

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ochrany lesa a entomologie

**Diurnální predační aktivita lesních mravenců**

Bakalářská práce

Autor: Roman Berčák

Vedoucí práce: prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

2015

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra ochrany lesa a entomologie

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Roman Berčák

Hospodářská a správní služba v lesním hospodářství

Název práce

**Diurnální predační aktivita lesních mravenců**

Název anglicky

**Wood ants diurnal predation activity**

---

**Cíle práce**

- 1) vytvořit na dané téma rešerši z dostupných literárních zdrojů
- 2) získat původní údaje o predační aktivitě mravenců v rámci jednotlivých částí dne

**Metodika**

budou vybrány lokality (lesní mýtiny) s dostatečným počtem hnízd lesních mravenců

na těchto lokalitách budou od dubna do října 2014 probíhat výzkumné terénní práce

k měření intenzity predační aktivity budou do blízkosti mravenišť umístěny potravní návnady

vizuálně bude zjišťována početnost mravenců nacházejících se na návnadě v průběhu dne v návaznosti na teplotě prostředí a typu biotopu

## Doporučený rozsah práce

30 stran

## Klíčová slova

lesní mravenci, predace, teplota

---

## Doporučené zdroje Informací

- Denny J. A., Wright J., Grief B., 2000: Foraging efficiency in the wood ant, *Formica rufa*: is time of the essence in trail following? *Animal Behaviour*, 61, 19-146 pp.
- Graham P., Collet T. S., 2002: View-based navigation in insects: how wood ants (*Formica rufa* L.) look at and are guided by extended landmarks. *The Journal of Experimental Biology*, 205, 2499-2509 pp.
- Sorvari J., Hakkarainen H., 2003: Habitat related behaviour between neighbouring colonies of the polydomous wood ant *Formica aquilonia*. *Animal Behaviour*, 67, 151-153 pp.
- Véle A., Holuša J., Frouz J., 2009: Ecological requirements of some ant species of the genus *Formica* (Hymenoptera, Formicidae) in spruce forest. *Journal of Forest Science*, 55, 32-40 pp.
- Véle A., Holuša J., 2007: Současné poznání biologie a ekologie lesních mravenců (Hymenoptera: Formicidae). *Zprávy lesnického výzkumu*, 52, č. 2, 166-176 pp.

---

## Předběžný termín obhajoby

2015/06 (červen)

## Vedoucí práce

prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

---

Elektronicky schváleno dne 7. 3. 2014

prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 1. 8. 2014

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 08. 04. 2015

---

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Diurnální predační aktivita lesních mravenců vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Jaroslava Holušu, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

V Praze 1.4.2015

Roman Berčák

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce prof. Ing. Jaroslavu Holušovi, Ph.D. za poskytnuté rady, připomínky, materiály a čas, který mi při konzultování této práce věnoval. Dále bych chtěl poděkovat Mgr. Janu Vránovi za poskytnutí dat z jeho výzkumu.

V Praze 1.4.2015

Roman Berčák

## Abstrakt

Mravenci rodu *Formica* patří mezi nejdůležitější mravence na našem území. Literární rešerše podává informace o mikroklimatu lesa a paseky, o významu lesních mravenců, jejich nároků na teplo a orientaci mravenců v prostoru. Dále se zabývá hnízdními kupami, jejich stavbou a termoregulací. Cílem práce bylo zjistit chování mravenců, s hnízdní kupou na rozhraní lesa a paseky, při hledání potravy. Zjišťovala se jejich aktivita směřující do lesa a na paseku v průběhu dne. Ověřovala se hypotéza, že mravenci svoji aktivitu při hledání potravy mění v závislosti na podmínkách na obou biotopech. Podle této hypotézy měli být mravenci ráno aktivnější v lese, z důvodu lepších teplotních podmínek. V průběhu dopoledne měli směřovat svoji aktivitu na paseku, kde se s narůstající teplotou vytvořily ideální podmínky. V poledních hodinách ale opět měli být aktivnější v lese, protože na pasece již byli lesní mravenci stresováni vysokými teplotami.

Konkrétní ověřování této hypotézy probíhalo na třech lokalitách, na kterých bylo vybráno pět hnízd nacházející se na porostním okraji, v dostatečné vzdálenosti od sebe. Výzkum probíhal vždy třikrát na jedné lokalitě pro jarní, letní a podzimní roční období. Vedle potravních cest těchto hnízd byly umístěovány návnady, na kterých byla v pravidelných časových intervalech zjišťována početnost mravenců. V těchto intervalech byla zaznamenávána i teplota vzduchu a půdy v lese i na pasece.

Výsledky početností, které jsme získali za pomoci různých statistických metod, ukázali, že původní hypotéza o chování mravenců se nepotvrdila. Aktivita lesních mravenců byla vždy vyšší v lese. Na pasece se aktivita zvyšovala jen při optimálních podmínkách a nepravidelně. Větší aktivita lesních mravenců v lese je způsobena větší potravní dostupností a menším stresovým zatížením mravenců v daném biotopu.

**Klíčová slova:** lesní mravenci, predace, teplota

## **Abstract**

Ants of the genus *Formica* are one of the most important ants in our country. The literature review provides information about microclimate of forest and glade and about the importance of wood ants, their entitlements to heat and their orientation. It also deals with wood ants nests, their structure and thermoregulation. The aim of the study was to find out the behavior of wood ants in searching for food. During the day was examined their activity in the forest and into the clearing. Hypothesis was that wood ants in searching for food changing their activity between both biotopes depending of the conditions. According the hypothesis in the early morning activity of wood ants should be higher in forest because of better temperature conditions. Later activity should be higher on the glade because with growing temperature there should be optimal conditions for wood ants. In midday activity should be higher again in forest because wood ants were stressed by high temperature in glade.

Research took place at three localities. There was chosen five wood ants nests which were placed at the edge of forest and were in sufficient distance between each other. Research was always three times in spring, three times in summer and three times in autumn. Next to food routes were placed baits. On baits were checked abundance of wood ants at regular intervals. In this regular intervals was written down temperature of air and soil in forest and glade.

Results of research which we obtained using statistical methods showed that hypothesis about behavior of wood ants was not true. Activity of wood ants were always higher in forest. Activity in glade has increased only in optimal conditions and irregularly. Activity in forest is higher because there is greater food availability and less stress for wood ants in this biotope.

**Keywords:** wood ants, predation, temperature

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Cíle práce .....</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše .....</b>	<b>10</b>
3.1	Význam lesních mravenců .....	10
3.2	Producenti medovice .....	12
3.3	Hnízda lesních mravenců .....	12
3.4	Termoregulace mraveniště .....	14
3.5	Nároky na teplo .....	15
3.6	Orientace a pohyb lesních mravenců .....	15
3.7	Mikroklima lesa a paseky.....	16
<b>4</b>	<b>Metodika .....</b>	<b>17</b>
4.1	Popis lokalit.....	17
4.1.1	lokalita Drnovice .....	17
4.1.2	lokalita Královec.....	17
4.1.3	lokalita Zdiměř .....	18
4.2	Sběr dat.....	18
<b>5</b>	<b>Výsledky.....</b>	<b>20</b>
5.1	Teploty během měření početností .....	20
5.2	Výsledky z hodnot naměřených po 50ti minutách .....	21
5.3	Výsledky z hodnot naměřených po 10ti minutách .....	25
5.4	Srovnání početností na pasece.....	29
<b>6</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>30</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>31</b>
<b>8</b>	<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>32</b>
<b>9</b>	<b>Seznam příloh .....</b>	<b>36</b>
<b>10</b>	<b>Přílohy .....</b>	<b>37</b>



# 1 Úvod

Mravenci, kteří mají za sebou 140 milionů let kmenového vývoje, jsou považováni za nejúspěšnější skupinu společenského hmyzu. Podle odhadů entomologů žije na Zemi nejméně 25 až 35 tisíc druhů mravenců, z nichž je popsána zatím pouze polovina a všichni mravenci tvoří více než 50 procent biomasy hmyzu (ŽDÁREK, 2013). Množství mravenců je fascinující. Pokud porovnáme dělnici s člověkem, dělnice je milionkrát menší, přesto spolu všeobecně mravenci a lidé soupeří o dominanci na souši (HÖLDOBLER, WILSON, 1997).

Lesní mravenci jsou blanokřídlí hmyz (Hymenoptera), patřící do čeledi mravencovití (Formicidae) a rodu *Formica*. Lesní mravenci splňují všechny tři podmínky pro eusocialitu. Je u nich vyvinuta dělba práce, mají oddělené pohlavní a nepohlavní kasty a v kolonii žijí jedinci více generací. Jsou tedy považovány za eusociální hmyz (KELLER, CHAPUISAT, 2001).

ZACHROV (1984) tvrdí, že se u jednotlivých dělnic dají vyzorovat různé stupně zvědavosti a iniciativy. Někteří jedinci jsou pracovití, jiní smělí až agresivní. Některé dělnice mohou donekonečna opakovat jednotvárnou práci, jiné jsou netrpělivé a reagují na nové podněty a jsou schopni úspěšně vyřešit složitější situace. Z těchto lepších dělnic se stávají lovkyně a průzkumnice, zatímco z pomalejších se stanou pouze sběratelky medovice a pastevkyně mšic. NOVGORODOVA, BIRYUKOVA (2011) rozdělili lesní mravence, kteří mají zajistit zásobování hnízda na čtyři profese, které označily jako „průzkumnice“, „dopravkyně“, „strážkyně“ a „pastevkyně“. Průzkumnice se stane pouze dělnice s mnoha zkušenostmi, zná mnohých loveckých způsobů a schopna transportovat kořist a stavební materiál nejrozmanitějších tvarů. Průzkumnice jsou schopné orientovat se v terénu, který neznají. Tyto schopnosti si lesní mravenci pamatují díky své vynikající paměti. Nejzkušenější a nejstarší dělnice se ke konci svého života vracejí sloužit do mraveniště, kde plní funkci pozorovatelek. V případě nějaké náhlé pohromy terénních pracovníků, jsou první, kdo tuto skutečnost zjistí a kdo podnítí nábor a výcvik nových zásobovaček. Při jarním probouzení hnízda nebo při nějakých mimořádných událostech v teritoriu zajišťují obnovu zásobovacích cest. Díky těmto „super“ dělnicím může zůstat síť hlavních dálnic po mnoho let nezměněná.

Právě těmto dálnicím (potravním trasám) jsem věnoval při svém výzkumu hlavní pozornost. Umisťováním návnad vedle těchto dálnic a následným zjišťováním početností jsem se snažil zjistit, kam mravenci rodu *Formica* směřují svoji aktivitu. Smyslem práce

bylo ověřit, zda mravenci reagují na změnu podmínek (teplota, vlhkost) na odlišných biotopech a koncentrují tak svoji aktivitu na biotop s aktuálně lepšími podmínkami pro jejich činnost.

## 2 Cíle práce

Cílem práce bylo zjistit chování lesních mravenců (*Formica*) při hledání potravy v rámci jednotlivých částech dne a teploty. Záměrně byla vybrána hnízda lesních mravenců na porostním okraji a na návadách byla zjišťována početnost jednotlivých mravenců. Z těchto údajů se odvodila konkrétní aktivita mravenců v lese a na pasece v jednotlivých částech dne. Cílem bylo ověřit hypotézu, že mravenci reagují na změnu teploty v rámci dne a koncentrují svoji aktivitu střídavě do lesa a na paseku. Konkrétně se předpokládalo, že ráno jsou aktivnější v lese, dopoledne na pasece a v poledne z důvodu vysoké povrchové teploty opět koncentrují aktivitu směrem do lesa.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Význam lesních mravenců

Mravenci rodu *Formica* jsou významnou součástí lesních ekosystémů. Ovlivňují vlastnosti půdy a mají vliv na přítomnost některých druhů rostlin a živočichů (VÉLE, HOLUŠA, 2007). Nejčastější potrava lesních mravenců je medovice produkovaná stejnokřídlým hmyzem (potrava pro královnu a dělnice), dále se živí různým hmyzem a bezobratlými (potrava pro larvy). Medovice obsahující velké množství sacharidů dodává dělnicím potřebnou energii. Larvy potřebují pro svůj vývoj převážně proteiny, proto se živí převážně bezobratlými a hmyzem (ROSENGREN, SUNDSTRÖM, 1987; ZACHAROV, 1984). Mravenci jsou schopni pozřít pouze tekutou potravu. Pevné částičky potravy natráví ve zvláštní ústní kapse a až poté tuto potravu polykají (EISNER, HAPP, 1962).

