

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra myslivosti a lesnické zoologie



**Druhová rozmanitost běžných dřevokazných hub v Praze – západ  
a vliv magnetického pole Země na růst plodnic**

Species diversity of common wood decaying fungi in the area of Praha – západ  
and the influence of geomagnetism over sporocarp growth.

**Bakalářská práce**

**Autor: Blažková Veronika**

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

**2017**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Veronika Blažková

Lesnictví

Název práce

**Druhová rozmanitost běžných dřevokazných hub v Praze – západ a vliv magnetického pole Země na růst plodnic.**

Název anglicky

**Species diversity of common wood decaying fungi in the area of Praha – západ and the influence of geomagnetism over sporocarp growth.**

---

### Cíle práce

Cílem bakalářské práce je zpracování literární rešerše k dané problematice a sledování druhového spektra nejběžnějších dřevokazných hub včetně magnetické orientace růstu plodnic.

### Metodika

V bakalářské práci se zaměřte na zpracování literární rešerše k dané problematice, zdokumentování běžných druhů dřevokazných hub vyskytujících se především v oblasti Prahy – západ a vliv magnetismu na směr růstu plodnic. Součástí práce bude statistické vyhodnocení dat. Vliv magnetismu bude sledován na plodnicích různých druhů dřevokazných hub rostoucích na stojících kmenech stromů. Směr plodnice bude měřen pomocí buzoly, přičemž každá plodnice bude s přiloženou buzolou vyfotografována. Literární rešerši zašlete ke kontrole nejpozději do 31.12.2016.

**Doporučený rozsah práce**

cca 30 stran

**Klíčová slova**

magnetismus, magnetická orientace, plodnice, dřevokazná houba

---

**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., Wiltshcko, W. & Wiltshcko, 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., Benediktova, K., Červený, J. & Burda, H. 2013 Dogs are sensitive to small variations of the Earth's magnetic field. *Frontiers in Zoology* 10(80), doi:10.1186/1742-9994-10-80.
- Maffei, M.E. 2014 Magnetic field effects on plant growth, development, and evolution. *Frontiers in Plant Science* 5, doi: 10.3389/fpls.2014.00445.
- 

**Předběžný termín obhajoby**

2016/17 LS – FLD

**Vedoucí práce**

Ing. Petra Nováková, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra myslivosti a lesnické zoologie

---

Elektronicky schváleno dne 5. 5. 2016

**doc. Ing. Vlastimil Hart, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27. 1. 2017

**prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 13. 04. 2017

---

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Druhová rozmanitost běžných dřevokazných hub v Praze - západ a vliv magnetického pole Země na růst plodnic“ vypracovala samostatně pod vedením Ing. Petry Novákové, Ph.D. a použila jen parametry, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědoma, že zveřejněním bakalářské práce, souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. O vysokých školách v plném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby."

V Praze dne 2. dubna 2017

Podpis autora

## **Poděkování**

Děkuji vedoucí bakalářské práce Ing. Petře Novákové, Ph. D. za odborné vedení, objektivní připomínky, užitečné rady a vstřícnost při vypracování bakalářské práce.

## **Abstrakt**

Cílem bakalářské práce je zjištění druhového spektra dřevokazných hub především v Praze - západ posouzení vlivu zemského magnetického pole na směr růstu plodnic. Celkem bylo determinováno 12 druhů dřevokazných hub, přičemž nejčastěji se vyskytujícím druhem byl troudnatec kopytovitý (*Fomes fomentarius*), ohňovec statný (*Phellinus robustus*) a lesklokorka ploská (*Ganoderma applanatum*). Následné statistické vyhodnocení prokázalo signifikantní severojižní preferenci růstu plodnic.

Klíčová slova: dřevokazné houby, plodnice, magnetismus, magnetická orientace.

## **Abstract**

The aim of the bachelor thesis is determination of common wood decaying fungi in the area of Praha - západ and the assessment of influence geomagnetism over sporocarp growth. Totally were determined 12 species of wood decaying fungi and the most abundant were *Fomes fomentarius*, *Phellinus robustus* and *Ganoderma applanatum*. Statistical analysis confirmed significant preference of sporocarp growth along the north-south axis.

Keywords: wood decaying fungi, sporocarp, magnetism, magnetic orientation.

## OBSAH

OBSAH.....	8
1 ÚVOD.....	11
2 LITERÁRNÍ REŠERŠE .....	12
2.1 Houby .....	12
2.2 Dřevokazné houby .....	12
2.2.1 Troudnatec kopytovitý <i>Fomes fomentarius</i> (J. J. Kickx, 1867) .....	14
2.2.2 Ohňovec statný <i>Phellinus robustus</i> (P. Karst, 1928) .....	15
2.2.3 Lesklokorka ploská <i>Ganoderma applanatum</i> ((Pers.) Pat., 1887)..	17
2.3 Magnetická orientace .....	18
2.3.1 Magnetický kompas .....	18
2.3.2 Magnetická mapa .....	19
2.3.3 Magnetický alignment.....	20
2.4 Magnetorecepce .....	20
2.4.1 Elektromagnetická indukce .....	21
2.4.2 Magnetitová hypotéza .....	22
2.4.3 Chemická magnetorecepce .....	24
2.5 Magnetická orientace u vybraných druhů živočichů .....	25
2.5.1 Hmyz .....	25
2.5.2 Ryby .....	26
2.5.3 Obojživelníci.....	27
2.5.4 Plazi.....	27
2.5.5 Ptáci.....	27
2.5.6 Savci.....	28
3 METODIKA .....	30
3.1 Sběr dat.....	30
3.1.1 Vybavení, postup měření.....	30
3.1.2 Specifikace lokalit.....	30
3.2 Analýza dat .....	32
3.2.1 Statistický program Oriana .....	32
3.2.2 Rayleighův test rovnoměrnosti .....	32
4 VÝSLEDKY .....	33
4.1 Orientace růstu plodnic.....	33
4.1.1 Orientace růstu plodnic - pro všechny lokality.....	33
4.1.2 Orientace růstu plodnic - pro lokalitu Řitka .....	34



4.1.3	Orientace růstu plodnic - pro lokalitu Zbraslav .....	35
4.1.4	Orientace růstu plodnic - pro lokalitu Poněšice.....	36
5	DISKUZE.....	37
6	ZÁVĚR .....	39
7	SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	40
8	SEZNAM PŘÍLOH .....	44
9	PŘÍLOHY .....	45

## SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ

### Tabulky

Tabulka 1 Základní statistické údaje - orientace růstu plodnic pro všechny lokality.....	33
Tabulka 2 Základní statistické údaje - orientace růstu plodnic pro lokalitu Řitka.....	34
Tabulka 3 Základní statistické údaje - orientace růstu plodnic pro lokalitu Zbraslav.....	35
Tabulka 4 Základní statistické údaje - orientace růstu plodnic pro všechny lokality.....	36

### Obrázky

Obrázek 1 Troudnatec kopytovitý ( <i>Fomes fomentarius</i> ).....	15
Obrázek 2 Ohňovec statný ( <i>Phellinus robustus</i> ).....	16
Obrázek 3 Lesklokorka ploská ( <i>Ganoderma applanatum</i> ).....	17
Obrázek 4 Inklinace magnetického pole Země.....	17
Obrázek 5 Kruhové diagramy s pozicemi os těl kaprů.....	26
Obrázek 6 Kruhové diagramy s dosedy vodních ptáků.....	27
Obrázek 7 Kruhové diagramy se směry skoků lišek na svou kořist.....	28
Obrázek 8 Kruhové diagramy s pozicemi os těl přežvýkavců.....	29
Obrázek 9 Axiální vyjádření orientace růstu plodnic - všechny lokality.....	33
Obrázek 10 Axiální vyjádření orientace růstu plodnic - Řitka.....	34
Obrázek 11 Axiální vyjádření orientace růstu plodnic - Zbraslav.....	35
Obrázek 12 Axiální vyjádření orientace růstu plodnic - Poněšice.....	36

# 1 ÚVOD

Orientace živočichů nás udivuje již dlouhá léta. Někteří živí tvorové například putují na druhou stranu zeměkoule a bez jakýchkoliv ukazatelů směru se vrací po mnoha měsících na ta samá místa. Nové důkazy o tom, že zvířata po celou dobu vědí, kde jsou, i když jsou vzdálena tisíce kilometrů, přináší moderní metody sledování pomocí satelitů. Živočichové se podle některých biologů orientují díky řadám vodítek. Avšak rok od roku roste více důkazů o tom, že se zvířata orientují i pomocí smyslu pro vnímání geomagnetického pole.

I člověku zemský magnetismus pomáhá už po staletí udržet orientaci v mlze, za tmy, pod zemí nebo ukazuje směr na moři i na souši pomocí magnetického kompasu. V dnešní době se používá modernější technika putování podle družicového navigačního systému, který nám říká podstatně více než pouhý kompas. Určí s přesností několika metrů místo v dvojrozměrné síti souřadnic na povrchu Země a naopak dokáže nasměrovat k cíli.

I živočichové mají nejspíše poziční navigační systém, který využívá celoplanetární gradienty magnetického pole. Tento systém není tak přesný, ale i tak je dost dokonalý. Důkazů, že živočichové využívají magnetickou mapu, pomalu přibývá. Ať už je využita mapa nebo kompasový smysl, pro vnímání magnetického pole Země obecně platí, že k němu dochází zejména ve chvílích, kdy na ostatní smysly přestává být spoleh.

Někteří živočichové používají k určení směru kromě magnetického pole Země také polohu Slunce, hvězd a polarizované světlo oblohy. K celkové orientaci využívají i některé další smysly, například čich, sluch a zrak. Z těchto důvodů je jasné, že hypotéza Alexandra Theodora von Middendorffa z roku 1859 čekala více než 100 let na experimentální podporu. Avšak od poloviny šedesátých let minulého století přibývají postupně důkazy, které svědčí o této schopnosti živočichů. Magnetorecepce si tímto zvolna vyšlapala cestu do fyziologických a etologických učebnic (Vácha a Němec, 2007).

Cílem bakalářské práce je zjištění druhového spektra dřevokazných hub především v Praze – západ a posouzení vlivu zemského magnetického pole na směr růstu plodnic.

## 2 LITERÁRNÍ REŠERŠE

### 2.1 Houby

Houby (Fungi) mohou být jednobuněčné nebo vícebuněčné. Jsou nezelené, tudíž neobsahují chlorofyl. Dále jsou to heterotrofní organizmy, tzn. nejsou samy schopny tvořit organické látky z anorganických látek.

Jejich buněčná stěna je tvořena z chitinu. Podhoubí je tvořeno myceliálními vlákny - hyfami. Také jsou tvořeny stélkou, což je tělo hub, které se skládá z vláknitých hyf. Houby se rozmnožují rozpadem stélky nebo nepohlavními výtrusy. Mezi nepohlavní výtrusy patří spory, oospory, askospory a bazidiospory.

Houby jsou velice významné pro přírodu, hlavní význam hub v přírodě je především v jejich nezastupitelné funkci při rozkladu organických a často těžko rozložitelných látek. Jsou také důležité při tvorbě humusu.

Většina hub jsou patogenní nebo parazitické, vyvolávají různé onemocnění a choroby. Tyto choroby a onemocnění napadají lesní dřeviny od semen až po staré stromy v konečné fázi života, tento rozklad umožňuje vznik nových míst pro další generace lesních dřevin (Jančařík a kol., 2002).

### 2.2 Dřevokazné houby

Z hlediska lesního hospodářství dřevokazné houby řadíme mezi nejškodlivější organizmy v lesních porostech. I přesto se musí na houby pohlížet jako na organizmy, které jsou nezastupitelné v lesních porostech, jsou totiž důležitou součástí lesních biocenóz.

