

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská
Katedra ekologie lesa



**Průzkum hnízd mravenců *Formica lugubris*
v horském smrkovém lese v Jeseníkách**

Bakalářská práce

Autor: Ing. Ludvík Milfait
Vedoucí práce: Ing. Vojtěch Čada, Ph.D.

2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Ing. Ludvík Milfait

Lesnictví

Lesnictví

Název práce

Průzkum hnízd mravenců *Formica lugubris* v horském smrkovém lese v Jeseníkách

Název anglicky

Monitoring of ant (*Formica lugubris*) nests in mountain spruce forest of Ash Mts.

Cíle práce

Prvním cílem práce bude shrnout dosavadní vědecké znalosti o vlivu mravenců na stromy a lesní prostředí, a zároveň o vlivu lesního prostředí na mravence. Druhým cílem práce bude provést monitoring hnízdních kup druhu *Formica lugubris* v horském smrkovém lese v Jeseníkách s cílem zjistit relativní početnost mravenců na trvalých výzkumných plochách.

Metodika

V rámci prvního cíle bude zpracován rozbor literatury (literární rešerše) s důrazem na aktuální domácí i zahraniční vědeckou literaturu. V rámci druhého cíle bude proveden monitoring hnízdních kup druhu *Formica lugubris* na vybraných studijních plochách v horském smrkovém lese v Jeseníkách. Na každé studijní ploše bude každé hnízdo evidováno a změřen jeho průměr, výška a stanovena aktivita mravenců. Bude sledován vztah zjištěných údajů o mravencích na jednotlivých plochách s vybranými charakteristikami lesního porostu, či vegetace (např. přírůst stromů, výška vegetace).

Harmonogram zpracování:

Duben 2020 — Zadání BP

Červenec/srpen 2020 — Terénní práce

Léto/podzim 2020 — Studium literatury, zpracování dat

Prosinec 2020 — Odevzdání osnovy práce, kostry literárních zdrojů a výsledků statistických analýz školiteli

Zima 2020/2021 — Příprava textu BP

Březen 2021 — Konzultace finální podoby práce se školitelem

Duben 2021 — Předložení práce

Doporučený rozsah práce

30 – 40 stran

Klíčová slova

Biodiverzita, ekosystémové funkce lesa, *Picea abies*, přirozený les, produktivita.

Doporučené zdroje informací

- Arnan, X., Gracia, M., Comas, L. and Retana, J., 2009. Forest management conditioning ground ant community structure and composition in temperate conifer forests in the Pyrenees Mountains. *Forest Ecology and Management*, 258, pp. 51-59.
- Bezděčka, P. and Bezděčková, K., 2018. Mapování populace zvláště chráněného druhu mravence *Formica lugubris* v jižní části CHKO Jeseníky, závěrečná zpráva. Depon. in Agentura ochrany přírody a krajiny ČR.
- Bezděčka, P., 2000: Evidence hnízd lesních mravenců. *Formica*, 3: 76–79.
- Čada, V., 2018. Monitoring lesních ekosystémů v NPR Praděd v období 2016-2023. Výstup za rok 2018. depon. in Agentura ochrany přírody a krajiny ČR.
- Domisch, T., Finér, L. and Jurgensen, M.F., 2005. Red wood ant mound densities in managed boreal forests. *Annales Zoologici Fennici*, 42, pp. 277-282.
- Frouz, J., Rybníček, M., Cudlín, P. and Chmelíková, E., 2008. Influence of the wood ant, *Formica polyctena*, on soil nutrient and the spruce tree growth. *Journal of Applied Entomology*, 132(4), pp.281-284.
- Chen, Y.H. and Robinson, E.J., 2014. The relationship between canopy cover and colony size of the wood ant *Formica lugubris*-Implications for the thermal effects on a keystone ant species. *PLoS One*, 9(12), p.e116113.
- Neves, F.S., Araújo, L.S., Espírito-Santo, M.M., Fagundes, M., Fernandes, G.W., Sanchez-Azofeifa, G.A. and Quesada, M., 2010. Canopy herbivory and insect herbivore diversity in a dry forest–savanna transition in Brazil. *Biotropica*, 42(1), pp.112-118.
- Speer, J.H., 2010. *Fundamentals of tree-ring research*. University of Arizona Press.
- Véle, A., Holuša, J. and Horák, J., 2016. Ant abundance increases with clearing size. *Journal of forest research*, 21(2), pp.110-114.
-

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Vojtěch Čada, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie lesa

Konzultant

RNDr. Adam Véle

Elektronicky schváleno dne 1. 7. 2020

prof. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 21. 10. 2020

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 08. 02. 2021

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Průzkum hnízd mravenců *Formica lugubris* v horském smrkovém lese v Jeseníkách** vypracoval samostatně pod vedením **Ing. Vojtěcha Čady, Ph.D.** a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

V Praze dne 19. 4. 2021

Podpis autora

Poděkování

Chtěl bych poděkovat mému vedoucímu práce Ing. Vojtěchu Čadovi, Ph.D., za mé příkladné vedení a podporu při vypracování této práce a RNDr. Adamovi Vélemu, za cenné rady a pomoc s metodikou.

Abstrakt

Lesní mravenci jsou významnou složkou v lesních ekosystémech a mají vliv na vývoj a stabilitu těchto ekosystémů. Druh *Formica lugubris* je Eurosibiřský druh rozšířený v listnatých i jehličnatých lesích na rozsáhlém území Evropy, Sibíře a Kavkazu. Z existující literatury vyplývá, že mravenci mají vliv na okolní prostředí, avšak není úplně zřejmé, jestli jejich vliv konkrétně na přírůst stromů je pozitivní nebo negativní. Mravenci koncentrují živiny z okolí směrem k mravenišťům, a tím je dostupnost živin pro stromy v blízkosti mravenišť vyšší. Zároveň však mravenci s pomocí mšic odebírají stromům energeticky bohaté sloučeniny, čímž stromy oslabují. Cílem této práce, kromě literární rešerše, bylo testovat, jestli množství mravenců v horské smrčtině v Jeseníkách má vliv na přírůst stromů. Provedl jsem monitoring hnízdních kup mravenců na 17 dendrometricky zaměřených plochách o velikosti 3000 m² v horském smrkovém lese v Jeseníkách. Dendrometrická data byla poskytnuta vedoucím práce. Na každé ploše byla evidována pozice hnízdních kup a jejich průměr, výška a aktivita mravenců. Celkem bylo nalezeno 66 mravenišť, což odpovídá velmi vysoké hustotě 12,9 hnízdní kupy na hektar. Analýzou naměřených a poskytnutých dat se nepodařilo jednoznačně prokázat souvislost přítomnosti lesních mravenců a přírůstu stromů. Z výsledků této práce nevyplývá jednoznačný vliv mravenců na úrovni stromů ani na úrovni ploch. Nadprůměrné přírůsty stromů byly zjištěny na plochách bez výskytu mravenišť.

Klíčová slova:

Biodiverzita, ekosystémové funkce lesa, *Picea abies*, přirozený les, produktivita.

Abstract

Forest ants are an important part of the forest ecosystems and influence the development and stability of these ecosystems. *Formica lugubris* is a Eurosiberian ant species distributed in both, deciduous and coniferous forests across large area in Europe, Siberia, and Caucasus. Existing literature claims that ants have an effect on site conditions. However, it remains unclear if the effect of ants on tree growth is rather positive or negative. Ants concentrate nutrients from the surrounding forest towards the vicinity of their nests and thus, they increase the nutrient availability for trees growing in the vicinity of their nests. Nevertheless, ants also harvest energetically rich compounds from surrounding trees, which weaken the trees. The goal of this study, apart from the literature review, was to test the relationship between the amount of ants and tree growth in the mountain spruce forest in the Ash Mountains. I have performed monitoring of ant nests on 17 forest inventory plots of 3000 m² size. The tree data were provided by supervisor. At each plot, I have measured the coordinates, diameter, height, and ants activity of each nest. In total, 66 ant nests were found, which means a very high density of 12,9 nest per hectare. The analyses of the data did not show any significant effect of ant amount on the tree growth. The results of this work do not show a clear influence of ants at the level of trees or at the level of areas. Above-average tree growths were found in anthill-free areas.

Keywords:

Biodiversity, forest ecosystem functions, *Picea abies*, natural forest, productivity.

Obsah

Obsah	5
Seznam tabulek, obrázků, grafů.....	6
Seznam použitých zkratk a symbolů	7
1. Úvod	8
2. Cíle práce.....	9
3. Rozbor problematiky (literární rešerše).....	10
3.1. Charakteristika mravencovitých.....	10
3.2. <i>Formica lugubris</i>	12
3.2.1. Hnízdní kupy <i>Formica lugubris</i>	13
3.2.2. Průzkumy hnízd v Jeseníkách	16
3.3. Význam mravenců v lesních ekosystémech	17
3.4. Letokruhová analýza	20
3.5. Smrk ztepilý.....	20
4. Studijní oblast.....	23
5. Metodika	25
5.1. Popis měření, výpočty	26
6. Výsledky	28
7. Diskuze	33
8. Závěr.....	35
9. Seznam literatury a použitých zdrojů.....	37
10. Seznam příloh.....	40
11. Přílohy	41

Seznam tabulek, obrázků, grafů

Tabulky:

Tabulka 1: seznam studijních ploch s daty o hnízdních kupách a přírůstech stromů.....	28
---	----

Obrázky:

Obrázek 1: studijní plochy – Jeseníky, Data: ČUZK, Data50, Data200, Dibavod, Ing. Ludvík Milfait, © 2021.....	23
Obrázek 2: měření aktivity mravenců	27

Grafy:

Graf 1: histogram aktivity hnízd	29
Graf 2: histogram objemu mravenišť	29
Graf 3: histogram relativního objemu mravenišť	30
Graf 4: závislost aktivity na objemu mravenišť, červeně jsou extrémní hodnoty z plochy J55, které byly z této analýzy vyloučeny	30
Graf 5: závislosti průměrného přírůstu stromů na ploše na celkovém relativním objemu mravenišť	31
Graf 6: závislost průměrného přírůstu jednotlivých stromů na kumulativním významu mravenišť (relativní objem vážený vzdáleností od stromu). Regresní křivky jsou zobrazeny pro jednotlivé plochy zvlášť (rostoucí černě a klesající fialově) a pro všechny plochy dohromady (zeleně)....	32
Graf 7: závislost průměrného přírůstu jednotlivých stromů na kumulativním významu mravenišť (relativní objem vážený vzdáleností od stromu), kde je osa x zobrazena v logaritmickeém měřítku.	33

Seznam použitých zkratek a symbolů

ČR – Česká republika

CHKO – Chráněná krajinná oblast

KRNAP – Krkonošský národní park

LHC – Lesní hospodářský celek

NPR – Národní přírodní rezervace

PR – Přírodní rezervace

SPR – Státní přírodní rezervace

1. Úvod

V současnosti je známo přes 16 tisíc druhů a poddruhů mravenců (AntWeb.org, 2020) a najdeme je prakticky v každém terestrickém ekosystému. Mravenci tvoří vrchol evoluce sociálního hmyzu a mají značný biologický význam. Podílejí se například na přenášení půdy, její obohacování o minerály jako je dusík a fosfor, které půdě dodávají mravenci při vytváření hnízd, či rozšiřování semen a regulaci množství ostatních členovců (Seifert 1996).

V rámci této bakalářské práce jsem se zaměřil na vliv mravenců *Formica lugubris* Zetterstedt, 1838, a to na výzkumných studijních plochách v lokalitě horského smrkového lesa v Jeseníkách, kde je dlouhodobě zkoumán růst stromů a ostatní vegetace. V rámci tohoto výzkumu vznikl požadavek na monitoring hnízdních kup druhu *Formica lugubris* s cílem zjistit relativní početnost mravenců na trvalých výzkumných plochách a pokusit se zjistit jestli a jaký mají vliv na přírůst smrku ztepilého.

Mravenec *Formica lugubris* (mravenec podhorní), řád *Hymenoptera*, čeleď *Formicidae*, je horský druh lesního mravence, žijícího především ve smrčinách, horských borech a smíšených porostech s vyšším podílem smrku (Bezděčka, Bezděčková, 2011). V ČR se vyskytuje v oblastech Novohradských hor, Blanského lesa, Šumavy, Českého lesa, Slavkovského lesa, Brd, Krkonoš, Broumovska, Orlických hor, Českomoravské vrchoviny, Svitavské pahorkatiny, Zábřežské vrchoviny a Jeseníků. Jedná se o druh žijící ve vlhkém a chladném horském prostředí. Z jehličí a větviček tvoří charakteristické velké hnízdní kupy. V našem prostředí je druh *F. lugubris* polygynní (v jednom hnízdě je více plodných samic - matek) a může vytvářet polykalické kolonie (jedna kolonie se skládá z několika hnízd a je založena královnou). V severských lesích (např. ve Finsku) jde o druh monogynní (jedna plodná samička v hnízdě) a monokalický (netvořící seskupení hnízd), (Bezděčka, 1982, 2000; Punttila, 1996). Díky vysoké hustotě mravenců tohoto druhu na určitých lokalitách, tak může značně ovlivňovat své okolí. Předpokládáme, že vliv lesních mravenců na lesní ekosystémy je veskrze pozitivní, a proto jsou v ČR chráněni zákonem (Zeman, 2008).

