

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra ekologie a životního prostředí



Vít Slezák

ABUNDANCE MRAVENCŮ V LESNÍCH
POROSTECH RŮZNÉHO STÁŘÍ

Bakalářská práce

v oboru Ochrana a tvorba životního prostředí

Vedoucí práce: Mgr. & Mgr. Ivan H. Tuf, Ph.D.

Odborný konzultant: Mgr. Adam Véle

Olomouc 2007

Komise pro obhajobu

.....

.....

.....

.....

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškerou použitou literaturu.

V Olomouci 25. června 2007

.....

Poděkování

Na tomto místě děkuji Mgr. & Mgr. Ivanu H. Tufovi, Ph.D., za vedení bakalářské práce. Dále děkuji svému odbornému konzultantovi Mgr. Adamu Vélemu za cenné rady a trpělivost. Děkuji také Ing. Jaroslavu Holušovi, Ph.D., Mgr. Petru Baňářovi, Bc. Marku Navrátilovi, Bc. Martinu Růžickovi, Bc. Radomíru Studenému, Bc. Evě Stebelské a Romanu Lovovi za pomoc při zabezpečení terénních prací.

V Olomouci 25. června 2007

Abstrakt

Slezák, V.: Abundance mravenců v lesních porostech různého stáří.

Mravenci představují významnou složku v lesních ekosystémech. Jako predátoři mohou značně ovlivňovat výskyt škodlivého hmyzu a tím udržovat stabilitu v ekosystému. Mravenci mohou být také dobrým bioindikačním druhem. Při lesním hospodaření dochází ke značným změnám ve struktuře lesa, i ke změně světelných a teplotních podmínek. Cílem této práce bylo zjistit, jak se mění abundance v různých stádiích vývoje lesa a jaká je závislost mezi velikostí hnízda a počtem dělnic. Pro práci byla zvolena lokalita v Jizerských horách u Jablonce nad Nisou. Tato lokalita má hlavní výhodu v tom, že se na malé ploše vyskytuje všech 5 zvolených kategorií lesa. Pro stanovení abundance byla použita metoda destruktivního vzorkování. Každá kategorie (paseka 0-2 roky, kultura 5-7 let, mlazina 15-20 let, tyčkovina 30-40 let a dospělý porost nad 80 let) byla zastoupena v pěti opakováních. V každém porostu byly vytyčeny 3 čtverce o ploše 9 m². Tyto byly důkladně rozkopány a nalezená hnízda mravenců byla přenesena do nádob, kde byla konzervována lihem. Další úprava vzorků spočívala v determinaci mravenců na druhovou úroveň a stanovení velikosti hnízda sečtením jedinců. Výsledky ukazují, že mravenci preferují více ranná sukcesní stádia než pozdní stádia. Výjimku tvoří jen paseka, kde lze pravděpodobně nízkou početnost mravenců přičíst nízkému stáří pasek, dosud plně nekolonizovaných. Tato skutečnost platí hlavně pro rod *Myrmica*, u rodů *Lasius* a *Formica* nebyl daný trend statisticky potvrzen. Závislost mezi velikostí hnízda a počtem dělnic byla signifikantně pozitivní.

Klíčová slova:

abundance, lesní ekosystém, mravenci, *Myrmica*, velikost hnízda, sukcesní stádia

Abstract

Slezák, V.: Abundance of ants in the forest growths of the diverse age.

Ants represent significant part in forest ecosystems. As predators they can considerably affect levels of pests and in this way they help preserve the stability of ecosystem. They can be use as bioindicator species. During forest management they are considerable alternations in structure of forest as well as in light and temperature conditions. The aim of this thesis was to find out how the abundance of ants is changed during different development stages of forest and what are relations of nest sizes to numbers of individuals. A locality near Jablonec nad Nisou in Jizerske hory was chosen for this purpose because all of 5 chosen categories of forest are represented there in a small area. The method of destructive sampling was used for abundance assessment. Each category (clearing 0-2 years, culture 5-7 years, young growth 15-20 years, stake forest 30-40 years and mature stand above 80 years) was represented by 3 smaller areas, from each of them 5 samples were withdrawn, the size of one sample was 3×3 meters. Its surface was dug up and found ant nests were transferred to plastic boxes where they were preservatized by ethanol. Determination of ant species and nest size assessment obtained by counting individuals were next steps of this research. Conclusions show that ants prefer early succession stages to late stages. Clearing results represent the only exception because of their relatively low age where the full ant colonization has not been completed yet. This is true especially for genus *Myrmica* but this trend was not statistically confirmed for genus *Lasius* and *Formica*. Relations of nest sizes to numbers of individuals were significantly positive.

Key words:

abundance, forest ecosystem, ants, *Myrmica*, nest size, succession stages

Obsah

Úvod.....	8
Vstup do problematiky.....	9
Vlivy působící na mravence a vlivy mravenců na prostředí.....	9
Teplota.....	9
Vlhkost.....	10
Vegetace.....	10
Půda.....	11
Mravenčí populace.....	11
Zakládání nových kolonií.....	11
Typy hnízd.....	12
Vybrané rody a druhy mravenců.....	13
Rod <i>Myrmica</i>	13
Rod <i>Formica</i>	15
Rod <i>Camponotus</i>	15
Rod <i>Lasius</i>	15
Charakteristika lokality.....	17
Metodika.....	19
Výsledky.....	20
Závislost počtu hnízd na stádiu lesa.....	20
Závislost mezi velikostí hnízda a počtem jedinců.....	23
Diskuse.....	24
Kategorie lesa.....	24
Druhovú skladbu společenstev.....	26
Velikost hnízd.....	27
Metoda.....	27
Závěr.....	28
Literatura.....	29
Přílohy	

Úvod

Mravenci hrají klíčovou roli ve fungování přírody, jelikož tvoří významnou součást potravních řetězců. Jakožto potravní oportunisté se orientují na nejdostupnější kořist, kterou se stává většina listožravého hmyzu při svém přemnožení (Sadil 1955), čímž se stávají důležitým prvkem homeostáze prostředí (Czechowski et al. 2002). Důležitou součástí potravy mravenců jsou i mšice, zejména nemyrmekofilní druhy (Novgorodova 2005). Mravenci jsou také významnou složkou potravy jiných živočichů – savců, ptáků, obojživelníků, plazů, dravého hmyzu, stonožek, pavouků, ale i jiných druhů mravenců (Vysoký & Šutera 2001) – proto je velmi důležité znát vztahy a početnosti v mravenčích populacích.

Z toho důvodu je nutné vědět, jak mravence ovlivňuje člověkem řízená sukcese v hospodářsky využívaných lesích. Při kácení lesních porostů dochází ke změně podmínek na stanovišti. Je známo, že fragmentace stanoviště velkou měrou zvyšuje biodiverzitu (Braschler & Baur 2003), není však mnoho poznatků o tom, jak se tato diverzita mění v průběhu sukcese. Během vývoje lesa se mění také vegetace v podrostu. Rozdílná struktura vegetace zásadním způsobem ovlivňuje mikroklimatické podmínky, hlavně vlhkost a teplotu (Gibb & Hochuli 2002). Je nesporné, že antropogenní disturbance mění společenstva mravenců a ovlivňuje tak celý systém (Floren et al. 2001). Například Olivera et al. (2000) studovali v Austrálii diverzitu mravenců ve vztahu k lesnímu managementu. V severských lesích Finska se diverzitě mravenců věnoval Punttila et al. (1991).

Cílem této práce bylo zjistit, jak se abundance a diverzita mravenčích populací mění v našich jehličnatých lesích. Pozornost byla dále zaměřena na vztah mezi velikostí hnízda a počtem dělnic v hnízdě, o kterém existují pouze omezené informace. Je velmi důležité znát velikosti hnízd, a to hlavně z důvodu odhadu vývoje populace mravenců na lokalitě. Výsledky by měly přinést hlubší poznání vazeb mezi mravenci a prostředím, hlavně z pohledu vývojových stádií lesa.

Vstup do problematiky

Mravenci patří do čeledi *Formicidae* podřádu *Apocrita* (štíhlopasí) v řádu *Hymenoptera* (blanokřídli). Všichni mravenci tvoří asi 30 % biomasy všech živočichů, zároveň společně s dalšími dvěma skupinami sociálního hmyzu, včelami a vosami, tvoří až 80 % biomasy hmyzu (Hölldobler & Wilson 1997). Mravenci mohou být zdrojem informací o struktuře a vývoji sociálně žijících druhů organismů, ale mají také velký a rozmanitý dopad na místní biocenozu, převážně v tropických, subtropických a temperátních ekosystémech. V počtu jedinců i na biomasu dominují na většině suchozemských biotopů. Královny některých druhů se mohou dožívat až 30 let a jsou tak nejdéle žijícím hmyzem na Zemi (Hölldobler & Wilson 1990).