V přírodních a přírodě blízkých ekosystémech dřevokazné houby infikují stromy a to především v sestupné fázi jejich vývoje, což znamená ve fázi, kdy jsou stromy staré a přestárlé. Tyto stromy jsou zpravidla na konci svého přirozeného životního cyklu. Urychlují rozpad, čímž uvolňují nové místo pro další nové generace lesních dřevin. Dřevokazné houby jsou součástí rozpadu a humifikace zbytků dřeva, pařezů, větví, kořenů i padlých kmenů.

Jedna z dalších funkcí, která je velice užitečná je rozklad odumřelých větví na stromech, čímž čistí kmeny stromů. Někdy dřevokazné houby doslova obnovují lesní porosty a to z důvodu zmlazení dřevin, které začíná na padlých a

rozložených kmenech. Lesní hospodáři proto uvažují o možnostech využití této přirozené obnovy na místech, kde není přirozené zmlazení na povrchu lesních půd úspěšné.

V hospodářských lesích je tomu jinak, neboť přírodní poměry jsou změněny narušenými a vzájemnými cenotickými vztahy ve víceméně umělých a hospodařením ovlivněných biocenózách. V tomto případě se biologická funkce dřevokazných hub mění na škodlivé činitele, kteří nejsou hodnoceni jako kalamitní, jelikož jsou velké hospodářské škody rozptýlené v porostech.

Nikdy nejsou soustředěny v určitých oblastech, tím pádem nejsou ekonomicky zhodnocené a zmapované. Odhad škod je v rozmezí 6 – 7 % z veškeré vytěžené dřevní hmoty.

Dřevokazné houby jsou nejčastěji rozdělovány dle jejich výživy na parazitické a saprofytické. Není výjimkou, že saprofytické houby mohou napadnout zdravé živé stromy. To samé platí u hub parazitických, které jsou schopny žít na odumřelých stromech a odumřelém dřevě.

Můžeme se také setkat s označením paraziti ran, což jsou dřevokazné houby, které napadají živé stromy ranami, hlavně mrazovými trhlinami a především ranami vzniklými ohryzem a loupáním zvěře. Tato ekologická skupina bývá nejškodlivější, protože velmi významně znehodnocuje kvalitu stromů. Parazité ran způsobují rychlý rozklad kmenové části stromu a to má za následek snížení fyziologické funkce dřevin, což může urychlit nebo vyvolat chřadnutí a odumírání.

Na druhé straně rozlišujeme dřevokazné houby napadající jádrovou část dřeva, čímž znehodnocují nejkvalitnější dřevní hmotu, často oddenkové části kmene. Tyto dřevokazné houby narušují stabilitu stromů i celých lesních porostů. Z toho plyne technický význam hnilob. Z technického neboli hospodářského hlediska je bělová hniloba méně škodlivá, protože ji můžeme manipulací či výřezem odstranit, ovšem velmi významně narušuje životní funkce dřevin. Jádrová hniloba může být až několik let v napadených stromech, bez výrazných vnějších projevů, ovšem významně znehodnocuje a rozkládá dřevní hmotu, čímž poškozují pevnost a stabilitu porostů.

Dřevokazné houby vyvolávají hnilobu, která může být různorodá. Z praktického hlediska hospodářské a technické části se rozděluje podle různých měřítek, charakteristik a hledisek, tzn. podle barvy, typu hniloby, struktury i konečného rozpadu (Jančařík a kol., 2002).

### 2.2.1 Troudnatec kopytovitý *Fomes fomentarius* (J. J. Kickx, 1867)

Troudnatec kopytovitý patří do řádu Basidiomycota, třídy Agaricomycetes, řád Polyporales, čeledi Polyporaceae.

Jedná se o významnou dřevokaznou houbu, která se živí paraziticky. Vyskytuje se ve středně starých a dospělých porostech, od nížin až po horská stanoviště.

K infekci dochází v místě poranění, většinou na kořenových náběžích, kmenech a silnějších větvích, na nichž po několika letech vyrůstají plodnice.

Plodnice jsou tvrdé, do 50 cm široké, do 30 cm dlouhé a 3 - 25 cm tlusté (Pešková a Čížková, 2015). Kopytovité plodnice jsou šedé nebo nahnědlé, později ve stáří až šedé. Mohou vytvářet odrůdu, která je označována jako troudnatec kopytovitý černající (Jančařík a kol., 2002).

Je to polyfág na listnatých stromech. Vyskytuje se především na buku lesním (*Fagus sylvatica*) a na různých druzích bříz (*Betula* spp.) a topolů (*Populus* spp.). Není výjimkou, když se vyskytuje i na jiných listnatých stromech.

Tato houba způsobuje světlou hnilobu, která je oddělena od zdravého jádra ohraničením hnědočervené zóny. Podél letokruhů v jarním dřevě se tvoří jemné trhlinky, ve kterých se objevuje mycelium. V důsledku působení hniloby se zde začínají objevovat pláty bílého syrocia. Poslední fáze se projevuje vláknitým rozpadem dřeva. Tento rozklad je rychlý a často při něm dochází k ulomení kmenů.

U buku lesního se často vytváří nad místem hniloby nepravé jádro. Nejčastěji ho můžeme najít v přestárlých bukových porostech, avšak místy i v mladších porostech. Silní jedinci nejsou touto houbou ohroženi.

Jedná se o technického škůdce, který způsobuje vážné poškození dřeva. Technické vlastnosti dřeva jsou silně narušené v druhé fázi rozkladu.

Možnost obrany je taková, že by se stromy měly chránit před mechanickým poraněním. Jedná se především o těžbu a soustředování, které je vhodné provádět v období vegetačního klidu. Další možná obrana je odstraňování infikovaných stromů, což snižuje zdroj infekce. Doporučuje se odstraňovat silně napadené stromy. Ty se však v důsledku zachování biodiverzity v porostech ponechávají. Na konec se provádí ošetření fungicidy nebo ochrannými nátěry (např. latex). Tato opatření zabraňují vzniku infekce (Pešková a Čížková, 2015).



Obrázek 1. Troudnatec kopytovitý (Blažková, 2016)

### 2.2.2 Ohňovec statný *Phellinus robustus* (P. Karst, 1928)

Ohňovec statný patří do řádu Basidiomycota, třídy Agaricomycetes, řádu Hymenochaetales, čeledi Hymenochaetaceae.

Jedná se o parazitickou dřevokaznou houbu. K infekci živých stromů dochází basidiosporami přes pahýly odlomených větví. K infekci dochází také přes kořenové náběhy, kmeny a tlusté větve.

Plodnice jsou na začátku růstu polorozlité, později kopytovité, povrch plodnice je pásovaný a rozpukaný, šedý někdy až šedočerný. Okraje jsou zaoblené, žluté až hnědé. Šířka klobouku je 10 - 30 cm a odstává 5 - 15 cm.

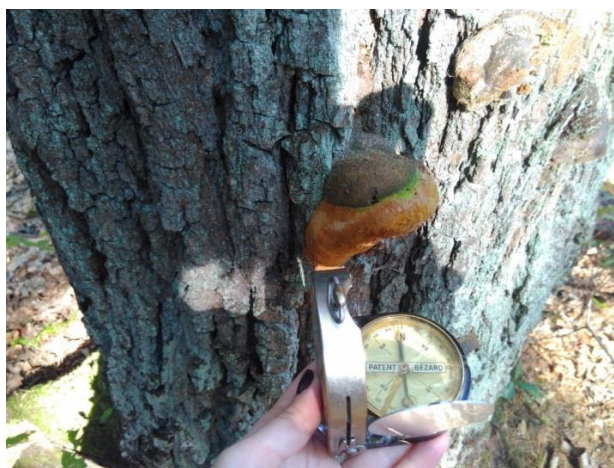
Ohňovec statný rozkládá dřevo postupně od dřevných paprsků až po letokruhy v jarním dřevě. V konečném stádiu rozkladu je dřevo měkké, bílé až žluté. Někdy je mléčně bílé barvy, tvořené především vlákny čisté celulózy.

Napadá dub letní (*Quercus robur*), dub pýřitý (*Quercus pubescens*), dub zimní (*Quercus petraea*). Málokdy napadá kaštanovník setý (*Castanea sativa*) a trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*).

Příznakem napadení jsou několikaleté plodnice, které se vyskytují v místě vzniku infekce na kořenových náběžích, tlustých větvích a kmenech. V místě pokročilé hniloby se často kmeny i větve ulamují. Ohňovec je možné zaměnit s troudnatcem kopytovitým (*Fomes fomentarius*).

Nejvíce škodí v přestárlých dubových porostech. Také je častý v parcích a stromořadích. V důsledku napadení dochází k postupnému prosychání stromů, poklesu jejich vitality a snížení stability porostů.

Z hlediska obrany je třeba chránit stromy před mechanickým poraněním. Jedná se především o těžbu a soustřeďování, které by se mělo provádět co nejšetrněji a v období vegetačního klidu. Další možná prevence je snižování stavu zvěře. Patří sem i odstraňování infikovaných stromů, které rozšiřují infekci. Neopouštět přestárlé porosty a dodržovat dobu obmýtí v hospodářských porostech. Poraněná místa se doporučuje ošetřit ochranným nátěrem (např. latex) nebo fungicidy. Tyto obranná opatření zabraňují vzniku infekce (Pešková a Čížková, 2015).



Obrázek 2. Ohňovec statný (Blažková, 2016)



### 2.2.3 Lesklokorka ploská *Ganoderma applanatum* ((Pers.) Pat., 1887)

Lesklokorka ploská patří do řádu Basidiomycota, třídy Agaricomycetes, řádu Polyporales, čeledi Ganodermataceae.

Jedná se o saproparazitickou dřevokaznou houbu, která je rozšířená v mírných pásmech a v tropech. V České republice se nachází na celém území. Infikuje často živé kmeny listnatých stromů v místě poranění. Také pahýly tlustých větví. Jen výjimečně napadá jehličnaté stromy.

Plodnice jsou několikaleté, bokem přirostlé, polokruhovitě, na okrajích ztenčené, často nad sebou. Na počátku života jsou šedobílé, později jsou šedohnědé. Zóna, kde dochází k přírůstu, je bílá. Na horní straně plodnice bývá často kakaově zbarvený výtrusový prach. Póry jsou na počátku života bílé, později rezavohnědé.

Napadá především buk lesní (*Fagus sylvatica*), lípy (*Tilia* spp.), jírovce maďaly (*Aesculus hippocastanum*), jasaný (*Fraxinus* spp.) a javory (*Acer* spp.).

Symptomem poškození je přítomnost plodnic. Hniloba má tři fáze. V první fázi je dřevo pevné a bílé. V druhé fázi se vyskytují podélné a příčné trhlinky vyplněné myceliem bílé barvy. Ve třetí fázi je měkké, vatovité a rozpadá se ve vláknech.

Vyskytuje se častěji jako saprofyt na pařezech listnatých stromů. Nejhojněji se vyskytuje v lužních lesích.

Poraněná místa se doporučuje ošetřit ochranným nátěrem (např. latex) nebo fungicidy. Tyto opatření zabraňují vniku infekce (Pešková a Čížková, 2015).



Obrázek 3. Lesklokorka ploská (Blažková, 2016)

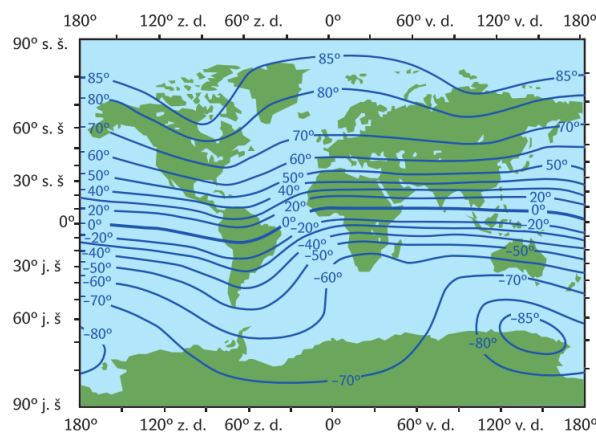
## 2.3 Magnetická orientace

Magnetická orientace je speciální schopnost některých živočichů. Tato schopnost jim umožňuje se orientovat a pohybovat na základě informací o magnetickém poli. Geomagnetické pole poskytuje dvě navigační informace, a to v podobě magnetického vektoru a celkové inklinace (Tejmlová, 2010).

