

Univerzita Palackého v Olomouci
přírodovědecká fakulta

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Úvod do výzkumu noční orientace a denní
periodicity mravence *Formica polyctena* na lokalitě Rozkoš**

Jiří VRÁTIL
Olomouc 1999
OTŽP

vedoucí práce: Mgr. Ivan Tuf
katedra ekologie

Děkuji Mgr. Milanu Daňourkovi za poskytnutí množství praktických zkušeností a cenné literatury a Ing. Radku Koudelovi za mnoho důležitých podkladů pro výzkum v lokalitě Rozkoš.

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

Olomouc, 7. 9. 1999

Obsah:

1. Úvod.....	4
2. Popis lesních mravenců.....	6
2.1 Obecná charakteristika.....	6
2.1.1 Charakteristika druhu <i>Formica polyctena</i>	6
2.2 Morfologie a fyziologie.....	9
2.2.1 Smyslové orgány.....	9
2.2.1.1 Tykadlové smyslové orgány.....	9
2.2.1.2 Složené oči.....	10
2.2.2 Nervová soustava.....	11
2.3 Denní orientace.....	12
3. Popis lokality.....	15
3.1 Obecná charakteristika.....	15
3.2 Porostní charakteristika.....	17
4. Předpokládané metody výzkumu.....	19
4.1 Výzkum na lokalitě Rozkoš.....	19
4.1.1 Příprava lokality.....	19
4.1.1.1 Inventarizace z roku 1985.....	19
4.1.1.2 Inventarizace z roku 1999.....	20
4.1.2 Doba provedení.....	22
4.1.3 Příprava mravenců.....	22
4.1.4 Sběr vzorků.....	23
4.1.5 Metody výzkumu noční orientace.....	24
4.1.5.1 Orientace pomocí měsíce.....	24
4.1.5.2 Orientace pomocí pachových stop.....	25
4.1.5.3 Vizuální orientace pomocí krajinných prvků.....	26
4.1.6 Metody výzkumu denní periodicity.....	27
4.2 Výzkum v umělých podmínkách.....	28
4.2.1 Příprava umělého prostředí.....	28

4.2.2 Příprava mravenců.....	29
4.2.3 Sběr vzorků.....	30
4.2.4 Metody výzkumu noční orientace.....	30
4.2.4.1 Orientace pomocí pachových stop.....	30
4.2.4.2 Vizuální orientace pomocí prvků umělého prostředí.....	31
4.2.4.3 Orientace pomocí sklonitosti a drsnosti povrchu.....	32
4.2.4.4 Orientace pomocí větru.....	33
4.2.5 Metody výzkumu denní periodicity.....	33
5. Závěr.....	35
6. Seznam použité literatury.....	36
7. Seznam příloh.....	39

1. Úvod

Lesní mravenci patří mezi nejužitečnější organismy v biologické ochraně lesa. *Formica polyctena* je pro svou agresivitu ceněna v tomto programu nejvýše a do lesů je v rámci boje proti hmyzím škůdcům vysazována i uměle. Mravenci tohoto druhu budují velmi charakteristické kolonie s větším počtem velkých hnízd. Na jimi „spravovaném“ území dokáží spotřebovat obrovské množství hmyzu a pro svou specificky nevyhraněnou predaci takřka neumožňují existenci jiných dravců. Vytváří spolu s dalšími druhy blanokřídlých sociálně nejsložitější struktury a během svého fylogenetického vývoje si osvojili řadu etologických „specialit“, které jinde v hmyzích společenstvech neexistují. Jejich smysl pro pořádek a organizovanost v hnízdech je jedinečný prakticky v celé živočišné říši.

Pracovně nejvytíženější kastou u lesních mravenců jsou dělnice, které se vydávají i do relativně vzdálených míst od hnízda. Je dobře známo, že jejich denní orientace sestává jak ze schopnosti zpracovávat informace z nebe (slunce, polarizované světlo), tak z objektů v krajině (Rosengren 1977). Jak se však orientují v noci není do dnes spolehlivě vysvětleno. Existuje několik nejpravděpodobnějších možností : orientace podle hvězd a měsíce, schopnost orientace podle pachových stop a orientace dle viditelných krajinných prvků. Další méně pravděpodobné varianty jsou: orientace podle větru, gravitační síly, podle rozdílné teploty půdy v terénu či geomagnetizmu (Rosengren 1977).

Orientace podle hvězd a měsíce je pravděpodobná pouze v jasných nocích. Nemůže být tudíž jedinou orientační schopností. Tato schopnost by se mohla vyvinout ideálně v sušších oblastech, kde by však nedostatečný vegetační pokryv bránil potřebné teplotě pro noční aktivitu mravenců. Otázkou tedy zůstává, zda je tato schopnost skutečně jako doplňková při orientaci využívána.

Schopnost orientace podle pachových stop u mravence *Formica polyctena* je velmi pravděpodobná, jelikož stejně jako u jiných druhů rodu *Formica* mohou být tyto stopy využívány (Rosengren 1977). Otázkou však zůstává, jak dokáže jednotlivý

mravenec identifikovat vlastní cestičku ve spleti všech ostatních, ovšem za předpokladu rozdílnosti pachových stop.

Orientace podle stálých krajinných prvků je možná opět pouze za předpokladu jasné či alespoň dostatečně „světlé“ noci a nemůže být tudíž hlavní orientační schopností lesních mravenců.

S otázkou orientace je úzce spojen problém denní periodicity. Je důležité, zda dělnice pracující ve dne je možno spatřit i v noci (nebo obráceně) a jestli tudíž existují dvě rozdílné (denní a noční) populace s různými orientačními schopnostmi nebo pouze jedna, která mezi těmito schopnostmi dokáže zvolit tu nejoptimálnější.

Tato práce by měla být výchozím materiálem pro výzkum populace mravence *Formica polyctena* na lokalitě Rozkoš. Cílem je příprava lokality, která sestává z inventarizace území navazující na program Akce *Formica*, shromáždění dostupného materiálu o zkoumaném druhu a vypracování vědeckých metod k ověření některých výše uvedených možností noční orientace tohoto druhu mravence a s tím související denní periodicity.

2. Popis lesních mravenců

2.1 Obecná charakteristika

Lesní mravenci rodu *Formica* jsou rozšířeni v celém mírném pásu Euroasie. Do střední Evropy zasahuje šest druhů : *Formica rufa*, *Formica polyctena*, *Formica lugubris*, *Formica aquilonia*, *Formica pratensis* a *Formica truncorum* (Vybíral 1985).

2.1.1 Charakteristika druhu *Formica polyctena*

Formica polyctena Först. (dělnice 4-5 mm, královna 8-10 mm) je o něco drobnější než mravenec *Formica rufa*, jemuž se celkovým vzhledem a zbarvením nejvíce podobá. Tento, po hospodářské stránce nejvýznamnější druh lesních mravenců, byl proto dlouho považován za pouhou variantu mravence *Formica rufa*, ale postupem času se jejich vzájemné postavení vyjasnilo. Dnes se již neklade hlavní důraz na zbarvení jedinců, jelikož i to může být značně proměnlivé i v jednom hnízdě. Nejdůležitějším znakem, kterým se oba druhy od sebe odlišují je rozmístění chloupků na hlavě, hrudi a na šupině. Zatímco *Formica polyctena* je převážně lysá, *Formica rufa* bývá na těchto částech značně ochlupena. (Zahradník 1987)

Formica polyctena žije hlavně ve smrkových lesích, ale osídluje i lesy smíšené a listnaté. Je hojný především na okrajích lesů a u lesních cest. Buduje rozsáhlé nadzemní hnízdo (hlavně kolem pařezů nebo kmenů stromů), jeho základy však leží pod zemí - kombinované hnízdo (Zahradník 1987). Hnízda jsou velmi velká. Jsou známy případy, kdy výškou dosahovala 2 m a v průměru měřila 5 m (Starý 1987; Chalifman 1966).

Žijí v nich tři morfologicky, fyziologicky a pracovní odlišené kasty. Dělnice jsou vždy neokřídlené a jsou to vlastně pohlavně nedospělé samičky (Zahradník 1987). Tato kasta se však liší i mezi sebou (hlavně velikostí) (Tchoung-sin 1959).

Roje jsou většinou silně polygynní: v hnízdech sídlí více (i přes 1000) královen (Zahradník 1993). B. Starý (1987) uvádí až 5000. Monogynní hnízdo bývá velmi vzácné.

Již před příchodem zimy se mravenci stáhnou do hloubky půl až dvou metrů. V komůrkách a chodbách nehybně spočívají v menších skupinkách do jara. V prvních březnových dnech, když mravenčí kupu prohřeje slunce, vylezou dělnice i s královnami na povrch. Vyhřívají se zde nebo se vydávají hledat potravu a zabývají se úpravami hnízda. Samice poté zalezou do podzemí a začnou klást vajíčka. V tom okamžiku jsou již připraveny dělnice, odebírají vajíčka kusadly, přenášejí je a olizují. Tím je čistí a udržují v potřebné vlhkosti. Vlhká vajíčka se slepují k sobě do balíčků, které dělnice odnášejí do hnízdních komůrek. Tam se brzy líhnou slepé a beznohé larvy. Dělnice je olizují a přenášejí z místa na místo; položí je vždy tam, kde jsou momentálně nejvýhodnější teplotní a vlhkostní podmínky. Larvy jsou zcela závislé na péči dělnic. Dělnice je krmí buď šťávami z volátka, nebo sekretem vylučovaným z labiálních žláz. Larvy krmené tímto sekretem se po zakuklení vyvíjí v pohlavní jedince. Ty, které dostávají šťávu z volátka, mění se po zakuklení v dělnice. Již velmi brzy si kolem sebe larva upřede hedvábný kokon a v něm se zakuklí. Kokony budoucích pohlavních jedinců jsou vždy o něco větší než kokony dělnic. Dělnice stále čistí kokony a přenášejí je na nejvýhodnější místa. Později pomáhají i mladším „spolubydlícím“ vylézt z kokonu. Po vylíhnutí je čistí a krmí ještě asi po dobu šesti dnů, než jsou nové dělnice schopné podílet se na činnosti v mraveništi. Dělnice však nekrmí pouze budoucí obyvatele mraveniště. Starají se i o královnu, krmí samce a samy se krmí navzájem. Výměna potravy se děje podle určitých pravidel. Dárce potravy vypustí z úst kapičku tekutiny, kterou druhá dělnice přijme. Nenechá si však celé množství pro sebe. Stejně tak jako byla sama nakrmena, nakrmí dalšího jedince. (Zahradník 1987)

Na jaře se mravenci rojí. V této době vylétají z hnízda okřídlené samičky a samečci a ve vzduchu při svatebním letu se páří (Chalifman 1966). Samotný proces oplození však může probíhat i přímo v hnízdě (Hölldobler 1965). Po páření při

svatebním letu samečci hynou ještě ve vzduchu a ti, kteří se nespáříli, se vrací do hnízda, kde jejich životy též brzy končí (Chalifman 1966).

Oplozené samice ztrácejí křídla. Před každou oplozenou samičkou - královnou stojí nyní dva úkoly: založit nové hnízdo (kolonii) a klást vajíčka. V optimálním případě se dostane samice do hnízda vlastního druhu, kde už nyní je množství královen. Ovšem ne vždy proběhne její adopce úspěšně. Mnohé samice jsou usmrceny, neboť hnízdo se brání přílivu dalších královen. I tento mravenec vyjíměčně zakládá nové hnízdo s pomocí jiného druhu mravence, nejčastěji mravence otročího. Usmrtí jeho královnou a původní dělnice využívá k výchově vlastního potomstva. Původní obyvatelé časem vyhynou a hnízdo mravence otročího se přemění v čistou kolonii druhu *Formica polyctena*. (Zahradník 1987)

Formica polyctena je druh polykalický (tzn. na relativně malé ploše je větší počet velkých hnízd) (Daďourek 1996; Starý 1987). Tato hnízda vznikají odštěpením od mateřského, kde životní podmínky přestoupily své maximum (Zahradník 1987). V té době dělnice - průzkumnice naleznou vhodný prostor pro nové hnízdo a položí jeho základy. Poté se vrací zpátky pro část královen, larev a kukel a odnášejí je do nového mraveniště. Odštěpená a původní hnízda jsou ještě po různě dlouhou dobu vzájemně spojena mravenčími silnicemi. (Zahradník 1987,1993)

Hlavní potravou tohoto mravence je hmyz a medovice. Neorientuje se sice výhradně na škodlivý hmyz, jakmile se však jakýkoliv druh začne objevovat ve větším množství (situace, kdy se z hmyzu stává škůdce), tuto relativně dostupnou potravu přednostně přijímá. Střední hnízdo mravence *Formica polyctena* získává z 0,5 ha vedle 200 l medovice a 50 000 ks. semen, 8 000 000 ks. hmyzu (Daďourek 1996). Tento neobvykle vysoký regulační vliv se nejúčinněji projevuje u těchto druhů škodlivého hmyzu:

jehličnaté lesy: bekyně mniška, můra sosnokaz, píďalka tmavoskvínáč, bourovec borový, pilatka smrková, ploskohřbetka sosnová, ploskohřbetka smrková, molovka modřínová, bekyně velkohlavá, hřebenule borová a hřebenule ryšavá

listnaté lesy: obaleč dubový, píďalka podzimní a paličatka březová
(Hruška 1982)

V období hladu vedou mravenci *Formica polyctena* kanibalské války proti hnízdům vlastní kolonie (Hölldobler 1997). Pro svou velkou agresivitu je na většině polykalických lokalit tohoto druhu velmi výrazně potlačena konkurence (Bugrova 1990). Pro tuto vlastnost je tento druh mravence v lesnictví vysoce ceněn.