Počet popsáných druhů se pohybuje okolo 10.000, ovšem odhaduje se, že v neprozkoumaných tropických a horských oblastech může být ještě jednou tolik nepopsáných druhů (Czechowski et al. 2002). Počet druhů klesá se stoupající zeměpisnou šířkou, nadmořskou výškou a ariditou prostředí. Chybí například na Islandu, v Grónsku a Antarktidě (Folgaraid 1998). Myrmekofauna Evropy je prozkoumána velmi dobře (okolo 600 druhů) a nepředpokládá se objev dalších. Změny možná přinese taxonomická revize již popsáných druhů (Czechowski et al. 2002). Na území České republiky žije více než 100 druhů mravenců (Werner 2007).

Vlivy působící na mravence a vlivy mravenců na prostředí

Teplota

Teplota je hlavní faktor ovlivňující aktivitu živočichů (López et al. 1992), proto je jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňující i úspěšnost kolonií rodu *Myrmica* (Elmes & Wardlaw 1982). Vyšší teplota snižuje dobu potřebnou pro rozvoj potomstva na několik týdnů (Banschbach et al. 1997), zároveň však vyšší teplota snižuje možnost královny dožítí se vysokého věku (Hölldobler & Wilson 1990). Za hlavní možné zdroje tepla je možné označit sluneční záření, metabolické teplo mravenců a metabolické teplo mikroorganismů rozkládajících organický materiál (Hölldobler & Wilson 1997). Naopak Banschbach et al. (1997), který zkoumal hnízda mravence druhu *Myrmica punctiventris*, došel k závěru, že mravenci ovlivňují teplotu pouze budováním hnízda. Některé druhy mravenců si staví hnízda pod kameny, aby tak minimalizovaly denní teplotní výkyvy, hlavně noční chlad (Gibb & Hochuli 2003).

Vlhkost

Vlhkost hnízda závisí na početnosti rojů, materiálu, z něhož jsou hnízda postavena, a na mikroklimatických podmínkách dané lokality (Martin 1980 *In*: Věle 2004). Vzhledem k rozdílnému množství vody v hnízdním materiálu rozlišujeme hnízda suchá a vlhká. Mezi zdroje vody v kupovitých hnízdech lesních mravenců patří kondenzace páry, déšť, mlha a metabolická voda mravenců (Frouz 2000). Stabilní vlhkost udržovaná po dobu hnízdní aktivity dokazuje, že hnízdní vlhkost může být mravenci kontrolována. Vysoká vlhkost v hnízdech může také kladně působit na rozvoj parazitických plísní, jež mohou zapříčinit zánik celého hnízda (Grosswald 1989 *In*: Věle 2004).

Vegetace

Rozdílná struktura vegetace zásadním způsobem ovlivňuje mikroklimatické podmínky, hlavně vlhkost a teplotu (Gibb & Hochuli 2002). Mravenci však mohou sami ovlivňovat rostliny ve svém okolí. Vegetace je ovlivněna již samotnou stavbou hnízda (hlavně kupovitá hnízda u rodu *Formica*), při níž je přeneseno velké množství rostlinného materiálu, zejména jehličí (Folgaraid 1998). Aktivně přemísťována jsou i semena rostlin. Ta jsou donášena jako potrava, ale slouží i ke stavbě hnízda. Velké množství semen mravenci ztratí na území hnízdního teritoria. Semena, která se dostanou až do hnízda, jsou chráněna před ostatními býložravci a mohou zde vyklíčit (Gorb et al. 1997). V jižní Francii bylo zjištěno, že mravenci sbírají semena přinejmenším z 18 rostlinných čeledí (Hölldobler & Wilson 1997). Například středně velká kolonie mravence *Formica rufa* Linnaeus, 1761 rozšíří transportem semen během jednoho vegetačního období asi přes 30.000 nových rostlinek. I poměrně malí mravenci druhu *Lasius niger* (Linnaeus, 1758) jsou v tomto ohledu velmi výkonní, například jediná kolonie dokázala za pouhý týden sesbírat průměrně přes 100 semen rozrazilu (Sadil 1955).

Rostliny můžeme podle jejich vztahu k mravencům rozdělit na myrmekochorní a nemyrmekochorní. Myrmekochorní rostliny využívají ochrany před býložravci, promíchávání semen s půdou, vyššího obsah živin v hnízdech a vyšší vlhkosti v době klíčení (Gorb et al. 1997). Z jejich semen mravenci většinou konzumují pouze jejich olejnaté a cukernaté výběžky, tzv. elaiosomy, aniž tím poškozují klíčivost semen. Týká se to převážně vlašovičnicku, kopytníku, violky a jiných rostlinných druhů ve spodním patru smíšeného lesa (Starý 1987). Mravenci také patří k významným opylovačům některých rostlin (Vysoký & Šutera 2001).

Půda

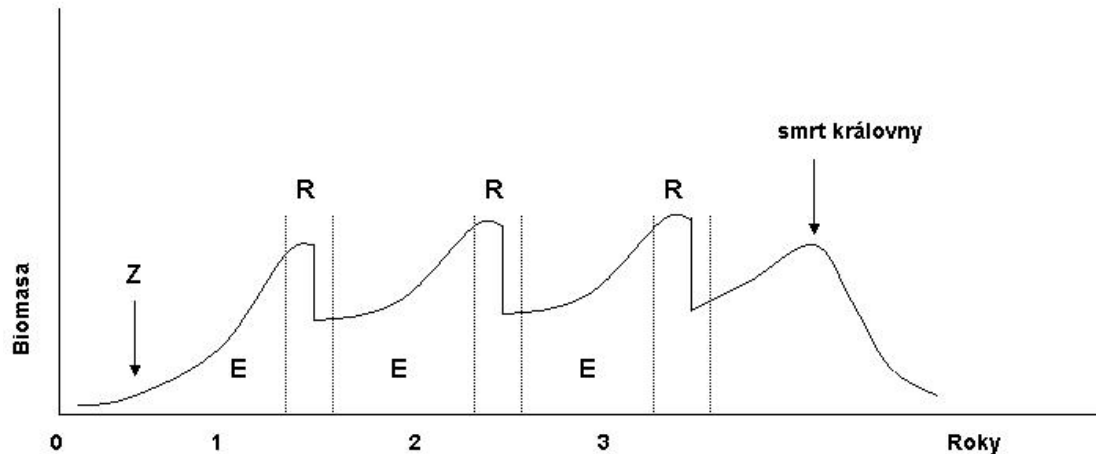
Dopad mravenců na půdu je velmi pozitivní. V hnízdech dochází ke hromadění organických zbytků, k promíchávání půdy a následným změnám v jejích fyzikálních vlastnostech i chemickém složení (Czechowski et al. 2002, Folgaraid 1998). Svojí činností snižují mravenci půdní vlhkost, zvyšují množství mikroflórních organismů (Petal 1998) a mění také hodnoty pH (Folgaraid 1998). Sadil (1955) uvádí, že na jedné louce o ploše 4.700 m² bylo nalezeno celkem 70 větších mravenišť. Jestliže průměrný obsah jedné této nadzemní kupy byl 0,1 m³, znamená to, že mravenci na této jediné louce přemístili celkem asi 7 m³, čili 7 tun hlíny. Mravenci přemísťují větší množství půdy než žížaly (Hölldobler & Wilson 1997).

Mravenčí populace

Zakládání nových kolonií

Životní cyklus mravenců se obvykle dělí na 3 části (graf 1) (Oster & Wilson 1987 *In*: Hölldobler & Wilson 1990). První část je tzv. „stupeň zakládání“, který začíná svatebním letem. Okřídlená královna se spáří s jedním nebo více samci, kteří po páření většinou umírají. Královna vyhledá vhodný úkryt a vytvoří první komůrku budoucího hnízda. Pomocí zadních nohou se zbaví křídel a naklade vajíčka. Po celou dobu vývoje prvních dělnic královna nepřijímá potravu, ale využívá energii uloženou v křídelních svalech, nebo pozdě část nakladených vajíček (Zacharov 1984). První dělnice jsou malé, bledé a také velmi plaché.

Postupem času kolonie roste a objevují se i nové specializované kasty. Tento stupeň se nazývá ergonomický nebo také exponenciální (Hölldobler & Wilson 1990). Rozmnožovací stupeň začíná v době, kdy se v kolonii začínají objevovat samci. Do tohoto stupně kolonie přechází, jakmile dosáhne určité velikosti. U rodu *Apterostigma* je to průměrně 35 jedinců, u jiných to může být až přes milion (Forsythe 1981, Raignier & van Boven 1955 *In*: Hölldobler & Wilson 1990). Jakmile je v hnízdě dostatečný počet okřídlených jedinců, začne probíhat svatební let a životní cyklus se uzavírá. Ovšem pouze malému počtu královen se podaří založit hnízdo, protože velká část je ulovena predátory, jiné se utopí nebo nenaleznou vhodné místo pro naklazení vajíček (Hölldobler & Wilson 1990). Proto některé druhy vyvinuly způsob, jak se vyhnout období zakládání hnízda jednou královnou.