Očekávaným přínosem této práce je rozvoj dosavadních vědeckých poznatků v dané problematice a přínos v chápání vzájemného vlivu mravenců a lesního prostředí. V první části práce shrnuji dosavadní vědecké poznatky o vzájemném vlivu mravenců a lesního

prostředí. V další části pak na základě vyhodnocení dat o hnízdních kupách mravenců *F. lugubris* v horském smrkovém lese v Jeseníkách zjišťují, jaký mají mravenci vliv na přírůst stromů.

2. Cíle práce

Prvním cílem práce bylo shrnout dosavadní vědecké znalosti o vlivu mravenců na stromy a lesní prostředí, a zároveň o vlivu lesního prostředí na mravence. Tato část byla provedena na základě rešerše literatury, která byla k tomuto účelu vyhledána. Pozornost byla věnována i metodám kvantifikace populací lesních mravenců pro následující rozhodnutí o metodice sběru dat v terénu.

Druhým cílem práce bylo provést monitoring hnízdních kup druhu *Formica lugubris* v horském smrkovém lese v Jeseníkách, s cílem zjistit relativní početnost mravenců na trvalých výzkumných plochách. Tato část byla provedena průzkumem 17 trvalých výzkumných ploch, kdy byla zjišťována přítomnost hnízdních kup mravenců na ploše 3000 m², změřena jejich velikost a pozice v rámci plochy. Z naměřených dat byly vypočteny *relativní objem hnízdní kupy* a *kumulativní význam mravenišť*, které byly porovnávány s poskytnutými daty o přírůstech stromů. Cílem analýzy naměřených a poskytnutých dat bylo zhodnocení vztahu přírůstu stromů a početnosti mravenců.

3. Rozbor problematiky (literární rešerše)

3.1. Charakteristika mravencovitých

Mravencovití (*Formicidae*) jsou jednou z nejúspěšnějších skupin hmyzu v živočišné říši. Mravenci jsou sociální hmyz žijící v koloniích ve zbudovaných hnízdech - mraveništích. Kolonie mravenců mohou být, pro svůj vysoký stupeň organizace nad úrovní jedince, označovány jako superorganismus. Mravenci se vyskytují téměř všude na Zemi, v tropických deštných lesích mohou tvořit až 15 % celkové živočišné biomasy. Středoevropské druhy lesních mravenců se obvykle dožívají věku 7 až 10 let. Mravenčí královna (plodná samička) některých druhů může žít déle než dvacet let, za tu dobu může zpłodit až 150 milionů potomků (Wikipedie, 2020).

V zoologickém systému jsou mravenci řazeni do řádu blanokřídílí (*Hymenoptera*), podřádu štíhlopasí (*Apocrita*), nadčeledi *Vespoidea* a čeledi *Formicidae*. Z celkového počtu 16 tisíc druhů a poddruhů mravenců (AntWeb.org, 2020) žije na území ČR více než 100 druhů (Miles, 2000).

Všichni mravenci jsou eusociální hmyz, protože splňují všechny tři podmínky pro eusocialitu: je u nich vyvinuta dělba práce včetně péče o potomstvo, v kolonii současně žijí jedinci více generací a mají oddělené pohlavní a nepohlavní kasty. U mravenců jsou přítomny 3 kasty: dělnice – samičky s redukovanými pohlavními orgány (nerozmnožují se), žijí cca 3 roky, dále královny – samičky schopné rozmnožování, samci – velmi krátkověcí, žijí desítky dnů a přežívají jen několik dnů po rozmnožování (Nakládal, 2015). Eusocialita poskytuje mravencům evoluční výhodu oproti jiným druhům a může být považována za úspěšnou konkurenční strategii. Kolonie mravenců tak mohou dosahovat značného počtu jedinců a mají velký vliv na své okolí. Funkční hnízdo obsahuje nejméně jednu královnu, velký počet dělnic, další vývojová stádia (vajíčka, larvy, kukly) a samečky, kteří jsou přítomni 1-2x v roce, kdy se líhnou z neoplozených vajíček. (Nakládal, 2015).

Potravní strategie mravenců jsou velice rozmanité, převážně jsou mravenci považováni za omnivory (všežravce), kombinující predaci, sbírání mrtvých částí živočichů i využívající zdrojů rostlinného původu. Tento nespecifický výběr je dán i odlišnými

potravními požadavky dospělých jedinců a larev. Larvy ke svému růstu potřebují především potravu bohatou na proteiny a lipidy (to znamená, že jsou živeny především uloveným hmyzem), zatímco dospělčům, kteří již ukončili svůj růst, postačí zdroj energie bohatý na cukry (živí se tedy zejména potravou rostlinného původu, živící). Výjimkou je královna, která má vyšší požadavky na příjem proteinů a lipidů z důvodu produkce vajíček (Kuncová, 2017).

Rod *Formica* se dělí na podrody *Serviformica*, *Raptiformica*, *Coptoformica* a *Formica* (Bezděčka, 2000). V ČR se ze skupiny lesních mravenců (podrod *Formica*) vyskytují druhy *F. aquilonia* Yarrow, 1955, *F. lugubris* Zetterstedt, 1838, *F. polyctena* Förster, 1850, *F. pratensis* Retzius 1783, *F. rufa* Linnaeus, 1758 a *F. truncorum* Fabricius, 1804 (Véle, 2002). Tato skupina lesních mravenců, kteří staví charakteristická velká kupovitá hnízda, se také označuje jako skupina druhů *Formica rufa* (*Formica rufa* group), (Zeman, 2008).

Mravenci jsou vysoce organizovaný sociální hmyz. Jednotliví mravenci jsou organizováni do roje, jeden nebo více rojů tvoří hnízdo a více hnízd pak kolonii. Na každé úrovni probíhá výměna zdrojů, informací a různě intenzivní spolupráce. K přerozdělování zdrojů (hnízdního materiálu, potravy, kukel, larev...) dochází spíše mezi sousedními hnízdy, než na úrovni celé kolonie (Ellis, 2014). Dokonce je naznačováno, že může docházet ke specializaci hnízd v koloniích, což by znamenalo, že některá hnízda se věnují spíše rozmnožování a jiná spíše shánění potravy, která je pak redistribuována jiným hnízdům (Ellis, 2014). Mezi lesními mravenci se vyskytují jak druhy monogynní a monokalické tak i druhy polygynní a polykalické, které mohou tvořit rozsáhlé hnízdní kolonie s velkým množstvím královen. Polygynní kolonie může obsahovat až několik set královen a počet všech jedinců se může pohybovat v milionech. Hnízda se často skládají z několika dílčích rojů navzájem provázaných výměnou potravy a jedinců. Tyto roje mohou žít jinak odděleně v různých sektorech jednoho hnízda. Stejně tak může mít každý dílčí roj své vlastní teritorium pro získávání potravy. Každý roj také přináší potravu ze své části teritoria svou vlastní potravní cestou, takže se podle počtu potravních cest dá určit, kolik je v daném hnízdě dílčích rojů. Počet rojů se liší i v rámci jednoho druhu hnízdo od hnízda, podle podmínek prostředí. Hnízdo totiž musí dosáhnout určité početnosti, aby po rozdělení na dva dílčí roje byly oba životaschopné. Pro udržení rovnováhy v mraveništi, by měly být všechny dílčí roje stejně početné. Jakmile jeden

začne převládat, rozdělí se nebo založí oddělek, a tím se znovu početně vyrovná s ostatními (Zeman, 2008). Oddělek roje (část převládajícího roje) odchází na volné potravní teritorium a snaží se zde o samostatnou existenci. Dokud se mu to nepodaří, stále zůstává ve spojení s původním mraveništem a v případě nutnosti se může vrátit zpět. Takovéto rozdělení je jednou ze dvou možností vzniku nového mraveniště a týká se blízkého okolí původního mraveniště (stejně lokality). Druhou možností vzniku nového mraveniště je jeho založení okřídlenou oplodněnou královnou (vzdálené lokality), která vyhledává slabá mraveniště stejného druhu, kde se pokouší nahradit stávající královnou (Hruška, 1998).

3.2. *Formica lugubris*

Formica lugubris spadající do podrodu *Formica* je charakteristický druh lesního mravence horských lesů Evropy. Žije především ve smrčinách, horských borech a smíšených porostech s vyšším podílem smrku. Z jehličí a dalšího hrubšího materiálu (větviček, suchých pupenů a kousků pryskyřice) buduje masivní homolovitá hnízda, často vyšší než jeden metr (Bezděčka, Bezděčková, 2011).

Mravenci *F. lugubris* žijí v Evropě ve dvou sociálních formách, v monogynních a monokalických koloniích s jednou královnou (typické pro severní populace žijící na Britských ostrovech a ve Skandinávii) nebo v polygynních a polykalických koloniích s více královnami, obývajících ostatní oblasti Evropy včetně ČR (Bezděčka, Bezděčková, 2011).

V západních Alpách se hojně vyskytuje syntopicky (tzn. vyskytující se na stejné lokalitě) s druhem *F. paralugubris*, od kterého je ale reprodukčně izolován. Na rozdíl od druhu *F. paralugubris* má větší tendence k izolovaným hnízdům, i když ohromné polykalické superkolonie bývají také nalézány (Seifert, 1996).

F. lugubris bývá díky své polykalii na lokalitě často nejpočetnějším druhem mravence a tudíž bývá považován za jednoho z nejvýznamnějších druhů lesních mravenců a současně za ekosystémového inženýra (organismus, který svou činností vytváří, mění či udržuje stanoviště, biotop, a vytváří tak podmínky pro existenci jiných druhů). U nás

F. lugubris obývá nejen původní horské smrkové a smíšené (buk-jedle-smrk) lesy a lesní rašeliniště, ale na řadě míst dobře prosperuje i v běžných smrkových či smíšených hospodářských porostech. Svá hnízda často buduje na okrajích mokřadů, na březích potoků a v inverzních polohách, což svědčí o vyšších nárocích tohoto druhu na vlhkost a toleranci k nižším teplotám (Bezděčka, Bezděčková, 2011).

Mravenec *F. lugubris* je chráněn Zákonem o ochraně přírody a krajiny č. 114/1992 Sb., kdy je v příloze III. prováděcí vyhlášky č. 395/1992 Sb. celý rod *Formica* uveden jako ohrožený druh. Na počátku 90. let 20. století totiž docházelo k rapidnímu poklesu početnosti tohoto druhu mravence, kdy byl zaznamenán úbytek počtu mravenišť o cca 65 % během 15 let (Hruška, 1998). V roce 1998 hodnotí Hruška (1998) početnost *F. lugubris* již jako stabilní, ale v zásadě vyžadující pokračující ochranu.

Jako ekosystémový inženýr má *F. lugubris* především půdotvornou funkci, díky které může dokonce přispívat, jak ukazují některé výzkumy, i k uchování kriticky ohrožených vodních živočichů (např. perlodka říční, která je součástí oligotrofních společenstev - obývajících na živiny chudá stanoviště, potravně závislých na úrovni půdotvorných procesů, které mravenci urychlují a zdokonalují). Dále *F. lugubris*, také díky vysoké početnosti, svým predačním tlakem výrazně ovlivňuje populační hustotu jiných druhů a je důležitou potravní složkou některých ohrožených živočichů (např. tetřev, tetřívka, jeřábek). Příčinou ubývání tohoto druhu jsou hlavně změny ve způsobech hospodaření v lesích, které neumožňují vznik plošných rojových struktur, v dostatečné míře pro šíření královen do okolních lesů. Pro vznik nových mravenišť je z počátku potřeba prostředí s dostatečným prosluněním, což mohou zajistit mýtní těžby. Naopak při přírodě blízkém způsobu hospodaření se nová mravenišť vytvářejí pouze na průsecích a okrajích lesů (Hruška, 1998).

3.2.1. Hnízdní kupy *Formica lugubris*

Hnízda druhu *F. lugubris* jsou tvořena podzemními chodbičkami a komůrkami, které mohou zasahovat do hloubek až 2 m, a nadzemní částí, která je stavěna z opadaných jehliček nebo jiného rostlinného materiálu. Hnízdo bývá často postaveno na starém, rozkládajícím se pařezu s kořeny, což je nejčastější na jílovitých půdách. Podél kořenů

pak mravenci při stavbě podzemní části hnízda snáze pronikají do země (Zeman, 2008). Podzemní část mraveniště má tvar obráceného kuželu a nejhlubší místo přibližně odpovídá nejvyššímu bodu kupy. Větší hnízda často mají kolem kupy vytvořen val z vnesené zeminy. Složení hnízdního materiálu záleží na typu okolního porostu, vnější část kupy bývá složena z jemnějšího materiálu, vnitřní kužel z hrubšího (Kuncová, 2017).