Stejně jako ostatní druhy rodu *Formica* byl i tento zařazen zákonem č. 40/1956 o státní ochraně přírody v prováděcí vyhlášce č. 80/1965 Sb. do seznamu chráněných živočichů. Ovšem teprve v letech 1976-1977 došlo k prvním praktickým pokusům o záchranu ohrožených hnízd v severních Čechách. Tak došlo k akci zaměřené v českých zemích na ochranu a využití lesních mravenců s názvem Akce *Formica* a byla vyhlášena v dubnu 1982 Českým svazem ochránců přírody a ministerstvem lesního a vodního hospodářství ČSR. Jejím cílem bylo zachovat stav lesních mravenců v našich zemích a účelně využít v integrované ochraně lesa (Starý 1987).

2.2 Morfologie a fyziologie

2.2.1 Smyslové orgány

2.2.1.1 Tykadlové smyslové orgány

Tykadla (*antennae*) patří mezi nejnápadnější orgány mravenčí hlavy. Jsou složeny z násadce (*scapus*), který je u sameček velmi krátký a představuje přeměněný první tykadlový článek, a bičíku (*funiculus*), složeného z menších článků. Poslední články bičíku někdy bývají zřetelně zhrubnuté a vytváří tzv. kyj (*clava*) (Traiter 1949). Počet článků tykadel se může u jednotlivých druhů lišit. U rodu *Formica* mají samci třináctičlánek tykadla, dělnice a samice dvanáctičlánek (Gregor 1986).

Tykadla jsou hlavním smyslovým orgánem mravenců. Zejména konečné články bičíku jsou pokryty velkým množstvím jemných chloupků, různými jamkami a

otvůrky (viz. obr. 8). Tyto útvary jsou zvláštní smyslové orgány vesměs nazývány jako sensilly. Sensilly dále dělíme na hmatové štětinky (*Sensilla trichodea*), kolénkovitě zahnuté chloupky (*Sensilla Trichodea curvata*), Leydigovy kužele (*Sensilla basiconica*) aj. Všechny tyto útvary jsou pravděpodobně sídlem nejrozličnějších smyslů, jako je především hmat, chuť, čich a celá řada dalších (např. : topochemický smysl, fotodermatický smysl, aj.). Poblíž samého základu tykadel je ještě tzv. chordotonální orgán sloužící mravencům k zachycení zvukových vln (obdoba našeho ucha). Stejný orgán se u nich ještě nachází v holeních předního páru nohou (u některých druhů i v holeních předního a zadního páru), na čtyřech místech na hrudi a v tělní stopce (Sadil 1955).

2.2.1.2 Složené oči

Po obou stranách hlavy se nachází nápadně velké a vyklenuté složené-facetové oči (*oculi compositi*) (viz obr. 9). Skládají se z velkého množství ommatidií. U rodu *Formica* jejich počet u dělnic činí přibližně 600, u samic přes 800 a sameček dokonce až 1200.

Každá jednotlivá faceta má na povrchu chitinovou čočku. Tato čočka láme světelné paprsky a soustřeďuje je pomocí průhledného sklivce, zvaného u hmyzu krystalinní *conus* na citlivé čípky zrakových buněk na spodu každého oka. Obraz vzniklý ve složeném oku je podobný mozaice.

Tento orgán slouží mravencům i při světelné orientaci. Dokáží totiž fixovat na sítnici obrázky velkých vzdálených objektů, zvláště pak světelných zdrojů. Vnímá-li ku příkladu při cestě od mraveniště obraz slunce předními facetami, zpátky stačí, aby si zachoval postavení těla, které by odpovídalo obrazu slunce nyní na zadních facetách.

Pokusy bylo zjištěno, že mravenci dokáží rozeznat frekvenci světelných vln přibližně od 300 nm - 650 nm. Vidí tedy dobře UV- paprsky, fialové, modré, zelené, žluté a oranžové, špatně však červené.

Kromě složených očí mají mravenci zpravidla ještě tři nenápadná, jednoduchá oka, které najdeme u dělnic některých druhů a vždy u pohlavních jedinců. Tato oka

jsou na temeni hlavy a jsou proto nazývána temenní, nebo bodové oči (ocellae). Jejich funkce a stavba se poněkud liší od jednotlivých ommatidií. Slouží zřejmě k uskutečňování jednoduchých fototaktických reakcí, k vnímání jasnosti pozorovaných předmětů a k směrové orientaci (Sadil 1955).

2.2.2 Nervová soustava

Tuto kapitolu jsem zařadil, aby bylo možno lépe pochopit složitost mravenčího myšlení a tudíž i mnohem větší jeho využití při orientaci v prostoru.

Nervová soustava mravenců je nejdokonalejší zařízení tohoto typu u hmyzu vůbec. Základ tvoří nervové provazce (konektivy), vytvářející v každém tělním článku jeden pár nervových uzlin (ganglií), spojených příčnými spojnicemi (kommisurami). Vlastní mozková uzlina je tvořena ze tří samostatných ganglií - protocerebrum, deutocerebrum a tritocerebrum a je uložena v horní polovině hlavy nad jícnem (též nazývaná nadjícnový ganglion) (viz. obr. 10). Proti ní je uložena podjícnová uzlina a obě jsou spojeny dvěma konektivy. Za nimi pak následuje spojitá řada ganglií hrudních (thorakálních) a zadečkových (abdominálních).

Vedle centrálního nervového systému rozeznáváme dále viscerální (sympatický) a periferní nervový systém.

Nejvyvinutější část mravenčí mozkové uzliny je protocerebrum (též primární mozkový lalok). Hlavní hmotu tvoří dvě hemisféry, vybíhající po straně v laloky zrakové (lobi optici).

Mravenčí mozek se podstatně liší od mozku ostatního hmyzu, a to především velikostí. V poměru ke zbytku těla (1 : 280) je jasně dokázána jeho „nadřazenost“ vůči hmyzu (např.: u potápníka tento poměr činí 1 : 4 200, u lumka 1 : 400 atd.). Relativně největší mozek mají dělnice, což je způsobeno množstvím jejich sociálních funkcí, menší pak samičky a samci.

Další vlastnost, kterou se liší mravenčí mozek od mozku jiného hmyzu je značný rozvoj asociálních center mozkových představovaných tzv. houbovými tělísky (corpora pedunculata). Tyto útvary jsou zřejmě nejdůležitějšími řídicími středisky

celého centrálního nervového systému, stojícími u mravenců zřejmě v úzké spojitosti s jejich vysoce složitými instinktivními projevy. Nejvíce jsou tato tělíska vyvinutá u mravenců, a to u mravenčích dělnic, méně pak u samiček a nejméně u samců. Když porovnáme objem těchto tělísek ke zbytku mozku u různého hmyzu, dostaneme následující výsledky : znakoplavka 0,9, moucha domácí 5,9, můra 9,6, včela 20, mravenec (dělnice) 50. I když jsou tato čísla pouze přibližným ukazatelem stupně pudovosti, je jasně vidět, jak vysoko stojí mravenci v hierarchii psychické dokonalosti u hmyzu. Jako závěrečnou poznámku bych chtěl uvést, že hmyzí myšlení není myšlením v pravém slova smyslu, je to pouze reakce jejich pudových složek mozku. (Sadil 1955)

2.3 Denní orientace

Abychom se lépe seznámili s možnostmi noční orientace u lesních mravenců, pokusím se nyní shrnout informace, které již relativně uspokojivě vysvětlily jejich orientaci ve dne. U lesních mravenců hraje důležitou roli nejen čichová orientace pomocí pachových stop, ale i vizuální (Rosengren 1977).

Při zrakové prostorové orientaci byl prokázán jako hlavní faktor přímé sluneční záření. Při pokusu Bruna byl mravenec *Lasius niger* při své cestě od mraveniště směrem ke slunci zakryt na dvě hodiny černou krabičkou. Po určené době byl mravenec odkryt a jelikož slunce na obloze postoupilo o 30° k západu, mravencova zpáteční cesta byla taktéž o tolik stupně na výchozím místě (od krabičky) odkloněna od hnízda. Snad ještě průkaznější byl pokus Santschiho, který zastínil mravence slunečníkem a zrcadlem na ně z jiného místa vrhal odraz slunce (Sadil 1955). Mravenci se okamžitě o určitý úhel (odpovídající změně polohy slunce) od své cesty odchýlili. Tento náš nejběžnější mravenec však nepatří mezi typicky lesní a u rodu *Formica* je to poněkud jinak. Dříve si však ještě uvedeme pokus Rüdiger Wehnera, který zkoumal orientaci pouštních mravenců rodu *Cataglyphis* pomocí oblohy, nikoliv však pomocí slunce, ale polarizovaného světla (Franck 1996). Vnímání polarizovaného světla je nám zcela cizí, mravenci, jak se zdá, se podle něj však dokáží dobře

orientovat. Testování jedinci byli cvičeni na dvacet metrů severně od hnízda vzdáleném krmítku a poté byli vysazeni do jim neznámého testovacího okrsku. Ve zcela rovné krajině pod testovacím filtračním vozíkem s malým výřezem, jímž však nemohlo být slunce vidět, byla jiná orientace než podle polarizovaného světla zcela vyloučena. Zkušební jedinci se však okamžitě vydali k jihu.

U mravenců rodu *Formica* lze snadno dokázat, že se řídí spíše vizuální orientací a po porušení pachové stopy (např. přejetí prstem) se nerušeně odebírají svou cestou dál. Jelikož žijí v zástínu stromů, jejich orientace sestává ze schopnosti zapamatování si určitých krajinných prvků.

Dálkové cesty probíhají tak, že mravenec si cestou od mraveniště udržuje přibližně stejný směr a zpátky je jeho cesta zhruba rovnoběžná se směrem, kterým přišel. V méně častých případech chodí mravenec na dálkových cestách přibližně ve čtverci. Je obdivuhodné, jak dokáží určit délky stran čtyřúhelníka. Jejich čtverec však není zcela přesný, a tak kvůli odchylce poblíž hnízda začnou kroužit koncentrických křivkách, až se poté dokáží zorientovat podle nějakého jim známého krajinného bodu a zbytek cesty je již rovný. (Sadil 1955)

Čichová orientace zřejmě sestává ze dvou základních pachů a to: z pachu hnízdního a pachu kořistního. Při pohybu mezi hnízdem a kořistí se tady jeden pach zeslabuje a druhý zesiluje. Jako jeden z nejprůkaznějších důkazů jsou uváděny Brunovy pokusy o funkci topochemického smyslu mravenců (Sadil 1955). Brun nechal pochodovat mravence *Lasius fuliginosus* v dokonale zatemnělé místnosti po 1 metr dlouhé papírové pásce, která vedla přes pokusný otáčivý stolek od hnízda až k malé misce s medem. Pro vyloučení zrakové orientace byla páska osvětlena symetricky dvěma lampami umístěnými po stranách. Když otočil kulatým stolkem o 180°, docházelo k tzv. Bethého úkazu, kdy mravenci byli dezorientováni přechodem přes stolek, jelikož ačkoli šli směrem k misce s medem, hnízdní pach se zesiloval a potravní zeslaboval. Když Brun poté odstranil misku s medem a na její místo vložil několik larev z hnízda, mravenci je po jejich nalezení ihned začali nosit zpátky do hnízda. Po otočení stolkem se však Bethého úkaz nedostavil a Brun to vysvětluje tak, že silný pach plodu přehlušil hnízdový a medový zápach na pásce a mravencům tedy změna

intenzity obou pachů na otočném stolku unikla. Jako nejzmatenější situace se ukázala ta, když byly larvy umístěny přímo na kulatý stolec ve středu pásky. Mravenci byli značně dezorientováni a asi polovina se s larvami vydala směrem k místu, kde dříve byla miska s medem. Situace se změnila až poté, kdy Brun opatřil levý okraj pásky zábradlíčkem (směrem od hnízda). Mravenci si ihned vštípili do paměti, že půjdou-li ke hnízdu, musí být zábradlíčko po jejich pravé straně a poté se již nenechali zmást. Při posledním pokusu zábradlíčko opět odstranil a opatřil pásku různými novými vlastnostmi (např. na jednom kousku vrypy, na dalším položil jehličí podélně, o kousek dál příčně atp.). Plných 75% se orientovalo s larvami ze středu pásky správně. Znamenalo to, že mravenci dokáží vnímat a zaznamenávat tvar povrchu a podle něj se během cesty orientovat.

Ze všech pokusů tedy vyplývá, že princip orientace mravenců je u různých druhů různý a že tato variabilita je způsobena přizpůsobením se různým stanovištním podmínkám.

3. Popis lokality

3.1 Obecná charakteristika

Lokalita Rozkoš patří mezi lokality s významným výskytem mravence druhu *Formica polyctena*. Ke svému výzkumu jsem si vybral její severní část patřící pod lesní správu Třebíč. Jižní (podstatně větší) část je nyní v soukromém vlastnictví Mgr. Petrové. Název Rozkoš používám, i přestože náleží do revíru Příštpo, protože dříve lokalita patřila do Polesí Rozkoš a tohoto názvu bylo používáno při akci *Formica*.

Severní část lokality se nachází asi 1,5 km východně od Ohrazenic a 2,5 km jižně od obce Příštpo v okrese Třebíč (viz. obr. 1). Na západní straně je ohraničena polem. Několik km východně se nachází Přírodní park Rokytná se vzácnými rostlinnými druhy.

