

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra botaniky



Distribuce hnízd mravenců rodu *Formica*

Bakalářská práce

Miroslav Schejbal

Studijní program: Biologie, Studijní obor: Biologie – Geografie

Forma studia: prezenční

Vedoucí práce: RNDr. Mgr. Ivan Hadrián Tuf, Ph.D.

Konzultanti: RNDr. Klára Bezděčková, Ph.D., Pavel Bezděčka

Olomouc 2016

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením dr. Tufa, a že jsem citoval veškerou použitou literaturu.

V Olomouci dne:

Poděkování:

Tímto bych chtěl poděkovat především dr. Tufovi za odborné vedení bakalářské práce, jeho čas, cenné rady a pomoc se statistickými analýzami. Dále bych chtěl poděkovat manželům Bezděčkovým za uvedení do myrmekologické problematiky a pomoc s determinací vzorků. Vděk patří také dr. Létalovi za rady při práci v programu ArcMap. V neposlední řadě bych chtěl veliké poděkování vyjádřit celé mé rodině za plnou podporu při vzdělání, jejich trpělivost a částečnou výpomoc při terénních pracích.

Bibliografická identifikace:

Jméno a příjmení autora: Miroslav Schejbal

Název práce: Distribuce hnízd mravenců rodu *Formica*

Typ práce: Bakalářská práce

Pracoviště: Katedra botaniky PřF UP

Vedoucí práce: RNDr. Mgr. Ivan Hadrián Tuf, Ph.D.

Rok obhajoby práce: 2016

Abstrakt: V rámci tohoto výzkumu byly zmapovány tři lokality s výskytem lesních mravenců podrodu *Formica* ve Žďárských vrších. Celkem bylo nalezeno 108 aktivních kup lesních mravenců, které náležely druhům *Formica polycтена*, *F. lugubris*, *F. rufa* a *F. sanguinea*. Cílem práce bylo ověřit, zda je možné distribuci hnízd na daných lokalitách objasnit pomocí kombinace různých environmentálních faktorů prostředí, případně stanovit závislosti mezi jednotlivými proměnnými. V létě 2015 byla určena poloha hnízd pomocí GPS. Dále byly měřeny jednotlivé parametry hnízd a zaznamenávány charakteristiky prostředí. V programovém balíku CANOCO byly provedeny statistické analýzy. Pro stanovení závislostí mezi jednotlivými proměnnými byla využita redundanční analýza (RDA), vztah mezi hodnotami prediktoru a jeho vlivem na danou proměnnou vysvětlují zobecněné aditivní modely (GAM). Výsledkem bylo potvrzení některých již dříve známých jevů, např. přímá závislost velikosti hnízd na vlhkosti a zastínění. Předpokládané bylo i zjištění největších rozměrů hnízd druhu *F. polycтена*, největší hnízdo dosahovalo objemu 8,1 m³. Poměrně překvapující se zdála být distribuce hnízd *F. polycтена* v průměrně vyšších nadmořských výškách než se očekávalo. Poznatek předchozích studií na vyšších vlhkostní nároky *F. lugubris* byla potvrzena.

Klíčová slova: *Formica lugubris*, *Formica polycтена*, Žďárské vrchy, distribuce, hnízdo

Počet stran: 48

Počet stran příloh: 6

Jazyk: Čeština

Bibliographical identification:

Author's first name and surname: Miroslav Schejbal

Title: An *Formica* ant hill distribution

Type of thesis: Bachelor thesis

Department: Department of Botany, Faculty of Science, Palacký University Olomouc

Supervisor: RNDr. Mgr. Ivan Hadrián Tuf, Ph.D.

The year of presentation: 2016

Abstract: As part of this research three locations were charted with the occurrence of red wood ants, subgenus *Formica*, in Zdarske vrchy hills. Overall 108 active ant-mounds were found that belonged to the species *Formica polyctena*, *F. lugubris*, *F. rufa* and *F. sanguinea*. The aim was to verify if it is possible to clarify the distribution of nests using a combination of various environmental factors. A location of nests was determined using GPS in the summer 2015. Furthermore, the individual parameters of nests were measured and the environmental characteristics were recorded. The statistical analysis were performed using CANOCO software. For the determination of dependencies between variables was used redundancy analysis (RDA), the relationship between the values of predictors and its impact on a given variable explaining generalized additive models (GAM). The result was the confirmation of certain previously known phenomena, e.g. direct dependence of the nests on the humidity and shading. Expected findings was also the largest proportions of nests of *F. polyctena* largest nest volume reached 8.1 cubic meters. Quite surprising seemed distribution of nests *F. polyctena* on average higher altitudes than expected. The finding of previous studies on the higher humidity requirements *F. lugubris* was confirmed.

Keywords: *Formica lugubris*, *Formica polyctena*, Zdarske vrchy hills, distribution, nest

Number of pages: 48

Number of appendice pages: 6

Language: Czech

Obsah

1 Úvod a cíle práce	7
2 Charakteristika zájmového území.....	10
2.1 Chko žďárské vrchy	10
2.2 Konkrétní lokality výzkumu	12
3 Metodika	14
3.1 Měřené parametry hnízd a prostředí	14
3.2 Statistická analýza dat	16
4 Výsledky	18
4.1 Měřené charakteristiky všech hnízd a jejich distribuce	18
4.2 Statistické analýzy distribuce všech hnízd.....	25
4.3 Statistické analýzy distribuce hnízd dominantních druhů s měřenou teplotou a vlhkostí.....	27
5 Diskuze	32
5.1 Parametry hnízd	32
5.2 Parametry prostředí	34
5.3 Distribuce hnízd	36
6 Závěr	40
7 Literatura.....	42
8 Přílohy.....	49

1 ÚVOD A CÍLE PRÁCE

Mravenci jsou všude. Po člověku jsou to nejrozšířenější společenští živočichové, nesetkáme se s nimi pouze na Antarktidě. Průměrná mravenčí dělnice váží 1–5 mg, což podle odhadů znamená, že v celkovém součtu váží všichni mravenci na světě stejně jako celé lidstvo. V centrální části amazonského deštného pralesa tvoří mravenci až třetinu veškeré živočišné biomasy (Hölldobler & Wilson 1997). Nejen z těchto hodnot pak jasně vyplývá i jejich obrovský ekologický význam. Mravenci patří mezi hlavní predátory bezobratlých i menších obratlovců, na druhou stranu s tisíci druhy bezobratlých a více než 465 druhy rostlin tvoří symbiózu (Schultz 2000, Del Toro et al. 2012). Mravenci jsou také považováni za ekosystémové inženýry – umí pozměnit fyzikální vlastnosti půdy stavbou chodeb, čímž zvyšují pórovitost půdy, dále dokážou změnit pH a obsah živin v půdě a v neposlední řadě mísí a transportují obrovské množství půdy, jako např. *Formica cinerea* Mayr, 1853 (Frouz & Jilková 2008, Sanders & van Veen 2011). Neméně důležitou úlohou mravenců je myrmekochorie, tedy šíření semen rostlin, díky kterému prosperuje přibližně 3000 druhů rostlin (Lengyel et al. 2010). Někteří mravenci jsou známí i jako samotní opylovači rostlin (Sugiura et al. 2006) a v neposlední řadě je lze využívat jako bioindikátory, např. těžkých kovů (Rabitsch 1997, Del Toro et al. 2010).

Čemu však mravenci vděčí za takovou úspěšnost? Výhody jsou přičítány zejména dělbě práce a morfologické diferenciaci mezi dospělými. Okřídlené královny zakládají hnízda a produkují potomstvo, zatímco bezkřídlé dělnice se o potomstvo starají, budují hnízdo a shánějí potravu (Ward 2006, Lach et al. 2010). Podle Hölldoblera & Wilsona (1997) je konkurenční výhodou mravenců jejich vysoce koloniální způsob života založený na oběti jednotlivců. Ukázkou je *Formica yessensis* Wheeler, 1913 tvořící superkolonii na ostrově Hokkaidó čítající okolo 45 000 hnízd, které obsahují přes 306 milionů dělnic a 1,1 milionů matek (Kidokoro-Kobayashi 2012). Klíč k fungování kolonie jako celku je dokonalá komunikace mezi jejími jednotlivými elementy. Ta probíhá nejvíce skrze uvolňování feromonů, dále pomocí taktilní komunikace prostřednictvím tanečků či škrábání nebo přímého dotyku tykadel (Jackson & Ratnieks 2006), neméně důležitá je také stridulace (Rauth & Vinson 2006).

Značný ekologický význam lesních mravenců (rodu *Formica* spp.) se stal předmětem jejich ochrany. Pro lesní mravence je nejrizikovější především kácení lesů, čímž dochází ke fragmentaci biotopů (Mabelis 2007). To má za následek změnu

abiotických podmínek prostředí, limitaci potravních zdrojů a narušení rozmnožování. U citlivějších druhů, jako je *Formica aquilonia* Yarrow, 1955, může mít odlesňování fatální důsledky (Sorvari & Hakkarainen 2007). Kromě *Formica truncorum* Fabricius, 1804 jsou všichni lesní mravenci (*Formica* s. str., neboli podrod *Formica*) uvedeni na Červeném seznamu ohrožených druhů IUCN v kategorii téměř ohrožení (IUCN 2016). V České republice jsou lesní mravenci podle Bezděčky (2007) ohrožení, přičemž zdravých silných mravenišť u nás v posledních desetiletích výrazně ubylo (Žďárek 2013).

Mravenci podrodu *Formica* se nejlépe šíří v jehličnatých a smíšených lesích, neboť shromažďují rostlinný opad, ze kterého staví svá kupovitá hnízda a navíc v listnatých i jehličnatých lesích je dostatek mšic vylučujících medovici, která je hlavní potravou mravenců (tzv. trofobióza, např. Domish et al. 2009). Na distribuci mravenců má také vliv, zda je druh monogynní (př. *Formica rufa* Linnaeus, 1758, *Formica lugubris* Zetterstedt, 1840) nebo polygynní (př. *Formica polyctena* Förster, 1850) – hnízdo monogynního druhu zakládá jedna okřídlená královna, která je tak schopna migrovat mnohem dále, polygynní královny svá křídla shodí ještě před oplodněním a zůstávají proto v domovském hnízdě nebo vybudují hnízdo v blízkém okolí (Puntilla 1996). Jako klíčové faktory výběru lokality k zakládání hnízd Kilpeläinen et al. (2008) určují světlo, konkurenci, topografii vč. expozice svahu, vlhkost, vegetační a půdní pokryv. V této práci je pozornost věnována zejména druhům *F. polyctena* a *F. lugubris*. *Formica polyctena* často tvoří na malém prostoru velké komplexy hnízd značných rozměrů (Kristiansen & Amelung 2002). Kůsová (2004) ve své práci shrnuje, že vhodné stanoviště pro *F. polyctena* je jehličnatý les s minimální příměsí listnáčů, kde hnízda jsou osvětlená minimálně z 35 % a expozičně orientována na jihovýchod až jihozápad. *Formica lugubris* je typický zástupce horských a podhorských zalesněných oblastí. Z jehličí a hrubšího materiálu si buduje svá hnízda, mnohdy vyšší než jeden metr, která bývají lokalizována na okrajích mokřadů a v inverzních polohách, což může poukazovat na vyšší nároky tohoto druhu na vlhkost a nižší průměrnou teplotu stanoviště (Bezděčka & Bezděčková 2011). Dosud se však stanovištním nárokům těchto dvou druhů, zejména na našem území, věnovala jen minimální pozornost.

Cílem této práce bylo zmapovat území s dosud nezaznamenaným výskytem hnízd lesních mravenců podrodu *Formica* a dále ověřit, zda lze distribuci hnízd těchto druhů mravenců na daných lokalitách vysvětlit pomocí kombinace vybraných konkrétních environmentálních faktorů. Získaná data by mohla být podkladem

k hodnocení vhodných biotopů pro lesní mravence a dále využívána ke zkvalitnění ochrany území s výskytem mravenců podrodu *Formica*.

2 CHARAKTERISTIKA ZÁJMUVÉHO ÚZEMÍ

2.1 CHKO Žďárské vrchy

Výzkum probíhal na částech území CHKO Žďárské vrchy, jež se rozkládá na pomezí Pardubického kraje a Kraje Vysočina (obrázek č. 1). Jako chráněná byla tato oblast vyhlášena roku 1970 s cílem zachovat vyváženou kulturní krajinu s významným zastoupením přirozených ekosystémů. Hlavním předmětem ochrany jsou rulové skalní útvary na hřebetech Žďárských vrchů, rašeliniště a další mokřadní společenstva, která patří k nejcennějším segmentům krajiny, jež se rozprostírá na ploše 70 940 ha. V CHKO Žďárské vrchy se nachází 50 maloplošných zvláště chráněných území (MZCHÚ), z nichž jsou 4 NPR, 9 PR a 37 PP (AOPK ČR 2016). Nejnižší bod CHKO je údolí řeky Svatky – 488 m n. m., naopak nejvýše dosahuje Devět skal – 836 m n. m. Na jihozápadním a severozápadním okraji oblasti má reliéf charakter členité pahorkatiny, zatímco v západní části převažuje ráz ploché vrchoviny a ve východní části dokonce členité vrchoviny s výškovou členitostí 200–265 m (Culek et al. 2013).

Z geomorfologického hlediska patří CHKO Žďárské vrchy podle Bína & Demka (2012) do stejnojmenného podcelku Žďárské vrchy, a dále do celku Hornosvratecká vrchovina spadající pod oblast Českomoravské vrchoviny. Podcelek Žďárské vrchy se nachází na styku několika geologických jednotek severovýchodního okraje centrální části Českého masivu, konsolidovaných koncem paleozoika hercynským vrásněním. V dalším geologickém vývoji byl ráz oblasti formován ve starším kvartéru mrazovým zvětráváním skalních masivů, při němž byly rozpadlé bloky hornin unášeny kongeliflukcí po svazích a hromaděny v podobě hlinitokamenitých sedimentů nebo kamenných moří. V mladším kvartéru byly vytvořeny nivy v údolích řek a vznikla rašeliniště, např. v okolí Velkého Dářka (AOPK ČR 2016). Dnešní ráz krajiny tedy tvoří rozložitě hřbety a půdorysně oválné masivy vystupující pozvolna nad zvlněné plošiny vyzdvižené holoroviny, mezi hřbety se táhnou hluboká rozevřená údolí vodních toků. Hovoříme tak o tzv. žďárském typu reliéfu. Charakteristické jsou zde mohutné kryogenní útvary, zejména izolované skály typu tor, skalní hradby a mrazové sruby, např. PP Devět skal, PP Malinská skála či PP Pasecká skála.

Klima Žďárských vrchů je chladnější, vlhčí a celkem větrné. Průměrná roční teplota činí okolo 4,5 °C v nejvyšších a 6,5 °C v nižších polohách. Průměrný roční úhrn srážek se pohybuje v intervalu 705–900 mm, směrem na jih úhrn klesá. V kotlinách,

např. na horním toku Svratky a v okolí Žďáru nad Sázavou se vytvářejí teplotní inverze (Bína & Demek 2012). Celé území náleží podle Quitta (1971) do chladné oblasti CH 7, pouze výběžek západně od Žďáru nad Sázavou do mírně teplé oblasti MT 3.

CHKO Žďárské vrchy patří mezi nadprůměrně zalesněné území, lesy zde tvoří 46 %, zemědělský půdní fond 44 %, vodní plochy 2 % a ostatní plochy 8 % (AOPK ČR 2016). Bioregion je tvořen zejména 5. jedlo-bukovým vegetačním stupněm s typickou hercynskou biotou s horskými prvky. Potenciální vegetace převážné části území náleží do acidofilních bučin a podmáčených smrčín. V lesích dominují kulturní smrčiny, zachovány jsou malé zbytky bukového lesa a blatková rašeliniště. Smrky (*Picea A. Dietr.*) tvoří až 86 % všech dřevin lesních porostů CHKO, okolo 5 % tvoří borovice (*Pinus L.*), 2 % buky (*Fagus L.*), 2 % olše (*Alnus Mill.*) a zbytek jiné dřeviny (Culek et al. 2013).



Obr. 1 Poloha CHKO Žďárské vrchy v rámci ČR – vyznačeno červeně (upraveno podle: Hajduch 2010).

Výskyt lesních mravenců (podrod *Formica*) v CHKO Žďárské vrchy má značný význam – lesní mravenci jsou zde totiž bohatě rozšířeni. Doposud zde bylo nalezeno pět druhů lesních mravenců. Zřejmě nejhojněji je zastoupen mravenec množivý (*Formica polycтена*), na inventarizaci těchto hnízd se podílela například Křížová (1998). O výskytu *Formica lugubris* se nejprve spekulovalo, později však byl na území Žďárských vrchů potvrzen (Bezděčka & Bezděčková 2011) a dnes se zde úspěšně šíří. Mravenec lesního (*Formica rufa*) dokládá, mimo jiné, ve svém mapování Kuncová (2012), zbylé zde nalezené druhy publikuje Nenadál (1995) – *Formica truncorum* Fabricius, 1804 a mravenec trávinný (*Formica pratensis* Retzius, 1783).

2.2 Konkrétní lokality výzkumu

Kopec U Osla

Kopec U Osla leží v rozpětí nadmořských výšek 615–709 m n. m. v katastrálním území obce Svratka (část Moravská Cikánka). Podle Základní mapy ČR 1 : 50 000 (ZM 50) můžeme území identifikovat na hranici mapových listů 24-20 a 33-16. Vrchol tohoto kopce má zeměpisné souřadnice 49°42'3,03"N a 16°03'42,66"E. Plocha území, které bylo mapováno, zaujímá přibližně 255 ha (ČÚZK 2010).

Převážnou většinu půdního pokryvu kopce tvoří dystrické kambizemě, kolem vrcholu nalezneme modální rankery, v nižších polohách dystrické pseudogleje, ale dále také mesobazické kambizemě, oglejené dystrické kambizemě a povrchové gleje (Česká geologická služba 2016). Z vegetace zde dominuje smrk ztepilý (*Picea abies* (L.) H. Karst.), hojně se setkáme i s břízou (*Betula* L.), z krytosemenných rostlin jsou čteně zastoupeny druhy z čeledi lipnicovitých (*Poaceae* Barnhart) a šáchorovitých (*Cyperaceae* Juss.).