Jelikož larvy potřebují pro svůj vývoj proteiny, loví mravenci velké množství hmyzu. Důležitá úloha mravenců spočívá v tom, že v případě rozmnožení některého hmyzu ve větším množství, mravenci intenzivně snižují jeho počet a zabrání většímu šíření. Při přemnožení se tento hmyz může stát hlavní složkou potravy (až 90 % potravy). Velká mravenišť jsou schopna denně ulovit i několik desítek tisíc jedinců hmyzu. Nejúčinněji jsou mravenci schopni regulovat počty mūr, obalečů, píďalek a pilatek.

Ochranu jednoho hektaru lesa jsou schopna zajistit 4 středně velká hnízda v jehličnatém lese a pět až šest mravenišť v lese dubovém. Mravenci málo ovlivňují hmyz žijící pod kůrou (HRUŠKA, 1980; ZACHAROV, 1984; RANDUŠKA, 1995).

Potravu dělnic tvoří především medovice, kterou produkuje stejnokřídlý hmyz. Mezi tímto hmyzem a mravenci se vytvořil vztah zvaný trofobióza. Spočívá v ochraně stejnokřídlého hmyzu mravenci před predátory a parazity a rozšiřování kolonií na rostlinách. Mravenci na oplátku olizují medovici, což je odpadní produkt mšičního metabolismu skládající se především ze sacharidů (glukózy, fruktózy a melicitózy). Podpora rozmnožování mšic v jehličnatých, dubových, osikových a březových lesech nemá negativní vliv na růst stromů (FISCHER, SHINGLETON, 2001; HRUŠKA, 1980). Zvyšující se hustota mšic, které mravenci ve svých teritoriích chrání, přispívá k zvyšování početnosti více než 200 druhů parazitického hmyzu. Tento hmyz má také podíl na biologické ochraně lesa (HRUŠKA, 1982).

Mravenci také ovlivňují početnost některých druhů obratlovců. Jsou snadnou a lehce dostupnou potravou pro obojživelníky, plazy a hmyzožravé ptactvo nebo dokonce i pro některé savce. Například v době výchovy mláďat tuto potravu vyhledávají vzácné druhy lesních kurů (tetřev, tetřívka, jeřábek). Početnost datlovitých ptáků se v okolí silných komplexů hnízd může zvýšit až pětkrát. Nepřímo tak mravenci ovlivňují i početnost populací skrytě žijícího a podkorního hmyzu (ZACHAROV, 1984; HRUŠKA, 1980; HRUŠKA, 1982).

Okolí mravenišť je velmi ovlivněno činností mravenců. Mravenci nakypřují půdu a zanášejí do ní značné množství organického materiálu. Činnost mravenců reguluje kyselost půdy v okolí mravenišť a udržuje příznivý vzdušný a vodní režim (HRUŠKA, 1980). Z důvodu dlouhodobé vázanosti mravenců na jedno místo zde dochází ke koncentraci rostlinné hmoty, která je díky vyšší vlhkosti a teplotě v hnízdě rychleji rozkládána, a proto dochází až k desetinásobně vyšší produkci humusu. To má vliv mimo jiné i na kvalitu dřevin v okolí mravenišť (ZACHAROV, 1984; FROUZ et al., 1997).

Vliv lesních mravenců na škůdce je často posuzován podle objemu kořisti, kterou mravenci donesou do svého mraveniště. Mravenci dokáží regulovat počty i mnoho jiných živočichů, které do hnízda nedonesou. Velká část větších housenek je schopna mravencům uprchnout. Je ovšem prokázáno, že i jednotlivé kousnutí mravence může housence způsobit zpomalení nebo zastavení jejich růstu, a tím zvýšit úhyn. Lesní mravenci často útočí na motýly, brouky, kteří se chystají naklást vajíčka. Tímto chováním

je vytlačují ze svého teritoria. Je známé, že mezi větší druhy hmyzu zavlékají různé nemoci, například rozšiřování zhoubných mykóz *Formica pratensis* do populací hřebenule ryšavé (HRUŠKA, 1982).

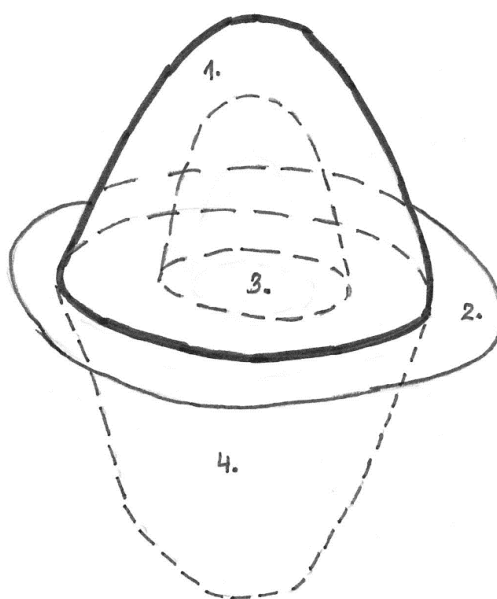
### 3.2 Producenti medovice

Největší množství medovice vyprodukují červci *Coccoidea* a mšice *Aphidoidea* (VESELÝ, 2003). Různí živočichové produkující medovici, včetně mšic, obývají různé druhy rostlin a stromů. Například mšice z podčeledi *Lachninae* žijí na listnatých dřevinách, zatímco mšice z podčeledi *Cinarinae* můžeme najít pouze na jehličnatých dřevinách. Na smrku (*Picea abies*) se vyskytuje největší množství druhů produkujících medovici. Při výzkumu se prokázalo, že producenti medovice žijící na jedné rostlině mohou produkovat medovici s rozdílnou cukernatostí (HARAGSIM, 2005). Výskyt medovice je nepravidelný, záleží na množství hmyzu, kteří tuto látku produkuje (VESELÝ, 2003). Mšice, které jsou pravidelně navštěvovány mravenci, nestříkají medovici na dálku, jako to dělají jejich nenavštěvované příbuzné, ale vypouštějí ji jen pozvolna. Mnohé z nich mají okolo řitě věneček chloupků, sloužící k zachycení medovice. Pokud mravenec medovici nepozře hned, mšice ji zatáhne zpět do zadečku a uschová pro pozdější nabídnutí (KUNKEL, 1973). Mšice rodu *Tuberolachnus* produkují přibližně sedm kapiček medovice za hodinu, to je množství převyšující hmotnost jejich těla (HÖLLDOBLER, WILSON, 1997).

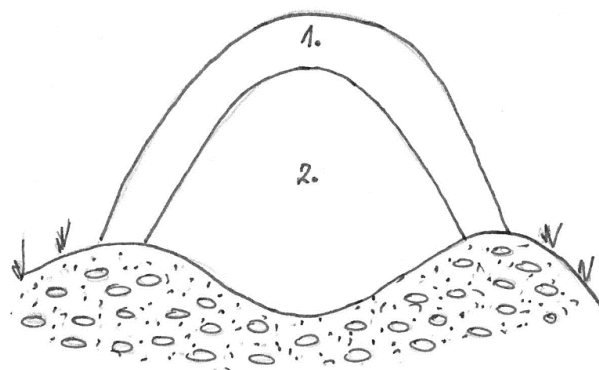
### 3.3 Hnízda lesních mravenců

Ve společně vybudovaném mraveništi žije několik generací mravenců. Bývají vystavěna tak, že je zajištěno účinné větrání a klimatizace (ŽĎÁREK, 2013). Hnízda se skládají z komůrek a podzemních chodeb, která často vedou až do hlubších a vlhkých vrstev půdy (cca 2m). V této hloubce jsou mravenci schopni získávat podzemní vodu v období sucha. Každé mraveniště lesních mravenců má i nadzemní část. Nadzemní část hnízda je zpravidla tvořena nahromaděným kamením nebo trouchnivějícím pařezem. Na tomto podkladu je navrstvena kupa z jehličí nebo jiného materiálu, který je v lese dobře dostupný. Ve vnitřním kuželu hnízda (Obr. 1) mravenci udržují stálou teplotu a vlhkost, která je nezbytná pro správný vývoj plodu (ZACHAROV, 1984; MILES, 2000a; FROUZ, 2000). Mravenci velmi často staví mraveniště na rozkládajícím se starém pařezu, který má kořeny. Kořeny využívají při stavbě podzemní části mraveniště, kdy podél

kořenů lehce pronikají do hlubších vrstev půdy. Podzemní část mraveniště bývá stejně hluboká, jako je výška kupy a má tvar obráceného kuželu. Některá větší hnízda mají vystavěný kolem kupy val z vynesené zeminy (Obr. 1). Hnízdo je postaveno z nejdostupnějšího materiálu z okolí. Vnitřní část hnízda tzv. vnitřní kužel je tvořen větvičkami a jiným větším a hrubějším materiálem a vnější část kupy je tvořena materiálem jemným (Obr. 2). Různě velká hnízda mají odlišný rozdíl mezi množstvím jemného a hrubého materiálu. Je známo, že menší hnízda jsou postavena z většího množství jemných částí. Největší hnízda z našich lesních mravenců staví mravenci druhu *Formica polyctena* (RANDUŠKA, 1995).



Obrázek 1: Kupovitá hnízdní nadstavba a její části (podle Zacharova, 1984), 1 – hnízdní kupa, 2 – val z vynesené zeminy, 3 – vnitřní kužel hnízda, 4 – podzemní část hnízda.



Obrázek 2: Kupovité hnízdo *Formica rufa* a blízkých druhů (Hruška, 1982), 1 – vrchní pokryv kupy z jehličí a větviček, 2 – vnitřní kužel z větviček.

### 3.4 Termoregulace mraveniště

Hlavním důvodem udržování relativně stálé teploty a vlhkosti ve vnitřním kuželu kupy je zajištění optimálních podmínek pro vývoj plodu. Lesní mravenci jsou známí svou schopností udržovat stálou teplotu a vlhkost v mraveništích, které tvoří materiály s malou tepelnou vodivostí a nízkou tepelnou kapacitou. Jsou schopni udržovat celoročně, i v zimě, když mrzne, teplotu v mraveništi vyšší než je teplota okolí (FROUZ, 2005).

Denní cyklus teplot v mraveništi je poměrně proměnlivý. Ráno značně klesá z důvodu hromadného odchodu mravenců z hnízda. Během dne má teplota vzrůstající tendenci a na maximum se dostává v odpoledních nebo časně večerních hodinách. V noci (22:30 – 4:30), kdy mravenci teplotu udržují pouze vlastními zdroji, teplota mírně poklesne. Tento pokles teploty je vyšší ve svrchní části hnízda. V hloubce 5 až 30 cm od vrcholu kupy je nejvyšší teplotní fluktuace i průměrná teplota (FROUZ, 2000).

Jevy, které jsou důležité pro termoregulaci mraveniště: teplo donesené do hnízda mravenci „teplonoši“, teplo vytvořené mikrobiální aktivitou při rozkladu hnízdního materiálu, teplo vyprodukované mravenci (metabolické teplo) a expozice hnízdní kupy (ROSENGREN et al., 1987; FROUZ, 2005).

Na jaře, ihned po odtátí sněhu vylézají dělnice na povrch, kde se na osvětlené straně kupy shromažďují. Jsou to tzv. „teplonoši“, kteří se nahřejí a poté přenášejí teplo do vnitřních prostor mraveniště. Když se zvýší teplota uvnitř mraveniště, dojde ke zvýšení metabolismu dělnic a tím k větší produkci metabolického tepla. Do tepelného jádra o teplotě 26 až 29 °C, které vznikne ve vrchní části vnitřního kuželu, poté začínají samice snášet nenápadná vajíčka. Z vajíček se líhnou larvy, které se zakuklí a přemění v dospělé. Tento proces trvá cca šest týdnů. Doba vzniku tepelného jádra je závislá na počasí a nadmořské výšce (HRUŠKA, 1982).

Mikrobiální teplo vytvořené rozkladem hnízdního materiálu. Podle hypotézy mravenci shromažďují jehlice do hnízda jako „palivové dříví“ a tento materiál pak může svou mikrobiální aktivitou vytvářet určité množství tepla (COENEN-STAB, 1980).