Území je relativně málo členité, pouze na severní a zvláště západní hranici jsou svahy. Nachází se v jihovýchodní části Českomoravské vrchoviny nazývajících se Jevišovická pahorkatina. V Jevišovické pahorkatině leží v její východní části zvané Znojemská pahorkatina (Demek 1992). Nadmořská výška se pohybuje přibližně od 400 do 450 m n. m. (turistická mapa 1 : 50 000, Třebíčsko).

Lokalita patří svou geologickou podstatou do moravského moldanubika. Horniny moldanubika jsou rozdělovány do dvou základních skupin: jednotvárné horniny a pestré. Lokalita Rozkoš leží na pestrých horninách. K základním druhům hornin této skupiny patří pararuly a migmatizované ruly značně proměnlivého složení. Hojně rozšířené mají i kvarcitické ruly a kvarcity, erlany, skarny, svory, krystalické vápence a také grafitické horniny. Součástí pestré skupiny jsou i různě metamorfované původní magmatické horniny. Z nich jsou nejvíce rozšířeny gföhlské ortoruly, které bývají úzce spojeny se serpentinity a amfibolity. Jsou to břidličnaté horniny, tvořené draselnými živci, křemenem, biotitem a kyselým plagioklasem. Stáří moldanubických hornin patří mezi základní problémy geologie Českého masívu. Je však pravděpodobné, že odpovídá nanejvýš střednímu proterozoiku. (Demek 1992)

Územím lokality neprotéká žádný vodní tok. Voda je z ní odváděna do Nedvědky ohraničující západní stranu území, dále pak směřující na jih a ústící mezi obcemi Střelice a Jevišovice do Jevišovky. Asi 4 km na sever od lokality protéká Rokytná jihovýchodním směrem, která však zřejmě žádnou vodu z tohoto území neodvádí, jelikož lokalita je na západní straně rozvodí těchto dvou vodotečí.

Lokalita Rozkoš patří do mírně teplé oblasti. Průměrný úhrn srážek činil 553 mm (měřeno na hydrometeorologické stanici v Třebíči). Průměrná relativní vlhkost vzduchu byla 75 % (měřeno v Kuchařovicích), průměrná teplota vzduchu 8,4 °C (měřeno v Kuchařovicích) a průměrná oblačnost (v desetinách pokrytí oblohy) 6,2 (měřeno v Kuchařovicích). Veškerá data jsou udávaná pro období 1951 - 1980. (Demek 1992)

Z půdních typů se zde vyskytovaly hnědozemě a hnědé půdy (Mištera 1985).

Podrobná porostová charakteristika je uvedena v následující kapitole. Při menším zakmenění než 10 se v podrostu vyskytovala kopřiva, netýkavka či lilek černý. Z fauny zde byl zvýšený výskyt datlovitých (zejména strakapouďů) a vysoké zvěře (srnců i jelenů). Dravý hmyz byl většinou konkurenčně vytlačen.

Mravenci jsou v lokalitě vždy vázáni přímo na typ porostu (ovlivňuje skladbu mšic, složení potravy, oslunění a další faktory) (Daďourek 1996). Z tohoto důvodu jsem si vybral pro mapování mravenišť lesnickou porostovou mapu (tento typ mapy byl též použit v Akci Formica).

Převažují smrkové kultury se stupněm zakmenění 8-9. Jelikož je však stále platný Lesní hospodářský plán z roku 1990 (tudíž je rok 1999 poslední rok působnosti tohoto plánu), kalamitní situace zapříčinily výskyt holin (některé jsou opět zalesněné) vyskytující se zvláště na jihozápadní straně severní části lokality, nejsou všechny porosty uváděné na přiložených mapách zcela v souladu se skutečností. Data z mapování by proto měla být na diplomovou práci příští rok překresleny do porostových map z roku 2000.

3.2 Porostová charakteristika

Severní sledovaná část lokality Rozkoš se dělí na oddělení 431 na východě a 432 na západě. Každé oddělení má své specifické porosty A, B, C, D (v oddělení 431 i E). Nyní bude následovat jejich charakteristika :

ODDĚLENÍ 431 (viz. obr. 6)

- porost **A** : Území je rovinaté nebo přechází ve velmi mírný svah. Terén je občas zamokřen, porost místy zničen zvěří a kalamitami. Časté holiny byly zalesněny. Dominantními dřevinami zde jsou smrk (i více jak 100-leté) a borovice. Celková výměra činí 10,39 ha.
- porost **B** : Terén je rovinný, místy občas zamokřený. Je zde vytvořen kvalitní porost borovice a modřínu, který je předčasně obnovovaný. Je tu velké věkové rozpětí následných porostových skupin. Dále se zde ve větší míře nalézají smrk a lípa. Stupeň zakmenění udává 9 - 10. Výměra činí 9,31 ha.
- porost **C** : Území vytváří rovinný terén s občasným zamokřením a velmi pestrá druhová skladba. Dominantní dřevinou je zde dobře rostlý, vytáhlý smrk (nebezpečí větru). Jeho stáří je nejčastěji 54 a 89 let. Stupeň zakmenění je vždy 9. Celková výměra činí 8,87 ha.
- porost **D** : Území je rovinaté s mírným sklonem k jihovýchodu. Ve východní části bývá občasné zamokření. Pěkná, vytáhlá smrčina je místy uvolněna, hrozí zde proto nebezpečí rozvracení kalamitou. Vedle smrku se zde nachází pouze nízké procento borovice. Věk porostu je 89 let se zakmeněním 9. Celková výměra činí 8,64 ha.
- porost **E** : Území je rovinaté, porost s četnými ředinami až kalamitními holinami. Část holin je zalesněno. Dominantní dřevinou je zde smrk (nejčastěji 89-letý), méně často se vyskytuje dub, modřín, borovice, nebo lípa. Zakmenění odpovídá osmému a devátému stupni. Celková výměra je 14,4 ha.

ODDĚLENÍ 432 (viz. obr. 6)

- porost **A** : Rovinatý terén v jihovýchodní části přechází ve strmý svah se severní a západní expozicí. Při severní hranici je terén zamokřen. Na exponovaných místech je porost proředěn kalamitou. Dominantní dřevina je zde smrk nejčastěji ve stáří 79 let se stupněm zakmenění 8 - 9. Celková výměra porostu A je 18,99 ha.
- porost **B** : Plochý hřbet má sklon k jihozápadu. Dřeviny se zde jednotlivě až skupinovitě mísí. Porost je místy uvolněn. Přibližně ve stejném poměru jsou zde zastoupeny smrk a borovice, ostatní (bříza, dub, lípa) již méně. Stáří veškerého porostu je 79 let a zakmenění odpovídá devátému stupni. Celková výměra činí 6,99 ha.
- porost **C** : Terén je mírně skloněn k severu. Stromy jsou ničeny okusem zvěře a houbami. Časté holiny byly částečně zalesněné. Dominantní dřevinou je smrk, nejčastěji 79-letý (tvoří přes 50 % porostu). Dalšími dřevinami jsou buk, lípa, modřín, olše, bříza, borovice, habr ad. Zakmenění je různé, převažuje však stupeň 9. Celková výměra činí 10,71.
- porost **D** : Území je rovinaté až přecházející v mírný severní a severozápadní svah. Podél potůčku je v severní části zamokřeno. Jsou zde místy řediny a kalamitní holiny. Jednoznačně převládající je zde smrk, nejvíce 84-letý. Dalšími dřevinami jsou buk, olše, modřín, dub, bříza, borovice a jasan. Nejčastější stupeň zakmenění je 8. Celková výměra činí 15,63.

(podle Výpisu hospodářské knihy LHP 1990)

4. Předpokládané metody výzkumu

4.1 Výzkum na lokalitě Rozkoš

4.1.1 Příprava lokality

4.1.1.1 Inventarizace z roku 1985

Inventarizaci lokality Rozkoš v roce 1985 prováděl Ing. Jan Vybíral v rámci Akce Formica. Tento program ČSOP byl vyhlášen roku 1982 na území naší republiky pod patronací někdejšího ministerstva lesního a vodního hospodářství ČSR na záchranu a využití lesních mravenců v integrované ochraně lesa (Daďourek 1998). Cílem bylo: provést důkladnou inventarizaci hnízd, výběr náhradních lokalit, provádění záchran ohrožených hnízd, výběr nejčinnějších komplexů a návrhy na způsob ochrany, atd. (Hruška 1982). Samotná akce měla několik etap a pokračuje i v současnosti, její koordinační centrum se nalézá v Liberci (Daďourek 1998).

Samotná inventarizace hnízd probíhala asi následovně. Jednotliví mapovatelé obdrželi obrysové lesnické mapy měřítka 1 : 10 000 svého lesnického úseku. Každé jednotlivé mravenišťe zaznačili do mapy křížkem. Odměření se provádělo z jasně zjištěných hranic porostů, porostních skupin křížovatek cest a pod. Postačující přesnost pro vynesení do map byla dána krokováním (1 krok = 1 m). Jestliže se měl zakreslit do mapy komplex hnízd nebo kolonie příliš blízko sebe, kde by se jednotlivé křížky mohly překrývat a celkově by byly výsledky nepřehledné, postupovalo se dvojnásobným způsobem :

- a) Jestliže se jednalo o kolonii, která byla tvořena více hnízdy, jejichž vzdálenost činila pouze několik metrů a bylo možno jasně zjistit, že dceřinná hnízda vznikla odštěpením od mateřského (mezi hnízdy existovala úzká spolupráce), zakreslilo se do mapy pouze největší hnízdo, ke kterému se přiřadilo číslo ve formě rozpětí (např. : 48 - 52 znamená, že mateřské hnízdo je 48. a kolem něj jsou ještě čtyři dceřinná).

b) Jestliže bylo třeba zakreslit komplex mravenišť, tj. hnízda na menší ploše např. 0,3 - 0,5 ha bez prokazatelných znaků kolonie, jejichž hustota byla tak velká, že znemožňovala zakres do mapy a podle všech známek se jednalo o stejný druh na jednotném biotopu, zakreslil se do mapy obvod tohoto komplexu a dovnitř nebo vedle něj se opět (stejně jako u kolonií) uvedl počet mravenišť ve formě rozpětí. (Vybíral 1985)

Inventarizace Ing. Vybírala proběhla úspěšně (viz. obr. 4). Na ploše 308 ha bylo zjištěno cca. 1300 ks. hnízd, což při hustotě 4,2 hnízda na ha odpovídá lokalitě se silným matečným komplexem, tj. lokalitě s řádově stovkami hnízd při minimální hustotě 4 hnízda na ha (Daďourek, 1996). Nyní sledovaná severní část lokality měla v roce 1985 přibližně 400 hnízd. Lokalita byla navržena na chráněném území, což se však nerealizovalo. (Vybíral 1985)

4.1.1.2 Inventarizace z roku 1999

Inventarizace proběhla v srpnu roku 1999. Jelikož jsem se nerozhodl provádět jakýkoli populační výzkum, ale výzkum etologický, rozhodl jsem se zmapovat pouze hnízda v severní části lokality v prostorovém oddělení 431 a 432, která mně budou při výzkumu z hlediska existence různých ekotopů zcela vyhovovat (viz. obr. 5 a 6).

Vlastní inventarizaci hnízd jsem provedl následovně. Obstaral jsem si porostové mapy v měřítku 1 : 5000 pro každé oddělení. Každé obydlené mraveniště jsem zakreslil do mapy. Jelikož jsem si zvolil měřítko 1 : 5000 nedocházelo ani u hustého komplexu mravenišť nebo kolonií k výrazným nepřehlednostem. Odměření jsem prováděl od lesních cest, jejich křižovatek, hranic lesních porostů a porostových skupin (Vybíral 1985). Dostačující přesnost jsem docílil krokováním (1 krok = 1 m) (Vybíral 1985).

Na ploše 104 ha příslušející oddělením 431 a 432 jsem zmapoval celkově 316 hnízd, což odpovídá hustotě 3,04 hnízda na ha. Hranice 4 hnízd na ha pro zařazení do lokalit se silným matečným komplexem tedy překročena nebyla (Daďourek 1996).

Pro jednotlivá oddělení jsou zjištěná data následující:

oddělení 431 - 129 hnízd na 51,67 ha, což odpovídá 2,5 h. na ha,

oddělení 432 - 187 hnízd na 52,32 ha, což odpovídá 3,6 h. na ha.

Největší hustota mravenišť byla zjištěna v porostu B, v okrajových částech porostu A oddělení 432 a v porostu D oddělení 431. V následující tabulce jsou uvedeny počty mravenišť u jednotlivých porostů a jejich průměr na ha:

Tab. č. 1: Tabulka počtu živých mravenišť a jejich průměrná hodnota na 1 ha

oddělení	porost	počet hnízd	plocha (v ha)	průměr hnízd na 1 ha
431	A	26	10,39	2,5
431	B	4	9,37	0,43
431	C	18	8,87	2,03
431	D	47	8,64	5,4
431	E	34	14,4	2,36
432	A	89	18,99	4,69
432	B	45	6,99	6,43
432	C	18	10,71	1,68
432	D	35	15,63	2,24

Z předchozí tabulky č. 1 tedy vyplývá, že hranici čtyři hnízda na ha přesahují pouze tři porosty výše zmiňované. Je zajímavé, že při inventarizaci v roce 1985 byl jeden s mravenci *Formica polyctena* nejhustěji osídlených porostů porost C v oddělení 432, při mnou provedeném mapování však byla průměrná hodnota počtu hnízd na ha velmi nízká (viz. tab. č. 1). Toto však bylo však zcela jistě způsobeno změnou stáří porostu, kde kalamitní situace zapříčinily vznik holin a později byly vysázeny nové porosty. Tato situace je dobře patrná i v oddělení 431 např. u porostu A či E.