Z této lokality nejsou známy žádné záznamy z dřívějšího mapování mravenčích hnízd. V rámci této práce zde byla nalezena hnízda *F. lugubris* a *F. sanguinea* Latreille, 1798. Druhý zmiňovaný druh však nepatří do rodu *Formica* s. str., ale do podrodu *Raptiformica* Forel (Bezděčka 2000c).

Kopec Kamenný vrch

Kopec Kamenný vrch se nachází na katastrálním území obcí Herálec, Vojnův Městec, Cikháj a Košinov. Nejnižší bod Kamenného vrchu zaujímá 653 m n. m., naopak jeho vrchol se nachází ve výšce 803 m n. m. na souřadnicích 49°40'43,87"N a 15°55'53,71"E. Mapování proběhlo na ploše 515 ha, toto území identifikujeme dle ZM 50 v mapových listech 33-16 a 33-21 (ČÚZK 2010).

Půdní pokryv Kamenného vrchu je tvořen zejména modálními pseudogleji, dystrickými kambizeměmi a mesobazickými kambizeměmi, v menší míře modálními glejemi (Česká geologická služba 2016). Hlavní složkou vegetace je opět smrk ztepilý (*Picea abies*), značnou část území pokrývá také buk lesní (*Fagus sylvatica* L.), nižší patro lesa je taktéž tvořeno druhy z čeledi *Poaceae* a *Cyperaceae*.

Tato lokalita byla již zmapována Kuncovou (2012), zaznamenala zde hnízda *F. lugubris* a *F. rufa*. Po konzultaci s autorkou proběhla evidence hnízd na dalších místech,

která předtím mapována nebyla. Byly tak objeveny kupy náležející druhům *F. lugubris* a *F. sanguinea*.

PR Čtyři palice

Přírodní rezervace Čtyři palice náleží do katastrálního území obcí České Milovy a Březiny u Poličky. Rozpětí nadmořských výšek činí 621–732 m n. m., vrchol Čtyř palic nalezneme na souřadnicích 49°41'9,57"N a 16°05'37,13"E. Celkově byla podrobně zmapována plocha o rozloze 190 ha, již podle ZM 50 určíme v mapovém listu 33-11 (ČÚŽK 2010).

Vrcholová část v okolí skalních útvarů je tvořena modálními rankery, se snižující se nadmořskou výškou půdní pokryv přechází v dystrické kambizemě a dále v mesobazické kambizemě. Řídce se rozkládají také dystrické oglejené kambizemě, modální pseudogleje a povrchové gleje (Česká geologická služba 2016). Hlavními dřevinami jsou *Picea abies* a *Fagus sylvatica*, z krytosemenných rostlin dominují druhy z čeledi *Poaceae* a hojně se vyskytují také brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus* L.) a ostružiník (*Rubus* L.).

V okolí PR Čtyři palice nebyl výskyt lesních mravenců dosud evidován. V oblasti byl nyní zaznamenán komplex hnízd *F. polycтена*, roztroušeně byla determinována hnízda mravenců *F. rufa* a *F. lugubris*.

3 METODIKA

Na daných lokalitách (viz kapitola Konkrétní lokality výzkumu) byla zmapována veškerá nalezená hnízda lesních mravenců rodu *Formica*. Výběr lokalit U Osla a Čtyři palice byl náhodný, kopec Kamenný vrch byl zvolen na základě dřívějšího mapování Kuncové (2012), po diskusi s autorkou. Výzkum v terénu probíhal roku 2015 od 10. srpna do 27. září. Přesná poloha jednotlivých hnízd, včetně jejich nadmořských výšek, byla zaznamenána pomocí GPS Garmin eTrex Legend s přesností 7 metrů a každé hnízdo bylo fotograficky zdokumentováno (viz CD příloha) digitálním fotoaparátem Nikon Coolpix P530. Každé hnízdo dostalo vlastní evidenční číslo v podobě kartičky, která byla připevněna na nejbližší kmen stromu vůči hnízdu. Pozorováním byla mravenčí hnízda rozlišena na aktivní a vymřelá či opuštěná. Následně byly z povrchu aktivních kup odebrány vzorky mravenců – z každé vždy minimálně pět dělnic, které lze determinovat například podle Seiferta (2007) pod běžnou entomologickou lupou se zvětšením 30×.

3.1 Měřené parametry hnízd a prostředí

Další metodické postupy byly z velké části prováděny podle Bezděčky (2000a), a také podle Daďourka (2008). Zjišťovány a později vyhodnocovány byly tyto parametry:

Hustota hnízd – se počítá jako podíl součtu všech aktivních hnízd zaznamenaných na dané lokalitě a její plochy, výsledek je počet hnízd na 1 ha.

Rozměry základny zemního valu – předpokládáme-li, že základnou hnízda je elipsa, její hlavní osou s označením a je nejdelší vzdálenost dvou protilehlých bodů na obvodu elipsy, vedlejší osa označená jako b je nejkratší spojnice dvou protilehlých bodů na obvodu elipsy, procházející středem elipsy, přičemž tyto dvě osy jsou na sebe kolmé. Průměr zemního valu bývá zpravidla větší, než průměr samotné kupy. Pokud val chybí, považuje se za průměr valu průměr kupy. Měří se běžným metrem v cm a zaokrouhluje na 5 cm.

Výška kupy – měří se vzdálenost dvou vodorovných rovin, z nichž jedna prochází středem základny a druhá vrcholem hnízda, což je třeba si uvědomit hlavně v případě, pokud je hnízdo situované na svahu. Měří se běžným metrem v cm a zaokrouhluje na 5 cm.

Objem podzemní části hnízda – vychází se z rotačního komolého kuželu s eliptickou základnou, kterou lze zjednodušit na kruh. Nejprve se spočítá aritmetický průměr

z hlavní a vedlejší osy základny a tato hodnota, vydělená dvěma, je brána jako poloměr r_1 . Z této hodnoty se vypočte r_2 jako 30 % z poloměru r_1 . Poté se hodnoty dosadí do vzorce pro výpočet objemu rotačního komolého kuželu $V = \frac{\pi v}{3}(r_1^2 + r_1 \times r_2 + r_2^2)$, celkový výsledek dostaneme odečtením 2% odchylky vzniklou zaoblením hrany průřezu horní rovinou komolého kuželu. Výsledek se převádí na dm^3 .

Objem hnízdní kupy – je odhadnut z výpočtu podzemní části hnízda. Podle Milese (2008) tvoří kupa přibližně třetinu celého hnízda, zbylé dvě třetiny tedy tvoří podzemní část hnízda. Objem kupy lze tedy získat vydělením objemu podzemní části dvěma.

Hrubost materiálu kupy – hodnotí se subjektivně pozorováním. Pro možnost porovnávání byla vytvořena stupnice 1–4 podle toho, z jakého materiálu je kupa tvořena, kde platí:

- 1 – velmi jemný materiál, kupa tvořena zejména hlinou
- 2 – jemný materiál, kupa tvořena zejména jehličím, drobnými větvičkami
- 3 – hrubší materiál, kupa tvořena jehličím, větévkami, prskyřicí
- 4 – hrubý materiál, základem kupy často větve a jehličí, popř. stébla trávy

Teplota v těsné blízkosti hnízd – byla měřena na vzduchu 10 cm od povrchu kupy ve stínu (bylo-li to možné) teploměrem Greisinger Präzisions-Taschenthermometer GHT 175/PT, odchylka 0,1 °C. Měření vybraných hnízd probíhalo dva dny po sobě, periodicky v 7, 13 a 18 hodin v měsíci září. Celkem tedy bylo každé hnízdo 6× měřeno. Z těchto hodnot se vypočítal aritmetický průměr za účelem vyhodnocení „teplejších a studenějších“ hnízd.

Vlhkost v těsné blízkosti hnízd – byla měřena na vzduchu 10 cm od povrchu kup vlhkoměrem EMOS RST01278, odchylka 1 %. Lepší a přesnější způsob je měření vlhkosti uvnitř hnízda. Ta je však považována za destruktivní metodu, přičemž je v přímém rozporu s ochranou chráněných lesních mravenců podrodu *Formica*. S ohledem na význam bakalářské práce proto byla zvolena metoda stanovení vlhkosti z povrchu hnízd. Měření probíhalo ve stejné dny a časy jako u teplot, celkem tedy ke každému hnízdu patří 6 údajů o vlhkosti, ze kterých se stanovil aritmetický průměr s cílem vyhodnotit „sušší a vlhčí“ hnízda.

Vegetace v okolí – zaznamená se hlavní skladba dřevin a bylin v nejbližším okolí dosahu mravenců, obvykle do 10 m od hnízda.

Zastínění hnízda – je kvalifikovaný odhad podílu zakrytí nebe porostem z pohledu mraveniště. Pro tuto práci bylo stanoveno 5 kategorií: 0, 25, 50, 75 a 100 %, přičemž

0 % poukazuje na zcela nezastíněné hnízdo, naopak hodnota 100 % hnízdo úplně zastíněné porostem.

Expozice hnízd na svahu – označení, na jak orientovaném svahu z hlediska světových stran se hnízdo nachází, např. JZ. Získá se zanesením GPS souřadnic hnízd do topografické mapy v ArcMap 10.2 (podkladová mapa přejata z ČÚZK), souřadnicový systém S-JTSK Křovák, pomocí směrovky (popř. zeměpisné sítě) a vrstevnic se určí expozice hnízd na svahu.

Vzdálenost k nejbližšímu hnízd – se zjistí v ArcMap 10.2 stejným způsobem jako expozice, pomocí nástroje *Měřítka* se proměří vzdálenost k nejbližšímu hnízd v metrech.

Půdní pokryv – nebyl zjištěn z terénu. Zanesením GPS souřadnic mravenišť do Půdní mapy ČR 1 : 50 000 v ArcMap 10.2 (podkladová mapa přejata z České geologické služby), souřadnicový systém opět S-JTSK, je možné získat údaje o půdním typu v okolí každého hnízda.

Všechna naměřená a zaznamenaná data zahrnují tabulky (viz Příloha) vytvořené v MS Excel 2007. Fotografie všech hnízd jsou na CD v příloze. Mapky s teplotami a vlhkostmi hnízd vytvořené v ArcMap 10.2 jsou prezentovány v kapitole Výsledky.

3.2 Statistická analýza dat

Data byla analyzována v balíku programu CANOCO for Windows 4.5. Byla použita gradientová analýza, konkrétně přímé ordinační techniky. Tyto techniky jsou vhodné k zobrazení závislostí dat a navíc lze pomocí nich testovat vztah závislých proměnných a charakteristik proměnných prostředí.

Pro testování signifikance vztahů mezi daty druhovými a faktory prostředí byl proveden Monte Carlo permutační test (celkem 499 permutací). Vzhledem ke krátkému gradientu první (0,105) i druhé (0,728) analýzy byla zvolena přímá kanonická metoda RDA (redundanční analýza) s lineární odpovědí v druhových datech, která byla dále logaritmičticky transformována. Výsledkem RDA jsou ordinační diagramy, kde kvalitativní charakteristiky jsou zobrazeny jako centroidy (body) a kvantitativní charakteristiky jako šipky ve směru, v jakém hodnota narůstá. Dále byly pro analýzu vytvořeny zobecněné aditivní modely GAM (*generalized additive models*) vycházející ze zobecněných lineárních modelů GLM. Zobecněné aditivní modely (GAM) ukazují vztah mezi hodnotami prediktoru a jeho vlivem na danou vysvětlovanou proměnnou,

popř. proměnné. Faktory prostředí a odezva na úrovni druhových dat byla modelována v programu CanoDraw 4.0.

Analytické metody a postupy byly prováděny podle Lepše & Šmilauera (2000). Ještě nutno dodat, že analýza dat v CANOCO byla prováděna pouze pro hnízda, u nichž byla naměřena zároveň s jinými parametry také teplota a vlhkost, ve skutečnosti tedy bylo hnízd každého druhu (myšleno *F. polycтена* a *F. lugubris*) ještě cca o 44 % více, a proto jsou ve Výsledcích uvedeny také grafy významných parametrů bez závislosti na teplotu.

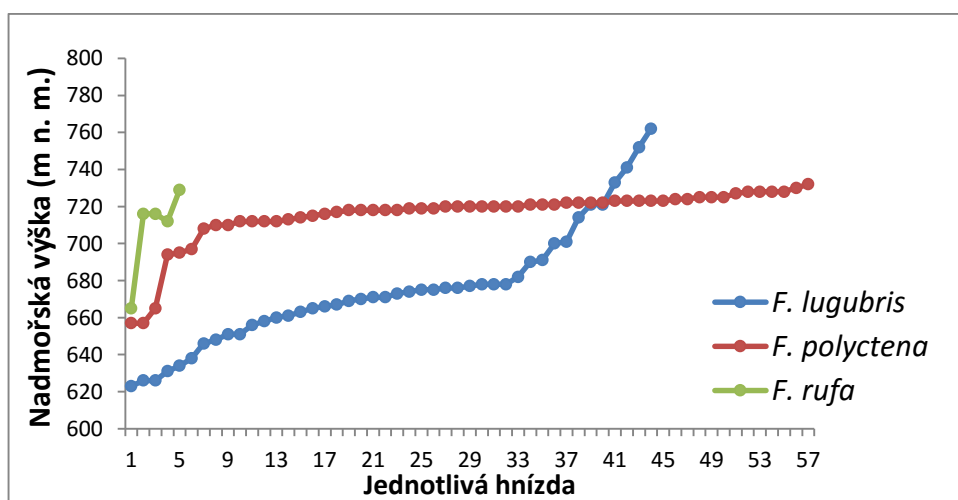
4 VÝSLEDKY

Na lokalitě U Osla bylo nalezeno celkem 34 kup lesních mravenců rodu *Formica* s. str., z nichž 7 bylo opuštěných nebo vymřelých. Ze zbylých 27 aktivních kup náleželo 26 druhu *F. lugubris* a jedna *F. sanguinea*. Hustota hnízd se tedy rovná 0,1 hnízd/ha. Na Kamenném vrchu bylo zaznamenáno 20 hnízd, z toho 16 aktivních, všechna patřila mravenci *F. lugubris*, obdobně jen jediné patřilo *F. sanguinea*. Hustota hnízd zde vykazuje pouhých 0,03 hnízd/ha. V PR Čtyři palice se vyskytovalo nejvíce hnízd, celkem 70, z nichž 65 vykazovalo aktivitu. Dominoval zde komplex 57 hnízd *F. polyctena*, zastoupeno bylo také pět hnízd *F. rufa* a tři hnízda *F. lugubris*. V přepočtu pak činí hustota hnízd na této lokalitě 0,3 hnízd/ha.

4.1 Měřené charakteristiky všech hnízd a jejich distribuce

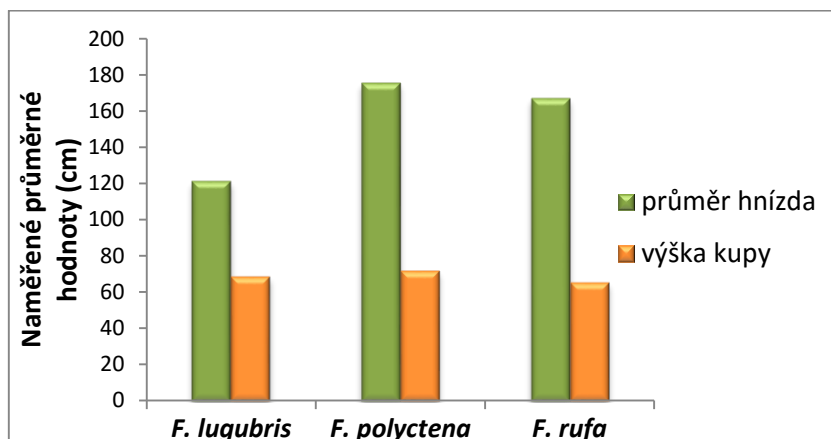
Tyto výsledky uvádějí samotné jednotlivé proměnné všech zaznamenaných hnízd daných druhů, včetně jejich absolutních hodnot.

Distribuce hnízd pozorovaných druhů je prokazatelně ovlivňována nadmořskou výškou (Obr. 2). Z grafu vyplývá, že *F. polyctena* je vázána na vyšší polohy, nejnižše zaznamenané hnízdo se vyskytovalo ve výšce 657 m n. m., nejvýše položené naopak 732 m n. m., průměrná nadmořská výška všech hnízd činila 715,7 m n. m. Větší variabilitu vykazovala hnízda *F. lugubris*, která se nacházela v rozpětí 623–762 m n. m., průměrně pak v 675,4 m n. m. Hnízda *F. rufa* byla zaznamenána průměrně ve výšce 707,6 m n. m.



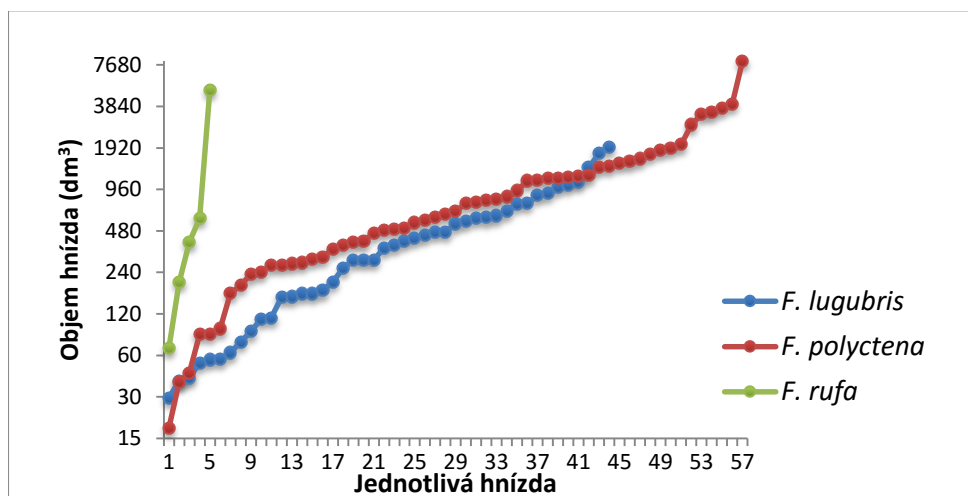
Obr. 2 Graf závislosti distribuce hnízd jednotlivých druhů na nadmořské výšce.