Vlhkost hnízda je velmi proměnlivá, zastíněná mraveniště jsou vlhčí, osluněná sušší. Je tedy závislá na lokalitě mraveniště (FROUZ, 1996).

### 3.5 Nároky na teplo

Teplota má největší podíl na ovlivňování denní aktivity hmyzu (ROCES, NÚÑEZ, 1996). Závislost mravenců na teplotě je značná. Teplota je důležitá zejména svým přímým vlivem na ztrátu vody, spotřebu kyslíku a transportní výdaje mravenců (NIELSEN, 1986). Změna mikroklimatu, hlavně teploty, má značný podíl na utváření mravenčích společenstev. Jen velmi malá odchylka se může projevit v početnosti společenstva či druhovém složení. Obzvláště důležité je oslunění mravenčích hnízd, zejména brzy z jara (ANDERSEN, 1995; BESTELMEYER, 2000; ELMES, WARDLAW 1982). GÖSSWALD (1951 in PUNTILLA et al., 1994) potvrzují, že teplota se značně podílí na úspěchu kolonie, hlavně v době kladení vajíček. Jejich výsledky ukazují větší množství oplodněných vajíček při vysoké teplotě.

Teplotou je ovlivňován i sběr potravy a lov. U mravenců, kteří byli předmětem výzkumu byla v teplejších měsících pozorována zvýšená aktivita při obstarávání potravy (GANO, ROGERS 1983; LOPÉZ et al., 1992). SAVOLAINEN, VEPSÄLÄINEN (1990) naznačují, že aktivita mravenců je předpovídána změnou teploty na povrchu půdy.

Ovšem extrémní teploty se pro mravence mohou stát stresujícími (BANSCHBACH et al., 1997). Vysoká teplota sice urychluje vývoj potomstva, ale při vysokých teplotách mravenci rychleji vysychají (DAUBER, WOLTERS, 2004). Lesní mravenci *Formica* jsou schopni snášet teplotu do 51 °C (CAVIÁ-MIRALLES, 1988). Většina druhů mravenců je aktivní při teplotách od 10 °C do 45 °C (HÖLLDOBLER, WILSON 1997).

### 3.6 Orientace a pohyb lesních mravenců

Pro mravence k orientaci v prostoru je vedle čichové orientace pomocí pachových stop důležitá i orientace zraková (ROSENGREN, 1977).

Mravenci rodu *Formica* se řídí hlavně vizuální orientací. Například po porušení pachové stopy (např. přejetí prstem) se pohybují nerušeně dál svou cestou. Lesní mravenci žijí v zástinu a jejich orientace je založena na zapamatování si vizuálních orientačních bodů, jak pro určení pozice svého hnízda, tak i zdrojů potravy a pro vedení jejich cesty po přímých linkách mezi těmito místy (SADIL, 1955; SANTSCHI, 1913; BAERENDS, 1941; ROSENGREN, 1971; COLLETT et al., 1992; WEHNER et al., 1996). Při orientaci prokázali mravenci působivou schopnost využívat dlouhodobé vizuální paměti. Současné poznatky naznačují, že v této paměti jsou informace uloženy ve formě pohledů na orientační body shlédnutých z určitého výhodného místa (WEHNER, RÄBER, 1979;

CARTWRIGHT, COLLETT, 1983; JUDD, COLLETT, 1998). Mravenci se pak mohou na pozici odpovídající tomuto místu vrátit a najít přesnou pozici odpovídající jejich pohledu v paměti (SANTSCHI, 1913; BAERENDS, 1941; COLLETT et al., 1992; WEHNER et al., 1996).

Při dálkových cestách mravenci udržují cestou od mraveniště přibližně stejný směr a zpáteční cesta je přibližně rovnoběžná se směrem, odkud přišli. Méně časté jsou případy, kdy mravenci chodí přibližně ve čtverci. Je velmi zajímavé, jak jsou schopni určit délky stran čtyřúhelníku. Protože jejich čtverec není úplně přesný, začnou kvůli této odchylce kroužit poblíž hnízda v koncentrických křivkách. Díky tomu jsou schopni se podle nějakého známého orientačního bodu zorientovat a zbytek cesty absolvovat již rovným směrem (SADIL, 1955).

Čichová orientace se pravděpodobně skládá z dvou základních pachů – z pachu kořistního a pachu hnízdního. Když lesní mravenec putuje mezi hnízdem a místem s kořistí, tak se intenzita těchto pachů mění. Jeden pach zesiluje, druhý zeslabuje (SADIL, 1955).

### **3.7 Mikroklima lesa a paseky**

Porost svou existencí ovlivňuje velikosti a dynamiku meteorologických prvků, vytváří své vlastní mikroklima (INTRIBUS, 1964). Při utváření lesního klimatu je důležitá druhová skladba stromů, hojnost výskytu vícepatrových lesů a podrost. V zapojeném lese je aktivním povrchem povrch korun a sluneční záření téměř neproniká skrz tyto koruny. V řídkém méně zapojeném lese je aktivní povrch určen i půdou a jejím travnatým porostem. Lesní klima je přímo závislé na podmínkách klimatického pásma a na povaze půdy a reliéfu (SAPOŽNIKOVÁ, 1952). V lesních porostech je průchod slunečního záření oslabován korunami stromů a dalšími porostními vrstvami, a proto se v porostu vytvářejí odlišné radiační (a tím také vlhkostní a teplotní) poměry ve srovnání s otevřeným prostorem (PENKA, 1985). Lesní ekosystémy mají schopnost vytvářet, upravovat a chránit mikroklima (INTRIBUS, 1977).

O rozdílných teplotách v lese a na otevřeném prostranství (pasece) jsou mnohá dlouholetá pozorování. Výsledky Schuberta a Mutricha ukazují, že průměrné teploty lesa a paseky jsou málo rozdílné. Les tyto teploty snižuje jen velmi málo, má však velký vliv na zmírňování teplotních extrémů. Lze říci, že les srovnává rozdíly mezi denní a noční teplotou. Vyrovnává i rozdíly mezi teplotou zimní a letní. V zapojeném lese jsou teploty



vzduchu v létě a ve dne nižší než na pasece, zatímco v zimním období a v nočních hodinách vyšší (VYSKOT et al., 1971).

Vlhkost vzduchu v lesním porostu je závislá na teplotě vzduchu. Absolutní a měrná vlhkost je nejvyšší v létě, zatímco nejnižší je v zimním období (ROŽNOVSKÝ, HAVLÍČEK, 1998). Vlhkost vzduchu je také závislá na hustotě a výšce porostu. Výzkumy ukazují, že pod korunami stromů je vlhkost vyšší než na otevřených prostranstvích. Koruny stromů zabraňují pronikání vzduchu do nitra lesa, a tak snižují promíchávání suššího vzduchu z okolí s vnitřním vlhčím vzduchem. Největší rozdíly ve vlhkostech v lese a na pasece jsou pozorovány ve vegetačním období, zatímco v chladném ročním období jsou menší. Vyšší vlhkost uvnitř porostu oproti volnému prostranství je dána slabší výměnou vzduchu a větším přívodem vodní páry transpirací (PETRÍK et al., 1986). MRÁČEK, KREČMER (1975) uvádějí, že i když koruny stromů i půda jsou zdrojem vodní páry transpirací a výparem, je rychleji výměnou vzduchu rozptýlena v atmosféře. Vzhledem k nižší teplotě vzduchu v porostu je tam vyšší relativní vlhkost oproti otevřenému terénu.

## **4 Metodika**

### **4.1 Popis lokalit**

#### **4.1.1 lokalita Drnovice**

Lokalita Drnovice (cca 625 m n. m.) se nachází v prostředí přírodního parku Vizovické vrchy, nejbližší obcí této lokality jsou Drnovice, nacházející se asi 3 km jižním směrem. Konkrétně se lokalita nachází v blízkosti vrchu Hůrka (634 m n. m.).

Všechna hnízda byla situována podél lesní cesty na okraji monokulturního smrkového lesa. Odhadem 60ti letý smrkový les byl bez podrostu, pouze v ekotonu smrkový nálet a hustý travní podrost na světlé části ekotonu. Přilehlá lokalita z druhé strany cesty byla asi 10 let stará výsadba smrku, silně zabuřelá trávou. Odhadem se na lokalitě nacházelo 15 - 20 hnízd mravenců. Jižní expozice lokality.

#### **4.1.2 lokalita Královec**

Lokalita Královec (cca 635 m n. m.) se nachází nedaleko Valašských Klobouků, uvnitř CHKO Bílé Karpaty. Konkrétně asi 200 metrů severo-východním směrem od rekreačního střediska Královec.

Tři hnízda byla situována podél lesní cesty, dvě hnízda se nacházela 10 m od cesty na okraji monokulturního smrkového lesa. Lesní cestou prochází naučná stezka NS Královec. Stáří porostu je různé (odhadem od 20 do 60 let), jedná se o mozaiku staršího lesa a nových mýtin, vzniklých v roce 2014. Mladší části lesa byly zapojené a bez podrostu. Starší část je také zapojená, v podrostu se místy nacházely keříky do 1 m výšky. Odhadem je na lokalitě 20 hnízd lesních mravenců, některá jsou zničená těžbou stromů. Lokalita se nachází na jihovýchodní až jižní expozici.

#### 4.1.3 lokalita Zdiměř

Lokalita Zdiměř (cca 410 m n. m.) se nachází v přírodním parku Údolí Bystřice, nedaleko malé osady Zdiměř, která je situována asi 1 km východně od městské části obce Radíkov, patřící pod město Olomouc.

Tři hnízda této lokality se nacházely na rozhraní porostu a paseky. Jednalo se o asi 40ti letý smrkový porost, který postupně jižním směrem přecházel v porost dubový s příměsí habru. Uprostřed tohoto porostu vznikla (nejspíš v roce 2010) nahodilou těžbou holina velikosti cca 10 arů. V době výzkumu byla holina již zalesněna bukem se slabým náletem smrku. Čtvrté hnízdo se nacházelo cca 25 metrů jihozápadním směrem na porostním okraji smrkového porostu nedaleko cesty. Poslední hnízdo bylo asi 100 metrů severovýchodním směrem nacházející se podél lesní cesty na okraji smrkového porostu. Lokalita se nachází na jižní expozici.

## 4.2 Sběr dat

Výzkum na jednotlivých lokalitách probíhal třikrát pro jedno roční období, kromě zimy.

Tabulka 1: Dny, ve kterých probíhalo měření aktivity lesních mravenců.

	Královec	Zdiměř	Drnovice
Jaro	25.5.2014	5.6.2014	20.5.2014
	26.5.2014	7.6.2014	22.5.2014
	7.6.2014	9.6.2014	23.5.2014
Léto	7.7.2014	25.7.2014	8.7.2014
	23.7.2014	26.7.2014	21.7.2014
	27.7.2014	28.7.2014	28.7.2014
Podzim	16.9.2014	17.9.2014	19.9.2014
	17.9.2014	18.9.2014	24.9.2014
	18.9.2014	19.9.2014	29.9.2014

Celkem tedy bylo devět měřících dnů na jedné lokalitě (Tab. 1). Konkrétní měření v jednom dni probíhalo následovně.

Na lokalitách bylo nalezeno pět vhodných hnízd mravenců. Tato hnízda se musela nacházet na porostním okraji. Jednotlivá hnízda musela být od sebe vzdálena nejméně dvacet metrů. Zjišťovala se početnost mravenců na návnadách a to ráno (cca. 7:30), dopoledne (cca. 9:30) a v poledne (cca. 11:30). Jako návnada pro mravence byly použity rybičky z konzervy (ve vlastní šťávě). Tato návnada simulovala bílkovinou složku potravy. Druhou návnadou byl med, zastupující cukernou složku potravy. Návnady se umisťovaly pomocí upravených injekčních stříkaček na papírové tácky, a to v co největší možné vzdálenosti návnad od sebe.

