

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ

Katedra myslivosti a lesnické zoologie



Změny magnetického pole Země a jejich vliv na psy

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Jan Sporka

Obor: Lesní inženýrství

Vedoucí práce: Ing. Petra Nováková, Ph.D.

2015

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra myslivosti a lesnické zoologie

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jan Sporka

Lesní inženýrství

Název práce

Změny magnetického pole Země a jejich vliv na psy

Název anglicky

Variations of the Earth's magnetic field and their influence over dogs

Cíle práce

Cílem diplomové práce je zpracování literární rešerše k problematice magnetismu a sledování magnetické orientace zvolených plemen psů především při vyměšování a odpočinku.

Metodika

V diplomové práci se zaměříte na zpracování literární rešerše k dané problematice a zdokumentování vlivu magnetismu na zvolená plemena včetně statistického vyhodnocení dat. Magnetorecepce bude sledována zejména při vyměšování a odpočinku zvířat. Od každého jedince získáte alespoň 200 údajů vyměšování bez ovlivnění, 200 údajů s magnetickým obojkem, 200 údajů pod dráty vysokého napětí ve směru sever – jih a 200 údajů pod dráty vysokého napětí ve směru východ – západ (dráty VN nad 110 kV).

Doporučený rozsah práce

cca 50 stran textu

Klíčová slova

magnetorecepce, magnetické vnímání, magnetické pole, magnetický alignment, plemeno

Doporučené zdroje informací

- 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.
- Burda, H., Marhold, S., Westenberger, T., Wiltshko, W. & Wiltshko, R. 1990 Magnetic compass orientation in the subterranean rodent *Cryptomys hottentotus* (Bathergidae, Rodentia). *Experientia* 46, 528-530.
- 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., Benediktová, 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.
- Němec, P. & Vácha, M. 2007 Mechanizmy magnetorecepce. *Vesmír* 86, 284 – 289.
- Vácha, M. & Němec, P. 2007 Kompas a mapa – orientace v geomagnetickém poli. *Vesmír* 86, 224 – 228.

Předběžný termín obhajoby

2015/06 (červen)

Vedoucí práce

Ing. Petra Nováková, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 21. 3. 2014

Ing. Vlastimil Hart, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 9. 8. 2014

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 17. 03. 2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Změny magnetického pole Země a jejich vliv na psy“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Petry Novákové, Ph.D. a použil jsem prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové 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 Pracejovicích dne 28. 3. 2015

Bc. Jan Sporka

Poděkování:

Rád bych poděkoval vedoucí diplomové práce Ing. Petře Novákové, Ph.D. za její ochotu, odborné vedení a cenné rady. Dále děkuji Jaroslavu Kubernovi za jeho čas, vstřícnost a ochotu při získávání dat výmarských ohařů.

Změny magnetického pole Země a jejich vliv na psy

Jan Sporka

Diplomová práce se zabývá problematikou magnetorecepce, což je schopnost živočichů vnímat magnetické pole Země, na různá plemena psů. Je rozdělena do dvou částí. První teoretická rešeršní část shrnuje poznatky o vlastnostech magnetického pole Země, o magnetoreceptci jejích projevech a vnímání magnetického pole Země živočichy. Jsou zde také stručně představena plemena, na kterých byl proveden výzkum.

Druhá praktická část se zabývá měřením dat pozičního chování zvolených plemen a to při vyměšování (defekaci, urinaci), spánku a odpočinku. Statistickou analýzou 3368 nasbíraných hodnot se nepotvrdila preference severojižního směru. Důvodem mohlo být pravděpodobně neklidné magnetické pole v období sběru dat, kdy se psi orientují zcela náhodně. Po zpracování naměřených dat se přistoupilo k statistickému vyhodnocení. Výsledné hodnoty nepotvrdily preferenci severojižního směru, výjimku tvoří pouze hodnoty spánku a odpočinku zaměřené na směr kohoutku. Měření probíhalo převážně při neklidném magnetickém poli nebo při magnetických bouřích, což mělo pravděpodobně vliv na psy při měření.

Klíčová slova: magnetorecepce, magnetické vnímání, magnetické pole, magnetický alignment, výmarský ohař a německý ovčák

Variations of the Earth's magnetic field and their influence over dogs

Jan Sporka

The diploma thesis is focused on the influence of magnetoreception over different dog breeds. Magnetoreception is the ability of animals to feel magnetic field of the Earth. The thesis consists of two parts. The first theoretic part summarises knowledge about features of magnetic field of the Earth, magnetoreception and its influence over animal behaviour. Dog breeds, that were researched, are shortly presented too.

The second practical part is aimed at measurement of positional dog's behaviour during excretion (defecation, urination), sleeping and relaxing. By statistic analysis, consisted of 3368 measured data, preference of north – south direction was not affirmed. This directional behavior was abolished under unstable MF in time of data collecting. In this time, orientation of dogs is absolutely stochastic. After data processing followed statistic data evaluation. Result of measurement does not affirm preference of north – south direction, with the exception of sleeping and relaxing aimed at direction of wither. During measurement, magnetic field was mostly unstable or even occurred magnetic storms and definitely influenced dog's behaviour.

Key words: magnetoreception, magnetosensitivity, magnetic field, magnetic alignment, Weimaraner and German shepherd

Obsah

1. ÚVOD	13
2. LITERÁRNÍ REŠERŠE	14
2.1. MAGNETICKÉ POLE ZEMĚ	14
2.2. MAGNETORECEPCE	15
2.2.1. Magnetický kompas	16
2.2.2. Magnetická mapa	17
2.3. MECHANIZMY MAGNETORECEPCE	18
2.3.1. Elektromagnetická indukce	18
2.3.2. Magnetitová hypotéza	19
2.3.3. Chemická magnetorecepce	20
2.3.4. Magnetický alignment	21
2.3.5. Magnetická deklinace	22
2.3.6. Magnetická inklinace	22
2.4. ZKOUMANÉ DRUHY	23
2.4.1. Hmyz	23
2.4.2. Ryby	25
2.4.3. Obojživelníci	26
2.4.4. Plazi	27
2.4.5. Ptáci	27
2.4.6. Savci	28
2.5. SEZNÁMENÍ S MĚŘENÝMI PLEMENY	32
2.5.1. Původ výmarského ohaře	32
2.5.2. Charakteristika plemene výmarského ohaře	33
2.5.3. Současné využití výmarského ohaře	34
2.5.4. Původ německého ovčáka	35
2.5.5. Charakteristika německého ovčáka	35
2.5.6. Současné využití německého ovčáka	36
3. METODIKA	37
3.1. MĚŘENÍ ORIENTACE TĚLA PSA PŘI VYMĚŠOVÁNÍ	37
3.2. MĚŘENÍ ORIENTACE TĚLA PSA PŘI ODPOČINKU	38
3.3. VYHODNOCENÍ NAMĚŘENÝCH DAT	39
4. VÝSLEDKY	41
4.1. STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ VÝMARSKÉHO OHAŘE (AKIM)	42
4.1.1. Akim bez ovlivnění lokálním magnetickým polem	42
4.1.2. Akim s magnetickým obojkem	44
4.1.3. Akim pod dráty vysokého napětí – sever/jih	46

4.2.	STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ MAGNETORECEPCE (ARON)	48
4.2.1.	Aron bez ovlivnění lokálním magnetickým polem	48
4.2.2.	Aron s magnetickým obojkem.....	50
4.2.3.	Aron pod dráty vysokého napětí – sever/jih.....	52
4.3.	STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ NĚMECKÉHO OVČÁKA (CÉSAR)	54
4.3.1.	César bez ovlivnění lokálního magnetického pole	54
4.3.2.	César s magnetickým obojkem.....	56
4.3.3.	César pod dráty vysokého napětí – sever/jih.....	58
4.3.4.	César pod dráty vysokého napětí – východ/západ.....	60
4.3.5.	César při spánku a odpočinku.....	62
5.	DISKUSE.....	64
6.	ZÁVĚR.....	67
7.	POUŽITÁ LITERATURA	68

Seznam obrázků

Obrázek 1: Tvar magnetického pole Země chránící Zemi před kosmickým zářením od Slunce.....	14
Obrázek 2: Schéma znázorňující magnetické pole Země s vyznačením indukčních čar. Na severní polokouli je inklinace kladná a indukční čáry směřují k Zemi, na jižní polokouli je záporná a indukční čáry směřují od Země. Zde je inklinace maximální, kdežto na rovníku je nulová.	15
Obrázek 3: Schématické znázornění deklinace.....	22
Obrázek 4: Schématické znázornění inklinace.....	23
Obrázek 5: Orientace kapra v kádích při vánočním prodeji.....	26
Obrázek 6: Zachycení pozičního chování skotu pomocí snímků z aplikace Google Earth.....	29
Obrázek 7: Princip magnetického dálkoměru lišky obecné při lovu (myškování), při využití chemické magnetorecepce.	30
Obrázek 8: Zleva výmarský ohař ARON a AKIM „z Pošumavských hájů“.....	32
Obrázek 9: Německý ovčák bez PP CÉSAR.....	32
Obrázek 10: César při defekaci (šipka určuje směr měření).....	38
Obrázek 11: Aron při urinaci (šipka určuje směr měření).....	38
Obrázek 12: César při spánku - poloha klubičko (šipky vyznačují měřený směr kohoutek a hlava).	39
Obrázek 13: César při spánku - poloha rovně (šipky vyznačují měřený směr kohoutek a hlava).	39
Obrázek 14: Axiální vyjádření orientace výmarského ohaře při vyměšování - bez ovlivnění lokálním magnetickým polem.....	42
Obrázek 15: Axiální vyjádření orientace výmarského ohaře při vyměšování - bez ovlivnění lokálním magnetickým polem.....	43
Obrázek 16: Axiální vyjádření orientace výmarského ohaře při vyměšování - s magnetickým obojkem... 44	44
Obrázek 17: Axiální vyjádření orientace výmarského ohaře při vyměšování - s magnetickým obojkem... 45	45
Obrázek 18: Axiální vyjádření orientace výmarského ohaře při vyměšování - pod dráty vysokého napětí sever/jih.....	46
Obrázek 19: Axiální vyjádření orientace výmarského ohaře při vyměšování - pod dráty vysokého napětí sever/jih.....	47
Obrázek 20: Axiální vyjádření orientace výmarského ohaře při vyměšování - bez ovlivnění lokálním magnetickým polem.....	48
Obrázek 21: Axiální vyjádření orientace výmarského ohaře při vyměšování - bez ovlivnění lokálním magnetickým polem.....	49
Obrázek 22: Axiální vyjádření orientace výmarského ohaře při vyměšování - s magnetickým obojkem... 50	50
Obrázek 23: Axiální vyjádření orientace výmarského ohaře při vyměšování - s magnetickým obojkem... 51	51
Obrázek 24: Axiální vyjádření orientace výmarského ohaře při vyměšování - pod dráty vysokého napětí sever/jih.....	52
Obrázek 25: Axiální vyjádření orientace výmarského ohaře při vyměšování - pod dráty vysokého napětí sever/jih.....	53
Obrázek 26: Axiální vyjádření orientace německého ovčáka při vyměšování - bez ovlivnění.	54
Obrázek 27: Axiální vyjádření orientace německého ovčáka při vyměšování - bez ovlivnění.	55

Obrázek 28: Axiální vyjádření orientace německého ovčáka při vyměšování - s magnetickým obojkem. .	56
Obrázek 29: Axiální vyjádření orientace německého ovčáka při vyměšování - s magnetickým obojkem. .	57
Obrázek 30: Axiální vyjádření orientace německého ovčáka při vyměšování - pod dráty vysokého napětí sever/jih.	58
Obrázek 31: Axiální vyjádření orientace německého ovčáka při vyměšování - pod dráty vysokého napětí sever/jih.	59
Obrázek 32: Axiální vyjádření orientace německého ovčáka při vyměšování - pod dráty vysokého napětí východ/západ.	60
Obrázek 33: Axiální vyjádření orientace německého ovčáka při vyměšování - pod dráty vysokého napětí východ/západ.	61
Obrázek 34: Axiální vyjádření orientace německého ovčáka při spánku a odpočinku (kohoutek)	62
Obrázek 35: Axiální vyjádření orientace německého ovčáka při spánku a odpočinku (hlava).....	63

Seznam tabulek

Tabulka 1: Výsledky statistické analýzy dat výmarského ohaře při vyměšování - bez ovlivnění.....	42
Tabulka 2: Výsledky statistické analýzy dat výmarského ohaře při vyměšování - bez ovlivnění.....	43
Tabulka 3: Výsledky statistické analýzy dat výmarského ohaře při vyměšování - s magnetickým obojkem.	44
Tabulka 4: Výsledky statistické analýzy dat výmarského ohaře při vyměšování - s magnetickým obojkem.	45
Tabulka 5: Výsledky statistické analýzy dat výmarského ohaře při vyměšování - pod dráty vysokého napětí sever/jih.	46
Tabulka 6: Výsledky statistické analýzy dat výmarského ohaře při vyměšování - pod dráty vysokého napětí sever/jih.	47
Tabulka 7: Výsledky statistické analýzy dat výmarského ohaře při vyměšování - bez ovlivnění.....	48
Tabulka 8: Výsledky statistické analýzy dat výmarského ohaře při vyměšování - bez ovlivnění.....	49
Tabulka 9: Výsledky statistické analýzy dat výmarského ohaře při vyměšování - s magnetickým obojkem.	50
Tabulka 10: Výsledky statistické analýzy dat výmarského ohaře při vyměšování - s magnetickým obojkem.	51
Tabulka 11: Výsledky statistické analýzy dat výmarského ohaře při vyměšování - pod dráty vysokého napětí sever/jih.	52
Tabulka 12: Výsledky statistické analýzy dat výmarského ohaře při vyměšování - pod dráty vysokého napětí sever/jih.	53
Tabulka 13: Výsledky stat. analýzy dat německého ovčáka při vyměšování - bez ovlivnění	54
Tabulka 14: Výsledky stat. analýzy dat německého ovčáka při vyměšování - bez ovlivnění	55
Tabulka 15: Výsledky stat. analýzy dat německého ovčáka při vyměšování - a magnetickým obojkem.....	56
Tabulka 16: Výsledky stat. analýzy dat německého ovčáka při vyměšování - s magnetickým obojkem	57

<i>Tabulka 17: Výsledky stat. analýzy dat německého ovčáka při vyměšování - pod dráty vysokého napětí sever/jih.</i>	58
<i>Tabulka 18: Výsledky stat. analýzy dat německého ovčáka při vyměšování - pod dráty vysokého napětí sever/jih.</i>	59
<i>Tabulka 19: Výsledky stat. analýzy dat německého ovčáka při vyměšování - pod dráty vysokého napětí východ/západ.</i>	60
<i>Tabulka 20: Výsledky stat. analýzy dat německého ovčáka při vyměšování - pod dráty vysokého napětí východ/západ.</i>	61
<i>Tabulka 21: Výsledky stat. analýzy dat německého ovčáka při spánku a odpočinku (kohoutek).</i>	62
<i>Tabulka 22: Výsledky stat. analýzy dat německého ovčáka při spánku a odpočinku (hlava).</i>	63

1. Úvod

Všichni živočichové na této planetě se snaží co nejlépe využívat veškeré dostupné prostředky potřebné k orientaci. Jsou popisovány dlouhé cesty zvířat, které vedou na druhou stranu zeměkoule a svoji vzdáleností přesahují tisíce kilometrů. Přesto vždy najdou cestu zpět do svých domovů a hnízdišť. Jaký smysl nebo dovednost určuje směr jejich cesty a polohu, kde se právě nachází?

Živí tvorové používají různé smysly, které jim v životě pomáhají přežít. Každý druh více využívá a preferuje ty smysly, které mu přináší nezanedbatelné evoluční výhody. K čemu by byl hlodavcům žijícím pod zemí perfektní zrak, když ve tmě stejně nic nevidí? Novým a zkoumaným smyslem živočichů je schopnost orientace v geomagnetickém poli Země.

Nejnovější důkazy hovoří o tom, že tisícikilometrové cesty zvířat rozhodně nejsou náhodné. Byly popsány výlety žraloků při shánění potravy, tahy ptáků na nová hnízdiště, putování želv aj. Důkazů o používání geomagnetického pole Země zvířaty každým rokem přibývá. Byla zkoumána celá řada různých druhů živočichů, například savci, ptáci, hmyz, obojživelníci a ryby, u kterých byla tato schopnost prokázána.

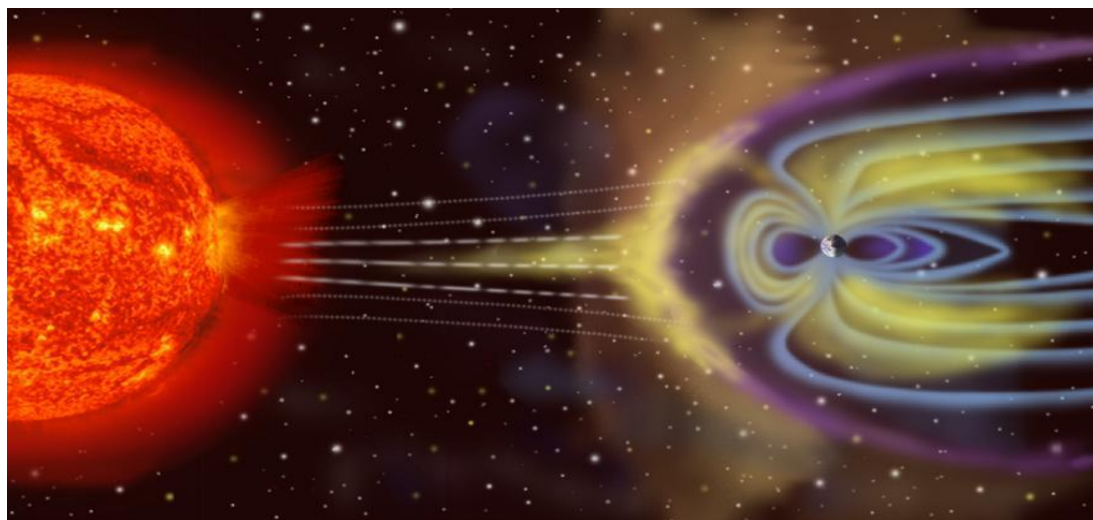
Schopnost živočichů orientovat se v geomagnetickém poli Země se nazývá magnetorecepce. Její účinky na biologické systémy jsou v poslední době intenzivně zkoumány. Důkazů existence magnetorecepce je celá řada. K celkovému pochopení jevu, který má v mnoha případech zásadní vliv na orientaci živočichů, je třeba ještě znát receptor a převodní mechanismus, o kterém zatím existuje jen několik hypotéz. Ty je třeba dále zkoumat, abychom tento složitý systém orientace pochopili a s jistotou určili, co se pod tímto receptorem a převodním mechanismem skrývá (Němec & Vácha 2007).

Součástí práce je zpracování literární rešerše k problematice magnetismu. Použity jsou odborné vědecké články, publikace a knižní vydání. V práci jsou popsány i druhy zvířat, u kterých je tato orientace prokázána. Cílem diplomové práce je sledování magnetické orientace tří psů při různých aktivitách a potvrzení nebo vyvrácení preference severojižního směru.

2. Literární rešerše

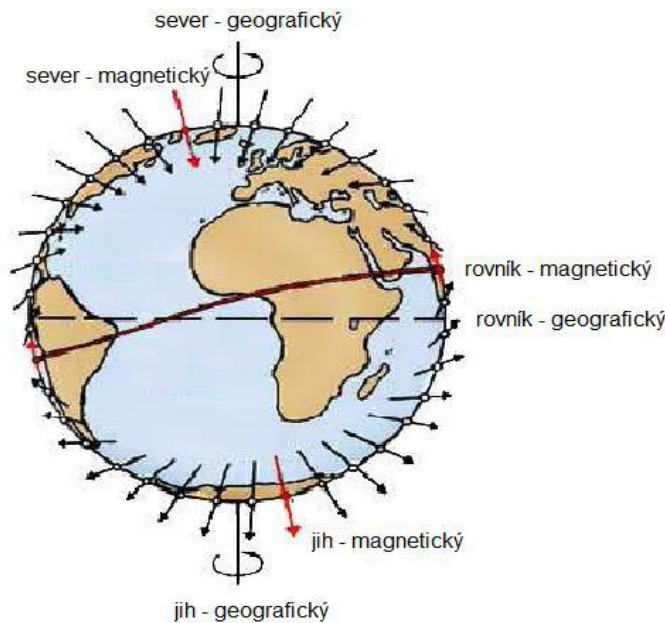
2.1. Magnetické pole Země

Magnetické pole Země je pro naši planetu a pro živé organizmy žijící na ní velice důležité. Tvoří ochranu před smrtelným kosmickým zářením od Slunce (viz obrázek č. 1), které tvoří proud elektricky nabitých protonů a elektronů, šířících se meziplanetárním prostorem (Omler & Pitnér 1975).