Celkově největší hnízda byla naměřena u *F. polycтена*, největší hnízdo mělo jak největší průměr základny (tedy zemního valu, téměř 400 cm), tak i největší výšku (145 cm). Průměrná výška všech hnízd *F. polycтена* měřila 71,3 cm, průměr rozměrů zemního valu 175,4 cm. Z grafu (Obr. 3) lze dále vyčíst, že naopak nejmenších rozměrů dosahovala hnízda *F. lugubris*, největší průměr hnízda tohoto druhu byl naměřen 227,5 cm, nejvyšší hnízdo sahalo do výšky 135 cm. Průměrná výška kup byla vypočtena na 68,1 cm, průměr zemního valu všech hnízd na 121,3 cm.



Obr. 3 Graf vysvětlující rozdíly mezi průměrem hnízd a výškou kup jednotlivých druhů.

Z výše uvedených hodnot vyplývá také objem hnízd (zde myšleno jejich podzemní část; velikost nadzemní kupy je odhadována jako poloviční hodnota podzemní části). Z grafu (Obr. 4) je patrné, že většina hnízd *F. polycтена* měla objem 300–2000 dm³, průměrně tedy 1105,4 dm³, největší hnízdo 8166 dm³. Velikost hnízd *F. lugubris* činila průměrně 475,2 dm³, největší hnízdo bylo určeno s velikostí 1937 dm³. Největších rozměrů dosahovala hnízda *F. rufa*, průměrně 1267,5 dm³.

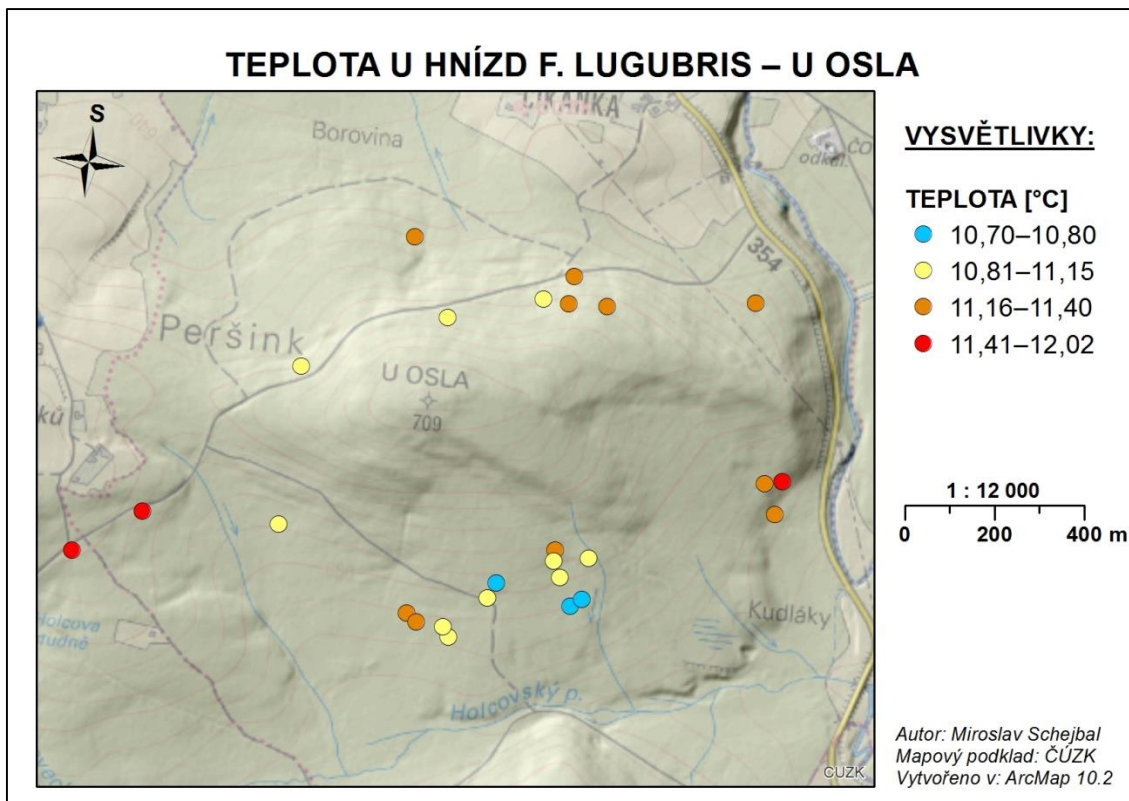


Obr. 4 Graf znázorňující rozdíl mezi objemy podzemních částí hnízd jednotlivých druhů.

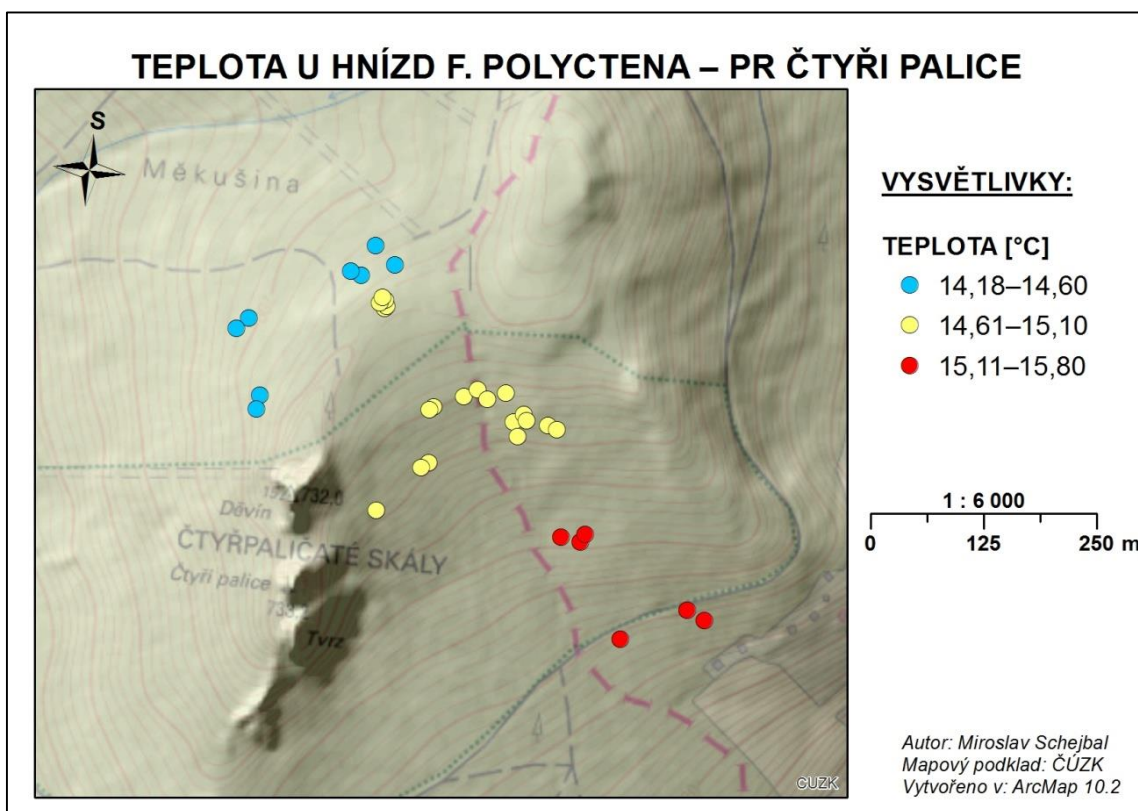
Hrubost materiálu hnízdních kup se mezidruhově ani druhově výrazně nelišila. Dle vlastní vytvořené stupnice (viz Metodika) byl stanoven nejvyšší index hrubosti u hnízd *F. polycтена* a to 2,86. Nižší index hrubosti vykazovala hnízda *F. lugubris*, s průměrem 2,66 a nejméně hrubá byla hnízda *F. rufa* s indexem 2,6. Obecně základem všech hnízd byl zemní val s mravenci vyhloubenou zeminou a na něm kupa tvořena zejména jehličím. Mravenci *F. polycтена* často využívali pro podklad kupy i velké uschlé smrkové větve, výjimečně staré pařezy. Samotná hnízda obsahovala zřídka i stébla trávy. Na kupách *F. lugubris* se velmi často, mimo smrkových větviček, objevovaly kousky pryskyřice, někdy také kamínky a zřídka stébla trávy.

Zastínění hnízd vegetací se mezidruhově také nelišilo, u hnízd *F. lugubris* tato průměrná hodnota činila 51,7 %, u *F. polycтена* 49,7 % a u hnízd *F. rufa* 50 %. Vzdálenost k nejbližšímu hnízdu (téhož druhu) a její závislosti jsou již uvedeny výše. Konkrétně pak tato průměrná vzdálenost mezi hnízdy *F. lugubris* činila 137,6 m, mezi hnízdy *F. polycтена* pouze 18,8 m a u *F. rufa* byla naměřena střední hodnota vzdálenosti 185,6 m. Expozici jednotlivých hnízd na svazích lze vyčíst i z mapek níže. Je patrné, že nejvíce hnízd *F. lugubris* se nacházelo na severovýchodně a jihovýchodně orientovaných svazích, naopak hnízda *F. polycтена* na jižních, jihozápadních až západních svazích.

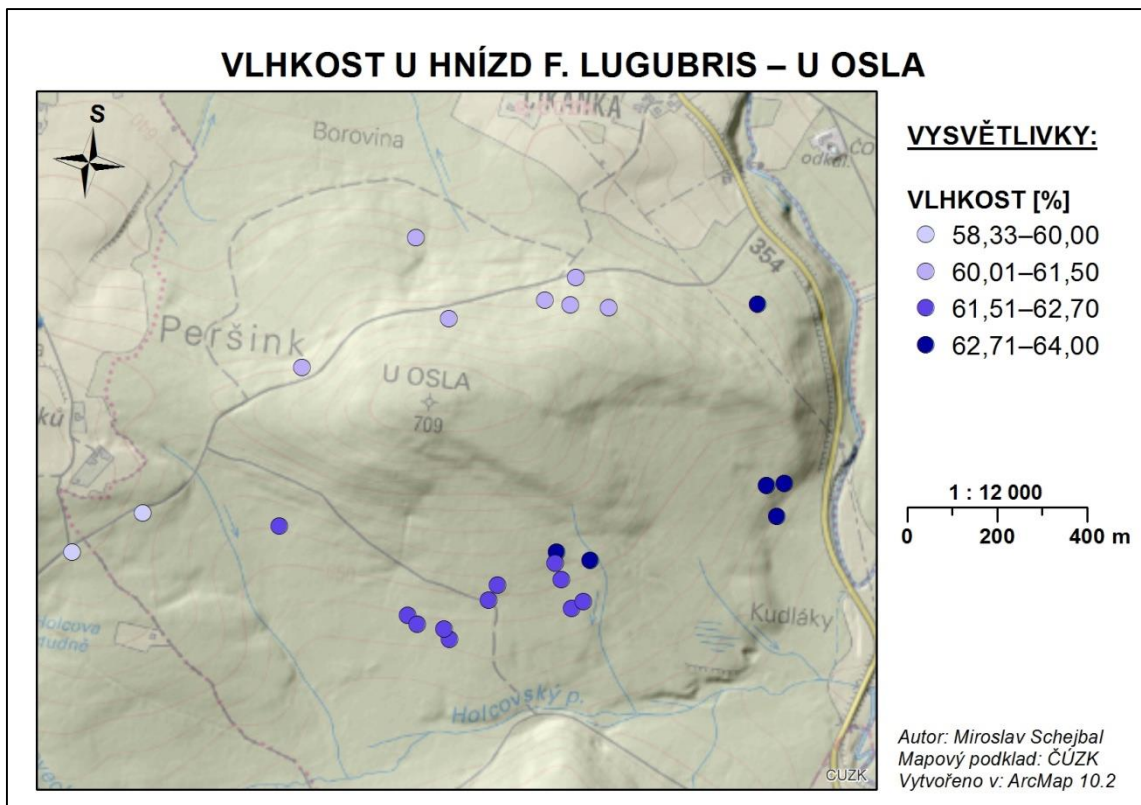
U hnízd *F. lugubris* byla naměřena průměrná teplota v rozmezí 10,70–12,02 °C. Rozložení „studenějších a teplejších“ hnízd na dané lokalitě je zobrazeno v mapce – obr. 5. Mraveniště *F. polycтена* vykazovala průměrnou teplotu v intervalu 14,18–15,80 °C. Z mapky (Obr. 6) vyplývá, že „nejchladnější“ hnízda se nacházela na vrcholu kopce, s klesající nadmořskou výškou přibývalo „teplejších“ hnízd. Na stejných lokalitách byla měřena také vlhkost v blízkosti hnízd, která se u druhu *F. lugubris* pohybovala ve výsledném průměrném rozmezí 58,33–64,00 %. Jak je vidět na obrázku č. 7, nejvyšší vlhkost byla zjištěna u hnízd na jižním a východním svahu. Průměrné vlhkostní poměry u kup *F. polycтена* byly naměřeny od 68,83 % do 73,00 %. Nejvlhčí hnízda byla zaznamenána ve vyšších nadmořských výškách (Obr. 8).



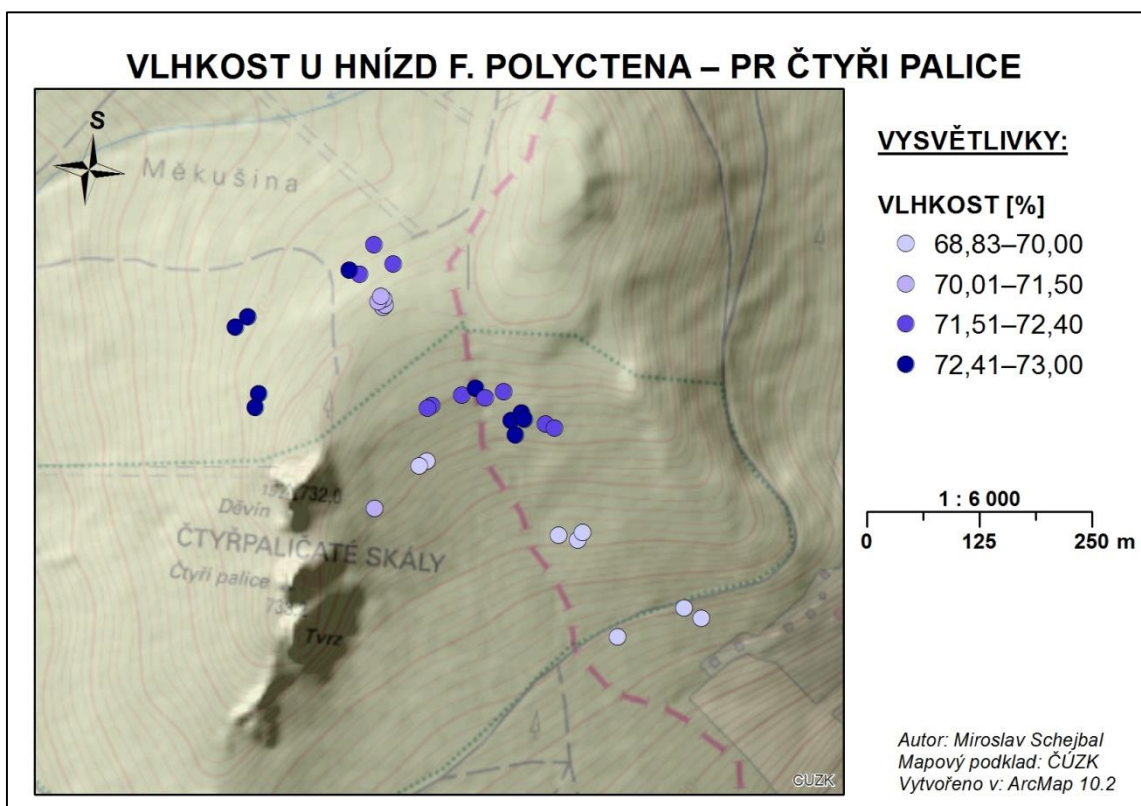
Obr. 5 Mapa zobrazující distribuci hnízd *F. lugubris* dle průměrných naměřených teplot.



Obr. 6 Mapa zachycující distribuci hnízd *F. polyctena* dle průměrných naměřených teplot.

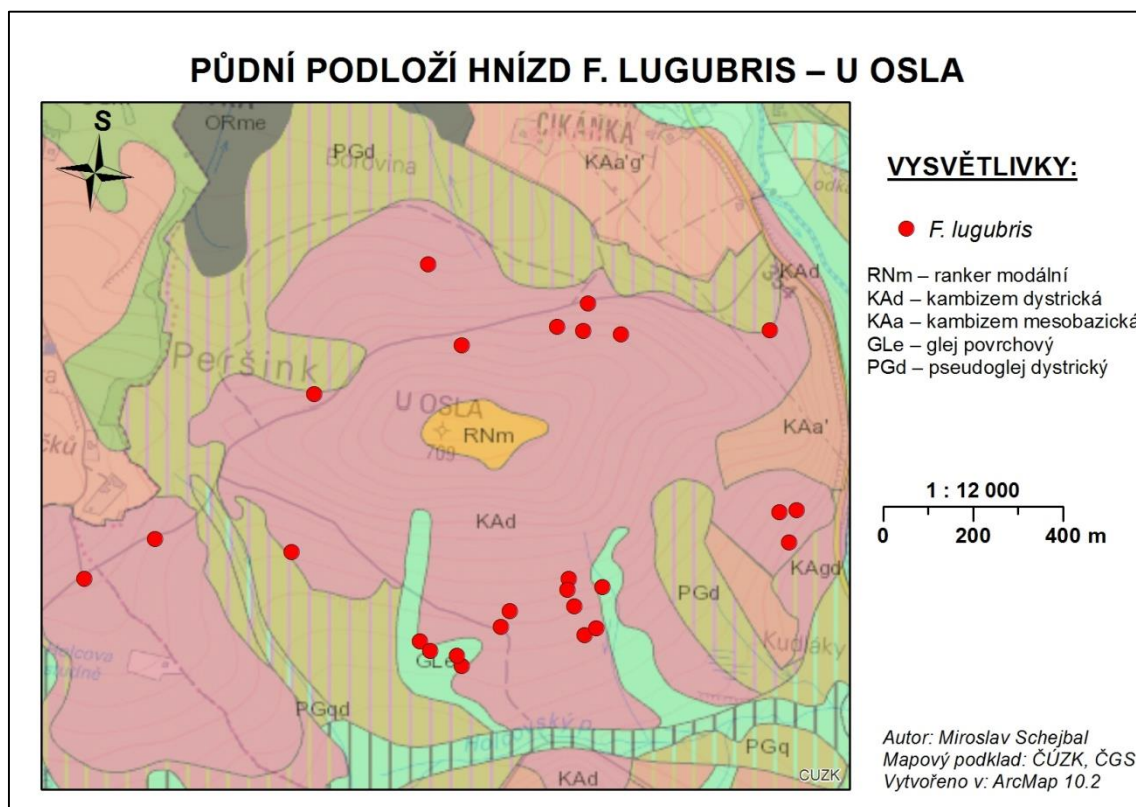


Obr. 7 Mapa vyznačující distribuci hnízd *F. lugubris* dle průměrných naměřených vlhkostí.