Na jedno hnízdo bylo potřeba šest tácků s návnadami. Návnady byly umístěny vedle potravních cest mravenců ve vzdálenosti pěti metrů od hnízda, což reprezentuje vzdálenost s intenzivním predačním tlakem. Tři tácky s návnadou byly položeny směrem do porostu, tři směrem na paseku. Poté byla každých deset minut zjišťována početnost mravenců na jednotlivých návnadách. Početnost byla zjišťována zvlášť pro med a rybu. Jednotlivé hodnoty byly zaznamenávány do předem připravených záznamových archů. K tomu, aby nedošlo k záměně údajů, probíhalo odečítání početností vždy zleva doprava, čelem k hnízdu. Celkem byl tento odečet opakován za jedno měření pětkrát. Na další měření v průběhu dne byly vždy použity nové tácky s novými návnadami. V průběhu měření byla každých 15 minut zaznamenávána teplota. Byly zaznamenávány teploty vzduchu a půdy, a to v porostu i na pasece. Naměřené hodnoty byly opět zapsány do záznamových archů.

## 5 Výsledky

### 5.1 Teploty během měření početnosti

Tabulka 2: Průměrné teploty půdy a vzduchu zjišťované na pasece a v lese. Teplota je průměrem teplot naměřených ve třech měřicích dnech na dané lokalitě.

Teplota vzduchu (paseka)				Teplota půdy (paseka)					
		Zdiměř	Královec	Drnovice		Zdiměř	Královec	Drnovice	
Jaro	Ráno	19,7°C	17,2°C	23,5°C	Jaro	Ráno	15,7°C	13,4°C	15,6°C
	Dopoledne	30,8°C	24,1°C	26,5°C		Dopoledne	22,5°C	17,3°C	18,2°C
	Poledne	32,0°C	28,1°C	30,4°C		Poledne	24,1°C	21,6°C	21,1°C
Léto	Ráno	20,9°C	30,3°C	30,5°C	Léto	Ráno	18,6°C	18,8°C	19,5°C
	Dopoledne	32,2°C	35,9°C	36,6°C		Dopoledne	24,2°C	21,7°C	21,5°C
	Poledne	36,5°C	37,6°C	37,6°C		Poledne	28,5°C	27,1°C	27,7°C
Podzim	Ráno	13,0°C	13,3°C	10,6°C	Podzim	Ráno	13,5°C	12,2°C	10,0°C
	Dopoledne	19,6°C	18,6°C	17,0°C		Dopoledne	16,1°C	14,5°C	14,1°C
	Poledne	23,3°C	21,6°C	21,6°C		Poledne	21,1°C	17,2°C	16,6°C
Teplota vzduchu (les)				Teplota půdy (les)					
		Zdiměř	Královec	Drnovice		Zdiměř	Královec	Drnovice	
Jaro	Ráno	16,7°C	14,5°C	19,4°C	Jaro	Ráno	13,9°C	12,0°C	13,8°C
	Dopoledne	19,3°C	17,5°C	21,4°C		Dopoledne	17,1°C	14,2°C	15,9°C
	Poledne	21,1°C	20,6°C	25,1°C		Poledne	16,8°C	15,7°C	19,2°C
Léto	Ráno	19,2°C	22,0°C	24,8°C	Léto	Ráno	16,9°C	17,3°C	17,3°C
	Dopoledne	21,0°C	25,2°C	26,9°C		Dopoledne	19,8°C	18,5°C	18,4°C
	Poledne	23,7°C	27,0°C	26,7°C		Poledne	21,0°C	19,7°C	20,1°C
Podzim	Ráno	14,5°C	12,5°C	10,3°C	Podzim	Ráno	14,2°C	10,0°C	12,0°C
	Dopoledne	18,0°C	16,3°C	14,2°C		Dopoledne	15,0°C	11,2°C	13,9°C
	Poledne	18,0°C	18,5°C	17,5°C		Poledne	15,3°C	13,4°C	15,0°C

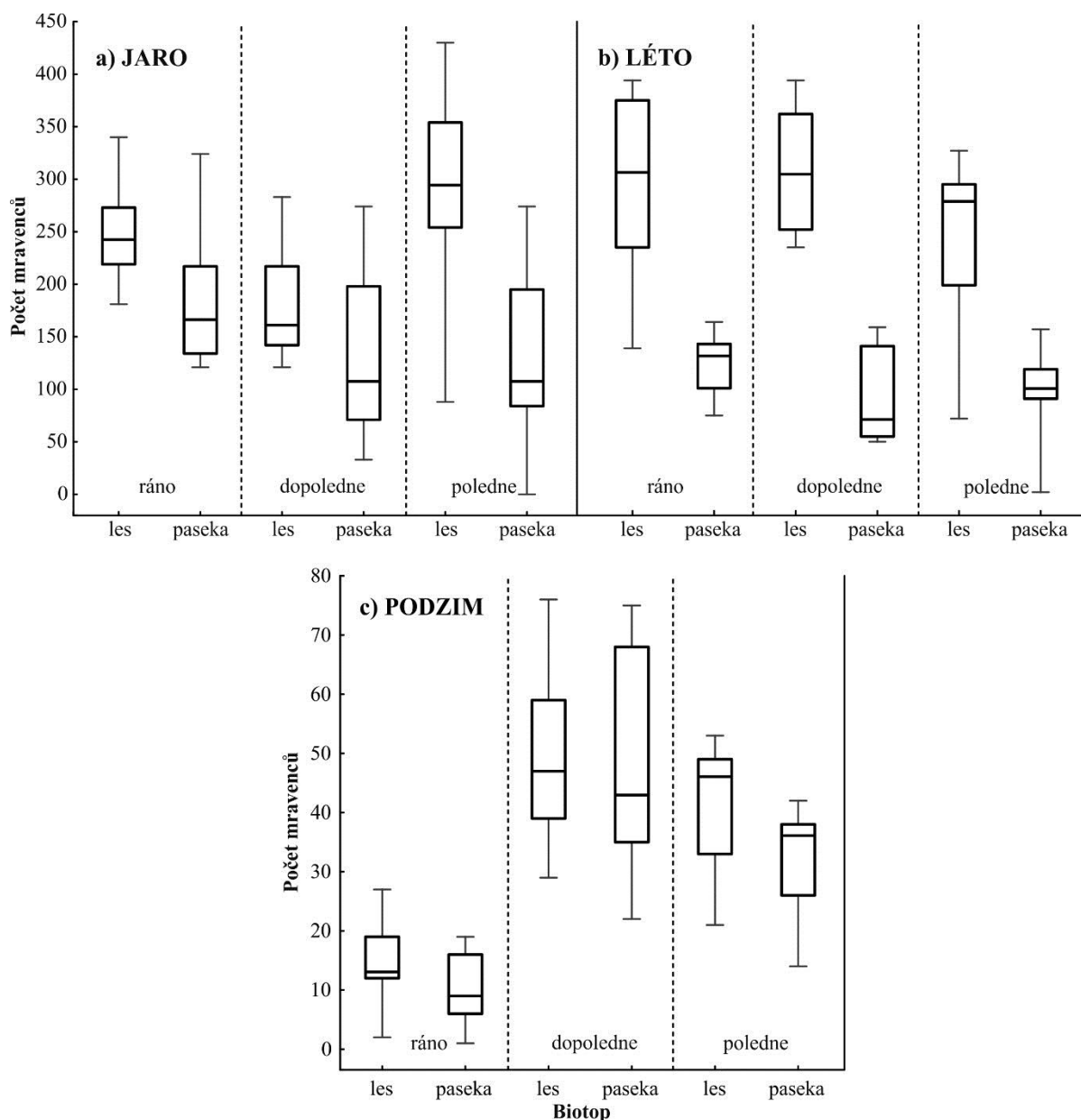
Průměrné teploty (Tab. 2) jsem získal zprůměrováním teplot, které jsem měřil v době odečítání početností na návadách každých patnáct minut. Průměrné teploty tří měřicích dnů jsem opět zprůměroval a dostal výslednou teplotu. Měření probíhalo i v některých velmi teplých jarních dnech, proto průměrné hodnoty v jarním období ukazují poměrně vysoké, téměř letní teploty. V létě již nedocházelo k žádným teplotním extrémům, proto průměrné teploty z léta jsou typicky letní. V lese se teplota pohybovala mezi 20 a 30 °C, na pasece byla teplota zpravidla přes 30 °C. Teploty půdy se pohybovaly až na výjimky okolo hodnoty 20 °C. Podzimní počasí bylo již poměrně chladné, kdy se teploty nejčastěji pohybovaly okolo 15 °C, ranní teploty byly ještě o několik stupňů Celsia nižší.

## 5.2 Výsledky z hodnot naměřených po 50ti minutách

Tabulka 3: Popisné statistiky počtů mravenců zjištěných na návnadách po 50ti minutách pro všechny lokality dohromady.

			N platných	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
Jaro	Ráno	Les	9	247,2	242,0	181,0	340,0	47,5
		Paseka	9	181,7	167,0	121,0	324,0	65,2
	Dopoledne	Les	9	184,3	162,0	121,0	283,0	58,6
		Paseka	9	136,4	107,0	33,0	274,0	82,8
	Poledne	Les	9	290,2	295,0	88,0	430,0	96,7
		Paseka	9	137,7	107,0	0,0	274,0	94,1
Léto	Ráno	Les	9	294,2	306,0	139,0	394,0	87,4
		Paseka	9	123,1	132,0	75,0	164,0	29,5
	Dopoledne	Les	9	306,2	304,0	235,0	394,0	59,9
		Paseka	9	97,8	72,0	50,0	159,0	48,4
	Poledne	Les	9	247,4	278,0	72,0	327,0	81,0
		Paseka	9	99,1	101,0	2,0	157,0	43,6
Podzim	Ráno	Les	9	14,7	13,0	2,0	27,0	7,9
		Paseka	9	10,2	9,0	1,0	19,0	6,9
	Dopoledne	Les	9	49,8	47,0	29,0	76,0	16,8
		Paseka	9	49,1	43,0	22,0	75,0	19,1
	Poledne	Les	9	40,8	46,0	21,0	53,0	11,9
		Paseka	9	31,3	36,0	14,0	42,0	10,2

Z popisných statistik (Tab. 3) můžeme pozorovat, že průměrný počet mravenců zjištěných na návnadách se pohybuje na jaře a v létě v rozmezí stovek, zatímco na podzim byly na návnadách zjišťovány mnohem menší počty a průměr nepřesáhl hodnotu padesát. Minimální hodnoty se pohybují na jaře i v létě v rozmezí 50-150 jedinců. Jsou zde i výjimky, kdy hodnoty v poledne na pasece jsou velmi nízké nebo naopak nejnižší počet mravenců naměřených v létě v lese v dopoledních hodinách je 235. Naměřené hodnoty na podzim se pohybují v rozmezí 1-29. Maximum na jaře i v létě je opět výrazně vyšší (100-500 jedinců) než na podzim, kdy v žádné části dne nebylo na návnadách zjištěno více jak 100 mravenců. Hodnota mediánu na jaře i v létě je poměrně proměnlivá, ale opět převyšuje hodnoty z podzimu. Směrodatná odchylka ukazuje hodnoty do 100. Hodnoty na podzim jsou o několik desítek nižší, než směrodatné odchylky vypočítané z počtů mravenců na jaře a v létě. Z tabulky č. 2 je patrné, že aktivita lesních mravenců byla v podzimním ročním období nižší.



Graf 1a, 1b, 1c: Početnost mravenců po 50ti minutách v jednotlivých denních dobách na obou biotopech a) jaro b) léto, c) podzim (úsečka...medián; krabice...25% a 75% kvantil; svorka...minimum a maximum).