Tato zinventarizovaná severní část lokality Rozkoš mně bude v letech 2000 a 2001 sloužit k výzkumu noční orientace a denní periodicity mravence *Formica polyctena* a to tím způsobem, že výzkum samozřejmě nebude prováděn na všech

hnízdech, ale na vybraných, kde budou optimální podmínky (množství podrostu, sklon terénu či různé zakmenění) pro různé pokusy. Vybírat vhodná hnízda již nyní mi připadalo nevhodné pro možné změny v terénu, které by se mohly naskytnout do doby určené k výzkumu.

4.1.2 Doba provedení

Mravenci druhu *Formica polyctena* jsou stejně jako ostatní mravenci aktivní po většinu roku pouze ve dne. Výzkum závislý na jejich noční aktivitě je tedy možný pouze v nejteplejších měsících roku (červen, červenec a srpen), kdy i ve Skandinávii (měřeno v srpnu) dosahovala tato aktivita přibližně 30 % aktivity denní (Rosengren 1977). Průměrná teplota na lokalitě v tomto období (počítáno pro celý den) činila: v červnu 16,5 °C, v červenci 17,9 °C a v srpnu 17,3 °C (veškerá data jsou aritmetickým průměrem pro hydrometeorologické stanice Náměšť nad Oslavou a Kuchařovice) (Demek 1992).

Vlastní výzkum noční orientace může být prováděn prakticky kdykoli od přibližně 22 hod do 4 hod. V závislosti na denní periodicitě mravenců (pokud jsou mravenci aktivní v noci pro tmou lépe „vybavení“) je však nejúčelnější provádět jej v době kolem jedné hodiny ranní, kdy je maximálně vyloučena přítomnost zatoulaných mravenců, kteří by mohli nepříznivě ovlivnit výsledky. Důležité při době provádění výzkumu jsou též povětrnostní podmínky, na kterých je existenčně závislý a jejich vhodný výběr je také určujícím faktorem.

4.13 Příprava mravenců

Příprava mravenců sestává ze schopnosti jejich pozdější identifikace v terénu. Tato identifikace je zvláště důležitá při výzkumu denní periodicity, ale i noční orientaci.

Pro označení mravenců se využívá následujícího postupu. Jak známo od hnízda vedou různé mravenčí transportní cesty, které se různě větví a dále dělí. Musí

být tedy vybrány cesty s nejlépe vyhovujícími podmínkami pro výzkum. Mravenci lezoucí po této obousměrné komunikaci musejí být označeni přesně v dobu určenou pro výzkum. Označení se uskutečňuje nejčastěji barvami. Barvy určené ke značení v různou denní dobu se musí lišit. V nejčastějších případech se užívá sprejových barev, což má přednost označení velkého množství mravenců v relativně krátké době. Je též nutné, aby barvy měly co nejvíce světlých pigmentů. Není vhodné používat zlatou barvu, jelikož po určité době zoxiduje a spreje s příliš řídkou barvou, která by byla později špatně viditelná. Doporučují se aerosolové barvy používané na kůži nebo na kov. (Rosengren 1977)

Vybrané cesty jsou označovány sprejem v určitém rozpětí (přibližně 10 m pro denní skupiny mravenců a 20 m pro noční skupiny), přičemž musí být odstup od mraveniště minimálně 10 m a od důležitého rozvětvení cesty 2 m. Tato procedura by se měla provádět v pěti minutových intervalech směrem k hnízdu. Je to výhodné vzhledem k tomu, že mravenci vycházející z hnízda se kumulují před barvenou zónou a jejich počet při následném označování je tedy vyšší. Většina označených mravenců tedy v tuto dobu opouštěla hnízda. (Rosengren 1977)

Samotný výzkum není možno provádět na těchto čerstvě označených mravencích ihned, ale je třeba počkat minimálně dva dny, aby oslepení a zmatení mravenci byli eliminováni ze systému (mravenci se musí zbavit barvy na tykadlech a očích) (Rosengren 1977).

Tato metoda je zcela jistě nejučinnější co se efektivity týče, není však k mravencům příliš šetrná. Druhá možnost je označovat je pomocí štětce přímo na těle (Rosengren 1977). Je to metoda, při které je nutno vynaložit mnohem větší úsilí a počet značených jedinců je vzhledem k množství označených první metodou mnohem menší, nicméně tento způsob je vůči chráněnému druhu *Formica polyctena* mnohem šetrnější.

4.1.4 Sběr vzorků

Sběr mravenců se provádí na stejném místě, kde byly označeni. Jsou umísťováni do zvláště určených nádob podle doby, kdy byli sbíráni. Sběr se musí

provádět z hlediska výzkumu denní periodicity minimálně třikrát v 24-hodinovém cyklu. Doporučuje se zpravidla doba v určitém rozpětí (zpravidla 1 hod) v 1 hod v noci, dále pak v 10 hod a v 17 hod (Rosengren 1977). Neprovede se sběr po každém jednotlivém mravenci, ale pomocí větvičky nebo jakéhokoliv dostupného prostředku, který umožní sběr procentuálně co největšího počtu procházejících mravenců.

4.1.5 Metody výzkumu noční orientace

4.1.5.1 Orientace pomocí měsíce

Tento pokus lze provádět pouze za bezoblačného počasí v části lokality s malým zakmeněním (max. 7).

Jako velmi vhodný se zdá Santschiho pokus se zrcadlem (provedeno se sluncem) (Sadil 1955). Nad sledovanými mravenci se natáhne tmavá plachta či jakýkoliv měsíc zakrývající blok. Nyní lze sledovat jejich případnou dezorientaci nebo nenarušený postup. V druhém případě bude zřejmě další počínání při pokusu hodnoceno negativně. Zrcadlo se umístí tak, aby vrhalo na mravence měsíční svit a jeho umístění v prostoru (poloha obrazu měsíce) musí předem vypočítáno a to tak, že při jeho posunu o určitý počet stupňů bude možno předpovědět odchylku mravenců od směru cesty.

Velmi přesvědčivý by též mohl být jednoduchý pokus, kdy část mravenců by byla přesunuta na jiné místo, kde by se nedokázala orientovat pomocí krajinných objektů či pachových stop. V této situaci by bylo možno dobře sledovat, kolik procent mravenců se vydá směrem rovnoběžným se směrem, kterým se ubírali u hnízda. Pokud by se vydala správným směrem pouze relativně malá část mravenců, dalo by se předpokládat, že jejich pohyb správným směrem je pouze náhodný. Tento předpoklad lze dokázat, když budeme sledovat jejich další pochod v tomto směru. Pokud se bude po několika metrech jejich směr mírně vychylovat, po několika desítkách metrů by již neměl odpovídat původnímu správnému směru. Případ, že by si tyto mravenci i poté udržovali správný směr je mnohem méně pravděpodobný a pokud by nastal byla by situace mnohem komplikovanější.

4.1.5.2 Orientace pomocí pachových stop

Tento způsob orientace je velmi pravděpodobný v jakýchkoli stanovištních podmínkách. Jeho výzkum by měl proto probíhat v podmínkách vyloučení co možná nejvíce možných jiných způsobů orientace a to tedy v největší tmě.

Čichová orientace u mravenců byla v denních podmínkách již mnohokrát prokázána (např. Brunův pokus) (Sadil 1955). U tohoto pokusu bylo zjištěno, že mravenci se řídí tzv. hnízdním a potravním pachem (Sadil 1955). Při pokusu se však všichni jedinci ubírali stejnou cestou, nebylo proto jisté, zda dokáží určit vlastní pach mezi jinými, nebo používají-li pro orientaci jakýkoliv pach směřující k hnízdu. Toto by bylo velmi snadné zjistit, přendáme-li několik jedinců z jejich vlastní cesty na jakoukoli jim neznámou cestu prosycenou mravenčími pachy. Pokud se i poté budou orientovat správně, je zřejmé, že žádné individuálně odlišné pachy buď neexistují, nebo je mravenci nedokáží rozeznat, což je nepravděpodobné.

Vše, co bylo popsáno je možné však pouze za předpokladu, že se lesní mravenci druhu *Formica polyctena* pomocí těchto pachových stop skutečně řídí. Výše bylo uvedeno, že pokud ve dne narušíme pachovou stopu lesním mravencům, pokračují nerušeně v cestě (Sadil 1955).

Jako jednoduchý pokus pro potvrzení této orientace si můžeme uvést zničení pachových stop vodním splachem. Pokud budou mravenci nadále postupovat správným směrem bez minimální časové prodlevy, orientují se zřejmě zcela jinak (v naprosté tmě jsou vyloučeny možnosti jakékoli zrakové prostorové orientace), pokud bude určitá prodleva, je možné, že použijí jakýsi „záložní orientační zdroj“ a pokud budou úplně dezorientovaní, než naleznou jiné pachové stopy, slouží jim tato orientace v podmínkách naprosté tmy jako jediná.

Je samozřejmě možné s potravním a hnízdním pachem různě experimentovat, to se však zdá účelnější v laboratorních podmínkách, což bude popsáno v kapitole 4.2 Výzkum v umělých podmínkách.

4.1.5.3 Vizualní orientace pomocí krajinných prvků

Tento způsob orientace je možný pouze v neúplné tmě, proto se výzkum provádí za jasných nocí v částech lokality se stupněm zakmenění menším než 8.

Orientace by měla především záviset na dominantních krajinných prvcích. Krajinné prvky jsou definovány jako dále nedělitelné části krajiny (Demek 1999). Proto by výzkum v tomto směru měl být založen právě na různé manipulaci s těmito pro mravence nápadnými prvky.

Je možno ale též experimentovat s menšími částmi krajiny jako ku příkladu různě přemísťovat kameny, větve či menší rostliny a takto od určitého úseku kopírovat původní terén zcela jiným směrem a sledovat reakce mravenců. Při práci s dominantními prvky krajiny je téměř vyloučena činnost odstraňování stromů, neprobíhá-li právě těžební činnost a proto je jediná možnost přidávání jakýchkoli nápadných prvků do krajiny nebo částečná úprava místních. Za nejúčelnější pokládám umístování kolem mravenčí cesty různých černě nebo naopak jasně bíle natřených předmětů, které by mohly ku příkladu různě stínit měsíční svit či ho naopak odrážet a vytvářet tak velmi charakteristická místa kolem jejich cest. Při umístování těchto předmětů by měli být mravenci (pokud tento způsob orientace skutečně využívají) částečně či úplně dezorientováni. Následně po jejich přivyknutí těmto nápadným krajinným prvkům by měli být tyto prvky různě přemísťovány a měla by být zjišťována reakce mravenců na různé změny. Pokud by na ně mravenci vůbec nereagovali bylo by možné porušením pachových stop vyloučit tento způsob orientace či zastíněním proti měsíčnímu svitu jiný způsob (byl by však vyrušen efekt zástiny různých částí cest). Mravenci by se poté buď začali orientovat pomocí krajinných prvků, což by znamenalo, že tato možnost orientace se uplatňuje pouze, není-li k dispozici jiná, nebo by byli úplně dezorientováni nebo ani poté na změny prvků vůbec nereagovali a muselo by se přistoupit k jinému druhu výzkumu.

Velmi zajímavé se též zdá zmapování mravenčích cest a po zimě sledování, zda-li se vytvoří opět na stejných místech či budou zcela jinde (Rosengren 1977). Terén totiž bude vykazovat různé změny a jejich věrnost starým cestám by ukazovala

na vizuální orientaci pomocí dominantních krajinných prvků, které se nezměnily. Zároveň by tento pokus zcela vyloučil orientaci podle drobných změn terénu přímo na mravenčích cestách (např. sklon, drsnost či prostorové uspořádání těchto miniaturních prvků).

4.1.6 Metody výzkumu denní periodicity

Denní periodicitou se rozumí periodicitu celého 24-hodinového denního rytmu. U tohoto výzkumu budou tedy nejvíce využity výše zmiňované metody barvení a sběru mravenců. Bude zjišťováno, zda-li mravenčí dělnice pracující v noci, pracují skutečně pouze v této části dne, nebo je populace denních a nočních dělnic různě promíšena. Pokud by byla populace mravenců *Formica polyctena* skutečně separována na denní a noční jedince, mohl by tento problém souviset s jejich různou schopností orientace ve zcela rozdílných podmínkách.

Mravenci budou nabarveni (viz. kapitola *4.1.3 Příprava mravenců*) a po určité době (určené k možnému promíchání populace) sesbírání (viz. k. *4.1.4 Sběr vzorků*). Sesbírání mravenci by měli vykazovat buď určitou věrnost svému časovému období, nebo by měli mít svou časovou dobu pouze náhodnou. Druhá možnost se zdá velmi nepravděpodobná. Výsledky by měly být zpracovány statistickými metodami, které by měly s určitou pravděpodobností zamítnout první či druhou možnost jako nulovou hypotézu. Pokud se jako pravděpodobnější ukáže první možnost, mohou být zjištěny možné odchylky těchto dvou typů jindy pracujících dělnic.

Podrobnější metody výzkumu denní periodicity mravenců *Formica polyctena* by měly být popsány v následující kapitole 4.2 Výzkum v umělých podmínkách, který je pro tento druh zkoumání mnohem vhodnější (snadnější nastavení výchozích podmínek).