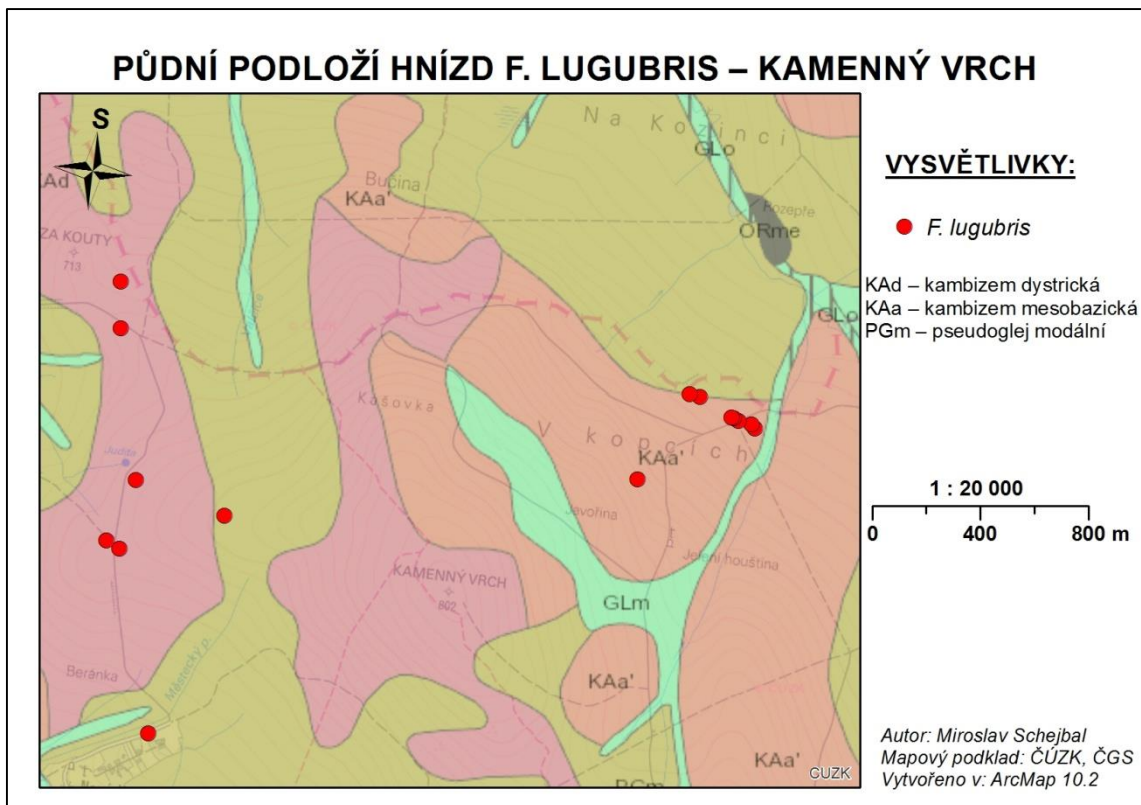


Obr. 8 Mapa zobrazující distribuci hnízd *F. polyctena* dle průměrných naměřených vlhkostí.

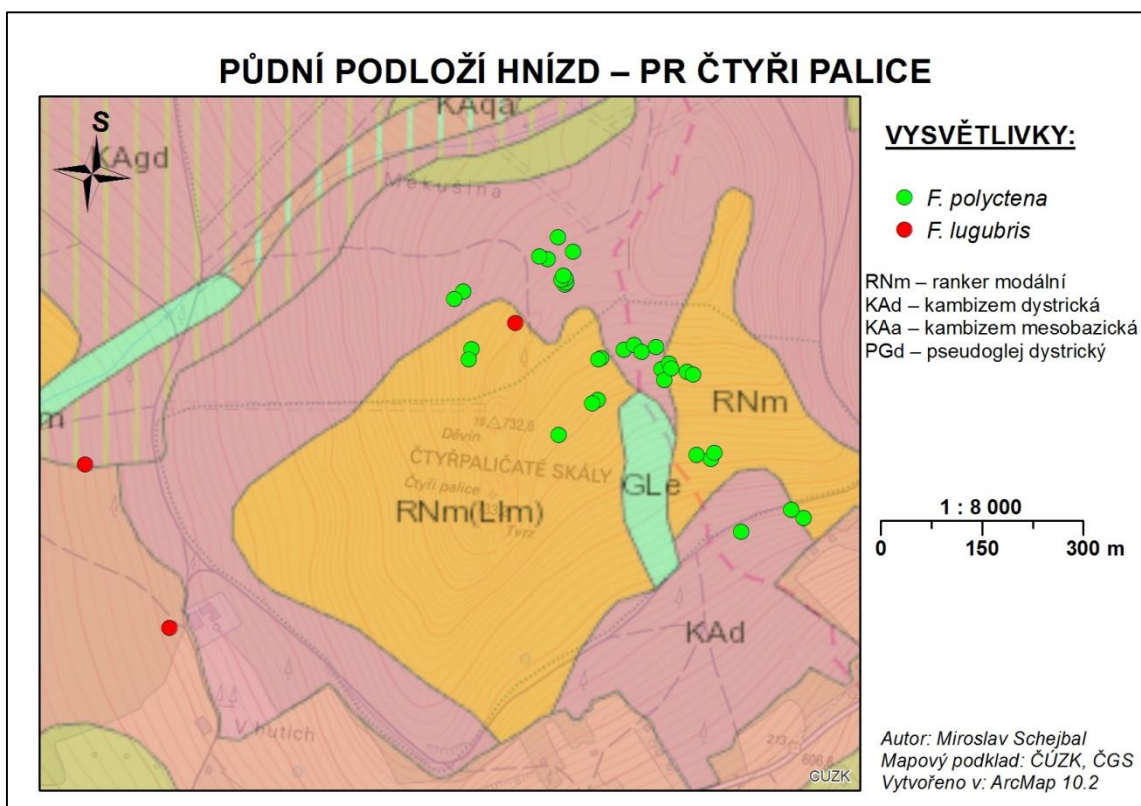
Posledním sledovaným parametrem bylo půdní podloží hnízd, jakožto další důležitý faktor distribuce mravenců. Obecně lze říci, že nejvíce hnízd bylo budováno na kambizemích a rankerech. Konkrétně, hnízda *F. lugubris* byla převážně vystavěna na dystrických kambizemích, a to v počtu 27 hnízd. Dále se nacházelo devět mravenišť na mesobazických kambizemích, čtyři na povrchových glejích, tři na modálních pseudoglejích a jedno na modálních rankerech. Přesné rozložení ukazují obrázky č. 9, 10 a 11. Nejvíce hnízd *F. polyctena*, v celkovém počtu 34, mělo svůj základ na dystrických kambizemích. Četně zastoupena byla také hnízda na modálních rankerech v okolí vrcholu kopce, takto bylo lokalizováno 21 hnízd. Pouze dvě hnízda se nacházela na dystrických pseudoglejích. Půdní podloží hnízd tohoto druhu ilustruje obr. 11.



Obr. 9 Mapa vyznačující distribuci hnízd *F. lugubris* dle půdního podkladu na kopci U Osla.



Obr. 10 Mapa zachycující distribuci hnízd *F. lugubris* dle půdního podloží na kopci Kamenný vrch.



Obr. 11 Mapa ilustrující distribuci hnízd *F. lugubris* a *F. polyctena* dle půdního podloží v PR Čtyři palice.

4.2 Statistické analýzy distribuce všech hnízd

Statistické analýzy závislých a nezávislých proměnných (viz další podkapitola) byly prováděny jen pro hnízda, u kterých byly měřené teploty a vlhkosti. Tím se však vzorek pro testovanou variabilitu zúžil cca o 44 %, a proto jsou zde navíc uvedené statistické analýzy všech zaznamenaných hnízd lesních mravenců.

Pomocí redundanční analýzy (RDA) v CANOCO byl zjištěn význam jednotlivých prediktorů a jejich průkaznost (Tab. 1), tentokrát u všech hnízd. První kanonická osa objasňuje 44 % a druhá kanonická osa 7 % variability. Všechny čtyři osy celkem vysvětlují 51 % variability. Model RDA je na základě Monte Carlo permutačního testu signifikantní (499 permutací, $F = 5,22$, $P = 0,002$). Signifikantními prediktory modelu jsou *vzdálenost*, lokalita *Čtyři palice*, *zastínění* hnízd a *hrubost* materiálu (Tab. 2).

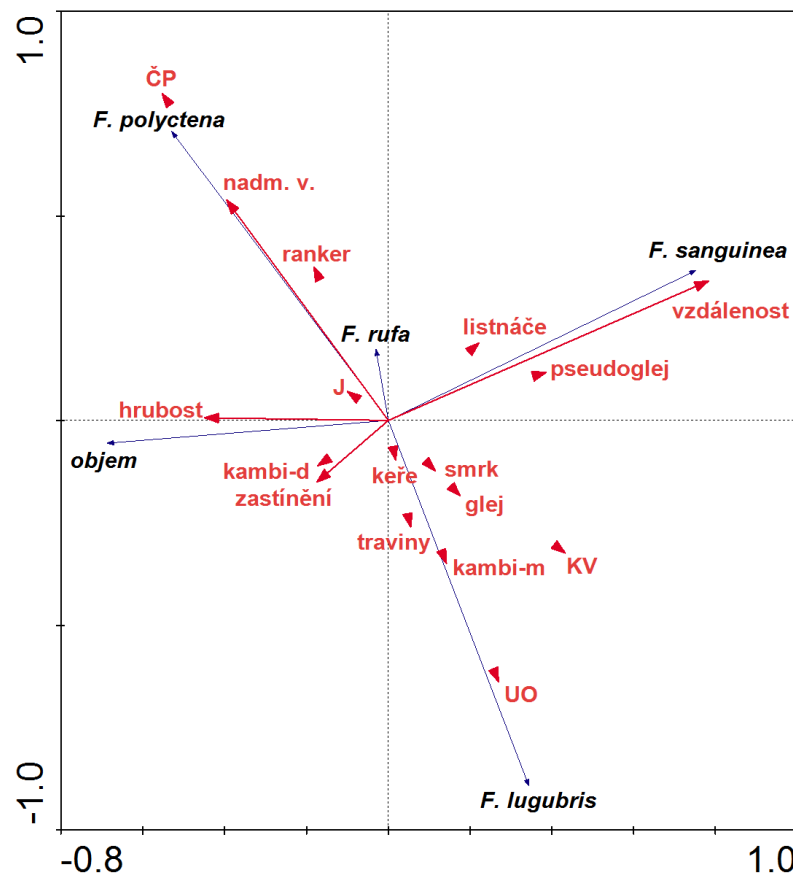
Tab. 1 Variabilita všech hnízd vysvětlená hlavními osami modelu RDA.

osa	1	2	3	4
Variabilita vysvětlená danou osou	0,44	0,07	<0,01	<0,01
Korelace závislých a nezávislých proměnných	0,71	0,85	0,43	0,26
Celkové procento variability vysvětlené závislými proměnnými	44,20	51,10	51,30	51,40
Celkové procento variability vysvětlené závislými i nezávislými proměnnými	86,00	99,50	99,80	100,00

Tab. 2 Výsledky RDA analýzy nezávislých proměnných všech hnízd.

nezávislá proměnná	F	p
<i>vzdálenost</i>	41,09	<0,01
<i>Čtyři palice</i>	22,26	<0,01
<i>zastínění</i>	5,43	0,02
<i>hrubost</i>	3,99	0,04
<i>listnáče</i>	2,60	0,13
<i>glej</i>	1,76	0,19
<i>pseudoglej</i>	1,69	0,20
<i>jižní svah</i>	0,93	0,33
<i>traviny</i>	1,32	0,27
<i>smrk</i>	0,70	0,42
<i>ranker</i>	0,98	0,32
<i>kambizem dystrická</i>	0,32	0,61
<i>U Osla</i>	0,48	0,54
<i>keře</i>	0,25	0,64
<i>nadmořská výška</i>	0,01	1,00

Z následujícího ordinačního diagramu (Obr. 12) lze vyčíst pozitivní závislost *hrubosti* na *objemu*, tj. se zvětšujícím se objemem hnízd prokazatelně roste hrubost materiálu. Pozitivní závislost vykazuje *objem* také na *zastínění* a *dystrické kambizemi*, negativní naopak na přítomnosti *listnáčů*, *pseudogleji* a zejména na *vzdálenosti*. To znamená, že s narůstající vzdáleností hnízd jejich objem klesá. Mravenec *F. polyctena* je vázán na lokalitu *Čtyři palice*, jeho variabilitu dále kladně ovlivňuje *nadmořská výška*, půdní typ *ranker* a *hrubost*, negativní závislost jeví *vzdálenost*. Hnízda *F. lugubris* se vyskytují na kopci *U Osla* a na *Kamenném vrchu*. Z diagramu je patrné, že kladný vliv na distribuci hnízd tohoto druhu mají *mesobazické kambizemě*, *traviny* a *zastínění*. Tato hnízda se však obvykle nenachází ve vyšších *nadmořských výškách* na *rankerech* a bývají z méně hrubého materiálu.



Obr. 12 Ordinační diagram vysvětlující vzájemný vztah závislých (druhových) a nezávislých (environmentálních) proměnných prostředí. *J* (jižní svah), *ČP* (Čtyři palice), *UO* (U Osla), *KV* (Kamenný vrch), *nadm. v.* (nadmořská výška), *objem* (objem hnízd v dm³), *kambi-d* (dystrická kambizem), *kambi-m* (mesobazická kambizem).

4.3 Statistické analýzy distribuce hnízd dominantních druhů s měřenou teplotou a vlhkostí

Pomocí dalšího RDA modelu v CANOCO byl stanoven význam jednotlivých prediktorů a jejich průkaznost (Tab. 3), pouze v rámci hnízd s měřenou teplotou a vlhkostí. První kanonická osa vysvětluje 37 % variability, druhá kanonická osa 12 % variability. Všechny osy tedy dohromady objasňují 49 % variability. Po provedení Monte Carlo permutačního testu je i tento RDA model signifikantní (499 permutací, $F = 2,33$, $P = 0,01$). Z testovaných proměnných se jako signifikantní prediktory v tomto modelu jeví *vlhkost* a *zastínění hnízd* (Tab. 4).

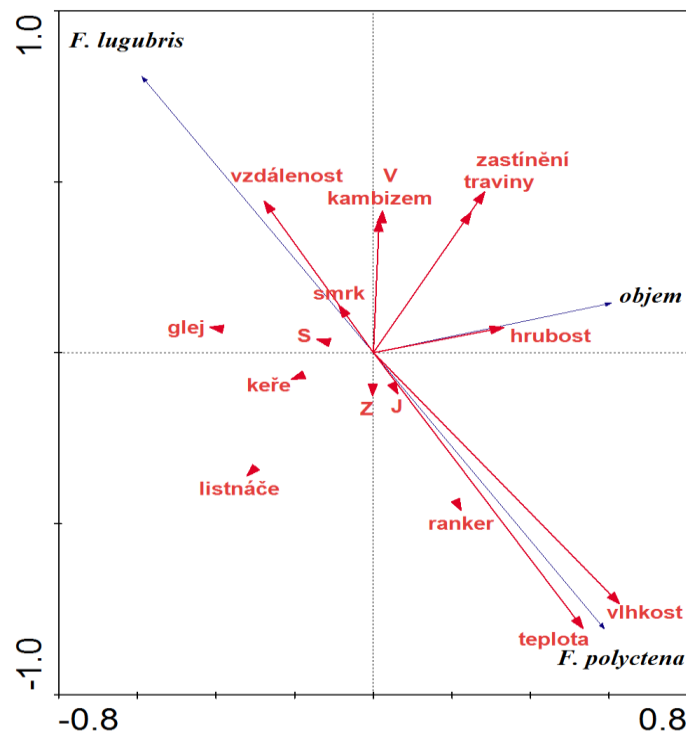
Tab. 3 Variabilita vysvětlená hlavními osami modelu RDA.

osa	1	2	3	4
Variabilita vysvětlená danou osou	0,37	0,12	0,00	0,00
Korelace závislých a nezávislých proměnných	0,67	0,78	0,00	0,00
Celkové procento variability vysvětlené závislými proměnnými	36,50	48,50	0,00	0,00
Celkové procento variability vysvětlené závislými i nezávislými proměnnými	75,30	100,00	0,00	0,00

Tab. 4 Výsledky RDA analýzy nezávislých proměnných.

nezávislá proměnná	F	p
<i>vlhkost</i>	15,23	<0,01
<i>zastínění</i>	5,90	0,02
<i>traviny</i>	4,21	0,07
<i>smrk</i>	1,94	0,18
<i>listnáče</i>	2,47	0,12
<i>glej</i>	1,98	0,16
<i>severní svah</i>	2,32	0,13
<i>západní svah</i>	1,54	0,24
<i>vzdálenost</i>	0,95	0,31
<i>U Osla</i>	0,84	0,39
<i>východní svah</i>	0,54	0,46
<i>hrubost</i>	0,35	0,52
<i>keře</i>	0,40	0,52
<i>jižní expozice svahu</i>	0,15	0,71
<i>teplota</i>	0,09	0,72
<i>kambizem</i>	0,06	0,77

Z ordinačního diagramu (Obr. 13) vyplývá, že se vzrůstajícím *objemem* hnízd vzrůstá i *hrubost materiálu*. Pozitivní závislost vykazuje *objem* hnízd na *zastínění*, *travinách* a *vlhkosti*, což znamená, že větší hnízda jsou na vlhčích stinných lokalitách s travinami. Negativně závislý je *objem* hnízd na *listnácích*, *keřích* a umístění hnízd na *glejích*, tj. velká hnízda obvykle nejsou v listnatých lesích a na glejích. Druh *F. polyctena* je viditelně vázán na teplejší a vlhčí oblasti, kladně je variabilita vysvětlována také umístěním hnízd na *rankeru* a méně *hrubostí*. Naopak negativní vliv na distribuci *F. polyctena* má lokalizace hnízd na *gleji* a *kambizemi*, ale zejména také *vzdálenost* hnízd, ta jsou tedy zpravidla blízko sebe. Naopak u druhu *F. lugubris* působí *vzdálenost* na variabilitu pozitivně, stejně tak jako *východní svah*, vystavění hnízd na *kambizemi* a *gleji*, méně také *zastínění*. Z diagramu lze dále vyčíst negativní závislost *F. lugubris* na *teplotě*, *vlhkosti* a *rankeru*, kde se hnízda vyskytují zřídka.