V odborné myrmekologické literatuře se předpokládá, že na slunných stanovištích je asi 1/3 mraveniště tvořena nadzemní částí a zbylé 2/3 jsou v podzemí. Není to úplným pravidlem, existují mraveniště, která mají jen malou podzemní část, ale týká se to zejména případů, kdy jsou mraveniště vybudována v místech, kde budování podzemní části brání půdní podmínky. Mohou to být mraveniště budovaná na velkých plochých kamenech, na velkých skalních blocích, případně na březích vod, kdy by podzemní část byla již pod hladinou spodní vody (Miles, 2008).

Ve velkých hnízdech může žít až několik milionů dělnic a jedna či více plodných královen. Vyšší počet královen umožňuje štěpení hnízd a následný vznik hnízdních komplexů čítajících desítky i stovky hnízd (Bezděčka, Bezděčková, 2018).

Umístění mraveniště přímo ovlivňuje jeho vnitřní mikroklimatické podmínky. Proto se hnízda většinou staví na místech vystavených přímému slunečnímu světlu, které poskytuje teplo vznikajícímu mraveništi. Většina mravenišť je budována na okraji lesa nebo rozhraní dvou různě vysokých porostů respektive lesa a cesty a jsou orientována převážně jižním směrem. Mravenci soutěží s podrostem o místa na lesní půdě s dostatkem světla. Studie naznačují, že mravenci hledají zhruba rovnovážný poměr mezi stínem a přímým sluncem. Proto mraveniště často nacházíme na okrajích lesů a cest (Schejbal, 2016). Takové umístění poskytuje větší ochranu před proudícím studeným vzduchem (Daňo, 2001). Pokud jsou mraveniště uvnitř porostu, jedná se o místa, kde může prosvítat slunce, nebo jde o stará mraveniště, nad kterými vyrostl les později. Od severu bývají hnízda chráněná buď přímo tvarem terénu, terénní vlnou, kmenem nebo pařezem (Randuška, 1995).

V rámci práce Schejbal (2016) byla mimo jiné měřena teplota hnízd *F. lugubris*, kdy bylo zjištěno, že nejteplejší hnízda se vyskytovala na západním a východním svahu, ta studenější přitom na jižním svahu. To může potvrzovat závěry Bezděčky (2018), že nová hnízda jsou budována na osluněných místech (přestože osluněná místa způsobují teplotní

výkyvy v mraveništi), protože si zpočátku nemohou udržovat stabilní teplotu endogenně (tj. vlastní produkcí tepla) a proto jsou studenější.

V prostředí s vyšší teplotou (větším osluněním) mohou fungovat i hnízda s malou populací dělnic spoléhající na přímé sluneční záření jako zdroj tepla. Naproti tomu hnízda s větší populací dělnic mohou být nezávislá na vnější teplotě, protože produkují dostatek endogenního tepla díky metabolismu, shlukování dělnic a produkci mikrobiálního tepla v materiálu hnízda (Chen et al., 2014; Ellis, 2014). Předpokládá se, že nutnost udržovat vyšší teploty v hnízdech souvisí s vývojem plodu, který je rychlejší při vyšších teplotách a mraveniště tak při vyšších teplotách může produkovat více generací během roku a naopak při příliš nízké teplotě nemusí být vývoj plodu úspěšný (Frouz, 2005). V etablovaných mraveništích je proto ve vnitřní části hnízda udržována stálá teplota a vlhkost potřebná pro správný vývoj plodu (Miles, 2000; Frouz, 2005).

Aby bylo dosaženo stálé teploty uvnitř hnízda co nejdříve, hnízdo roste pravděpodobně zpočátku rychleji (Ellis, 2014). Rychlost, s jakou se hnízdo zvětšuje (a jeho výsledná velikost), dále pravděpodobně souvisí s vnější teplotou a množstvím zdrojů potravy (které jsou pravděpodobně větší na okraji lesa), (Ellis, 2014). Rychlost vývoje plodu a produkce vajec královnou roste s rostoucí teplotou, přitom se ale snižuje životnost dělnic a oboje má vliv na rychlost zvětšování hnízda (Chen et al., 2014; Frouz, 2005).

Například se zvyšujícím se zápojem lesního porostu se zvětšuje zastínění i velikost hnízda *F. lugubris*, hnízda ve stínu jsou větší (Chen et al., 2014; Schejbal, 2016). Další studie z Pyrenejí ukazuje, že *F. lugubris* je méně hojný v přírodě blízkých lesích a rezervacích, než ve stejnověkových porostech a lesních pastvinách, kde musejí mravenci více soutěžit s podrostem o osluněná místa, na kterých jsou budována nová hnízda. To může souviset s větším přísunem slunečního záření a tepla ve stejnověkových porostech (kde se tak děje periodicky při zakládání porostu na holoseči) i na lesních pastvinách (kde je nízký zápoj trvale), (Arnan et al., 2009). Mravenci jsou obecně podstatně hojnější a druhově rozmanitější na holosečích než v malých porostních mezerách nebo v dospělých porostech. Díky zmíněné závislosti na dostatečném přísunu světla a tepla jim více vyhovuje hospodaření v lesích, při kterém se vytváří relativně větší porostní mezery (minimálně 1000 m²), a nevyhovuje jim výběrný hospodářský způsob nebo hospodaření, kdy se využívají pouze malé porostní mezery (Véle et al., 2016). Vykácené plochy

a disturbance obecně také do určité míry zvyšují celkovou strukturní rozmanitost lesa a zvyšují diverzitu mravenců (Bezděčka, Bezděčková, 2018).

Antropogenní změny v lesích mají však obecně spíše negativní vliv na diverzitu a hojnost mravenců. Při nasazení těžké techniky při těžbě nebo při mechanické přípravě půdy například dochází k narušování půdního povrchu a likvidaci existujících hnízd. Odstranění mrtvého dřeva z lesního porostu vede také k omezení možností hnízdění mravenců a vede k likvidaci biotopu některých druhů (Bezděčka, Bezděčková, 2018).

3.2.2. Průzkumy hnízd v Jeseníkách

Největší populace *F. lugubris* v ČR se nachází v Jeseníkách, a Bezděčka (2009) uvádí, že v jižní části hlavního hřebene směřující k nejvyššímu vrcholu Praděd (PR Pod Jelení studánkou) se nachází největší komplex hnízd lesních mravenců, již z doby před druhou světovou válkou. Tato populace byla zkoumána i v této práci.

Nejstarší informace o mravencích v Jeseníkách pocházejí již z poloviny 19. století (Bezděčka, 2009). První průzkum komplexu hnízd lesních mravenců v okolí bývalé chaty Alfrédka v Jeseníkách provedl v roce 1975 ornitolog KRNAPu Petr Miles, kterého zaujala nezvyklá koncentrace hnízd. V letech 1978–1982 ve spolupráci se Správou CHKO Jeseníky prováděl inventarizační průzkum kupovitých hnízd lesních mravenců na území celé CHKO Pavel Bezděčka. Ten zjistil, že zmiňovaným horským druhem je *Formica lugubris* a popsal zde celkem 1200 vitálních hnízd. V roce 1979 byl prováděn další inventarizační průzkum hnízd lesních mravenců s cílem vypracování studie pro vyhlášení územní ochrany lokality současné PR Pod Jelení studánkou. Další průzkum provedli studenti brněnské lesnické fakulty v letech 1982–1983, kdy zmapovali celkem 1612 hnízd v šestnácti lesních odděleních s celkovou výměrou cca 675 ha. V roce 1989, byl vyhlášen Chráněný přírodní výtvar „Pod Jelení studánkou“ (dnes v kategorii přírodní rezervace), za účelem ochrany komplexu hnízd mravenců *F. lugubris* (AOPK, 2021). Při průzkumu provedeném Bezděčkou v letech 1997 a 1998 bylo zaznamenáno, v hranicích rezervace a ochranného pásma PR, celkem 1265 vitálních hnízd *F. lugubris* a 41 hnízd opuštěných.

Postupně bylo během 80. a 90. let 20. století v CHKO Jeseníky objeveno několik subpopulací *F. lugubris*. Kromě centrální subpopulace v PR Pod Jelení studánkou jsou známy i z NPR Skřítek, NPR Rejvíc, z okolí sedla Hvězda a z údolí Moravice nad obcí Karlov pod Pradědem. Při mapování v roce 2018 byl, oproti mapování v 90. letech, zaznamenán rapidní nárůst počtu hnízd a rozšíření areálu výskytu všech populací v okolí hlavního hřebene. Největší nárůst zaznamenala subpopulace v NPR Skřítek, která se od 90. let zvětšila asi desetinásobně (z 30 hnízd na 200-300). Důvodem populačního růstu je pravděpodobně stabilita lesních porostů s minimálními těžebními zásahy nebo mírnější a kratší zimy. Hrubý odhad souhrnného počtu hnízd v celé populaci v okolí hlavního hřebene je uváděn na cca 4000–7500 (Bezděčka, Bezděčková, 2018).

3.3. Význam mravenců v lesních ekosystémech

Význam mravenců je dán zejména jejich vysokou početností, kdy hustota mravenců může dosahovat až 15 miliónů jedinců na 1 ha plochy. Díky tomu mravenci často svým predáčním tlakem při získávání bílkovinné potravy výrazně regulují početnost jiných druhů lesního hmyzu (Hruška, 1998). Mravenci *F. lugubris* jsou nespécializovaní a velmi efektivní predátoři. Pohybují se ve všech lesních patrech, od povrchu půdy až po špičky korun stromů. Nicméně hlavní složkou jejich potravy je medovice produkovaná stejnokřídlým hmyzem (mšicemi) sajícími cukerné roztoky z pletiv rostlin. Umístění hnízd lesních mravenců je vázáno na blízkost potravních stromů, na nichž jsou kolonie mšic, případně další lovená živočišná potrava (Zeman, 2008; Ellis, 2014). Ve vztahu mravenců ke mšicím se jedná o trofobiózu (potravní využívání výměšků jiných druhů).

Mravenci ročně nasbírají až $719 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ medovice ze mšic živících se na smrku (Frouz, 2008). Mravenci dokonce dokáží u mšic zvýšit množství produkované medovice (poskytováním ochrany před predátory a některými parazitoidy - organismy vyvíjející se v těle hostitele, kterého nakonec usmrtí). Primárním zdrojem medovice, který mšice využívají, jsou energeticky a živinově bohaté roztoky z jehličí smrku. Využívané smrky tak ztrácí podstatné množství energie a živin, což může vést k omezení růstu takového stromu (Frouz, 2008). Tím, že mravenci zvyšují produkci medovice u mšic, zvyšují také odběr živin ze stromu, a působí tak na strom negativně. Podle Frouze (2008) mravenci

navštěvují stromy až do vzdálenosti 50 m od hnízda, nejvíce jsou navštěvovány stromy ve vzdálenosti 3 - 5 m od hnízda a stromy vzdálené více než 200 m od hnízda nenavštěvují vůbec.

Na druhou stranu mají ale mravenci vliv na fyzikální (pórovitost, aerace - provzdušňování) a chemické vlastnosti půdy (pH, obsah prvků), a také na společenstva dekompozitorů (rozkladačů). Na zlepšování fyzikálních vlastností půdy se podílí nejen vynášením půdy k povrchu, ale i neustálým budováním nových podzemních chodeb a zasypáváním starých. Ovlivňováním činností dekompozitorů mravenci mění biologické vlastnosti půdy. Ve vztahu k dekompozitorům žijícím mimo hnízdo se mravenci uplatňují jako nespecifičtí predátoři, kteří mohou svou činností významně potlačovat jejich společenstva. Uvnitř hnízda naopak dochází díky specifickým podmínkám hnízdního mikroklimatu ke zvýšení abundance (hustoty) jak půdních mikroorganismů, tak ostatních půdních živočichů, kteří se podílejí na dekompozici mrtvé rostlinné hmoty. Při průzkumech bylo uvnitř hnízd zaznamenáno výrazné zvýšení celkové biomasy mikroorganismů fixujících dusík oproti okolní půdě. Vyšší množství dekompozitorů uvnitř hnízd je dáno jednak akumulací organického materiálu v hnízdě činností mravenců, ale také specifickým mikroklimatem hnízda, které podporuje biologické procesy a zejména zvyšuje rychlost dekompozice (Hruška, 1998; Frouz, 2002). Přesunem živin a organického materiálu (v podobě potravy nebo podestýlky) ze vzdálenějšího okolí mraveniště do jeho blízké okolí (či do něj) mravenci ovlivňují distribuci živin v lesním porostu (Frouz et al., 2008). Výsledkem těchto procesů v půdě je, že v blízkém okolí (do 1 m) hnízda je ve srovnání s běžnou půdou vyšší kyselost a vyšší koncentrace P a NO₃. Zvýšený obsah K byl patrný až do 5 m od hnízda (Frouz et al., 2008; Chen et al., 2014). Díky tomu může mít blízkost mraveniště pozitivní vliv na růst stromů a může se tak vykompenzovat negativní vliv spojený s parazitismem mšic.