Graf 1: Životní cyklus kolonie mravenců (Z- stupeň zakládání, E- ergonomický stupeň, R- rozmnožovací stupeň) ve vztahu k biomase (upraveno podle Oster & Wilson 1978).

U tzv. „dočasného sociálního parazitismu“ dochází k tomu, že mladá královna vnikne do hnízda jiného druhu, kde zahubí původní královnu a zaujme její místo (Zacharov 1984). Dělnice tohoto druhu ji většinou nepoznají, protože královna používá stejného pachu jaký měla královna původní (Starý 1987). Dělnice začnou pečovat o královnu i její potomstvo. Postupně v mraveništi převládne nový druh. Jindy se však dělnice cizího druhu chovají agresivně a je-li roj malý, zlikviduje nejen původní královnu, ale i vzrostlé dělnice. V hnízdě pak zůstávají jen kukly. Dělnice, které se z nich vylíhnou, převezmou úkol ošetřovat a zásobovat hnízdo.

Avšak i tento způsob zakládání hnízd má své slabiny, proto se u mravenců vyvinul další způsob zvyšování počtu hnízd – dělením kolonií. Při tomto způsobu existují různé varianty dělení (Zacharov 1984). Nejčastěji dělení probíhá tak, že 1 nebo více královen opouští hnízdo a se skupinou dělnic založí nové (Hölldobler & Wilson 1990).

Typy hnízd

Podle způsobu zakládání mravenčích kolonií rozlišujeme typ monogynní a polygynní. Hnízda založená jen jednou královnou jsou primárně monogynní, pokud je založeno více královnami, ale přežívá jen jedna, pak hovoříme o sekundární monogynii. Je-li hnízdo založeno více královnami je to primární polygynie, spojily-li se více královen dohromady až po založení hnízda vytváří sekundární polygynní hnízdo (Hölldobler & Wilson 1990).

Konstrukce hnízda závisí na druhové příslušnosti mravenců, ale výrazně ji ovlivňují i specifické podmínky stanoviště. Je několik základních typů: zemní, kombinovaná, ve dřevě, v dutinách a kartonová. Kartonová hnízda buduje pouze málo

druhů, u nás např. *Lasius fuliginosus* (Latreille, 1798). Hnízda ve dřevě a pod kůrou využívají chodby a dutiny po dřevokazném hmyzu a po narušení dřeva houbami. Nejprimitivnější jsou hnízda ve skalních štěrbinách a mezi kameny. V nich bývá zpravidla jen jedna hnízdní dutina, vzniklá ucpáním okolních mezer částicemi půdy. Zemní hnízda staví především mnohé druhy rodů *Myrmica* a *Lasius*. Tvoří je síť chodeb a komor vyhloubených v půdě, z nichž jedna nebo více ústí na povrch (Starý 1987).

Vybrané rody a druhy mravenců

Rod *Myrmica*

V rodě *Myrmica* Latreille, 1804 je dosud popsáno asi 150 druhů. V České republice bylo pozorováno 16 druhů (Werner 2007). Obývají lesy i otevřené plochy, včetně horského prostředí (byly nalezeny až ve výškách 4.500 – 4.800 m n. m.). Některé druhy mohou být i semixerofilní, většina však dává přednost vlhčím biotopům (graf 2). Staví si zemní hnízda, často pod kameny, pařezy a kládami, ale také v mechu nebo v travních drnech (Czechowski et al. 2002). Nejčastěji tvoří malé kolonie o 200-500 jedincích (Elmes et al. 1998). Kolonie jsou buď monogynní nebo polygynní (i více než 100 královen). Některé druhy jsou sociální paraziti, kteří žijí v koloniích jiných druhů. Mravenci tohoto rodu jsou predátoři, kteří shánějí potravu prohledáváním přízemní vrstvy, nebo se živí na bylinách. Mnoho druhů využívá trofobiozy se mšicemi (Czechowski et al. 2002).

Myrmica rubra (Linnaeus, 1758)

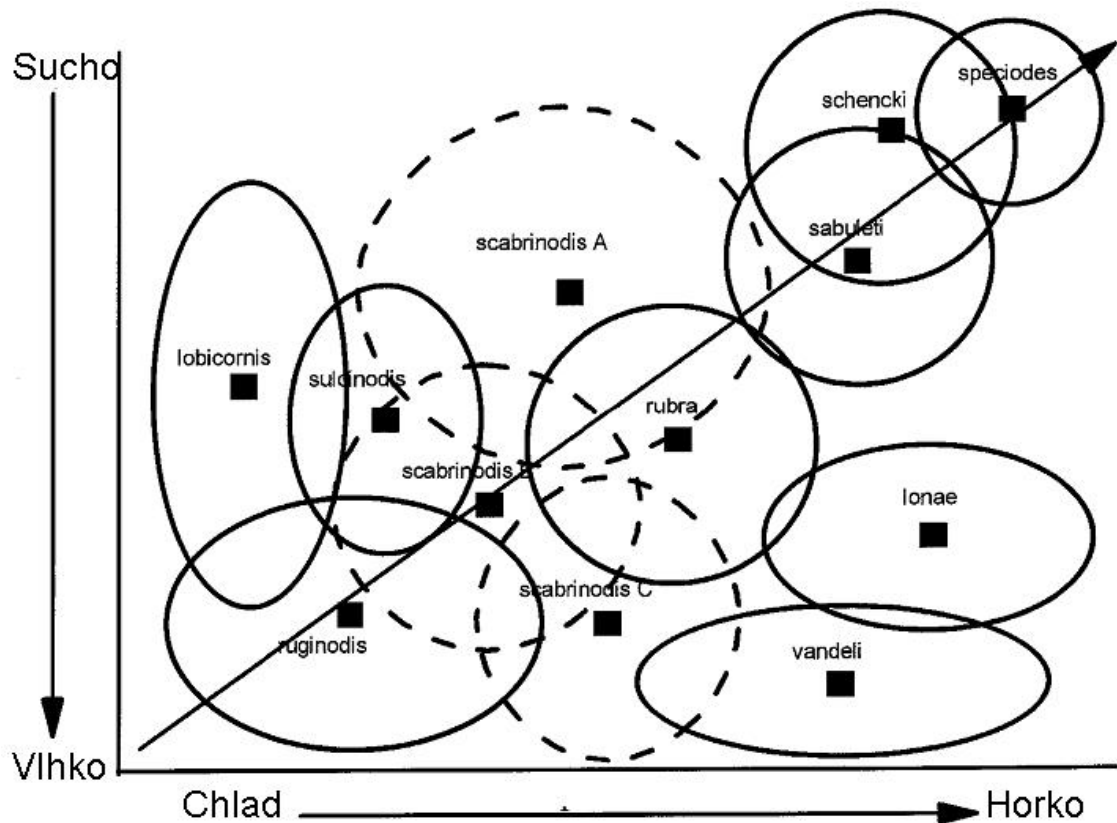
Hygrofilní, ale euryvalentní druh, obývajících rozličné typy prostředí (mezofilní až velmi vlhké). Velmi často se vyskytuje na loukách a antropogenních stanovištích, jako jsou zahrady a různé agrocenózy. Vzácně ho najdeme i v lesích, kde ho nahrazuje druh *Myrmica ruginodis*. Druh obývá takřka celou Evropu od Portugalska po východní Sibiř, od severní Itálie po severskou lesní tundru. Druh byl introdukovan do Severní Ameriky a také do Japonska. Zemní hnízda staví často s malou kupou půdy nebo rostlinných zbytků (Czechowski et al. 2002). Z rodu *Myrmica* tvoří právě *M. rubra* největší kolonie, v počtu až několika tisíc jedinců (Elmes et al. 1998). Kolonie obvykle polygynní. Svatební let probíhá od srpna do září. Je to velmi agresivní mravenec. Medovici mšic a červců využívá častěji než ostatní druhy rodu (Czechowski et al. 2002).

Myrmica lobicornis Nylander, 1846

Místy velmi početný a agresivní druh. Vyskytuje se v jehličnatých lesích, ale byl nalezen také na loukách a pastvinách včetně xerothermních stanovišť. Jeho hnízda jsou často zemní, pod kameny nebo mechem. Tvoří monogynní kolonie s několika stovkami dělnic. Svatební lety probíhají v červenci a srpnu (Czechowski et al. 2002).

Myrmica ruginodis Nylander, 1846

Druh vlhkých lesů a otevřených poloh nad 1.000 m n. m. Vyhýbá se suchým a slunným místům (Punttila et al. 1996), a na rozdíl od *M. rubra* neobsazuje silně antropogenní stanoviště. Běžný v celé Evropě, areál zasahuje přes Sibiř až do Japonska. Velmi častý na Kavkaze, chybí v pohořích centrální Asie (Czechowski et al. 2002). Nejčastěji tvoří zemní hnízda pod kameny (Vysoký & Šutera 2001). Vyskytuje se ve dvou sociálních formách: monogynní a polygynní. Jako potravu využívá medovici nebo květní nektar (Czechowski et al. 2002).