Navigační informace ve formě magnetického vektoru, poskytuje směrové informace, které mohou živočichové použít jako kompas (Wiltschko a Wiltschko, 2005).

Další možná forma navigační informace je celková inklinace, která udává sklon magnetického vektoru od roviny, což je gradient mezi magnetickým rovníkem a póly (Němec a Vácha, 2007).

Inklinace může být podkladem k použití mapování, tedy k určení pozice. Některé skupiny živočichů využívají obě navigační informace, ale jejich použití závisí na situaci. Každá ze skupin živočichů má jinou úroveň těchto schopností (Wiltschko a Wiltschko, 2005).



Obrázek 4. Inklinace magnetického pole Země. Jsou zde vyznačeny izokliny, tj. linie spojující místa se stejnou inklinací. Severo-j jižní gradient je z větší části lineární (Němec a Vácha, 2007)

### 2.3.1 Magnetický kompas

V dnešní době je magnetický kompas z pohledu moderní techniky poněkud zastaralý. Nahrazují ho moderní družicové navigační systémy. Člověk, který je vybaven kompasem nebo zvíře, které má „kompasový smysl“, mohou stanovit

úhel, tzn. azimut mezi směrem své trasy a magnetickou severojižní osou. V případě, že udrží pohyb azimutu v konstantě, může mít člověk či tvor jistotu, že se neodchýlí od přímého směru (Němec a Vácha, 2007).

Kompasový smysl živočichů byl poprvé zaznamenán u migrujících ptáků, konkrétně u červanky obecné (*Erithacus rubecula*) (Wiltschko a Wiltschko, 2005). Tento smysl byl také zaznamenán u jiných skupin živočichů - například u měkkýšů, koryšů, hmyzu a také savců (Johnsen a Lohmann, 2005). Z třídy savců jsou to třeba rypoši, kteří jsou vybaveni magnetickým kompasem, který jim umožňuje orientaci v tmavém podzemí (Thalau a kol., 2006).

Při překlopení vertikální složky pole došlo k objevu dvou typů kompasové reakce živočichů, jedná se o reakci polaritní a inklináční (Němec a Vácha, 2007).

Polaritní kompas je schopen přímo rozeznat polaritu magnetického vektoru, což znamená schopnost rozeznat severní a jižní magnetický pól z horizontální složky pole (Moritz a kol., 2007). Polaritní kompas využívají například netopýři (Wang a kol., 2007; Holland a kol., 2008, 2010), dále ho využívají langusty a někteří podzemní hlodavci (Marhold a kol., 1997; Johnsen a Lohmann, 2005).

Kompas inklináční pouze odvozuje polaritu pole, sekundárně ze sklonu celkového vektoru k Zemi - dle inklinace. Podle sklonu siločar je možné určit směr k pólu a také k rovníku na vybrané polokouli (Lohmann a Lohmann, 1994). Tento kompas mají především želvy a někteří ptáci jako třeba vrabec domácí (*Passer domesticus*), vlhovec rýžový (*Dolichonyx oryzivorus*) a lejsek černohlavý (*Ficedula hypoleuca*) (Wiltschko a Wiltschko, 1996).

### 2.3.2 Magnetická mapa

Magnetická mapa slouží k stanovení polohy, díky které je živočich schopen dostat se k cíli (Boles a Lohmann, 2003). Například želvy využívají magnetickou mapu, jejíž informace o poloze se skládá ze dvou částí magnetického pole. První část magnetického pole je inklináční úhel a druhá část je intenzita geomagnetického pole, která je dána zeměpisnou šířkou a délkou (Lohmann a kol., 2008).

Kompas určuje jen směr. Mapový smysl je na rozdíl od kompasu schopen určit sílu pole a inklinaci nebo je schopen využít kombinací těchto dvou možností. Ptáci mají kompas umístěný v oku, jenž funguje na základě chemické

magnetorecepce. Dále mají mapu umístěnou v zobáku, která funguje na základě magnetitových částic (Lohmann, 2010).

### 2.3.3 Magnetický alignment

Magnetický alignment bývá nazýván také jako poziční chování. Toto chování zahrnuje vnímání magnetického pole Země. To znamená, že zvířata zaujímají pozice, při kterých jsou jejich tělní osy umístěny na severojižní nebo vychodozápadní geomagnetickou osu (Vácha a kol., 2010).

Orientace může být bimodální či quadrimodální. S postupem času některé výzkumy ukázaly, že živočichové se mohou orientovat unimodálně, při této orientaci se nemusí vždy shodovat směr s magnetickými světovými stranami (Begall a kol., 2013).

Magnetický alignment ovlivněný magnetickým polem není brán jako magnetorecepce z toho důvodu, že živočich nevyužívá magnetický kompas pro orientaci v prostoru nebo pro migraci. Také proto, že není vnímáno vědomě magnetické pole (Begall, 2008).

Toto poziční chování se prokázalo například u termitů, dvoukřídlého hmyzu a u včel (Wiltschko a Wiltschko, 1995). Také se prokázalo u některých obratlovců. Poziční chování je možné zaznamenat při různých činnostech, například při pohybu, krmení, lovu, vyměšování a odpočinku (Begall a kol., 2013).

## 2.4 Magnetorecepce

Na biologické systémy účinkují magnetická a elektromagnetická pole. Tyto účinky jsou intenzivně zkoumány. Je to způsobeno dnešním prostředím, ve kterém žijeme. Jedná se o umělé prostředí technického světa, které jich produkuje čím dál více.

Z hlediska smyslové fyziologie a biofyziky je velice málo poznatků o citlivosti živočichů k přirozenému geomagnetickému poli. Tyto poznatky se prohloubily až během několika posledních dvanácti let. V této době se podařilo neuroetologům shromáždit důkazy o smyslu magnetorecepce. Magnetorecepce by mohla být na základě těchto důkazů všeobecně přijata.

Abychom mohli plně přijmout nový smysl, je třeba znát jeho receptor a převodní mechanismus. Stále není zcela objasněno, kde se magnetoreceptor nachází. Je to obtížné především proto, že geomagnetické pole proniká celým tělem. Doposud se tento magnetoreceptor hledal na hlavě. Velikost magnetoreceptorů může být velmi malá a roztroušená v tkáních. Magnetoreceptory mohou mít podobu kaskád chemických reakcí, formovaných geomagnetickým polem. Z toho plyne, že orgán nebo struktura způsobující magnetorecepci nemusí vůbec existovat. Pokud chybí receptor, je velmi náročné studovat převodní mechanismus. Z těchto důvodů jsou pokročilé studie víc teoretické než empirické. Je známo mnoho hypotetických modelů, z nichž se zmíníme o třech všeobecně přijatých (Němec a Vácha, 2007).

#### 2.4.1 Elektromagnetická indukce

Je-li pohyb vodiče rovnoběžný s indukčními čarami, budou se v něm náboje pohybovat tak, že se jeden konec nabije kladně a druhý konec se nabije záporně. Tím vznikne mezi těmito konci vodiče elektromotorické napětí. Za předpokladu, že jsou oba konce propojeny vodivým médiem, vznikne elektrický obvod, jímž proud protéká. Tento jev se nazývá elektromagnetická indukce. Magnetická indukce může vzniknout i u nepohyblivého vodiče v časově proměnlivém poli (Němec a Vácha, 2007).

Existuje model vysvětlující mechanismus magnetorecepce u paryb, který je založen na principu elektromagnetické indukce. Paryby jsou schopny vnímat v geomagnetickém poli elektromotorické napětí indukované jejich pohybem. Paryby jsou vybaveny specializovanými kanálky vyplněnými aminopolysacharidy, které nazýváme jako Lorenziniho ampuly. Tyto kanálky jsou pohyblivým vodičem a vnější vodivé médium je mořská voda. Elektroreceptory se vyskytují na dně kanálků a jsou velmi citlivé voltmetry (což odpovídá 1,5 V/3000 km) (Johnsen a Lohmann, 2005).

Model je velmi jednoduchý, přehlédneme-li pohyb vodního sloupce. Při horizontálním pohybu se u paryb vytváří v ampulách orientovaných dorzo - ventrálně napěťový gradient. Velikost gradientu je závislá na rychlosti pohybu a úhlu, který se nachází mezi směrem plavání a magnetickým vektorem. Při pohybu žraloka na sever a jih byla zaznamenána nulová indukce napětí. V případě, že se žralok pohybuje na východ nebo západ je indukované napětí maximální, tzn., že

znaménka jsou opačná. Menší problém je, že existují dva směry, které nelze odlišit. Jedná se o případ, kdy se žralok pohybuje severovýchodním a jihovýchodním směrem. Zde bude gradient vyhodnocovat stejné receptorové napětí. Žralok rozpozná oba směry tím, že se odkloní ze směru plavby a následně porovná změnu své orientace se změnou napětí, které bylo receptorované (Němec a Vácha, 2007).

V realitě jsou podmínky výrazně komplikovány pohybem vodních mas a způsobem, kterým se rybovití obratlovci pohybují. Nejenom paryby mají elektroreceptory, ale také vodní obojživelníci, některé skupiny ryb, mihule a ptakořitní savci. Z toho teoreticky vyplývá, že popsany princip může být základ pro kompasový smysl i u těchto živočichů. Pro zjišťování citlivosti elektroreceptorů a také faktorů především fyzikálních, které ovlivňují elektromagnetickou indukci, připadají v úvahu hlavně rychlá a velká zvířata žijící v moři (Johnsen a Lohmann, 2005).

Výsledek experimentu prokázal u rejnoků, jak orientaci pomocí magnetického kompasu, tak i schopnost vnímat intenzitu magnetického pole. Většina neuronů umístěná v elektrosenzorickém centru prodloužené míchy je schopna zaznamenat změny intenzity magnetického pole a to i pohyb zvířete stálým magnetickým polem. Tyto neurony jsou nasměrované na pole určitého směru a polarity. Podobně to mají i nervová vlákna, která spojují Lorenziho ampuly s centrem mozku. Dá se říci, že elektroreceptory mohou sloužit mořským obratlovcům jako magnetorecepce, ale o tom chybí přímý důkaz (Němec a Vácha, 2007).

#### 2.4.2 Magnetitová hypotéza

Tato hypotéza předpokládá, že tkáně obsahují feromagnetické částice či řetízky částic. Tyto částice mají funkci miniaturních magnetů. Tyto magnety jsou natáčeny ve vnějším magnetickém poli, což způsobuje, že se v okamžiku magnetického momentu přiklání ke směru indukčních čar pole. Tyto vlastnosti mají krystalky biogenního magnetitu, jejichž chemický vzorec je  $(\text{Fe}_3\text{O}_4)$  a jejich velikost je přibližně 50 nm. Jsou to krystalky magnetitu s jednou doménou samovolné magnetizace, který nazýváme jako jednodoménový magnetit. Jejich

funkce může být pasivní ve smyslu „magnetomechanických převodníků“ a to proto, že se bezprostředně natačejí do směru geomagnetického pole.

Existuje mnoho způsobů, jak převést mechanickou sílu, která vznikla magneticky v receptorový potenciál. Krystaly působí torzní silou nebo mohou působit tlakem na sekundární receptory, volná nervová zakončení, vláskové buňky a kožní mechanoreceptory. Krystalky magnetitu obsažené v buňkách jsou hypoteticky schopné přímo otvírat či zavírat iontové kanály.

Další magnetitový model počítá s tím, že hlavní význam mají nanokrystaly, které jsou mnohem menší než v předchozím modelu, jsou to nanokrystaly o velikost 2 - 5 nm. Nanokrystaly nemají pevný magnetický moment, což by mělo způsobit, že se nemohou natačet do směru geomagnetického pole. Nanokrystalové shluky mají superparamagnetické vlastnosti. Jsou to vlastnosti ve vnějším magnetickém poli, kde je indukován magnetický moment. Orientace magnetického momentu je vždy shodná s orientací vnějšího pole (Němec a Vácha, 2007).