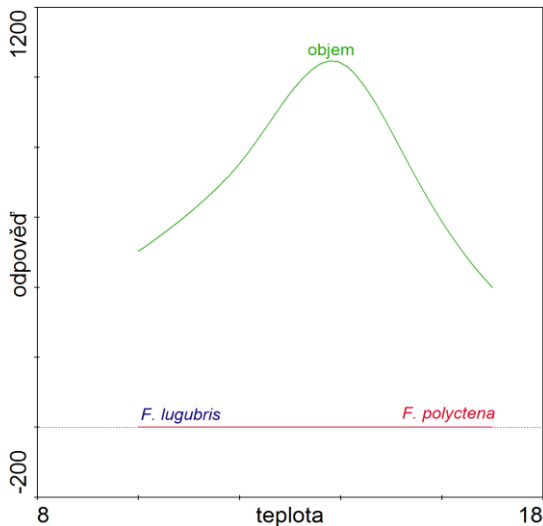
Obr. 13 Ordinační diagram zobrazující vzájemný vztah závislých (druhových) a nezávislých (environmentálních) proměnných prostředí. *J* (jižní svah), *S* (severní svah), *V* (východní svah), *Z* (západní svah), *objem* (objem hnízd v dm³).

Prostřednictvím zobecněných aditivních modelů (GAM, Poissonova distribuce, DF = 59) lze vyčíst vliv a významnost sledovaných kvantitativních faktorů (*teplota*, *zastínění*, *nadmořská výška*, *vlhkost*) na jednotlivé závislé proměnné (*F. lugubris*, *F. polyctena*, *objem*). Výsledky jsou shrnuty v tabulce č. 5. Významné závislosti jsou znázorněny na obrázcích č. 14–20.

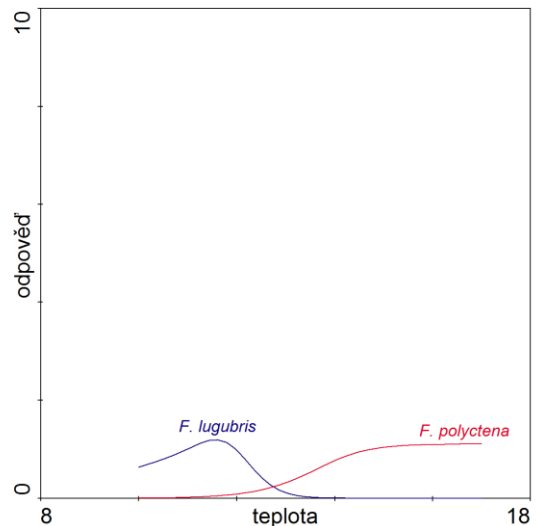
Tab. 5 Vliv prediktorů na jednotlivé závislé proměnné vyjádřený pomocí GAM.

prediktor	závislá proměnná	F	p	AIC	ΔD
<i>teplota</i>	<i>F. lugubris</i>	36 000,00	< 1.0e-6	0,05	43,44
<i>teplota</i>	<i>F. polycтена</i>	821,88	< 1.0e-6	2,03	36,72
<i>teplota</i>	<i>objem</i>	2,96	0,06	34 300,00	3222,24
<i>zastínění</i>	<i>F. lugubris</i>	–	–	–	–
<i>zastínění</i>	<i>F. polycтена</i>	–	–	–	–
<i>zastínění</i>	<i>objem</i>	3,22	0,05	34 000,00	3677,55
<i>vzdálenost</i>	<i>F. lugubris</i>	14,74	0,00	32,82	13,39
<i>vzdálenost</i>	<i>F. polycтена</i>	26,62	< 1.0e-6	21,95	18,79
<i>vzdálenost</i>	<i>objem</i>	–	–	–	–
<i>nadmořská výška</i>	<i>F. lugubris</i>	59,05	< 1.0e-6	17,20	27,70
<i>nadmořská výška</i>	<i>F. polycтена</i>	24,80	< 1.0e-6	20,85	20,22
<i>nadmořská výška</i>	<i>objem</i>	3,18	0,05	34 100,00	3483,16
<i>vlhkost</i>	<i>F. lugubris</i>	947,20	< 1.0e-6	2,02	41,61
<i>vlhkost</i>	<i>F. polycтена</i>	1400,00	< 1.0e-6	1,20	37,50
<i>vlhkost</i>	<i>objem</i>	–	–	–	–

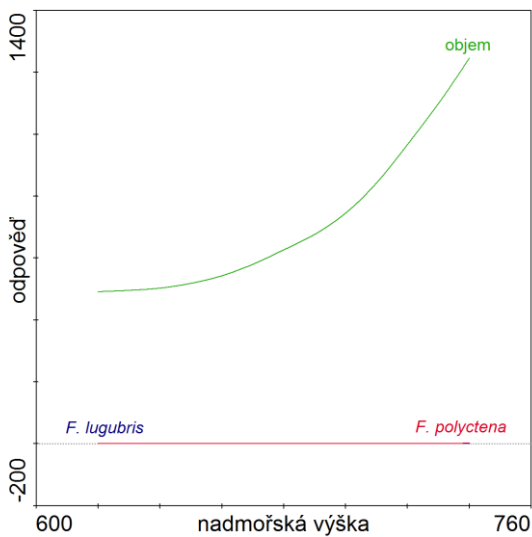
Z GAM (Obr. 14) je patrné, že s rostoucí *teplotou* se zvětšuje *objem* hnízd až do teplot 14 °C, poté je *objem* hnízd na *teplotě* závislý nepřímo úměrně. Dále lze sledovat odlišnou numerickou odpověď distribuce hnízd obou dominantních druhů mravenců k *teplotě*. Hnízda *F. lugubris* byla typicky o 5 °C studenější než hnízda *F. polycтена* (Obr. 15). *Objem* hnízd prokazatelně vzrůstá s rostoucí *nadmořskou výškou* (Obr. 16). Hnízda *F. lugubris* jsou lokalizována v nižších *nadmořských výškách* než hnízda *F. polycтена* (Obr. 17). Z GAM vysvětlujícího vztah mezi *vlhkostí* a distribucí hnízd obou druhů vyplývá, že mravenec *F. lugubris* má sušší hnízda než *F. polycтена* (Obr. 18). *Objem* hnízd zřetelně narůstá s větším *zastíněním* (Obr. 19). GAM predikující vliv *vzdálenosti* na hnízda obou mravenců (Obr. 20) naznačuje, že hnízda *F. lugubris* jsou obvykle vzdálenější než hnízda *F. polycтена*.



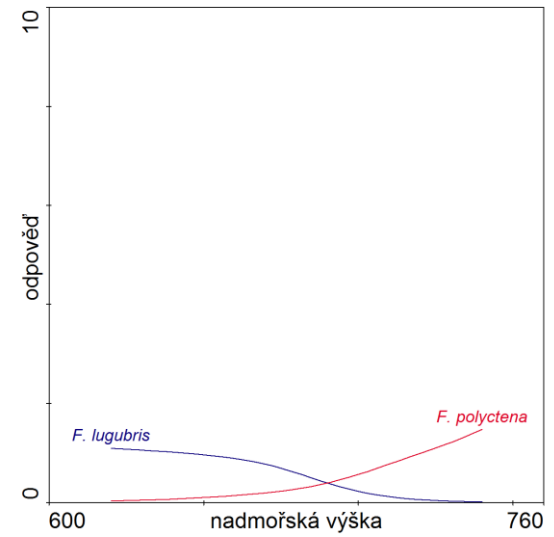
Obr. 14 GAM závislosti objemu hnízd na teplotě.



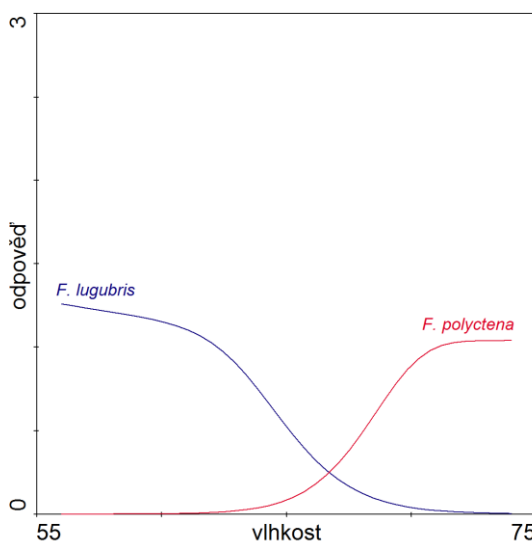
Obr. 15 GAM závislosti distribuce hnízd *F. lugubris* a *F. polycтена* na



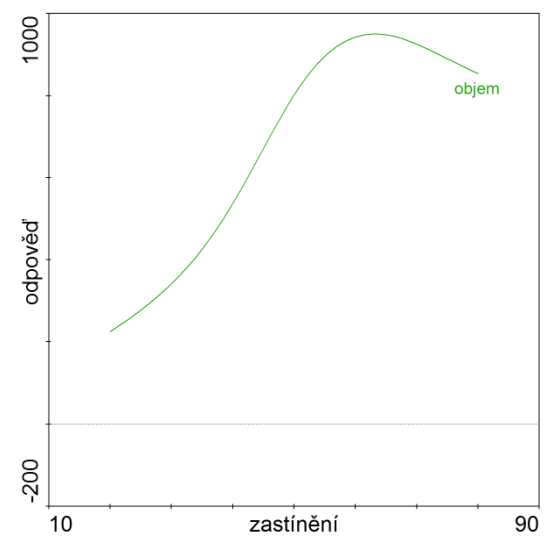
Obr. 16 GAM závislosti objemu hnízd na nadmořské výšce.



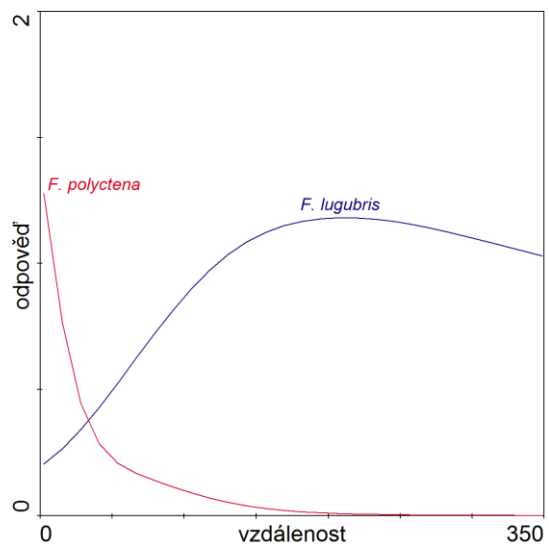
Obr. 17 GAM závislosti distribuce hnízd *F. lugubris* a *F. polycтена* na nadmořské výšce.



Obr. 18 GAM závislosti distribuce hnízd *F. lugubris* a *F. polycтена* na vlhkosti.



Obr. 19 GAM závislosti objemu hnízd na zastínění.



Obr. 20 GAM závislosti distribuce hnízd *F. lugubris* a *F. polyctena* na vzdálenosti.

5 DISKUZE

V rámci této studie byly zmapovány tři lokality ve Žďárských vrších s výskytem lesních mravenců podrodu *Formica*. Celkem bylo nalezeno 106 aktivních kup náležících do tří druhů tohoto podrodu. Během mapování byly zaznamenávány jednotlivé parametry hnízd a prostředí, z nichž byly stanoveny závislosti, pomocí kterých byla vyhodnocována distribuce každého druhu.

5.1 Parametry hnízd

Lesní mravenci podrodu *Formica* se vyskytují v boreálních lesích (Goropashnaya et al. 2004a), zpravidla s převahou jehličnanů, což potvrzuje i tato práce, ale např. druh *F. polycтена* se běžně vyskytuje i v lesích se značnou příměsí listnatých stromů (př. bříza a dub), které poskytují mravencům lepší osvětlení hnízd i větší potravní nabídku (Nešporová 2003, Härkönen & Sorvari 2014). Hnízdo lesních mravenců tvoří dvě části. Podzemní část vyúsťující zemním valem zaujímá cca dvě třetiny objemu hnízda a nadzemní kupa přibližně jednu třetinu. Tento poměr se však může lišit v závislosti na různých faktorech, např. bude-li hnízdo vystavěno v místě s vyšší hladinou podzemní vody (v blízkosti vodní nádrže), bude jeho podzemní část jen mělce v zemi a kompenzováno vybudováním velké kupy (Miles 2008). Goropashnaya et al. (2004b) ve své studii zjistili, že nadzemní kupy si mravenci začali tvořit v pleistocénu nejspíše v reakci na ochlazování klimatu a tedy potřeby termoregulace. Právě vyrovnávání teplotního a vlhkostního gradientu mezi vnitřním a vnějším prostředím hnízda je hlavní funkcí kup, díky které mohou mravenci začít lovit již brzy z jara a rychleji vychovávat nové potomstvo (Hölldobler & Wilson 1997).

Hrubost materiálu studovaných hnízd se mezidruhově téměř nelišila. Nejhrubší materiál byl zaznamenán u hnízd *F. polycтена*, kteří často jako podklad využívala i velké uschlé větve jehličnanů. Byla zjištěna korelace mezi hrubostí materiálu a velikostí hnízda, kdy se vzrůstajícím objemem hnízda prokazatelně rostla i její hrubost. Kupy všech druhů byly typicky tvořeny organickým opadem, tzn. jehličím, větévkami, kůrou, dále částmi rostlin, popřípadě kamínky, což je ve shodě s jinými pracemi (např. Jurgensen et al. 2008) stejně tak jako odlišnost kup *F. lugubris*, které navíc na povrchu viditelně obsahovaly kousky pryskyřice, ta se může nacházet i uvnitř kup. Důvod tohoto jevu vysvětlují Chapuisat et al. (2007) tím, že pryskyřice obsahuje terpeny a jiné látky s antibakteriálními a antifugálními vlastnostmi, čímž chrání adultní

mravence i jejich larvy před patogeny, např. *Pseudomonas fluorescens* Migula, 1895. Pryskyřice se vyskytuje také v hnízdech jiných druhů lesních mravenců, např. *Formica paralugubris* Seifert, 1999, největší hnízda mohou obsahovat až 20 kg pryskyřice (Christe et al. 2002).

Největší hnízda ve všech rozměrech byla naměřena u druhu *F. polycтена*. To by mohlo souviset s faktem, že tento druh je silně polygynní, tzn. hnízdo obsahuje více královen, může plodit více potomků a hnízdo tak celkově mnohem lépe prosperuje. Hnízda *F. lugubris* bývají naopak monogynní, tedy s jedinou královnou, nebo slabě polygynní (Goropashnaya et al. 2004b). Výsledky navíc ukazují, že velikost hnízd je kladně ovlivňována přibývajícím nadmořskou výškou. Pro porovnání základny hnízda byl vybrán průměr zemního valu, jelikož je jeho hodnota podle Nešpora (2008) mnohem průkaznější a stabilnější v porovnání s průměrem kupy. Střední hodnota průměru zemního valu hnízd *F. polycтена* činila 175 cm a výška kup 71 cm. Byly tak naměřeny větší rozměry než ve výzkumu Nešporové (2003), ta naměřila průměry zemních valů 125 cm a výšku kup 53 cm, menší hnízda zaznamenali také Wiesznerová & Čada (2012), 139 cm průměr zemního valu a 41 cm výšku kupy. Hnízda *F. lugubris* dosahovala značně menších středních hodnot jednotlivých parametrů. Průměr zemního valu byl určen 121 cm a průměrná výška kup 68 cm. I zde byla naměřena větší hnízda, např. Punttila & Kilpeläinen (2009) naměřili průměry zemních valů 81 cm a výšky kup 45 cm, zatímco Procter et al. (2015) udávají, že hnízda *F. lugubris* mohou být vysoká až metr. Rozdíly mezi naměřenými rozměry mohou být také vysvětlovány např. různou intenzitou zastínění hnízd (Punttila & Kilpeläinen 2009) či rozdílem ve stáří lesa. V mladém lese bez zastínění korunami stromů se nachází menší, plochá hnízda (Domisch et al. 2005). Jak vyplývá z výsledků, v poměru základny k výšce, jsou hnízda *F. polycтена* celkově více zploštělá, než hnízda *F. lugubris*.

Největšího objemu dosahovala hnízda *F. rufa*, průměrně (podzemní část) 1268 dm³, nicméně k relevantnímu vyhodnocení velikosti hnízd tohoto druhu by bylo zapotřebí získat parametry více hnízd. Velká hnízda měla také *F. polycтена*, průměrně 1105 dm³, pro porovnání s ostatními studiemi byl odhadnut objem kup, a to na střední hodnotu 553 dm³. To je více, než naměřila Nešporová (2003), ale méně než u výzkumu Punttily & Kilpeläinena (2009), kteří určili průměrný objem kup *F. polycтена* na finském území 1010 dm³ a k podobnému závěru došla i Křížová (1998) při inventarizaci hnízd v okolí Žďáru nad Sázavou. Objem hnízd *F. lugubris* byl průměrně podle výpočtů menší, konkrétně 238 dm³ u nadzemních kup, což je téměř totožné s výsledky Punttily

& Kilpeläinen (2009). Větší hnízda ale naměřili Storer et al. (2008), průměrně 404 dm³. Velikost hnízd lesních mravenců se však může vyšplhat až na několik metrů krychlových materiálu (Sorvari et al. 2016), což potvrzuje největší zaznamenané hnízdo v rámci této práce o objemu 8166 dm³ v podzemní části, a tedy přibližně 4083 dm³ nadzemní kupy. Patřilo mravenci *F. polyctena*.