Dále mohou mravenci poskytovat využívaným stromům jakousi biologickou ochranu lesa tím, že likvidují jejich parazity. Nejvíce poznatků o účinné pomoci mravenců pochází z mniškových a obalečových kalamit, které mravenci regulují (Miles, 2000; Nešpor, 2003). Tím mohou mravenci v určitých letech tlumit negativní vliv zejména hmyzu živícího se na jehličí smrku.

Na to, jestli bude výsledné působení mravenců na přírůst smrku spíše pozitivní, či negativní se zaměřil Frouz et al. (2008), který zkoumal přírůst smrku pomocí analýzy

letokruhů v závislosti na jeho vzdálenosti od mraveniště. Bylo zjištěno, že nejvyšší přírůst byl u stromů, které se vyskytovaly dále než 200 m od mraveniště, tj. nebyli mravenci ovlivněni. Lze proto předpokládat, že účinek vlivu mravenců na přírůst smrku je spíše negativní. Na druhou stranu druhý nejvyšší přírůst zaznamenaly stromy v těsné blízkosti (do 1 m) hnízd. Nejnížší přírůst byl zaznamenán u stromů ve vzdálenosti 3 - 50 m od hnízd. Předpokládáme, že ve vzdálenostech 3 - 50 m od hnízd se již vytrácí pozitivní vliv mravenců na přírůst díky obohacení půdy, a zároveň v této vzdálenosti stále trvá negativní vliv mravenců na stromy skrze parazitismus mšic. Celkově je však k dispozici velice málo informací o tom, jak populace lesních mravenců ovlivňují růst stromů (i práce Frouze et al., 2008, byla založena na poměrně malém souboru dat). Dopad mravenců na růst stromů může být velmi složitý a může zahrnovat účinky mravenců, mšic v korunách stromů, interakci s dalším listožravým hmyzem, predátory bezobratlých a modifikace půdy zprostředkované mravenci. Některé z těchto interakcí, jako když mravenci chrání strom proti ostatním býložravcům nebo zvýšení úživnosti půdy, mohou zvýšit růst rostlin, zatímco jiné (např. podpora mšic) mohou růst rostlin snížit. Vliv mravenců na růst stromů tak může být proměnlivý a k prozkoumání interakcí mezi mravenci, mšicemi, půdou a růstem stromů je zapotřebí dalšího výzkumu (Frouz et al., 2008; Chen et al., 2014).

Z hlediska celého ekosystému mají lesní mravenci vliv na populace řady dalších druhů (Nešpor, 2003). Na řadu druhů působí mravenci výše zmíněným predačním tlakem a snižují tak hustotu konzumovaných druhů. Na druhou stranu jsou mraveniště současně domovem mnoha dalších živočichů, larev brouků, housenek motýlů i pavouků. Tím mravenci přispívají k udržení ekologické stability v lesním prostředí. (Miles, 2000; Nešpor, 2003). Vyšší početnost mravenců má přímý vliv na zvyšování početnosti některých druhů obratlovců, pro které jsou mravenci potravou. Jedná se o hmyzožravé ptactvo, plazy i savce. Z ptactva bývá uváděn především strakapoud velký, tetřev hlušec, tetřívek obecný a jeřábek lesní. O nich lze předpokládat, že se živí mravenci a jejich vývojovými stádii (rozhrabávají mravenčí kupy) zejména v době vodění mláďat, která jsou v té době z velké části odkázána na bílkovinnou stravu (Miles, 2001; Zeman, 2008). Mravenci také sbírají a roznášejí semena četných rostlin a tím přispívají k zachování a udržení druhové rozmanitosti vegetačního krytu. Některé rostliny – myrmekochorní druhy – jsou dokonce na mravencích existenčně závislé (violka lesní, prvosenka obecná, lecha jarní, hlaváček jarní, česnek medvědí a další), (Nešpor, 2003). Semena těchto rostlin mají výrůstky (elaiosomy) obsahující látky, které mravenci konzumují a přitom semena

roznášejí na další stanoviště (Miles, 2000; Nešpor, 2003). Lesní mravence je nutné chápat jako nedílnou součást lesních ekosystémů, jako součást přírodního společenstva, jejich význam nemůže být podceňován, ale ani přeceňován. Důležitý je nezaujatý pohled na obě strany mince jednotlivých ekologických vazeb (Nešpor, 2003).

3.4. Letokruhová analýza

Předmětem letokruhových analýz většinou bývá odhalení vlivu biotických a abiotických faktorů na tloušťkový přírůst stromů. Letokruhy jsou tloušťkové přírůsty dřeva za vegetační období a jsou výsledkem přerušovaného růstu stromů v důsledku vegetačního klidu dřevin mírného a chladného pásma. Toto umožňuje určit věk stromu, podle počtu letokruhů, a také tloušťku přírůstu v každém roce. Stavba letokruhu a jeho šířka jsou závislé na druhu dřeviny, věku stromu, poloze na kmeni, stanovištních podmínkách, sociálním postavení v porostu a pěstebních opatřeních. U většiny hospodářských dřevin je šířka letokruhu do 5 mm. V optimálních podmínkách se tvoří nejširší letokruhy. S rostoucí nadmořskou výškou se šířka letokruhu snižuje. Při změnách růstových podmínek dochází ke zvětšování nebo zmenšování šíře letokruhu (Štourač, 2006).

3.5. Smrk ztepilý

Picea abies je stálezelená dřevina zahrnovaná do čeledi borovicovitých (*Pinaceae*), rod smrk (*Picea*). Smrk ztepilý je strom, který je významnou hospodářskou dřevinou zejména ve střední, východní a severní Evropě s přesahem do Asie. Jeho výškový areál se rozkládá od hladiny moře až po horní hranici lesa (0-2300 m n. m., s maximem až 2450 m n. m.). Ekologické optimum přirozeného výskytu smrku ve střední Evropě je obecně ve výše položených, studených lokalitách, kde slábne konkurenceschopnost buku a jedle. Smrk je považován za kontinentální dřevinu, u kterých bývá největší přírůst vykazován mimo jejich přirozený areál, což platí i u smrku, který dosahuje nejvyšších přírůstů v oblastech oceánického klimatu s dlouhou vegetační periodou. Fyziologické optimum smrku leží téměř výlučně mimo areál jeho přirozeného rozšíření (Musil, 2003).

Přirozené zastoupení smrku v ČR je nejvyšší v polohách nad 1000 m n. m., nejvýše roste v Krkonoších ve výšce až 1550 m n. m. Smrčiny tvoří v Jeseníkách horní hranici lesa ve výškách 1300-1400 m n. m. Ve výškách 700-1000 m n. m. se smrk přirozeně vyskytuje ve smíšených porostech. Ve výškách 400-700 m n. m. býval obvykle pouze přimíšenou dřevinou a vyskytoval se především v chladných roklích, podél potoků nebo na podmáčených půdách. Uvádí se, že nejnižší střeoevropskou přirozenou lokalitou smrku jsou Labské pískovce v severních Čechách, kde roste ve výšce 140 m n. m. (v klimaticky inverzních soutěskách). Produkční výškové optimum smrku v ČR je 600-1000 m n. m. (Musil, 2003). Lesnickým hospodařením byl smrk rozšířen i na nepůvodní lokality do nižších poloh a je tak dnes i ve výškách 400-700 m n. m. hlavní kulturní dřevinou, přičemž je často pěstován v monokultuře (Štourač, 2006). Současné zastoupení smrku ztepilého v ČR je asi 5x vyšší, než by bylo jeho přirozené zastoupení a jen asi 1/5 plochy smrkových porostů se nachází na jeho přirozených stanovištích (Musil, 2003).

Smrk ztepilý běžně dorůstá výšky 30-40 m (s maximem okolo 60 m), v horských oblastech je výška nižší, a to 20-30 m. Průměr kmene může být až 1,5 m a stáří 300 až 400 let (s maximem kolem 600 let). Na Šumavě byl v roce 2016 analyzován smrk, který se dožil věku více než 632 let (iRozhlas.cz, 2016). Koruna je pyramidální, špičatá, pravidelně přeslenitá s variabilním větvením. Na exponovaných lokalitách (časté větry z jednoho směru, obrus sněhem) mohou vznikat vlajkové (jednostranné) koruny. Kmen je štíhlý až válcovitý, dřevo je měkké, lehké, pružné, pevné. Smrk má plochý kořenový systém, který relativně hůře kotví strom v půdě, a proto smrk častěji podléhá vývrátům. Silné kořeny jsou talířovitě rozloženy při půdním povrchu, z nich pak vyrůstají svisle dolů četné tenčí kořeny, přičemž čím je půda bohatší na živiny, tím více zůstává kořenový systém plochý (Musil, 2003).

Smrk je polostinný až stinný druh se střední až vyšší tolerancí k zástínu. Má značné nároky na půdní i vzdušnou vlhkost, za minimální srážky ve střední Evropě se považuje 600 mm, z toho 300 mm ve vegetační době. Za optimální hodnoty jsou pak považovány srážky 490-580 mm ve vegetační době a průměrná roční teplota přes 6 °C (Musil, 2003). Optimální podmínky pro růst smrku představuje krátké a chladné léto. Suchá léta mohou významně ovlivnit jeho růst, neboť je tato dřevina, vzhledem k mělké kořenové soustavě, značně náročná na půdní vlhkost, a tak není schopná čerpat vodu z hlubších vrstev (Karnet, 2008). Jedná se o klimaticky velmi adaptabilní dřevinu, za předpokladu

dostatečného množství disponibilní vody. Nároky na půdu nejsou nijak zvláštní, smrčiny naopak silně ovlivňují půdotvorné činitele, kdy ukládáním surového humusu přispívají k okyselování a podzolizaci půdy (Musil, 2003). Díky mělkému kořenovému systému smrk odčerpává živiny především ze svrchních částí půdního horizontu (Karnet, 2008). To znamená, že smrk čerpá živiny ze svrchních vrstev půdy, které mravenci ovlivňují – koncentrují živiny do blízkosti mravenišť. Zároveň mravenci ovlivňují půdotvorný proces a mohou urychlovat rozklad kyselého opadu smrku.

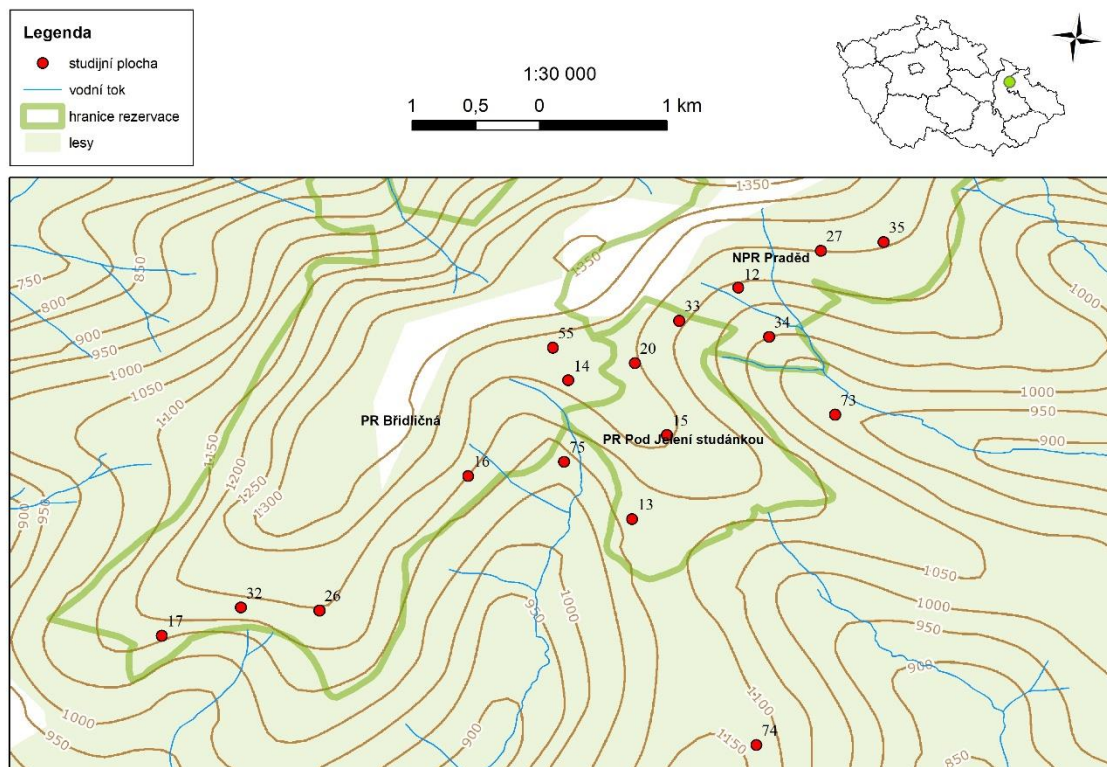
Výškový přírůst smrku je v mládí pozvolný, pak se zrychluje asi do 40 let věku a končí okolo 100 let. Existují dva růstové typy smrku, první je v mládí rychlejší, s dřívější kulminací následovanou rychlým poklesem přírůstu, druhý v mládí přirůstá pomaleji a kulminuje později, další přírůst klesá velmi pomalu (Musil, 2003).