Graficky znázorněná aktivita lesních mravenců v průběhu dne na jaře pro všechny lokality dohromady (Graf 1a) ukazuje, že ráno se v lese pohybuje medián počtů lesních mravenců na návadách okolo hodnoty 245 a na pasece cca. 165. Pokud se zaměříme na hodnoty získané z naměřených údajů dopoledne, vidíme, že medián ukazuje hodnoty 160 (les) a 110 (paseka). Jediný výrazný rozdíl, statisticky signifikantní (Tab. 4), v hodnotách mediánu můžeme vidět ve výsledcích naměřených v poledne. Medián ze zjištěných hodnot v lese má hodnotu cca. 290, zatímco hodnota mediánu zjištěná z čísel naměřených na pasece ukazuje hodnotu pouze 110. Z tohoto údaje můžeme jasně vidět, že v jarním období se na pasece v poledních hodinách pohybovalo mnohem menší

množství mravenců. Kvantil 25 % a 75 % ráno v lese se pohybuje v rozmezí 220 až 270, zatímco hodnoty naměřené na pasece jsou nižší, a to cca. 130 – 220. Výsledky z dopoledních hodin vykazují nejvyrovnanější hodnotu, kdy kvantil 25 % měl hodnotu v lese cca. 140, na pasece je hodnota kvantilu 25 % nižší, cca. 65. Hodnoty kvantilu 75 % jsou dopoledne na jaře téměř totožné a ukazují hodnoty 220 (les) a 200 (paseka). Pokud se podrobněji podíváme na výsledky zjištěné v poledne, opět vidíme, že výsledky jsou výrazně odlišné. Kvantil 25 % je v poledních hodinách v lese cca. 250, zatímco na pasece je pouhých 75. Kvantil 75 % ukazuje hodnoty 350 (les) a 195 (paseka). Svorcka ukazující na grafu minimum a maximum ukazuje v ranních hodinách minimální hodnotu cca. 170 a maximální počet jedinců naměřených v lese v ranních hodnotách byl 340. Hodnota minima a maxima na pasece ráno je cca. 120 a 330. Minimum a maximum v dopoledních hodinách v lese je cca. 120 a 270. Na pasece je rozptyl minima a maxima a o něco vyšší, a to cca. 35 až 275. V poledních hodinách můžeme vidět, že v lese byl největší rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší hodnotou. Nejméně bylo naměřeno cca. 85 lesních mravenců a nejvíce 435. Když se zaměříme na hodnoty zjištěné na pasece, vidíme, že byly zjištěny i nulové hodnoty, největší počet jedinců byl v poledne na pasece cca. 275.

Graficky znázorněné výsledky z letního období (Graf 1b) jsou výrazně odlišné, statisticky signifikantní (Tab. 4), při srovnání paseky a lesa. Medián z hodnot naměřených v ranních letních hodinách byl cca. 305 v lese, zatímco na pasece byl pouhých 140. Dopolední hodiny ukazují ještě větší rozdílnost mediánů z hodnot zjištěných na pasece a v lese. Medián (les) byl stejný jako v ranních hodinách, asi 305, medián z naměřených hodnot na pasece byl cca. 70. V poledních hodinách byl ze spočítaných dat zjištěn medián v lese 270 a na pasece 100. Hodnoty kvantilů 25 % a 75 % v průběhu dne v lese byly podobné a výrazně vyšší než na pasece. Ranní hodnoty kvantilu 25 % byly 230 a kvantilu 75 % byly 375. V dopoledních hodinách rozmezí kvantilu 25 % a 75 % bylo 250 a 365. V poledních hodinách byly hodnoty o něco nižší, kvantil 25 % byl 200 a kvantil 75 % byl 295. Na pasece byly hodnoty kvantilů nižší a rozptyl byl mnohem menší, statisticky signifikantní (Tab. 4), než u kvantilů z naměřených hodnot v lese. Ráno byl kvantil 25 % a 75 % cca. 100 a 145. V dopoledních hodinách byly hodnoty 55 a 145. V poledne byl rozptyl kvantilu nejnižší. Kvantil 25 % byl cca. 90 a kvantil 75 % byl asi 120. Z grafu je evidentní, že v letním období byla aktivita směřována v průběhu dne velmi výrazně směrem do porostu. Hodnoty minima naměřených v lese v průběhu dne se pohybovaly od 70 do 230. Maximum v lese se pohybovalo v rozmezí 300-400. Minima zjištěné na

pasece měla klesající tendenci, kdy ráno bylo minimum cca. 75 a v poledne mělo již hodnotu 0. Maximální početnosti mravenců na pasece v letním období byly téměř totožné, a to cca. 155.

Grafické znázornění podzimní početnosti mravenců v jednotlivých denních dobách (Graf 1c) ukazuje, že v ranních hodinách byla aktivita mravenců výrazně nižší, statisticky signifikantní (Tab. 4), než v pozdějších částech dne. Je to způsobeno hlavně nižšími ranními teplotami. Konkrétně v ranních hodinách byl medián z naměřených dat v lese asi třináct a na pasece 9. V průběhu dopoledne se aktivita zvyšovala a stoupala i početnost mravenců na návnadách. Dopoledne se hodnoty mediánu na obou biotopech pohybují mezi 30 a 50 a nejsou statisticky rozdílné (Tab. 4). Ve stejných hodnotách se pohybuje i medián v poledne. Kvantil 25 % je v ranních hodinách vyšší s hodnotou 12, oproti pasece 6. Hodnota kvantilu 75 % je vyrovnanější, konkrétně v lese 19, na pasece 16. V dopoledních hodinách je rozdíl mezi kvantilem 25 % a 75 % nejvyšší. Kvantil 25 % z naměřených dat v lese byl 39 a na pasece 35. Kvantil 75 % byl v lese 59 a na pasece byl 68. V poledne došlo ke snížení početností mravenců na návnadách. Kvantil 25 % a 75 % těchto hodnoty byl v lese 33 a 39, z hodnot naměřených na pasece byl zjištěn kvantil 25 % a 75 % o hodnotách 26 a 38. Minimum a maximum v podzimním období bylo poměrně proměnlivé, v ranních hodinách se minimum pohybovalo těsně nad nulou a maximum bylo v lese 27 a na pasece 19. V dopoledních hodinách bylo zjištěno poměrně velké rozpětí mezi minimem a maximem. Minimum se pohybovalo v rozmezí 20 – 30, zatímco maximum dosahovalo hodnot okolo 75, tyto údaje nejsou statisticky rozdílné (Tab. 4). V poledne v lese bylo minimum v lese 21, maximum 53. Hodnoty na pasece byly nižší, konkrétně 14 a 42.

Tabulka 4: Wilcoxonův párový test z hodnot naměřených po 50ti minutách.

	Jaro	Léto	Podzim
Ráno	2,67**	2,67**	2,37*
Dopoledne	2,55*	2,67**	0,14 <sup>n.s.</sup>
Poledne	2,67**	2,67**	2,67**



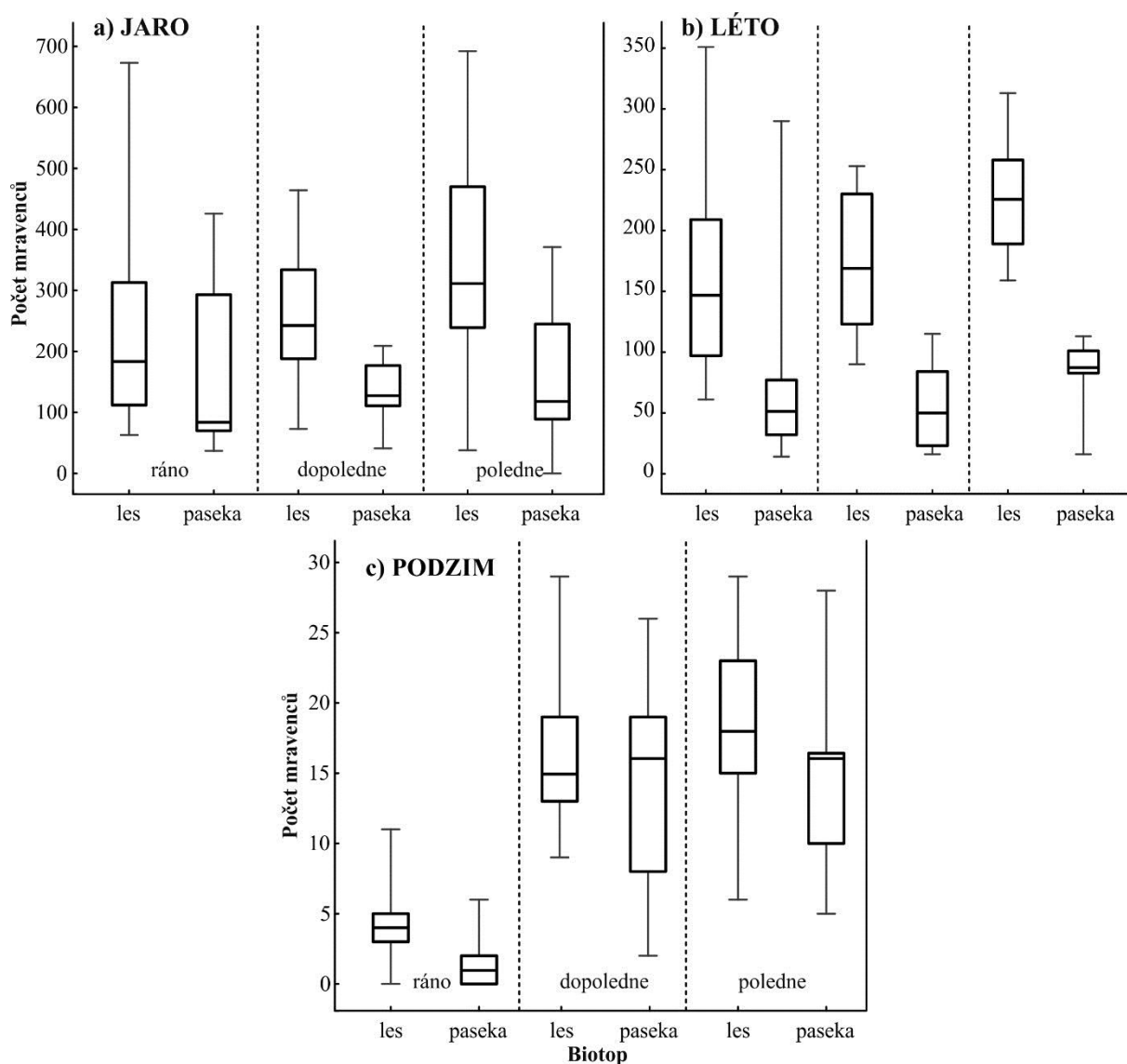
### 5.3 Výsledky z hodnot naměřených po 10ti minutách

Tabulka 5: Popisné statistiky počtů mravenců zjištěných na návnadách po 10ti minutách pro všechny lokality dohromady.

			N platných	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
Jaro	Ráno	Les	9	253,6	182,0	63,0	673,0	201,2
		Paseka	9	164,7	85,0	37,0	426,0	147,4
	Dopoledne	Les	9	259,8	242,0	73,0	464,0	114,7
		Paseka	9	137,1	127,0	41,0	209,0	54,1
	Poledne	Les	9	354,8	310,0	38,0	692,0	202,1
		Paseka	9	156,0	119,0	0,0	371,0	114,2
Léto	Ráno	Les	9	171,0	147,0	61,0	351,0	99,0
		Paseka	9	95,4	51,0	14,0	290,0	102,7
	Dopoledne	Les	9	170,4	169,0	90,0	253,0	60,9
		Paseka	9	57,2	50,0	16,0	115,0	37,8
	Poledne	Les	9	229,7	226,0	159,0	313,0	47,6
		Paseka	9	85,8	87,0	16,0	113,0	28,2
Podzim	Ráno	Les	9	4,0	4,0	0,0	11,0	3,3
		Paseka	9	1,7	1,0	0,0	6,0	1,9
	Dopoledne	Les	9	16,1	15,0	9,0	29,0	6,2
		Paseka	9	14,6	16,0	2,0	26,0	8,7
	Poledne	Les	9	17,7	18,0	6,0	29,0	7,1
		Paseka	9	14,8	16,0	5,0	28,0	7,9

Popisné statistiky početnosti mravenců zaznamenaných po 10ti minutách (Tab. 5) jasně dokazují velmi nízkou aktivitu lesních mravenců na podzim. Průměr v jarním období se pohyboval ve stovkách, konkrétně od 100 do 400. V letním období byl více proměnlivý. Na pasece byly průměrné hodnoty vždy nižší než 100, v lese se průměrná početnost pohybovala okolo 200 jedinců. Na podzim byla aktivita velmi nízká a průměrný počet jedinců na návnadách nepřesáhl 20. Medián se v jarním období pohyboval ve stovkách. Výjimkou bylo jarní ráno s mediánem 85. V létě stejně jako průměr i medián více kolísal. Hlavně z důvodu vysoké teploty na pasece byla aktivita mravenců velmi nízká, a proto hodnota mediánu nepřesáhla hodnotu 100. Hodnota mediánů v lese se pohybovala od 147 do 226. V podzimním ročním období se v ráno hodnota mediánu blížila nule. V průběhu dopoledne a v poledne se medián pohyboval okolo 15 jedinců. Minimum kolísalo v jarním období okolo hranice 50. V poledne jarního dne byly naměřeny i nulové hodnoty. V létě byly minima opět velmi nízké na pasece, konkrétně ráno 14 jedinců a dopoledne a v poledne 16. Minimum v lese mělo vzrůstající tendenci, kdy ráno bylo 61, dopoledne 90 a v poledne 159 jedinců naměřených na návnadách. Minima v podzimním období byla ráno nulová, v dopoledních hodinách a v poledne se

pohybovala do hodnoty 10. Maxima byly naměřeny největší na jaře, kdy se hodnoty pohybovaly od 200 do 700 jedinců na návnadách. V létě nebyly již návnady tak extrémně přeplněné, maximum bylo 100 – 400. Na podzim nebyl maximální počet jedinců na návnadě větší než 30. Na jaře jsou hodnoty směrodatné odchylky větší než 100, výjimkou je jarní dopoledne na pasece se směrodatnou odchylkou 54,1. V létě se pohybují směrodatné odchylky v hodnotách do 100. Směrodatná odchylka 102,7 byla vypočítána z hodnot naměřených ráno na pasece. Na podzim jsou směrodatné odchylky do hodnoty 10.