4.2 Výzkum v umělých podmínkách

4.2.1 Příprava umělého prostředí

Umělé hnízdo může být vytvořeno různými způsoby. Nejčastěji se však užívá hnízdo tvořené z přírodního materiálu nebo ze sádry či pomocí zkumavek (Hölldobler 1997). Jelikož tento výzkum není zaměřen na chování mravenců uvnitř mraveniště, preferuji hnízdo z přírodního materiálu, které by nejlépe odpovídalo přírodním podmínkám.

Hnízdo bude tvořeno z dřevěného válce, který bude svým příčným profilem spočívat na podkladu. Tento válec bude vyplněn hnízdním materiálem a navrchu překryt barevným sklem, které bude regulovat dopad světla do válce. Světelný zdroj by měl mít výkon asi 100 W a měl by být umístěn přibližně 1 m nad hnízdem. Tento zdroj umožňuje pravidelným vypínáním a zapínáním být regulován. (Rosengren 1977)

Jako vlastní experimentální zařízení bude sloužit tzv. mravenčí výběh (viz. obr. 11). Z vlastního hnízda bude vést tenká, asi 1 m dlouhá chodba (chodba h - hnízdní) do kruhového výběhu (výběh e - experimentální), který ještě s dalšími patnácti pravidelně ústícími chodbami bude tvořit hlavní experimentální prostor. Chodba, která bude kolmá na chodbu h směřující z nadhledu vpravo (chodba p - potravní) bude vést k dalšímu kruhovému výběhu, ve kterém bude umístěna potrava (výběh p - potravní).

Při vymýšlení umělého prostředí jsem se nechal inspirovat Brunem, který prováděl pokusy na mravencích rodu *Lasius* s otáčivým pokusným stolcem (Sadil 1955). Jako otáčivý jsem předpokládal výběh e s příslušnými chodbami. Jelikož je však předpokládaná délka všech chodeb (mimo chodby h) 30 cm, bude chodba h rozdělena na čtyři nepravidelné úseky, z nichž pouze úsek nejbližší výběhu e bude otáčivý. Výhodou této dlouhé chodby bude možnost vytváření svahovitého terénu různým nastavením částí cesty k sobě v odlišných úhlech. Další výhodou při pokusech s čichovou orientací je možnost záměny částí cesty. Protože se počítá s možností různého sklonového nastavení částí chodby h , bude muset být základ výběhu e

posuvný směrem k hnízdu a od hnízda a z téhož důvodu výběh *p* částečně otočný. Všechny chodby mimo *p* a *h* musejí po 30 cm náhle končit. Jelikož při experimentech se budou využívat všechny chodby, měly by být jejich konce i ústí do výběhu *e* uzavíratelné pouze na přechodnou dobu, stejně tak i části chodby *h* a chodba *p*.

Povrch chodeb budou tvořit zinkové plechy a přes vrchní část bude vytvarováno jemné pletivo zajišťující provzdušněnost chodeb. Základ výběhů bude ze sádry, která bude pravidelně zvlhčována (stejně jako hnízdo) a stropy budou opět z pletiva. Boční stěny mohou být potřeny vazelínou z ropy či těžkým minerálním olejem, aby bylo mravencům zabráněno v lezení po pletivu (Hölldobler 1997).

Jako potrava mravencům se doporučuje tzv. Bhatkarova směs v následujícím složení:

- 1 vejce
- 62 ml medu
- 1 g vitamínů
- 1 g minerálů a solí
- 5 g agaru
- 500 ml vody

Takovýmto množstvím potravy naplníme asi čtyři misky o průměru 15 cm. Tato strava mravencům velmi prospívá a doporučuje se ještě přidávat malé množství čerstvě zabitého hmyzu (např. octomilek, moučných červů atd.).

4.2.2 Příprava mravenců

Malá kolonie mravenců druhu *Formica polyctena* (včetně královny) bude dopravena do již připraveného umělého hnízda.

Pro snadnou identifikaci mravenců se užívá barvení prováděné přibližně stejně jako v kapitole 4.1.3 *Příprava mravenců*. Používají se též barvy na kov či kůži. Na rozdíl od značení velkého množství dělnic sprejem je zde výhodnější metoda barvení štětcem jednoho po druhém, jelikož není k dispozici tak mnoho mravenců, nehrozí též potřísnění chodeb a tato metoda je též výhodná z hlediska nízkých ztrát v malé populaci (na rozdíl od označování sprejem, kdy dochází k větším). Označování bude

prováděno v chodbě h , kde by neměl být problém podchytit téměř 100 % procházejících dělnic. Doba barvení bude stejná jako byla uvedena v kapitole 4.1.3 *Příprava mravenců*. Opět půjde o tři doby, z toho bude jedna noční.

4.2.3 Sběr vzorků

Mravenci mohou být sbíráni z jedné části chodby h , která může být vždy zaměněna za prázdnou, náhradní část při stavbě umělého prostředí nevyužitou. Díly chodeb mají oproti přirozenému prostředí ještě tu výhodu, že lze na jejich okraje umístit zarážky, jež dokáží zadržet 100 % procházejících mravenců. Při další práci s takto sesbíranými dělnicemi je proto minimalizována chyba sběru.

4.2.4 Metody výzkumu noční orientace

4.2.4.1 Orientace pomocí pachových stop

Pro tento typ experimentů je výběh velmi vhodný. Pokusy budou probíhat bez světelného zdroje (pro mravence viditelného), který by mohl nepříznivě ovlivnit výsledky (z tohoto důvodu jsem se rozhodl neprovádět pokusy s orientací pomocí měsíce, jelikož světelný zdroj by zcela jistě neodpovídal podmínkám měsíčního světla a mravenci by mohli být zmateni).

Při prvním experimentu lze využít Betheho a Wasmannův pokus na denní orientaci mravenců *Lasius niger* (Sadil 1955). Chodba h je poskládaná z několika částí, neměl by tedy být problém zaměnit polaritu stop jakékoli z nich. Pokud budou dělnice zmateny při cestě do hnízda silícím potravním pachem a klesajícím hnízdním, měl by být tento pokus být dostatečný důkaz pro čichovou orientaci mravenců *Formica polyctena*.

Druhý pokus sestává z možnosti otočení výběhu e , zatím co pokusní mravenci se budou nacházet ve výběhu p . Výběh e se může otočit o 90° tak, aby část dříve patřící chodbě h byla nyní chodbou p . Jejich počínání bude jistě velmi zajímavé.

Mravenci totiž budou nejprve konfrontováni s opačnou polaritou stop, ale nejdůležitější část pokusu se odehraje ve výběhu e . Zde bude záležet na tom, zda odbočí doprava podle pachových stop (i když opačně polarizovaných) nebo zda půjdou doleva směrem, kde se nachází hnízdo (na části chodby h však žádné pachové stopy nebudou) a to by svědčilo o schopnosti zapamatování si ohybů cesty. Výběh e se však může otočit i o 180° vůči původnímu stavu. Nyní by obě cesty s pachovými stopami nikam nevedly. Dělnice by byly opět uzavřeny ve výběhu p a po otočení by musely přejít pachově nepoznačenou chodbu až do výběhu e , kde by se mohly rozhodnout jít správným směrem doleva, nebo podle pachových stop vpravo (možnost, že by šly rovně proti polaritě pachových stop je nepravděpodobná). Poslední využitelná možnost by byla pootočení o 90° vlevo tak, aby chodba p byla částí chodby h . Mravenci vyrazí opět z výběhu p a po pachově neoznačené cestě se dostanou na kruhový výběh p , kde se mohou rozhodnout jít správným směrem vlevo (to by však znamenalo jít proti polaritě stop) nebo rovně (po správné polaritě, nicméně chybným směrem). Při těchto pokusech si mravenci mohou též zvolit jakoukoli jinou chodbu z výběhu e , to je však málo pravděpodobné, jelikož vždy pouze dvě jsou označeny mravenčím pachem.

Takto experimentovat je samozřejmě možno i dalšími způsoby. Můžeme na příklad přemístit potravu do výběhu e , když budou mravenci uzavřeni v chodbě p a následně sledovat jejich další reakce na jinou polaritu pachových stop atd.

4.2.4.2 Vizualní orientace pomocí prvků umělého prostředí

K experimentům tohoto typu je nutno zabezpečit minimální osvětlení. Osvětlení musí mít výkon pouze několik wattů nebo jas musí být snížen vrstvami tmavých filtrů. Nedoporučuji též soustředěné bodové světlo, ale pokud možno rozptýlené se zdrojem umístěným mimo mravenčí zorné pole.

Pokusů možných s vizualní orientací je celá řada. Je na příklad možné umístit nad ústí chodeb h a p do výběhu e jakékoliv (co nejnápadnější) útvary, které by charakterizovaly právě a pouze tyto určité chodby. Po jejich přivyknutí si na tyto specifika, je možno je přesunout na přilehlé chodby a sledovat mravenčí reakce. Pokud

by nereagovali, můžeme též odstranit pachové stopy a jestli ani pak tohoto způsobu orientace nevyužijí, pravděpodobně ho v noci vůbec nepoužívají. Je možno též umísťovat různá zábradlíčka na jedné straně a následně po uvyknutí mravenců je různě přendávat jako při Brunově pokusu (Sadil 1955).

Lze též různě experimentovat s jasným rozptýleným světlem a simulovat tak různé povětrnostní podmínky a zjišťovat tak schopnost mravenců využívat této orientace (pokud ji využívají) při různé světelné jasnosti.

4.2.4.3 Orientace pomocí sklonitosti a drsnosti povrchu

K tomuto způsobu orientace slouží mravencům tykadla, jimiž ohmatávají povrch půdy. Nejsou tudíž vyžadovány jakékoliv nároky na světlo. Schopnost pamatovat si charakteristiku terénu je dokázána na příkladu mravenci *Lasius niger* (Sadil 1955). Není však jasné, zda-li ji lesní mravenci užívají při noční orientaci.

Je možno podobně jako u Brunových pokusů vytvořit charakteristické vlastnosti povrchu umělých mravenčích cest (Sadil 1955). Můžeme ku příkladu po celé chodbě *h* napříč položit borové jehličí a mimo tuto chodbu a chodbu *p* všech čtrnáct hned u ústí uzavřít. Dělnice by si zvyknout na drsnost povrchu, poté uzavřeme mravence ve výběhu *p* a otevřeme všechny chodby z výběhu *e*. Sebereme jehličí z chodby *h* (i s pachovou stopou) a nové jehličí rozložíme přesně tak, jak bylo v této chodbě do jedné z přilehlých chodeb. Do ostatních lze nasypat hlínu či jiný materiál. Po vypuštění mravenců můžeme sledovat, zda zvolí chodbu s příčně rozloženým jehličím. Je též možno uzavřít mravenčí dělnice do chodby *p* a pootočit výběh *e* o 90° tak, aby chodba *p* byla částí chodby *h* (zde bude stále stejně rozloženo jehličí, avšak bez pachových stop, všechny ostatní chodby budou mít povrch hladký) a mravenci snažící se dostat k potravě poznají povrchově charakteristickou chodbu *h* a vrátí se zpět na výběh *e*, můžeme opět výběhem pootočit o 90° a opět sledovat jejich reakce.

Pro orientaci pomocí sklonitosti povrchu je zvláště uzpůsobena chodba *h*. Jelikož je složena z několika částí a otočný výběh *e* je možno přisunovat k hnízdu a od hnízda, lze postavením těchto čtyř částí v určitém úhlu vůči sobě vytvořit třikrát

lomený povrch. Toho můžeme využít, když z chodby h přisunutím výběhu e k hnízdu vytvoříme z bočního pohledu písmeno M se širokou základnou (ústí chodby h do výběhu e bude tedy níže nad zemí než poslední zlom chodby h). Ostatní chodby budou mít ústí do výběhu e výše než konce (či výběh p u chodby p). Necháme mravence uvyknout sklonitosti ploch, poté je uzavřeme v chodbě p a změním sklon všech chodeb (chodba h bude mít nyní z bočního profilu tvar písmene W). Následně vypustíme dělnice a sledujeme jejich chování. Pokud by tento pokus byl pro mravence příliš náročný a výsledek neprůkazný, můžeme experimenty zjednodušit. Hnízdo lze ku příkladu vyvýšit nad oba výběhy (chodba h by se tedy k výběhu e svažovala) a všechny chodby (mimo chodby h) by byly beze sklonu. Po uzavření dělnic v chodbě p by se hnízdo vůči výběhům dalo opět do roviny a konec jedné z přilehlých slepých chodeb by se snížil. Po vypuštění mravenců by si mohly v nejpravděpodobnějším případě zvolit tuto přilehlou cestu nebo cestu h .

4.2.4.4 Orientace pomocí větru

Experimenty na tuto orientaci lze provádět s pomocí chladného fěnu. Velmi vhodným se zdá na příklad pokojový fén firmy Top micro.

Při pokusu se umístí fén vlevo od chodby h směřující z hnízda k výběhu e . Mravenci se po určitém čase potřebném k uvyknutí na proudění vzduchu uzavřou v chodbě p a fén se přemístí tak, aby foukal na mravence přicházející k hnízdu zleva. Po propuštění dělnic lze sledovat, zda se budou chovat přirozeně nebo budou změnou zmateni.

4.2.5 Metody výzkumu denní periodicity

Tento výzkum je stejně jako výzkum v přírodních podmínkách nejvíce závislý na barvení a sběru mravenců. V umělých podmínkách je však velmi korigována případná chyba dat.