Obrázek 1: Tvar magnetického pole Země chrání Zemi před kosmickým zářením od Slunce.
Zdroj: (<http://www.sci.muni.cz/~chadima/geomagnetismus/Geomagnetismus1.pdf>)

Magnety mají nejčastěji tvar tyče, podkovy a magnetické stěelky s protilehlým severním a jižním pólem (Vácha 1994). Díky magnetickým indukčním čarám, které znázorňují a vyjadřují sílu magnetického pole, vystupují z jádra v jižní části a vstupují v severní části, se Země chová jako dipólový tyčový magnet (viz. obrázek č. 2). Magnetické pole se vytváří třením při rotaci vnějšího zemského jádra, které je zřejmě tekuté a z pevného vnitřního jádra (Janáčková 1995, Gubbins 2008, Deutschlander & Muheim 2010).



Obrázek 2: Schéma znázorňující magnetické pole Země s vyznačením indukčních čar. Na severní polokouli je inklinace kladná a indukční čáry směřují k Zemi, na jižní polokouli je záporná a indukční čáry směřují od Země. Zde je inklinace maximální, kdežto na rovníku je nulová.

Zdroj: (http://www.researchgate.net/profile/Roswitha_Wiltschko/publication/7854195_Magnetic_orientation_and_magnetoreception_in_birds_and_other_animals/links/02bfe510ae7144bce8000000.pdf)

Průkopníky magnetismu jsou Číňané, kteří již před 4000 lety začali používat na dlouhých cestách magnet pro určení správného směru. A byli to právě oni, kteří sestrojili první kompas s magnetickou střílkou. Jedná se o předchůdce naší buzoly, kterou lidé používají na svých cestách, ta má navíc otáčivou úhломěrnou stupnici k určení přesného směru azimutu (Brázdil et al. 1988, Holá 2012).

V dnešní době přebírají funkci buzoly navigace. Ty jsou schopné určit polohu na mapě pomocí satelitů s přesností na jeden metr. Lidé se naučili používat navigační systémy jak v pracovní činnosti (lesníci jsou schopni pomocí navigace a mapy určit přesně hranice a velikost porostu), tak v běžném životě (například při cestě na dovolenou...).

2.2. Magnetorecepce

Zvláštní schopnost zvířat vnímat magnetické pole Země, která již byla popsána u několika druhů, se nazývá magnetorecepce (Wiltschko & Wiltschko 2006). Význam osy těla, rovnoběžné s osou sever/jih nebo východ/západ zatím zůstává záhadou. Přesto otázka, zda je schopnost živočichů vnímat geomagnetické pole a využívat je k navigaci a orientaci, zůstává stále otevřená. Nejnovější studie

naznačují, že tuto schopnost mají mnohé živé organismy: od pouhým okem neviditelných bakterií přes ryby, plazy, obojživelníky, až k ptákům a savcům (Vácha 1994). Dokazuje to velký objem nashromážděných dat u široké škály organismů, včetně mnoha druhů ptáků (Griffin 1987, 1990, Alsop 1987, Carman et al. 1987, Mclsaac & Kreithen 1987, Moore et al. 1987, Moore 1988). Magnetorecepce je v dnešní době jedním z nejzkoumanějších témat smyslové fyziologie (Deutschlander & Muheim 2010).

Skutečnost, že živočichové jsou schopni orientace pomocí magnetického pole, vznikla již v roce 1859, kdy tuto hypotézu formuloval Alexander Theodor von Middendorff. Přítomnost magnetorecepce však začíná být potvrzována od poloviny minulého století, a to díky výzkumům a mnoha experimentům. Bylo zjištěno, že bakterie objevené roku 1970 v Anglii, se pohybují a orientují podél magnetických siločar. Dostali jméno *Aquaspirillum magnetotacticum*. Bakterie žijící ve vodách na jižní polokouli se pohybují směrem na jih a bakterie žijící na severní polokouli se pohybují na sever. Je to způsobeno zřejmě magnetickou inklinací. Pro bakterie je kyslík toxický, to znamená, že se pohybují směrem dolů od atmosféry pomocí magnetického vektoru (Vácha 1994, Wiltschko & Wiltschko 2006, Vácha & Němec 2007).

Intenzita magnetického pole se vyjadřuje v jednotkách nanotesla (nT). Podle Nishimury & Fukushimy (2009) zvyšuje měsíční světlo citlivost magnetorecepce u zvířat. Předpokládají, že magnetorecepce je závislá na světle. Také konstatují, že geomagnetická činnost obecně klesá sedm dní před úplňkem asi o 4 % a opět stoupá o 4 % sedm dní po úplňku. Jedná se tedy o hypotézu, že i při snížení geomagnetické činnosti zvířata využívají svit měsíce, čímž po tuto dobu zvyšují citlivost magnetorecepce.

2.2.1. Magnetický kompas

Magnetickým kompasem nazýváme jeden z druhů orientace živočichů v magnetickém poli Země. Je to velice důležitý navigační systém, který je používán například při migraci nebo stavebních činnostech živočichů. Byl prokázán u mnoha druhů, jako jsou ptáci, lososi, želvy, ale i bezobratlí měkkýši a členovci. Je tedy využíván ve vodě, na zemi i ve vzduchu (Wiltschko & Wiltschko 2005, 2006).

Magnetický kompas funguje na stejném principu jako kompas, který k orientaci používají lidé. Nám střílka kompasu ukáže sever a na protilehlé straně jih. Díky stupnici azimutu jsme pak schopni zvolit i jiné strany, například západ, východ nebo i jiný azimut, kterým by měla vést naše cesta.

Pokusy s obrácením vertikální složky u živočichů potvrdily existenci dvou typů kompasové orientace. Dokáže-li živočich rozeznat směr na sever od směru na jih, čili polaritu magnetického vektoru, jedná se o polaritní kompas. Určuje si tedy úhel mezi směrem svého pohybu a severojižním směrem. Tímto způsobem ho neovlivňují změny v intenzitě magnetického pole. V druhém případě je polarita odvozena ze sklonu celkového vektoru k Zemi. Tento smysl se nazývá inklinanční kompas. Odlišuje se průběhem siločar mezi směry k magnetickým pólům. K ověření této orientace se používá otočení vertikální složky magnetického pole. Živočichové využívající tento druh orientace pak natáčí své tělo podle směrového vektoru (Vácha & Němec 2007, Deutschlender & Muhaim 2010).

2.2.2. Magnetická mapa

Jak dokážou zvířata najít konkrétní místo na Zemi nebo se dostat na zvolený bod na mapě? Je to skutečnost, že se živočichové dokážou orientovat podle magnetického pole Země. Pro tento druh orientace jim však znalost směru (magnetického kompasu) pro určení konkrétního místa nestačí (Johnsen & Lohmann 2005).

Lidé pro orientaci na mapě používají GPS systém řízený satelity. A stává se, že stejně nedokážou dorazit na správné místo i s touto pomocí. Tyto systémy fungují tak, že nám zobrazí konkrétní bod, na kterém se právě nacházíme. Různé druhy navigací jsou schopné nám i naplánovat trasu přesunu. My pak musíme jen tuto trasu dodržovat, abychom se dostali ke správnému cíli.

Zvířata, využívající při orientaci magnetickou mapu, musí pracovat s informacemi, jako je úhel inklinace, intenzita magnetického pole, vertikální a horizontální složky. Znamená to, že živočichové jsou schopni rozeznat rozdíl nejen mezi magnetickými póly, ale i magnetickým rovníkem. Na živočichy na různých místech na Zemi působí síla magnetického pole a sklon směrem

k povrchu. Tak je možné určit zeměpisnou šířku, na které se právě tyto živočichové nacházejí (Wiltschko & Wiltschko 2006, Lohmann et al. 2007).

Mapový smysl byl objeven u několika druhů živočichů. Orientují se podle něho mořské želvy, ptáci, čolci a další (Wiltschko & Wiltschko 2006, Lohmann et al. 2007, Deutschlander & Muheim 2010).

2.3. Mechanizmy magnetorecepce

V současné době je magnetorecepce považována za jakýsi šestý smysl zvířat. Abychom jsme mohli konstatovat, že se jedná o zcela nový smysl, potřebujeme znát jeho receptor a převodní mechanismus. To, kde se tento mechanismus nachází, nevíme, a ani nevíme, kde ho hledat. Magnetoreceptory mohou být velmi malé, mohou se nacházet různě roztroušené v tkáních, mohou být součástí chemických reakcí modulovaných geomagnetickým polem nebo vůbec nemusí existovat. O mechanismu, vysvětlujícím vnímání magnetického pole, existuje mnoho teoretických studií (Johnsen & Lohman 2005, Němec & Vácha 2007).

2.3.1. Elektromagnetická indukce

První hypotéza je založena na elektromagnetické indukci. Elektromagnetická indukce vzniká pohybem vodiče magnetickým polem paralelně s indukčními čarami, propojené vodivým prostředím. Důsledkem toho vzniká elektrický obvod, ve kterém prochází elektrický proud. Vodivým prostředím je v tomto případě voda. Jelikož vzduch není vodivé prostředí, předpokládá se tato schopnost pouze u živočichů žijících ve vodě (Johnsen & Lohmann 2005, Eder et al. 2012).

V tomto modelu se vychází z představy používání magnetorecepce u velkých a rychlých mořských živočichů. Předpokládá se, že paryby svým pohybem v geomagnetickém poli vnímají změny elektromotorického napětí (Němec & Vácha 2007).

Studie popisovaného jevu probíhala u žraloků a rejnoků. U těchto živočichů bylo zjištěno množství vodivých kanálků tzv. Lorenziniho ampule. Ty fungují jako pohybující se vodič a mořská voda jako vodivé prostředí. Vzniká tak napětí, jehož velikost je závislá na rychlosti plavání, úhlu mezi směrem pohybu a magnetickým vektorem. Když se žralok pohybuje směrem na sever nebo na jih,

je hodnota indukovaného napětí nulová. V případě pohybu na východ nebo západ je tato hodnota maximální. Tyto změny mohou informovat o směru magnetického pole (Němec & Vácha 2007, Johnsen & Lohman 2008).

Skutečnost vnímat jak intenzitu magnetického pole, tak i orientovat se podle magnetického kompasu byla prokázána také u některých ryb, mihulí a vodních obojživelníků (Němec & Vácha 2007).

2.3.2. Magnetitová hypotéza

Tato hypotéza je založena na existenci feromagnetických částic v tkáních živočichů. Nejčastějšími krystaly jsou magnetit (Fe_3O_4), pak méně častý greigit (Fe_3S_4). Tyto krystaly se chovají jako miniaturní magnety, které se natáčejí do směru magnetického pole. Ve druhém případě se hovoří o nanokrystalech, které nemají stálý magnetický moment a nemohou se proto otáčet do směru geomagnetického pole. Dochází v nich k indukci magnetického momentu, jehož orientace je shodná s orientací geomagnetického pole (Němec & Vácha 2007).

Existují tedy dva modely této hypotézy, kdy mají krystaly magnetitu odlišné magnetické vlastnosti. Jednodoménové krystaly mají magnetický moment i v nepřítomnosti magnetického pole a při působení magnetického pole se do tohoto směru natáčejí. Druhý model je založen na superparamagnetických nanokrystalech, které jak již bylo zmíněno, magnetický moment nemají, ale tento moment je v nich indukován a sleduje směr vnějšího pole. Předpokládá se, že krystaly mají vliv na plasmatickou membránu. Ta se mírně stlačuje při paralelní orientaci s vnějším polem, kdy se nanokrystaly vzájemně shlukují. Při změně vnějšího pole o 90° se naopak vzájemně odpuzují, čímž se membrána napíná. Důsledkem této magnetické práce může být otevírání a zavírání iontových kanálků (Johnsen & Lohmann 2005).

Aby byl magnetit opravdovým magnetoreceptorem, musí mít kontakt s nervovým systémem. O přítomnosti magnetitu v tkáních živočichů není pochyb. Byl prokázán v čichové sliznici u pstruha duhového. U holubů se nachází v horní polovině zobáku. U obou druhů se předpokládá určitá spojitost s trojklaným nervem. Magnetit byl nalezen u různých druhů bakterií, mořských želv i hlodavců. Z toho

plyne fakt, že jako receptor pro orientaci nepotřebuje světlo (Johnsen & Lohmann 2005, Němec & Vácha 2007).

2.3.3. Chemická magnetorecepce

Model magnetorecepce úzce souvisí s fotorepcí, kdy při chemické reakci vznikají radikálové páry. Přesněji řečeno receptory, které existují v sítnici nebo epifýze, obsahují fotopigmenty, které generují radikálové páry. Proto magnetické pole Země může ovlivnit přeměnu světla na membránový potenciál, který může vyvolat zrakové vjemy (skvrny nebo oblouky). Ty jsou závislé na polohách fotopigmentů vůči magnetickému poli (Johnsen & Lohmann 2008, Válková & Vácha 2011).

Radikálové páry vznikají pravděpodobně ve fotopigmentech, a to ve chlorofylu nebo flavinu. Přítomnost světla způsobí chemickou řetězovou reakci, při které si molekuly předávají elektrony a tím mezi sebou molekuly mohou vytvářet radikálové páry. Volné elektrony mohou vytvářet tzv. singletový stav, při kterém si ponechají svoji původní opačnou rotaci, nebo svoji rotaci přemění do rotace souhlasné, tzv. tripletového stavu (Němec & Vácha 2007, Lambert et al. 2013).

Popisované reakce se pravděpodobně budou zvířatům jevit jako odlišné vzory, které se změní při pohledu různými magnetickými směry a jejich kontrast bude závislý na intenzitě magnetického pole (Ritz et al. 2000).

Tento druh orientace byl zkoumán u lišky obecné (*Vulpes vulpes*), která zřejmě využívá geomagnetické pole Země při skoku na kořist, tzv. myškování (Červený et al. 2011). Dále u mloků, kde šišinka překrytá tenkou kůží je receptorovým místem, nebo u tažných pěvců a holubů. U těch byly nalezeny neurony, které měnily svoji aktivitu podle změny směru magnetického vektoru. Příkladem mohou být studie holubů zaměřené na schopnost sítnice vnímat magnetické pole, kterými bylo zjištěno, že přetnutím trojklaného nervu, u nich nedochází k dezorientaci. Dalším příkladem jsou pěvci, kteří po zakrytí pravého oka nejsou schopni orientace, ale po zakrytí levého problémy s orientací nemají (Wiltschko et al. 2011).

2.3.4. Magnetický alignment

Představuje poziční chování živočichů, při kterém se snaží sladit své tělo podél nebo kolmo na osu magnetického pole. Na rozdíl od magnetického kompasu je spontánní s pevnou směrovou odezvou. Studie prokázaly výskyt tohoto jevu u velkého množství živočichů, včetně ryb, hmyzu, obojživelníků, plazů a savců, u kterých se ale poziční chování objevuje při různých aktivitách, například při odpočinku, pohybu, krmení i vyměšování (Begall et al. 2013). Begall et al. (2013) se domnívají, že směrová orientace se u živočichů nevyskytuje náhodou, ale že za daných podmínek z toho určitý živočich může mít nějaké výhody, mezi které patří například lepší a pohodlnější odpočinek, šetření energie aj.

Begall et al. (2013) rozeznávají několik druhů alignmentu:

- a) Thermo zarovnání: orientace závislá na zdroji tepla, kterým je nejčastěji slunce. Živočichové, kteří využívají tuto orientaci, vystavují své tělo rovnoběžně nebo kolmo se zdrojem tepla, čímž se snaží dosáhnout rychlého a efektivního prohřátí.
- b) Rheo zarovnání: orientace proti proudu vody. Pstruh v potoce obrací svou hlavu proti proudu. Přináší mu to výhody, jako nižší hydrodynamický odpor, lepší přístup ke kyslíku a proud přináší i potravu.
- c) Foto zarovnání: orientace závislá na zdroji světla. Živočichové využívají směr ke světlu nebo od zdroje světla, aby nedošlo k oslnění.
- d) Anemo zarovnání: směrová orientace po nebo proti větru. Je využívána převážně přežvýkavci. Snižuje to mechanickou odolnost těla, tepelné ztráty v důsledku konvekce a napomáhá to zjišťovat, zda se nablízku nenachází nějaký dravec. Může to být též prospěšné při hledání opačného pohlaví.
- e) Gravi zarovnání: orientace těla při odpočinku, kdy může být příjemnější směřovat podél vrstevnice nebo do svahu.
- f) Zarovnání na atraktor: směr orientace je nějakým způsobem atraktivnější než ostatní směry. Může k tomu docházet při číhání na kořist nebo naopak při hlídání ve směru, kterým může přijít nebezpečí.
- g) Magnetické zarovnání: orientace těla podél magnetických siločar. Nejedná se o magnetický kompas, protože není zaměřená na prostorové cíle,

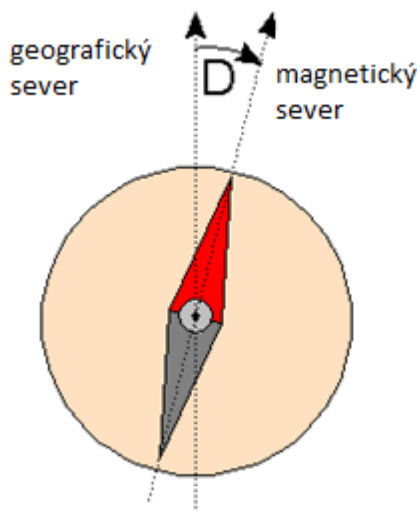
ale zvířata mají tendenci natočit orgány po nebo kolmo na magnetickou osu. Rozděluje se na tři složky, podle toho jaký směr zvíř preferuje.

- unimodální orientace, která se většinou často odchyluje od hlavních směrů a znamená orientaci pouze jedním směrem, například na sever.
- bimodální orientace znamená, že zvíř preferuje dva směry, sever/jih, vůči sobě pootočené o 180° .
- kvadrimodální orientace, která preferuje 4 směry, například sever/jih, východ/západ.

2.3.5. Magnetická deklinace

Magnetická deklinace znamená úhlový rozdíl mezi směry k magnetickému a zeměpisnému severnímu pólu (viz obrázek č. 3). Tento úhel se na různých místech Země liší. To je způsobeno severním magnetickým pólem, který se oproti zeměpisnému neustále pohybuje a tím se mění i v čase (Brázdil et. al. 1988, Able 1994, Gould 2010).

V České republice se roční posun rovná asi 6 úhlovým minutám směrem na východ.



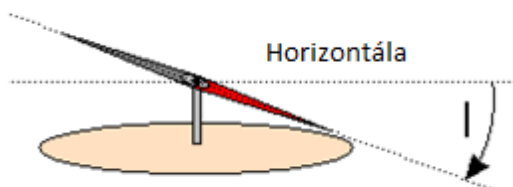
Obrázek 3: Schématické znázornění deklinace.

Zdroj: (<http://faculty.weber.edu/bdattilo/shknbk/notes/pleomg.htm>)

2.3.6. Magnetická inklinace

Magnetická inklinace znamená úhlový rozdíl mezi vodorovným povrchem země a místním sklonem magnetické siločáry (viz. obrázek č. 4). Hodnoty inklinace

se mění směrem k magnetickým pólům, kde jsou tyto hodnoty maximální. Na severním pólu je hodnota inklinace $+90^\circ$ a na jižním pólu je hodnota inklinace -90° . Na rovníku je tato hodnota rovna nule. Živočichové mohou pomocí inklinace využívat informace o své poloze a to buď směrem k pólům nebo k rovníku (Wiltschko & Wiltschko 2005).



Obrázek 4: Schématické znázornění inklinace.

Zdroj: (<http://faculty.weber.edu/bdattilo/shknbk/notes/pleomg.htm>)

2.4. Zkoumané druhy

2.4.1. Hmyz

Magnetorecepce u hmyzu je zkoumána již dlouhou řadu let. Z těchto studií vyplývá pravděpodobnost výskytu dvou systémů vnímání magnetorecepce. Jedná se o systém založený na magnetitu pro magnetickou mapu, který je založen na existenci oxidu železa v tkáních, čímž se mohou vyvolat příslušné elektromagnetické změny a nervové činnosti. Druhý systém je založen na radikálových párech pro magnetickou kompasovou orientaci neboli chemický mechanismus (Walker 2008, Cadiou & McNaughton 2010).

Přítomnost magnetitových částic byla poprvé prokázána u bakterií v roce 1970. Pak následovala řada studií jiných druhů, například mravenců (Wajnberg et al. 2004, Abracado et al. 2005), termitů (Alves et al. 2004), včel (Hsu & Li 1993, Oliveira et al. 2005, Lucano et al. 2006) a brouků potěmníků (Tomanová 2009, Vácha et al. 2009).

Studiemi byla prokázána i magnetorecepce závislá na světle ve spojení s teorií radikálových párů. Byla zkoumána u tradičních laboratorních druhů, jako jsou švábi (Vácha et al. 2009) a octomilky rodu *Drosophila* (Phillips & Sayeed 1993, Dommer et al. 2008, Gegear et al. 2008, 2010). U osenice vykřičníkové (*Argotis exclamatoris*) byla prokázána orientace pomocí měsíčního svitu. Měsíc

mění na obloze svoji pozici (azimut), tudíž vědci dospěli k závěru, že měsíc funguje pro osenice jako kompas a geomagnetické pole kalibruje jeho polohu v azimutu (Baker 1987).