V případě, že by shluky nanokrystalů byly v plazmatické membráně neuronu, způsobovalo by to jejich vzájemné přitahování nebo odpuzování v závislosti na směru vnějšího pole, to by vedlo k deformacím membrány i k otvírání nebo zavírání iontových kanálů. Tyto shluky nanokrystalů ukázaly v současných experimentech, že v koloidních roztocích ve vnějším poli se samy řadí v jednoduchý nebo dvojitý řetízek. Tento řetízek se projevuje jako střílka kompasu (Johnsen a Lohmann, 2005; Lohmann, 2010). Řetízek se může vyskytnout ve volném nervovém zakončení, v tomto případě na něj působí torzní síla, ta může mít různou velikost a směr, kterou ovlivňuje současná orientace nervu vůči geomagnetickému poli. Nervové zakončení je citlivé k mechanické stimulaci, což umožňuje ohyb převádět v receptorový potenciál a poté v nervový signál.

V experimentu jsou zkoumány různé skupiny bakterií a jednobuněčných řas známé svou schopností magnetotaxe, což znamená pohyb podél magnetických indukčních čar. Tyto řasy syntetizují feromagnetické krystaly magnetozomy. Jsou to obvykle krystaly typu magnetitu ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), pyrhotinu ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) vzácně pak greigitu ( $\text{Fe}_3\text{S}_4$ ). Magnetit můžeme často nalézt v tkáních živočichů, ale lze ho nalézt i v mozku člověka, může být i vedlejší produkt metabolismu železa. Aby šlo o opravdový magnetoreceptor, musí mít kontakt s nervovým systémem. I když

je tento kontakt předpokládáný, je dosud málo studií, které by na jednom modelu analyzovaly dopodrobna chemické složení feromagnetického materiálu, jeho fyzikální vlastnosti, strukturní uspořádání, přesnou lokalizaci a hlavně kontakt s nervovým systémem (Winklhofer, 2009).

Nejprobádanějšími druhy jsou doposud pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*) a holub domácí (*Columba livia domestica*). Čichová sliznice pstruha obsahuje buňky obsahující jednodoménoový magnetit. Tyto krystaly magnetitu jsou uspořádány do řetízků o délce asi 1 $\mu$ m, to způsobuje dost silnou interakci s geomagnetickým polem. Oblast čichové sliznice je inervována větví trojklaného nervu, která má jednotky reagující na změnu vlastní aktivity proti změně intenzity magnetického pole.

Výsledkem je hypotéza, že buňky obsahující magnetit, mohou vnímat intenzitu magnetického pole a jsou schopny převést magneticky vyvolanou mechanickou sílu v elektrický signál. Přímý důkaz o tom však chybí.

U holubů v horní polovině zobáku byly nalezeny nanokrystaly magnetitu. Ty jsou uvnitř nervových zakončení seskupeny do shluků podél plazmatické membrány. Tyto shluky jsou opouzřeny membránou. V nervových zakončeních jsou také komplexy anamorfního železa, které hypoteticky fungují jako lokální zesilovač magnetického pole. Nervová zakončení, která obsahují magnetit, patří senzitivním vláknům trojklaného nervu.

Jsou přímé důkazy o tom, že trojklaný nerv inervuje magnetoreceptory. Pokud dojde k přetnutí trojklaného nervu, holub ztratí schopnost rozlišit přítomnost magnetické anomálie a některé neurony v gangliu trojklaného nervu mohou přecitlivěle reagovat na malé změny intenzity magnetického pole. Pokud se jedná o pstruhu, jde o receptory intenzity magnetického pole (Němec a Vácha, 2007).

### 2.4.3 Chemická magnetorecepce

Tato teorie vychází z toho, že magnetorecepce je způsobená biochemickými reakcemi. Tyto reakce jsou ovlivněny magnetickým polem Země. Meziproduktem těchto reakcí jsou volné radikálové páry. Z toho vyplívá i označení hypotézy volných radikálů (Lohmann, 2010). Tato hypotéza se stala podkladem pro magnetický kompas ptáků (Schulten, 1982).



Radikálové páry jsou složené ze dvou nabitých molekul, ty ve své blízkosti uchovávají molekuly rozpouštědla (Johnsen a Lohmann, 2005). V první fázi procesu se absorbuje foton specializovanými fotopigmenty, to má za následek excitovaný stav. V druhé fázi procesu se dvě fotopigmentické molekuly spojí, tím vytvoří signetový radikálový pár. Každá z těchto dvou molekul má nepárový elektron a nepárový spin. Tato přeměna nazývaná jako interkonverze, se může změnit ze signetového páru na pár triplenový, jehož spin je paralelní (Wiltschko a Wiltschko, 2005).

Reakční rychlost je částí chemické reakce a chemické vlastnosti. Ta se odvíjí od postavení spinů. Slabost vnějšího magnetického pole má vliv na jemné pole vnitřní. Vnější pole a jeho účinky jsou závislé hlavně na jeho intenzitě a také především orientací k molekulární stavbě (Winklhofer, 2009).

U organismů mohou vzniknout radikálové páry ve většině případů ve fotopigmentech (např. chlorofylu nebo flavinu) a to při vybuzení světlem. Dodnes nebyly nalezeny přímé důkazy o chemické magnetorecepci, avšak nové experimenty a výzkumy nalézají spojitost mezi magnetorecepcí a optickou soustavou. Je zde například objev, že magnetický kompas ptáků je založen na principu hypotézy radikálových párů (Němec a Vácha, 2007).

## 2.5 Magnetická orientace u vybraných druhů živočichů

Pro tuto kapitolu bylo vybráno pouze několik výzkumů zaměřených na živočichy v souvislosti s magnetickou orientací, a to z důvodu jejich velkého množství.

### 2.5.1 Hmyz

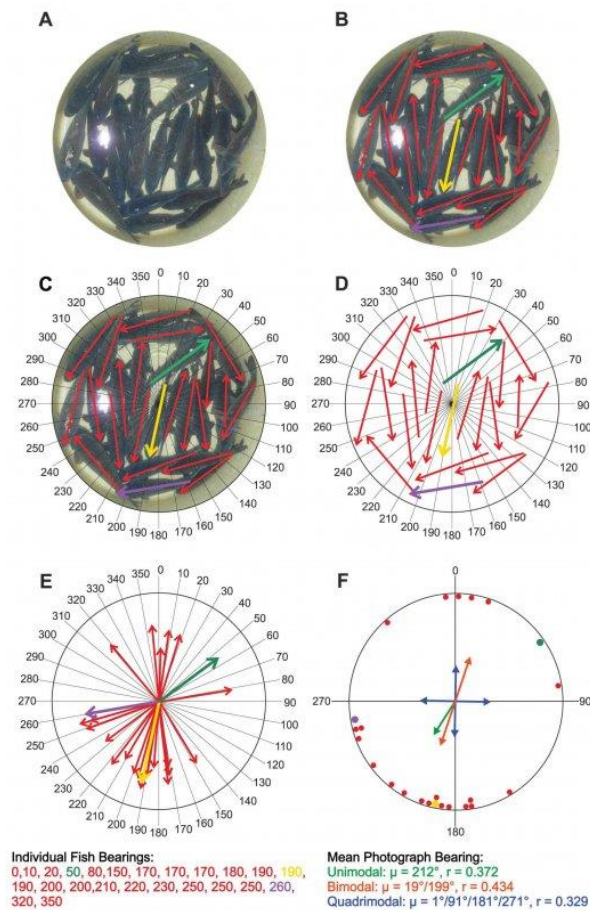
Je známo, že mnoho zvířat má magnetický smysl, který jim pomáhá při přesunu z jednoho místa na druhé. U hmyzu, byl tento smysl studován detailně u včely medonosné (*Apis mellifera*), kde bylo zjištěno, že se orientuje pomocí magnetického pole Země. Schopnost je spojována s oblastí příčně orientovaného magnetického materiálu umístěného v přední části břicha. Magnetický moment se vyvíjí zřejmě v pupálním stádiu vývoje a přetrvává až do dospělosti.

Další výzkum zaměřený na hmyz byl proveden na osenici šťovíkové (*Noctua pronuba*), která se v noci orientuje pomocí měsíce a hvězd. Nicméně radarové studie prokázaly, že tato můra je schopna se orientovat i bez těchto ukazatelů.

Můra byla umístěna do klece v době, kdy obloha nebyla jasná a hvězdy na nebi nebyly viditelné. Při obrácení normálního zemského magnetického pole, můra reagovala na tento obrat změnou orientace. Závěr je takový, že můra využívá magnetického pole Země k zachování orientace v momentě, kdy není obloha jasná a hvězdy na nebi nejsou viditelné (Collet a Collet, 2002).

## 2.5.2 Ryby

Další zajímavý výzkum byl zaměřen na vánoční kapry v kruhových kádích. Výzkum byl proveden na kapru obecném (*Cyprinus carpio*). Měření bylo podrobena 817 jedinců v 80 kruhových kádích v 25 lokalitách České republiky. V tomto výzkumu byla opět potvrzena poloha, při níž je osa těla umístěna severojižním směrem (Hart a kol., 2012).



Obrázek 5. Kruhové diagramy s výsledným průměrným směrem všech kaprů, jednotlivých kruhových kádí (žlutá šipka) (Hart a kol., 2012).

### 2.5.3 Obojživelníci

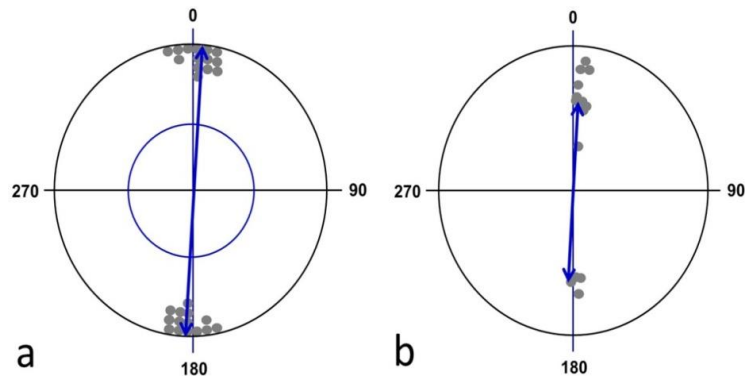
Jeden z mnoha výzkumů orientovaných na obojživelníky byl proveden na několika samcích čolka zelenavého (*Notophthalmus viridescens*). Testováním čolků byla prokázána unimodální kompasová orientace, při návratech do svého domácího rybníka. V prvním případě, byli čolci orientováni ve směru opačném od domovského rybníka, což zapříčinilo, že čolci změnili orientaci o 180°. V druhém případě byli čolci orientováni ve směru k domovskému rybníku, zde nebyla zaznamenána žádná změna jejich orientace. To vše může signalizovat, že čolci mají magnetický kompas, který je citlivý na polaritu magnetického pole (Phillips, 1986).

### 2.5.4 Plazi

Jeden z několika výzkumů zaměřených na magnetickou orientaci u plazů, byl proveden na mořských želvách. Laboratorní experimenty měly zjistit, zdali mají mláďata karety obecné (*Caretta caretta*), schopnost orientovat se pomocí magnetického pole Země. Při tomto experimentu bylo 16 mláďat jednotlivě umístěno do zařízení s otočným pákovým ramenem, které sledovalo směr plavání v úplné tmě a při světle. Mláďata byla testována v magnetickém poli Země, kde vykazovala unimodální orientaci při průměrném úhlu 45°. Při převrácení magnetického pole Země byl průměrný úhel 196°, želvy opět vykazovaly unimodální orientaci. Podle obou magnetických polí byla distribuce významě odlišná, což naznačuje, že magnetické pole ovlivnily orientaci želv (Lohmann, 1991).