Jestliže se potvrdí, že mezi mravenci existuje denní a noční populace, je možno různými zásahy do podmínek zjistit, kdy se ta určitá populace vyskytuje a které životní podmínky preferuje. Je možno zjišťovat, zda je v noční populaci zastoupeno více starších a zkušenějších mravenčích dělnic vysílaných záměrně do terénu, aby nedošlo ke ztrátám mladých jedinců, kteří se nedokáží tak bezpečně jako starší orientovat (Rosengren 1977).

Je možno různě měnit 24-hodinový denní rytmus. Můžeme jeden den nechat svítit světlo 24 hodin, a tak zaměnit den v noc a naopak a pozorovat čas a schopnost přizpůsobit se změnám (kdy dojde k výměně populací do svých obvyklých rytmů). Lze též jinak narušovat denní rytmy. Předpokládejme, že mravenci se vyskytují v noci mimo hnízda pouze za tepla a jejich procentuální zastoupení čítá přibližně 30 % (Rosengren 1977). Kdybychom změnili teplotu tak, že by její celodenní průběh byl přesně opačný (minima by byla nahrazena za maxima), populace by se musela novým podmínkám přizpůsobit a její nové složení (zkušeni a nezkušeni) by se jistě od předchozího lišilo.

Lze též experimentovat na mravencích se vzdušnou humiditou závislou na teplotě (Rosengren 1977). Můžeme zjišťovat, jestli úbytek mravenců zjištěný Rosengrenem u teploty přesahující 26° C je způsoben narůstající teplotou nebo humiditou a kteří mravenci v těchto podmínkách přetrvávají atd. (Rosengren 1977).

Veškerá zjištěná data budou zpracována statistickými testy (např. testy dobré shody) a vyhodnocena.

5. Závěr

V této práci jsem se pokusil shromáždit informace pro další výzkum noční orientace a denní (24-hodinové) periodicity mravence *Formica polyctena* na lokalitě Rozkoš a v uměle navozených podmínkách.

Popsal jsem zde podrobně zkoumaný druh a předložil veškeré dostupné informace, které jakkoli souvisí s orientací a denní periodicitou (smyslové orgány, nervová soustava) lesních mravenců. Vytvořil jsem charakteristiku severní části lokality Rozkoš a provedl její inventarizaci. Navrhl jsem řadu výzkumných metod jak v přirozeném, tak v umělém prostředí, které se budou snažit objasnit schopnost orientace zkoumaného druhu.

Tato bakalářská práce by měla být výchozím materiálem pro můj budoucí výzkum v letech 2000 a 2001. Měla by být provedena další inventarizace do nových lesnických map (z roku 2000) a vybrána hnízda s nejpříznivějšími podmínkami pro výzkum.

Výzkum noční orientace a denní periodicity bude hlavní náplní mé diplomové práce a doufám, že přispěje k hlubšímu poznání a pochopení životních schopností mravenců *Formica polyctena*.

6. Seznam použité literatury

- Bezděčka P. (1982): Biologie lesních mravenců a inventarizace jejich hnízd, Akce Formica - Metodická příručka č. 1, Český svaz ochránců přírody, Prachatice.
- Bugrova N. M., Reznikova J. I. (1990): The state of Formica polyctena Foerst., Polska Akademia Nauk - Institut Zoologii, Warszawa. 12-19
- Daďourek M. (1996): Úvod do výzkumu dílčí populace mravence Formica polyctena na lokalitě Rodlen, Bakalářská práce na UP.
- Daďourek M. (1998): Výzkum populační dynamiky mravence Formica polyctena na lokalitě Rodlen, Diplomová práce na UP.
- Demek J., Novák V. (1992): Vlastivěda moravská - Neživá příroda, Muzejní a vlastivědná společnost, Brno.
- Franck D. (1996): Etologie, Karolinum - vydavatelství UK, Praha. 344
- Gregor J. (1986): Akcia Formica - Metodicko-námetová příručka č. 7, Slovenský zväz ochrancov prírody a krajiny, Bratislava. 54 str
- Hölldobler B. (1965): Das soziale Verhalten der Ameisenmännchen und seine Bedeutung für die Organisation der Ameisenstaaten, Inaugural Dissertation in Julius Maximilians Universität zu Würzburg
- Hölldobler B., Wilson E. (1997): Cesta k mravencům, Academia, Praha.

- Hruška J. (1982): Ochrana a racionální využití mravenců rodu *Formica*, Akce *Formica*
- Metodická příručka č. 2, Český svaz ochránců přírody, Prachatice. 38 17
- Chalifman J. (1966): V znamení skřížených antén, Mladé letá, slovenské
vydavateľstvo kníh pre mládež, Bratislava.
- Lesní porostová mapa LS Rozkoš 1 : 5000 a 1 : 10 000, Ústav pro hospodářskou
úpravu lesů pobočka Brno.
- Mištera L. a kol. (1985): Geografie ČSR, Státní pedagogické nakladatelství, Praha.
- Rosengren R. (1977): Foraging strategy of wood ants (*Formica rufa* group), Societas
pro fauna et flora fennica, Helsinki - Helsingfors.
- Sadil J. (1955): Naši mravenci, Orbis, Praha, převzaty obrázky str.14, 15, 16, 37. 22 56
- Starý B. a kol. (1987): Užitečný hmyz v ochraně lesa, Státní zemědělské
nakladatelství, Praha.
- Tchoung-Sin J. (1959): Eine biometrische Studie zur Kasten-, Art- und
Rassendifferenzierung in der Gattung *Formica* L., Auszug aus der
Inaugural - Dissertation in Julius Maximilians Universität zu Würzburg.
- Treiter K. (1949): Naše mravce, Matica slovenská. 64 56
- Turistická mapa Třebíčsko 1 : 50 000, Vojenský kartografický ústav, 1996 - 1999.
- Typologická mapa LS Rozkoš 1: 10 000, Ústav pro hospodářskou úpravu lesů pobočka
Brno.

Vybíral J. (1985): Možnosti hospodářského využití mravenců rodu *Formica* v integrované ochraně lesa na území LZ Jaroměřice nad Rokytnou, Závěrečná práce PGS, nepublikováno.

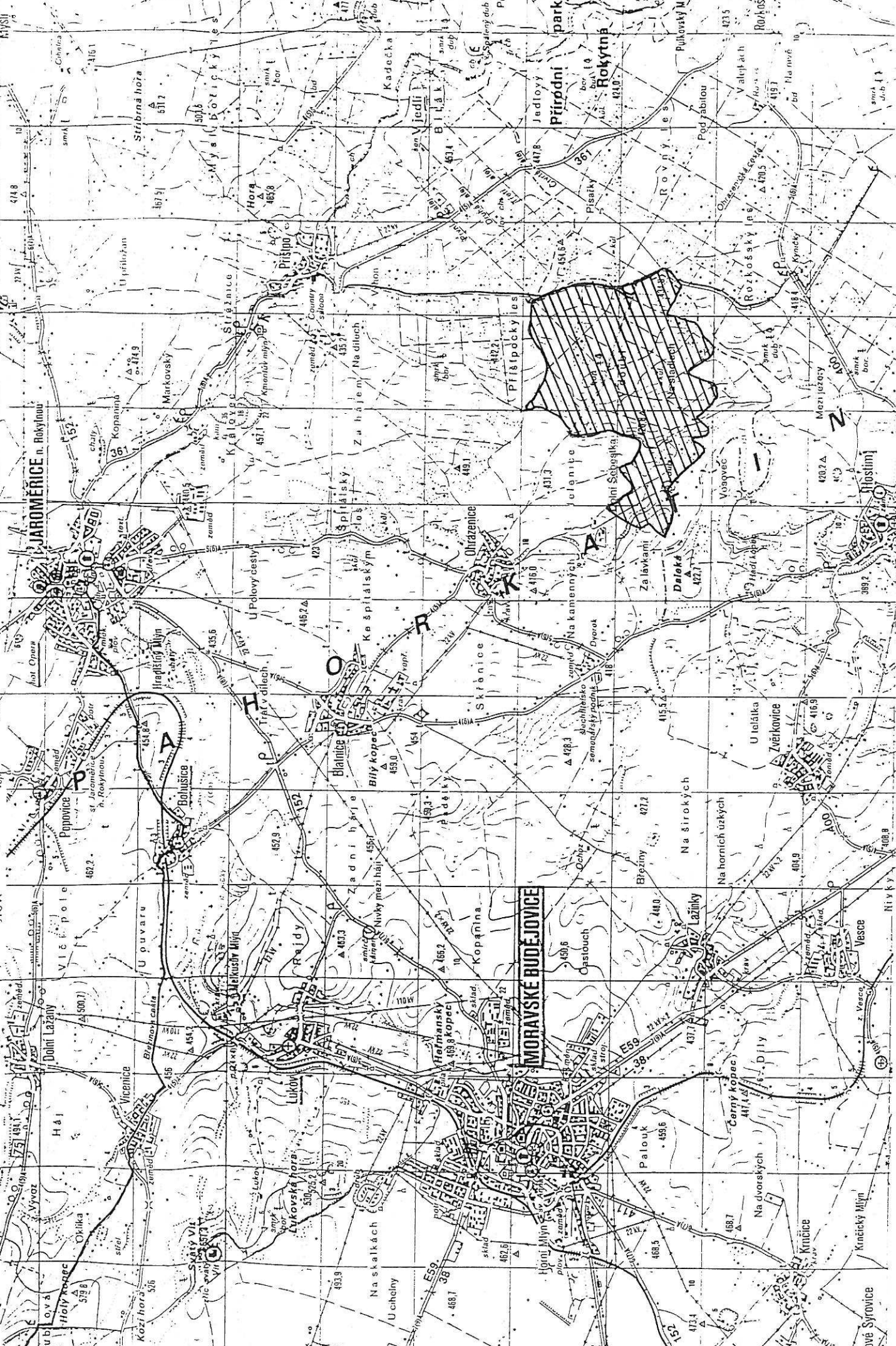
Výpis hospodářské knihy LHP (1990), Depon, LS Jaroměřice nad Rokytnou.

Zahradník J. (1987): Blanokřídli, Artia, Praha.

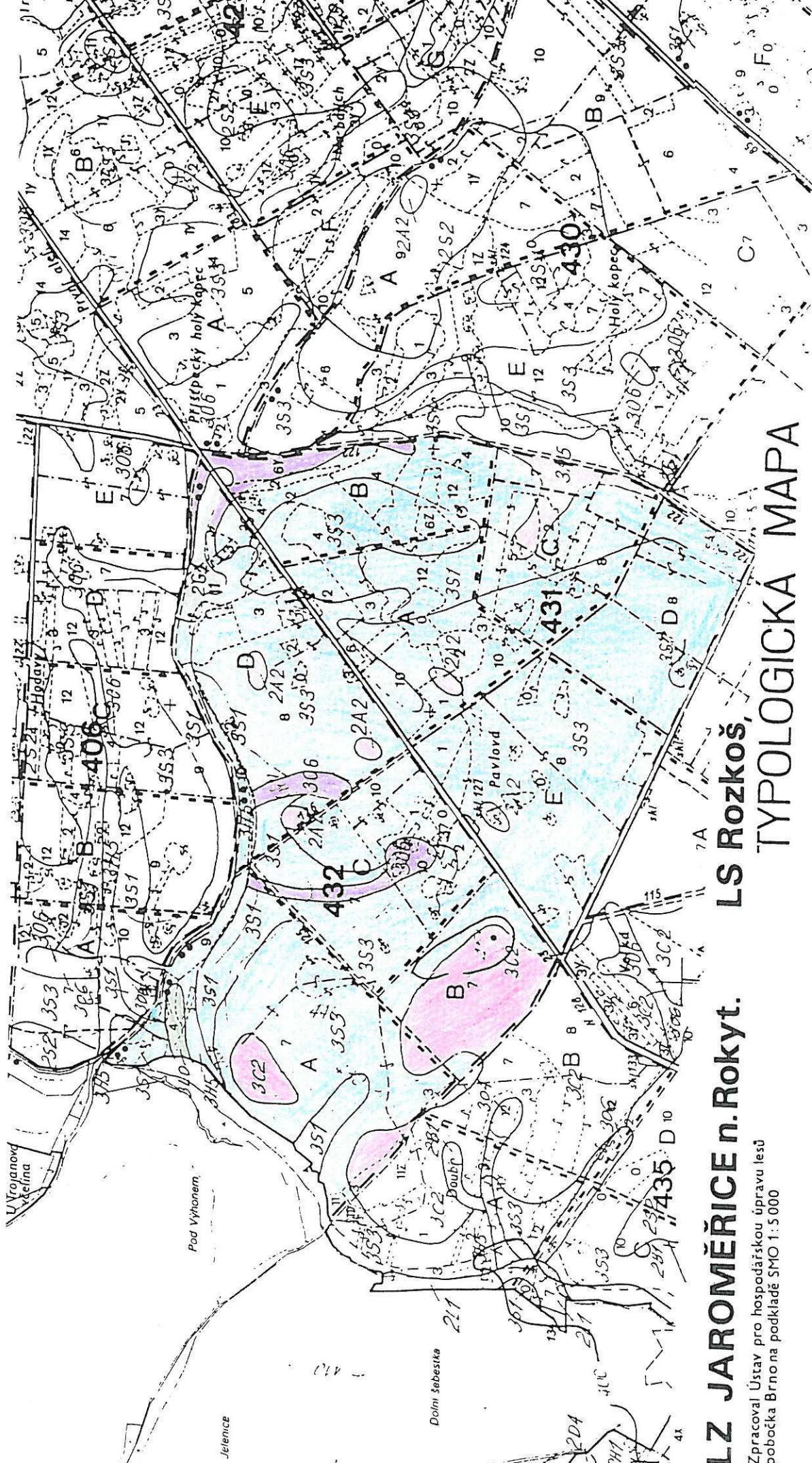
Zahradník J., Kocian M. (1993): Hmyz ve službách člověka, Artia a Granit, Praha.

