENÝ, JAROSLAV; NEEF, JULIA; NĚMEC, PAVEL; GUILFORD, TIM: *Extremely Low-Frequency Electromagnetic Fields Disrupt Magnetic Alignment of Ruminants*. 2009, ISSN: 00278424

CUNHA, ANA M.; ESTEVES, MADALENA; DAS NEVES, SOFIA P: *Pawedness Trait Test (PaTRaT)-A New Paradigm to Evaluate Paw Preference and Dexterity in Rats*. Frontiers in behavioral neuroscience, 2017.

ČERVENÝ, JAROSLAV; BURDA, HYNEK; JEŽEK, MILOŠ; KUŠTA, TOMÁŠ; HUSINEC, VÁCLAV; NOVÁKOVÁ, PETRA; HART, VLASTIMIL; HARTOVÁ, VERONIKA; BEGALL, SABINE; PASCAL, E. MALKEMPER: *Magnetic alignment in warthogs Phacochoerus africanus and wild boars Sus scrofa*. 2017, ISSN: 03051838

DAMEROSE, E; VAUCLAIR, J: *Posture and laterality in human and nonhuman primates: Asymmetries in maternal handling and infant's early motor asymmetries*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2002.

DRNKOVÁ, ZDENA; SYLLABOVÁ, RŮŽENA: *Záhada leváctví a praváctví*. Praha: Avicenum, zdravotnické nakladatelství, 1983, vydání 1., počet stran 116, ISBN 08-024-91.

HART, V.; KUŠTA, T.; NĚMEC, P.; BLÁHOVÁ, V.; JEŽEK, M.; NOVÁKOVÁ, P.; BEGALL, S.; ČERVENÝ, J.; HANZAL, V.; MALKMER, E. P.; ŠTÍPEK, K.; VOLE, CH.; BURDA, H.,: *Magnetic Alignment in Carps: Evidence from the Czech Christmas Fish Market*. Public Library of Science, 2012.

HART, VLASTIMIL; MALKEMPER, P. ERICH; KUŠTA, TOMÁŠ; BEGALL, SABINE; NOVÁKOVÁ, PETRA; HANZAL, VLADIMÍR; PLESKAČ, LUKÁŠ; JEŽEK, MILOŠ; POLICHTL, RICHARD; HUSINEC, VÁCLAV; ČERVENÝ, JAROSLAV; BURDA, HYNEK: *Directional compass preference for landing in water birds*. ISSN: 1742-9994, 2013

KŘIŠŤALOVÁ, LADISLAVA: *Diagnostika laterality a metodika psaní levou rukou*. Gaudeamus, 19998, 4. upravené vydání, počet stran 45, ISBN 80-7041-914-8

NĚMEC, P.; VÁCHA, M.: *Mechanismy magnetorecepce, jak živočichové vnímají geomagnetické pole Země*. Vesmír. 2007b.

NĚMEC, P.; VÁCHA, M.: *Orientace v geomagnetickém poli*. Vesmír. 2007a.

NOVÁKOVÁ, PETRA; KOŘANOVÁ, DIANA; BEGALL, SABINE; MALKEMPER, P. ERICH; PLESKAČ, LUKÁŠ; ČAPEK, FRANTIŠEK; ČERVENÝ, JAROSLAV; HART, VLASTIMIL; HARTOVÁ, VERONIKA; HUSINEC, VÁCLAV, BURDA, HYNEK: *Direction indicator and magnetic compass-aided tracking of the sun by flamingos?* , 2017, ISSN: 0139-7893

PLESKAČ, LUKÁŠ; HART, VLASTIMIL; NOVÁKOVÁ, PETRA; PAINTER, MICHAEL S.: *Spatial orientation of foraging corvids consistent with spontaneous magnetic alignment responses observed in a variety of free-roaming vertebrates*. 2017, ISSN: 01397893

PLUECKHAHN, C. TANIA; SCHNEIDER, A. LUKE; DELFABBRO, H. PAUL: *Assessing lateralization in domestic dogs: Performance by Canis familiaris on the Kong test*. , 2016. DOI: 10.1016/j.jveb.2016.08.004

ROGERS, J. LESLEY: *Lateralization in vertebrates: Its early evolution, general pattern, and development*. , 2002, DOI: 10.1016/S0065-3454(02)80007-9

ROGERS, J LESLEY; ZUCCA, PAOLO; VALLORTIGARA, GIORGIO: *Advantages of having a lateralized brain*. 2004, DOI: 10.1098/rsbl.2004.0200

VALLORTIGARAA, G; ROGERS, J. LESLEY; BISAZZAC, A.: *Possible evolutionary origins of cognitive brain lateralization*. 1999, DOI: 10.1016/S0165-0173(99)00012-0

ZAKIR, M.; WU, L.-Q.; DICKMAN, J. D.: *Morphology and innervation of the vestibular lagena in pigeons*. Neuroscience, 209:97-107 ,2012, DOI: 10.1016/j.neuroscience.2012.02.014, ISSN: 0306-4522