Vácha et al. (2009) testovali švába amerického (*Periplaneta americana*) na magnetickou orientaci. Používali přírodní magnetickou osu a uměle pootočenou magnetickou osu o 60°. Švábi se nacházeli v miskách v zatemněné místnosti, kde svítilo matné bílé světlo a data o jejich chování byla zkoumána prostřednictvím webových kamery. Ta automaticky fotografovala jeden snímek za minutu. Výsledky opět ukázaly zarovnění hmyzu v klidových polohách do geomagnetické osy jak v přirozeném, tak pootočeném geomagnetickém poli.

Průkopníkem výzkumu magnetické orientace se před několika desítkami let stala včela medonosná (*Apis mellifera*), které byla z hlediska magnetorecepce věnována největší pozornost (Lindauer 1968, Walker 1985, Wajnberg et al. 2010).

Podle Válková & Vácha (2011) se předpokládá magnetitová nebo chemická orientace včel, kterou tvoří radikální páry a je závislá na světle. Podle jaké hypotézy se včely orientují, je součástí dalších studií.

Vždyť právě včela je druh s vysoce vyvinutým navigačním a komunikačním smyslem. Mezi nejznámější komunikační smysl patří kývavý tanec, kterým včela informuje o směru a vzdálenosti potravy od úlu. Je schopna používat naučené vzory barev (Horridge 2010), tvary (Srinivasan et al. 2006, Srinivasan 2010) a pachy (Menzel & Guifra 2006). Bylo prokázáno, že smyslový systém včel je velice citlivý a dokáže rozlišovat i slabé magnetické anomálie. Tím je orientace včel ovlivněna změnami v intenzitě a polaritě magnetického pole (Gould et al. 1980, Leucht 1984, Kirschvink et al. 1997, Walker 1997).

Jestli existuje nějaké biologické vysvětlení pro tyto typy orientace, zatím nevíme. Begall et al. (2008), Vácha et al. (2009) se domnívají, že by mohlo jít například o ochranu před dravci. Jestli se ve stádu budou zvířata rozhlížet kolem sebe pootočení vůči sobě o 180°, zaručuje jim to určitou výhodu před predátorem. Ale to jsou zatím pouhé spekulace. Proč se potom severojižně orientují šelmy?

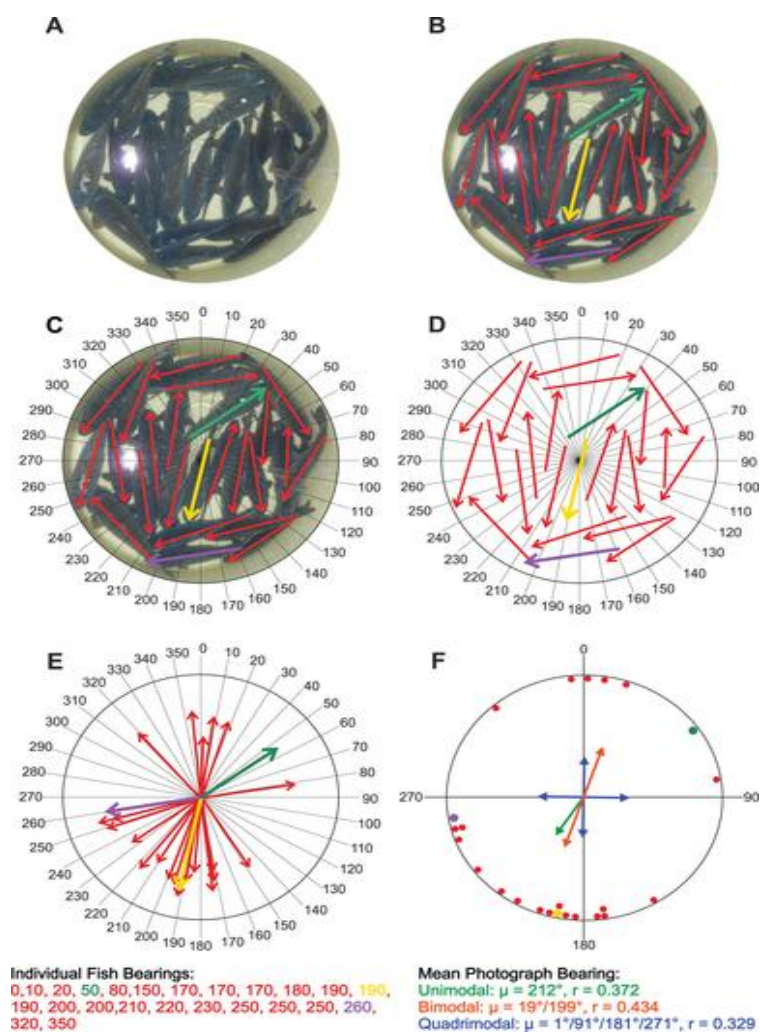
2.4.2. Ryby

Studium magnetorecepce ryb neprobíhalo intenzivně, jako je tomu třeba u ptáků, ale výsledky jsou překvapivé. V minulosti byla zkoumána magnetorecepce na rybách migrujících v oceánech. Postupně se však přešlo i na ostatní nemigrující druhy ryb.

Mezi studované druhy patří například pstruh duhový (*Oncorhyncha mykiss*), v jehož buňkách v nose byl zjištěn magnetit (Walker 1997, Eder et al. 2012), pstruh obecný (*Salmo trutta*), kde byla zjištěna reakce potěru na magnetické pole (Formicki et al. 2004a), losos nerka (*Oncorhynchus nerka*), kde byly zjištěny magnetické částice v tkáni čichového ústrojí (Quinn et al. 1981, Mann et al. 1988), tuňák žlutoploutvý (*Thunnus albacares*), u kterého byly objeveny magnetické částice v lebce u čichové kosti (Walker et al. 1984), plejtvák myšok (*Balaenoptera physalus*) (Walker et al. 1992), úhoř říční (*Anquilla anguilla*) (Tesch 1974), kapr obecný (*Cyprinus Carpio*) (Hart et al. 2012). U všech těchto druhů byla prokázána preference základních světových stran.

Hart et al. (2012) přišli s myšlenkou zjistit severojižní orientaci u kapra obecného (*Cyprinus carpio*) (viz. obrázek č. 5). Ve své studii zkoumali kapry v kádích v průběhu vánočního prodeje v Praze a okolí. Celkem bylo naměřeno 14537 kaprů v 80 velkých kruhových nádobách na 25 lokalitách. Každá lokalita byla měřena opakovaně po dobu sedmi dní. Kaprům se ponechával klid potřebný na zklidnění v délce nejméně tří minut. Díky kádím se minimalizovaly nežádoucí vlivy, jako je hluk, vibrace, směr větru či okolní teplota. Každé rybě byl zaznamenán směrový vektor (šipka), který kopíruje hřbetní ploutev, čili tělo v podélné ose. Šipky byly umístěny na šablonu připomínající kompas a musí souhlasit se zeměpisnou orientací kádě na fotografii.

Kapři nepatří mezi migrující ryby, takže bychom u nich magnetoreceptci nečekali. Výsledky této studie však potvrzují severojižní orientaci.



Obrázek 5: Orientace kapra v kádích při vánočním prodeji.

Zdroj: (http://www.osel.cz/index.php?obsah=6&akce=showall&clanek=6595&id_c=119747)

2.4.3. Obojživelníci

U této skupiny živočichů je magnetorecepce velmi málo prozkoumána, i když se u nich tato schopnost předpokládá. Nejdůkladněji byl zkoumán čolek zelenavý (*Notophthalmus viridescens*). U něho bylo prokázáno používání magnetického kompasu a to jak za světla i ve tmě (Freake & Phillips 2005).

Dalšími zkoumanými druhy jsou ropucha obecná (*Buffo buffo*), ropucha krátkonohá (*Buffo calamita*) a ropucha bradavičnatá (*Buffo spinulosus*). Těmto živočichům byl na hlavu namontován magnet a byl zjištěn fakt, že žáby nejsou díky magnetu schopny nalézt cestu do domovské tůně. Znamená to, že silný magnet ruší přírodní magnetické pole a živočichové tak nejsou schopni se v přírodě orientovat (Landler & Goullmann 2011).

Reakce na magnetické pole a používání magnetického kompasu byla prokázána například u čolka hranatého (*Lissotriton helveticus*) (Diego-Rasilla et al. 2008), čolka horského (*Triturus alpestris*) (Diego-Rasilla et al. 2005) a u pulců skokana volského (*Rana catesbeiana*) (Freaker et al. 2002).

2.4.4. Plazi

Z hlediska magnetorecepce se jedná o méně prozkoumanou skupinu živočichů. Důkazem je skutečnost, že teprve v roce 2010 byly dodány první průkazné materiály o magnetoreceptci u ještěřů (Marek et al. 2010).

První důkaz o používání mapového smyslu poskytly mladé mořské želvy karety obecné (*Caretta caretta*) migrující mezi Evropou a Amerikou. Mapový smysl byl prokázán tím, že když se želvy dostaly na určitý bod v Atlantiku, změnily směr svojí cesty. Stejného výsledku se dosáhlo při následném testu v kruhovém akváriu, kde bylo simulováno magnetické pole stejné, jako je na bodech v Atlantiku. Muselo odpovídat jak inklinací, tak i intenzitou. Pro skutečnost, že toto chování není naučené, ale vrozené, svědčí fakt, že směr pohybu mění i čerstvě vylíhnuté želvy, které dosud v oceánu nebyly (Vácha & Němec 2007).

Dalším živočichem, používajícím magnetickou mapu je aligátor severoamerický (*Alligator mississippiensis*). U něho se prokázalo používání magnetické mapy pomocí, které se aligátor vracel na místo odchytu (Rodda 1984).

Mezi další zkoumané druhy této skupiny živočichů patří například agama vousatá (*Pogona vitticeps*) (Nishimura et al. 2010), gekon (*Cyrtodactylus philippinicus*) (Marek et al. 2010) nebo kožatka velká (*Dermochelys coriacea*), u které byla prokázána magnetorecepce závislá na světle (Lohmann & Lohmann 1993).

2.4.5. Ptáci

U velkého množství různých druhů ptáků hraje slunce důležitou roli v prostorové orientaci. Magnetorecepce a její využití nejen při migraci ptáků byla v minulosti intenzivně zkoumána a prokázána (Wiltschko & Wiltschko 2007).

Červenka obecná (*Erithacus rubecula*) se stala prvním druhem, u kterého bylo prokázáno použití magnetického kompasu. Nejvíce informací přinesly experimenty, při kterých byl pozorován směr vzletu červenky, uzavřené do trychtýřovité nádoby. Dokázáno bylo, že se snaží vzletět směrem závislým na pozici hvězd nebo na směr magnetického pole, který byl při testech postupně měněn (Wiltschko & Wiltschko 1972, Vácha 2007).

Studie slavíka tmavého (*Lusciniana lusciniana*) spočívala v uměle nastaveném magnetickém poli, shodném s magnetickým polem, které se nachází v severní Africe. Slavíci při očekávání dlouhého vyčerpávajícího přeletu Sahary začali přijímat více potravy a tím nabírat na váze. Podle magnetického pole poznali, kde se nacházejí a co pro svoje přežití musí učinit, aby zvládli tak těžkou cestu (Fransson et al. 2001).

Wiltschko & Wiltschko (2005) konstatují, že denní ptáci, jako je například holub domácí (*Columba livia domestica*), využívají jak sluneční, tak i magnetický kompas. U holubů je hlavním ukazatelem směru azimutu sluneční kompas a magnetický funguje jako kalibrační.

Zimmerman et al. (2003, 2009) provedli studii kuřat kura domácího (*Gallus Gallus f. domestica*). Chtěli dokázat, že kuřata využívají slunce a jeho posunu jako kompasu. Jedná se tedy o magnetorecepci závislou na světle. Je to alternativní vysvětlení pro používání magnetického pole ptáky. Bylo provedeno několik testů, a to jak bez ovlivnění magnetického pole, tak s ovlivněním, kdy se na peří na hlavě přichytil malý, ale silný magnet. Magnet ale jejich orientační smysly neovlivnil. Výsledky těchto studií u kuřat naznačily použití slunce jako kompasu.

Hart et al. (2013a) zkoumali dosedání vodních ptáků na vodní hladinu. Celkem hodnotili 3338 hejn ptáků, 14 druhů v 8 zemích světa. Z toho byla u 13 druhů prokázána severojižní orientace nezávisle na směru příletu. Hart et al. (2013a) předpokládají, že v případě bezvětří jednotný směr přistávání může zabránit kolizím dosedajících hejn ptáků na vodní hladinu. Společné vodítka směru přistání by v tomto případě tvořily siločáry magnetického pole Země.

2.4.6. Savci

Begall et al. (2008), Burda et al. (2009) zkoumali poziční orientaci těla volně se pasoucích krav (tura domácího *Bos primigenius*) v několika evropských státech.

Při studii vycházeli ze satelitních snímků, které získali prostřednictvím aplikace Google Earth (viz. obrázek č. 6).

Na snímcích nebylo možné rozeznat hlavu zvířete, tudíž byly vyhodnocovány pouze osy jejich těl. Bylo hodnoceno přes 308 stád a celkově asi 8560 jedinců. Zjištěné výsledky ukazují 60% až 70% tvrzení, že skot při pastvě orientuje osu těla severojižním směrem (Burda et al. 1990, Begall et al. 2008).



Obrázek 6: Zachycení pozičního chování skotu pomocí snímků z aplikace Google Earth.

Zdroj: (<http://www.readersdigest.cz/magazin/osudy/mame-svuj-vnitri-kompas>)

Toto tvrzení se setkalo i s kritikou. Heřt et al. (2011) po provedení podobné studie dospěli k opačným výsledkům. Tvrdí, že orientace těla v severojižním směru se u skotu nevyskytuje. Navazující studie Moravcové (2011) a Slabého et al. (2013) naopak tento jev potvrzují.

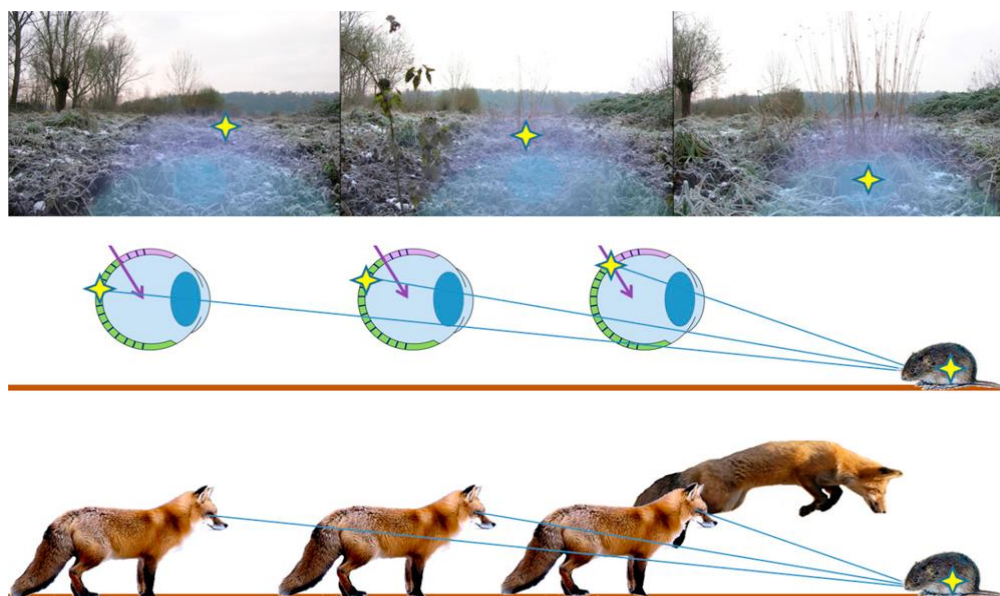
Bylo zjištěno, že severojižní orientaci ovlivňuje vzdálenost jednotlivců v rámci stáda a sklon terénu větší než 5 % (Slabý et al. 2013). Jako rušivý účinek pro magnetický aligment je možné považovat elektrické vedení vysokého napětí, pod kterým vzniká lokální magnetické pole. Orientace zvířat, vyskytujících se v blízkosti elektrického vedení, je náhodná. Se vzrůstající vzdáleností od zdroje se však tento účinek snižuje (Burda et al. 2009).

Stejná studie pomocí satelitních snímků byla provedena u srnce obecného (*Capreolus capreolus*) a jelena lesního (*Cervus elaphus*) při pastvě a odpočinku, kde byl zkoumán směr zálehů. Zde byly dosaženy ještě lepší výsledky než u skotu. Téměř 80 % sledované spárkaté zvěře orientuje osu těla severojižním směrem (Begall et al. 2008, Burda et al. 2009).

Holand et al. (2006, 2008) zkoumali netopýra hnědého (*Eptesicus funus*), který je noční tvor a je schopen žít, lovit a létat ve tmě. Studie tohoto druhu byla velice náročná a probíhala jak v umělém magnetickém poli, tak v přirozeném prostředí. Netopýři se na krátkou vzdálenost orientují podle echolokace. Ze získaných výsledků je zřejmé, že magnetorecepce u netopýrů je založena na magnetitové teorii. Tím jsou schopni vnímat magnetické pole Země a při navigaci používají polaritní kompas.

U hlodavců se většina studií zabývá orientací hnízda. Schopnost vnímat magnetické pole a s jeho pomocí najít své hnízdo byla prokázána u křečka bělonohého (*Peromyscus leucopus*). Ten se po přendání do kruhové arény snaží utéci směrem ke svému hnízdu. V případě, že mu byl otočen směr magnetického pole, běžel na opačnou stranu (August et al. 1989). Vliv magnetického pole na stavbu hnízda byl prokázán u rypoše hottentotského (*Cryptomys hottentotus*). Ten při stavbě hnízda v kruhové aréně preferoval severovýchodní směr. Při otočení magnetického pole o 180° reagoval změnou preferovaného směru (Burda et al. 1990).

Liška obecná (*Vulpes vulpes*) se při myškování řídí sluchem (viz. obrázek č. 7). Avšak skok, který při lovu provádí, je převážně orientovaný severovýchodním směrem.



Obrázek 7: Princip magnetického dálkoměru lišky obecné při lovu (myškování), při využití chemické magnetorecepce.

Zdroj: (<http://katedry.czu.cz/kmlz/magneticka-orientace/>)

Lov severním směrem má vyšší účinnost, bez ohledu na to jestli je prováděn ve vysoké vegetaci či pod sněhovou pokrývkou. Lov jiným směrem je většinou neúspěšný. Úspěšnost lovu severovýchodním směrem je až 74%, kdežto u ostatních směrů je to méně než 18 %. Existují dvě teorie. První hovoří o využití magnetitu na bázi kompasového mechanismu a druhá o chemické magnetorecepci, při které se tvoří radikálové páry ve specializovaných fotoreceptorech v sítnici oka. Předpokládá se, že lišky pomocí magnetického pole měří vzdálenost ke kořisti a tím zvyšují úspěšnost lovu (Červený et al. 2011).

Hart et al. (2013b) zkoumali vnímání magnetického pole Země u psů. Citlivost na magnetické uspořádání byla sledována při vylučování. Jindy rušivé elementy, jako je pozice slunce, směr větru a zvědavost, se u psů ukázaly jako zanedbatelné. Magnetorecepce psů se předpokládala vzhledem k výborným navigačním schopnostem psů, kteří jsou blízkými příbuznými kojetů a vlků. Ti mají ve volné přírodě teritorium velmi rozsáhlé, tudíž musí mít vynikající orientační schopnosti.

Osa těla byla měřena u 70 psů 37 plemen. Bylo naměřeno 1893 hodnot při defekaci a 5582 hodnot při močení. Jedná se o první data týkající se magnetorecepce psů. Studie probíhaly v rozmezí dvou let a účastnili se jich vědci z České zemědělské univerzity společně s německými vědci (Hart et al. 2013b).

Výzkum ukázal, že psi jsou citliví na sebemenší výkyvy v magnetickém poli Země. Byla zjištěna axiální severojižní orientace při defekaci a nulové změně deklinace, kterou více vykazovali psi ve věku od 2,5 do 7 let. U močení se ukázal mírný rozdíl u fen a psů. U psů může být úhlové natočení trochu jiné než u fen. To může být způsobeno zvedáním nohy při močení (Hart et al. 2013b).

Proč se psi natáčejí do severojižního směru a jaký mechanismus k tomu využívají, je předmětem dalších výzkumů. Hart et al. (2013b) předpokládají, že odpověď na naše otázky může být v biologickém chování. Kdyby psi používali magnetickou mapu jako hlodavci, museli by tuto mapu kalibrovat. Může to znamenat lepší kalibraci při pohledu na sever.

Vědci se rozhodli seřadit data podle geomagnetických podmínek a dospěli k závěru, že psi při vyměšování preferují severojižní orientaci, když je klidné magnetické pole. Pokud bylo magnetické pole neklidné nebo dokonce docházelo k magnetickým bouřím, vylučovali psi zcela náhodně (Hart et al. 2013b).