Uvádí se, že morfologická variabilita smrku (variabilita tvaru koruny, větvení, šišek a jehlic) může mít vliv na důležité hospodářské vlastnosti, zejména růst, odolnost proti zlomům, hnilobám apod. Úzký tvar koruny zvyšuje odolnost smrku proti škodám sněhem a námrazou. Obecně se úzké koruny vyskytují spíše ve vyšších polohách a široké v nižších. U větvení se rozeznávají 3 základní typy, hřebenité (spíše v nižších polohách, větve 1. řádu cca vodorovné, 2. řádu svisle dolů), deskovité (spíše v extrémních polohách, větve 1. řádu šikmo dolů, 2. řádu cca vodorovné) a ježovité (přechodný typ, nejčastější). Uvádí se, že hřebenitý typ je růstově „výkonnější“ (Musil, 2003).

Smrk je naše nejdůležitější užitková dřevina. Je využíván především ve stavebnictví, truhlářství a papírenském průmyslu. Smrk má vysoký význam pro dendrochronologický výzkum, je často využíván pro letokruhové analýzy (Musil, 2003).

4. Studijní oblast

Studijní lokalita se nachází ve starých, člověkem málo dotčených, porostech horských smrčín CHKO Jeseníky na pomezí tří rezervací – v NPR Praděd, PR Pod Jelení studánkou a PR Břidličná (obr. 1). Konkrétně se jedná o lokalitu Mezi kotli (oddělení 202 a 203), Malou kotlinu (oddělení 302), PR Pod Jelení studánkou (oddělení 401) a údolí Podolského potoka v PR Břidličná (oddělení 501 a 503) na LHC Janovice.



Obrázek 1: studijní plochy – Jeseníky, Data: ČUZK, Data50, Data200, Dibavod, Ing. Ludvík Milfajt, © 2021

Území spadá do Jesenické geomorfologické oblasti a celku Hrubý Jeseník, jehož nejvyšším vrcholem je Praděd (1491 m n. m.). Hrubý Jeseník se rozprostírá na severovýchodním území ČR na ploše 530 km². Za jeho geomorfologickým vývojem stojí varijské a alpské vrásnění. Současný reliéf je výsledkem erozních činitelů, zejména vodní a mrazové eroze. Specifikem pohoří Hrubého Jeseníku jsou anemo-orografické systémy, jejichž vznik ovlivnilo převládající západní větrné proudění za současné přítomnosti shodně orientovaných návětrných údolí řek Hučivé a Divoké Desné nebo Merty, jejichž profil zrychluje a vede vzdušné proudy na vrcholovou část hřbetů, kde na

závětrné straně, v důsledku turbulentního proudění, dochází k ukládání minerálních i organických částic, včetně semen rostlin. Díky působení anemo-orografických systémů vzniká v závětrných prostorech velká rozmanitost ekotopů (stanovišť se stejnými abiotickými faktory) s relativně velkou úrodností, dobře přístupných pro diaspory rostlin a výsadky pionýrských živočišných populací. Proto tyto prostory patří k lokalitám s nejvyšší biodiverzitou ve střední Evropě (Růžička, 2008; Buček, 2005). Ve vrcholových polohách Jesenického bioregionu vznikly plochy unikátních geobiocenóz smrkové varianty 8. klečového vegetačního stupně, které mají charakter parkového lesa, alpinských holí či dokonce arкто-alpinských tundrových společenstev. I když dřevinná skladba lesních porostů byla výrazně změněna ve prospěch smrku, lze lesní krajinu Hrubého Jeseníku zařadit mezi území s převahou přírodě blízkých lesních porostů, přičemž v řadě lesních rezervací se dosud dochovaly zbytky přírodních a přirozených lesů. Velmi významná je zde populace smrku ztepilého, který je klíčovou dřevinou biocenóz 7. smrkového vegetačního stupně a ve zvláštní specifické jesenické smrkové variantě 8. klečového vegetačního stupně přežívá na hranici své ekologické amplitudy. Zřejmě nejrozsáhlejší populace autochtonního (původního) smrku v porostech s přirozenou strukturou i texturou se zachovala v prostoru Bílé Opavy (Buček, 2005). PR Pod Jelení studánkou byla vyhlášena v roce 1989 na 145 ha, mimo jiné z důvodu ochrany výskytu neobvyklého množství mravenců druhu *F. lugubris*. PR Břidličná byla vyhlášena v roce 2008 na 652 ha, mimo jiné z důvodu ochrany subalpínských a lesní biotopů klimaxových smrčín s prameništi (AOPK, 2021; Rýpalová, 2015).

Ve vyšších oblastech Jeseníků převládají horské hnědé půdy, kryptopodzoly, přičemž na živných stanovištích jsou to kryptopodzoly mezotrofní, které bývají převážně písčitohlinité, středně hluboké, rezivě okrajové hnědé barvy, středně kyselé, s nenasyceným sorpčním komplexem. V horských polohách jsou časté horské podzoly, které vznikají na kyselých horninách v humidním klimatu. Kambizemní podzoly jsou v této oblasti nejčastějším typem půd. Jsou to mělké až středně hluboké půdy s mocnou vrstvou humusu, silně kyselé. Převažující humusovou vrstvou je mor. V našem zájmovém území (přibližně nad 1050 m n. m.) převažují humuso-železité podzoly, občas zamokřené až zrašelinělé. Na kamenitých a skalnatých lokalitách jsou také rankery, kambizemě a kryptopodzoly rankerové, na strmých srázích se skalními výchozy půdy nevyvinuté – litozemě. Na vlhkých stanovištích a podél potoků ve sníženinách můžeme nalézt

kambizemě a kryptopodzoly pseudoglejové, pseudogleje až gleje. Na rašeliništích je zastoupena především organozem (Dvořáková, 2016).

Většina ploch se nachází v nadmořských výškách cca 1140–1230 m n. m. (tab. 1), a vegetačně proto odpovídá převážně horské třtinové smrčině s dominantní dřevinou smrkem ztepilým.

5. Metodika

Zkoumané plochy jsou umístěny náhodně do pravidelně rozmístěných polygonů v rámci zájmového území zhruba v hustotě jedné plochy na 25 ha. Velikost každé kruhové plochy pro měření struktury lesa je minimálně 1000 m² (poloměr 17,84 m). Plochy, na kterých rostlo méně než 25 osluněných stromů horní úrovně, byly rozšířeny, některé až na 3000 m². Každá plocha je trvale označena železnou trubkou ve středu plochy, dřevěným kolíkem, případně oranžovým pruhem na stromě nejbližší středu (Čada, 2018). Na plochách jsou geodeticky zaměřeny všechny stojící živé a mrtvé stromy nad 10 cm výčetní tloušťky. Ze všech živých stromů na plochách byl v letech 2012–2018 odebrán vývrt, který byl analyzován v laboratoři, čímž byla získána data - časové řady přírůstu stromů a počty letokruhů (Čada, 2018).

Přírůsty stromů odpovídající změřeným šířkám letokruhů jsem použil v této práci ke studiu vlivu mravenců na růst stromů. Z poskytnutých dat o přírůstech jsem zvolil pětileté období 2007 - 2011, které je nejbližší k mnou provedenému měření mravenišť (dendrochronologická analýza na některých plochách proběhla již v roce 2012). Jedná se o průměrnou šířku letokruhu v uvedeném období. Všechna poskytnutá letokruhová data jsou transformována umocněním na 0,3 (jsou tedy v jednotkách mm^{0,3}). Přírůsty byly na většině ploch měřeny v letech 2012 - 2014.

Monitoring hnízdních kup druhu *F. lugubris* jsem provedl tak, že jsem v terénu vyhledal a prošel celkem 17 studijních ploch, s cílem najít a zaevidovat mraveniště. Pro účely monitoringu mravenišť jsem všude prohledával kruhovou plochu o velikosti 3000 m² (poloměr 30,9 m). Větší velikost plochy byla zvolena proto, aby byl zachycen dostatečný počet mravenišť.

5.1. Popis měření, výpočty

Měření jsem prováděl ve dnech 12. 7. – 15. 7. 2020. U každého mraveniště jsem zaznamenal jeho pozici v rámci plochy, aktivitu, průměr a výšku. Při měření průměru a výšky jsem využil doporučení pro měření mravenišť z Metodiky evidence a mapování hnízd lesních mravenců programu Formica (Bezděčka, 2000a). Nalezené mraveniště jsem zaevidoval (mraveniště menší než 20 cm v průměru nebyla evidována) a orientačně zakreslil na papírovou mapku plochy. Pozici mraveniště jsem určil pomocí měření jeho vzdálenosti mraveniště od středu plochy a dále od dvou stromů, popřípadě od třech stromů. Pozice stromů jsou známy z předchozích měření na výzkumných plochách. Na každé ploše jsem zaznamenal datum a čas měření, aktuální teplotu a stav oblačnosti. Měření jsem prováděl výhradně za polojasného nebo oblačného počasí, bez vlivu deště a velkého větru.

Aktivitu jsem měřil pomocí dřevěné tyčky o průměru 0,5 cm a délce cca 10 cm, kterou jsem zapíchnul do vrcholu mraveniště (obr. 2). Aktivita mraveniště pak odpovídala počtu mravenců, kteří v měřeném intervalu 10 sekund vylezli na tyčku (počítal jsem počet vylezších mravenců, bez ohledu na to, jestli na tyčce zůstali, či nikoli). Aby nedošlo k ovlivnění mravenci z jiného mraveniště, použil jsem pro každé mraveniště novou tyčku. Aktivitu jsem u každého mraveniště měřil jako první, z důvodu její možného ovlivnění vyrušením mravenců během měření.

Průměr mraveniště jsem měřil skládacím metrem, a vypočetl jako aritmetický průměr jeho vodorovné šířky a délky. *Výšku mraveniště* jsem měřil skládacím metrem nad středem mraveniště. *Vzdálenosti* jsem měřil přístrojem Vertex IV 360 BT, popřípadě skládacím metrem (u vzdáleností do 2 m). Z výšky a průměru mraveniště jsem vypočítal *objem hnízdní kupy*, který vychází z objemu rotačního komolého kuželu. Poloměr horní základny (r_2) se vypočte jako 30 % z poloměru dolní základny (r_1). Z objemu rotačního komolého kuželu vypočítaného podle vzorce $V = \pi v / 3 (r_1^2 + r_1 \times r_2 + r_2^2)$, byly odečteny 2% jako odchylka vzniklá zaoblením mraveniště (Schejbal, 2016). Dále jsem vypočetl *relativní aktivitu*, kdy jsem každou hodnotu aktivity vydělil maximální hodnotou aktivity a *relativní objem hnízdní kupy*, kdy jsem objem hnízdní kupy vynásobil relativní aktivitou.

Následně jsem hodnotil vztah přírůstu jednotlivých stromů a množství mravenišť v jejich okolí. Pro každý strom byl vypočten *kumulativní význam mravenišť* jako součet relativního objemu všech hnízdnic kup na dané studijní ploše vážený vzdáleností stromu od hnízdnic kupy podle vzorce: $KVM = \sum V_i/d_i$, kde KVM je kumulativní význam mravenišť, V je objem hnízdnic kupy v m³ a d je vzdálenost strom-hnízdní kupa v metrech. Pro hodnocení byly použity pouze stromy vzdálené maximálně 23 metrů od středu plochy, aby byl omezen vliv okrajového efektu (tj. efektu neměřených mravenišť nacházejících se mimo plochu). Vztah přírůstu a kumulativního významu mravenišť byl testován pomocí Pearsonova korelačního koeficientu. Dále byla provedena analýza na úrovni ploch, kdy byl testován vztah průměrného přírůstu všech stromů na ploše a celkového relativního objemu hnízdnic kup na ploše. Ke zpracování dat jsem použil statistický software R (R Development Core Team 2021).