5.2 Parametry prostředí

Míra zastínění hnízd porostem se sice mezi jednotlivými druhy nelišila (u všech průměrně okolo 50 %), což je ve shodě s prací Nešporové (2003), Kůsové (2004) i Wiesznerové & Čada (2012). Lze se proto domnívat, že je to ideální míra zastínění pro zdravé fungování hnízd. Jinými slovy, při nadměrném zastínění, a tedy nedostatku slunečního záření, by mohla být ohrožena správná termoregulace hnízd a to samé naopak při nadměrném slunění (viz dále). Tím by mohlo být objasněné, proč většina hnízd lesních mravenců je tvořena na okrajích lesů a cest. Existují ovšem i studie (Hughes 2009) dokazující, že *F. lugubris* snese i větší zastínění, například oproti *F. rufa*, který je vázán na slunnější stanoviště. Podle výsledků je dále prokazatelné, že zastínění koreluje s objemem hnízd. S vyšším zastíněním totiž stoupá i velikost hnízda, což je v souladu s tvrzením Chena & Robinsona (2013). Také Sorvari et al. (2016) tvrdí, že v zastíněných starších lesích bývá objem hnízd větší, než na otevřených prosluněných stanovištích mladého lesa.

Dalšími významnými faktory ovlivňující distribuci i velikost hnízd lesních mravenců jsou teplota a vlhkost. O tom, že si mravenci sami regulují teplotu i vlhkost v hnízdech, informují například Hölldobler & Wilson (1997). Účel této neustálé činnosti tkví ve zrychlení metabolických procesů mravenců a urychlení vývoje mravenčího plodu (Frouz, 2005, Kadochová & Frouz 2014). V období vegetačního období si mravenci uvnitř hnízda udržují teplotu zhruba o 10 °C vyšší, než je teplota okolí (Frouz 2000, Frouz & Finer 2007). Teplo získávají mravenci především ze slunečního záření, část zachytává povrch kupy, část samotní mravenci, jejichž černá těla slouží za slunečného počasí jako obrovské množství solárních kolektorů. Po zahřátí se mravenci vracejí do hnízda a teplo zde vyzařují a ohřívají tak vnitřek, což je důležité hlavně na jaře. Teplo je vytvářeno také prostřednictvím jejich metabolismu, popř. metabolismu dalších bezobratlých obývajících hnízdo (Frouz 2005). Neméně důležitá je i regulace vlhkosti uvnitř hnízda, například larvy jsou v hnízdě umísťovány do vlhčích částí, kukly

jsou naopak vynášeny do sušších partií (Hölldobler & Wilson 1997). Vlhkost dosahuje vysokých hodnot na povrchu hnízda a Sorvari et al. (2016) jako ideální označují stav, kdy hnízdo je tvořeno z různě vlhkých vrstev.

V této práci byla vlhkost a teplota z již zmíněných důvodů měřena pouze v těsné blízkosti hnízd, přestože měření těchto veličin uvnitř hnízd by bylo jistě průkaznější. Přesto však existuje nezanedbatelný vztah mezi vlhkostmi a teplotami uvnitř a vně hnízda. Vliv teploty vzduchu vůči teplotě hnízda dokazují Kadochová & Frouz (2014), roli zde hraje i zastínění hnízda (Nešporová & Nešpor 2006, Frouz & Finer 2007) a přímo má teplota vliv na aktivitu mravenců (Domisch et al. 2009). Z výsledků této práce vyplývá, že *F. polycytena* se nachází v jednoznačně teplejších a vlhčích oblastech. Na tato data ovšem nelze plně spoléhat, jelikož parametry byly měřeny v úzkém spektru dní ve stejném ročním období. Proto by bylo třeba pro přesnější výsledky provést podrobnější výzkum měření teplot a vlhkostí probíhající periodicky během celého roku, nejlépe na více lokalitách. Nicméně lze z výsledků vyčíst lokální distribuci hnízd na jednotlivých kopcích dle teplot i vlhkostí (Obr. 5–8). Mravenišť *F. polycytena* byla dle průměrných teplot rozmístěna na Čtyřech palicích dle předpokladů. To znamená, že „nejteplejší“ hnízda byla umístěna v nižších polohách na jižním svahu a „nejchladnější“ hnízda na vrcholu kopce. Zde by díky výškovému gradientu měly být teploty nižší, distribuce se zde dala považovat za rovnoměrnou. Trend vlhkosti hnízd na stejné lokalitě do značné míry koreloval s teplotní distribucí, v nižších polohách byla vlhkost nejnižší, na vrcholu nejvyšší. Právě u vrcholu byla situována většina hnízd, což může naznačovat vyšší nároky na vlhkost tohoto druhu. Překvapivé poznání přinesla distribuce hnízd *F. lugubris* dle předchozích dvou parametrů na kopci U Osla. Průměrně „nejteplejší“ hnízda se vyskytovala na západním a východním svahu v nižších polohách, ta „studenější“ přitom na jižním svahu, též v nižších nadmořských výškách. Rozšíření hnízd v závislosti na tomto atributu bylo rovnoměrné. Rozdělení hnízd dle vlhkostí přineslo další zajímavé závěry. Méně vlhká hnízda se nacházela na severních svazích ve vyšších polohách, největší vlhkosti byly naměřeny překvapivě u hnízd na východních až jižních svazích na níže položených částech kopce. Pravděpodobné objasnění tohoto fenoménu lze hledat v přítomnosti řeky Svratky a dalších menších vodních toků, které se zanořují v oblasti západní a jižní části kopce. Vzhledem k tomu, že je v této oblasti soustředěna většina hnízd, mohla by tato skutečnost potvrzovat hypotézu Bezděčky & Bezděčkové (2011) o vyšších nárocích tohoto druhu na vlhkost. Pro úplné potvrzení by bylo nutné provést ještě podrobnější dlouhodobější výzkum.

Výsledky dále naznačují, že velikost hnízda je přímo úměrná vlhkosti, tj. větší hnízdo je vlhčí. To potvrzuje i Frouz (2005). Další signifikantní závislost vykazuje vlhkost na zastínění, platí pro ně také vztah přímé úměry (Frouz & Finer 2007).

5.3 Distribuce hnízd

Při distribuci hnízd lesních mravenců hraje důležitou roli nadmořská výška. Přestože nejvýše položené zaznamenané hnízdo patřilo druhu *F. lugubris*, výše se navzdory očekávání nacházela hnízda *F. polycтена*, průměrně ve výšce 716 m n. m. (rozmezí 657–732 m n. m.), zatímco hnízda *F. lugubris* zaujímala průměrnou nadmořskou výšku 675 m n. m. (rozpětí 623–762 m n. m.). *Formica rufa* měla hnízda ve výškách 708 m n. m., nicméně k objektivnímu zhodnocení nebylo nalezeno dostatek hnízd. I přesto výskyt tohoto druhu ve vyšších polohách potvrzují Klimetzek & Wellenstein (1970), naopak mravence *F. polycтена* řadí do nižších až středních poloh. Zde ho v rozmezí 540–610 m n. m. nalezla Křížová (1998), v rozpětí 415–492 m n. m. ho dokládá také Nešporová (2003).

Formica lugubris je naopak typicky horský druh, který v Alpách vystupuje až do výšky 2400 m n. m., v České republice je znám nejvýše ze Šumavy a Hrubého Jeseníku ve výškách okolo 1300 m n. m. (Bezděčka & Bezděčková 2011). Proto jsou naše výsledky poměrně překvapivé. Vyšší průměrná nadmořská výška hnízd *F. polycтена* by mohla být vysvětlována a omezována skutečností, že všechna měřená hnízda pochází z téže lokality, a tudíž data do jisté míry nejsou variabilní. Na druhou stranu to nemění nic na faktu, že *F. polycтена* svou přítomností ve vyšších nadmořských výškách překvapila i zkušenější myrmekology a o tom, že jejich distribuce v těchto polohách není náhodná, svědčí obr. 2 (viz Výsledky). Jako jednoho z rekordmanů obývajících zásadně vysokohorské polohy, lze uvést mravence *Formica neorufibarbis* Emery, 1893, jehož výskyt je doložen běžně v nadmořských výškách nad 4000 metrů ve Skalnatých horách v Severní Americe. Tento druh blízce příbuzný druhu *F. lugubris*. Úspěšná termoregulace, a tím i rozmnožování tohoto druhu, je podmiňováno absorpcí slunečního záření kameny, které vyhřívají hnízdo (McCaffrey & Galen 2011).

Expozičně bylo nejvíce hnízd *F. polycтена* lokalizováno podle očekávání na jižních, jihozápadních až západních svazích – v souladu s výsledky Nešporové (2003). Stejně tomu tak bylo i u hnízd *F. rufa*, potvrzují Klimetzek & Wellenstein (1970). To může svědčit o vyšších nárocích těchto druhů na teplo či světlo samotné. Mravenec *F. lugubris* se nejvíce vyskytoval na severovýchodních a jihovýchodních svazích.

Schopnost přežít tohoto druhu na severních svazích popisuje i Hughes (2009) a potvrzuje se tak, že *F. lugubris* umí odolávat nižším teplotám, a proto se šíří v horách.

Hustota hnízd dominantních druhů na daných lokalitách byla celkově nižší v porovnání s jinými studii. Na Čtyřech palicích se nacházelo průměrně 0,1 hnízd *F. polycтена* na jednom hektaru. Na Kamenném vrchu a kopci U Osla dominovala *F. lugubris* se zaplněním 0,03 a 0,3 hnízd/ha. Křížová (1998) uvádí koncentraci hnízd *F. polycтена* 5,7 na hektar, Nešporová (2003) 8,15 hnízd/ha, Wiesznerová & Čada (2012) 2,4 hnízd/ha. Pro srovnání, při inventarizaci mravenišť ve Finsku byla zjištěna hustota u *F. lugubris* 0,4 hnízd/ha, u *F. polycтена* jen 0,1 hnízd/ha, naopak nejčteněji se vyskytovala *F. aquilonia* 1,6 hnízd/ha (Punntila & Kilpeläinen 2009). V severní Anglii byl proveden výzkum určující četnost hnízd *F. lugubris* 1,6 hnízda/ha (Sudd et al. 1977). Mezi výsledky všech autorů jsou patrné značné rozdíly. Příčinou by mohlo být subjektivní vymezení území pro inventarizaci hnízd – zatímco někteří určí prostor k průzkumu těsně podél viditelné hranice vysoké koncentrace hnízd, jiní průzkumníci si určí rozsáhlejší území, takže výsledná hustota hnízd na daném místě je pak nižší. Navíc nelze opomenout, že hnízda jsou na lokalitách rozprostřená nerovnoměrně, což je jednoznačně viditelné na obr. 9–11. Na základě toho doporučuji brát tento údaj pouze jako orientační a více pozornosti věnovat absolutnímu počtu hnízd v komplexu/kolonii. Kolonie zahrnuje hnízda, která spolu přátelsky komunikují. Komplex je skupina hnízd určitou vzdáleností oddělená od jiné skupiny (zpravidla cca 200 metrů, protože akční rádius mravenců nepřekračuje 150 m) komplexu mravenišť (Bezděčka 2000b).

Dalším zajímavým parametrem distribuce lesních mravenců byla vzdálenost k nejbližšímu hnízdu svého druhu. Výsledky dokazují diametrální rozdíl mezi všemi druhy. Nejdále od sebe byla vzdálena hnízda *F. rufa* (průměr 186 m), tento výsledek je však nutné vzhledem k nedostatečnému počtu měření brát s rezervou. Počet hnízd *F. polycтена*, jejichž distribuce byla prokazatelně ovlivňována vzdáleností, vzrůstal s klesající vzdáleností (průměrně 19 m). Opačný jev byl sledován u *F. lugubris* (průměrná vzdálenost 138 m). Bylo ověřeno, že monogynní druhy (*F. rufa*, *F. pratensis*) se lépe šíří na delší vzdálenosti letem, zatímco polygynní druhy s mnoha královnami (*F. polycтена*, *F. aquilonia*, *F. paralugubris*) zřizují nová hnízda za pomoci dělnic (Goropashnaya et al. 2004). Nemohou tak migrovat do vzdálených míst, na druhou stranu tak mohou budovat obrovské komplexy hnízd. *Formica lugubris* může nabývat obou forem, polygynní je ve Švýcarsku a na Britských ostrovech, monogynní v Irsku a Skandinávii (Kilpeläinen et al. 2008, Punntila & Kilpeläinen 2009). To je

pravděpodobný důvod, proč jsou hnízda *F. polyctena* blízko sebe ve velké koncentraci a *F. lugubris* dále od sebe rovnoměrněji po kopci.

Výběr lokality pro výstavbu hnízd podle půdního podloží shrnují obrázky 9–11. Na Kamenném vrchu získala převahu hnízda *F. lugubris* založená na dystrické a mesobazické kambizemi. U Osla byla situace obdobná, hnízda dokázala vazbu na dystrickou kambizem, jen málo hnízd bylo na povrchovém gleji. Na Čtyřech palicích byla hnízda *F. polyctena* vybudovaná na rankeru a dystrické kambizemi. Z výsledků lze vyvodit, že převážný počet hnízd byl stavěn na kambizemi či rankeru. Půdní typy vyskytující se v okolí jako glej a pseudoglej jsou si podobné tím, že jsou podmáčené. To může být důvod, proč lesní mravenci preferují pro výběr lokality ostatní typy půd.

Mravenci ale nejsou pasivními průzkumníky při hledání vhodného biotopu pro budoucí hnízdo. Jsou známí svou schopností upravovat si chemické i fyzikální vlastnosti půdy, čímž se lesní mravenci stávají nepostradatelnou součástí ekosystému. Díky tvorbě rozsáhlých systémů chodbiček dochází k provzdušňování půdy a zvyšování infiltrace povrchové vody, což prospěšně působí proti erozi (Jurgensen et al. 2008). V hnízdních kupách je značně vyšší podíl uhlíku a dusíku, než v okolní půdě (Kilpeläinen et al. 2007). Frouz et al. (2005) také upozorňují na zvýšené množství fosforu v hnízdech. Mravenci navíc promíchávají půdní materiál ze spodních vrstev do vrchních a také umí pomocí kusadel půdní agregáty porcovat na menší (Cammeraat & Risch 2008). V neposlední řadě mravenci dokážou pozměnit pH půdy. Většinou se jedná o zvýšení vůči okolní půdě k hodnotám kolem sedmi, kterého dosáhnou rozkladem karbohydrátů. Směrem od hnízda se hodnota pH opět snižuje (Jílková et al. 2011, Jílková et al. 2012).

Mravenec *Formica lugubris* se vyskytuje v pásmu jehličnatých lesů v celé palearktické oblasti. V České republice byl zaznamenán až roku 1947. Za poslední léta se rozšířil do různých částí republiky, setkáme se s ním na Šumavě, v Brdech, Novohradských horách, v Českém lese, na Českomoravské vrchovině a mimo jiné v Jeseníkách byl nalezen komplex čítající přes 1200 hnízd. Je ovšem stále mnoho lokalit, kde se tento druh buď nevyskytuje, nebo jeho výskyt není doložen. Proto je třeba ještě dalších průzkumů. Běžně se *F. lugubris* vyskytuje v Německu, setkáme se s ním i v Rakousku, Pyrenejích, Alpách či Vogézách (Bezděčka & Bezděčková 2011). *Formica polyctena* je náš běžný druh lesního mravence, který zaujímá většinou střední polohy téměř po celé České republice. Výskyt dokládají např. Wieznerová & Čada (2012) a Kůsová (2004).

Výsledky zjištěné v rámci této práce potvrzují již některé dříve známé závislosti proměnných a zároveň přináší nové poznatky u obou zkoumaných dominantních druhů lesních mravenců. Distribuce mravence *F. rufa* nemůže být plnohodnotně určena z důvodu nedostatku dat. Tento druh by si však jistě zasloužil více pozornosti a bádání za účelem zjištění jeho vhodného biotopu už z toho důvodu, že na našem území jeho výskyt není tak častý. Po zpřesnění metodických postupů, zejména v ohledu měření teplot a vlhkostí, by bylo vhodné rozšířit výzkum distribuce druhů *F. polyctena* a *F. lugubris* na více lokalit a delší časové období kvůli dostatku relevantních dat, ze kterých by šlo vyvodit stanovištní nároky jednotlivých druhů lesních mravenců.

6 ZÁVĚR

V rámci této bakalářské práce byly zmapovány tři lokality v CHKO Žďárské vrchy s výskytem lesních mravenců podrodu *Formica*. Jednotlivá území byla vybrána záměrně tak, aby mapování proběhlo v místech, kde dříve ještě nebyl hlášen výskyt lesních mravenců. Záměr tohoto bylo naleznout nové lokality výskytu hnízd a přinést originální data. Z tohoto podrodu zde byly nalezeny tři druhy mravenců (*F. lugubris*, *F. polycтена* a *F. rufa*), celkové množství evidovaných kup činilo 106. Během prací v terénu byly zaznamenávány jednotlivé parametry hnízd a prostředí. Na základě těchto proměnných byly ve statistickém programu CANOCO vyhodnocovány jejich vzájemné závislosti s cílem pokusit se vymezit hlavní faktory distribuce jednotlivých druhů.

Vyhodnocení druhu a hrubosti materiálu nepřineslo signifikantní mezidruhové rozdíly. Mírně se lišila jen hnízda *F. lugubris*, ve kterých byly navíc pozorovány kousky pryskyřice. Byla však zjištěna korelace mezi hrubostí materiálu a velikostí hnízda, s rostoucí velikostí rostla i hrubost. Obecně největší hnízda byla zaznamenána u druhu *F. polycтена*, nejmenší u *F. lugubris*. Navíc bylo zjištěno pozitivní ovlivnění velikosti hnízd nadmořskou výškou. Největší průměrné výšky kup a průměry základů byly naměřeny u *F. polycтена*, celkově však byla tato hnízda více plochá (v poměru základny a výšky kupy) oproti hnízdům *F. lugubris*. Velká hnízda byla zjištěna také u *F. rufa*, z hlediska průměrného objemu hnízd dominovala. Celkově největší zaznamenané hnízdo ale náleželo mravenci *F. polycтена*, objem jeho podzemní části byl určen na 8166 dm³.