2.5. Seznámení s měřenými plemeny

Měřenými plemeny při zpracování diplomové práce byli dva výmarští ohaři a jeden německý ovčák bez průkazu původu (viz. obrázek č. 8, 9)



Obrázek 8: Zleva výmaršský ohař ARON a AKIM „z Pošumavských hájů“.
Zdroj: Jan Sporka (2015)



Obrázek 9: Německý ovčák bez PP CÉSAR.
Zdroj: Jan Sporka (2015)

2.5.1. Původ výmaršského ohaře

Původ výmaršského ohaře není dosud zcela jasný. Uvádí se několik verzí o vývoji tohoto plemene, které se od sebe liší a mnohdy si i odporují. Všechny vychází ze stavby těla, vloh pro určitý typ práce a vlastností předků a současného psa. Žádnou z níže popsaných teorií nelze považovat za plně ověřitelnou (Kočová 2011).

Trankovská (2001) uvádí jednu z možných verzí, kde výmaršský ohař pochází pouze z jednoho plemene a to výchozího typu hnědě zbarveného německého ohaře. Odlišná barva se vysvětluje náhlou mutací utvrzenou selektivním chovem na tento stříbrošedý tón.

Druhá verze uvádí, že předkem výmaršského ohaře by mohl být krátkosrstý ohař, pointer a ulmská doga, po které měl zdědit barvu a ostrost. Původ sahá až k leithundovi, dnes již vyhynulému vodiči. Myslivci využívali schopnosti těchto psů především při dohledávkách (Kočová 2011).

Třetí verze hovoří o vzniku plemene z černých barvářů sv. Huberta. Barva psů byla černá s načervenalými skvrnami nad očima, na nohách a s bílou skvrnou na hrudi. I v dnešní době se můžeme setkat s nežádoucími exteriérovými vadami. Mezi ně patří tzv. pálení a bílé znaky (Kočová 2011).

Nejčastěji citovaná verze je spojena se sasko výmarským velkovévodou Karlem Augustem. Ten si měl v roce 1824 nechat přivést na svůj dvůr několik jedinců z Čech. Psi ho zaujali nejen svou výkonností, ale i inteligencí. Psy nadále šlechtil a jeho smečka loveckých psů byla pověstná silnými, stříbřitě šedými psy. Původ z Čech potvrzuje i vrchní dvorní lovcí von Strauch (Trankovská 2001).

Tuto verzi se snažil prověřit a historickými důkazy doložit MUDr. Jan Fiala. Podle archivních dokumentů zjistil, že Karel August v roce 1824 v Čechách skutečně pobýval, ale zmínka o psech se bohužel nedochovala (Kočová 2011).

Podle Kočové (2011) K. Brandt a Camilo Morgan uvádí, že sasko – výmarský velkovévoda Karel August křížil německého ohaře s anglickým žlutým pointrem. Spojením těchto plemen měli vzejít první stříbrošedí psi, na nichž byl založen plemenný výběr.

Další verze uvádí původ výmarského ohaře z Francie za vlády Ludvíka IX, který měl psy přivést z křižáckých válek (Kočová 2006).

V 17. století měl chovat v Čechách šedé psy i princ Rupert Falcký (syn českého krále Fridricha Falckého a Alžběty Stuartovny). Dokazuje to dochovaný obraz z této doby, kde je zachycen Rupert a stříbrošedý pes s bílou skvrnou na hrudi (Kočová 2006).

Někteří autoři a kynologové kombinují uvedené teorie nebo k možnému původu řadí i další stará plemena psů, ale pro tyto názory již není žádný důkaz.

2.5.2. Charakteristika plemene výmarského ohaře

Hlavním znakem ohařů je schopnost vystavovat zvěř. Tím se liší od ostatních loveckých psů. Schopnost vystavování znamená, že pes musí při navěštění zvěře zůstat stát poloze, zaujaté při navěštění. Musí čekat před zvěří, aniž by ji vypíchl. Na přítomnost zvěře upozorňuje svým chováním, držením těla a nehybností (Knoll & Báča 1966).

Je průměrně temperamentní, vášnivý lovec slídící před střelbou i po ní. Jeho úkolem také bylo chránit pána před zloději. Díky tomu je sebevědomí a velmi ostrý na lidi (Vogelerová 2006).

Jeho vzhled je velice zajímavý. Má kovově stříbrošedou srst, modrošedé nebo jantarové oči. Je to vznešeně vyhlížející a dobrosrdečný pes (Palmerová 2008).

Je to štíhlý, svalnatý, unikátně zbarvený lovecký pes, který je nejen populárním pracovním plemenem, ale stále oblíbenějším společenským psem. Jedna s jeho předností je poslušnost a nebojácnost. Proto je dobrým hlídacím psem (Bruce 2006).

Využívá se na stopování a rád nosí ulovenou drobnou zvěř. V USA se využívá jako hlídač a služební pes (Hanzal 2007).

2.5.3. Současné využití výmarského ohaře

Výmarský ohař je lovecké plemeno. Jeho využití by mělo být v myslivecké praxi. Způsobilost loveckých plemen vykonávat povinnosti při výkonu práva myslivosti se prokazují na zkouškách lovecké upotřebitelnosti (Hanzal 2007).

Podle zkušebních řádů vydaných českomoravskou mysliveckou jednotou mohou výmarští ohaři absolvovat zkoušky vloh, kde každý jedinec předvede vrozené vlastnosti neovlivněné vyšším stupněm výcviku (Červený et al. 2010). Podzimní zkoušky nebo také polní zkoušky, kde se kvalifikuje jako lovecky upotřebitelný pro dohledání a přinášení drobné zvěře. Lení zkoušky, při kterých získá loveckou upotřebitelnost k dohledání zvěře v lesních honitbách. Podzimní zkoušky jsou spolu s lesními zkouškami podmínkou chovnosti výmarských ohařů. Dále pak barvářské zkoušky, speciální zkoušky z vodní práce, všestranné zkoušky (Červený et al. 2010).

Výmarský ohař je všestranně použitelný pes. Využívá se při canisterapii, což je léčení pomocí přítomnosti psa u léčené osoby (Pomocné tlapy 2014). Díky svému dobrému nosu zvládá i záchranářský výcvik (Kuntová & Doležal 1995). Používá se i jako asistenční pes pro pomoc všem tělesně postiženým (Frančeová & Hutařová 2005).

V dnešní době přibývá lidí, kteří si výmarského ohaře kupují pro radost, jeho vytříbený vzhled a také s ním provozují spoustu sportovních aktivit. Mezi nejznámější patří: agility – pes musí zdolat trať s překážkami

v co nejrychlejší čas (Divišová et al. 2003), coursing – dostihy psů v přirozeném terénu za umělou návnadou (Kožený 2014), bikejöring – jezdce na kole pomáhá táhnout pes připevněný na 2,5 m šňůře, canikross – vůdce pěží a kolem pasu má na šňůře připevněného psa.

2.5.4. Původ německého ovčáka

Původ německého ovčáka je nerozlučně spjat s Maxem von Stephanitz. Ten se celý svůj život zabýval myšlenkou vyšlechtit ideálního užitkového psa, který by měl využití pro více účelů (Krämerová & Lenz 1997).

Koncem 19. století byli ideálem krásy psi podobní vlkovi. Psi šedí se stojatými bolci byli zvláště žádaní a upřednostňováni při plemenitbě. Švábští obyvatelé začali s křížením durinských psů se vzpřímenými bolci a vlčí barvou s ostatními ovčáckými plemeny a tím položily základní kámen pro vyšlechtění německého ovčáka. Uskutečnilo se i křížení s vlky, ale výsledky nebyly zcela nejlepší a kříženci nijak neovlivnily toto plemeno (Krämerová & Lenz 1997).

Rotmistr von Stephanitz spolu s Arturem Meyerem založili v roce 1899 spolek německých ovčáků. Šlechtil německého ovčáka nejen podle ideálů krásy, ale i podle povahových vlastností. Aby bylo možné cvičit psy podle stejných pravidel vypracoval stejný způsob výcviku. Tím podporoval jejich vlohy. Díky svým vlohám se stal německý ovčák ceněným služebním psem, v době válek byl používán v záchranné službě (Krämerová & Lenz 1997).

2.5.5. Charakteristika německého ovčáka

Německý ovčák patří do třídy FCI – I. Do této skupiny spadají plemena ovčácká, pastevecká a honácká. Je to středně velký pes pevného konstitučního typu, odvážný, nedůvěřivý a všestranně použitelný (Hrušovský et al. 1984).

Má vyrovnanou povahu. Mezi nejvýznamnější povahové rysy můžeme zařadit ostražitost, věrnost, odvaha, ochota k práci, inteligenci a neúnavný temperament. Je velmi pohyblivý, má silnou a pevnou kostru (Růžička 1996).

2.5.6. Současné využití německého ovčáka.

Velké množství úkolů pastýřského psa, tvořilo základ využití německého ovčáka v různých oblastech. Jako rodinný pes bude dobrým hlídačem oddaným své rodině a schopný se podřizovat. Je vhodný pro všechny druhy sportu – agility, coursing, bikejöring, canikross. Využívá se při canisterapii, jako asistenční pes a také díky svému skvělému nosu při záchranářském výcviku. Většina služebních psů jsou němečtí ovčáci, kteří se využívají u armády, policie a celní služby. A v neposlední řadě jsou stále používáni k pastevectví (Krämerová & Lenz 1997).

3. Metodika

Praktická část diplomové práce se zabývá vlivem magnetizmu na zvolená plemena psů, a to zejména při odpočinku a vyměšování. Cílem bylo naměřit od každého jedince minimálně 200 hodnot při vyměšování, a to jak bez ovlivnění, tak s magnetickým obojkem, tak i pod dráty vysokého napětí. Vliv klimatických podmínek nebyl hodnocen. Měřená data byla získávána pomocí kompasu s volně pohyblivou magnetickou střílkou a zapisována tužkou do předem připravených tabulek. Do tabulky byly zaznamenány údaje o plemenu, pohlaví, hmotnosti, jménu, stáří, kdo měřil, lokalita, měsíc, den, rok, u vyměšování čas v patnácti minutových intervalech, orientace při velké a malé potřebě, otáčení psa před potřebou, zvedání nohy a zdravotní stav psa, u spánku a odpočinku směr hlavy a kohoutku.

Měření probíhalo od 5. 9. 2012 do 26. 10. 2014. Měřilo se převážně v okolí obce Pracejovice, jen při měření pod dráty vysokého napětí východ/západ bylo nutné přejít mezi obce Sousedovice a Smiradice (vzdálenost 5 km), protože v okolí obce Pracejovice se vedení vysokého napětí tímto směrem nenachází. Okolí obce Pracejovice je převážně rovinné a nachází se zde louky, pole i lesy.

Magnetorecepce byla zkoumána u výmarského ohaře Akima „z Pošumavských hájů“ vrženého dne 5. 6. 2010, výmarského ohaře Arona „z Pošumavských hájů“ vrženého dne 5. 6. 2010 - majitel Jaroslav Kuberna a německého ovčáka bez průkazu původu (bez PP) vrženého dne 2. 2. 2002 - majitel Jan Sporka.

3.1. Měření orientace těla psa při vyměšování

Orientace psů při vyměšování (urinaci i defekaci) probíhala na volno bez vodítka v různou denní dobu (viz. obrázek č. 10, 11). Byl měřen směr osy těla psa směrem k hlavě vůči magnetickému severu. Byl zaznamenáván také datum a přesný čas potřeby.

Data byla získávána bez ovlivnění lokálního magnetického pole, tzn. přírodní vliv magnetického pole Země na orientaci psů. Dalším měřením bylo ovlivnění přirozeného magnetického pole silným tyčovým magnetem připevněným na obojek tak, aby severní pól směřoval k pravé straně psa. Posledním způsobem měření

bylo zkoumání ovlivnění psa pod dráty vysokého napětí nad 110 kV a to dvěma směry – sever/jih, východ/západ. Pod dráty vysokého napětí východ/západ byl měřen pouze německý ovčák bez PP. Výmarští ohaři nebyli měřeni z důvodu převozu psů k měření mezi obce Sousedovice a Smiradice.



Obrázek 10: César při defekaci (šipka určuje směr měření).
Zdroj: Jan Sporka (2014)



Obrázek 11: Aron při urinaci (šipka určuje směr měření).
Zdroj: Jan Sporka (2014)

3.2. Měření orientace těla psa při odpočinku

Měření bylo provedeno na německém ovčákovi bez PP na jeho oblíbeném místě před boudou a v boudě. Směr boudy byl orientován na sever. Byly měřeny dva směry. Jeden na hrudní páteři mezi lopatkami směrem k hlavě a druhý na hlavě od čela k čenichu. Rozlišovala se také poloha, kterou pes při spánku a odpočinku zaujímal. První poloha byla tzv. klubičko, kde pes ležel stočený dokola, při druhé ležel rovně na boku (viz. obrázek č. 12, 13).



Obrázek 12: César při spánku - poloha klubičko (šipky vyznačují měřený směr kohoutek a hlava).
Zdroj: Jan Sporka (2015)



Obrázek 13: César při spánku - poloha rovně (šipky vyznačují měřený směr kohoutek a hlava).
Zdroj: Jan Sporka (2015)

3.3. Vyhodnocení naměřených dat

Vyhodnocení naměřených dat bylo provedeno ve statistickém programu Oriana, který je podporován operačním systémem Microsoft Windows.

Tento program umožňuje práci se speciálními statistickými daty vyžadující kruhové analýzy, jako jsou například úhly a další směrová data měřená ve stupních. Program dokáže pojmout necirkulární lineární data a propojit je s cirkulárními daty. Umožňuje zpracovávat analýzy podskupin i celých souborů, filtrovat data, analýzy pomocí hromadných histogramů o dvou proměnných, je schopen počítat a porovnávat řadu samostatných vzorků (Kovach 2014).

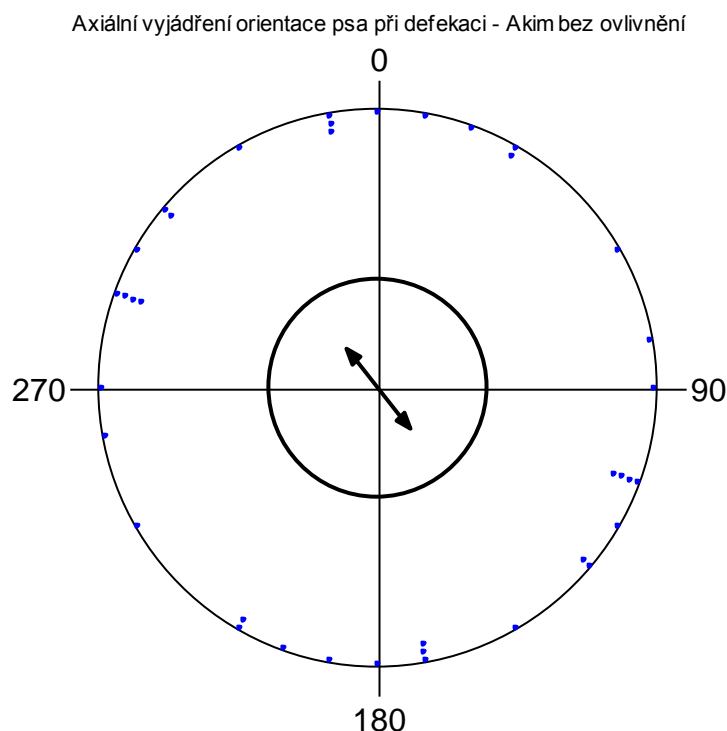
Statistika programu Oriana obsahuje kruhový průměr, délku průměrného vektoru, kruhovou střední odchylku a interval spolehlivosti pro střední vektor, který činí 95% a 99%. Dále jsou k dispozici jednovýběrové testy - Rayleigh's test of uniformity a Rao's spacing test. Pro porovnání lze využít párové a více výběrové testy – Watson-Williamsův test a Merida-Watson-Wheelerův test (Kovach 2014).

4. Výsledky

Výsledky naměřených hodnot při vyměšování (defekaci, urinaci) a spánku jsou zobrazeny pomocí grafů (viz. obrázek č. 14 - 35), ve kterých je vyjádřeno axiální rozdělení naměřených dat. Vnitřní kruh vyznačuje 5% hranici významnosti Rayleighova testu a šipka značí statistickou významnost (signifikanci). Každý graf je doplněn tabulkou se statistickými údaji, které pocházejí z provedených analýz. Pod každou tabulkou je zaznamenán počet měření, výsledný vektor a zhodnocení dosažených výsledků. Celkem bylo naměřeno 3368 hodnot.

4.1. Statistické vyhodnocení výmarského ohaře (AKIM)

4.1.1. Akim bez ovlivnění lokálním magnetickým polem



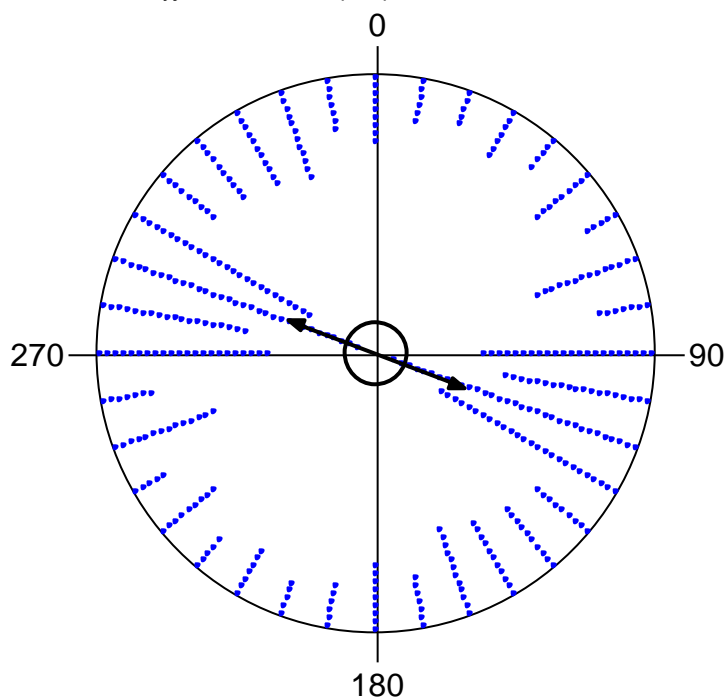
Obrázek 14: Axiální vyjádření orientace výmarského ohaře při vyměšování - bez ovlivnění lokálním magnetickým polem.

Variable	Axial	One Sample Tests	
Data Type	Axial	Rayleigh Test (Z)	0,623
Number of Observations	19	Rayleigh Test (p)	0,542
Data Grouped?	Yes	Rao's Spacing Test (U)	-----
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)	Rao's Spacing Test (p)	-----
Mean Vector (μ)	140,646°		
Length of Mean Vector (r)	0,181		
Concentration	0,368		
Circular Variance	0,409		
Circular Standard Deviation	52,961°		

Tabulka 1: Výsledky statistické analýzy dat výmarského ohaře při vyměšování - bez ovlivnění.

Při měření defekace výmarského ohaře bez ovlivnění lokálním magnetickým polem bylo zaznamenáno celkem 19 údajů. Z výsledného průměrného vektoru defekace 140,646°, který je znázorněn šipkou (viz obrázek č. 14), byla potvrzena preference severojižního směru. Vzhledem k malému množství údajů nejsou výsledky statisticky významné.

Axiální vyjádření orientace psa při urinaci - Akim bez ovlivnění



Obrázek 15: Axiální vyjádření orientace výmarského ohaře při vyměšování - bez ovlivnění lokálním magnetickým polem.

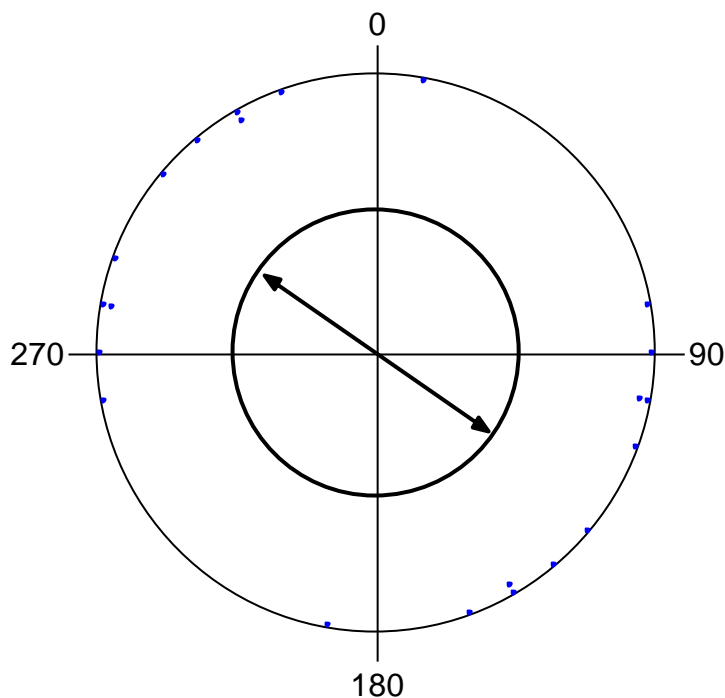
Variable	Axial	One Sample Tests	
Data Type	Axial	Rayleigh Test (Z)	24,665
Number of Observations	216	Rayleigh Test (p)	1,94E-11
Data Grouped?	Yes	Rao's Spacing Test (U)	-----
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)	Rao's Spacing Test (p)	-----
Mean Vector (μ)	110,421°		
Length of Mean Vector (r)	0,338		
Concentration	0,718		
Circular Variance	0,331		
Circular Standard Deviation	42,2°		

Tabulka 2: Výsledky statistické analýzy dat výmarského ohaře při vyměšování - bez ovlivnění.