Graf 2: Preference stanoviště (podle půdní vlhkosti a půdní teploty) u středoevropských zástupců rodu *Myrmica* (Elmes et al. 1998).

Rod *Formica*

V rodě *Formica* Linnaeus, 1758 rozeznáváme asi 160 druhů. V České republice žije 19 druhů tohoto rodu (Werner 2007). Hnízdo má často velkou kupu z půdy, jehličí nebo jiného materiálu. Počet dělnic je mnohdy velmi vysoký. Jako potrava jim slouží různý hmyz, medovice a někdy i květní nektar. Svatební lety většiny druhů probíhají od června do září (Sadil 1955).

Formica fusca Linnaeus, 1758

Je to druh s širokou ekologickou valencí, obývající jak suché, tak vlhčí biotopy. Dělnice jsou černé a jejich velikost kolísá mezi 4,5 a 7,5 mm (Starý 1987). Hnízdo obvykle s kupou půdy, často pod kameny nebo mechem. Kolonie jsou monogynní nebo slabě polygynní s několika stovkami dělnic. Živí se hmyzem, medovicí a nektarem některých rostlin (Czechowski et al. 2002).

Rod *Camponotus*

Patří mezi nejpočetnější rody, zahrnuje přes 1.000 druhů. Rod *Camponotus* Mayr, 1861 je u nás zastoupen 8 druhy (Werner 2007). Někteří žijí ve dřevě, jiní naopak staví zemní hnízda. Hlavním zdrojem potravy je hmyz, ale využívají i medovice mšic a červců. Některé druhy mají noční aktivitu (Czechowski et al. 2002).

Camponotus herculeanus (Linnaeus, 1758)

Výskyt byl potvrzen na většině lesních biotopů (např. suťový les, smíšený les, okraje lesních cest, mýtiny, paseky), vyskytuje se i na silně vlhkých lokalitách a na pastvinách (Vysoký & Šutera 2001). Hnízda bývají většinou ve dřevě, a to v mrtvém i živém. Svatební lety probíhají v červnu (Czechowski et al. 2002).

Rod *Lasius*

V tomto rodě bylo dosud objeveno asi 80 druhů, včetně 22 druhů z našeho území (Werner 2007). Mravenci rodu *Lasius* Fabricius, 1804 jsou v našich podmínkách velmi častí. Druhy obývají rozličná prostředí od suchých po značně zamokřená. Svatební lety probíhají nejčastěji v červenci a srpnu (Sadil 1955).

Lasius platythorax Seifert, 1991

Vyskytuje se ve všech typech lesa, ale dává přednost vlhčím místům, především bažinám a močálům. Vyhýbá se otevřeným plochám a antropogenním stanovištím. Tento druh obvykle buduje hnízda v organickém materiálu, jako jsou drny trav, mrtvé

dřevo nebo kořeny rostlin. Hnízdo netvoří žádnou povrchovou konstrukci. Kolonie jsou monogynní a tvoří je několik stovek až tisíc dělnic. Svatební lety probíhají v červenci a srpnu (Czechowski et al. 2002).

Lasius flavus (Fabricius, 1782)

Velmi častý druh, který preferuje otevřené, suché a slunné stanoviště. Ve velkých počtech se vyskytuje na loukách a pastvinách. Tvoří převážně zemní hnízda, často se nachází také pod kameny nebo v mechu (Vysoký & Šutera 2001), hnízda mají obvykle velkou kupu z půdy (Czechowski et al. 2002).

Charakteristika lokality

Zkoumaná lokalita se nachází v Libereckém kraji a spadá do katastrálního území obcí Dolní Černá Studnice a Nová Ves nad Nisou v sousedství města Jablonec nad Nisou. Souřadnice této lokality jsou N 50°42'32.12"; E 15°12'12.62". Její nadmořská výška se pohybuje okolo 550 m n. m. Lokalita leží asi 3 km od hranice CHKO Jizerské hory. Z hlediska geomorfologického členění patří lokalita do celku Jizerské hory (tab. 1).

Tab. 1: Geomorfologické členění (Demek 1987)

Geomorf. jednotka	Název
Provincie	Česká vysočina
Subprovincie	Krkonoško – jesenická soustava
Oblast	Krkonošská oblast
Celek	Jizerské hory
Podcelek	Jizerská hornatina
Okrsek	Tanvaldská vrchovina

Geologický podklad zde tvoří paleozoické až proterozoické granity a granodiority. Lokalita je součástí Krkonoško-jizerského plutonu. Půdu zde tvoří kambické podzoly. Voda z vymezené plochy je odváděna do řeky Jizery, která spadá do povodí Labe (Mackovčín et al. 2002). Podle Quitta (1971) leží území v mírně teplé oblasti (kategorie MT4). Průměrný srážkový úhrn v meteorologické stanici v Jablonci nad Nisou je 989 mm, maximální 1382 mm a minimální 666 mm (Mackovčín et al. 2002). Pro doplnění jsou uvedeny dlouhodobé hodnoty klimatických charakteristik ve stanici Liberec (tab. 2) a charakteristiky za rok 2006 (tab. 3).

Tab. 2: Průměrné hodnoty teplot (T) a srážek (S) ve stanici Liberec v období 1961 až 1990 (ČHMÚ 2005)

Měsíce	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok
T (°C)	-2,5	-1,2	2,3	6,6	11,7	14,8	16,2	15,8	12,4	8,3	2,9	-0,8	7,2
S (mm)	53,3	46,2	48,9	58,2	80,2	84,9	87,9	88,4	65,4	59,6	63,1	67,3	803

Tab. 3: Hodnoty teplot (T) a srážek (S) ve stanici Liberec za rok 2006 (ČHMÚ 2007)

Měsíce	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok
T (°C)	-4,7	-2,7	0,0	7,8	12,5	16,9	21,9	15,2	16,2	10,6	6,1	3,0	8,6
S (mm)	25,6	57,1	56,5	69,3	81,2	83,9	36,2	234,8	33,7	55,7	58,6	59,4	852

Podle fyto geografického členění náleží území do oreofytika a bez vlivu člověka by zde rostly květnaté bučiny (Mackovčin et al. 2002). Území ovšem neodpovídá potenciální přirozené vegetaci, protože je značně pozměněno lesním hospodařením. Převládají zde holosečně obhospodařované smrkové monokultury, což má za následek mozaiku různých vývojových stádií lesa.

Metodika

Na zkoumané lokalitě bylo v srpnu 2006 vybráno 5 věkových kategorií lesa: paseka, kultura, mlazina, tyčkovina, dospělý porost. Na paseku dopadá nejvíce světla, proto je také nejvíce zarostlá bylinnou vegetací. Pro naše účely odpovídá **pasece** plocha o stáří 0 až 2 roky po těžbě dřeva. **Kultura** ve stáří 5 – 7 let vytváří teprve náznak lesního prostředí a stále převládají plochy bez vlivu opadu, zarostlé bylinnou vegetací a dostatečně osvětleny. **Mlazina** odpovídá 15 – 20 let starému porostu. Stromy zde ještě nemají dokonalý zápoj, přesto již lze hovořit o převládajícím vlivu stromů. Vegetace podrostu začíná ustupovat. V **tyčkovině** jsou jen nepatrné zbytky podrostu, les se začíná zapojovat, přes větve stromů dopadá jen minimum světla. Pro tyčkovinu definujeme stáří 30 až 40 let. Poslední kategorií je **dospělý porost**, což je les starší 80 let. Nedochází však k úplnému zápoji, proto zde proniká více světla než v tyčkovině a to hlavně z důvodů probírek.

Každá kategorie měla 5 opakování. V každém porostu byly náhodně vybrány 3 plochy o velikosti 9 m² (3×3 m). Metodou destruktivního vzorkování byly tyto plochy důkladně rozkopány motykou. Přítomnost hnízda na ploše potvrzovala zvýšená aktivita vyrušených mravenců. Nalezená hnízda mravenců byla vyryta rýčem a přenesena do plastických, uzavíratelných nádob, kde byly konzervovány 70% lihem. Zároveň byla zaznamenána jejich délka, šířka a hloubka. Odběr byl proveden 2. října 2006 za teploty asi 20 °C a při zatažené obloze. Ve všech typech porostů bylo také luxmetrem měřeno množství světla dopadajícího na půdní povrch. Následovala determinace mravenců, počítání jedinců a statistické vyhodnocení. Pro zjištění závislosti mravenišť na typu porostu byla použita ANOVA (Tukey test). Na určení závislosti mezi velikostí hnízda a počtem jedinců byla použita regrese (v programu NCSS 2004), kde počet jedinců je závisle proměnná a velikost hnízda je nezávisle proměnná. Pro stanovení velikosti hnízda byl použit vzorec pro objem válce a do počtu jedinců byly zahrnuty pouze dospělí jedinci (ne larvy nebo kukly).