Graf 2a, 2b, 2c: Početnost mravenců po 10ti minutách v jednotlivých denních dobách na obou biotopech a) jaro b) léto, c) podzim (úsečka...medián; krabice...25% a 75% kvantil; svorka...minimum a maximum).

Grafické znázornění výsledků ze zjištěných hodnot měřených po deseti minutách na obou biotopech v jarním období (Graf 2a) ukazuje poměrně vysoké rozdíly v hodnotách minima a maxima, údaje jsou statisticky signifikantní (Tab. 6). Z grafu č. 2a

je patrné, že rozdíl mezi minimem a maximem je vždy vyšší na biotopu les než na pasece. Hodnota minima je po celou dobu měření, jak v lese, tak i na pasece, poměrně vyrovnaná a dosahuje hodnot 0-100. Maximum více kolísá a liší se mezi biotopy o několik stovek. Maximální počty naměřených jedinců v lese jsou ráno a v poledne pod hranicí 700 mravenců. Dopoledne bylo naměřeno maximum nižší, a to cca. 460. Přesto jsou hodnoty maxima v lese téměř o polovinu vyšší než hodnoty maximálních počtů naměřených na pasece, tyto údaje jsou statisticky signifikantní (Tab. 6). Maximum na pasece má ráno a v poledne hodnotu okolo 400, v dopoledních hodinách cca. 200. Medián je situován hlavně ve spodních vrstvách krabic. To dokazuje, že byly naměřeny hlavně nižší počty jedinců na jednotlivých návnadách, tudíž velká maxima byla spíše ojedinělá než pravidelná. Mediány zjištěné z hodnot naměřených v lese se pohybují od 150 do 350 jedinců. Mediány hodnot z paseky jsou nižší, z důvodu menší aktivity, statisticky potvrzeno (Tab. 6). Pohybují se v intervalu mezi 50 a 150. Kvantil 25 % a 75 % má hodnoty v ranních hodinách v lese cca. 110 a 310. Hodnota zjištěná na pasece má jen v ranních hodinách podobné výsledky, jako hodnoty získané měřením v lese, Kvantil 25 % a 75 % je na pasece 70 a 300. V dopoledních hodinách je rozpětí kvantilu 25 % a 75 % nižší. V lese dosahuje kvantil 25 % hodnoty 190 a kvantil 75 % hodnoty 330. Kvantil paseky dopoledne ukazuje nejnižší rozpětí 110 (25 % kvantil) a 170 (75 % kvantil). V poledne v lese je opět kvantil 25 % a 75 % vyšší než kvantil zjištěný z hodnoty naměřených na pasece. Kvantil 25 % a 75 % v lese je 240 a 470. Na pasece dosahuje kvantil 25 % hodnoty 190 a kvantil 75 % je 240, je tedy totožný s kvantilem 25 % les.

Výsledky z měření početností po deseti minutách v létě (Graf 2b) je již na první pohled jasné, že mravenci byli aktivnější v tomto ročním období v lese, všechny rozdíly jsou statisticky významné (Tab. 6). Pokud se zaměříme na mediány vyobrazené na grafu č. 2b, můžeme vidět poměrně vyrovnané hodnoty v průběhu denní doby na jednotlivých biotopech. Mediány z dat získaných v lese se pohybují v rozmezí cca. 140 až 230. V hodnotách mediánu můžeme vidět značný, statisticky signifikantní (Tab. 6), pokles, kdy se mediány pohybují v hodnotách od 50 do 100. Zaměříme-li se na kvantily 25 % a 75 % vyznačené na grafu č. 5 vidíme opět výrazné střídání trendu s větším počtem mravenců v lese než na pasece. Kvantily 25 % a 75 % z hodnot získaných z měření početností na pasece mají v průběhu dne mírně rostoucí tendenci, kvantily 25 % se pohybují od 90 do 180. Kvantily 75 % mají hodnoty od 210 do 260, jsou tedy vyrovnanější než kvantily 25 %. Biotop paseky ukazuje menší hodnoty kvantilů, výsledky

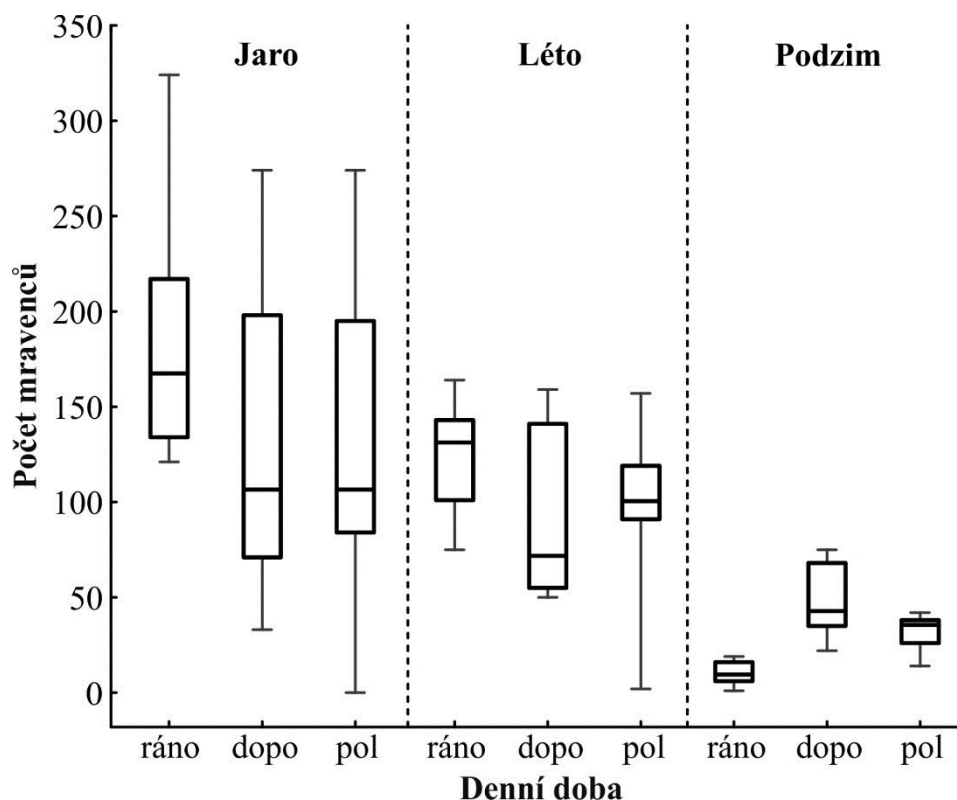
jsou statisticky rozdílné (Tab. 6). Ranní a dopolední kvantil 25 % má hodnotu do 40, v poledne ukazuje graf č. 2b hodnotu kvantilu cca. 70. Kvantily 75 % mají hodnoty cca. 70 – 100. V poledne můžeme podle grafu vidět, že krabice značící kvantil má velmi malé rozpětí, z toho můžeme usuzovat, že většina naměřených početností mravenců se pohybovala v hodnotách od 70 do 100 a jen výjimečně byly zjišťovány početnosti nižší nebo vyšší. Pokud se zaměříme na svorky, vidíme, že v ranních hodinách v létě byla k vidění i velké rozdíly naměřených početností. Maximální počet mravenců naměřených v lese byl asi 350, na pasece o několik desítek nižší, přibližně 290. Minimum se v lese dostalo na 60 jedinců, na pasece byly k vidění i návnady, kde se nacházelo minimum mravenců, nejméně bylo naměřeno cca. 15 jedinců. V dalších fázích dne nebyli již rozdíly mezi minimem a maximem nebyly tak výrazné. Dopoledne v lese se minimum a maximum pohybovalo v rozmezí cca. 90 a 250, na pasece byly zjištěny nižší, statisticky signifikantní (Tab. 6), hodnoty, a to 20 až 120. V poledních hodinách byl rozdíl mezi minimálními a maximálními hodnotami při porovnání biotopů největší. V lese byla naměřena nejnižší početnost 160 a nejvyšší 320, zatímco na pasece bylo minimum cca. 20 a maximum přibližně 120.

Podzimní graficky znázorněná část měření početností (Graf 2c) ukazuje rozdíly mezi ranními měřeními a dopoledními a poledními, který jsou podobné a nejsou statisticky rozdílné (Tab. 6). Mediány ranních měření jsou 0-5. Mediány v dopoledních a poledních hodinách jsou vyrovnané a pohybují se v hodnotách 15-20 jedinců. Z mediánu společně s kvantilem 75 % u výsledků z paseky v poledne vyplývá, že často byla naměřena početnost 16. Kvantil 25 % ráno ukazuje hodnoty 3 (les) a 0 (paseka), z toho můžeme usuzovat velmi malou aktivitu především na pasece, kdy bylo minimálně 25 % hodnot nulových. Kvantil 75 % v ranních hodinách byl 5 pro les a 2 pro paseku. Kvantily 25 % se pohybují v dopoledních a poledních hodinách na pasece i v lese mezi 8 a 15 jedinci a nejsou statisticky rozdílné (Tab. 6). Kvantil 75 % dosahuje hodnot 16 až 23. Minimum ranních hodin ukazuje stejnou, statisticky signifikantní (Tab. 6), nulovou hodnotu. Maximum je mírně rozdílné, a to 11 (les) a 6 (paseka). Minimum a maximum v dopoledních hodinách nabývá hodnot 9 a 29 v lese a 7 a 26 na pasece. Nejpodobnější hodnoty minima a maxima byly naměřeny v poledních hodinách na podzim, kdy bylo minimum v lese 6, a na pasece 5. Maximum bylo v lese 29 a na pasece 28.

Tabulka 6: Wilcoxonův párový test z hodnot naměřených po 10ti minutách.

	Jaro	Léto	Podzim
Ráno	2,67**	2,67**	2,02*
Dopoledne	2,67**	2,67**	0,65 <sup>n.s.</sup>
Poledne	2,67**	2,67**	0,98 <sup>n.s.</sup>

#### 5.4 Srovnání početností na pasece



Graf 3: Srovnání početností zjištěných na pasekách po 50ti minutách v jednotlivých ročních obdobích a denních dobách (úsečka...medián; krabice...kvantil 25% a 75%; svorka...minimum a maximum).

Při ověřování rozdílnosti početností mravenců mezi pasekami pomocí Freidmanovy ANOVY a Kendalova koeficientu shody jsme dostali tyto výsledky. Jarní období,  $\chi$  kvadrát = 2,80, pravděpodobnost  $p = 0,24660$ . Na grafickém znázornění při srovnávání početností na pasece (Graf 3) vidíme, že početnosti v jarním období byly nejvyšší a poměrně vyrovnané. Jarní hodnoty měli největší rozdílnost mezi minimum a maximum. V létě vyšly hodnoty  $\chi$  kvadrát = 2,67 a  $p = 0,26360$ . Letní období mělo početnosti o něco nižší, statisticky nerozdílné při srovnání s jarními hodnotami. Minimální a maximální naměřené početnosti mají menší rozptyl, největší rozdílnost

ukazují výsledky v poledních hodinách. Z těchto výsledků můžeme vidět, že v jarním a letním období nebyla aktivita mravenců rozdílná v jednotlivých denních dobách. Výsledky podzimního období jsou statisticky rozdílné s velmi nízkou aktivitou. Výsledky Freidmanovy ANOVY a Kendallova koeficientu shody byly  $\chi$  kvadrát = 16,22 a  $p = 0,00030$ , to statisticky potvrzuje rozdíly mezi aktivitou v různých denních dobách na biotopu paseka.