Při měření urinace výmarského ohaře bez ovlivnění lokálním magnetickým polem bylo zaznamenáno celkem 216 údajů. Z výsledného průměrného vektoru urinace 110,421°, který je znázorněn šipkou (viz. obrázek č. 15), nebyla potvrzena preference severojižního směru. Výsledky jsou signifikantní.

4.1.2. Akim s magnetickým obojkem

Axiální vyjádření orientace psa při defekaci - Akim s magnetem



Obrázek 16: Axiální vyjádření orientace výmarského ohaře při vyměšování - s magnetickým obojkem.

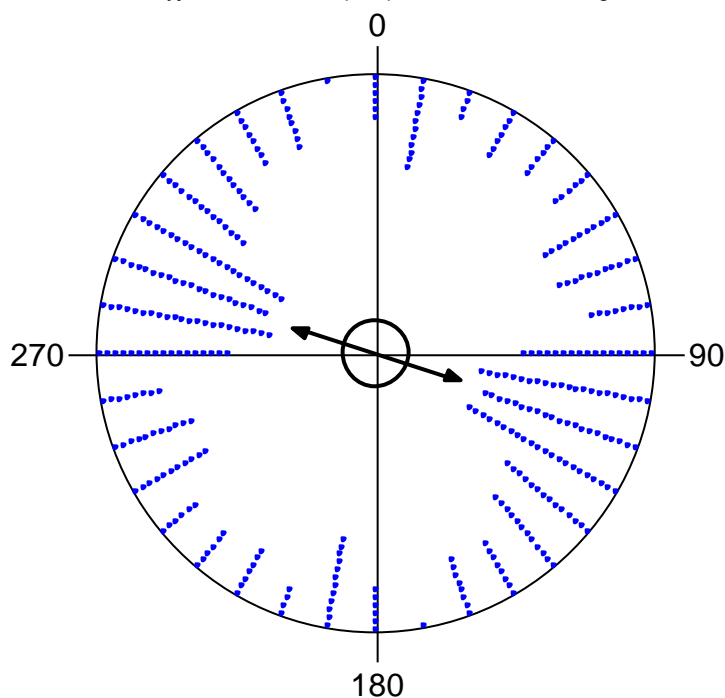
Variable	Axial
Data Type	Axial
Number of Observations	11
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)
Mean Vector (μ)	124,676°
Length of Mean Vector (r)	0,485
Concentration	0,94
Circular Variance	0,258
Circular Standard Deviation	34,488°

One Sample Tests	
Rayleigh Test (Z)	2,582
Rayleigh Test (p)	0,073
Rao's Spacing Test (U)	-----
Rao's Spacing Test (p)	-----

Tabulka 3: Výsledky statistické analýzy dat výmarského ohaře při vyměšování - s magnetickým obojkem.

Při měření defekace výmarského ohaře s magnetickým obojkem bylo zaznamenáno celkem 11 údajů. Z výsledného průměrného vektoru defekace 124,676°, který je znázorněn šipkou (viz. obrázek č. 16), nebyla potvrzena preference severojižního směru. Vzhledem k malému množství údajů nejsou výsledky statisticky významné.

Axiální vyjádření orientace psa při urinaci - Akim s magnetem



Obrázek 17: Axiální vyjádření orientace výmarského ohaře při vyměšování - s magnetickým obojkem.

Variable	Axial
Data Type	Axial
Number of Observations	196
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)
Mean Vector (μ)	106,759°
Length of Mean Vector (r)	0,316
Concentration	0,666
Circular Variance	0,342
Circular Standard Deviation	43,482°

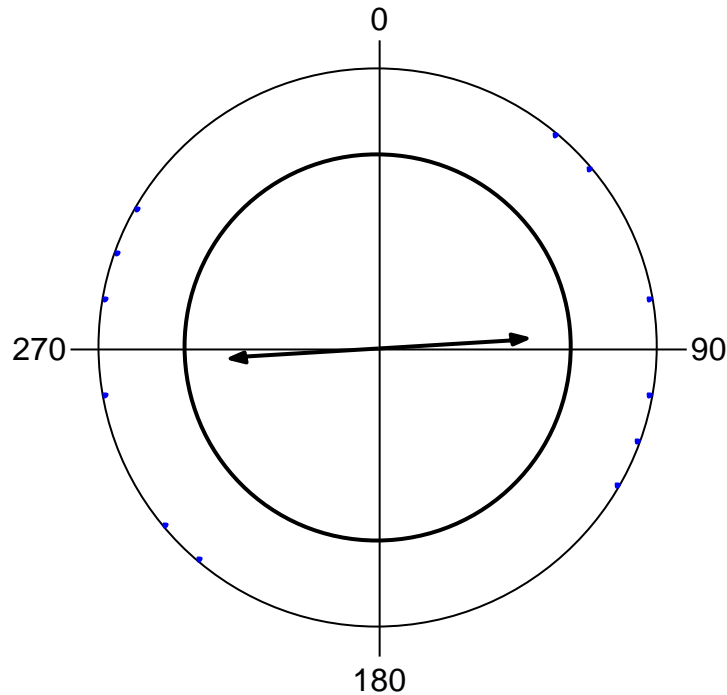
One Sample Tests	
Rayleigh Test (Z)	19,576
Rayleigh Test (p)	3,15E-9
Rao's Spacing Test (U)	-----
Rao's Spacing Test (p)	-----

Tabulka 4: Výsledky statistické analýzy dat výmarského ohaře při vyměšování - s magnetickým obojkem.

Při měření urinace výmarského ohaře s magnetickým obojkem bylo zaznamenáno celkem 196 údajů. Z výsledného průměrného vektoru urinace 106,759°, který je znázorněn šipkou (viz. obrázek č. 17), nebyla potvrzena preference severojižního směru. Výsledky jsou signifikantní.

4.1.3. Akim pod dráty vysokého napětí – sever/jih

Axiální vyjádření orientace psa při defekaci - Akim pod dráty VN S/J



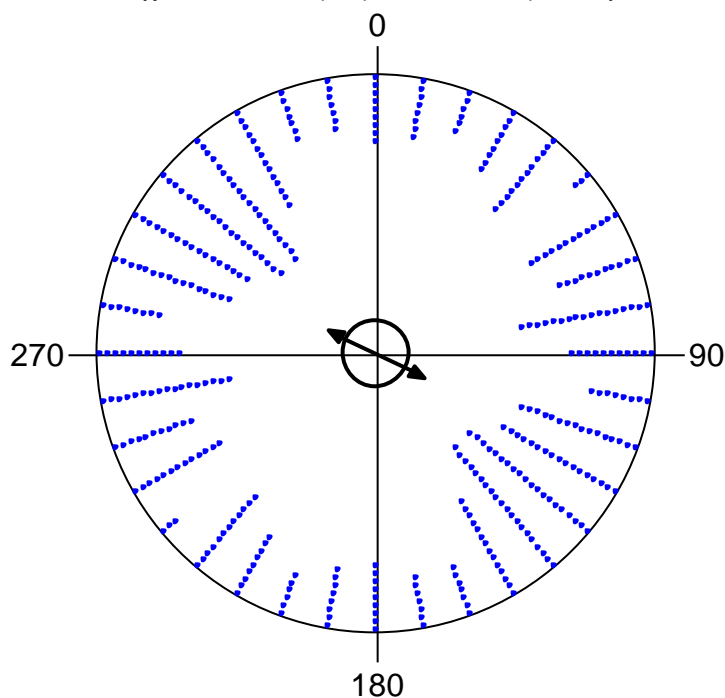
Obrázek 18: Axiální vyjádření orientace výmarského ohaře při vyměšování - pod dráty vysokého napětí sever/jih.

Variable	Axial	One Sample Tests	
Data Type	Axial	Rayleigh Test (Z)	1,684
Number of Observations	6	Rayleigh Test (p)	0,19
Data Grouped?	Yes	Rao's Spacing Test (U)	-----
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)	Rao's Spacing Test (p)	-----
Mean Vector (μ)	85,833°		
Length of Mean Vector (r)	0,53		
Concentration	0,975		
Circular Variance	0,235		
Circular Standard Deviation	32,289°		

Tabulka 5: Výsledky statistické analýzy dat výmarského ohaře při vyměšování - pod dráty vysokého napětí sever/jih.

Při měření defekace výmarského ohaře pod dráty vysokého napětí orientovaných na sever/jih bylo zaznamenáno celkem 6 údajů. Z výsledného průměrného vektoru defekace 85,833°, který je znázorněn šipkou (viz. obrázek č. 18), nebyla potvrzena preference severojižního směru. Vzhledem k malému množství údajů nejsou výsledky statisticky významné.

Axiální vyjádření orientace psa při urinaci - Akim pod dráty VN S/J



Obrázek 19: Axiální vyjádření orientace výmarského ohaře při vyměšování - pod dráty vysokého napětí sever/jih.

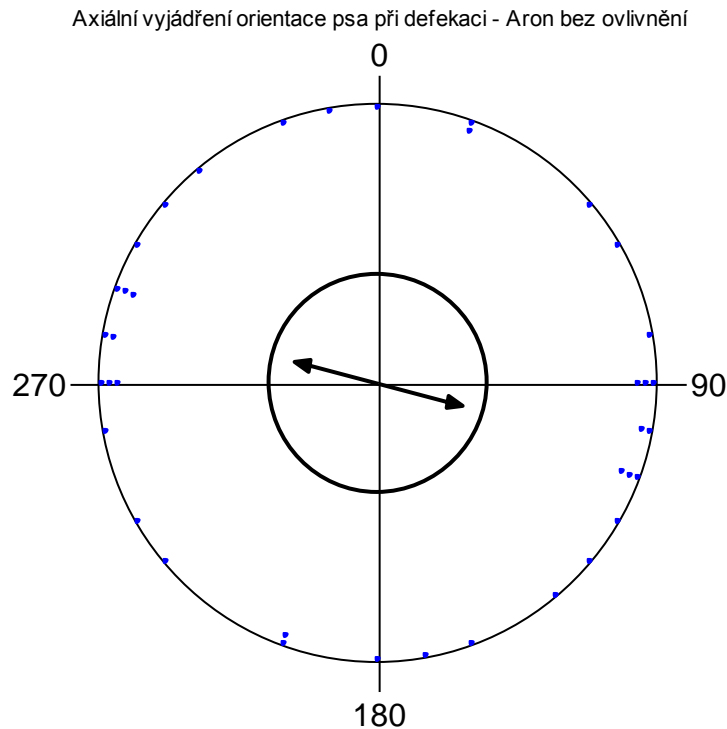
Variable	Axial	One Sample Tests	
Data Type	Axial	Rayleigh Test (Z)	7,971
Number of Observations	208	Rayleigh Test (p)	3,45E-4
Data Grouped?	Yes	Rao's Spacing Test (U)	-----
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)	Rao's Spacing Test (p)	-----
Mean Vector (μ)	116,891°		
Length of Mean Vector (r)	0,196		
Concentration	0,399		
Circular Variance	0,402		
Circular Standard Deviation	51,739°		

Tabulka 6: Výsledky statistické analýzy dat výmarského ohaře při vyměšování - pod dráty vysokého napětí sever/jih.

Při měření urinace výmarského ohaře pod dráty vysokého napětí orientované na sever/jih bylo zaznamenáno celkem 208 údajů. Z výsledného průměrného vektoru urinace 116,891°, který je znázorněn šipkou (viz. obrázek č. 19), nebyla potvrzena preference severojižního směru. Výsledky jsou signifikantní.

4.2. Statistické vyhodnocení magnetorecepce (ARON)

4.2.1. Aron bez ovlivnění lokálním magnetickým polem



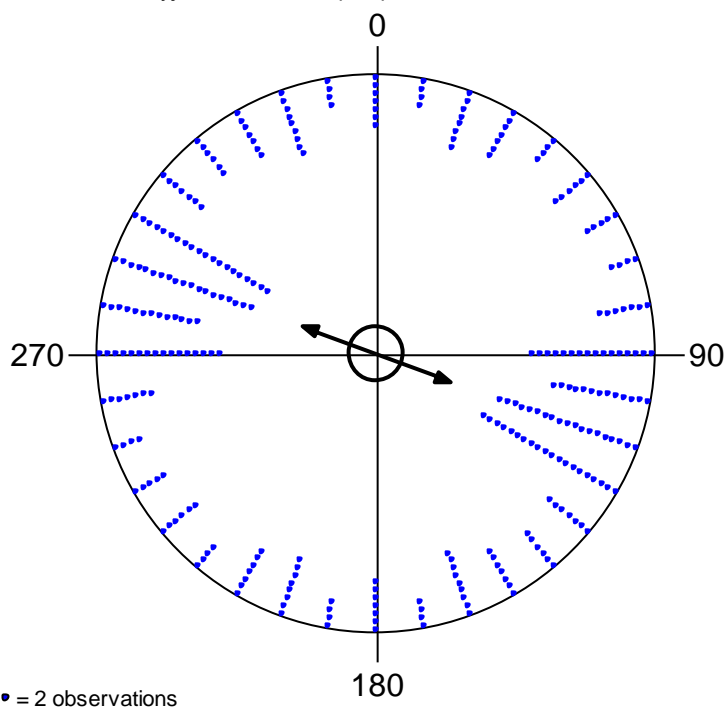
Obrázek 20: Axiální vyjádření orientace výmarského ohaře při vyměšování - bez ovlivnění lokálním magnetickým polem.

Variable	Axial	One Sample Tests	
Data Type	Axial	Rayleigh Test (Z)	1,803
Number of Observations	19	Rayleigh Test (p)	0,166
Data Grouped?	Yes	Rao's Spacing Test (U)	-----
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)	Rao's Spacing Test (p)	-----
Mean Vector (μ)	105,157°		
Length of Mean Vector (r)	0,3085		
Concentration	0,648		
Circular Variance	0,346		
Circular Standard Deviation	43,962°		

Tabulka 7: Výsledky statistické analýzy dat výmarského ohaře při vyměšování - bez ovlivnění.

Při měření defekace výmarského ohaře bez ovlivnění lokálním magnetickým polem bylo zaznamenáno celkem 19 údajů. Z výsledného průměrného vektoru defekace 105,157°, který je znázorněn šipkou (viz. obrázek č. 20), nebyla potvrzena preference severojižního směru. Vzhledem k malému množství údajů nejsou výsledky statisticky významné.

Axiální vyjádření orientace psa při urinaci - Aron bez ovlivnění



Obrázek 21: Axiální vyjádření orientace výmarského ohaře při vyměšování - bez ovlivnění lokálním magnetickým polem.

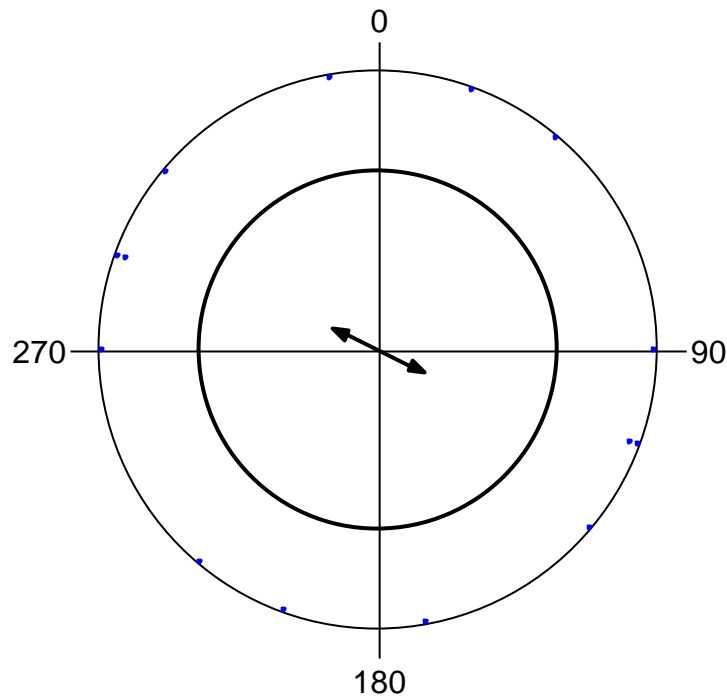
Variable	Axial	One Sample Tests	
Data Type	Axial	Rayleigh Test (Z)	24,014
Number of Observations	296	Rayleigh Test (p)	3,72E-11
Data Grouped?	Yes	Rao's Spacing Test (U)	-----
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)	Rao's Spacing Test (p)	-----
Mean Vector (μ)	111,309°		
Length of Mean Vector (r)	0,285		
Concentration	0,594		
Circular Variance	0,358		
Circular Standard Deviation	45,402°		

Tabulka 8: Výsledky statistické analýzy dat výmarského ohaře při vyměšování - bez ovlivnění.

Při měření urinace výmarského ohaře bez ovlivnění lokálním magnetickým polem bylo zaznamenáno celkem 296 údajů. Z výsledného průměrného vektoru urinace 111,309°, který je znázorněn šipkou (viz. obrázek č. 21), nebyla potvrzena preference severojižního směru. Výsledky jsou signifikantní.

4.2.2. Aron s magnetickým obojkem

Axiální vyjádření orientace psa při defekaci - Aron s magnetem



Obrázek 22: Axiální vyjádření orientace výmarského ohaře při vyměšování - s magnetickým obojkem

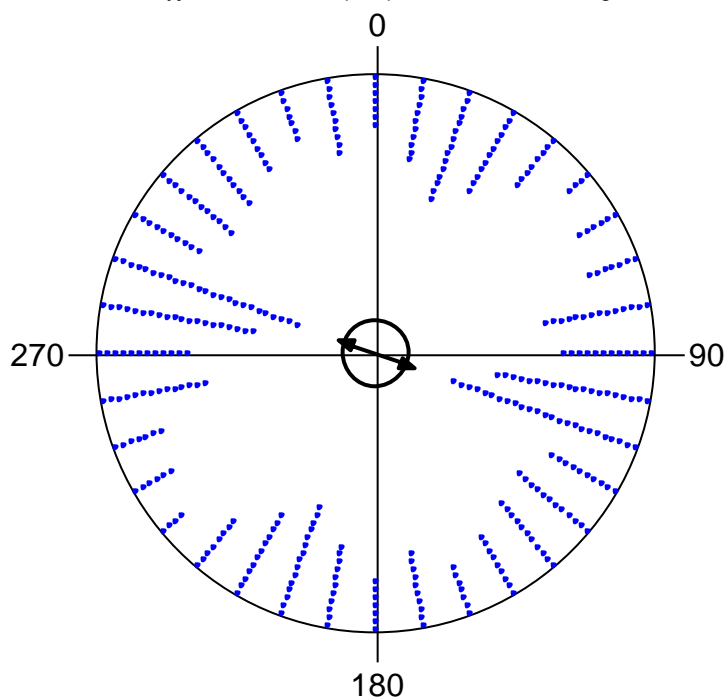
Variable	Axial
Data Type	Axial
Number of Observations	7
Data Grouped?	No
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)
Mean Vector (μ)	115°
Length of Mean Vector (r)	0,184
Concentration	0
Circular Variance	0,408
Circular Standard Deviation	52,742°

One Sample Tests	
Rayleigh Test (Z)	0,236
Rayleigh Test (p)	0,801
Rao's Spacing Test (U)	85,714
Rao's Spacing Test (p)	0,9 > p > 0,5

Tabulka 9: Výsledky statistické analýzy dat výmarského ohaře při vyměšování - s magnetickým obojkem.

Při měření defekace výmarského ohaře s magnetickým obojkem bylo zaznamenáno celkem 7 údajů. Z výsledného průměrného vektoru defekace 115°, který je znázorněn šipkou (viz. obrázek č. 22), nebyla potvrzena preference severojižního směru. Vzhledem k malému množství údajů nejsou výsledky statisticky významné.

Axiální vyjádření orientace psa při urinaci - Aron s magnetem



Obrázek 23: Axiální vyjádření orientace výmarského ohaře při vyměšování - s magnetickým obojkem.