Výsledky

Celkem bylo vykopáno 37 hnízd (tab. 4). Tato hnízda patřila ke druhům *Myrmica ruginodis*, *Myrmica rubra*, *Myrmica lobicornis*, *Formica fusca*, *Lasius flavus* a *Lasius platythorax*. U druhu *Camponotus herculeanus* nebyla vykopána hnízda, ale výskyt byl potvrzen pouze sběrem jednotlivých dělnic na dané ploše. Druhy *L. platythorax*, *M. rubra* a *M. lobicornis* byly zastoupeny pouze jedním hnízdem. U prvního jmenovaného to bylo 37 dělnic, pro *M. rubra* bylo napočítáno 303 jedinců v hnízdě a 52 dělnic patřilo mravencům druhu *M. lobicornis*. Druh *L. flavus* byl nalezen ve dvou hnízdech, obojí o velikosti pouhých 20 dělnic. Všechna hnízda druhu *F. fusca* měly přes 1000 jedinců.

Tab. 4: Počet hnízd všech nalezených druhů v pěti typech porostů

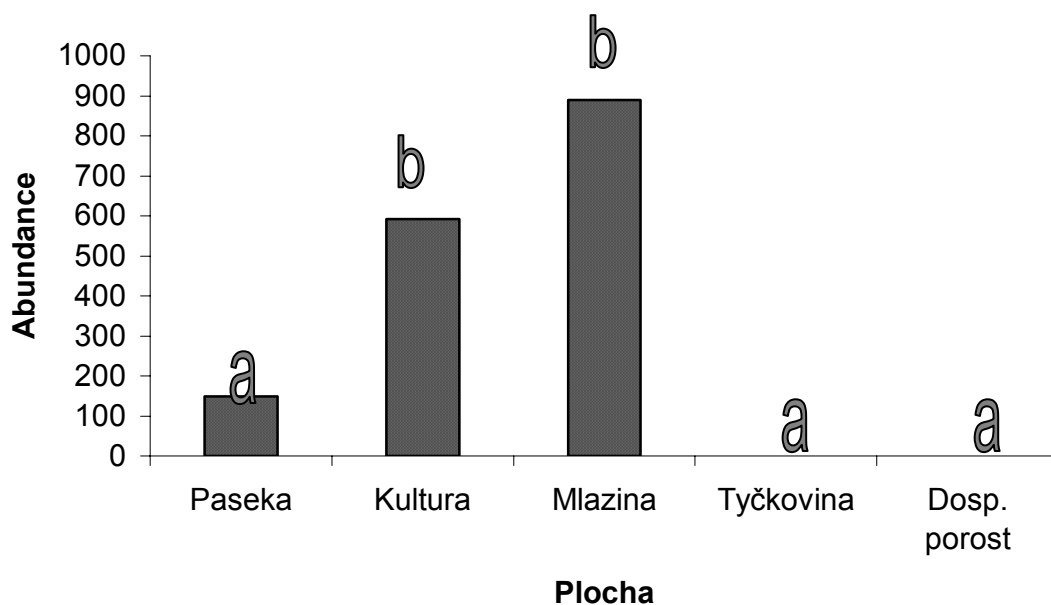
Druh	paseka	kultura	mlazina	tyčkovina	dosp. porost	celkem
<i>Myrmica ruginodis</i>	2	8	12	0	0	22
<i>Myrmica rubra</i>	0	0	1	0	0	1
<i>Myrmica lobicornis</i>	0	0	1	0	0	1
<i>Formica fusca</i>	3	6	1	0	0	10
<i>Lasius flavus</i>	0	1	1	0	0	2
<i>Lasius platythorax</i>	0	1	0	0	0	1
<i>Camponotus herculeanus</i>	4	3	0	0	2	9
Celkem	9	19	16	0	2	46

Závislost počtu hnízd na stádiu lesa

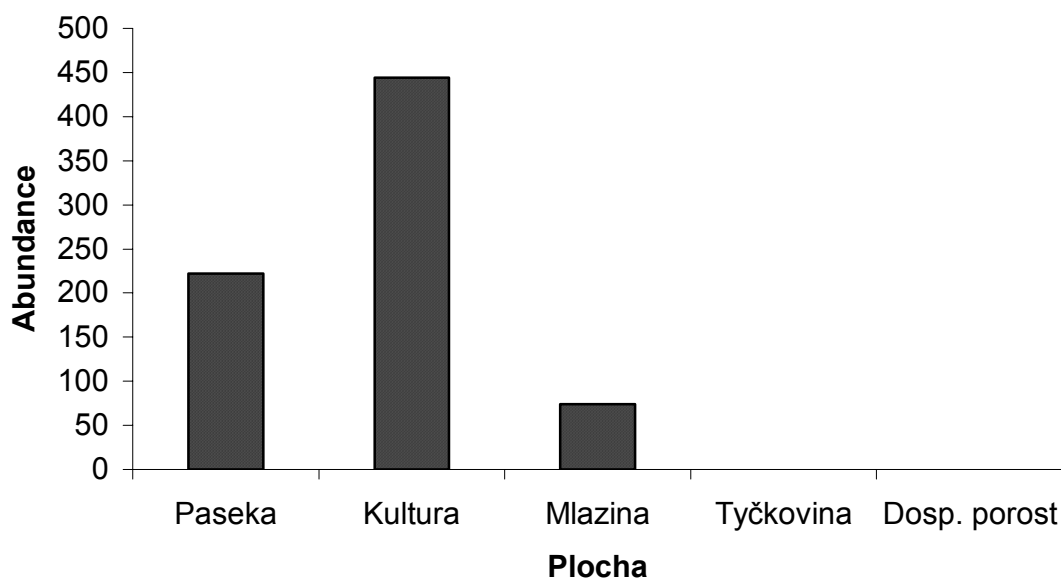
U rodu *Myrmica* se počty hnízd na pasekách, tyčkovinách a v dospělých porostech signifikantně odlišovaly ($F_{4,20} = 22,291$, $p = 0,0000$) od počtů hnízd nalezených v kulturách a mlazinách (graf 3). Největší abundance u tohoto rodu byla v mlazině a přesahovala 800 hnízd na hektar.

U druhu *Formica fusca* nebyla statisticky významně ($F_{4,20} = 1,1404$, $p = 0,36618$) prokázána preference některého stanoviště, i když v 5-7leté kultuře byl zaznamenán určitý nárůst početnosti mravenců (graf 4).

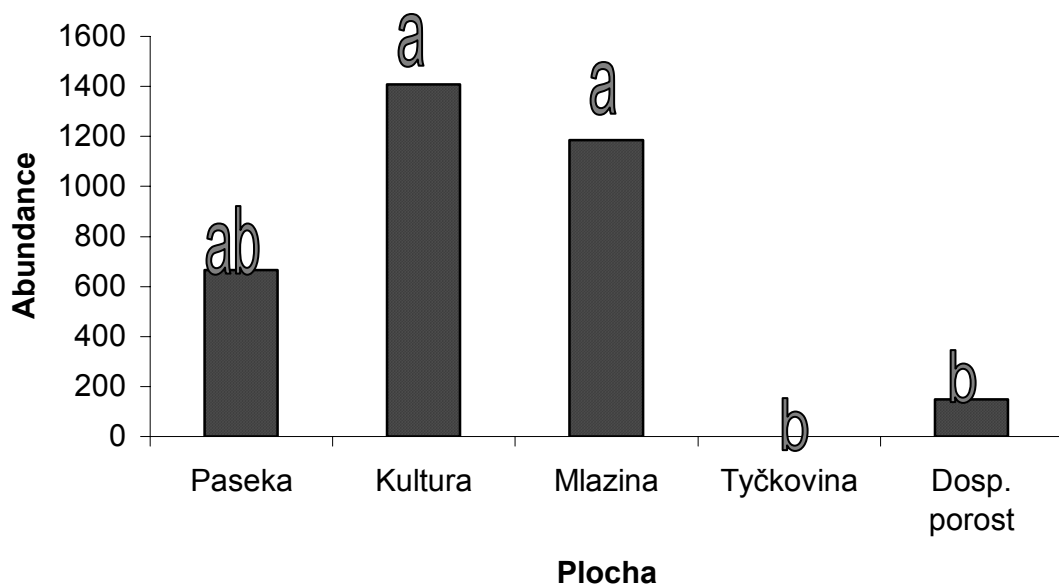
Pokud zahrneme všechny druhy do jednoho celku dostaneme tyto výsledky: kultura a mlazina se lišily ($F_{4,20} = 6,25$, $p = 0,00197$) od tyčkoviny a dospělého porostu. Kultura vykazovala vůbec největší abundance mravenců – okolo 1400 hnízd na hektar. Paseka se signifikantně nelišila od žádné z kategorií (graf 5). Pro druhy rodu *Lasius* nebyla prokázána závislost počtu mravenišť a typu porostu. U těchto druhů nepřesahovala abundance 80 hnízd na hektar. V porostech bylo také měřeno množství světla dopadajícího na půdní povrch (graf 6), které ukazuje postupný pokles světelnosti v průběhu stárnutí porostu, ačkoliv v dospělém porostu je světla více, než v tyčkovině.