### 2.5.5 Ptáci

Mezi další výzkumy týkající se magnetické orientace, můžeme zařadit výzkum zaměřený na přistávání vodního ptactva na vodní hladinu, ve kterém bylo změřeno přes 3000 dosedů hejn. V tomto počtu bylo 14 druhů vodních ptáků z 8 zemí světa. Opět byla potvrzena preference severojižní osy (Hart a kol., 2013a).

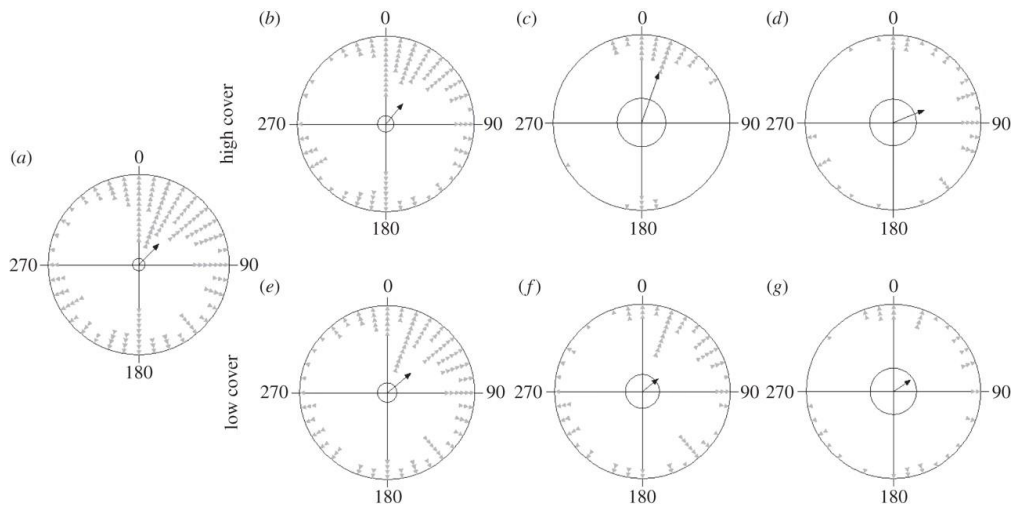


Obrázek 6. Kruhové diagramy s dosedy vodních ptáků (Hart a kol., 2013a)

## 2.5.6 Savci

### 2.5.6.1 Psovité

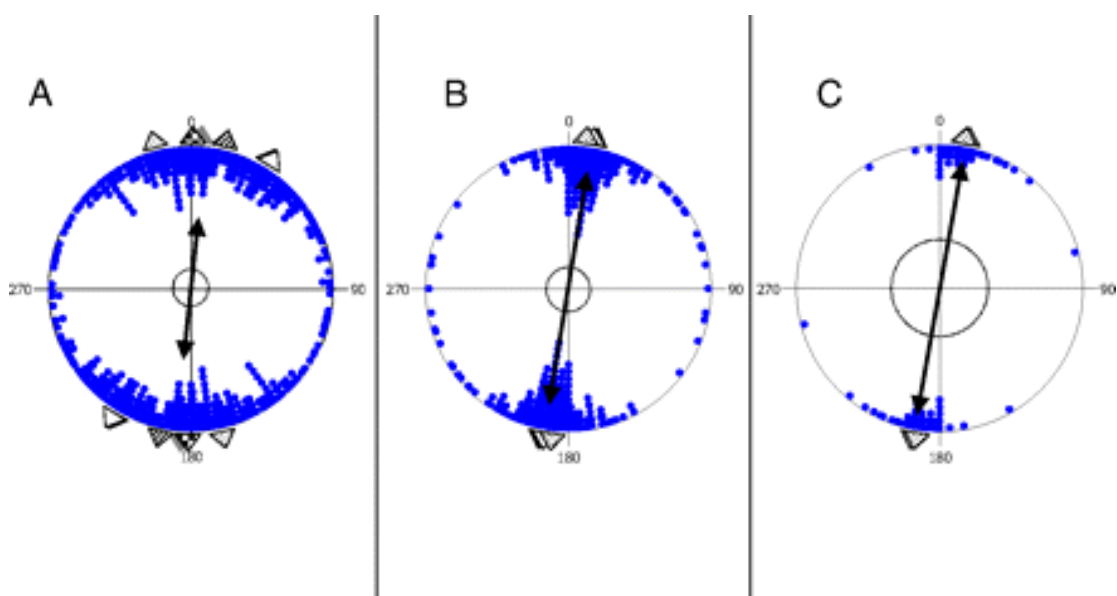
Další výzkum byl zaměřený na myškovající lišky obecné (*Vulpes vulpes*), které skáčou na svou kořist v severojižní ose. Lišky mají tendenci lovit svou kořist skokem v severovýchodním směru. Většina úspěšných útoků je orientována na sever. Útoky v jiném směru jsou většinou neúspěšné. Ve výzkumu nebyl zaznamenán významný rozdíl mezi výškou skoku při lovu ve vysoké vegetaci, na sněhu a v nízké vegetaci (Červený a kol., 2011).



Obrázek 7. Kruhové diagramy se směry skoků lišek na svou kořist (Červený a kol., 2011)

### 2.5.6.2 Turovití, jelenovití

Mezi první výzkumy vůbec, patří výzkum zaměřený na odpočinek, pastvení skotu a jelenů. Tato studie patří mezi první, která se zabývá výzkumem netažných živočichů. Zkoumán byl tur domácí (*Bos primigenius*), srnec obecný (*Capreolus capreolus*), jelen evropský (*Cervus elaphus*). Satelitní snímky obsahují analýzu prostorového rozmístění stád skotu. Tyto snímky jsou volně dostupné na internetu, můžeme je konkrétně nalézt ve vyhledávači Google Earth. Předmětem terénního sledování a zaměřování jsou jelení a srnčí zálehy na sněhové pokrývce, tyto zálehy prokázaly, že sledovaní jedinci upřednostňují polohu, při níž osa těla probíhá severojižním směrem (Burda a kol., 2008). Také profesor Hynek Burda, který působí na univerzitě v Essenu, přišel k závěru, že krávy vnímají magnetické pole Země. Analýza satelitních snímků, kterou poskytuje Google Earth, ukázala na to, že osy těl zkoumaných krav jsou souběžné se severojižní osou (Burda a kol., 2008).



Obrázek 8. Kruhové diagramy s pozicemi os těl přežvýkavců (A) skot, (B) srnec, (C) jelen (Červený a kol., 2011)

Z obrázku je možno vidět, že zvířata preferují při pastvení i odpočinku severojižní osu. Data diagramu vychází z 6 kontinentů. (tečkovaná šipka - Severní Amerika, šedá šipka - Asie, kostkovaná šipka - Evropa, pruhovaná šipka - Austrálie, černá šipka - Afrika, bílá šipka - Jižní Amerika)

## 3 METODIKA

### 3.1 Sběr dat

Sběr dat probíhal od 6. října 2015 do 6. listopadu 2016.

#### 3.1.1 Vybavení, postup měření

K měření byl využit kompas a fotoaparát s rozlišením 8 Mpix. Měření probíhalo tak, že kompas byl přiložen k plodnici takovým směrem, aby střed plodnice a střed stromu, byl v jedné ose. Poté byl kompas s plodnicí vyfocen. Fotky pořízené z měření sloužily k následnému vyhodnocování pomocí statistického programu Oriana. Upřednostňovány byly plodnice, které z vizuálního hlediska nevykazovaly interferenci vnějšími vlivy.

#### 3.1.2 Specifikace lokalit

Hlavní sběr dat se uskutečnil v obci Řitka. Pro nedostatečné množství plodnic v obci Řitka a jejím okolí, byly vybrány k získání většího počtu dat, další dvě lokality a to ve vesnici Poněšice a městské části Praha - Zbraslav.

První lokalita, se nachází v okrese Praha - západ, v obci Řitka. Sběr dat probíhal po celé obci a jejím okolí. Největší počet plodnic byl sesutředen na dvou stanovištích.

Prvním stanoviště se nachází v údolí Všenorského potoka v obci Řitka. Potok pramení východně od Řitky a je pravým přítokem Berounky. Údolí se nachází ve výškovém rozpětí 368 - 378 m. n. m. (Český geologický ústav, 2014). Reliéf terénu je pahorkatinný. Výška korunového zápoje je okolo 17 m. Půdní typ a druh je kambizem modální. Na stanovišti se nachází horniny v podobě štěrku, písku a hlíny. Regionální zařazení patří do soustavy Českého masivu a oblasti kvartéru. Lesní vegetační stupeň je bukodubový. V porostu dominuje dub letní (*Quercus robur*), dále pak v menším množství buk lesní (*Fagus sylvatica*), modřín opadavý (*Larix decidua*), růže šípková (*Rosa canina*), bříza bělokorá (*Betula pendula*). V okolí potoka se nachází habr obecný (*Carpinus betulus*) a vrba jíva (*Salix caprea*) (Divíšek a Culek, 2010).

Druhé stanoviště se nachází v oblasti hřebenů Brdských lesů u obce Řitka. Oblast, ve které probíhal sběr a měření, se nachází ve výškovém rozmezí 442 - 480 m.n.m. Reliéf terénu je pahorkatinný. Na stanovišti jsou horniny v podobě droby, písكوce, prachovce a jílové břidlice. Regionální řazení je v soustavě Českého masivu, středočeské oblasti (bohemikum), regionu Barrandien, jednotce paleozoikum Barrandienu, subjednotce pražské pánve. (Český geologický ústav, 2014). Výška korunového zápoje je okolo 20 m. Lesní vegetační stupeň je dubobukový. V porostu dominuje buk lesní (*Fagus sylvatica*). Dále je zde dub letní (*Quercus robur*), habr obecný (*Carpinus betulus*), růže šípková (*Rosa canina*), vrba bílá (*Salix alba*) smrk ztepilý (*Picea abies*), modřín opadavý (*Larix decidua*), borovice lesní (*Pinus sylvestris*) (Divíšek a Culek, 2010).

Druhá lokalita se nachází v městské části Praha - Zbraslav. Lokalita je označována jako Krňák či mrtvé rameno Berounky. Oblast je chráněna jako přírodní památka. Jedná se o tůň, kterou prochází Lipanský potok. Kdysi bývalé rameno Berounky. Lokalita je ve výškovém rozpětí 190 - 210 m. n. m. Reliéf terénu je nížinný až pahorkatinný. Půdní typ a druh je kambizem fluvická. Na lokalitě jsou nezpevněné horniny jako je písek, štěrk a hlína. Regionální zařazení je v soustavě Český masiv, oblasti kvartér. (Český geologický ústav, 2014). Výška korunového zápoje je okolo 20 m. Lesní vegetační stupeň je dubový. V lokalitě převládá dub letní (*Quercus robur*) a topol černý (*Populus nigra*), další dřeviny jsou například olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), vrba bílá (*Salix alba*) (Divíšek a Culek, 2010).

Třetí lokalita se nachází v okrese České Budějovice ve vesnici Poněšice. Měření a sběr probíhal v Poněšické oboře. Obora je ve výškovém rozpětí 420 - 490 m. n. m. Reliéf terénu je kopcovitý až pahorkatinný. Hornina nacházející se v lokalitě je pararula. Regionální zařazení je v soustavě Českého masivu a v Moladanubické oblasti (Český geologický ústav, 2014). Výška korunového zápoje se pohybuje okolo 25 m. Lesní vegetační stupeň je dubobukový. V porostu dominuje buk lesní (*Fagus sylvatica*), dále se zde v menším množství vyskytuje dub letní (*Quercus robur*), dub zimní (*Quercus petraea*), javor mléč (*Acer platanoides*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*), habr obecný (*Carpinus betulus*) (Divíšek a Culek, 2010).

## 3.2 Analýza dat

### 3.2.1 Statistický program Oriana

Data, která byla naměřena a seříděna byla vyhodnocována pomocí statistického programu Oriana. Program Oriana umí analyzovat úhly, směry a kruhová data v časových obdobích (denní, týdenní, měsíční).