Variable	Axial
Data Type	Axial
Number of Observations	200
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)
Mean Vector (μ)	111,114°
Length of Mean Vector (r)	0,148
Concentration	0,298
Circular Variance	0,426
Circular Standard Deviation	56,042°

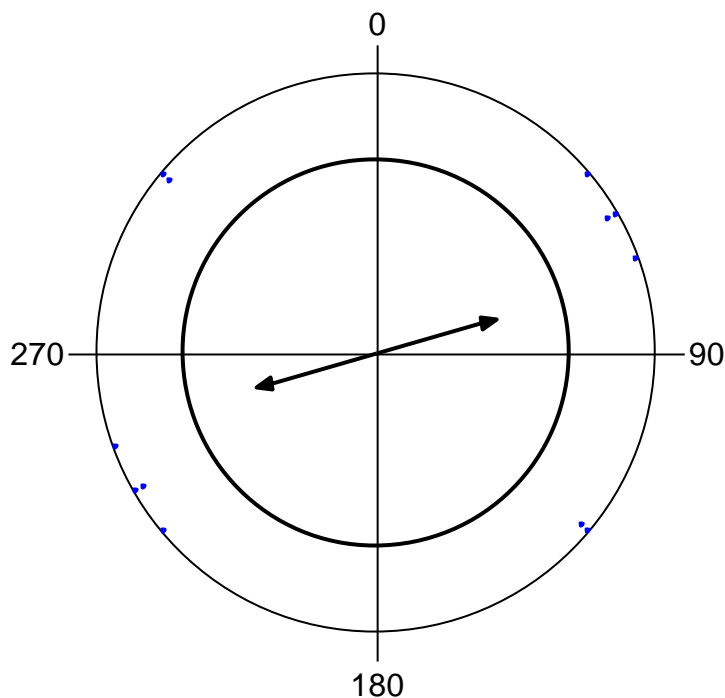
One Sample Tests	
Rayleigh Test (Z)	4,356
Rayleigh Test (p)	0,013
Rao's Spacing Test (U)	-----
Rao's Spacing Test (p)	-----

Tabulka 10: Výsledky statistické analýzy dat výmarského ohaře při vyměšování - s magnetickým obojkem.

Při měření urinace výmarského ohaře s magnetickým obojkem bylo zaznamenáno celkem 200 údajů. Z výsledného průměrného vektoru urinace 111,114°, který je znázorněn šipkou (viz. obrázek č. 23), nebyla potvrzena preference severojižního směru. Výsledky jsou signifikantní.

4.2.3. Aron pod dráty vysokého napětí – sever/jih

Axiální vyjádření orientace psa při defekaci - Aron pod dráty VN S/J



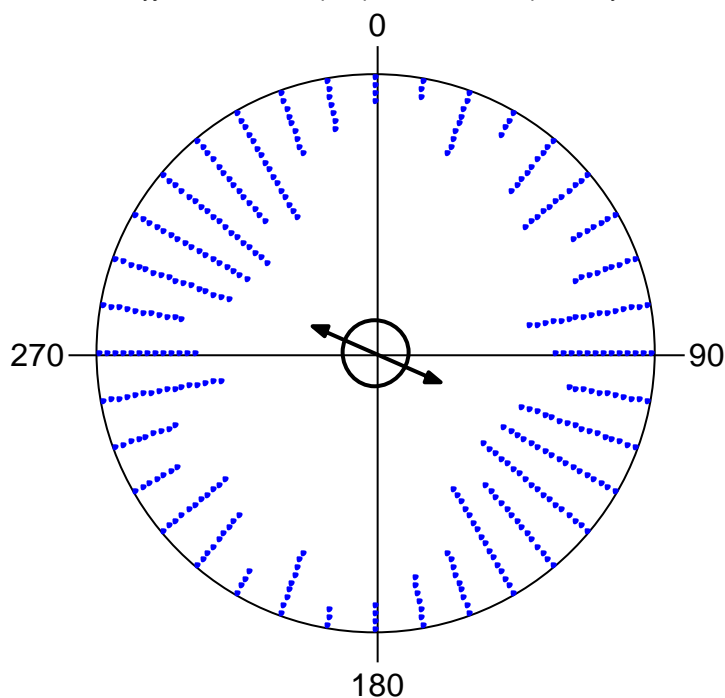
Obrázek 24: Axiální vyjádření orientace výmarského ohaře při vyměšování - pod dráty vysokého napětí sever/jih.

Variable	Axial	One Sample Tests	
Data Type	Axial	Rayleigh Test (Z)	1,194
Number of Observations	6	Rayleigh Test (p)	0,317
Data Grouped?	Yes	Rao's Spacing Test (U)	-----
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)	Rao's Spacing Test (p)	-----
Mean Vector (μ)	74,354°		
Length of Mean Vector (r)	0,446		
Concentration	0,661		
Circular Variance	0,277		
Circular Standard Deviation	26,403°		

Tabulka 11: Výsledky statistické analýzy dat výmarského ohaře při vyměšování - pod dráty vysokého napětí sever/jih.

Při měření defekace výmarského ohaře pod dráty vysokého napětí orientovaných na sever/jih bylo zaznamenáno celkem 6 údajů. Z výsledného průměrného vektoru defekace 74,354°, který je znázorněn šipkou (viz. obrázek č. 24), nebyla potvrzena preference severojižního směru. Vzhledem k malému množství údajů nejsou výsledky statisticky významné.

Axiální vyjádření orientace psa při urinaci - Aron pod dráty VN S/J



Obrázek 25: Axiální vyjádření orientace výmarského ohaře při vyměšování - pod dráty vysokého napětí sever/jih.

Variable	Axial	One Sample Tests	
Data Type	Axial	Rayleigh Test (Z)	12,13
Number of Observations	193	Rayleigh Test (p)	5,39E-6
Data Grouped?	Yes	Rao's Spacing Test (U)	-----
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)	Rao's Spacing Test (p)	-----
Mean Vector (μ)	113,19°		
Length of Mean Vector (r)	0,251		
Concentration	0,518		
Circular Variance	0,375		
Circular Standard Deviation	47,654°		

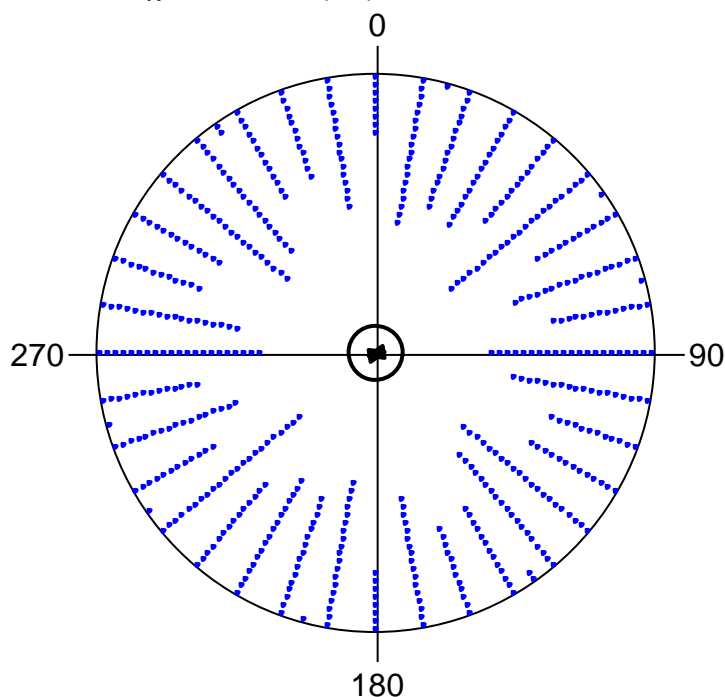
Tabulka 12: Výsledky statistické analýzy dat výmarského ohaře při vyměšování - pod dráty vysokého napětí sever/jih.

Při měření urinace výmarského ohaře pod dráty vysokého napětí orientované na sever/jih bylo zaznamenáno celkem 193 údajů. Z výsledného průměrného vektoru urinace 113,19°, který je znázorněn šipkou (viz. obrázek č. 25), nebyla potvrzena preference severojižního směru. Výsledky jsou signifikantní.

4.3. Statistické vyhodnocení německého ovčáka (CÉSAR)

4.3.1. César bez ovlivnění lokálního magnetického pole

Axiální vyjádření orientace psa při defekaci - César bez ovlivnění



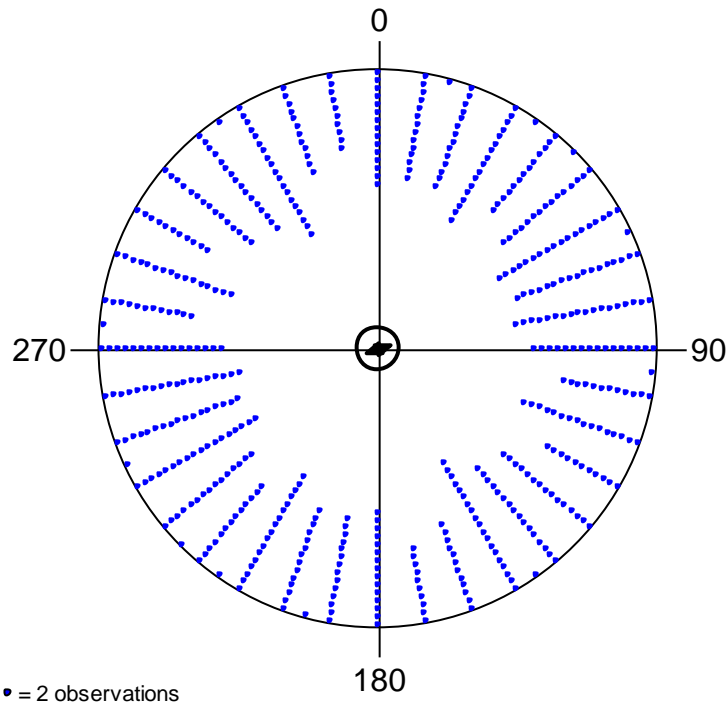
Obrázek 26: Axiální vyjádření orientace německého ovčáka při vyměšování - bez ovlivnění.

Variable	Axial	One Sample Tests	
Data Type	Axial	Rayleigh Test (Z)	0,297
Number of Observations	290	Rayleigh Test (p)	0,743
Data Grouped?	No	Rao's Spacing Test (U)	332,69
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)	Rao's Spacing Test (p)	<0,01
Mean Vector (μ)	75,626°		
Length of Mean Vector (r)	0,032		
Concentration	0,064		
Circular Variance	0,484		
Circular Standard Deviation	75,165°		

Tabulka 13: Výsledky stat. analýzy dat německého ovčáka při vyměšování - bez ovlivnění

Při měření defekace německého ovčáka bez ovlivnění lokálním magnetickým polem bylo zaznamenáno celkem 290 údajů. Z výsledného průměrného vektoru defekace 75,626°, který je znázorněn šipkou (viz. obrázek č. 26), nebyla potvrzena preference severojižního směru. Vzhledem k malému množství údajů nejsou výsledky statisticky významné.

Axiální vyjádření orientace psa při urinaci - César bez ovlivnění



Obrázek 27: Axiální vyjádření orientace německého ovčáka při vyměšování - bez ovlivnění.

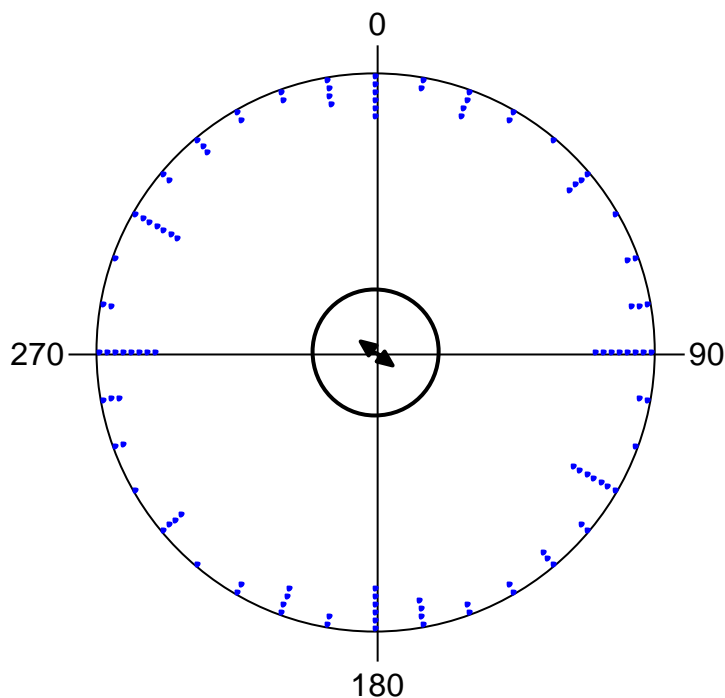
Variable	Axial	One Sample Tests	
Data Type	Axial	Rayleigh Test (Z)	1,061
Number of Observations	530	Rayleigh Test (p)	0,346
Data Grouped?	No	Rao's Spacing Test (U)	343,698
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)	Rao's Spacing Test (p)	<0,01
Mean Vector (μ)	69,496°		
Length of Mean Vector (r)	0,045		
Concentration	0,09		
Circular Variance	0,478		
Circular Standard Deviation	71,411°		

Tabulka 14: Výsledky stat. analýzy dat německého ovčáka při vyměšování - bez ovlivnění

Při měření urinace německého ovčáka bez ovlivnění lokálním magnetickým polem bylo zaznamenáno celkem 530 údajů. Z výsledného průměrného vektoru urinace 69,496°, který je znázorněn šipkou (viz. obrázek č. 27), nebyla potvrzena preference severojižního směru. Výsledky jsou signifikantní.

4.3.2. César s magnetickým obojkem

Axiální vyjádření orientace psa při defekaci - César s magnetem



Obrázek 28: Axiální vyjádření orientace německého ovčáka při vyměšování - s magnetickým obojkem.

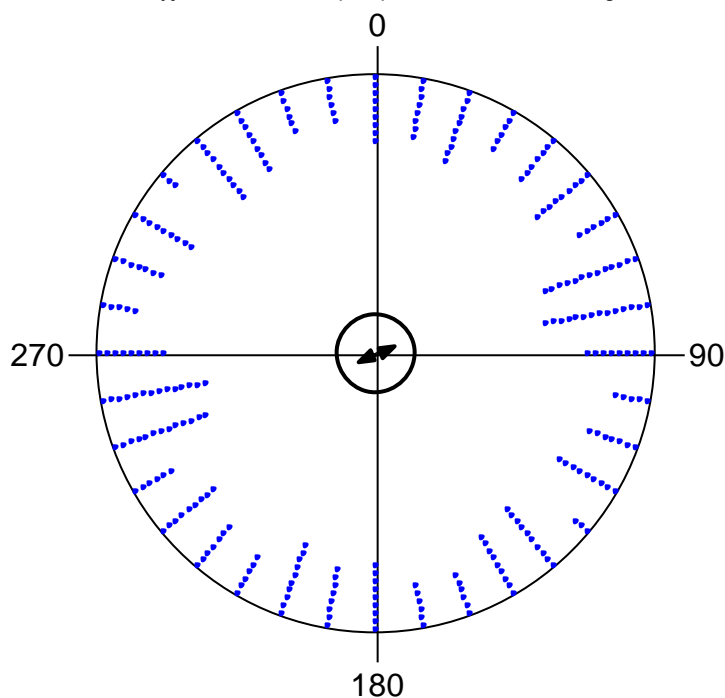
Variable	Axial
Data Type	Axial
Number of Observations	56
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)
Mean Vector (μ)	126,458°
Length of Mean Vector (r)	0,067
Concentration	0,135
Circular Variance	0,466
Circular Standard Deviation	66,529°

One Sample Tests	
Rayleigh Test (Z)	0,255
Rayleigh Test (p)	0,775
Rao's Spacing Test (U)	-----
Rao's Spacing Test (p)	-----

Tabulka 15: Výsledky stat. analýzy dat německého ovčáka při vyměšování - a magnetickým obojkem

Při měření defekace německého ovčáka s magnetickým obojkem bylo zaznamenáno celkem 56 údajů. Z výsledného průměrného vektoru defekace 126,458°, který je znázorněn šipkou (viz. obrázek č. 28), nebyla potvrzena preference severojižního směru. Vzhledem k malému množství údajů nejsou výsledky statisticky významné.

Axiální vyjádření orientace psa při urinaci - César s magnetem



Obrázek 29: Axiální vyjádření orientace německého ovčáka při vyměšování - s magnetickým obojkem.

Variable	Axial
Data Type	Axial
Number of Observations	146
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)
Mean Vector (μ)	65,469°
Length of Mean Vector (r)	0,072
Concentration	0,145
Circular Variance	0,464
Circular Standard Deviation	65,705°

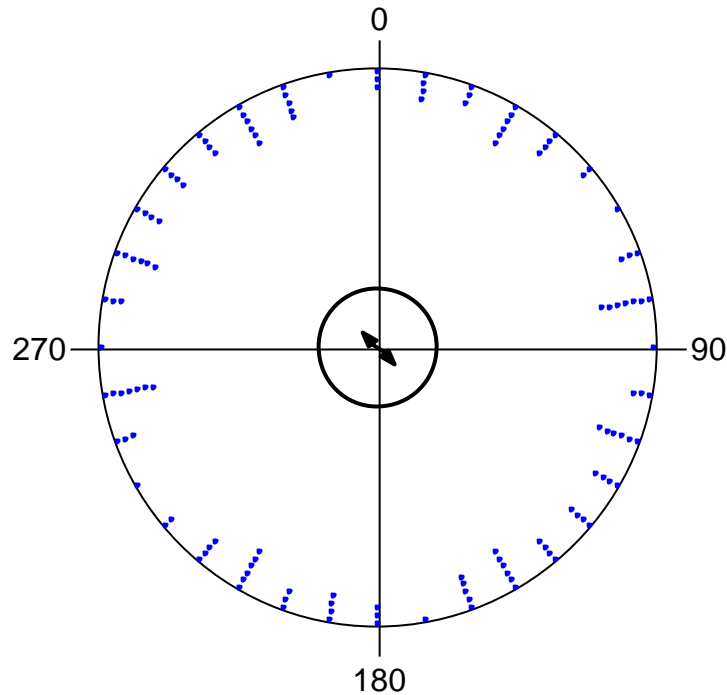
One Sample Tests	
Rayleigh Test (Z)	0,758
Rayleigh Test (p)	0,468
Rao's Spacing Test (U)	-----
Rao's Spacing Test (p)	-----

Tabulka 16: Výsledky stat. analýzy dat německého ovčáka při vyměšování - s magnetickým obojkem

Při měření urinace německého ovčáka s magnetickým obojkem bylo zaznamenáno celkem 146 údajů. Z výsledného průměrného vektoru urinace 65,469°, který je znázorněn šipkou (viz. obrázek č. 29), nebyla potvrzena preference severojižního směru. Výsledky jsou signifikantní.

4.3.3. César pod dráty vysokého napětí – sever/jih

Axiální vyjádření orientace psa při defekaci - César pod dráty VN S/J



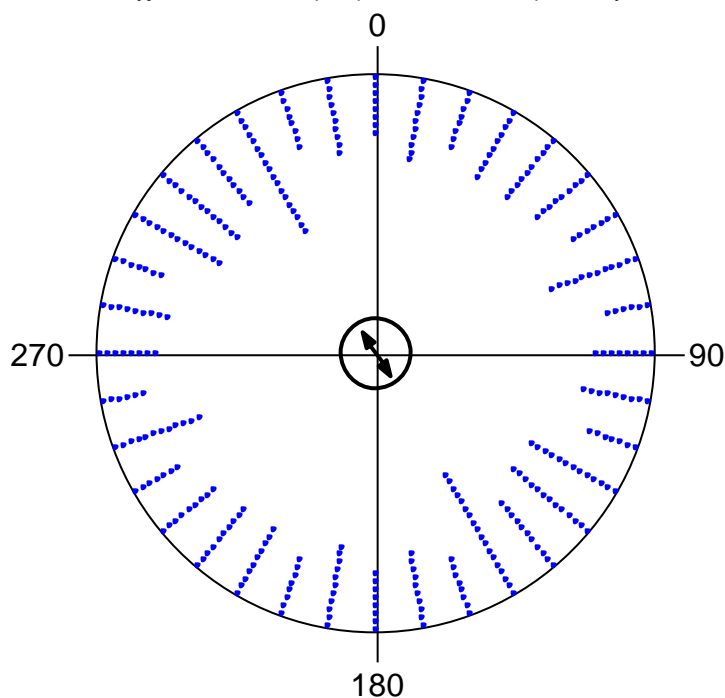
Obrázek 30: Axiální vyjádření orientace německého ovčáka při vyměšování - pod dráty vysokého napětí sever/jih.

Variable	Axial	One Sample Tests	
Data Type	Axial	Rayleigh Test (Z)	0,435
Number of Observations	67	Rayleigh Test (p)	0,647
Data Grouped?	Yes	Rao's Spacing Test (U)	-----
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)	Rao's Spacing Test (p)	-----
Mean Vector (μ)	137,032°		
Length of Mean Vector (r)	0,081		
Concentration	0,162		
Circular Variance	0,46		
Circular Standard Deviation	64,29°		

Tabulka 17: Výsledky stat. analýzy dat německého ovčáka při vyměšování - pod dráty vysokého napětí sever/jih.

Při měření defekace německého ovčáka pod dráty vysokého napětí orientovaných na sever/jih bylo zaznamenáno celkem 67 údajů. Z výsledného průměrného vektoru defekace 137,032°, který je znázorněn šipkou (viz. obrázek č. 30), byla potvrzena preference severojižního směru. Vzhledem k malému množství údajů nejsou výsledky statisticky významné.