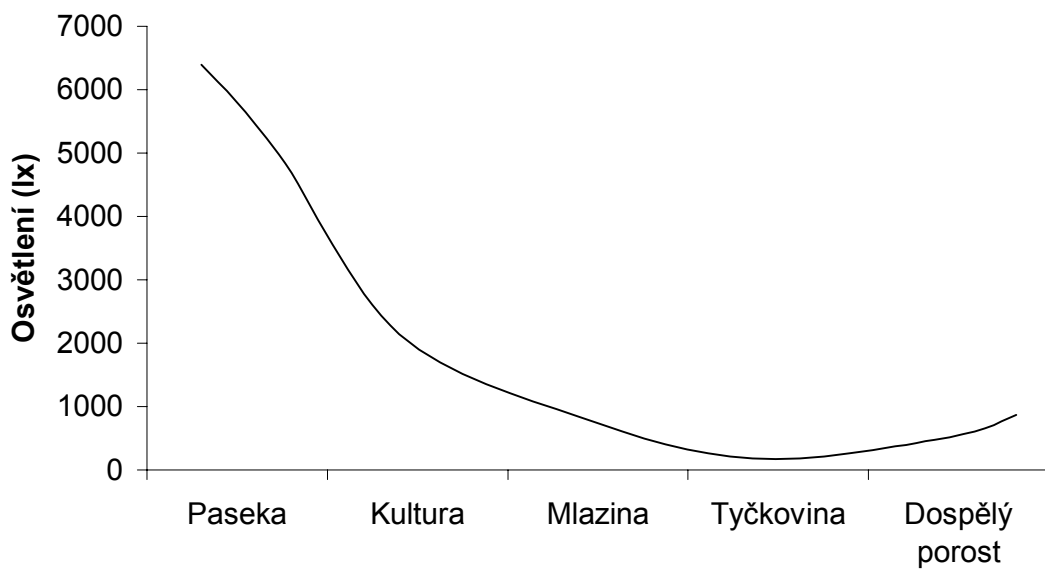
Graf 3: Početnost kolonií (ks/ha) mravenců druhu *Myrmica ruginodis* v různých typech porostů (1- paseka, 2- kultura, 3- mlazina, 4- tyčkovina, 5- dospělý porost). Různá písmena u sloupců odpovídají signifikantním rozdílům hodnot.



Graf 4: Početnost kolonií (ks/ha) mravenců druhu *Formica fusca* v různých typech porostů (1- paseka, 2- kultura, 3- mlazina, 4- tyčkovina, 5- dospělý porost).



Graf 5: Početnost kolonií (ks/ha) mravenců všech druhů v různých typech porostů (1 paseka, 2 kultura, 3 mlazina, 4 tyčkovina, 5 dospělý porost). Různá písmena u sloupců odpovídají signifikantním rozdílům hodnot.

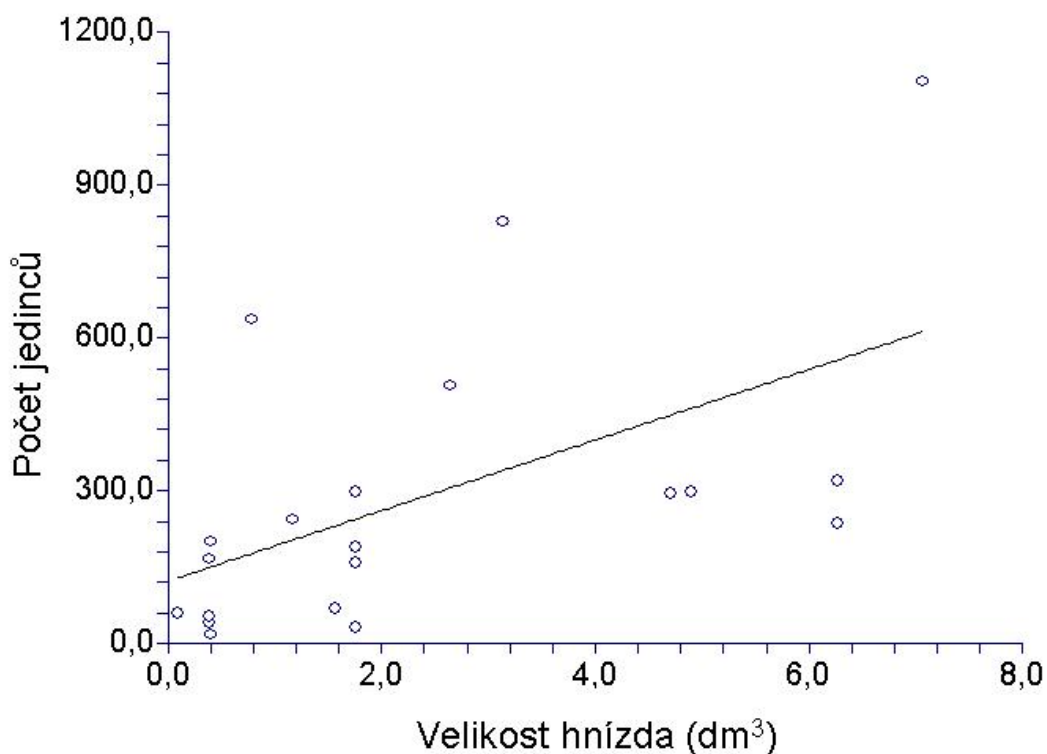


Graf 6: Množství světla dopadajícího na povrch půdy v 5 kategoriích lesa.

Závislost mezi velikostí hnízda a počtem jedinců

Vzhledem k nízkému počtu hnízd byla závislost mezi velikostí a počtem dělnic určena pouze pro hnízda mravence druhu *Myrmica ruginodis* (graf 7). V jeho 22 hnízdech byl průměrný počet dospělých jedinců 287. Hloubka hnízd se pohybovala od 3 do 20 cm a průměrná hloubka byla 9,36 cm. Objem celého hnízda byl od 0,4 do 7 dm³, průměrně 2,28 dm³. Hodnoty průměru hnízda činily 5 až 40 cm (průměr 18,5 cm).

Při hladině významnosti $p = 0,0102$ je těsnost závislosti pro válec $R^2 = 0,2995$. Pro výpočet objemu hnízda byly zkoušeny i jiné tvary, ale u nich byla závislost ještě menší (polokoule $R^2 = 0,0296$; $p = 0,5089$ a rotační kužel $R^2 = 0,0751$; $p = 0,2872$) než u námi zvoleného válce.



Graf 7: Závislost mezi velikostí hnízd a počty jedinců u mravenců druhu *Myrmica ruginodis*.

Diskuse

Při holosečné lesní těžbě dochází k fragmentaci stanoviště. Fragmentace stanoviště neovlivní pouze hmyzí početnost a diverzitu, ale i vztah mezi hmyzem a jinými organismy (Gibb & Hochuli 2002). Malé organismy jsou většinou specializovanější a tudíž více ohroženy při změně podmínek na lokalitě (Perfecto & Vandermeer 1996), proto mohou mravenci sloužit jako dobrý bioindikační druh (Andersen et al. 2002). Naopak Czechowski et al. (2002) uvádí, že díky hnízdním a sociálním faktorům mohou mravenci přežít i velké a náhlé změny v prostředí. Je důležité zjistit, jak se změny prostředí projevují v průběhu sukcese v našich hospodářsky využívaných lesích. Olivera et al. (2000) uvádí, že v Austrálii byla největší diverzita mravenců v lese s prostupnou korunou. Lze se proto domnívat, že na distribuci mravenců má vliv množství dopadajícího světla.

Výsledky ukazují preferenci mravenců k mladším sukcesním stádiím. Olivera et al. (2000) a Punntila et al. (1991, 1994a) zkoumali početnosti mravenců u různých lesních komplexů. Nám se podařilo potvrdit preferenci mravenců k mladším sukcesním stádiím u smrkových monokultur. Také Alvarado a Gallé (2000) zkoumali počty druhů mravenců a zjistili, že v přirozeném topolovém porostu je vyšší početnost než na plantáži kříženců topolů. Úplně nejmenší početnost byla v porostu trnovníku akátu (*Robinia pseudoacacia*) (Alvarado & Gallé 2000). Z toho vyplývá, že nepůvodní porosty dřevin působí negativně na společenstvo mravenců. V České republice je většina smrkových lesů v nadmořských výškách, které jsou vhodné spíše pro jiné druhy dřevin. Otázkou zůstává, jaký je rozdíl mezi populacemi mravenců v původních horských smrčínách a smrkovou monokulturou v podhorských oblastech.

Kategorie lesa

Rozmanitost a struktura společenstev mravenců se zřetelně liší mezi lesními typy. Můžeme předpokládat, že lidský zásah do vývoje lesa mění nejen složení druhů, ale může také měnit dynamiku celého systému. Otázka, jak antropogenní zásahy mění strukturu společenstva a jak ovlivňují funkci ekosystémů, se stala zvláště aktuální kvůli ničení životního prostředí, které postupuje globálně se stoupající rychlostí (Floren et al. 2001).