Z výsledků zastínění hnízd lze u všech druhů konstatovat, že hledají zhruba rovnovážný poměr mezi stínem a slunečním osvětlením. Proto mraveniště často nacházíme na okrajích lesů a cest. Zastínění má také prokazatelný vliv na velikost hnízda, která se zvyšujícím zastíněním roste. Důležitými faktory distribuce hnízd jsou také teplota a vlhkost, v této práci byly tyto hodnoty zjišťovány pro vzdušnou teplotu i vlhkost v těsné blízkosti hnízd. Celkově se zdála být vlhčí i teplejší hnízda *F. polycтена*. Nejteplejší hnízda tohoto druhu byla lokalizována na jižních svazích. Největší vlhkost vykazovala hnízda stejného druhu v nejvyšších polohách, kde byla vystavěna většina hnízd. Větší nároky na vlhkost byly vyvozeny také u druhu *F. lugubris*. Naopak se ukázalo, že tento druh je odolnější vůči nižším teplotám. V neposlední řadě byla zjištěna přímo úměrná závislost velikosti kup na vlhkosti.

Nejvýše byla překvapivě budovaná hnízda *F. polycтена*, průměrně 716 m n. m., tento výsledek je brán jako jedno z nejzajímavějších zjištění tohoto výzkumu. Většina hnízd stejného druhu byla vystavěna na jižních, jihozápadních až západních svazích, což potvrzuje jeho teplomilnost, podobně jako *F. rufa*. *Formica lugubris* svá hnízda naopak nejčastěji zakládala na severovýchodních svazích. Nejvyšší hustotu hnízd vůči dané lokalitě vykazovala hnízda polygynního druhu *F. polycтена*. Nejbliže od sebe byly průměrně kupy taktéž *F. polycтена*, jejichž počet rostl s menší vzdáleností hnízd. Opačně tomu bylo u *F. lugubris*. Největší vzdálenost mezi hnízdy vykazovala *F. rufa*. Obecně lze říci, že lesní mravenci vyhledávali k výstavbě svých hnízd méně zamokřené půdy, zejména kambizem a ranker.

Poznatky získané v rámci této práce potvrzují některé již dříve známé závislosti environmentálních faktorů prostředí a zároveň přináší nové údaje u obou zkoumaných dominantních druhů lesních mravenců. Distribuce mravence *F. rufa* nemůže být relevantně vyhodnocena z důvodu nedostatku dat. Na tuto práci by mohla navazovat diplomová práce, popř. jiný výzkum, který by po zpřesnění některých metodických postupů mohl přispět k odhalení konkrétních stanovištních nároků jednotlivých druhů mravenců podrodu *Formica*. Taková data by pak mohla být signifikantní pro hledání optimálních biotopů lesních mravenců, což by mohlo zefektivnit ochranu těchto ekologicky významných živočichů.

7 LITERATURA

AOPK ČR. Správa CHKO Žďárské vrchy. *AOPK ČR* [online]. © 2016 [cit. 2016-04-09]. Dostupné z: <http://zdarskevrchy.ochranaprirody.cz/zakladni-udaje-ochko/charakteristika-oblasti/>.

Bezděčka P. (2000a): Evidence hnízd lesních mravenců. *FORMICA: Zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců*. 3: 76–79.

Bezděčka P. (2000b): Kolonie a komplexy hnízd lesních mravenců. *FORMICA: Zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců*. 3: 80–83.

Bezděčka P. (2000c): Naši mravenci rodu *Formica*. *FORMICA: Zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců*. 3: 19–24.

Bezděčka P. & Bezděčková K. (2007): Ochrana mravenců v České republice. *FORMICA: Zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců*. 10: 7–8.

Bezděčka P. & Bezděčková K. (2011): Rozšíření mravence *Formica lugubris* v České republice. *Formica*. 13: 9–12.

Bína J. & Demek J. (2012): *Z nížin do hor: geomorfologické jednotky České republiky*. 1. vyd. Praha: Academia. 344 s. ISBN 978-80-200-2026-0.

Cammeraat E.L.H. & Risch A.C. (2008): The impact of ants on mineral soil properties and processes at different spatial scales. *Journal of Applied Entomology*. 132(4): 285–294.

Česká geologická služba. Mapové aplikace: Půdní mapa ČR 1 : 50 000. *Česká geologická služba* [online]. [cit. 2016-04-11]. Dostupné z: <http://mapy.geology.cz/pudy/>.

ČÚZK. Geoprohlížeč. *Geoportál ČÚZK* [online]. © 2010 [cit. 2016-04-11]. Dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/>.

Culek M., Grulich V., Laštůvka Z. & Divíšek J. (2013): *Biogeografické regiony České republiky* [1 mapa]. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita. 447 s. ISBN 978-80-210-6693-9.

- Dad'ourek M. (2008): Program Formica: Metodika evidence a mapování hnízd lesních mravenců. *FORMICA: Zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců*. 11: 44–47.
- Del Toro I., Floyd K., Gardea-Torresdey J. & Borrok D. (2010): Heavy metal distribution and bioaccumulation in Chihuahuan Desert Rough Harvester ant (*Pogonomyrmex rugosus*) populations. *Environmental Pollution*. 158: 1281–1287.
- Del Toro I., Ribbons R.R. & Pelini S.L. (2012): The little things that run the world revisited: a review of ant-mediated ecosystem services and disservices (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*. 17: 133–146.
- Domisch T., Finér L. & Jurgensen M.F. (2005): Red wood ant mound densities in managed boreal forests. *Annales Zoologici Fennici*. 42(3): 277–282.
- Domisch T., Finér L., Neuvonen S., Niemelä P., Risch A.C., Kilpeläinen J., Ohashi M. & Jurgensen M.F. (2009): Foraging activity and dietary spectrum of wood ants (*Formica rufa* group) and their role in nutrient fluxes in boreal forests. *Ecological Entomology*. 34: 369–377.
- Frouz J. (2000): The effect of nest moisture on daily temperature regime in the nests of *Formica polyctena* wood ants. *Insectes Sociaux*. 47: 229–235.
- Frouz J. (2005): Termoregulace lesních mravenců rodu *Formica*. *FORMICA: Zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců*. 8: 15–19.
- Frouz J., Kalčík J. & Cudlín P. (2005): Accumulation of phosphorus in nests of red wood ants *Formica* s. str. *Finnish Zoological and Botanical Publishing Board*. 42: 269–275.
- Frouz J. & Finér L. (2007): Diurnal and seasonal fluctuations in wood ant (*Formica polyctena*) nest temperature in two geographically distant populations along a south – north gradient. *Insectes Sociaux*. 54: 251–259.
- Frouz J. & Jilková V. (2008): The effects of ants on soil properties and processes (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*. 11: 191–199.
- Goropashnaya A.V., Fedorov V.B., Seifert B. & Pamilo P. (2004a): Limited phylogeographical structure across Eurasia in two red wood ant species *Formica*

pratensis and *F. lugubris* (Hymenoptera, Formicidae). *Molecular Ecology*. 13: 1849–1858.

Goropashnaya A.V., Fedorov V.B. & Pamilo P. (2004b): Recent speciation in the *Formica rufa* group ants (Hymenoptera, Formicidae): inference from mitochondrial DNA phylogeny. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 32: 198–206.

Hajduch O. Ochrana přírody ČR. *Geografický web* [online]. 13. 7. 2010 [cit. 2016-04-09]. Dostupné z: <http://www.hajduch.net/cesko/priroda/ochrana-prirody>.

Härkönen S.K. & Sorvari J. (2014): Species richness of associates of ants in the nests of red wood ant *Formica polycтена* (Hymenoptera, Formicidae). *Insect Conservation and Diversity*. 7: 485–495.

Hölldobler B. & Wilson E.O. (1997): *Cesta k mravencům*. 1. vyd. Praha: Academia. 198 s. ISBN 80-200-0612-5.

Hughes I.G. (1975): Changing altitude and habitat preferences of two species of wood-ant (*Formica rufa* and *F. lugubris*) in North Wales and Salop. *Transactions of the Royal Entomological Society of London*. 127(3): 227–239.

Chapuisat M., Oppliger A., Magliano P. & Christe P. (2007): Wood ants use resin to protect themselves against pathogens. *Proceedings Of The Royal Society*. 274: 2013–2017.

Chen Y.H. & Robinson E.J.H. (2013): A comparison of mark–release–recapture methods for estimating colony size in the wood ant *Formica lugubris*. *Insectes Sociaux*. 60: 351–359.

Christe P., Oppliger A., Bancala F., Castella G. & Chapuisat M. (2003): Evidence for collective medication in ants. *Ecology Letters*. 6: 19–22.

IUCN. The IUCN Red List of Threatened Species: Version 2015-4. *IUCN* [online]. 2016 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://www.iucnredlist.org/>.

Jackson D.E. & Ratnieks F.L.W. (2006): Communication in ants. *Current Biology*. 16(15): R570–R574.

- Jílková V., Matějčíček L. & Frouz J. (2011): Change in the pH and other soil chemical parameters in soil surrounding wood ant (*Formica polyctena*) nests. *European Journal of Soil Biology*. 47: 72–76.
- Jílková V., Šebek O. & Frouz J. (2012): Mechanisms of pH change in wood ant (*Formica polyctena*) nests. *Pedobiologia – International Journal of Soil Biology*. 55: 247–251.
- Jurgensen M.F., Finér L., Domisch T., Kilpeläinen J., Punttila P., Ohashi M., Niemelä P., Sundström L., Neuvonen S. & Risch A.C. (2008): Organic mound-building ants: their impact on soil properties in temperate and boreal forests. *Journal of Applied Entomology*. 132(4): 266–275.
- Kadochová Š. & Frouz J. (2014): Red wood ants *Formica polyctena* switch off active thermoregulation of the nest in autumn. *Insectes Sociaux*. 61: 297–306.
- Kidokoro-Kobayashi M., Iwakura M., Fujiwara-Tsujii N., Fujiwara S., Sakura M., Sakamoto H., Higashi S., Hefetz A. & Ozaki M. (2012): Chemical Discrimination and Aggressiveness via Cuticular Hydrocarbons in a Supercolony-Forming Ant, *Formica yessensis*. *PLoS ONE*. 7(10): e46840.
- Kilpeläinen J., Finér L., Niemelä P., Domisch T., Neuvonen S., Ohashi M., Risch A.C. & Sundström L. (2007): Carbon, nitrogen and phosphorus dynamics of ant mounds (*Formica rufa* group) in managed boreal forests of different successional stages. *Applied Soil Ecology*. 36: 156–163.
- Kilpeläinen J., Punttila P., Finér L., Niemelä P., Domisch T., Jurgensen M.F., Neuvonen S., Ohashi M., Risch A.C. & Sundström L. (2008): Distribution of ant species and mounds (*Formica*) in different-aged managed spruce stands in eastern Finland. *Journal of Applied Entomology*. 132(4): 315–325.
- Klimetzek D. & Wellenstein G. (1970): The occurrence and distribution of mound-building wood ants of the group of *Formica rufa* (Hymenoptera: Formicidae) in Baden-Württemberg. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*. 141(8/9): 172–178.
- Kristiansen S.M. & Amelung M. (2001): Abandoned anthills of *Formica polyctena* and soil heterogeneity in a temperate deciduous forest: morphology and organic matter composition. *European Journal of Soil Science*. 52: 355–363.

- Křížová V. (1998): Zpráva o inventarizaci mravenišť v lesních porostech na území katastru obce Dobrá Voda v okrese Žďár n. Sázavou. *FORMICA: Zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců*. 1: 76.
- Kuncová N. (2012): Lesní mravenci Kamenného vrchu (okr. Žďár nad Sázavou, Kraj Vysočina). *Formica*. 14: 20–21.
- Kůsová P. (2004): Stanovištní charakteristiky hnízd lesních mravenců druhu *Formica polyctena*. *FORMICA: Zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců*. 7: 23–28.
- Lach L., Parr C.L. & Abbott K.L. (eds.) (2010): *Ant Ecology*. 1st ed. New York: Oxford University Press. 402 s. ISBN 978-0-19-954463-9.
- Lengyel S., Gove A.D., Latimer A.M., Majer J.D. & Dunn R.R. (2010): Convergent evolution of seed dispersal by ants, and phylogeny and biogeography in flowering plants: A global survey. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. 12: 43–55.
- Lepš J. & Šmilauer P. (2000): *Mnohorozměrná analýza ekologických dat*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. 102 s.
- Mabelis A.A. (2007): Do ants need protecting?. *Entomologische Berichten*. 67(4): 145–149.
- McCaffrey J. & Galen C. (2011): Between a rock and hard place: Impact of nest selection behavior on the altitudinal range of an alpine ant, *Formica neorufibarbis*. *Population Ecology*. 40(3): 534–540.
- Miles P. (2008): Jak je to s podzemními a nadzemními částmi mravenišť u lesních mravenců podr. *Formica*?. *FORMICA: Zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců*. 11: 21–23.
- Nenadál S. (1995): Lesní mravenci s. str. *Formica (Hymenoptera) Formica* Linnaeus, 1758 v CHKO Žďárské vrchy. In: *Vlastivědný sborník Vysočiny: Oddíl věd přírodních*. 12: 99–108.

- Nešporová M. (2003): Inventarizace a výzkum lesních mravenců druhu *Formica Polyctena* Föerster, 1850 v lokalitě u Babolek. *FORMICA: Zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců*. 6: 20–28.
- Nešporová M. & Nešpor J. (2006): Studium vlivu tepelných podmínek na tvar hnízdní kupy. *FORMICA: Zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců*. 9: 11–20.
- Nešpor J. (2008): Co se zemním valem u lesních mravenců?. *FORMICA: Zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců*. 11: 17–20.
- Procter D.S., Cottrell J., Watts K. & Robinson E.J.H. (2015): Do non-native conifer plantations provide benefits for a native forest specialist, the wood ant *Formica lugubris*?. *Forest Ecology and Management*. 357: 22–32.
- Punttila P. (1996): Succession, forest fragmentation, and the distribution of wood ants. *OIKOS*. 75(2): 291–298.
- Punttila P. & Kilpeläinen J. (2009): Distribution of mound-building ant species (*Formica* spp., Hymenoptera) in Finland: preliminary results of a national survey. *Finnish Zoological and Botanical Publishing Board*. 46: 1–15.
- Quitt E. (1971): *Klimatické oblasti Československa* [1 mapa]. 1. vyd. Praha: Academia. 71 s.
- Rabitsch W.B. (1997): Seasonal metal accumulation patterns in the red wood ant *Formica pratensis* (Hymenoptera) at contaminated and reference sites. *Journal of Applied Ecology*. 34: 1455–1461.
- Rauth S.J. & Vinson S.B. (2006): Colony Wide Behavioral Contexts of Stridulation in Imported Fire Ants (*Solenopsis invicta* Buren). *Journal of Insect Behavior*. 19(3): 293–304
- Sanders D. & van Veen F.J.F. (2011): Ecosystem engineering and predation: the multi-trophic impact of two ant species. *Journal of Animal Ecology*. 80: 569–576.
- Schultz T.R. (2000): In search of ant ancestors. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 97(26): 14028–14029.

- Seifert B. (2007): *Die Ameisen Mittel- und Nordeuropas*. Görlitz: Lutra Verlags- und Vertriebsgesellschaft. 368 s. ISBN 3936412022.
- Sorvari J. & Hakkarainen H. (2007): Wood ants are wood ants: deforestation causes population declines in the polydomous wood ant *Formica aquilonia*. *Ecological Entomology*. 32: 707–711.
- Sorvari J., Elo R.A., Härkönen S.K. (2016): Forest built-nest mounds of red wood ant *Formica aquilonia* are no good in clear fells. *Applied Soil Ecology*. 101: 101–106.
- Storer A.J., Jurgensen M.F., Risch A.C., Delisle J. & Hyslop M.D. (2008): The fate of an intentional introduction of *Formica lugubris* to North America from Europe. *Journal of Applied Entomology*. 132(4): 276–280.
- Sudd J.H., Douglas J.M., Gaynard T., Murray D.M. & Stockdale J.M. (1977): The distribution of wood-ants (*Formica lugubris* Zetterstedt) in a northern English forest. *Ecological Entomology*. 2 (4): 301–313.
- Sugiura N., Miyazaki S. & Nagaishi S. (2006): A supplementary contribution of ants in the pollination of an orchid, *Epipactis thunbergii*, usually pollinated by hover flies. *Plant Systematics and Evolution*. 258: 17–26.
- Ward P.S. (2006): Ants. *Current Biology*. 16(5): R152–R155.
- Wieznerová N. & Čada J. (2012): Mapování komplexu hnízd mravence *F. polycтена* u Jezdovic (okres Jihlava). *Formica*. 14: 17–19.
- Žďárek J. (2013): *Hmyzí rodiny a státy*. 1. vyd. Praha: Academia. 582 s. ISBN 978-80-200-2225-7.