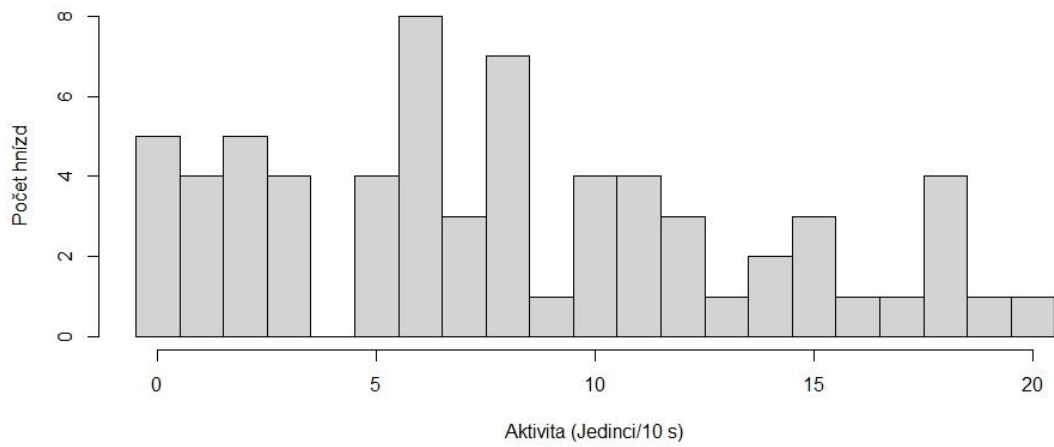
Obrázek 2: měření aktivity mravenců

6. Výsledky

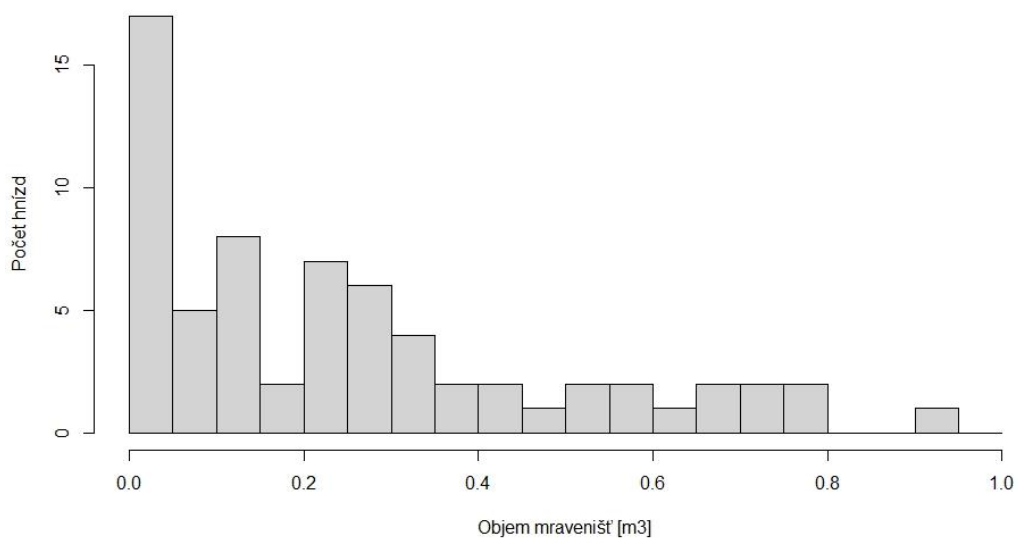
Hnízdní kupy mravenců *Formica lugubris* byly v zájmové oblasti nalezeny na 14 ze 17 studijních ploch. Celkem jsem našel 66 mravenišť (tab. 1, příloha 1). Mraveniště se nacházela na různých částech ploch, většinou v blízkosti stromu nebo při nějaké terénní nerovnosti, popřípadě u pařezu. Všechna mraveniště byla alespoň z jedné strany obrostlá přízemní vegetací. Nalezená mraveniště měla průměr hnízdní kupy v rozmezí 0,29 m až 2,0 m a výšku v rozmezí 0,06 m až 0,84 m. Aktivita mravenců byla v rozmezí 0 až 20, přičemž nulová byla u 5 mravenišť. Průměrné mraveniště mělo průměr kupy 1,08 m, výšku kupy 0,43 m a aktivitu 8 jedinců vylezších na dřevěnou tyčku během 10 sekund. Četnosti změřené aktivity, vypočtených objemů hnízd a relativních objemů hnízd jsou zobrazeny v histogramech. Zatímco u aktivity jsou nejvyšší četnosti okolo středu intervalu (graf 1), rozdělení velikostí hnízdních kup je výrazně nenormální (graf 2, graf 3), maximální četnost je u nejmenších kup a následně četnost prudce klesá. Tím jsou výsledky Pearsonových korelací na úrovni stromů zřejmě ovlivněny a tyto výsledky tak jsou méně robustní.

Tabulka 1: seznam studijních ploch s daty o hnízdních kupách a přírůstech stromů

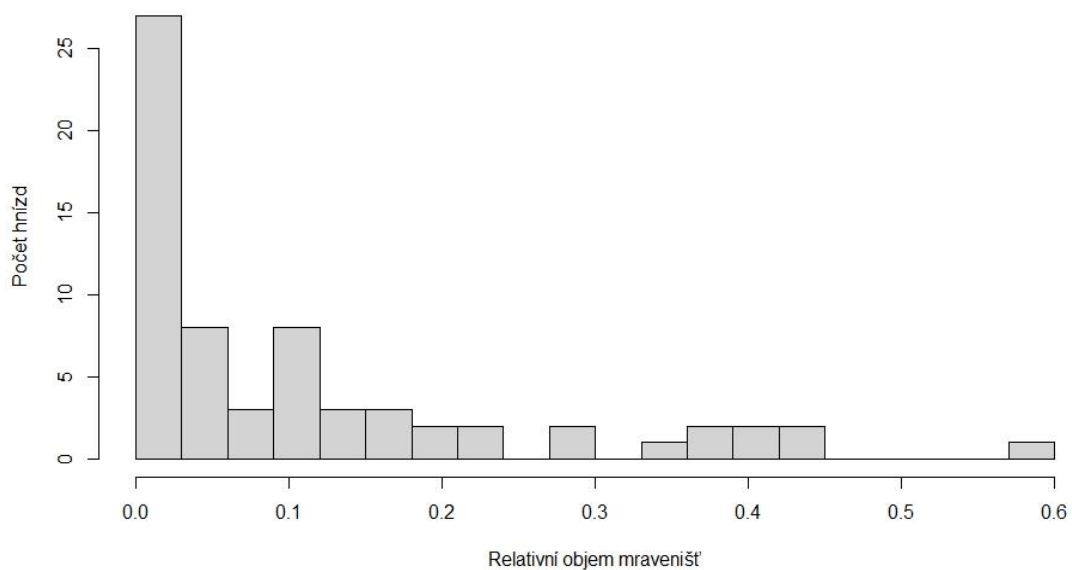
název plochy	nadm. výška	souřadnice N	souřadnice E	hustota kup / ha	celkový objem kup [m ³]	celkový relativní objem kup	prům. přírůst stromů [mm ^{0,3}]
J12	1132	50,035820	17,211270	3,3	0,118	0,0295	1,1494
J13	1142	50,019490	17,203780	23,3	2,151	0,9650	0,8486
J14	1183	50,029280	17,199250	23,3	1,948	0,4505	0,9181
J15	1207	50,025416	17,206222	3,3	0,530	0,2914	0,9241
J16	1162	50,022527	17,192194	16,7	1,317	0,5156	0,9792
J17	1127	50,011283	17,170566	3,3	0,078	0,0039	1,1790
J20	1208	50,030500	17,203944	13,3	0,455	0,2271	0,8577
J26	1182	50,013050	17,181683	0,0	0,000	0,0000	1,0284
J27	1206	50,038416	17,217083	6,7	0,073	0,0235	1,0923
J32	1152	50,013250	17,176150	0,0	0,000	0,0000	1,3823
J33	1196	50,033483	17,207083	16,7	1,231	0,6214	0,9879
J34	1057	50,032350	17,213416	3,3	0,589	0,4125	0,9817
J35	1225	50,039033	17,221516	0,0	0,000	0,0000	1,0435
J55	1228	50,031583	17,198166	30,0	0,871	0,5311	0,8739
J73	988	50,026861	17,218083	23,3	2,315	0,7829	0,9009
J74	1144	50,003555	17,212527	30,0	1,326	0,6136	0,5779
J75	1074	50,023533	17,198950	23,3	3,805	1,8378	1,2925
			průměr:	12,9	0,989	0,4298	1,0010



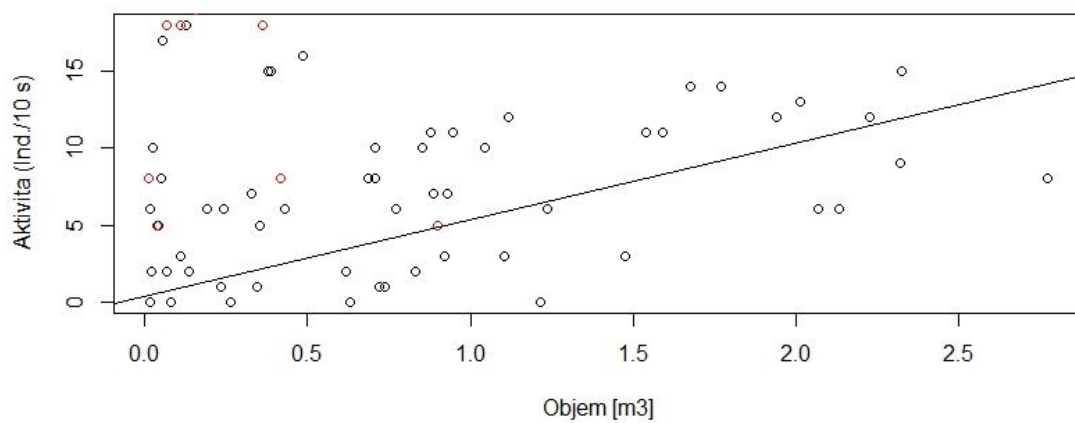
Graf 1: histogram aktivity hnízd



Graf 2: histogram objemu mraveništ'



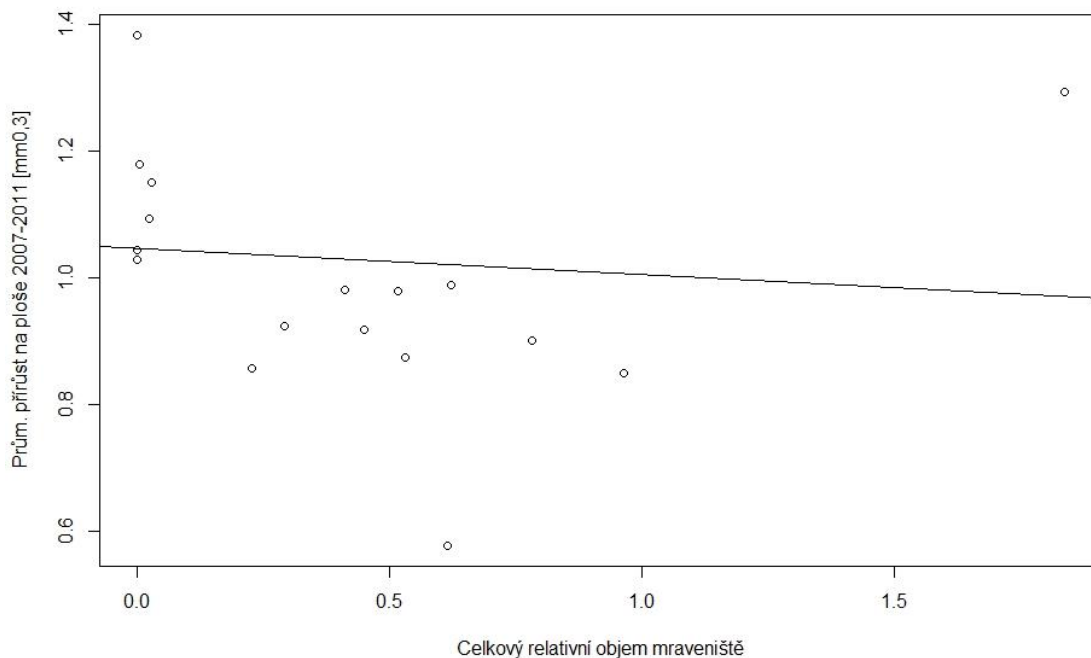
Graf 3: histogram relativního objemu mravenišť



Graf 4: závislost aktivity na objemu mravenišť, červeně jsou extrémní hodnoty z plochy J55, které byly z této analýzy vyloučeny