Axiální vyjádření orientace psa při urinaci - César pod dráty VN S/J



Obrázek 31: Axiální vyjádření orientace německého ovčáka při vyměšování - pod dráty vysokého napětí sever/jih.

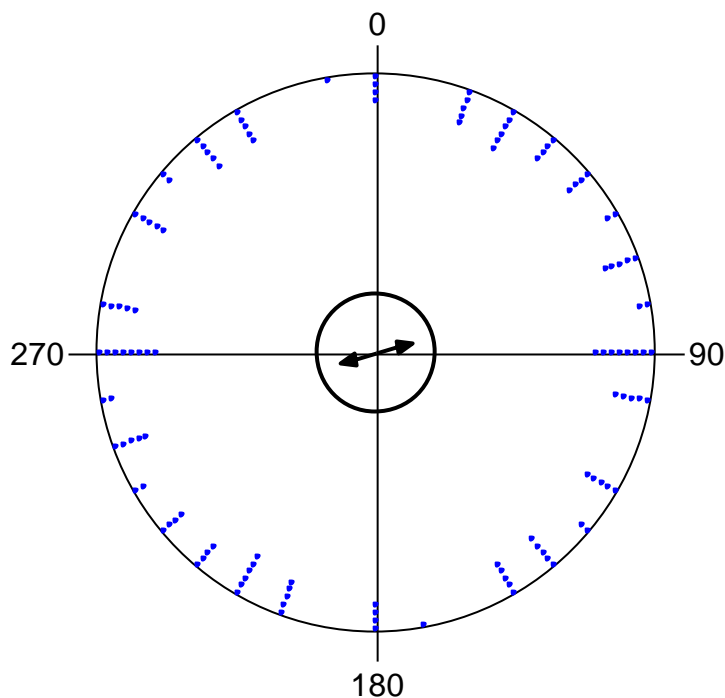
Variable	Axial	One Sample Tests	
Data Type	Axial	Rayleigh Test (Z)	1,473
Number of Observations	178	Rayleigh Test (p)	0,229
Data Grouped?	Yes	Rao's Spacing Test (U)	-----
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)	Rao's Spacing Test (p)	-----
Mean Vector (μ)	148,136°		
Length of Mean Vector (r)	0,091		
Concentration	0,183		
Circular Variance	0,455		
Circular Standard Deviation	62,73°		

Tabulka 18: Výsledky stat. analýzy dat německého ovčáka při vyměšování - pod dráty vysokého napětí sever/jih.

Při měření urinace německého ovčáka pod dráty vysokého napětí orientované na sever/jih bylo zaznamenáno celkem 178 údajů. Z výsledného průměrného vektoru urinace 148,136°, který je znázorněn šipkou (viz. obrázek č. 31), byla potvrzena preference severojižního směru.

4.3.4. César pod dráty vysokého napětí – východ/západ

Axiální vyjádření orientace psa při defekaci - César s pod dráty VNV/Z



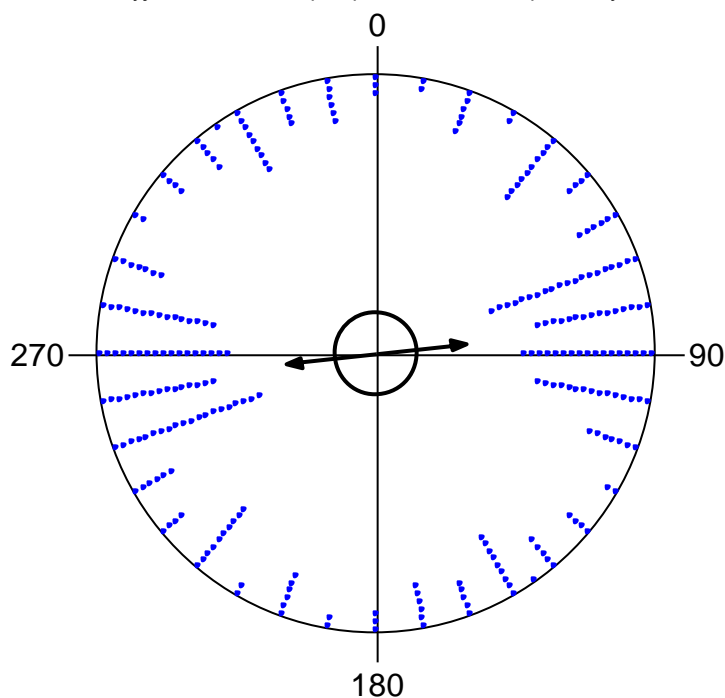
Obrázek 32: Axiální vyjádření orientace německého ovčáka při vyměšování - pod dráty vysokého napětí východ/západ.

Variable	Axial	One Sample Tests	
Data Type	Axial	Rayleigh Test (Z)	1,099
Number of Observations	63	Rayleigh Test (p)	0,333
Data Grouped?	Yes	Rao's Spacing Test (U)	-----
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)	Rao's Spacing Test (p)	-----
Mean Vector (μ)	74,393°		
Length of Mean Vector (r)	0,132		
Concentration	0,267		
Circular Variance	0,434		
Circular Standard Deviation	57,642°		

Tabulka 19: Výsledky stat. analýzy dat německého ovčáka při vyměšování - pod dráty vysokého napětí východ/západ.

Při měření defekace německého ovčáka pod dráty vysokého napětí orientovaných na východ/západ bylo zaznamenáno celkem 63 údajů. Z výsledného průměrného vektoru defekace 74,393°, který je znázorněn šipkou (viz. obrázek č. 32), nebyla potvrzena preference severojižního směru. Vzhledem k malému množství údajů nejsou výsledky statisticky významné.

Axiální vyjádření orientace psa při urinaci - César pod dráty VNV/Z



Obrázek 33: Axiální vyjádření orientace německého ovčáka při vyměšování - pod dráty vysokého napětí východ/západ.

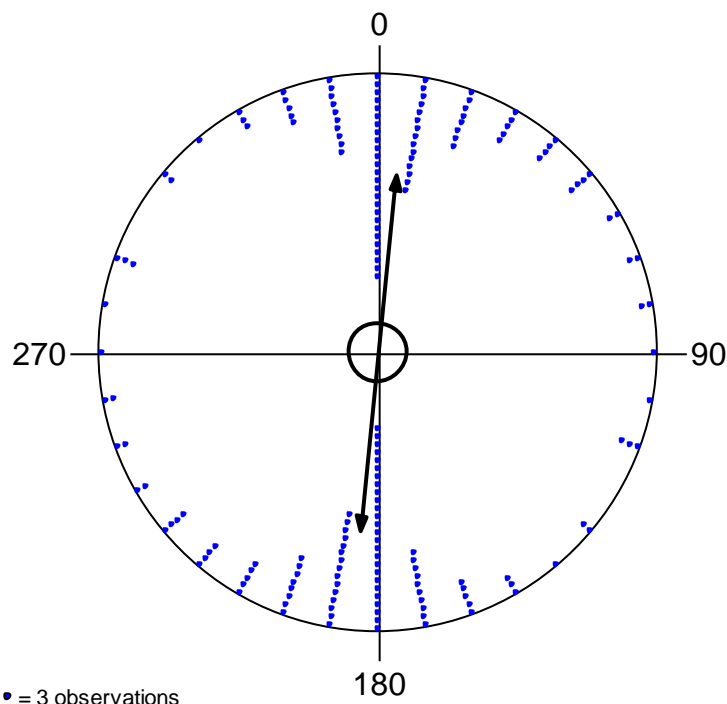
Variable	Axial	One Sample Tests	
Data Type	Axial	Rayleigh Test (Z)	14,432
Number of Observations	139	Rayleigh Test (p)	5,40E-7
Data Grouped?	No	Rao's Spacing Test (U)	310,791
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)	Rao's Spacing Test (p)	<0,01
Mean Vector (μ)	84,193°		
Length of Mean Vector (r)	0,322		
Concentration	0,681		
Circular Variance	0,339		
Circular Standard Deviation	43,115°		

Tabulka 20: Výsledky stat. analýzy dat německého ovčáka při vyměšování - pod dráty vysokého napětí východ/západ

Při měření urinace německého ovčáka pod dráty vysokého napětí orientované na východ/západ bylo zaznamenáno celkem 139 údajů. Z výsledného průměrného vektoru urinace 84,193°, který je znázorněn šipkou (viz. obrázek č. 33), nebyla potvrzena preference severojižního směru. Výsledky jsou signifikantní.

4.3.5. César při spánku a odpočinku

Axiální vyjádření orientace psa při spánku - César (kohoutek)



Obrázek 34: Axiální vyjádření orientace německého ovčáka při spánku a odpočinku (kohoutek)

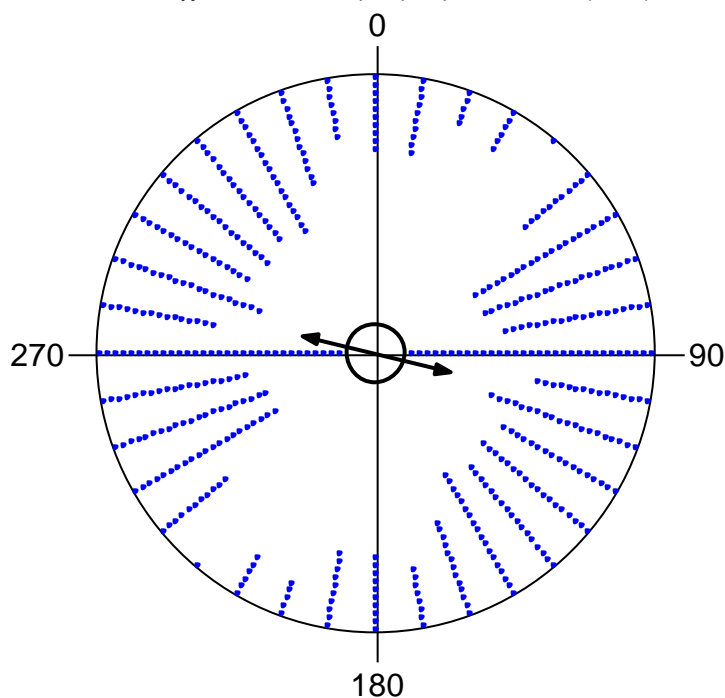
Variable	Axial
Data Type	Axial
Number of Observations	261
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)
Mean Vector (μ)	5,589°
Length of Mean Vector (r)	0,639
Concentration	1,678
Circular Variance	0,181
Circular Standard Deviation	27,127°

One Sample Tests	
Rayleigh Test (Z)	106,469
Rayleigh Test (p)	<1E-12
Rao's Spacing Test (U)	-----
Rao's Spacing Test (p)	-----

Tabulka 21: Výsledky stat. analýzy dat německého ovčáka při spánku a odpočinku (kohoutek).

Při měření německého ovčáka v klidové poloze (směr kohoutku) v době spánku a odpočinku bylo zaznamenáno 261 údajů. Z výsledného průměrného vektoru klidové polohy (směr kohoutku) 5,589°, který je znázorněn šipkou (viz. obrázek č. 34), byla potvrzena preference severojižního směru.

Axiální vyjádření orientace psa při spánku - César (hlava)



Obrázek 35: Axiální vyjádření orientace německého ovčáka při spánku a odpočinku (hlava)

Variable	Axial	One Sample Tests	
Data Type	Axial	Rayleigh Test (Z)	18,927
Number of Observations	261	Rayleigh Test (p)	6,03E-9
Data Grouped?	Yes	Rao's Spacing Test (U)	-----
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)	Rao's Spacing Test (p)	-----
Mean Vector (μ)	103,554°		
Length of Mean Vector (r)	0,269		
Concentration	0,559		
Circular Variance	0,365		
Circular Standard Deviation	46,405°		

Tabulka 22: Výsledky stat. analýzy dat německého ovčáka při spánku a odpočinku (hlava).

Při měření německého ovčáka v klidové poloze (směr hlavy) v době spánku a odpočinku bylo zaznamenáno 261 údajů. Z výsledného průměrného vektoru klidové polohy (směr hlavy) 103,554°, který je znázorněn šipkou (viz. obrázek č. 35), nebyla potvrzena preference severojižního směru. Výsledky jsou signifikantní.

5. Diskuse

Vlivu magnetického pole Země na živé organismy je v posledních letech věnována čím dál větší pozornost. Přesto je to jeden s nejméně prozkoumaných smyslů. Pozičním vnímáním živočichů se zabývalo mnoho vědců. Bylo zjištěno, že chování mohou ovlivňovat klimatické vlivy jako slunce, vítr, ale i sklon reliéfu (Begall et al. 2008).

Vnímání magnetorecepce bylo zkoumáno a prokázáno u brouků potemníků, švába amerického (*Periplaneta americana*) (Vácha et al. 2009), kapra obecného (Hart et al. 2012), karety obecné (*Caretta caretta*) (Vácha & Němec 2007), dosedání vodních ptáků na hladinu (Hart et al. 2013), tura domácího (*Bos primigenius*) (Begall et al. 2008, Burda et al. 2009), lišky obecné (*Vulpes vulpes*) (Červený et al. 2011), psů (Hart et al. 2013b) a mnoho dalších živočichů.

Statistické vyhodnocení vlivu magnetického pole na výmarského ohaře (Akima) při měření defekace bez ovlivnění lokálním magnetickým polem byla potvrzena preference severojižního směru. Výsledný průměrný vektor byl $140,646^\circ$. Při urinaci bez ovlivnění lokálním magnetickým polem nebyla potvrzena preference severojižního směru. Výsledný průměrný vektor byl $110,421^\circ$. Při defekaci s magnetickým obojkem nebyla potvrzena preference severojižního směru. Výsledný průměrný vektor byl $124,676^\circ$. Měření urinace s magnetickým obojkem nebyla potvrzena severojižní orientace. Výsledný průměrný vektor byl $106,759^\circ$. Statistickým vyhodnocením defekace pod dráty vysokého napětí orientovaných do severojižního směru nebyla potvrzena severojižní orientace. Výsledný průměrný vektor byl $85,833^\circ$. Měření urinace pod dráty vysokého napětí orientovaných v severojižním směru nebyla potvrzena preference severojižního směru. Výsledný průměrný vektor byl $116,891^\circ$.

Statistické vyhodnocení vlivu magnetického pole na výmarského ohaře (Arona) při měření defekace bez ovlivnění lokálním magnetickým polem nebyla potvrzena preference severojižního směru. Výsledný průměrný vektor byl $105,157^\circ$. Při měření urinace bez ovlivnění lokálním magnetickým polem nebyla potvrzena preference severojižního směru. Výsledný průměrný vektor byl $111,309^\circ$. Při defekaci ovlivněné magnetickým obojkem nebyla prokázána preference severojižního směru. Výsledný průměrný vektor byl 115° . Měření urinace s magnetickým obojkem nebyla prokázána

preferenci severojižního směru. Výsledný průměrný vektor byl $111,114^\circ$. Při statistickém vyhodnocení defekace pod dráty vysokého napětí orientovaných do severojižního směru nebyla prokázána preference severojižního směru. Výsledný průměrný vektor byl $74,354^\circ$. Při urinaci pod dráty vysokého napětí orientovaných do severojižního směru nebyla prokázána preference severojižního směru. Výsledný průměrný vektor byl $113,19^\circ$.

Statistické vyhodnocení vlivu magnetického pole na německého ovčáka bez PP (Césara) při měření defekace bez ovlivnění lokálním magnetickým polem nebyla potvrzena preference severojižního směru. Výsledný průměrný vektor byl $75,626^\circ$. Při měření urinace bez ovlivnění lokálním magnetickým polem nebyla potvrzena preference severojižního směru. Výsledný průměrný vektor byl $69,496^\circ$. Při defekace ovlivněné magnetickým obojkem nebyla prokázána preference severojižního směru. Výsledný průměrný vektor byl $126,458^\circ$. Při urinaci ovlivněné magnetickým obojkem nebyla prokázána preference severojižního směru. Výsledný průměrný vektor byl $65,469^\circ$. Měření defekace pod dráty vysokého napětí orientovaných do severojižního směru byla prokázána preference severojižního směru. Výsledný průměrný vektor byl $137,032^\circ$. Při urinaci pod dráty vysokého napětí orientovaných do severojižního směru byla prokázána preference severojižního směru. Výsledný průměrný vektor byl $148,136^\circ$. Statistické vyhodnocení defekace pod dráty vysokého napětí orientovaných na východ/západ nebyla prokázána preference severojižního směru. Výsledný průměrný vektor byl $74,393^\circ$. Při urinaci pod dráty vysokého napětí orientovaných na východ/západ nebyla prokázána preference severojižního směru. Výsledný průměrný vektor byl $84,193^\circ$. Měření kohoutku v klidové poloze v době spánku a odpočinku byla prokázána preference severojižní orientace. Výsledný vektor byl $5,589^\circ$. Měření hlavy v klidové poloze v době spánku a odpočinku nebyla prokázána preference severojižního směru. Výsledný průměrný vektor byl $103,554^\circ$.

Statistické vyhodnocení naměřených dat výmarských ohařů při měření pod dráty vysokého napětí ve směru sever/jih nebo východ/západ nepotvrdily preferenci severojižní orientace. Skutečnost, že psi při vyměšování nepreferovali severojižní orientaci může být způsobena negativním ovlivněním pozičního chování pod dráty vysokého napětí. K obdobným výsledkům dospěli i (Burda et al. 2009). U Německého

ovčáka se preference severojižní orientace potvrdila. Z obrázku č 30 a 31 je zjevné, že pes volil náhodný směr.

Při statistickém vyhodnocení naměřených dat zkoumaných psů pod vlivem lokálního magnetického pole (magnetu) při vyměšování, nebyla potvrzena preference magnetického pole. Psi vykazovali náhodně volený směr.

Výsledky statistického vyhodnocení spánku a odpočinku prokázaly preferenci severojižního směru ve směru kohoutku psa. Potvrzuje to výsledky práce (Harta et al. 2013b).

Při statistickém vyhodnocení vyměšování bez ovlivnění magnetickým polem byla prokázána preference severojižního směru pouze u defekace Akima. Díky malému počtu naměřených hodnot nejsou výsledky statisticky významné. U ostatních měřených psů nebyla prokázána preference severojižního směru.

Z výše uvedených výsledků v kapitole č. 4 nevyplývá preference severojižního směru. Při vyhodnocení výsledků bylo zjištěno, že měření psů probíhalo převážně během neklidného magnetického pole Země. Hart et al. (2013b) svými studiemi zjistili, že odchylky od severojižního směru mohou být způsobeny fluktuacemi magnetického pole a při měření za neklidného magnetického pole nebo během magnetických bouří je poziční chování psů nahodilé. U německého ovčáka bez PP je možné za příčinu odchylek považovat stáří a zhoršující se zdravotní stav.

6. Závěr

Diplomová práce je zaměřena na zkoumání magnetického vlivu Země na plemena psů. Hodnoty byly získány při vyměšování bez ovlivnění lokálním magnetickým polem, ovlivněný magnetem, pod dráty vysokého napětí, při spánku a odpočinku. Statisticky vyhodnocováni byli dva výmarští ohaři a jeden německý ovčák bez PP. Celkem bylo získáno 3368 hodnot. Měření probíhalo za každého počasí a v denní i noční době.

Získané výsledky potvrzují citlivost psů na vnímání magnetického pole. U měření ovlivněné magnetickým obojkem a pod dráty vysokého napětí psi volili náhodný směr vyměšování. Při defekaci nebyly výsledky statisticky významné pro malý počet naměřených dat. Bez ovlivnění, kde měl jedinec preferovat severojižní orientaci, probíhalo měření převážně za neklidného magnetického pole a tím byl ovlivněn výsledný průměrný vektor. Vliv na výsledky má i stáří psů a jejich zdravotní stav.

Publikace a vědecké články autorů zkoumající tento zajímavý a složitý jev potvrzují vnímání magnetického pole Země živočichy. Jak jsou psi schopni detekovat magnetické pole, není dosud jasné a mělo by to být předmětem dalšího zkoumání.

7. Použitá literatura

- ABLE, K. P. 1994. *Magnetic orientation and magnetoreception in birds*. *Progress in Neurobiology*. roč. 42. s. 449-473.
- ABRACADO, L., ESQUIELD. M., & WAJNBERG, E. 2005. *Magnetic Material in Head, Thorax, and Abdomen of Solenopsis Substituta Ants: a Ferromagnetic Resonance Study*. *Journal of Magnetic Resonance*. roč. 175. č. 2. s. 309–316.
- ALSOP, B. 1987. *A silure to obtain magnetic discrimination in the pigeon*. *Anim. Learn. Behav.* roč. 15. s. 110-114.
- ALVES, O. C., WAJNBERG, E., OLIVEIRA, J. F., & ESQUIVEL, D. M. 2004. *Magnetic Material Arrangement in Oriented Termites: a Magnetic Resonance Study*. *Journal of Magnetic Resonance*. roč. 168. č. 2. s. 246–251.
- 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.
- BBAKER, R. R. 1987. *Integrated use of moon and magnetic compasses by the heart-and-dart moth, Agrotis exclamationis*. Department of Zoology, University of Manchester M13 9PL. U. K. roč. 35. s. 94-101.
- 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*. roč. 105. s. 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*. roč. 78. s. 10-20.
- BRÁZDIL, R., GRUNTORÁT, J., KONEČNÝ, M., MAREK, F., MAREŠ, S., MUCHA, L., OKÁČ, Z. & SKOPEC, J. 1988. *Úvod do studia planety Země*. 1. vydání. Praha. Státní pedagogické nakladatelství. 365s.
- BRUCE, F. 2006. *Pes věrný přítel*. Euromedia Group, k.s. Praha 5. 288s.
- BURDA, H., MARHOLD, S., WESTENBERGER, T., WILTSCHKO, R. & WILTSCHKO, W. 1990. *Magnetic Compass Orientation in the Subterranean Rodent Cryptomys hottentotus (Bathyergidae)*. *Experientia*. roč. 46. č. 5. s.528–530.