## 6 Diskuze

Z výsledků vyplývá, že aktivita lesních mravenců je po celou aktivní část roku větší v lese. Může to být z důsledku větší potravní dostupnosti i z důsledku menších výkyvů teplot, vlhkosti. Aktivita na pasece je při vysokých teplotách velmi nízká. Mravenci v této době koncentrují téměř všechny svoje síly směrem do lesa. V jarním období byly výsledky relativně vyrovnané, přesto byla aktivita v lese prokazatelně větší. Větší výkyvy nastávaly v teplých jarních hodinách, kdy byly teploty na pasece již velmi vysoké, tedy nevhodné pro lesní mravence, kteří jsou stresováni rychlým snižováním vody v jejich těle, nebo naopak z důvodu oblačnosti velmi vhodné pro hledání potravy. V létě byly již rozdíly mezi aktivitou v lese a na pasece viditelné, kdy mravenci jasně upřednostňovali biotop les. Na podzim byla aktivita mravenců výrazně nižší než v předchozích dvou ročních obdobích. V ranních hodinách, kdy se teploty pohybovaly maximálně do 15 °C, byla aktivita téměř nulová v pozdějších hodinách se mírně zvyšovala. Při porovnání lesa a paseky byla v pozdějších podzimních hodinách aktivita poměrně vyrovnaná.

Podle DOMISCH et al. (2009) je aktivita mravenců rodu *Formica* vždy vyšší v létě než v jarním a podzimním období. Z mých výsledků vyplývá relativně vyrovnaná aktivita v jarním a letním období. Zatímco podzimní období se vyznačuje výrazným snížením aktivity lesních mravenců.

LENOIR (2003) na základě svého výzkumu tvrdí, že pokud při hledání potravy lesní mravenec opustí strom nejbližší hnízdu, vyhledává raději další vzdálenější strom než aby intenzivně hledal kořist na povrchu půdy. Pokud se podíváme na moje výsledky, aktivita mravenců byla vyšší v lese. Upřednostňování stromů před hledáním potravy na povrchu půdy může být jeden z důvodů, proč byli lesní mravenci v lese aktivnější.

Průzkum výskytu mravenců rodu *Formica* na biotopech paseka, kultura, mlazina, tyčkovina a dospělý porost pomocí odchyťů do zemních pastí ukázal, že nejvyšší počty

odchycených mravenců byly nejčastěji zaznamenány v mladých porostech, hlavně v kulturách a mlazinách s vyšší pokryvností vegetací, okolo 50%. Mravenci byli nejčastěji aktivní při teplotách pohybujících se nad mírně nad hranicí 20°C (VÉLE et al., 2009). Podle mých výsledků byla aktivita na pasece v optimálních teplotách velmi vysoká, přesto aktivita v lese byla stále minimálně vyrovnaná, většinou vyšší. Mravenci podle mě upřednostňují biotop s menším stresem. Vyšší pokryvnost vegetace snížila stresování mravenců na daném prostředí, proto mohli být v tomto případě aktivnější v mladých porostech (VÉLE et al., 2009). Svou roli mohli hrát i potravní trasy vedoucí přes dané území.

Aktivita na pasece může být někdy vyšší z důvodu vedení potravních cest skrz tyto paseky do protějšího porostu, kde se nachází lehce dostupná potrava. Podle mých pozorování lesní mravenci nevyhledávají ve velké míře na pasece kořisti, ale právě většinou jen “prochází” a směřují na vzdálenější stromy s dostatkem mšic, popř. kořisti. Tento jev jsem pozoroval hlavně na lokalitě Zdiměř.

## **7 Závěr**

Na základě získaných početností z jednotlivých návnad a vyhodnocení těchto výsledků můžeme říct, že původní hypotéza, která předpokládala, že lesní mravenci běhají střídavě do lesa a na paseku v závislosti na denní době, se nepotvrdila. Lesní mravenci jsou vždy aktivnější v lese a jen při optimálních dnech dosahuje aktivita na pasece vyrovnaných hodnot. Aktivita v lese je větší z důvodu lepší potravní dostupnosti pro mravence, stabilnějším podmínkám prostředí a tím menšímu stresování lesních mravenců.

## 8 Seznam použité literatury

ANDERSEN, A. N. A Classification of Australian Ant Communities, Based on Functional Groups Which Parallel Plant Life-Forms in Relation to Stress and Disturbance. *Journal of Biogeography*, 1995, 22, s. 15-29.

BAERENDS, G. P. *Fortpflanzungsverhalten und Orientierung der Grabwespe *Ammophila campestris* Jur.* Ponsen & Looijen.

BANSCHBACH, V. S., LEVIT, N. a HERBERS, J. M. Nest temperatures and thermal preferences of a forest ant species: is seasonal polydomy a thermoregulatory mechanism. *Insectes Sociaux*, 1997, 44, s. 109-122.

BESTELMEYER, B. T. The trade-off between thermal tolerance and behavioural dominance in a subtropical South American ant community. *Journal of Animal Ecology*, 2000, 69, s. 998-1009.

CAVIÁ-MIRALLES, V. *Formica subrufa* Roger, 1859 (Hymenoptera, Formicidae): aportación al estudio de su etología y ecología (Memoria de Licenciatura). 1988, Barcelona, Universitat Autònoma de Barcelona.

COLLETT, T. S., DILLMANN, E., GIGER, A., WEHNER, R. Visual landmarks and route following in desert ants. *J. comp. Physiol.*, 1992, 170, s. 435–442.

COLLETT, T. S., CARTWRIGHT, B. A. Eidetic images in insects: their role in navigation. *Trends in Neurosciences*, 1983, 6, s. 101-105.

COENEN-STAB D., SCHAARSCHMIDT, B., LAMPRECHT I. Temperature distribution and calorimetric determination of heat production in the nest of the wood ant, *Formica polyctena* (Hymenoptera, Formicidae). *Ecology*, 1980, 61, s. 238-244.

DAUBER, J., WOLTERS, V. Edge effects on ant community structure and species richness in an agricultural landscape. *Biodiversity and Conservation*, 2004, 13, s. 301 - 915.

DOMISCH, T., FINÉR, L., NEUVONEN, S., NIEMELÄ, P., RISCH, A. C., KILPELÄINEN, J., OHASHI, M., JURGENSEN, M. F. Foraging activity and dietary spectrum of wood ants (*Formica rufa* group) and their role in nutrient fluxes in boreal forests. *Ecological Entomology*, 2009, 34, s. 369–377.

EISNER, T., HAPP, G. M. The infrabuccal pocket of a formicine ant: a social filtration device. *Psyche*, 1962, 69, s. 107-116.



- ELMES, G. W., WARDLAW, J. C. A population study of the ants *Myrmica sabuleti* and *Myrmica scabrinodis* living at two sites in the south of England. II. Effect of above-nest vegetation. *Journal of Animal Ecology*, 1982, 51, s. 665 – 680.
- FISCHER, M., SHINGLETON, A. Host plant and ants influence the honeydew sugar composition of aphids. *Functional Ecology*, 2001, 15, s. 544-550.
- FROUZ, J., ŠANTRŮČKOVÁ, H., KALČÍK, J. The effect of wood ants (*Formica polyctena* FOERST) on the transformation on phosphorous in a spruce plantation. *Pedobiologia*, 1997, 41, s. 437-447.
- FROUZ, J. The role of nest moisture in thermoregulation of ant (*Formica polyctena*, Hymenoptera, Formicidae) nests. *Biologia Bratislava*, 1996, 51, s. 541–547.
- FROUZ, J. The effect of nest moisture on daily temperature regime in the nests of *Formica polyctena* wood ants. *Insectes Sociaux*, 2000, 47, s. 229-235.
- FROUZ, J. Termoregulace lesních mravenců rodu *Formica*. *Formica*, 2005, 8, s. 15-19.
- GANO, K. A., ROGERS, L. E. Colony density and activity times of the ant *Camponotus semitestaceus* (Hymenoptera, Formicidae) in a shrub steppe community. *Annals of the Entomological Society of America*, 1983, 76 (6), s. 958-963.
- GOSSWALD, K. *Die rote Waldameise im Dienste der Waldhygiene*. Lüneburg: Metta Kinou Verlag, 1951. 160 s.
- HARAGSIM, O. *Medovice a včely*, 2. vyd., Praha, Brázda, 2005. 175 s. ISBN 80-209-0332-1.
- HÖLLDOBLER, B., WILSON, E. O. *Cesta k mravencům*. 1. vyd. Praha: Academia, 1997, 198 s. ISBN 80-200-0612-5.
- HRUŠKA, J. *Lesní mravenci: Ochrana a využití k biol. boji se škodlivým lesním hmyzem*. Ústí nad Labem, 1980.
- HRUŠKA, J. *Ochrana a racionální využití mravenců rodu Formica*. Okresní výbor Českého svazu ochránců přírody v Prachaticích. Prachatice, 1982.
- INTRIBUS, R. *Klima v lesnom hospodárstve*, 1. vyd., Bratislava: SVPL, 1964. 182 s.
- INTRIBUS, R. Význam klimatickej funkcie lesa v ochrane životného prostredia. In: *Les jako súčasť životného prostredia*, Ed. D. Zachar, Bratislava, Veda, 1977, s. 63 - 70.
- JUDD, S. P. D., COLLETT, T. S. Multiple stored views and landmark guidance in ants. *Nature*, 1998, 392.6677, s. 710-714.

- KELLER, L., CHAPUISAT, M. Eusociality and cooperation. In: *Encyclopedia of Life Sciences*. London: Nature Publishing Group, 2001.
- KUNKEL, H. Die Kotabgabe der Aphiden unter Einfluss von Ameisen. *Bonner Zool. Beitrage*, 1973, 2124, s. 105-121.
- LENOIR, L. Response of the foraging behaviour of red wood ants (*Formica rufa* group) to exclusion from trees. *Agricultural and Forest Entomology*, 2003, 5, s. 183–189.
- LOPÉZ, F., SERRANO, J. M., ACOSTA, F. J. Temperature-vegetation structure interaction: the effect on the activity of the ant *Messor barbarus* (L.). *Vegetatio*, 1992, 99-100, s. 119-128.
- MILES, P. Lesní mravenci, ohrožení pomocníci lesa. *Formica*, 2000a, 3, s. 6-18.
- NIELSEN, M. G. Ant nests on tidal meadows in Denmark. *Entomologia generalis*, 1986, 11 (3-4), s. 191-195.
- NOVGORODOVA, T. A., BIRYUKOVA, O. B. Behavior of red wood ants (Hymenoptera, Formicidae) during interaction with different symbiont partners. *Entomol. Rev.*, 2011, 91, s. 231-240.
- PENKA, M. *Transpirace a spotřeba vody rostlinami*, 1. vyd., Praha: Academia, 1985. 256 s.
- PETRÍK, M., HAVLÍČEK, V., UHRECKÝ, J. *Lesnická bioklimatológia*, 1. vyd., Bratislava: Príroda, 1986. 352 s.
- PUNTTILA, P., HAILA, Y., NIEMELÄ, J., PAJUNEN, T. Ant communities in fragments of old-growth taiga and managed surroundings. *Annales Zoologici Fennici*, 1994, 31, s. 131-144.
- RANDUŠKA P. *Hniezdna a potravná ekológia mravcov skupiny Formica rufa*. Zvolen: Vydavateľstvo TU vo Zvolene, 1995. 50 s.
- ROCES, F., NÚÑEZ, J. A. A circadian rhythm of thermal preference in the ant *Camponotus mus*: masking and entrainment by temperature cycles. *Physiological Entomology*, 1996, 21, s. 138- 142.
- ROSENGREN, R. Route fidelity, visual memory and recruitment behaviour in foraging wood ants of the genus *Formica* (Hymenoptera, Formicidae). *Acta Zool. Fennica*, 1971, s. 150.
- ROSENGREN, R. Foraging strategy of wood ants (*Formica rufa* group), Helsinki: Societas pro fauna et flora fennica, 1977.