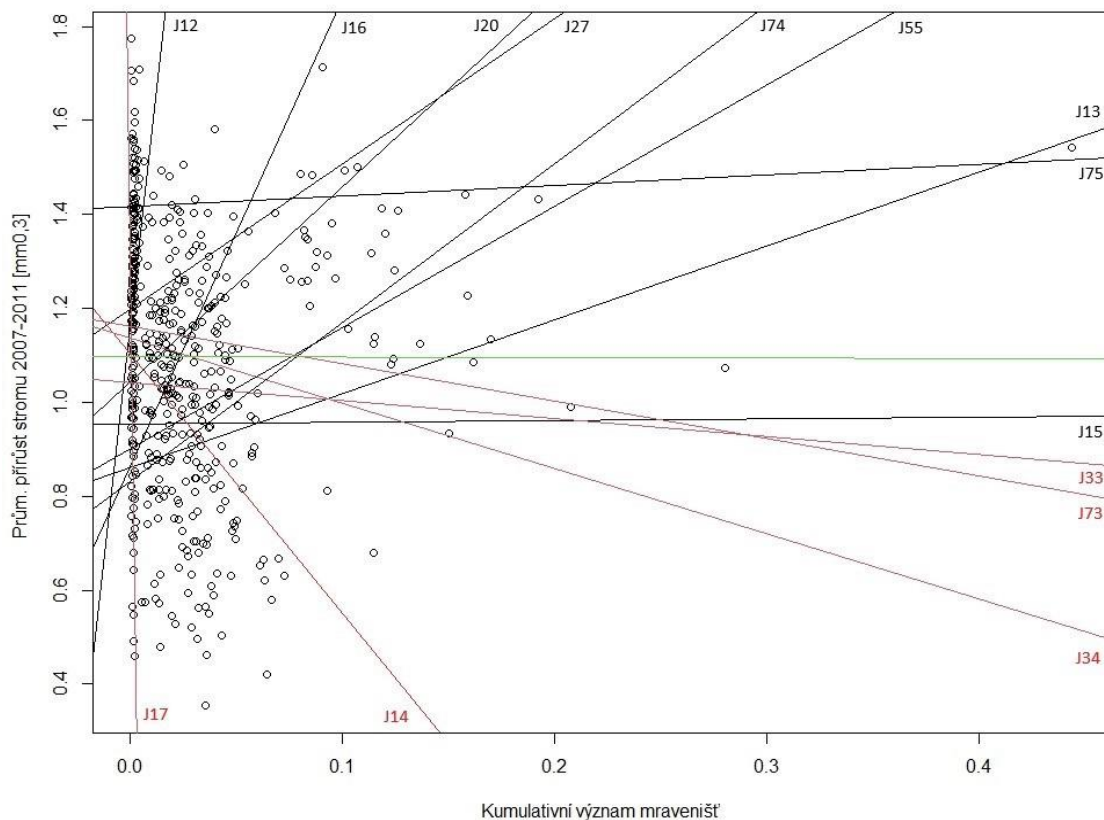
Aktivita mravenišť je značně proměnlivá charakteristika, která je pravděpodobně ovlivňována velikostí kupy, počasím a denní dobou. Při testování závislosti aktivity na velikosti mraveniště, jsem zjistil, že aktivita závisí na velikosti mraveniště, s výjimkou plochy J55. Plocha J55 vykazuje vysokou aktivitu u malých mravenišť (graf 4), což může být způsobeno časem měření. Mraveniště jsem zde měřil téměř v pravé poledne, kdy takto nebylo měřeno na žádné jiné ploše, s malými mraveništi.

Na úrovni ploch byla pro vztah průměrného přírůstu a celkového relativního objemu hnízdních kup (graf 5) zjištěna hodnota Pearsonova korelačního koeficientu $R = -0,09$ při hodnotě $p = 0,73$. Na úrovni ploch tak nebyla prokázána závislost průměrného přírůstu stromů na relativním objemu hnízdních kup. Průměrný přírůst na všech třech plochách bez hnízd je však vyšší, než je celkový průměrný přírůst (tab. 1), což by mohlo naznačovat spíše negativní vliv mravenišť na přírůstu stromů. V datech se nachází extrémní hodnota z plochy J75 (vysoký přírůst a velké množství hnízdních kup), která do značné míry ovlivňuje výslednou závislost.

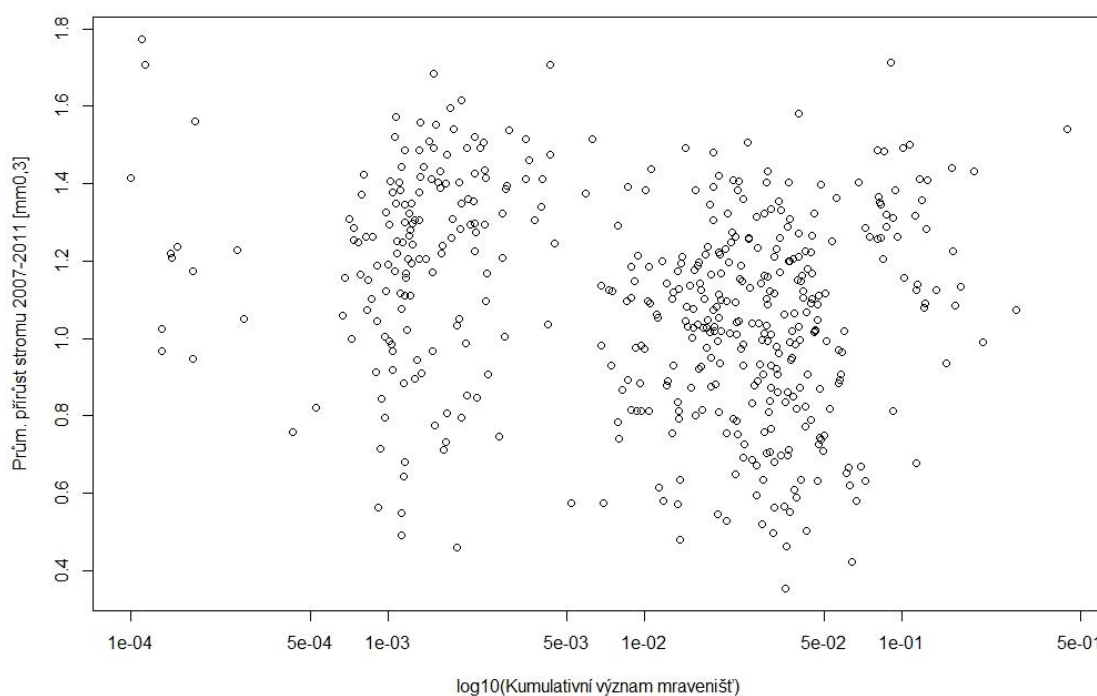


Graf 5: závislosti průměrného přírůstu stromů na ploše na celkovém relativním objemu mravenišť

Dále byl testován vztah přírůstu a kumulativního významu mraveniště na úrovni jednotlivých stromů na 14 plochách, kde se mraveniště vyskytovala. Regresní přímky jsou rostoucí v sedmi případech (graf 6), klesající v pěti případech a ve dvou případech jsou spíše bez trendu. Množství rostoucích a klesajících křivek je tak poměrně vyrovnané, a proto se nezdá, že by v datech byla jednoznačně převažující tendence buď k pozitivnímu, nebo k negativnímu vlivu mravenců na přírůst stromů. Pro názornější zobrazení nízkých hodnot kumulativního významu mraveniště je použito i logaritmické měřítko (graf 7).



Graf 6: závislost průměrného přírůstu jednotlivých stromů na kumulativním významu mraveniště (relativní objem vážený vzdáleností od stromu). Regresní křivky jsou zobrazeny pro jednotlivé plochy zvlášť (rostoucí černě a klesající fialově) a pro všechny plochy dohromady (zeleně).



Graf 7: závislost průměrného přírůstu jednotlivých stromů na kumulativním významu mravenišť (relativní objem vážený vzdáleností od stromu), kde je osa x zobrazena v logaritmickém měřítku.

7. Diskuze

V rámci této práce jsem studoval největší komplex hnízd lesních mravenců *F. lugubris* na Moravě, v lokalitě hlavního hřebene Jeseníků. Centrální část lokality, poblíž bývalé chaty Alfrédka, je chráněná jako přírodní rezervace Pod Jelení studánkou zejména pro výskyt neobvykle vysoké hustoty mravenišť. Nalezl jsem 66 hnízd, kdy hustota hnízdních kup v zájmovém území byla v průměru 12,9 hnízda na hektar. Maximální hustota byla 30 hnízd na hektar. Dosavadní odhady uváděli u subpopulace „Alfrédka“ hustotu hnízd až 21 na hektar a celkové množství 3000 - 6000 hnízd (Bezděčka, Bezděčková, 2018), popřípadě v celé populaci v okolí hlavního hřebene je uváděno cca 4000 – 7500 hnízd (Bezděčka, Bezděčková, 2018). Při velikosti území, které obývá celá populace v okolí hlavního hřebene a které je asi 800 ha velké (odhad rozlohy podle mapky v práci Bezděčky a Bezděčkové, 2018) by tak pro údaj Bezděčky a Bezděčkové (2018) vycházela průměrná hustota hnízd cca 5-10 na hektar. Exaktní údaje získané v této práci ukazují na

ještě vyšší hustotu hnízd, jak maximální, tak průměrnou. Skutečné množství hnízdních kup *F. lugubris* v populaci kolem hlavního hřebene v Jeseníkách se tak bude pravděpodobně aktuálně pohybovat spíše kolem horní hranice rozsahu odhadovaném Bezděčkou a Bezděčkovou (2018) a může dosahovat až 10 000 kup. Vyšší hustota kup zjištěná v této práci bude s největší pravděpodobností dána metodikou, kdy byla snaha na studijních plochách zachytit skutečně všechna hnízda. Určitou roli by mohlo hrát i to, že populace aktuálně vykazuje rostoucí trend (Bezděčka, Bezděčková, 2018) a během dvou let tak mohlo dojít přirozeně k nárůstu počtu hnízdních kup v daném území. Většina studijních ploch se také vyskytuje spíše v centru studované populace, kde je zřejmě hustota hnízd větší než na okraji areálu.

Z výsledků nevyplývá jednoznačný vliv mravenců na přírůst stromů na úrovni ploch. Na úrovni jednotlivých stromů tento vztah také není jednoznačný. Nejednoznačný trend přírůstu stromů v souvislosti s množstvím mravenišť v okolí by mohl být v souladu se závěry Frouze et al. (2008), který zjistil, že přírůst stromů má v závislosti na vzdálenosti od mraveniště nelineární trend. Nejvyšší přírůst měly stromy dále než 200 m od hnízda (tj. bez vlivu mravenců) následovaný přírůstem stromů v těsné blízkosti (do 1 m) hnízd a nejnižší přírůst byl pozorován u stromů ve vzdálenostech 3 – 50 m od mraveniště. V této práci byly analyzovány vzdálenosti stromů od mravenišť maximálně do cca 45 metrů, proto bych na základě zjištění Frouze et al. (2008) u analýzy na úrovni stromů předpokládal spíše pozitivní vztah. To se ovšem neprokázalo. Jako stromy výrazně vzdálené od mravenišť by mohly být hodnoceny ty, které rostly na plochách, kde nebyla nalezena žádná mraveniště, proto bych podle zjištění Frouze et al. (2008) u analýzy na úrovni ploch předpokládal spíše negativní vztah. U této analýzy sice průkazná negativní korelace také nebyla prokázána, ale do značné míry to bylo dáno jednou extrémní hodnotou (mladá plocha s vysokým přírůstem a velkým množstvím hnízdních kup) a jinak plochy bez mravenišť nebo s malým množstvím mravenišť vykazovaly relativně nejvyšší hodnoty průměrného přírůstu. Tyto výsledky tedy spíše podporují zjištění Frouze et al. (2008), že mravenci *F. lugubris* mají z globálního hlediska spíše negativní vliv na přírůst smrků. Je to zřejmě dáno tím, že jejich negativní vliv (kdy využívají roztoky ze smrků jako svojí potravu, a tím je oslabují) je v lokalitách, kde se vyskytují, více méně plošný, kdežto případný pozitivní efekt v podobě zvýšení dostupnosti živin má pravděpodobně velice lokální charakter. Také Chen (2014) uvádí, že vliv mravenců na růst stromů může být velice proměnlivý a existuje mnoho interakcí mezi mravenci,

mšicemi, půdou a růstem stromů, které nejsou zmapovány. Lokální vliv mravenců na jednotlivé stromy, tak může být odlišný od jejich průměrného efektu na stromy v lese.

Důležitou otázkou je stanovení vhodné metody určení míry vlivu hnízda, o což jsem se pokusil výpočtem kumulativního relativního objemu hnízda (pomocí měření aktivity, objemu a vzdálenosti). Aktivita však může být ovlivněná různými vlivy (teplota, oslunění, denní doba, vlhkost, atd.) přičemž zásadně ovlivňuje vypočtenou hodnotu. Některé studie u jiných druhů mravenců uvádějí, že vztah mezi aktivitou a velikostí hnízda, potažmo velikostí populace v hnízdě, je jednoznačný a aktivita odpovídá velikosti populace (Skórka et al., 2006). Bohužel takové studie přímo pro *F. lugubris* jsem v rámci rešerše literatury nedohledal. Navíc bylo potřeba ověřovat výsledky měření destrukcí hnízd a počítáním jedinců, což by v našem případě bylo, vzhledem k ochraně *F. lugubris*, poněkud problematické. Další otázkou je stáří hnízd. V této práci předpokládám, že všechna změřená hnízda existovala v období měřeného přírůstu stromů, tedy v letech 2007 – 2011 (případně, že aktuální množství hnízd na jednotlivých plochách má těsný vztah s množstvím hnízd ve zmíněném období). Pokud by některá, zejména malá a vysoce aktivní hnízda v období přírůstu stromů neexistovala, také to mohlo ovlivnit výsledky práce. V neposlední řadě je složitá samotná otázka přírůstu stromů, který je ovlivňován řadou faktorů - např. kompeticí (konkurencí mezi stromy) nebo věkem. Tyto faktory nebyly v této práci při výpočtech zohledněny. Můžeme předpokládat, že vliv mravenců by mohl být ve srovnání se zmíněnými faktory méně výrazný, a proto by vliv mravenců nemusel být ve výsledcích příliš patrný.