Pro zhodnocení vlivu změny stanoviště byl zvolen smrkový les, který v našich podmínkách často převládá. Tyto většinou nepůvodní porosty jsou využívány pro těžbu

dřeva, a tak na nich lze sledovat vliv hospodaření v lese. Kategorie byly vybrány hlavně podle množství dopadajícího světla, protože světlo a následně teplo má velký vliv na kolonie mravenců. Zvolená lokalita má hlavní výhodu v tom, že se všech 5 zvolených kategorií lesa vyskytuje na malé ploše. Proto můžeme uvažovat o stejném vlivu podmínek a faktorů, které nejsou přímo podmíněny typem porostu (stejně geologické podloží, pedologické podmínky, klima, sklon a orientace svahu, stejné zatížení prostředí znečišťujícími látkami atd.).

Ze všech zkoumaných kategorií lesa dopadá nejvíce světla na paseku. Pokud je světlo hlavním faktorem, mělo by na pasece být nejvíce kolonií. Důvody proč tomu tak není, vidím v jisté setrvačnosti sukcese a nízkému stáří pasek, dosud plně nekolonizovaných. Za krátkou dobu nestačí většina druhů mravenců osídlit volný prostor po těžbě, nebo je aspoň nelze prokázat. To, že jsou lesní mravenci postiženi těžbou, potvrzuje například Punttila et al. (1991), který tuto skutečnost odůvodňuje ztrátou potravních zdrojů. Z jiných studií hovoří proti rychlému obsazování paseky fakt, že vztahy mezi koloniemi byli více nepřátelské v holině než v lesním vnitřku (Sorvari & Hakkarainen 2004). Toto bylo také vysvětleno zvětšením vnitrodruhové kompetice o zdroje. Jiným vysvětlením malé početnosti může být skutečnost, že k založení hnízda sice dochází již v tomto období, ale po hnízdní aktivitě nejsou dosud viditelné stopy. V prvním roce života totiž kolonie roste velmi pomalu (Punttila et al. 1994a).

V kultuře většinou početnost mravenců rychle narůstá. Je známo, že zakládání hnízd není náhodné, ale je vázáno na určité podmínky (Czechowski et al. 2002). V tomto stádiu vývoje lesa jsou zřejmě tyto podmínky ideální. Je zde dostatek světla, protože ještě nedošlo k zapojení korun stromů. Svou roli zde hraje i dostatečně dlouhá doba na imigraci mravenců z okolních lokalit.

V kategorii mlazina byla početnost největší, zvláště pro rod *Myrmica*. Czechowski et al. (2002) uvádí, že velké množství druhů obývá lesní okraje. Domnívám se, že právě tato kategorie se nejvíce blíží svými vlastnostmi a strukturou okraji lesa. V tyčkovině je porost nejhustší, s minimem dopadajícího světla. Půdu kryje jen vrstva opadaného jehličí. Světelné podmínky v dospělém porostu (graf 5) jsou nepatrně lepší než v předchozí kategorii. Hlavní důvod vidím v provádění probírek. Při probírkách dochází k rozvolňování zápoje, protože některé stromy jsou pokáceny. Mravenci však na tuto změnu statisticky významně nereagovali, pravděpodobně pro nedostatečné množství podrostu.

Otázkou zůstává, jak by se společenstvo mravenců vyvíjelo v přirozených, různověkých lesích pralesovitého typu. Přirozené lesy mají různorodější podmínky. Někteří mravenci preferují staré zetlelé dřevo, ve kterém si staví svá hnízda (Fedoseeva & Demchenko 1997). Taková dřevní hmota v hospodářsky využívaných lesích většinou chybí. Proto se lze domnívat, že v přirozených smrkových porostech bude abundance i diverzita druhů větší.

***Druhov*á skladba společenstev**

Skladba lesní myrmekofauny se značně mění podle typu, složení i stáří lesních porostů, podle nadmořské výšky a geografické polohy. V jižních a nížinných oblastech je tato fauna bohatší a druhově pestřejší než v podmínkách horských (Starý 1987).

Všechny nalezené druhy mravenců bylo možno v tomto prostředí očekávat. Nebyly nalezeny žádné nepůvodní nebo azonálně se vyskytující druhy. Nejčastěji byli vykopáni mravenci druhu *Myrmica ruginodis*, kteří jsou v jehličnatých lesích běžní (Czechowski et al. 2002). V nadmořské výšce okolo 500 m n. m. je rod *Myrmica* zastoupen téměř výhradně druhy *M. rubra* a *M. ruginodis*. Z rodu *Camponotus* v chladnějších polohách převažuje druh *C. herculeanus*, což bylo také potvrzeno (Starý 1987). Puntila et al. (1994b) uvádí, že ve starém lese se vyskytovaly jen 3 běžné stínomilné druhy, kdežto většina druhů se vyskytovala v ranně sukcesím stádiu lesa. Mezi tyto 3 druhy řadí i *M. ruginodis*. Ostatní druhy nebyly tak časté, ale také jsou pro tyto lesy typické.

Pro porovnání druhů z hlediska preference prostředí máme nedostatek údajů a tak je nelze hodnotit mezi sebou. Například druh *M. rubra* byl nalezen jen v jednom hnízdě na pasece. Pro srovnání s *M. ruginodis* mám může sloužit graf 2. Graf ukazuje preferenci *M. rubra* k teplejšímu a více suchému stanovišti, což by mohlo vést ve prospěch paseky. Ovšem domnívám se, že na základě jednoho nálezu nelze provádět žádné závěry.

Oproti loňskému vzorkování bylo nalezeno mnohem méně hnízd (A. Véle, ústní sdělení). Snad mohlo mravence ovlivňovat suché a teplé počasí v červenci 2006, nebo naopak vydatné srážky v srpnu (tab. 3). Pravděpodobně však nemá změna počasí vliv na kolonie mravenců (A. Véle, ústní sdělení).

Velikost hnízd

Mravenci nejčastěji staví podzemní hnízda, která poskytují ochranu pro kolonii (Halley et al. 2005). Přizpůsobování velikosti hnízda k jeho obyvatelstvu je jeden z nejběžnějších procesů, je ale málo známá dynamika budování a zvětšování hnízda v sociální souvislosti (Rasse & Deneubourg 2001). Rasse a Deneubourg (2001) také uvádí, že vztah mezi velikostí hnízd a počtem jedinců je relativně stálý. Množství dělnic může být ovlivněno vitalitou mravenčí kolonie nebo potravní nabídkou (Skórka et al. 2006). My jsme měřili závislost mezi velikostí hnízd a počtem dělnic u 22 hnízd druhu *Myrmica ruginodis*. Závislost nebyla příliš těsná, snad pro malý počet hnízd, nepřesnost v určení objemu hnízd (jednotný tvar), nebo kvůli rozdílným stupňům životního cyklu mravenců (graf 1).

Metoda

Pro zjišťování velikosti mravenčí populace se používají obvykle dva hlavní typy metod. První z nich je metoda zvaná „chytit-označit-znovu chytit“ (CMR). Metoda umožní nejen odhad velikosti kolonie, ale také poznání dynamiky a chování společenství. Druhá metoda spočívá ve vykopání celého hnízda. Ta má výhodu v tom, že můžeme spočítat přesný počet dělnic, královen, larev atd. Proto jsme zvolili tuto druhou metodu. Nicméně obě metody mají i své nevýhody. CMR metoda je časově náročná a vyžaduje úsilí chytit jednotlivce přinejmenším dvakrát. Druhá metoda je destruktivní a nelze provádět opakování na tomtéž hnízdě. Vyžaduje také značné úsilí na spočítání všech jedinců (Skórka et al. 2006).

Metoda destruktivního vzorkování se jeví jako nejvhodnější pro zjištění abundance mravenců na ploše. Je také vhodná pro zjištění velikosti hnízda, avšak stanovení velikosti hnízda výpočtem pro objem válce není asi nejpřesnější. Byly zkoušeny i jiné objemy (polokoule a rotační kužel), ale válec se jevil jako nejvhodnější. Existuje i jiná metoda, která pomocí počítačové tomografie a rentgenového záření zobrazí strukturu hnízda bez jeho poničení (Halley et al. 2005). Tato metoda je ovšem značně technicky i finančně náročná.