- 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 Sciences. roč. 106. no. 14. s. 5708-5713.
- CADIOU, H. & MCNAUGHTON, P. A. 2010. *Avian magnetite-based magnetoreception: a physiologist's perspective*. Journal of Royal Society Interface roč. 7. s. 193-205.
- POMOCNÉ TLAPKY, 2014. *Canisterapie*. Schránka navštívena 17. 10. 2014. dostupný z: <<http://www.canisterapie.cz>>.
- CARMAN, G. J., WALKER, M. M. & LEE, A. K. 1987. *Attempts to demonstrate magnetic discrimination by homing pigeons in flight*. Anim. Learn. Behav. roč. 15. s. 124-129.
- ČERVENÝ, J., KAMLER, J., KHOLOVÁ, H., KOUBEK, P. & MARTÍNKOVÁ, N., 2010. *Ottova encyklopedie – Myslivost*. Ottovo nakladatelství, s.r.o. Praha 3. 591s.
- ČERVENÝ, J., BEGALL, S., KOUBEK, P., NOVÁKOVÁ, P. & BURDA, H. 2011. *Directional Preference May Enhance Hunting Accuracy in Foraging Foxes*. Biology Letters. roč. 7. č. 3. s. 355–357.
- DEUTSCHLANDER, M. E. & MUHEIM, R. 2010. *Magnetic Orientation In Migratory Songbirds*. Encyklopedia of Animal Behavior. roč. 2. s. 314-323.
- DIEGO-RASILLA, F. J., LUENGO, R. M. & PHILLIPS, J. B. 2005. *Magnetic Compass Mediates Nocturnal Homing by the Alpine Newt, Triturus alpestris*. Behavioral Ecology and Sociobiology. roč. 58. č. 4. s. 361-365.
- DIEGO-RASILLA, F. J., LUENGO, R. M., PHILLIPS, J. B. 2008. *Use of a Magnetic Compass for Nocturnal Homing Orientation in the Palmate Newt, Lissotriton helveticus*. Ethology. roč. 114. č. 8. s. 808–815.
- DIVIŠOVÁ, K., PODEŠŤOVÁ, M. & BENDA, J., 2003. *Agility*. Plot. Praha 1. 153s.
- DOMMER, D. H., GAZZOLO, P. J., PAINTER, M. S. & PHILLIPS, J. B. 2008. *Magnetic Compass Orientation by Larval Drosophila Melanogaster*. Journal of Insect Physiology. roč. 54. č. 4. s. 719–726.
- DUNGEL, J. & GAISLER, J. 2002. *Atlas savců České a Slovenské republiky*. 1. vydání. Praha. Academia. 150 s. ISBN 80-200-1026-2.

- EDER, S. H. K., CADIOU, H., MUHAMAD, A., MCNAUGHTON, P. A., KIRSCHVINK, J. L. & WINKLHOFER, M. 2012. *Magnetic Characterization of Isolated Candidate Vertebrate Magnetoreceptor Cells*. Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America. roč. 109. č. 30.
- FORMICKI, K., SADOWSKI, M., TANSKI, A., KORZELECKA-ORKISZ, A. & WINNICKI, A. 2004a. *Behaviour of Trout (Salmo trutta L.) Larvae and Fry in a Constant Magnetic Field*. Journal of Applied Ichthyology. roč. 20. č. 4. s. 290-294.
- FRANČEOVÁ, E. & HUTAŘOVÁ, I. 2005. *Co je vlastně asistenční pes*. SPMP OV. Praha 5. 128s.
- FRANSSON T., JAKOBSSON, S., JOHANSSON, P., KULLBERG, C., LIND, J. & VALLIN, A. 2001. *Magnetic Cues Trigger Extensive Refuelling*. Nature. roč. 414. č. 6859. s. 35–36.
- FREAKE, M. J., BORLAND, C. & PHILLIPS, J. B. 2002. *Use a Magnetic Compass for Y-Axis Orientation in Larval Bullfrogs, Rana catesbeiana*. Copeia. roč. 2002. č. 2. s. 466–471.
- FREAKE, M. J. & PHILLIPS, J. B. 2005. *Light-Dependent Shift in Bullfrog Tadpole Magnetic Compass Orientation: Evidence for a Common Magnetoreception Mechanism in Anuran and Urodele Amphibians*. Ethology. roč. 111. s. 241–254.
- GEGEAR, R. J., CASSELMAN, A., WADDELL, S. & REPERT, S. M. 2008. *Cryptochrome mediates light-dependent magnetosensitivity in Drosophyla*. Nature. roč. 454. s. 1014-1018.
- GEGEAR, R. J., FOLEY, L. E., CASSELMAN, A. & REPERT, S. M. 2010. *Animal cryptochromes mediate magnetoreception by an unconventional photochemical mechanism*. Nature. roč. 463. s. 804-807.
- GRIFFIN, D. R. 1987. *Foreword to papers on magnetic sensitivity in birds*. Anim. Learn. Behav. roč. 15 s. 108-109.
- GOULD, J. L., KIRCHVINK, J. L., DEFFEYES, K. S. & BRINES, M. L. 1980. *Orientation of demagnetized bees*. Journal of Experimental Biology. roč. 86. s. 1-9.
- GOULD, J. L. 2010. *Magnetoreception*. Current Biology. roč. 20. č. 10. s. 431-435.
- GUBBINS, D. 2008. *Geomagnetic Reversals*. Nature. roč. 452. č. 13. s. 165-167.

- HANZAL, V. 2007. *Velká myslivecká encyklopedie* – CD ROM. Grand s.r.o. České Budějovice.
- 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 roč. 7. isme 1. 12s. 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. 2013a. *Directional compass preference for landing in water birds*. Frontiers in Zoology. roč. 10. issue 1. 38s. 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., BENEDIKTOVÁ, K., ČERVENÝ, J. & BURDA, H. 2013b. *Dogs are sensitive to small variations of the Earth's magnetic field*. Frontiers in Zoology. roč. 10. issue 1. 80s. doi: 10.1186/1742-9994-10-80.
- HEŘT, J., JELÍNEK, L., PEKÁREK, L. & PAVLÍČEK, A. 2011. *No alignment of cattle along geomagnetic field lines found*. Journal of Comparative Physiology A. roč. 197. č. 6. s. 677 – 682.
- HOLÁ, M. 2012. *Interakce architektury a geomagnetického pole*. Disertační práce. Brno. Vysoké učení technické v Brně. 157s.
- HOLLAND, R. A., THORUP, K., VONHOF, M. J., COCHRAN, W. W. & WIKELSKI, M. 2006. *Bat Orientation Using Earth's Magnetic Field*. Nature. roč. 444. č. 7. 702s.
- HOLLAND, R. A., KIRSCHVINK, J. L., DOAK, T. G. & WIKELSKI, M. 2008. *Bats Use Magnetite to Detect the Earth's Magnetic Field*. Plos One. roč. 3. č. 2. s. 1–6.
- HRUŠOVSKÝ, J., KOŘÍNEK, J., KRONOWETTER, Z. & NOVÝ, K. 1984. *Pes a jeho výcvik*. Naše vojsko, nakladatelství. Praha. 288s.
- HSU, C.Y. & LI, C. W. 1993. *The Ultrastructure and Formation of Iron Granules in the Honeybee (Apis mellifera)*. Journal of Experimental Biology. roč. 180. s. 1-13.

- JANÁČKOVÁ, A. 1995. Země jako velký magnet. Pokroky matematiky, fyziky a astronomie. roč. 40. č. 4. s. 192-197.
- JOHNSEN, S. & LOHMANN, K. J. 2005. *The physics and neurobiology of magnetoreception*. Nature Reviews Neuroscience. roč. 6. no. 9. s. 703 - 712.
- JOHNSEN, S. & LOHMANN, K. 2008. *Magnetoreception in Animals*. Physics Today. roč. 29. č. 3. s. 29–35.
- KIRSCHVINK, J. L., PADMANABDA, S., BOYCE, C. K. & OGLESBY, J. 1997. *Measurement of the threshold sensitivity of honeybees to weak, extremely low-frequency magnetic fields*. Journal of Experimental Biology. roč. 200. s. 1363-1368.
- KNOLL, R. & BÁČA, J. 1966. *Všestranný ohař. Mír*. Novinářské Závody n.p. Praha 2. 376s.
- KOČOVÁ, J. 2006. *Z historie výmarského ohaře*. Ročenka – Klubu chovatelů výmarských ohařů 2006. s. 59 – 83.
- KOČOVÁ, J. 2011. *Historie plemen*. Ročenka - Klubu chovatelů výmarských ohařů 2011. s. 61 – 74.
- KOVACH COMPUTING SERVICES, 2014. *Oriana*. Schránka navštívena 10. 01. 2015. Dostupné z: <<http://www.kovcomp.co.uk/oriana/OriProdInfo4.pdf>>.
- KOŽENÝ, 2014. *Czech Coursing Club*. Schránka navštívena 10. 10. 2014. dostupný z: <<http://www.coursing.cz.info/historie>>.
- KRÄMEROVÁ, E. M. & LENZ, W. 1997. Německý ovčák. Kontakt plus s.r.o. Bratislava. 104s.
- KUNTOVÁ, D. & DOLEŽAL, V., 1995. *Psi – teorie, praxe, atlas plemen*. Dona. České Budějovice. 197s.
- LAMBERT, N., LIBERATO, de S., EMARY, C. & NORI, F. 2013. *Radical-pair Model of Magnetoreception with Spin-orbit Coupling*. New Journal of Physics. roč. 15. č. 10.
- LANDLER, L. & GOLLMANN, G. 2011. *Magnetic Orientation of the Common Toad: Establishing an Arena Approach for Adult Anurans*. Frontiers in Zoology. roč. 8. č. 6. s. 1–9.
- LINDAUER, M. & MARTIN, H. 1968. *Die Schwereorientierung der Bienen unter dem Einfluss des Erdmagnetfeldes*. Zeitschrift für Vergleichende Physiologie. roč. 60. s. 219-243.

- LEUCHT, T. 1984. *Responses to Light Under Varying Magnetic Conditions in the Honeybee, Apis mellifica*. Journal of Comparative Physiology A. roč. 154. č. 6. s. 865–870.
- LOHMANN, K. J., LOHMANN, C. M. F. & PUTMAN, N. 2007. *Magnetic Maps in Animals: Nature's GPS*. The Journal of Experimental Biology. roč. 210. s. 3697–3705.
- LOHMANN, K. J. & LOHMANN C. M. F. 1993. *Light-Independent Magnetic Compass in the Leatherback Sea Turtle*. The Biological Bulletin. roč. 185. č. 1. s. 149–151.
- LUCANO, M. J., CERNICCHIARO, G., WAJNBERG, E. & ESQUIVEL, D. M. S. 2006. *Stingless bee antennae: a magnetic sensory organ?* Biometals. roč. 19. s. 295-300.
- MANN, S., SPARKS, N. H., WALKER, M. M. & KIRSCHVINK, J. L. 1988. *Ultrastructure, Morphology and Organization of Biogenic Magnetite from Sockeye Salmon, Oncorhynchus nerka: Implications for Magnetoreception*. Journal of Experimental Biology. roč. 140. s. 35-49.
- MAREK, C., BISSANTZ, N., CURIO, E., SIEGERT, A., TACUD, B. & ZIGGEL, D. 2010. *Spatial Orientation of the Philippine Bent-Toed Gecko (Cyrtodactylus philippinus) in Relation to its Home Range*. Salamandra. roč. 46. č. 2. s. 93–97.
- MCLSAAC, H. P. & KREITHEN, M. L. 1987. *Attempts to condition homing pigeons to magnetic cues in an outdoor flight cage*. Anim. Learn. Behav. roč. 15. s. 118-123.
- MENZEL, R. & GIURFA, M. 2006. *Dimensions of cognition in an insect, the honeybee*. Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews. roč. 5. s. 24-40.
- MOORE, B. R., STANHOPE, K. J. & WILCOX, D. 1987. *Pigeons fail to detect low-frequency magnetic fields*. Anim. Learn. Behav. roč. 15. s. 115-117.
- MOORE, B. R. 1988. *Magnetic fields and orientation in homing pigeons: Experiment of the late W. T. Keeton*. Proc. natn. Acad. Sci. U.S.A. roč. 85. s. 4907-4909.
- MORAVCOVÁ, P. 2011. *Ověření poziční magnetické orientace savců*. Diplomová práce. Brno: Přírodovědná fakulta, Masarykova univerzita. 55s.
- NISHIMURA, T. & FUKUSHIMA, M. 2009. *Why animals respond to the full moon: Magnetic hypothesis*. Biosciens Hypotheses. roč. 2. s. 399-401.

- NISHIMURA, T., OKANO, H., TADA, H., NISHIMURA, E., SUGIMOTO, K., MOHRI, K. & FUKUSHIMA, M. 2010. *Lizards Respond to an Extremely Low-Frequency Electromagnetic Field*. The Journal of Experimental Biology. roč. 213. s. 1985–1990.
- NĚMEC, P. & VÁCHA, M. 2007. *Mechanismy magnetorecepce*. Vesmír. roč. 86. s. 284 - 289.
- OLIVEIRA, J. F., CERNICCHIARO, G., WINKLHOFER, M., DUTRA, H., OLIVEIRA, P. S., ESQUIVEL, D. M. S. & WAJNBERG, E. 2005. *Comparative magnetic measurements on social insect*. Journal of Magnetism and Magnetic Materials roč. 289. s. 442-444.
- OMLER, J. & PITNÉR, Š. 1975. *Sluneční vítr*. Pokroky matematiky, fyziky a astronomie. roč. 20. č. 2. s. 84-90.
- PALMEROVÁ, J. 2008. *Ilustrovaná encyklopedie psích plemen*. Svojtka CO. s.r.o. Praha 3. 256s.
- PHILLIPS, J. B. & SAYEED, O. 1993. *Wavelength-Dependent Effects of Light on Magnetic Compass Orientation in Drosophila melanogaster*. Journal of Comparative Physiology A. roč. 172. č. 3. s. 303–308.
- QUINN, T. P., MERRILL, R. T. & BRANNON, E. L. 1981. *Magnetic Field Detection in Sockeye Salmon*. Journal of Experimental Zoology. roč. 217. č. 1. s. 137-142.
- Ritz T., Adem S. & Schulten K., 2000. *A Model for Photoreceptor-Based Magnetoreception in Birds*. Biophysical Journal. roč. 78. s. 707-718.
- RODDA, G. H. 1984. *The Orientation and Navigation of Juvenile Alligators: Evidence of Magnetic Sensitivity*. Journal of Comparative Physiology A. roč. 154. č. 5. s. 649–658.
- RŮŽIČKA, J. 1996. *Pes k obraně osob a ochraně majetku aneb Člověče, neboj se, máš-li psa*. Dona. České Budějovice. 171s.
- SLABÝ, P., TOMANOVÁ, K. & VÁCHA, M. 2013. *Cattle on pastures do align along the North-South axis, but the alignment depends on herd density*. Journal of Comparative Physiology A. roč. 199. no. 8. s. 695-701.

- SRINIVASAN, M. V., ZHANG, S. W. & REINHARD, J. 2006. *Small brains, smart minds: vision, perception, navigation and 'cognition' in insects*. s. 462-493.
- SRINIVASAN, M. V. 2010. *Honey bees as a model for vision, perception, and cognition*. Annual Review of Entomology. roč. 55. s. 267-284.
- TESCH, F. W. 1974. *Influence of Geomagnetism and Salinity on the Directional Choice of Eels*. Helgoländer wiss. Meeresunters. roč. 26. s. 382-395.
- TOMANOVÁ, K. 2009. *Test magnetorecepce potemníka hnědého (Trilobium castaneum)*. Diplomová práce. Brno. Masarykova univerzita. 62s.
- TRANKOVSKÁ, Z. 2001. *Výmarští ohaři, psi knížecího dvora. Pes přítel člověka* 11. s. 14-17.
- VÁCHA, M. 1994. *Kompas zvířat a co o něm víme*. Vesmír. roč. 73. s. 249-251. ISSN 0042-4544.
- VÁCHA, M. & NĚMEC, P. 2007. *Kompas a mapa – orientace v geomagnetickém poli*. Vesmír. roč. 86. s. 224-228.
- VÁCHA, M., PŮŽOVÁ, T. & KVÍČALOVÁ, M. 2009. *Radio-frequency magnetic fields disrupt magnetoreception in American cockroach*. Journal of Experimental Biology. roč. 212. s. 3473-3477.
- VÁLKOVÁ, T. 2010. *Na světle závislá magnetorecepce hmyzu*. Rigorózní práce. Brno. Masarykova univerzita. 99s.
- VÁLKOVÁ, T. & VÁCHA, M. 2012. *How do honeybees use their magnetic Compass? Can they see the North?* Bulletin of Entomological Research. s. 1-7.
- WAJNBERG, E., CERNICCHIARO, G. R. & ESQUIVEL, D. M. S. 2004. *Antennae: the strongest magnetic part of the migratory ant*. Biometals. roč. 17. s. 467-470.
- VOGELEROVÁ, M. 2006. *Poznáme plemena psů*. Beta. Praha 4. 125s.
- WAJNBERG, E., ACTOSA-AVALOS, D., ALVES, O. C., OLIVEIRA, J. F., SRYGLEY, R. B. & ESQUIVEL, D. M. S. 2010. *Magnetoreception in Eusocial Insect: an Update*. Journal of the Royal Society. roč. 7. č. 2. s. 207-225.
- WALKER, M. M., KIRSCHVINK, J. L., CHANG, S-B. R., & DIZON, A. E. 1984. *A Candidate Magnetic Sense Organ in the yellowfin tuna, Thunnus albacares*. Science. roč. 224. č. 4650. s. 751-753.

- WALKER, M. M. & BITTERMAN, M. E. 1985. *Conditioned responding to magnetic fields by honeybees*. Journal of Comparative Physiology A. roč. 157. s. 67-71.
- WALKER, M. M., KIRSCHVINK, J. L., AHMED, G. & DIZON, A. E. 1992. *Evidence that fin whales respond to the geomagnetic field during migration*. Journal of Experimental Biology. roč. 171. no. 1. s. 67 - 78.
- WALKER M. M., DIEBEL C. E., HAUGH C. V., PANKHURST P. M., MONTGOMERY J. C. 1997. *Structure and function of the vertebrate magnetic sense*. Nature. roč. 390. s. 371-376.
- WALKER, M. M. 2008. *A model for encoding of magnetic field intensity by magnetite-based magnetoreceptor cells*. Journal of Theoretical Biology. roč. 250. s. 85-91.
- WEBER, 2014. *Sea-Floor Spreading & Paleomagnetism*. [online] 2014. [cit. 2014-02-12.]. Dostupné z: <<http://faculty.weber.edu/bdattilo/shknbk/notes/pleomg.htm>>.
- WILTSCHKO, W. & WILTSCHKO, R.. 1972. *Magnetic Compass of European Robins*. Science. roč. 176. č. 4030. s. 62–64.
- WILTSCHKO, W. & WILTSCHKO, R. 2005. *Magnetic orientation and magnetoreception in Birds and other animals*. J Comp Physiol A. roč. 191. s. 675- 693.
- WILTSCHKO, R. & WILTSCHKO, W. 2006. *Magnetoreception*. BioEssays. roč. 28. issue 2. s. 157-168. DOI: 10.1002/bies.20363.
- WILTSCHKO, R., DENZAU, S., GEHRING, D., THALAU, P. & WILTSCHKO, W. 2011. *Magnetic Orientation of Migratory Robins, Erithacus rubecula, under Long-Eavelength Light*. Journal of Experimental Biology. roč. 214. s. 3096–3101.
- ZIMMERMAN, P. H., POPE S. J., GUILFORD T. & NICOL CH. J. 2003. *Navigational ability in the domestic fowl (Gallus gallus domesticus)*. Applied Animal Behaviour Science. roč. 80. s. 327-336.
- ZIMMERMAN, P. H., POPE S. J., GUILFORD T. & NICOL CH. J. 2009. *Involvement of the sun and the magnetic Compass of domestic fowl in its spatial orientation*. Applied Animal Behaviour Science. roč. 116. s. 204-210.