- ROSENGREN, R., FORTELIUS, W., LINDSTRÖM, K., LUTHER, A. Phenology and causation of nest heating and thermoregulation in red wood ants of the *Formica rufa* group studied in coniferous forest habitats in southern Finland. *Annales Zoologici Fennici*, 1987, 24, s. 147-155.
- SADIL, J. *Naši mravenci*. Praha: Orbis, 1955. 224 s.
- SANTSCHI, F. Comment s'orientent les fourmis. *Rev Suisse Zool.*, 1913, 21, s. 347-425.
- SAPOŽNÍKOVÁ, S. A. *Mikroklima a místní klima*. Praha: Brázda, 1952. 260 s.
- SAVOLAINEN, R., VEPSÄLÄINEN, K. The effect of interference by Formicine ants on the foraging of *Myrmica*. *Journal of Animal Ecology*, 1990, 59, s. 643-654.
- VÉLE, A., HOLUŠA, J. Současné poznání biologie a ekologie lesních mravenců (Hymenoptera: Formicidae). *Zprávy lesnického výzkumu*, 2007, 52, s. 166–176.
- VÉLE, A., HOLUŠA, J., FROUZ, J. Ecological requirements of some ant species of the genus *Formica* (Hymenoptera, Formicidae) in spruce forest. *Journal of Forest Science*, 2009, 55, s. 32-40.
- VESELÝ, Vladimír *Včelařství*. Vyd. 3. Praha: Brázda, 2013. 270 s. ISBN 978-80-209-0399-0.
- VYSKOT M. et al. *Základy růstu a produkce lesů*. Praha: SZN, 1971. 446 s.
- WEHNER, R., RÄBER, F. Visual spatial memory in desert ants, *Cataglyphis bicolor* (Hymenoptera: Formicidae). *Experientia*, 1979, 35.12, s. 1569-1571.
- WEHNER, R., MICHEL, B., ANTONSEN, P. Visual navigation in insects: coupling of egocentric and geocentric information. *J. Exp. Biol.*, 1996, 199, s. 129-140.
- ZACHAROV, A. A. *Sociální struktury mravenišť*. Prachatice: Okresní výbor Českého svazu ochránců přírody v Prachaticích, 1984.
- ŽĎÁREK, J. *Hmyzí rodiny a státy*. 1. vyd. Praha: Academia, 2013. 582 s. ISBN 978-80-200-2225-7.

## 9 Seznam příloh

Příloha č. 1, (str. 37) – Mapa – Turistická mapa lokality Drnovice  
(zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz))

Příloha č. 2, (str. 37) – Mapa – Turistická mapa lokality Královec  
(zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz))

Příloha č. 3, (str. 38) – Mapa – Turistická mapa lokality Zdiměř  
(zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz))

Příloha č. 4, (str. 38) – Fotografie – Lesní mravenci útočící na zlatohlávka

Příloha č. 5, (str. 39) – Fotografie – Zarůstající hnízdni kupa na lokalitě Zdiměř

Příloha č. 6, (str. 39) – Fotografie – Hnízdni kupa lesních mravenců rodu *Formica*

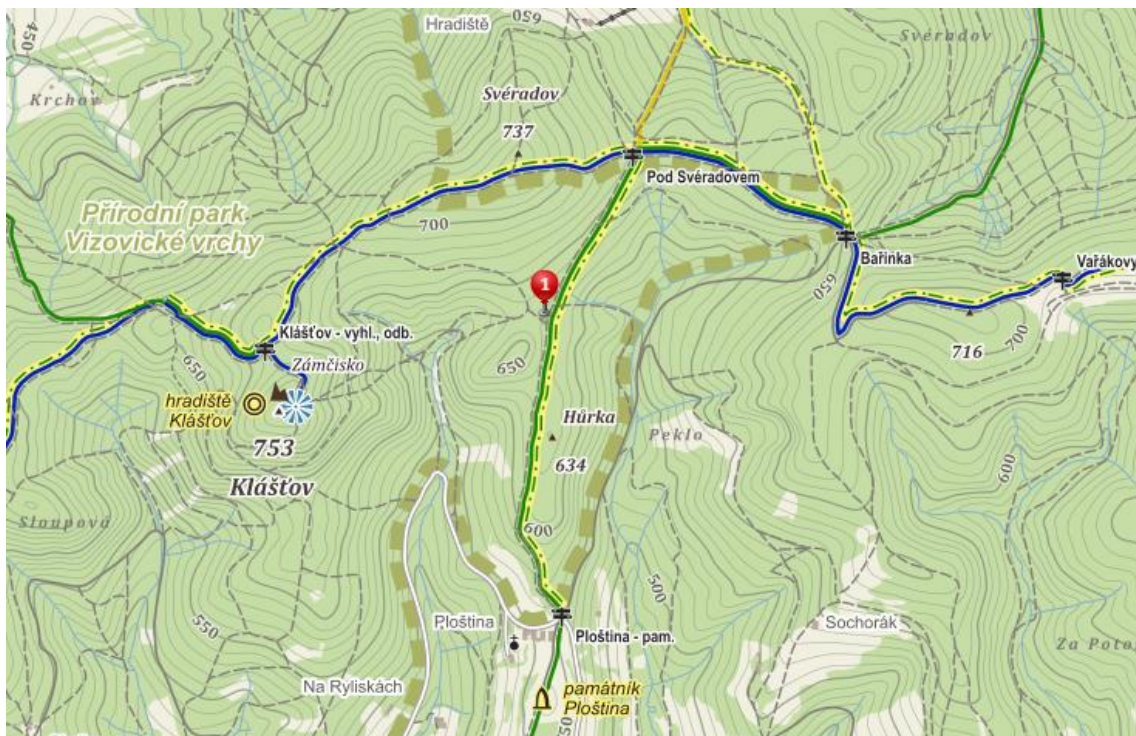
Příloha č. 7, (str. 40) – Fotografie – Lesní mravenci na návnadě

Příloha č. 8, (str. 40) – Fotografie – Lesní mravenci na medové návnadě

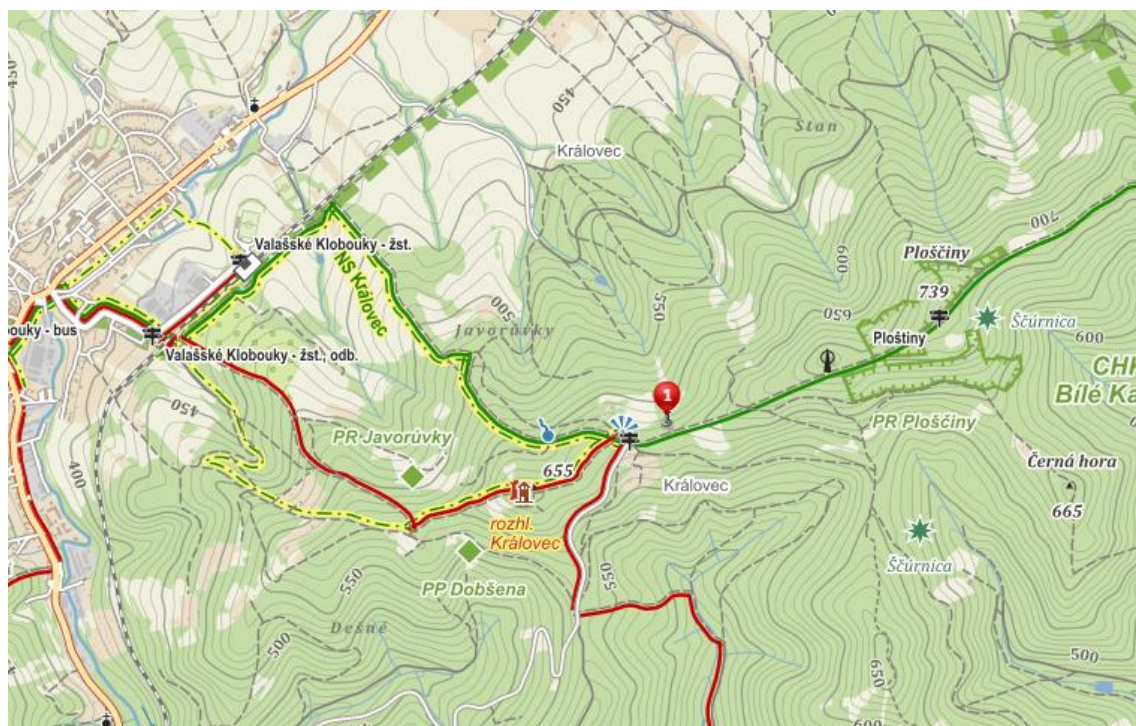
Příloha č. 9, (str. 41) – Fotografie – Injekční stříkačky na dávkování návnady  
a záznamový arch na zaznamenávání početností

Příloha č. 10, (str. 41) – Fotografie – Paseka a smrkový porost, na jejichž rozhraní se  
nacházeli hnízdni kupy

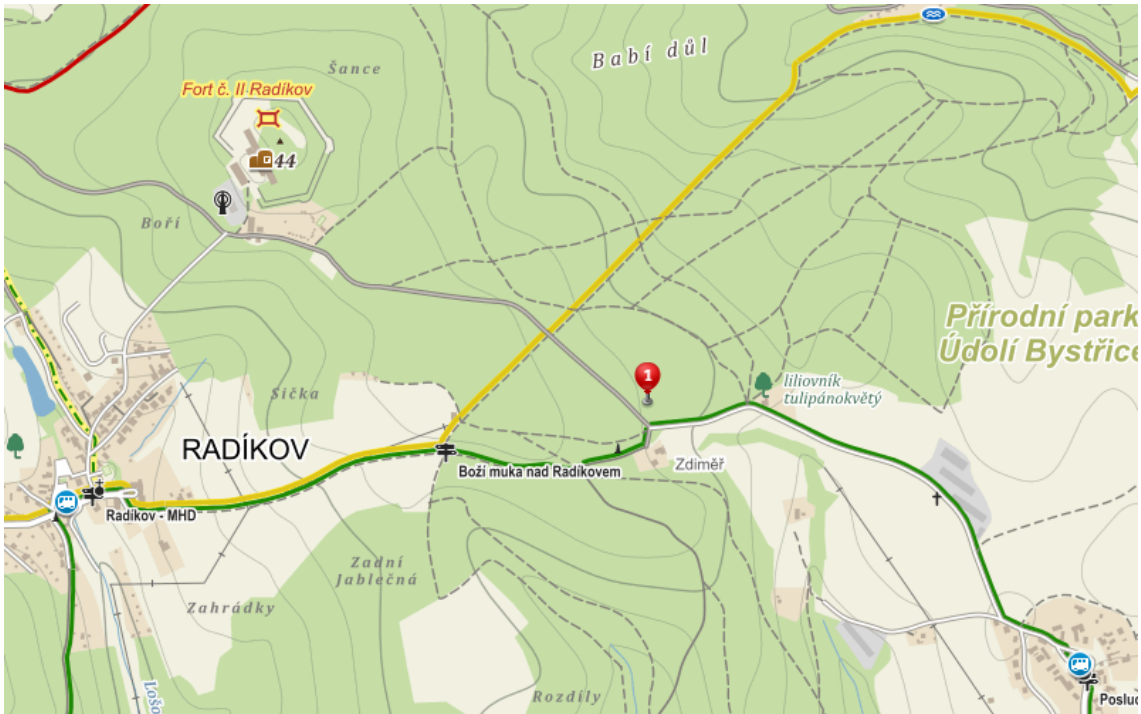
## 10 Přílohy



Příloha 1: Turistická mapa lokality Drnovice a okolí (zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz))



Příloha 2: Turistická mapa lokality Královec a jejího okolí (zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz))



*Příloha 3: Turistická mapa lokality Zdiměř a jejího okolí (zdroj: www.mapy.cz)*



*Příloha 4: Lesní mravenci útočící na zlatohlávka (foto: Roman Berčák)*



*Příloha 5: Zarůstající hnízdni kupa na lokalitě Zdiměř (foto: Roman Berčák)*



*Příloha 6: Hnízdni kupa lesních mravenců rodu Formica (foto: Roman Berčák)*



*Příloha 7: Lesní mravenci na návnadě (foto: Roman Berčák)*



*Příloha 8: Lesní mravenci na medové návnadě, která zastupovala cukernou složku potravy (foto: Roman Berčák)*





*Příloha 9: Injekční stříkačky, kterými byly dávkovány návnady na tácky a záznamový arch na zaznamenávání jednotlivých početností mravenců (foto: Roman Berčák)*



*Příloha 10: Paseka a smrkový porost, na jejichž rozhraní se nacházeli hnízdní kupy lesních mravenců (foto: Roman Berčák)*