Data mohou být graficky zobrazena několika různými způsoby - různými diagramy, vektorovými grafy, histogramy apod. Výsledky jsou v podobě základních statistických údajů, například kruhový průměr, medián, kruhový rozptyl (směrodatná odchylka, koncentrace, intervaly spolehlivosti). Program umožňuje provést jednovýběrové testy nebo párové vícevýběrové testy a také párové korelace.

Výsledky mohou být znázorněny v tabulkách a grafech. Především grafy jsou vhodné k vykreslení kruhových dat (Kovach, 2009).

### 3.2.2 Rayleighův test rovnoměrnosti

Rayleighův test rovnoměrnosti je jednovýběrový test. Tento test počítá s tím, že nulová hypotéza udává, že data jsou rozdělena rovnoměrně bez shluků.

Hodnotu vypočteme podle vzorce  $Z = n * r^2$ . V tomto vzorci je  $n$ , počet pozorování a  $r$  je délka středního vektoru. S delším středním vektorem roste i větší koncentrace dat kolem průměru, to snižuje pravděpodobnost, že data budou rozdělena rovnoměrně. Při pravděpodobnosti nižší než je zvolená hranice významosti (nejčastěji 0,05), nejsou data rovnoměrně distribuována a naznačují známky přednostního směru (Kovach, 2009).

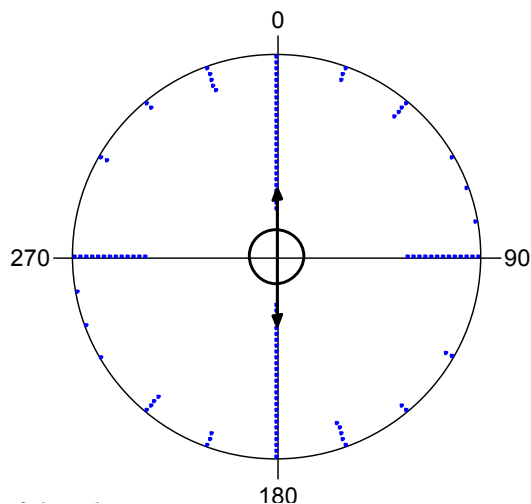


## 4 VÝSLEDKY

Graf (Obrázek 9 - 11) vyjadřuje výsledky, které znázorňují axiální rozdělení naměřených dat získaných z kompasového měření plodnic. Statická signifikance je znázorněna délkou šipky, přičemž vnitřní kruh označuje hranici 5% významnosti Rayleighova testu. Základní statické údaje vzniklé z analýz jsou znázorněny v následujících grafech.

### 4.1 Orientace růstu plodnic

#### 4.1.1 Orientace růstu plodnic - pro všechny lokality



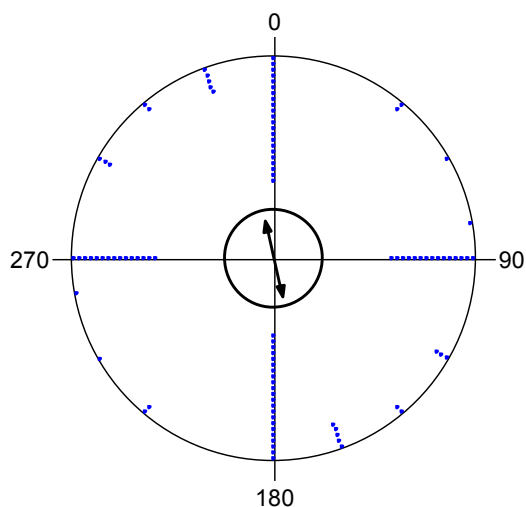
Obrázek 9. Axiální vyjádření orientace růstu plodnic - všechny lokality

Ve statistické analýze bylo zpracováno 165 měření. Výsledný vektor, který je axiálním vyjádřením orientace růstu plodnic je  $179,448^\circ$  (Tabulka 1).

Tabulka 1. Základní statistické údaje - orientace růstu plodnic pro všechny lokality

Variable	Axial
Data Type	Axial
<b>Number of Observations</b>	<b>165</b>
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	$10^\circ$ (18)
<b>Mean Vector (<math>\mu</math>)</b>	<b><math>179,448^\circ</math></b>
Length of Mean Vector ( $r$ )	0,336
Concentration	0,715
Circular Variance	0,332
Circular Standard Deviation	$42,284^\circ$
<i>One Sample Tests</i>	
Rayleigh Test (Z)	18,68
Rayleigh Test (p)	$7,72E-9$

#### 4.1.2 Orientace růstu plodnic - pro lokalitu Řitka



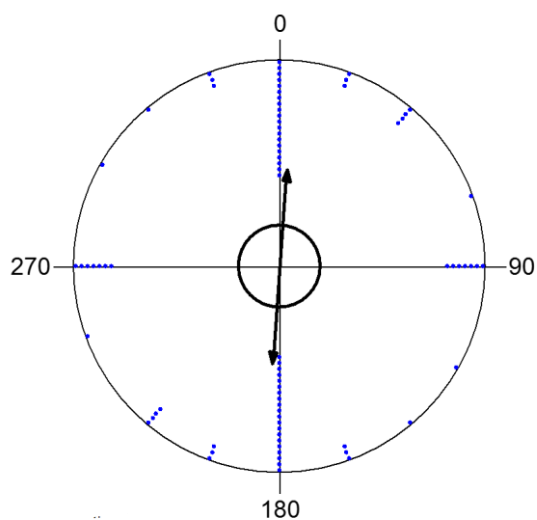
Obrázek 10. Axiální vyjádření orientace růstu plodnic - Řitka

Ve statistické analýze bylo zpracováno 51 měření. Výsledný vektor axiálního vyjádření růstu plodnic je  $165,898^\circ$  (Tabulka 2).

Tabulka 2. Základní statistické údaje - orientace růstu plodnic pro lokalitu Řitka

Variable	Axial
Data Type	Axial
<b>Number of Observations</b>	<b>51</b>
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	$10^\circ$ (18)
<b>Mean Vector (<math>\mu</math>)</b>	<b><math>165,898^\circ</math></b>
Length of Mean Vector ( $r$ )	0,191
Concentration	0,389
Circular Variance	0,404
Circular Standard Deviation	$52,127^\circ$
<b>One Sample Tests</b>	
Rayleigh Test ( $Z$ )	1,861
Rayleigh Test ( $p$ )	0,156

### 4.1.3 Orientace růstu plodnic - pro lokalitu Zbraslav



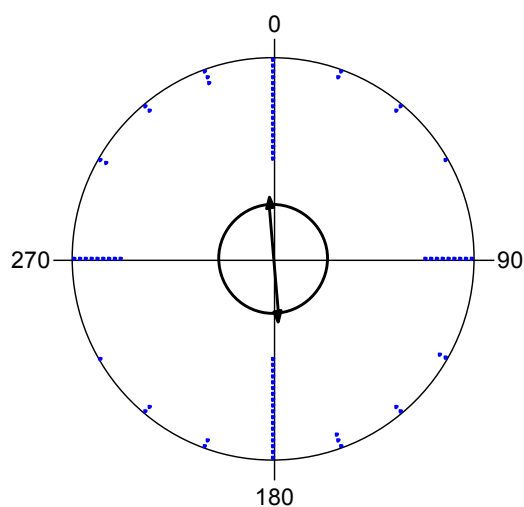
Obrázek 11. Axiální vyjádření orientace růstu plodnic - Zbraslav

Ve statistické analýze bylo zpracováno 75 měření, které pocházely z kompasového měření. Výsledný vektor axiálního vyjádření růstu plodnic je  $4,111^\circ$  (Tabulka 3).

Tabulka 3. Základní statistické údaje - orientace růstu plodnic pro lokalitu Zbraslav

Variable	Axial
Data Type	Axial
<b>Number of Observations</b>	<b>75</b>
Data Grouped?	No
Group Width (& Number of Groups)	
<b>Mean Vector (<math>\mu</math>)</b>	<b><math>4,111^\circ</math></b>
Length of Mean Vector ( $r$ )	0,47
Concentration	1,063
Circular Variance	0,265
Circular Standard Deviation	$35,197^\circ$
One Sample Tests	
Rayleigh Test (Z)	16,576
Rayleigh Test (p)	6,32E-8

#### 4.1.4 Orientace růstu plodnic - pro lokalitu Poněšice



Obrázek 12. Axiální vyjádření orientace růstu plodnic - Poněšice

Ve statistické analýze bylo zpracováno 39 měření, které pocházely z kompasového měření. Výsledný vektor axiálního vyjádření růstu plodnic je  $176,424^\circ$  (Tabulka 4).

Tabulka 4. Základní statistické údaje - orientace růstu plodnic pro lokalitu Poněšice

Variable	Axial
Data Type	Axial
<b>Number of Observations</b>	<b>39</b>
Data Grouped?	No
Group Width (& Number of Groups)	
<b>Mean Vector (<math>\mu</math>)</b>	<b><math>176,424^\circ</math></b>
Length of MeanVector (r)	0,311
Concentration	0,654
Circular Variance	0,345
Circular Standard Deviation	$43,8^\circ$
One Sample Tests	
Rayleigh Test (Z)	3,766
Rayleigh Test (p)	0,022

## 5 DISKUZE

Je třeba zohlednit, že doposud nebyl proveden žádný výzkum, zabývající se vlivem magnetického pole Země na růst plodnic dřevokazných hub. Říše hub nebyla doposud do těchto výzkumů zahrnuta.

Většina výzkumu zabývající se touto problematikou byla zaměřena převážně na říši mnohobuněčných heterotrofních organismů (živočichů). Kompasový smysl živočichů byl poprvé zaznamenán u migrujících ptáků, konkrétně u červenky obecné (*Erithacus rubecula*) (Wiltschko a Wiltschko, 2005). Další z těchto mnoha výzkumů je například sledování skotu a jelenů při pastvení a odpočinku pomocí satelitních snímků na Google Earth, kde Begall a kol. (2008) potvrdili preferenci severojižního směru. Také Červený a kol. (2011) prokázali, že lišky obecné (*Vulpes vulpes*) loví kořist směrem na sever. Další výzkum, který byl zaměřený na vánoční kapry obecné (*Cyprinus carpio*) v kádích opět prokázal severojižní preferenci (Hart a kol., 2012). Tuto orientaci mají i vodní ptáci přistávající na vodní hladinu (Hart a kol., 2013a).

Naproti mnohobuněčným organismům jsou zde jednobuněčné prokaryotické organismy (bakterie), u nichž byla magnetická orientace poprvé popsána Blakemorem (1975), ten popsal bakterii, která se pohybuje severním směrem. Tento jev způsobují malé částice magnetitu ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), uspořádané do řetězů. Jejich magnetický moment otáčí tyto bakterie současně s vedlejším koncem do pozice rovnoběžné vůči severu. První magnetitová bakterie byla popsána na mořském sedimentu, avšak později byla také nalezena v sedimentech sladké vody (Frankel a kol., 1979; Kirschvink, 1980)

V rámci celkové statistické analýzy bylo zpracováno 165 měření orientace růstu plodnic. Následné statistické vyhodnocení prokázalo severojižní preferenci růstu plodnic. Měření probíhalo ve třech lokalitách. Výsledný vektor pro všechny lokality byl  $179,448^\circ$ . Pro lokalitu Řitka byl výsledný vektor  $165,898^\circ$ , pro lokalitu Zbraslav  $4,111^\circ$  a pro lokalitu Poněšice  $176,424^\circ$ . Z těchto výsledků vyplývá, že na všech lokalitách plodnice vykazovaly preferenci severojižního směru. To odpovídá mnoha předchozím výzkumům.

Přesto, že tyto dva jevy spolu korelují, nelze z toho vyvozovat, že jeden jev je příčinou a druhý jev je kauzálním následkem. To ovšem nemusí znamenat, že by kauzalita byla zcela vyloučená, jen není pohou korelací prokázána.