8. Závěr

Mravenec *Formica lugubris* je druh ekosystémového inženýra, který zásadně ovlivňuje lesní ekosystém. Jakým způsobem ovlivňuje přírůst stromů, není dosud jasné ani jednoznačné, protože vliv mravenců na stromy může být pozitivní i negativní. Mravenci na jedné straně koncentrují živiny v půdě do blízkosti stromů (stromy je mají k dispozici), ale na druhé straně podporují odebrání živin stromům (podporou, ochranou a využíváním mšic). Jediná dostupná studie na toto téma ukazuje, že v blízkosti mravenišť může převažovat pozitivní vliv mravenců na přírůst stromů, ale se zvyšující se vzdáleností se

pozitivní vliv vytrácí a vliv mravenců se stává negativním. Celkově je k dispozici velice málo informací o tom, jak populace lesních mravenců ovlivňují růst stromů.

Proto je tato práce, zkoumající přírůsty smrku ztepilého v souvislosti s výskytem hnízdnic kup mravenců druhu *F. lugubris*, ojedinělá. Celkově jsem na 17 studijních plochách zmapoval 66 hnízdnic kup a testoval případnou souvislost s přírůstem 647 stromů (data o stromech byla poskytnuta vedoucím práce). Výsledky práce neukazují jednoznačný vztah mezi množstvím hnízdnic kup a přírůstem stromů. Na úrovni stromů byly výsledky nejednoznačné, protože se příliš nelišilo množství ploch, kde byla tendence k pozitivnímu, nebo k negativnímu vztahu mezi přírůstem stromů a množstvím hnízdnic kup. Na úrovni ploch sice vztah nebyl průkazný díky jedné odlehle hodnotě, ale přírůst byl viditelně vyšší na plochách, kde se hnízdnic kupy nevyskytovaly, nebo byl jejich objem malý. Tyto výsledky tak naznačují, že vliv mravenců *F. lugubris* na přírůst stromů je pravděpodobně spíše negativní.

Do budoucna by moje měření mohlo být podkladem pro další studium vlivu lesních mravenců na lesní ekosystém a na přírůsty stromů. V každém případě by bylo vhodné upřesnit metodu stanovení vlivu (váhy) hnízda, zjistit přesněji, jestli navržená metoda měření aktivity odpovídá počtu jedinců v hnízdě, a to nejlépe nedestruktivním způsobem (např. označováním mravenců a jejich počítáním). Dále by bylo vhodné porovnat přírůsty stromů a množství mravenišť během stejného období, protože neznáme stáří mravenišť.

9. Seznam literatury a použitých zdrojů

Arnan, X., Gracia, M., Comas, L. and Retana, J., 2009. Forest management conditioning ground ant community structure and composition in temperate conifer forests in the Pyrenees Mountains. *Forest Ecology and Management*, 258, pp. 51-59.

AOPK, 2021: Maloplošná chráněná území. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, regionální pracoviště Olomoucko <https://olomoucko.ochranaprirody.cz/lokality/>

Bezděčka P., 1982: Biologie lesních mravenců a inventarizace jejich hnízd. *Akce Formica. Metodická příručka č. 1*. OV ČSOP Prachatice. 31pp

Bezděčka P., 1999: Vývoj komplexu hnízd *Formica lugubris* Zett. v Jeseníkách., *Formica* 2: 65-70

Bezděčka, P., 2000a: Evidence hnízd lesních mravenců., *Formica* 3: 76–79.

Bezděčka P., 2000b: Naši mravenci rodu *Formica*., *Formica* 3: 19-24

Bezděčka P. 2009: Historie výzkumu mravenců (Hymenoptera: Formicidae) v Jeseníkách, pp. 36–39. – In: Dýma M. (ed.): IX. Svatováclavské česko-polsko-německé setkání v Jeseníku 2009, Sborník referátů z Přírodovědného semináře na téma Živá příroda na Jesenícku – historie zoologických výzkumů, 96 pp

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

Bezděčka, P., Bezděčková, K., 2018. Mapování populace zvláště chráněného druhu mravence *Formica lugubris* v jižní části CHKO Jeseníky, závěrečná zpráva. Depon. in Agentura ochrany přírody a krajiny ČR.

Buček, A., 2005: Význam NPR Praděd v kontextu středoevropské krajiny. In: Sb. ref. konf. k 35. výročí chráněné krajinné oblasti Jeseníky. Správa ochrany přírody – Správa CHKO Jeseníky. Jeseník, s. 80-84

Čada, V., 2018. Monitoring lesních ekosystémů v NPR Praděd v období 2016-2023. Výstup za rok 2018. depon. in Agentura ochrany přírody a krajiny ČR.

Daďourek M. 2002: O vybraných lokalitách lesních mravenců na Moravě II., *Formica* 5: 45-52

Domisch, T., Finér, L. and Jurgensen, M.F., 2005. Red wood ant mound densities in managed boreal forests. *Annales Zoologici Fennici*, 42, pp. 277-282.

Daňo J., 2001: Inventarizace jižní části Liberecka., *Formica* 4: 45-49

Dvořáková V., 2016. Změny druhové skladby rostlin na vybraných lokalitách Hrubého Jeseníku, Diplomová práce, Univerzita Palackého, Olomouc

Ellis S, Franks D., Robinson E., 2014: Resource redistribution in polydomous ant nest networks: local or global?, *Behavioral Ecology*, Volume 25, Issue 5, September-October 2014, Pages 1183–1191, <https://doi.org/10.1093/beheco/aru108>

Frouz J., 2002: Úloha mravenců v půdních procesech., *Formica* 5: 27-33.

Frouz J., 2005: Termoregulace lesních mravenců rodu *Formica*., *Formica* 8: 15-19

Frouz, J., Rybníček, M., Cudlín, P. and Chmelíková, E., 2008. Influence of the wood ant, *Formica polyctena*, on soil nutrient and the spruce tree growth. *Journal of Applied Entomology*, 132(4), pp.281-284.

Hruška, J., 1998: Program „Formica“ a možnosti jeho využití při obnově stability lesních ekosystémů. *Formica* 1: 6-18.

Chen, Y.H. and Robinson, E.J., 2014. The relationship between canopy cover and colony size of the wood ant *Formica lugubris*-Implications for the thermal effects on a keystone ant species. PLoS One, 9(12), p.e116113.

iRozhlas.cz: Webové stránky Českého rozhlasu Nejstarší smrk České republiky rostl na Šumavě. Dožil se 632 let. c2016 [citováno 4.4.2021]. Dostupný z WWW: https://www.irozhlas.cz/veda-technologie_priroda/nejstarsi-smrk-ceske-republiky-rostl-na-sumave-dozil-se-632-let_201606201950_kspicakova

Karnet P., 2008, Dendrochronologický průzkum růstových charakteristik, Disertační práce, ČZU, Praha

Kuncová N., 2017. Potravní chování mravenců *Formica lugubris*, Diplomová práce, Univerzita Palackého, Olomouc

Miles P., 2000: Lesní mravenci, ohrožení pomocníci lesa., Formica 3: 6-18

Miles P., 2001: Mravenci a ptáci., Formica 4: 14-16

Miles P., 2008: Jak je to s podzemními a nadzemními částmi mraveniště u lesních mravenců podr. Formica?., FORMICA: Zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců. 11: 21–23.

Musil I., 2003: Lesnická dendrologie 1, ČZU, Praha

Nakládal O., 2015: Entomologie obecná a systematická, ČZU, Praha

Nešpor J., 2003: Myrmekochorie - doklad vlivu mravenců na biodiverzitu a ekologickou stabilitu., Formica 5: 12-19

Neves, F.S., Araújo, L.S., Espírito-Santo, M.M., Fagundes, M., Fernandes, G.W., Sanchez-Azofeifa, G.A. and Quesada, M., 2010. Canopy herbivory and insect herbivore diversity in a dry forest–savanna transition in Brazil. Biotropica, 42(1), pp.112-118.

Punttila P., 1996: Succession, Forest Fragmentation, and the Distribution of Wood Ants. Oikos 75: 291-298

Randuška P. 1995: Hniezdna a potravná ekológia mravcov skupiny *Formica rufa*. Vydavateľstvo TU vo Zvolene, Zvolen. 50pp

Růžička, M. 2008: Vliv výsadby kleče (*Pinus mugo*) na půdní makrofaunu (CHKO Jeseníky, NPR Praděd). Diplomová práce, Univerzita Palackého, Olomouc

Rýpalová V., 2015: Maloplošné chráněné území s geologickou tematikou na území CHKO Jeseníky. Bakalářská práce, VŠB Ostrava

Sadil J. 1955: Naši mravenci. Orbis, Praha. 224pp

Schejbal M. 2016: Distribuce hnízd mravenců rodu *Formica*, Bakalářská práce, Univerzita Palackého, Olomouc

Skórka, P., Witek, M., & Woyciechowski, M., 2006: A simple and nondestructive method for estimation of worker population size in *Myrmica* ant nests. Insectes sociaux, 53(1), 97-100. <https://doi.org/10.1007/s00040-005-0841-x>

Speer, J.H., 2010. Fundamentals of tree-ring research. University of Arizona Press.

Štourač, O., 2006 Vliv lesních mravenců na tloušťkový přírůst smrku ztepilého, Závěrečná práce, Brno

Véle, A., 2002. Vliv vegetace na teplotu a vlhkost hnízd mravence *Formica polyctena*, Bakalářská práce, Univerzita Palackého, Olomouc

Véle, A., Holuša, J. and Horák, J., 2016. Ant abundance increases with clearing size. *Journal of forest research*, 21(2), pp.110-114.

Zeman J., 2008. Faktory ovlivňující prostorové rozmístění a velikost mravenišť lesních mravenců (*Formica rufa* group), Bakalářská práce, Univerzita Karlova, Praha

Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Mravencovití [online]. c2020 [citováno 22. 12. 2020]. Dostupný z WWW: <https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Mravencovit%C3%AD&oldid=19165878>

10. Seznam příloh

Příloha 1: nalezená mraveniště a jejich vzdálenosti od středu plochy.....	41
---	----

11. Přílohy

Příloha 1: nalezená mraveniště a jejich vzdálenosti od středu plochy

plocha	mrav_id	x	y		plocha	mrav_id	x	y
J73	1	-11,564	-7,468		J14	34	2,555	-9,456
J73	2	-13,693	-10,008		J14	35	9,997	-19,812
J73	3	-19,881	-0,767		J14	36	14,399	-18,614
J73	4	-20,691	-14,240		J14	37	10,370	22,453
J73	5	-2,158	21,464		J74	38	13,368	5,718
J73	6	14,533	-19,189		J74	39	20,612	10,820
J73	7	4,477	-26,923		J74	40	7,469	-7,655
J27	8	-4,251	-12,910		J74	41	8,118	-7,857
J27	9	-13,291	4,473		J74	42	8,982	-8,195
J34	10	-13,372	-0,761		J74	43	-19,925	-20,782
J12	11	8,930	-1,742		J74	44	-19,684	-15,062
J33	12	10,436	-10,302		J74	45	-1,421	-2,999
J33	13	3,270	-17,390		J74	46	-5,341	11,735
J33	14	-0,435	-25,600		J75	47	8,861	-9,371
J33	15	-21,750	3,867		J75	48	23,864	-8,708
J33	16	-12,649	18,328		J75	49	17,195	15,294
J55	17	-26,424	-6,807		J75	50	-22,249	20,833
J55	18	-23,688	-0,514		J75	51	-15,004	10,993
J55	19	-3,453	14,178		J75	52	-19,737	-13,392
J55	20	-3,940	20,221		J75	53	-5,277	-20,539
J55	21	17,334	19,366		J13	54	-0,826	11,287
J55	22	24,820	7,356		J13	55	4,992	13,630
J55	23	-1,089	-23,063		J13	56	13,155	-13,277
J55	24	3,561	-11,729		J13	57	23,023	-17,614
J55	25	4,001	-7,882		J13	58	2,081	-24,793
J20	26	0,407	-0,650		J13	59	-25,550	-4,899
J20	27	-6,205	15,280		J13	60	-26,395	0,880
J20	28	-10,691	-2,416		J16	61	-22,165	20,243
J20	29	-14,418	-2,979		J16	62	-4,383	22,764
J15	30	0,360	23,767		J16	63	10,317	-20,876
J14	31	-12,411	14,917		J16	64	4,819	-23,097
J14	32	-11,115	14,764		J16	65	20,636	-11,293
J14	33	7,943	-5,117		J17	66	-10,226	16,831