7. Seznam příloh

- Obr. 1: Poloha lokality Rozkoš
- Obr. 2: Typologická mapa severní části lokality Rozkoš
- Obr. 3: Lesní porostová mapa severní části lokality Rozkoš
- Obr. 4: Inventarizační mapa lokality Rozkoš - rok 1985 (J. Vybíral)
- Obr. 5: Inventarizační mapa oddělení 431 - rok 1999
- Obr. 6: Inventarizační mapa oddělení 432 - rok 1999
- Obr. 7: Hlava mravence druhu *Formica rufa* (J. Sadil)
- Obr. 8: Smyslové orgány na tykadlech mravence (J. Sadil)
- Obr. 9: Schéma složeného oka mravence (J. Sadil)
- Obr. 10: Anatomie mravence (J. Sadil)
- Obr. 11: Umělé hnízdo s výběhem určeným na výzkum mravence *Formica polycтена*
- Obr. 12: Lesní cesta poblíž většího mraveniště
- Obr. 13: Původně mravenci velmi hustě osídlená část lokality
- Obr. 14: Trávou zarostlé a opuštěné hnízdo
- Obr. 15: Hnízdo s přesličkou zarostlým dvorem
- Obr. 16: Netýkavkou zarostlá obydlená kupa
- Obr. 17: Hnízdo s částečně obnaženým dvorem
- Obr. 18: Hnízdo vytvořené u báze smrku
- Obr. 19: Hustě osídlená část lokality
- Obr. 20: Pohled na horní část kupy velkého hnízda



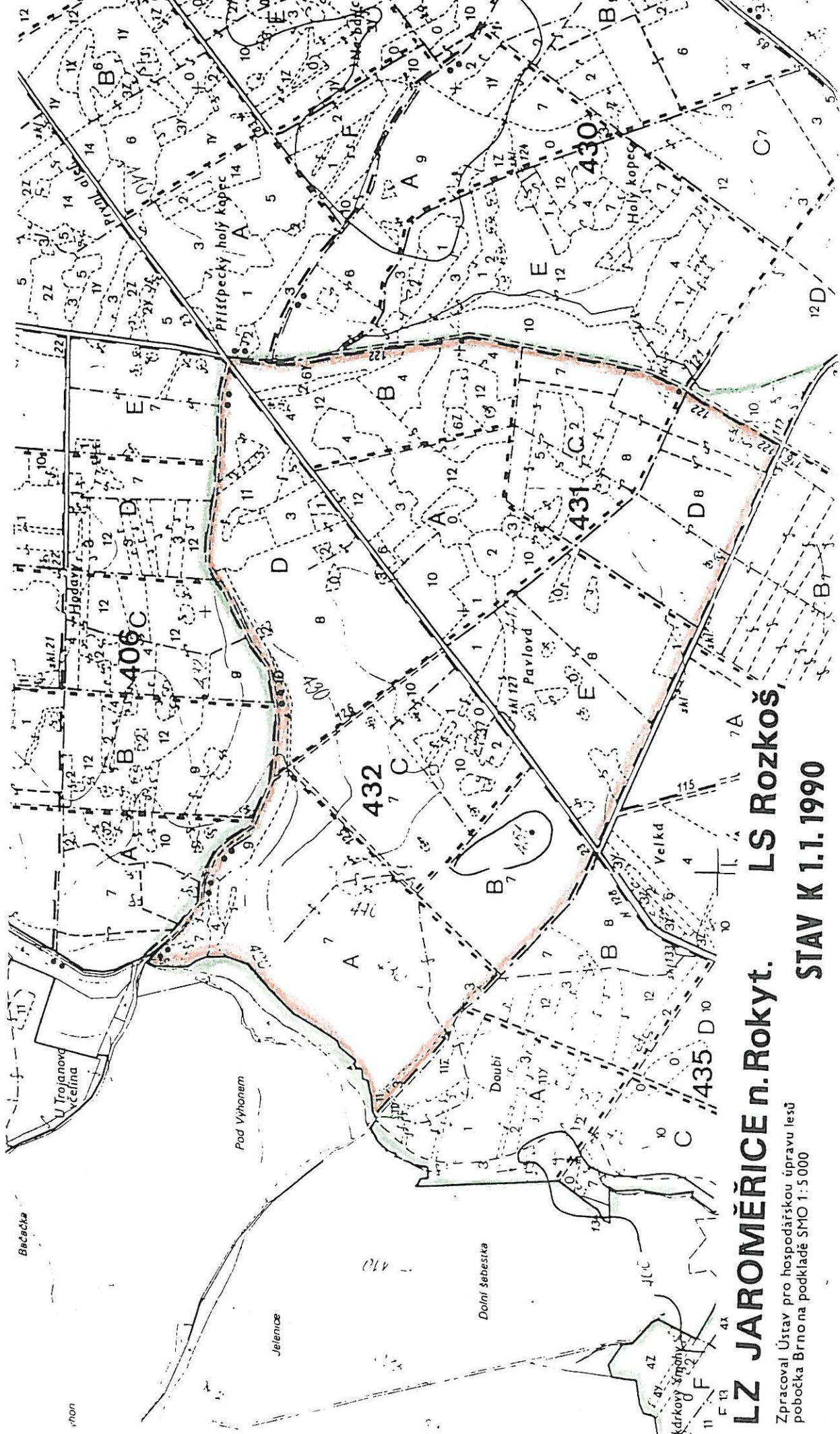
Obr. 1: Poloha lokality Rozkoš



LS JAROMĚŘICE n. Rokyt. LS Rozkoš, TYPOLOGICKÁ MAPA

Zpracoval Ústav pro hospodářskou úpravu lesů
 obojčka Brno na podkladě SMO 1:5 000

Obr. 2: Typologická mapa severní části lokality Rozkoš

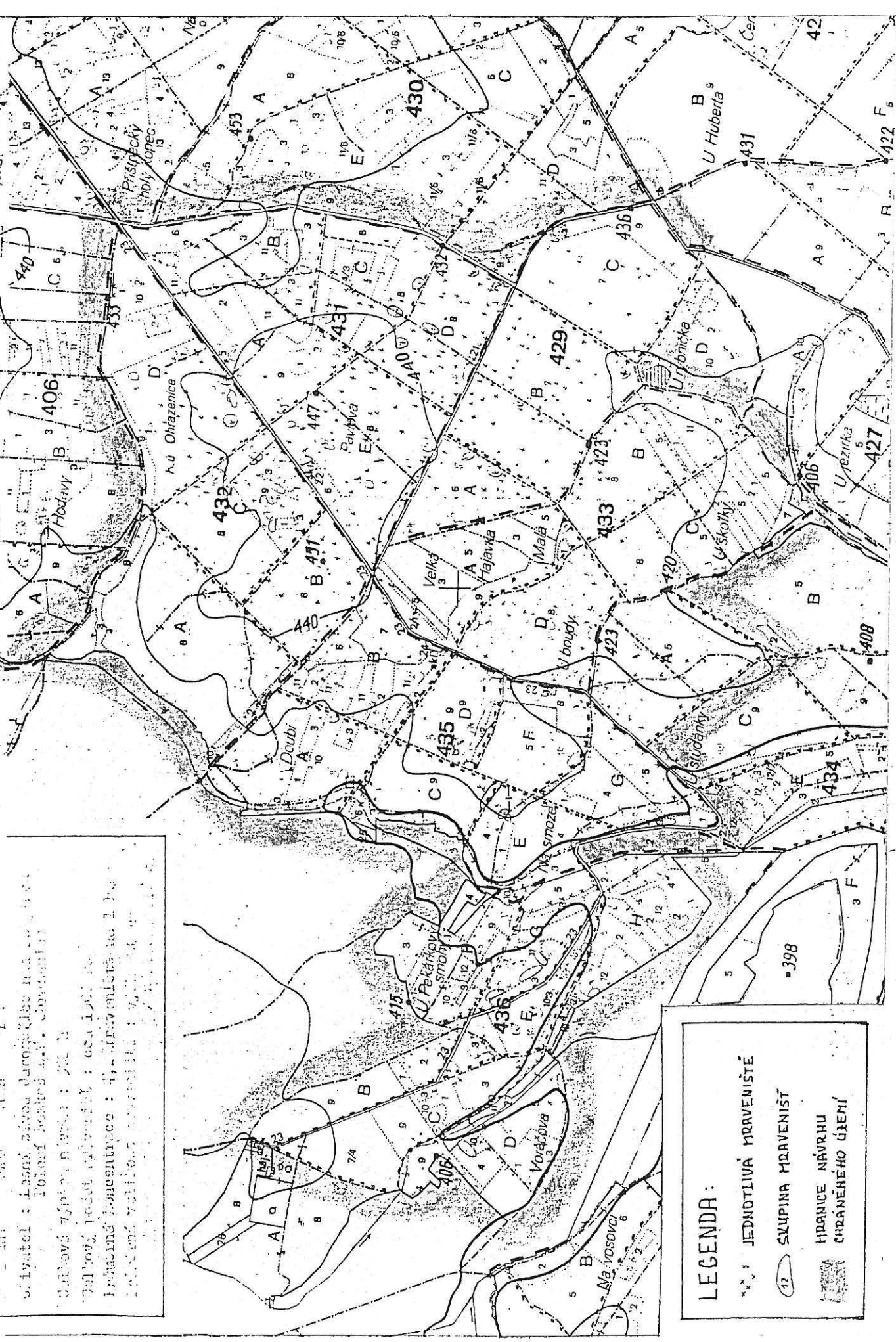


LZ JAROMĚŘICE n. Rokyt. LS Rozkoš
STAV K 1.1. 1990

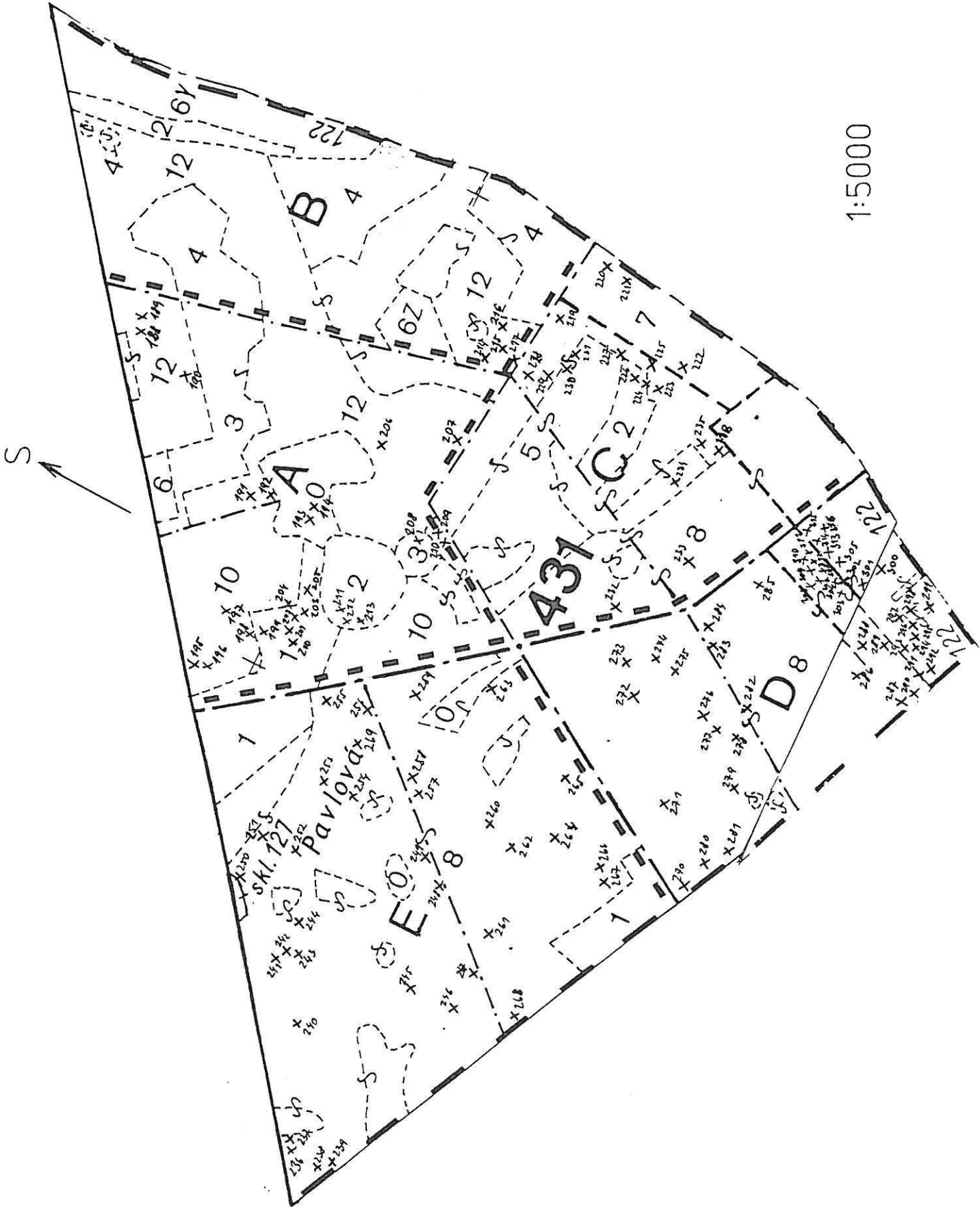
Zpracoval Ústav pro hospodářskou úpravu lesů
 pobočka Brno na podkladě SMO 1:5000