Je zde mnoho faktorů, které je třeba brát v potaz, například to, že většina dřevokazných hub vyžaduje pro svou existenci značnou vlhkost v rozmezí 18 – 20 %, což odpovídá relativní vlhkosti vzduhu (85 – 90 %) a vyšší teploty pro většinu našich dřevokazných hub v rozmezí 20 – 30 °C. Jelikož vyšla na dvou lokalitách preference spíše jižního směru, je tedy možné, že byl růst ovlivněn například osvětlením z jižní světové strany, která je nejvíce osvětlená. V případě vlhkosti mohl být růst plodnic ovlivněn potoky, u kterých se dvě ze tří lokalit vyskytovaly, avšak toto ovlivnění nebylo sledováno.

Další faktor, který může ovlivnit výsledný vektor uvedli ve své studii Burda a kol. (2009), zde bylo zjištěno, že magnetické pole vzniklé pod elektrickým vedením vysokého napětí přerušuje preferenci severojižního směru.

Tento faktor, přerušující preferenci severojižního směru byl zjištěn i v bakalářské práci zaměřené na magnetickou orientaci špringršpaněla se zaměřením na krmení. Zde byl psovi předkládán pod misku a obojek magnet, který představoval slabé magnetické pole, rušící severojižní preferenci (Žďárská, 2014).

I v tomto případě, nemohlo dojít k přerušení preference severojižní osy, neboť ani jedna z lokalit nebyla v blízkosti elektrického vedení vysokého napětí.

Další faktor ovlivňující výsledný vektor je ovlivnění lokální anomálií magnetického pole. Tato fyzikální veličina má v geofyzice dva významy. Prvním je odchylka od normálu a druhým je plocha, kterou tato odchylka pokrývá. Jako anomálii můžeme označit místa s jinou intenzitou magnetického pole. Anomálie lze rozdělit dle hloubky zdrojů, velikosti či tvaru (Šlansky a Gnojek, 2002). Mapy s těmito anomáliemi je možné nalézt v Českém geologickém ústavu v Praze.

V neposlední řadě je třeba zmínit možné narušení preference severojižního směru fluktuací zemského magnetického pole (Hart a kol., 2013b).

## 6 ZÁVĚR

Tématem bakalářské práce byla druhová rozmanitost běžných dřevokazných hub v Praze - západ a vliv magnetického pole Země na růst plodnic.

Teoretická část práce byla vytvořena formou literární rešerše, skládající se z pěti podkapitol - houby, dřevokazné houby, magnetická orientace, magnetorecepce a magnetická orientace u vybraných druhů živočichů.

V praktické části šlo o posouzení vlivu magnetického pole Země na růst plodnic dřevokazných hub. Upřednostňovány byly plodnice, které z vizuálního hlediska nevykazovaly interferenci vnějšími vlivy.

V statistické analýze bylo zpracováno 165 měření, získaných ze tří lokalit. Data, která byla naměřena a seříděna, byla vyhodnocována pomocí statistického programu Oriana. Jednotlivé dílčí analýzy poskytly výsledky odpovídající předchozím studiím.

V práci byly také diskutovány možné faktory ovlivňující výsledný vektor, jako je například vedení vysokého napětí, lokální anomálie či fluktuace. Vyloučit lze jen vliv vedení vysokého napětí, neboť v blízkosti výzkumu žádné nebylo. Lokální anomálie a fluktuaci nelze zamítnout ani potvrdit. Dalším faktorem ovlivňující výsledný vektor byla vyšší teplota. Tento faktor bylo možné brát v potaz u dvou ze tří lokalit, neboť jejich orientace vyšla na jižní světovou stranu, na kterou dopadá nejvíce slunečního záření.

Cílem bakalářské práce bylo zjistit druhové spektrum dřevokazných hub především v Praze - západ a posouzení vlivu zemského magnetického pole na směr růstu plodnic. Následné statistické vyhodnocení prokázalo severojižní preferenci růstu plodnic.

## 7 SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

BEGALL, S., ČERVENÝ, J., NEEF, J., VOJTĚCH, O., BURDA, H. Magnetic alignment in grazing and resting cattle and deer. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2008, vol. 105, no. 36, p. 13451 - 13455.

BEGALL, S., MALKEMPER, E. P., ČERVENÝ, J., NĚMEC, P., BURDA, H. Magnetic alignment in mammals and other animals. *Mammalian Biology - Zeitschrift für Säugetierkunde*. 2013, vol. 78, no. 1, p. 10 - 20.

BLAKEMORE, R. O. Magnetotactic bacteria. *Science*. 1975, vol. 190, p. 77 - 379.

BOLES, L. C., LOHMANN, K. J. True navigation and magnetic maps in spiny lobsters. *Nature*. 2003, vol. 421, no. 6918, p. 60 - 63.

BURDA, H., BEGALL, S., ČERVENÝ, J., NEEF, J. a NĚMEC, P. Extremely low - frequency electromagnetic fields disrupt magnetic alignment of ruminants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2009, vol. 106, no. 14, p. 5708 - 5713.

BURDA, H., ČERVENÝ, J., VOJTĚCH, O. Magnetické krávy a internet přitahují. *Vesmír 87*. 2008, s. 750 - 753.

COLLET, T. S., COLLET, M. Memory use in insect visual navigation. *Nature reviews Neuroscience*. 2002, vol. 3, no. 7, p. 542 - 552.

ČERVENÝ, J., BEGALL, S., KOUBEK, P., NOVÁKOVÁ, P., BURDA, H. Directional preference may enhance hunting accuracy in foraging foxes. *Biology Letters*. 2011, vol. 7, p. 355 - 357.

Česká geologická služba: Geologická mapa 1: 50 000. *Česká geologická služba: Geologická mapa 1: 50 000* [online]. Praha: ČÚZK, 2014 [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: [http://mapy.geology.cz/geocr\\_50/](http://mapy.geology.cz/geocr_50/)

DIVÍŠEK J., CULEK M. Společenstva: Bukodubový vegetační stupeň. *Biogeografie: Multimediální výuková příručka* [online]. Masarykova univerzita v Brně: Geografický ústav, Přírodovědecká fakulta, 2010 [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/el/1431/jaro2010/Z0005/18118868/index\\_com\\_2VS.html](https://is.muni.cz/el/1431/jaro2010/Z0005/18118868/index_com_2VS.html)

DIVÍŠEK J., CULEK M. Společenstva: Dubobukový vegetační stupeň. *Biogeografie: Multimediální výuková příručka* [online]. Masarykova univerzita v Brně: Geografický ústav, Přírodovědecká fakulta, 2010 [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/el/1431/jaro2010/Z0005/18118868/index\\_com\\_3VS.html](https://is.muni.cz/el/1431/jaro2010/Z0005/18118868/index_com_3VS.html)



DIVÍŠEK J., CULEK M. Společenstva: Dubový vegetační stupeň. *Biogeografie: Multimediální výuková příručka* [online]. Masarykova univerzita v Brně: Geografický ústav, Přírodovědecká fakulta, 2010 [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/el/1431/jaro2010/Z0005/18118868/index\\_com\\_1VS.html](https://is.muni.cz/el/1431/jaro2010/Z0005/18118868/index_com_1VS.html)

FRANKEL, R. B., BAKEMORE, R. P., RALPH S. W Magnetite in freshwater magnetotactic bacteria. *Science*. 1979, vol. 203, no. 4387, p. 1355 - 1356.

HART, V., KUŠTA, T., NĚMEC, P., BLÁHOVÁ, V., JEŽEK, M., NOVÁKOVÁ, P., BEGALL, S., ČERVENÝ, J., HANZAL, V., MALKEMPER, E. P., ŠTÍPEK, K., VOLE, CH., BURDA, H. Magnetic alignment in carps: evidence from the Czech Christmas fish market. *PLoS One*. vol. 7, no. 12, e51100.

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. Directional compass preference for landing in water birds. *Frontiers in zoology*. 2013a, vol. 10, no. 1, p. 1 - 10.

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. Dogs are sensitive to small variations of the Earth's magnetic field. *Frontiers in Zoology*. 2013b, vol. 10., p. 1 - 12.

HOLLAND, R. A., BORISSOV, I., SIEMERS, B. M. A nocturnal mammal, the greater mouse - eared bat, calibrates a magnetic compass by the sun. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2010, vol. 107, no. 15, p. 6941 - 6945.

HOLLAND, R. A., KIRSCHVINK, J. L., DOAK, T. G., WIKELSKI, M. Bats use magnetite to detect the Earth's magnetic field. *PLoS One*. 2008, vol. 3, no. 2, e1676.

JOHNSEN, S., LOHMANN, K. Magnetoreception in animals. *Physics Today*. 2008, vol 61, no. 3, p. 29 - 35.

JOHNSEN, S., LOHMANN, K. The physics and neurobiology of magnetoreception. *Nature Reviews Neuroscience*. 2005, vol. 6, no. 9, p. 703 - 712.

KIRSCHVINK, J. L., JAMES, L. G. Biogenic magnetite as a basis for magnetic field detection in animals. *Biosystem*. 1981, vol. 13, no. 3, p. 181 - 201.

KOVACH, W. L. Oriana - Circular Statistics for Windows, version 3. [online]. Pentraeth, Wales, U. K.: Kovach Computing Services, 2009 [cit. 2017-04-01]. Dostupné z: <http://www.kovcomp.com/oriana3man.pdf>

- KŘÍSTEK, J., JANČAŘÍK, V., MENTBERGER, J., VICENTA, I., VOLNÝ, S. Ochrana lesů a přírodního prostředí. *Matice lesnická v Praze*. 2002, 386 s. ISBN 80-86271-08-0.
- LOHMANN, K. J. Magnetic - field perception. *Nature*. 2010, vol. 464, no. 7292, p. 1140 – 1142.
- LOHMANN, K. J. Magnetic orientation by hatching loggerhead sea turtles (Caretta caretta) *Journal of Experimental Biology*. 1991, vol. 155, no. 1, p. 37 - 49.
- LOHMANN, K. J., LOHMANN, C. M. F. Detection of magnetic inclination angle by sea turtles: A possible mechanism for determining latitude. *Journal of Experimental Biology*. 1994, vol. 194, no. 1, p. 23 - 32.
- LOHMANN, K. J., JOHNSEN, S. The neurobiology of magnetoreception in vertebrate animals. *Trends in Neurosciences*. 2000, vol. 23, no. 4, p. 153 - 159.
- MARHOLD, S., WILTSCHKO, W., BURDA H. A magnetic polarity compass for direction finding in a subterranean mammal. *Naturwissenschaften*. 1997, vol. 84, no. 9, p. 421 - 423.
- MORITZ, R. E., BURDA, H., BEGALL, S., NĚMEC, P. Magnetic compass: A useful tool underground, In: BEGALL, S., BURDA, H. a SCHLEICH, C. E. (eds.). Subterranean rodents: *News from underground*. 2007, p. 161 - 174. ISBN 978-3-540-69276-8.
- NĚMEC, P., VÁCHA, M. Kompas a mapa. *Vesmír*. 2007, vol. 86, no. 4, s. 224 - 228.
- NĚMEC, P., VÁCHA, M. Mechanismy magnetorecepce. *Vesmír*. 2007, vol. 86, no. 5, s. 284 - 289.
- PEŠKOVÁ, V., ČÍŽKOVÁ, D. Lesnická fytopatologie. *ČZU v Praze*. 2015, vydání 1, s. 109, ISBN 978-80-213-2603-3.
- PHILLIPS, R. B. Two magnetoreception pathways in a migratory salamander. *Science*. 1986, vol. 233, no. 4765, p. 765 - 767.
- ŠEFCŮ, O., VINAŘ, J., PACÁKOVÁ, M. Metodika ochrany dřeva. *Státní ústav památkové péče v Praze*. 2000, ISBN 80-86234-14-2, 68 s.
- TEJMLOVÁ, K. Magnetická orientace savců. Bakalářská práce. *Univerzita Karlova v Praze*. 2010, 27 s.
- THALAU, P., RITZ, T., BURDA, H., WEGNER, R.E., WILTSCHKO, R. The magnetic compass mechanisms of birds and rodents are based on different

physical principles. *Journal of the royal Society Interface*. 2006, vol. 3, no. 9, p. 583 - 587.