8 PŘÍLOHY

Tab. 6 Parametry všech zaznamenaných hnízd *F. lugubris*. *UO* (kopec U Osla), *KV* (Kamenný vrch), *ČP* (Čtyři palice), *evid. č.* (vlastní evidenční číslo hnízd), φ (GPS souřadnice – zeměpisná šířka), λ (GPS souřadnice – zeměpisná délka), *nv* (nadmořská výška v m n. m.), *a* (delší strana základny zemního valu v cm), *b* (kratší strana základny zemního valu v cm), *d* (průměr kratší a delší strany základny zemního valu v cm), *c* (výška kupy v cm), V_h (objem podzemní části hnízda v dm³), V_k (objem kupy v dm³), *zast* (zastínění v %), *h* (index hrubosti materiálu), *D* (vzdálenost k nejbližšímu hnízdu stejného druhu v m) *exp* (expozice svahu), \bar{x} (aritmetický průměr hodnot)

evid. č.	φ	λ	<i>nv</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>c</i>	V_h	V_k	<i>zast</i>	<i>h</i>	<i>D</i>	<i>exp</i>	půdní typ
2UO	49°41'55,7"	16°02'17,7"	676	130	95	112,5	65	293,2	146,6	75	3	180,1	JZ	kambizem dystrická
3UO	49°42'17,6"	16°02'44,3"	648	200	165	182,5	50	593,6	296,8	50	3	194,3	S	kambizem dystrická
4UO	49°42'14,1"	16°03'02,2"	674	65	40	52,5	40	39,3	19,7	50	3	58,2	SV	kambizem dystrická
5UO	49°42'16,1"	16°03'02,4"	671	70	65	67,5	55	89,3	44,7	50	3	61,9	SV	kambizem dystrická
6UO	49°42'14,2"	16°03'06,4"	669	70	60	65,0	50	75,3	37,7	50	2	84,2	SV	kambizem dystrická
7UO	49°42'14,2"	16°02'59,3"	690	100	85	92,5	55	167,7	83,9	50	3	58,2	SV	kambizem dystrická
8UO	49°42'12,1"	16°02'49,0"	700	160	135	147,5	55	426,5	213,3	75	2	194,3	S	kambizem dystrická
9UO	49°42'07,4"	16°02'33,4"	701	130	105	117,5	60	295,3	147,7	50	3	344,7	SZ	kambizem dystrická
10UO	49°41'55,9"	16°02'32,9"	678	155	130	142,5	125	904,8	452,4	50	3	304,7	JZ	kambizem dystrická
11UO	49°41'50,6"	16°02'48,2"	676	195	180	187,5	110	1378,4	689,2	50	3	30,4	J	kambizem dystrická
12UO	49°41'50,0"	16°02'49,4"	675	240	215	227,5	105	1937,1	968,6	50	3	30,4	J	glej povrchový
13UO	49°41'53,5"	16°02'57,7"	682	220	195	207,5	115	1764,9	882,5	50	3	40,4	JV	kambizem dystrická
14UO	49°41'52,4"	16°03'06,2"	651	80	70	75,0	55	110,3	55,2	50	2	30,4	JV	kambizem dystrická
15UO	49°41'53,0"	16°03'07,4"	651	140	125	132,5	90	563,2	281,6	50	2	30,4	JV	kambizem dystrická
16UO	49°41'56,0"	16°03'07,6"	656	60	55	57,5	45	53,0	26,5	25	3	76,3	JV	glej povrchový
17UO	49°41'56,3"	16°03'03,8"	671	205	155	180,0	75	866,2	433,1	75	3	24,7	JV	kambizem dystrická
18UO	49°41'55,5"	16°03'03,8"	666	160	140	150,0	75	601,5	300,8	75	3	24,7	JV	kambizem dystrická

19UO	49°41'49,2"	16°02'53,1"	634	90	35	62,5	40	55,7	27,9	75	3	25,8	J	glej povrchový
20UO	49°41'52,3"	16°02'56,9"	661	175	125	150,0	135	1082,7	541,4	75	3	40,4	JV	kambizem dystrická
21UO	49°41'49,9"	16°02'52,4"	670	105	75	90,0	55	158,8	79,4	50	3	25,8	J	glej povrchový
22UO	49°42'02,8"	16°03'26,1"	626	195	190	192,5	75	990,6	495,3	50	2	39,2	V	kambizem dystrická
23UO	49°42'03,1"	16°03'28,0"	623	170	125	147,5	80	620,4	310,2	75	3	39,2	V	kambizem dystrická
24UO	49°42'00,7"	16°03'27,6"	626	155	145	150,0	95	761,9	381,0	75	3	71,5	V	kambizem dystrická
25UO	49°42'15,7"	16°03'22,8"	646	175	165	170,0	100	1030,1	515,1	75	3	331,9	SV	kambizem dystrická
26UO	49°41'52,3"	16°02'10,4"	631	60	55	57,5	35	41,2	20,6	50	2	180,1	JZ	kambizem dystrická
27UO	49°41'54,4"	16°03'04,7"	658	150	100	125,0	80	445,6	222,8	25	3	38,5	JV	kambizem dystrická
1KV	49°41'09,9"	15°56'52,1"	665	75	70	72,5	30	56,2	28,1	50	2	20,2	SV	kambizem mesobazická
2KV	49°41'10,3"	15°56'51,3"	667	105	95	100,0	45	160,4	80,2	25	2	20,2	SV	kambizem mesobazická
3KV	49°41'10,6"	15°56'48,9"	660	130	95	112,5	65	293,2	146,6	25	2	19,1	SV	kambizem mesobazická
4KV	49°41'10,8"	15°56'48,0"	678	130	110	120,0	50	256,6	128,3	0	3	10,5	SV	kambizem mesobazická
5KV	49°41'10,9"	15°56'47,5"	675	90	85	87,5	65	177,4	88,7	25	2	10,5	SV	kambizem mesobazická
6KV	49°41'12,9"	15°56'41,3"	677	135	105	120,0	70	359,3	179,7	25	3	38,6	SV	kambizem mesobazická
7KV	49°41'13,1"	15°56'39,4"	673	105	85	95,0	35	112,6	56,3	25	3	38,6	SV	pseudoglej modální
9KV	49°41'02,2"	15°56'31,7"	691	125	105	115,0	80	377,1	188,6	50	3	370,4	SV	kambizem mesobazická
10KV	49°41'18,5"	15°54'52,6"	714	150	135	142,5	65	470,5	235,3	75	3	171,1	SZ	kambizem dystrická
11KV	49°41'13,0"	15°54'53,6"	721	175	120	147,5	70	542,8	271,4	50	3	171,1	SZ	kambizem dystrická
12KV	49°40'52,1"	15°55'16,7"	762	145	120	132,5	75	469,3	234,7	75	3	353,2	SZ	pseudoglej modální
13KV	49°40'55,1"	15°54'59,7"	733	65	60	62,5	45	62,7	31,4	50	2	249,3	SZ	kambizem dystrická
14KV	49°40'47,5"	15°54'55,5"	752	135	130	132,5	65	406,8	203,4	25	3	57,7	Z	kambizem dystrická
15KV	49°40'46,7"	15°54'58,1"	741	105	70	87,5	75	204,7	102,4	50	3	57,7	Z	kambizem dystrická
16KV	49°40'25,2"	15°55'07,3"	678	60	55	57,5	25	29,5	14,8	50	2	689,4	JZ	pseudoglej modální
1ČP	49°41'04,1"	16°05'18,0"	663	185	140	162,5	80	753,0	376,5	100	2	272,2	JZ	kambizem mesobazická
41ČP	49°41'11,4"	16°05'10,4"	638	155	150	152,5	80	663,2	331,6	50	2	272,2	Z	kambizem mesobazická
44ČP	49°41'20,5"	16°05'40,8"	721	95	90	92,5	55	167,7	83,9	50	2	671,1	SV	ranker modální
ř	–	–	675,4	132,3	110,2	121,3	68,1	475,2	237,6	51,7	2,66	137,6	–	–

Tab. 7 Parametry všech zaznamenaných hnízd *F. polycтена*. ČP (Čtyři palice), evid. č. (vlastní evidenční číslo hnízd), φ (GPS souřadnice – zeměpisná šířka), λ (GPS souřadnice – zeměpisná délka), *nv* (nadmořská výška v m n. m.), *a* (delší strana základny zemního valu v cm), *b* (kratší strana základny zemního valu v cm), *d* (průměr kratší a delší strany základny zemního valu v cm), *c* (výška kupy v cm), *V_h* (objem podzemní části hnízda v dm³), *V_k* (objem kupy v dm³), *zast* (zastínění v %), *h* (index hrubosti materiálu), *D* (vzdálenost k nejbližšímu hnízdu stejného druhu v m) *exp* (expozice svahu), \bar{x} (aritmetický průměr hodnot)

evid. č.	φ	λ	<i>nv</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>c</i>	<i>V_h</i>	<i>V_k</i>	<i>zast</i>	<i>h</i>	<i>D</i>	<i>exp</i>	půdní typ
3ČP	49°41'11,8"	16°05'59,1"	657	165	150	158	40	353,7	176,9	50	2	80,8	J	kambizem dystrická
4ČP	49°41'12,8"	16°06'03,6"	665	135	120	128	40	231,8	115,9	25	2	22,1	J	ranker modální
5ČP	49°41'13,1"	16°06'02,6"	657	175	160	168	55	550,0	275,0	75	3	22,1	J	kambizem dystrická
6ČP	49°41'15,1"	16°05'56,3"	694	180	135	158	45	397,9	199,0	25	2	10,1	J	ranker modální
7ČP	49°41'15,4"	16°05'56,5"	695	190	155	173	75	795,5	397,8	50	4	10,1	J	ranker modální
8ČP	49°41'15,2"	16°05'55,2"	697	135	125	130	45	271,1	135,6	50	3	22,3	J	ranker modální
9ČP	49°41'19,3"	16°05'47,4"	712	195	175	185	95	1158,9	579,5	50	3	5,1	JV	ranker modální
10ČP	49°41'19,2"	16°05'47,2"	712	220	125	173	80	848,5	424,3	50	3	5,1	JV	ranker modální
13ČP	49°41'19,8"	16°05'49,0"	727	185	110	148	60	465,3	232,7	50	3	16,8	J	kambizem dystrická
14ČP	49°41'20,1"	16°05'49,7"	728	325	210	268	75	1912,9	956,5	50	3	15,2	J	kambizem dystrická
16ČP	49°41'19,8"	16°05'50,3"	712	135	105	120	55	282,3	141,2	25	3	15,2	J	kambizem dystrická
17ČP	49°41'20,1"	16°05'51,3"	717	195	160	178	100	1123,0	561,5	75	3	22,1	J	kambizem dystrická
18ČP	49°41'19,1"	16°05'51,9"	728	130	105	118	55	270,7	135,4	25	3	13,7	J	kambizem dystrická
19ČP	49°41'18,6"	16°05'52,2"	721	75	70	73	50	93,7	46,9	50	3	16,6	J	kambizem dystrická
20ČP	49°41'19,4"	16°05'52,4"	714	155	95	125	50	278,5	139,3	50	3	7,4	J	ranker modální
21ČP	49°41'19,2"	16°05'52,6"	710	80	65	73	90	168,6	84,3	50	2	7,4	J	ranker modální
22ČP	49°41'19,1"	16°05'53,8"	719	310	215	263	75	1842,1	921,1	50	3	10,5	J	ranker modální
23ČP	49°41'19,0"	16°05'54,3"	710	185	145	165	50	485,2	242,6	50	3	10,5	J	ranker modální
24ČP	49°41'17,3"	16°05'47,5"	708	185	160	173	110	1166,7	583,4	50	3	10,1	JV	ranker modální

25ČP	49°41'17,1"	16°05'47,1"	723	210	175	193	90	1188,8	594,4	75	3	10,1	JV	ranker modální
26ČP	49°41'15,4"	16°05'44,9"	712	135	120	128	65	376,6	188,3	25	3	68,6	V	ranker modální
27ČP	49°41'22,6"	16°05'44,1"	720	185	130	158	75	663,1	331,6	50	3	7,0	SV	kambizem dystrická
28ČP	49°41'22,7"	16°05'44,2"	719	245	205	225	85	1533,8	766,9	50	3	4,9	SV	kambizem dystrická
29ČP	49°41'22,9"	16°05'44,1"	720	235	210	223	85	1499,9	750,0	50	3	4,9	SV	kambizem dystrická
30ČP	49°41'22,8"	16°05'43,8"	720	185	165	175	70	764,1	382,1	50	3	5,1	SV	kambizem dystrická
31ČP	49°41'23,0"	16°05'43,9"	718	220	175	198	80	1112,3	556,2	50	3	5,1	SV	kambizem dystrická
32ČP	49°41'24,2"	16°05'44,4"	718	290	235	263	115	2824,5	1412,3	75	3	30,4	JZ	kambizem dystrická
33ČP	49°41'24,8"	16°05'43,2"	718	215	190	203	95	1388,6	694,3	50	3	30,4	JZ	kambizem dystrická
34ČP	49°41'23,7"	16°05'42,6"	720	240	190	215	105	1730,0	865,0	75	2	12,4	JZ	kambizem dystrická
35ČP	49°41'23,8"	16°05'42,0"	723	70	50	60	35	44,9	22,5	35	3	12,4	JZ	kambizem dystrická
36ČP	49°41'21,7"	16°05'36,7"	725	320	280	300	105	3368,4	1684,2	50	3	17,2	Z	kambizem dystrická
37ČP	49°41'21,3"	16°05'36,1"	722	80	75	78	40	85,6	42,8	75	3	17,2	Z	kambizem dystrická
39ČP	49°41'19,0"	16°05'37,8"	728	165	150	158	65	574,7	287,4	50	3	13,5	SZ	ranker modální
40ČP	49°41'18,5"	16°05'37,7"	728	145	115	130	50	301,2	150,6	50	3	15,6	SZ	ranker modální
42ČP	49°41'20,3"	16°05'41,9"	720	345	295	320	95	3467,5	1733,8	75	3	8,6	S	ranker modální
43ČP	49°41'20,5"	16°05'41,6"	725	195	170	183	65	771,7	385,9	75	3	8,6	S	ranker modální
45ČP	49°41'18,8"	16°05'38,4"	724	160	145	153	60	497,4	248,7	50	2	13,5	SZ	ranker modální
46ČP	49°41'18,3"	16°05'38,9"	724	220	205	213	75	1207,2	603,6	50	3	5,1	SZ	ranker modální
47ČP	49°41'18,2"	16°05'39,1"	722	235	225	230	75	1414,2	707,1	25	3	5,1	SZ	ranker modální
48ČP	49°41'25,3"	16°05'47,1"	732	425	370	398	145	8166,4	4083,2	75	3	59,0	JZ	kambizem dystrická
49ČP	49°41'27,2"	16°05'46,8"	721	350	290	320	110	4015,0	2007,5	50	3	27,5	Z	kambizem dystrická
50ČP	49°41'28,0"	16°05'47,4"	723	65	55	60	30	38,5	19,3	50	4	27,5	Z	kambizem dystrická
51ČP	49°41'29,8"	16°05'44,0"	716	155	140	148	105	814,3	407,2	25	2	65,2	Z	pseudoglej dystrický
52ČP	49°41'32,1"	16°05'42,8"	713	195	180	188	75	939,8	469,9	25	3	5,1	Z	kambizem dystrická
53ČP	49°41'32,0"	16°05'43,0"	715	80	75	78	40	85,6	42,8	50	3	5,1	Z	pseudoglej dystrický
54ČP	49°41'32,0"	16°05'43,9"	720	130	115	123	75	401,2	200,6	50	3	8,6	Z	kambizem dystrická
55ČP	49°41'31,9"	16°05'44,3"	725	215	180	198	85	1181,8	590,9	50	3	8,6	Z	kambizem dystrická

56ČP	49°41'27,1"	16°05'49,6"	722	55	45	50	20	17,8	8,9	50	3	3,1	Z	kambizem dystrická
57ČP	49°41'27,2"	16°05'49,6"	723	175	170	173	60	636,4	318,2	25	3	3,1	Z	kambizem dystrická
58ČP	49°41'26,4"	16°05'50,2"	730	280	210	245	75	1604,7	802,4	50	3	24,7	JZ	kambizem dystrická
59ČP	49°41'26,3"	16°05'51,6"	723	235	210	223	115	2029,3	1014,7	50	3	25,4	JZ	kambizem dystrická
60ČP	49°41'27,1"	16°05'51,9"	721	160	140	150	75	601,5	300,8	25	2	25,4	Z	kambizem dystrická
61ČP	49°41'25,7"	16°05'52,6"	718	355	275	315	105	3713,6	1856,8	50	3	27,3	J	kambizem dystrická
62ČP	49°41'24,6"	16°05'58,1"	718	155	140	148	65	504,1	252,1	50	3	61,8	V	kambizem dystrická
63ČP	49°41'22,6"	16°05'58,1"	719	125	120	123	45	240,7	120,4	50	2	49,0	V	kambizem dystrická
64ČP	49°41'21,1"	16°05'58,9"	722	155	140	148	40	310,2	155,1	75	2	13,6	V	kambizem dystrická
65ČP	49°41'20,8"	16°05'59,4"	720	160	135	148	25	193,9	97,0	50	3	13,6	V	ranker modální
ř	-	-	715,7	191,6	159,3	175,4	71,3	1105,4	552,7	49,7	2,86	18,8	-	-

Tab. 8 Parametry všech zaznamenaných hnízd *F. rufa*. ČP (Čtyři palice), *ev. č.* (vlastní evidenční číslo hnízd), φ (GPS souřadnice – zeměpisná šířka), λ (GPS souřadnice – zeměpisná délka), *nv* (nadmořská výška v m n. m.), *a* (delší strana základny zemního valu v cm), *b* (kratší strana základny zemního valu v cm), *d* (průměr kratší a delší strany základny zemního valu v cm), *c* (výška kupy v cm), *V_h* (objem podzemní části hnízda v dm³), *V_k* (objem kupy v dm³), *zast* (zastínění v %), *h* (index hrubosti materiálu), *D* (vzdálenost k nejbližšímu hnízdu stejného druhu v m) *exp* (expozice svahu), \bar{x} (aritmetický průměr hodnot)

ev. č.	φ	λ	nv	a	b	d	c	V_h	V_k	zast	h	D	exp	půdní typ
2ČP	49°41'03,5"	16°05'19,2"	665	100	95	98	60	203,3	101,7	0	3	628,2	JZ	kambizem dystrická
11ČP	49°41'19,7"	16°05'47,7"	716	165	155	160	65	593,1	296,6	100	3	12,4	J	ranker modální
12ČP	49°41'19,4"	16°05'47,5"	716	210	75	143	55	398,1	199,1	50	2	12,4	J	ranker modální
15ČP	49°41'19,9"	16°05'50,4"	712	150	45	98	20	67,8	33,9	50	2	57,3	J	ranker modální
38ČP	49°41'20,2"	16°05'36,6"	729	340	335	338	125	5075,1	2537,6	50	3	217,7	Z	kambizem dystrická
\bar{x}	–	–	707,6	193,0	141,0	167,0	65,0	1267,5	633,7	50,0	2,60	185,6	–	–