hranice sledované části lokality

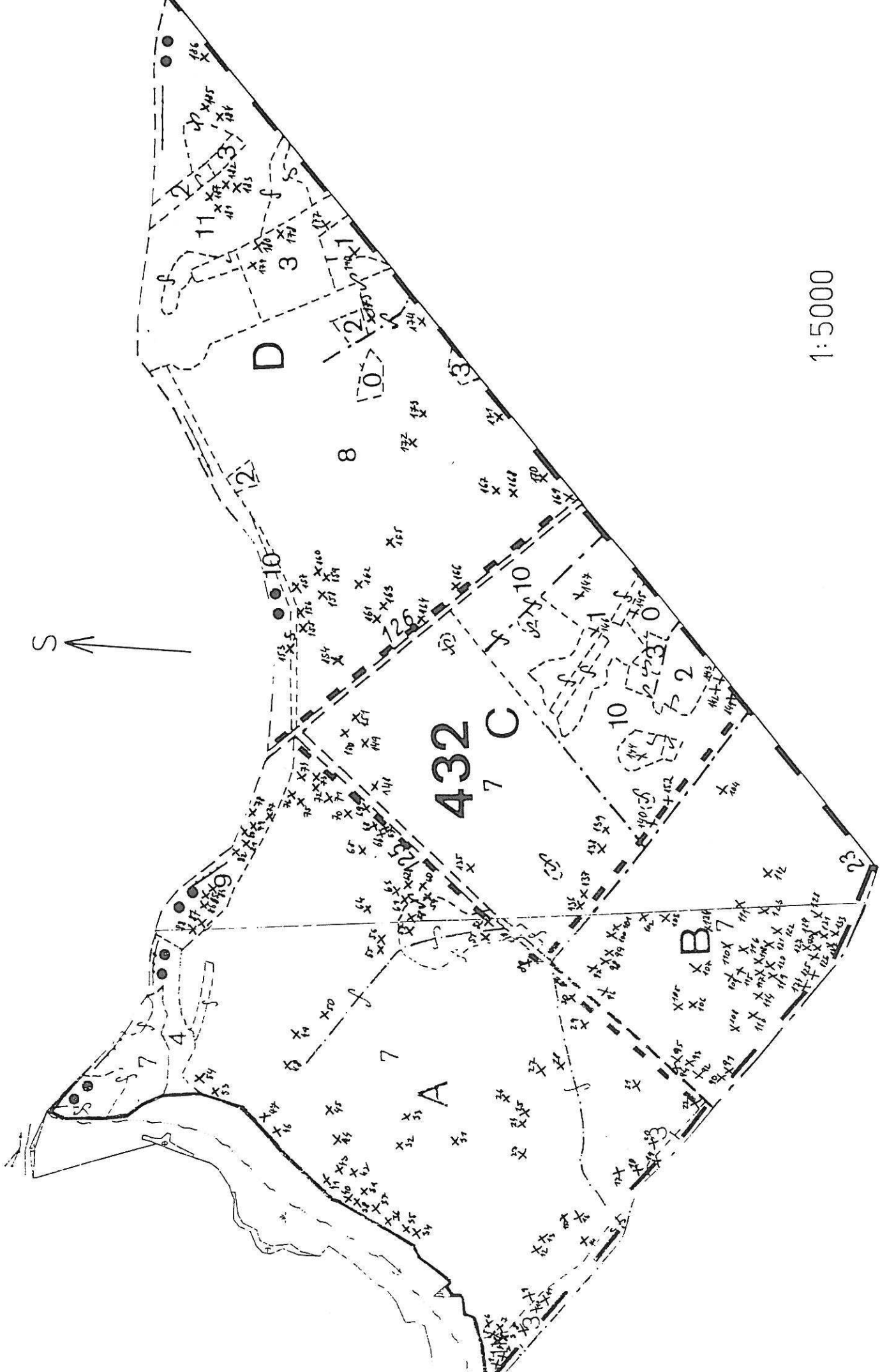
Obr. 3: Lesní porostová mapa severní části lokality Rozkoš



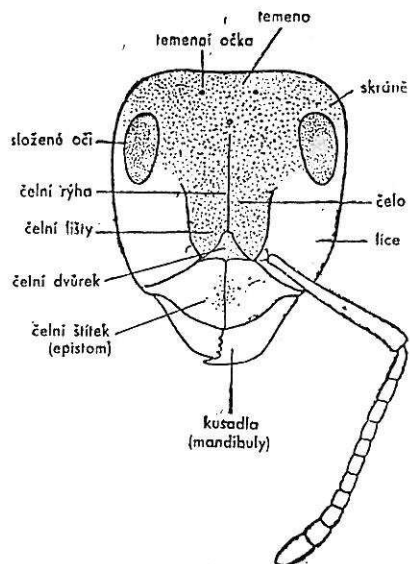
Obr. 4: Inventarizační mapa lokality Rozkoš - rok 1985 (J. Vybíral)



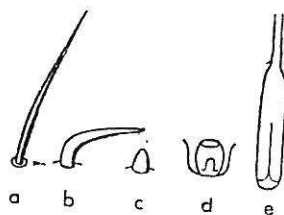
1:5000



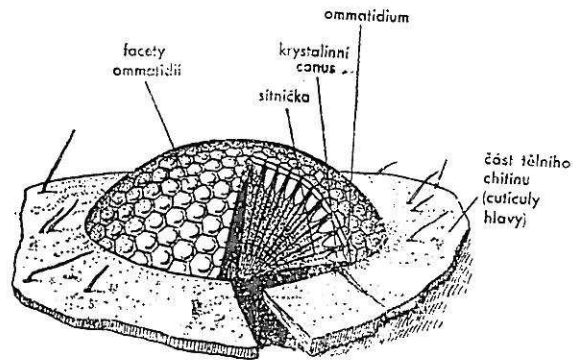
Obr. 6: Inventarizační mapa oddělení 432 rok 1990 (1:5000)



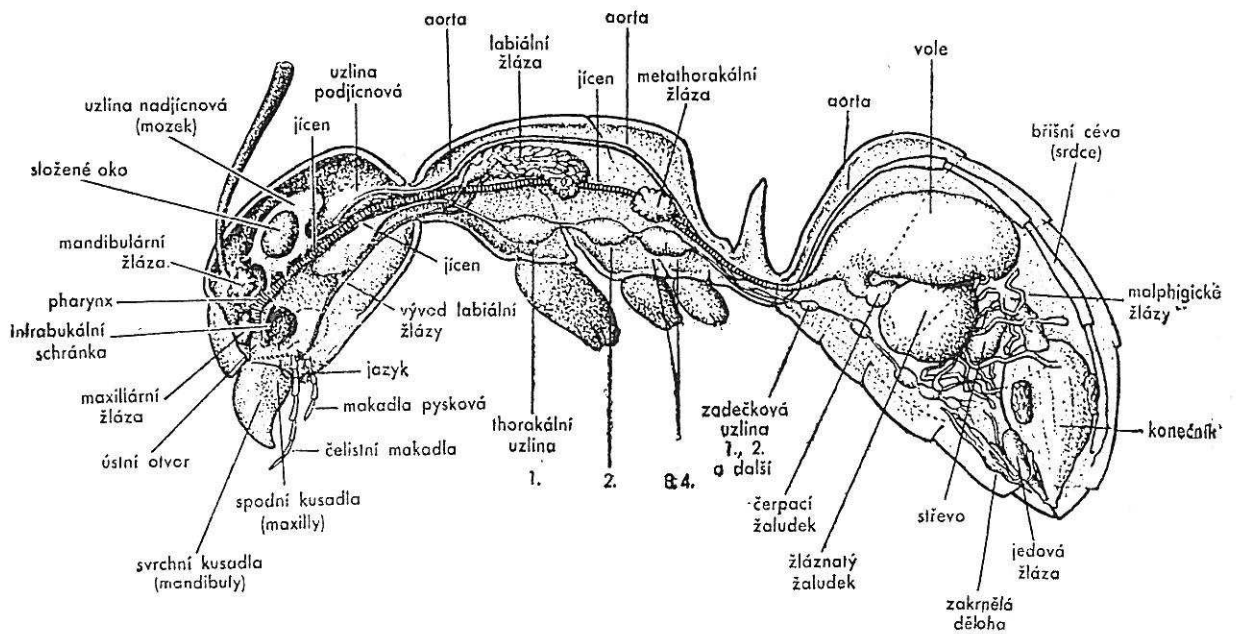
Obr. 7: Hlava mravence druhu *Formica rufa*
(převzato ze Sadila 1955)



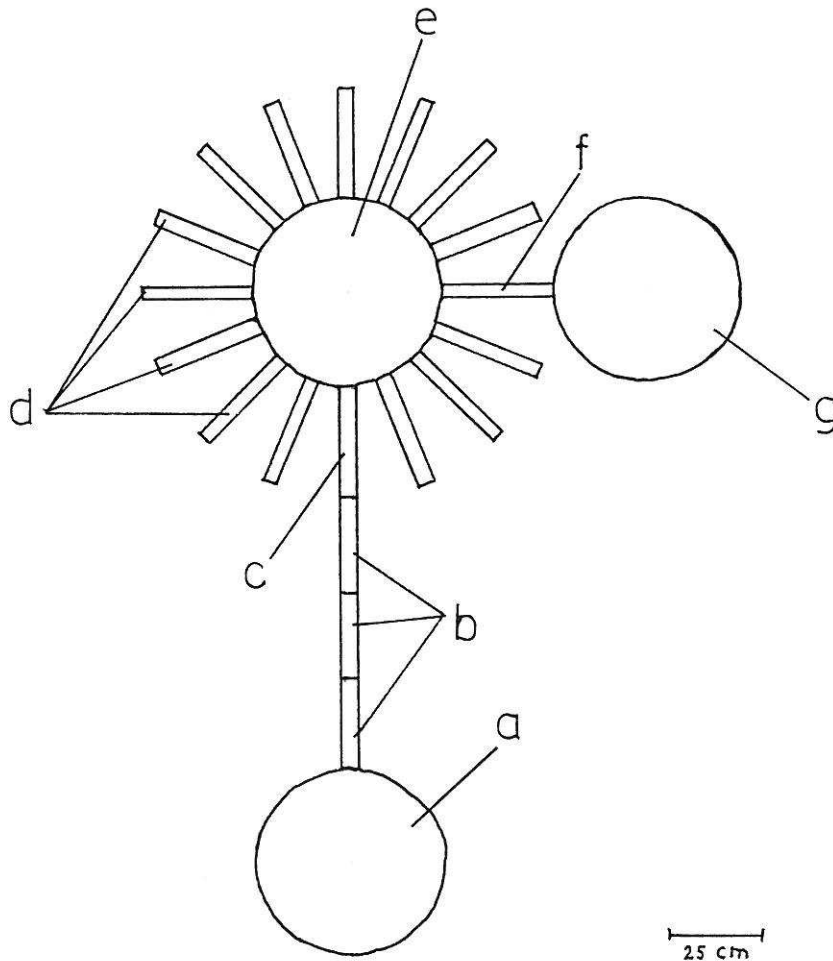
Obr. 8: Smyslové orgány na tykadlech mravence
 a - sensilla trichodea
 b - sensilla curvata
 c - sensilla basiconica
 d - sensilla coeloconica
 e - sensilla ampullacea
 (převzato ze Sadila 1955)



Obr. 9: Schéma složeného oka mravence
(převzato ze Sadila 1955)



Obr. 10: Anatomie mravence
(převzato ze Sadila 1955)



Obr. 11: Umělé hnízdo s výběhem určeným na výzkum mravence *Formica polyctena*

- a - umělé hnízdo
- b - stabilní části chodby *h*
- c - otočná část chodby *h*
- d - slepé chodby
- e - kruhový výběh *e*
- f - chodba *p*
- g - kruhový výběh *p*
- h - potrava



Obr. 12: Lesní cesta poblíž většího mraveniště
(lokalita Rozkoš, srpen 1999, foto J. Vrátil)



Obr. 13: Původně mravenci velmi hustě osídlená část lokality - nyní je zde počet hnízd pro zarůstání podrostem silně redukován (lokalita Rozkoš, srpen 1999, foto J. Vrátil)



Obr. 14: Trávou zarostlé a opuštěné hnízdo (lokalita Rozkoš, srpen 1999, foto J. Vrátil)



Obr. 15: Hnízdo s přesličkou zarostlým dvorem
(lokalita Rozkoš, srpen 1999, foto J. Vrátil)



Obr. 16: Netýkavkou zarostlá obydlená kupa
(lokalita Rozkoš, srpen 1999, foto J. Vrátil)



Obr. 17: Hnízdo s částečně obnaženým dvorem
(lokality Rozkoš, srpen 1999, foto J. Vrátil)



Obr. 18: Hnízdo vytvořené u báze smrku
(lokality Rozkoš, srpen 1999, foto J. Vrátil)



Obr. 19: Hustě osídlená část lokality - v záběru je možno spatřit pět hnízd
(lokality Rozkoš, srpen 1999, foto J. Vrátil)



Obr. 20: Pohled na horní část kupy velkého hnízda
(lokality Rozkoš, srpen 1999, foto J. Vrátil)