Závěr

Je velmi důležité znát vztahy a početnosti v mravenčích populacích. Je také nutné vědět, jak mravence ovlivňuje člověkem řízená sukcese v hospodářsky využívaných lesích. Při kácení lesních porostů dochází ke změně podmínek na stanovišti, není však mnoho poznatků o tom, jak se tyto podmínky mění v průběhu sukcese. Cílem této práce bylo zjistit, jak se mění abundance v různých stádiích vývoje lesa a jaká je závislost mezi velikostí hnízda a počtem dělnic. Výsledky ukázaly preferenci mravenců k mladším sukcesním stádiím. Výjimku tvoří jen paseka, kde lze pravděpodobně nízkou početnost přičíst nízkému stáří pasek, dosud plně nekolonizovaných. Nejvýraznějším faktorem distribuce je pravděpodobně světlo, ale není vyloučen ani vliv tepla, vlhkosti, vegetace a dalších faktorů. Závislost mezi velikostí hnízda a počtem dělnic byla signifikantně pozitivní. Výsledky mohou mít vliv při posuzování vlivů těžby, při biologické ochraně lesa nebo při druhové ochraně mravenců.

V České republice je většina smrkových lesů v nadmořských výškách, které jsou vhodné spíše pro jiné druhy dřevin. Otázkou zůstává, jaký je rozdíl mezi populacemi mravenců v původních horských smrčínách a smrkovou monokulturou v podhorských oblastech. Abychom našli odpověď, bude potřeba provést stejný postup i v těchto smrčínách. Znalost početnosti mravenců není důležitá jen z vědeckého hlediska, ale také z pohledu lesnické praxe. Pokud budeme mít dostatek informací o mravencích, můžeme lépe regulovat lesní škůdce a udržovat zdravotní stav lesa na vysoké úrovni.

Literatura

- Alvarado, M., Gallé, L. 2000. Ant assemblages associated with lowland forests in the southern part of the great Hungarian plain. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 46: 79-102
- Andersen, A.N., Hoffmann, B.D., Miller, W.J., Griffiths, A.D. 2002. Using ants as bioindicators in land management: simplifying assessment of ant community responses. *Journal of Applied Ecology* 39: 8-17
- Banschbach, V.S., Levit, N., Herbers, J.M. 1997. Nest temperatures and thermal preferences of a forest ant species: is seasonal polydomy a thermoregulatory mechanism? *Insectes Sociaux* 44: 109-122
- Braschler, B., Baur, B. 2003. Effect of experimental small-scale grassland fragmentation on spatial distribution, density, and persistence of ant nests. *Ecological Entomology* 28: 651-658
- Czechowski, W., Radchenko, A., Czechowska, W. 2002. The ants (Hymenoptera, Formicidae) of Poland. Warszawa: Museum and Institute of Zoology PAS, 200 s.
- ČHMÚ 2005. Dlouhodobé normály klimatických hodnot za období 1961-1990. www.chmu.cz/meteo/ok/okdata12.html, aktualizováno 7.1.2005, citováno 15.3.2007
- ČHMÚ 2007. Klimatické údaje za rok 2006. www.chmu.cz/meteo/ok/okdat61.html, aktualizováno 14.3.2007, citováno 15.3.2007
- Demek, J. (ed.) 1987. Hory a nížiny. Zeměpisný lexikon ČSR. Academia, Praha, 584 s.
- Elmes, G.W., Thomas, J.A., Wardlaw, J.C., Hochberg, M.E., Clarke, R.T., Simcox, D.J. 1998. The ecology of *Myrmica* ants in relation to the conservation of *Maculinea* butterflies. *Journal of Insect Conservation* 2: 67-78
- Elmes, G.W., Wardlaw, J.C. 1982. 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* 51: 665-680
- Fedoseeva, E.B., Demchenko, A.V. 1997. Effects of substrate on nest density in ants *Myrmica ruginodis* (Hymenoptera, Formicidae). *Zoologicheskyy Zhurnal* 76: 543-553

- Floren, A., Freking, A., Biebl, M. 2001. Anthropogenic disturbance changes the structure of arboreal tropical ant communities. *Ecography* 24: 547-554
- Folgaraid, P.J. 1998. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. *Biodiversity and Conservation* 7: 1221-1244
- Frouz, J. 2000. The effect of nest moisture on daily temperature regime in the nest of *Formica polyctena* wood ants. *Insectes Sociaux* 47: 229-235
- Gibb, H., Hochuli, D.F. 2002. Habitat fragmentation in an urban environment: large and small fragments support different arthropod assemblages. *Biological Conservation* 106: 91-100
- Gibb, H., Hochuli, D.F. 2003. Nest relocation in the golden spiny ant, *Polyrhachis ammon*: environmental cues and temporal castes. *Insectes Sociaux* 50: 323-329
- Gorb, S., Gorb, E., Sindarovskaya, Y. 1997. Interaction between the non-myrmecochorous herb *Galium aparine* and the ant *Formica polyctena*. *Plant Ecology* 131: 215 - 221
- Halley, J.D., Burd, M., Wells, P. 2005. Excavation and architecture of Argentine ant nests. *Insectes Sociaux* 52: 350-356
- Hölldobler, B., Wilson, E.O. 1990. *The Ants*. Springer Verlag, Berlin.
- Hölldobler, B., Wilson, E.O. 1997. *Cesta k mravencům*. Academia, 1. vydání, Praha, 198s.
- López, F., Serrano, J.M., Acosta, F.J. 1992. Temperature-vegetation structure interaction: the effect on the activity of the ant *Messor barbaru* (L.). *Vegetation* 99-100: 119-128
- Mackovčín, P., Sedláček, M., Kuncová, J. (eds.) 2002. Liberecko. In: Mackovčín P. a Sedláček M. (eds.): *Chráněná území ČR, svazek III.*, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha, 331s.
- Novgorodova, T.A. 2005. Ant-aphid interactions in multispecies ant communities: Some ecological and ethological aspects. *European Journal of Entomology* 102: 495-501

- Olivera, I., Nallyb, R.M., York, A. 2000. Identifying performance indicators of the effects of forest management on ground-active arthropod biodiversity using hierarchical partitioning and partial canonical correspondence analysis. *Forest Ecology and Management* 139: 21-40
- Perfecto, I., Vandermeer, J. 1996. Microclimatic changes and the indirect loss of ant diversity in a tropical agroecosystem. *Oecologia* 108: 577-582
- Petal, J. 1998. The influence of ants on carbon and nitrogen mineralization in drained fen soils. *Applied Soil Ecology* 9: 271-275
- Punttila, P., Koponen, S., Saaristo, M. 1994a. Colonisation of a burned mountain-birch forest by ants (Hymenoptera, Formicidae) in subarctic Finland. *Memorabilia Zoologica* 48: 193-206
- Punttila, P., Haila, Y., Pajunen, T. and Tukia, H. 1991. Colonisation of clearcut forests by ants in the southern Finnish taiga: a quantitative survey. *Oikos* 61: 250-262
- Punttila, P., Haila, Y., Niemelä, J., Pajánem, T. 1994b. Ant communities in fragments of old-growth taiga and managed surroundings. *Annales Zoologici Fennici* 31: 131-144
- Punttila, P., Haila, Y., Tukia, H. 1996. Ant communities in taiga clearcuts: habitat effects and species interactions. *Ecography* 19: 16-28
- Quitt, E. 1971. Klimatické oblasti ČR 1:500000. *Studia geographica* 16, Geologický ústav ČSAV, Brno, 74 s.
- Rasse, Ph., Deneubourg, J. L. 2001. Dynamics of Nest Excavation and Nest Size Regulation of *Lasius niger* (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Insect Behavior* 4: 14
- Sadil, J. 1955. Naši mravenci. *Orbis*, 1. vydání, Praha, 224s.
- Skórka, P., Witek, M., Woyciechowski, M. 2006 A simple and nondestructive method for estimation of worker population size in *Myrmica* ant nests. *Insectes Sociaux*. 53: 97–100
- Sorvari, J., Hakkarainen, H. 2004. Habitat-related aggressive behaviour between neighbouring colonies of the polydomous wood ant *Formica aquilonia*. *Animal Behaviour* 67: 151-153

- Starý, B. 1987. Užitečný hmyz v ochraně lesa. Státní zemědělské nakladatelství v Praze, Praha, 104s.
- Véle, A. 2004. Vliv vegetace a vybraných abiotických faktorů na hnízda mravence *Formica polystena*. Diplomová práce. Olomouc: Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, 50s.
- Vysoký, V., Šutera, V. 2001. Mravenci severozápadních čech. Albis international, 1. vydání, Ústí nad Labem, 211s.
- Werner, P. 2007. Seznam mravenců České republiky.
<http://www.muweb.cz/www/PeWe/>, aktualizováno 3.1.2007, citováno 10.3.2007
- Zacharov, A. A. 1984. Sociální struktury mravenišť. Český svaz ochránců přírody, Prachatice, 107s.

Přílohy:



Obr. 1: Paseka 0 – 2 roky (foto A. Véle).



Obr. 2: Kultura 5 – 7 let (foto A. Véle).



Obr. 3: Mlazinga 15 – 20 let (foto A. Véle).



Obr. 4: Tyčkovina 30 – 40 let (foto A. Véle).



Obr. 5: Dospělý porost přes 80 let (foto A. Véle).



Obr. 6: Ukázka plochy po destruktivním vzorkování (foto A. Véle).