VÁCHA, M., KVÍČALOVÝ, M., PŮŽOVÁ, T. American cockroaches prefer four cardinal geomagnetic positions at rest. *Behavior*. 2010, vol. 147, no. 4, p. 425 - 440.

WILTSCHKO, R., WILTSCHKO, W. Magnetic orientation in animals. *Springer Berlin Heidelberg*. 1995, p. 255 - 260. ISBN 978-3-642-79749-1

WILTSCHKO, W., WILTSCHKO, R. Magnetic orientation and magnetoreception in birds and other animals. *Journal of Comparative Physiology*. 2005, vol. 191, no. 8, p. 675 - 693.

WILTSCHKO, W., WILTSCHKO, R. Magnetic orientation in birds. *Journal of Experimental Biology*. 1996, vol. 199, no. 1, p. 29 - 38.

WINKLHOFER, M. The physics of geomagnetic - field transduction in animals. *IEEE Transactions on magnetics*. 2009, vol. 45, no. 12, p. 5259 - 5265.

ŽDÁRSKÁ, L. Magnetická orientace špringšpaněla se zaměřením na krmení. Bakalářská práce. *ČZU v Praze*. 2014, 58 s.

## 8 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Tabulka zdrojových dat v lokalitě - Poněšice.....	45
Příloha 2 Tabulka zdrojových dat v lokalitě - Řitka.....	46
Příloha 3 Tabulka zdrojových dat v lokalitě - Zbraslav.....	47

## 9 PŘÍLOHY

Příloha 1 Tabulka zdrojových dat v lokalitě - Poněšice

Druh houby	Orientace ve °	Den	Měsíc	Rok	Lokalita	GPS souřadnice
<i>Phellinus spp.</i>	20	28	9	2016	Poněšice	49.103701, 14.488046
<i>Fomes fomentarius</i>	20	28	9	2016	Poněšice	49.103701, 14.488047
<i>Phellinus spp.</i>	40	28	9	2016	Poněšice	49.103701, 14.488048
<i>Inonotus spp.</i>	90	28	9	2016	Poněšice	49.103701, 14.488049
<i>Fomes fomentarius</i>	90	28	9	2016	Poněšice	49.103701, 14.488050
<i>Fomes fomentarius</i>	90	28	9	2016	Poněšice	49.103701, 14.488051
<i>Piptoporus betulinus</i>	90	28	9	2016	Poněšice	49.103701, 14.488052
<i>Ganoderma applanatum</i>	160	10	8	2016	Poněšice	49.103701, 14.488053
<i>Phellinus spp.</i>	160	28	9	2016	Poněšice	49.103701, 14.488054
<i>Fomes fomentarius</i>	180	10	8	2015	Poněšice	49.103701, 14.488055
<i>Phellinus spp.</i>	180	28	9	2016	Poněšice	49.103701, 14.488056
<i>Phellinus spp.</i>	180	28	9	2016	Poněšice	49.103701, 14.488057
<i>Phellinus spp.</i>	180	28	9	2016	Poněšice	49.103701, 14.488058
<i>Phellinus spp.</i>	180	28	9	2016	Poněšice	49.103701, 14.488059
<i>Phellinus spp.</i>	180	28	9	2016	Poněšice	49.103701, 14.488060
<i>Phellinus spp.</i>	180	28	9	2016	Poněšice	49.103701, 14.488061
<i>Fomes fomentarius</i>	180	10	8	2016	Poněšice	49.103701, 14.488062
<i>Pholiota adiposa</i>	180	28	9	2016	Poněšice	49.103701, 14.488063
<i>Fomes fomentarius</i>	240	10	8	2016	Poněšice	49.103701, 14.488064
<i>Fomes fomentarius</i>	270	10	8	2016	Poněšice	49.103701, 14.488065
<i>Fomes fomentarius</i>	270	28	9	2016	Poněšice	49.103701, 14.488066
<i>Fomes fomentarius</i>	270	28	9	2016	Poněšice	49.103701, 14.488067
<i>Inonotus spp.</i>	270	28	9	2016	Poněšice	49.103701, 14.488068
<i>Inonotus spp.</i>	300	28	9	2016	Poněšice	49.103701, 14.488069
<i>Fomes fomentarius</i>	300	28	9	2016	Poněšice	49.103701, 14.488070
<i>Fomes fomentarius</i>	320	28	9	2016	Poněšice	49.103701, 14.488071
<i>Fomes fomentarius</i>	320	28	9	2016	Poněšice	49.103701, 14.488072
<i>Phellinus spp.</i>	340	28	9	2016	Poněšice	49.103701, 14.488073
<i>Hymenochaetaceae spp.</i>	360	10	8	2016	Poněšice	49.103701, 14.488074
<i>mycetoza spp.</i>	360	10	8	2016	Poněšice	49.103701, 14.488075
<i>Fomes fomentarius</i>	360	10	8	2016	Poněšice	49.103701, 14.488076
<i>Fomes fomentarius</i>	360	27	9	2016	Poněšice	49.103701, 14.488077
<i>Fomes fomentarius</i>	360	28	9	2016	Poněšice	49.103701, 14.488078
<i>Inonotus spp.</i>	360	28	9	2016	Poněšice	49.103701, 14.488079
<i>Fomes fomentarius</i>	360	28	9	2016	Poněšice	49.103701, 14.488080
<i>Fomes fomentarius</i>	360	28	9	2016	Poněšice	49.103701, 14.488081
<i>Fomes fomentarius</i>	360	28	9	2016	Poněšice	49.103701, 14.488082

Příloha 2 Tabulka zdrojových dat v lokalitě - Řitka

<i>Fomes fomentarius</i>	220	6	10	2015	Řitka	49.913515, 14.303375
<i>Fomes fomentarius</i>	270	6	10	2015	Řitka	49.913515, 14.303376
<i>Dedaleopsis confragosa</i>	40	6	11	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Dedaleopsis confragosa</i>	40	6	11	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Dedaleopsis confragosa</i>	80	6	11	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Bjerkandera spp.</i>	90	9	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Inonotus spp.</i>	90	9	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Bjerkandera spp.</i>	90	9	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Bjerkandera spp.</i>	90	9	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Bjerkandera spp.</i>	90	9	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Fomes fomentarius</i>	90	9	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Inonotus spp.</i>	120	20	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Inonotus spp.</i>	120	20	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Fomes fomentarius</i>	140	24	9	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Inonotus spp.</i>	160	20	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Bjerkandera spp.</i>	180	9	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Bjerkandera spp.</i>	180	9	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Bjerkandera spp.</i>	180	9	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Bjerkandera spp.</i>	180	9	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Bjerkandera spp.</i>	180	9	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Auricularia judae</i>	180	20	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Inonotus spp.</i>	180	20	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Fomes fomentarius</i>	180	24	9	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Bjerkandera spp.</i>	180	9	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Fomes fomentarius</i>	240	24	9	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Fomes fomentarius</i>	270	24	9	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Auricularia judae</i>	270	20	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Phellinus spp.</i>	270	20	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Auricularia judae</i>	270	20	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Auricularia judae</i>	270	20	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Trametes versicolor</i>	270	20	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Trametes versicolor</i>	270	20	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Dedaleopsis confragosa</i>	270	6	11	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Dedaleopsis confragosa</i>	270	6	11	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Phellinus spp.</i>	300	20	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Fomes fomentarius</i>	320	24	9	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Phellinus spp.</i>	340	20	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Phellinus spp.</i>	340	20	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Auricularia judae</i>	340	20	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Auricularia judae</i>	340	20	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Fomes fomentarius</i>	360	24	9	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Auricularia judae</i>	360	20	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Auricularia judae</i>	360	20	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140

<i>Inonotus spp.</i>	360	20	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Inonotus spp.</i>	360	20	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Inonotus spp.</i>	360	20	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Inonotus spp.</i>	360	20	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Inonotus spp.</i>	360	20	10	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Dedaleopsis confragosa</i>	360	6	11	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Dedaleopsis confragosa</i>	360	6	11	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Dedaleopsis confragosa</i>	360	6	11	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Dedaleopsis confragosa</i>	360	6	11	2016	Řitka	49.898319, 14.298140
<i>Dedaleopsis confragosa</i>	360	6	11	2016	Řitka	49.898319, 14.298151

Příloha 3 Tabulka zdrojových dat v lokalitě - Zbraslav

<i>Fomes fomentarius</i>	20	13	10	2016	Zbraslav	49.978819, 14.391724
<i>Fomes fomentarius</i>	20	13	10	2016	Zbraslav	49.978819, 14.391725
<i>Fomes fomentarius</i>	20	13	10	2016	Zbraslav	49.978819, 14.391726
<i>Fomes fomentarius</i>	40	13	10	2016	Zbraslav	49.978819, 14.391728
<i>Fomes fomentarius</i>	40	13	10	2016	Zbraslav	49.978819, 14.391729
<i>Fomes fomentarius</i>	40	13	10	2016	Zbraslav	49.978819, 14.391730
<i>Fomes fomentarius</i>	40	13	10	2016	Zbraslav	49.978819, 14.391731
<i>Fomes fomentarius</i>	40	13	10	2016	Zbraslav	49.978819, 14.391732
<i>Fomes fomentarius</i>	40	13	10	2016	Zbraslav	49.978819, 14.391733
<i>Fomes fomentarius</i>	40	13	10	2016	Zbraslav	49.978819, 14.391734
<i>Fomes fomentarius</i>	90	13	10	2016	Zbraslav	49.978819, 14.391748
<i>Fomes fomentarius</i>	90	13	10	2016	Zbraslav	49.978819, 14.391749
<i>Fomes fomentarius</i>	90	13	10	2016	Zbraslav	49.978819, 14.391750
<i>Fomes fomentarius</i>	90	13	10	2016	Zbraslav	49.978819, 14.391751
<i>Fomes fomentarius</i>	90	13	10	2016	Zbraslav	49.978819, 14.391752
<i>Fomes fomentarius</i>	90	13	10	2016	Zbraslav	49.978819, 14.391753
<i>Fomes fomentarius</i>	90	13	10	2016	Zbraslav	49.978819, 14.391754
<i>Fomes fomentarius</i>	90	13	10	2016	Zbraslav	49.978819, 14.391755
<i>Fomitopsis pinicola</i>	120	13	10	2016	Zbraslav	49.978819, 14.391758
<i>Fomes fomentarius</i>	180	13	10	2016	Zbraslav	49.978819, 14.391775
<i>Fomes fomentarius</i>	180	13	10	2016	Zbraslav	49.978819, 14.391776
<i>Fomes fomentarius</i>	180	13	10	2016	Zbraslav	49.978819, 14.391777
<i>Fomes fomentarius</i>	200	13	10	2016	Zbraslav	49.978819, 14.391784
<i>Fomes fomentarius</i>	200	13	10	2016	Zbraslav	49.978819, 14.391785
<i>Fomes fomentarius</i>	220	13	10	2016	Zbraslav	49.978819, 14.391787
<i>Fomes fomentarius</i>	250	13	10	2016	Zbraslav	49.978819, 14.391790
<i>Fomes fomentarius</i>	270	13	10	2016	Zbraslav	49.978819, 14.391797
<i>Fomes fomentarius</i>	270	13	10	2016	Zbraslav	49.978819, 14.391798
<i>Fomes fomentarius</i>	270	13	10	2016	Zbraslav	49.978819, 14.391799
<i>Fomes fomentarius</i>	270	13	10	2016	Zbraslav	49.978819, 14.391800
<i>Fomes fomentarius</i>	270	13	10	2016	Zbraslav	49.978819, 14.391801
<i>Fomes fomentarius</i>	320	13	10	2016	Zbraslav	49.978819, 14.391816

