

Univerzita Karlova
Pedagogická fakulta
Katedra biologie a environmentálních studií

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Možnost využití mravenců jako modelového organismu
v badatelsky orientovaném vyučování

Possibilities of using ants as model organisms in inquiry-based
education

Vojtěch Neumann

Vedoucí práce: PdDr. Karel Vojtýř Ph.D
Studijní program: Biologie, geologie a environmentalistika se zaměřením na
vzdělávání

2024

Odevzdáním této bakalářské práce na téma Možnosti využití mravenců jako modelového organismu v badatelsky orientovaném vyučování potvrzuji, že jsem ji vypracoval pod vedením vedoucího práce samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury. Prohlašuji, že jsem při její tvorbě nepoužil nástrojů umělé inteligence jiným způsobem, než je uvedeno ve vyjádření, které je součástí textu práce. Dále potvrzuji, že tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

V Praze dne 1. 11. 2024

Tímto bych rád poděkoval všem, kteří mě při psaní práce podporovali. Hlavní dík patří vedoucímu mé práce PdDr. Karelvi Vojtýřovi Ph.D trpělivost a podmínky. Dále pak MgA. Kláře Růžičkové za gramatickou a editorskou korekturu.

ABSTRAKT

Cíl práce je vytvoření návodu, jak zajímavě představit mravence žákům ze základních a středních škol. Součástí práce je seznámení se zajímavými způsoby chování na praktických příkladech cizokrajných mravenců, jelikož se na nich dá problematika lépe přiblížit žákům. V další části je podrobný popis chování mravence lesního a organizace jeho kolonií. Poté následuje praktická část zaměřená na vytvoření návodu, jak se o mravence starat, a to od královny až po plnohodnotnou kolonii ve formikáriu, součástí je i jak pro mravence postavit výběhy a jaké mají mravenci požadavky na rozvoj své kolonie. V poslední části jsou připravené cvičení a pokusy, které lze s mravenci provést. Ty jdou od prezentací, až po pokusy s živými mravenci, čímž by se měli žáci naučit samostatné práci. Jedná se tedy o širokou nabídku, z níž si může vybrat i pedagog, který nechce mravencům příliš věnovat čas. Cvičení jsou ohodnocena, jak z hlediska náročnosti pro pedagoga, tak z hlediska badatelsky orientované výuky. Od práce očekávám, že pomůže pedagogům, jak s teoretickou přípravou, tak s přípravou praktickou. Vzhledem ke společenskému způsobu života mravenců, je možné propojit i se společenskými vědami.

KLÍČOVÁ

Mravencovité, Výuka, Chov mravenců, Vzorce chování mravenců

SLOVA

ABSTRACT

The aim of the work is to create a guide on how to introduce ants to pupils from primary and secondary schools. Part of the work is familiarization with interesting ways of behavior using practical examples of foreign ants, as the problem can be better explained to the students through them. In the next part, there is a detailed description of the forest ant's behavior and the organization of its colonies. This is followed by a practical part focused on creating instructions on how to care for ants, from the queen to a full-fledged colony in a formicarium. It also includes how to build enclosures for ants and what requirements ants have for the development of their colony. In the last part, there are prepared exercises and experiments that can be carried out with ants. These range from presentations to experiments with live ants, so that students should learn to work independently. There is therefore a wide range, from which even a teacher who does not want to spend too much time on ants can choose. The exercises are evaluated, both in terms of difficulty for the teacher and in terms of research-oriented teaching. I expect from the work that it will help teachers, both with theoretical and with practical preparation. Due to the social way of life of ants, it is also possible to connect with social sciences.

KEYWORDS

Ants, Teaching, Ant keeping, Behavior patterns of ants

Obsah

Obsah

| | |
|--|----|
| Úvod | 8 |
| 1. Mravencovití (Formicidae)..... | 10 |
| 1.1. Obecný popis | 10 |
| 1.2. Uspořádání mravenčí kolonie | 12 |
| 1.2.1. Královna, samečci a dělnice | 12 |
| 1.2.2. Koloběh života kolonie a uspořádání mraveniště..... | 14 |
| 1.3. Mravenčí komunikace..... | 16 |
| 1.4. Mravenčí kolonie jako superorganismus | 17 |
| 1.5. Sociální parazité..... | 19 |
| 1.5.1. Sociální parazitismus mezi mravenci | 19 |
| 1.5.2. Sociální parazitismus jiným hmyzím druhem | 22 |
| 1.5.3. Sociální parazitismus obratlovcí | 23 |
| 1.6. Mravenčí sousedé | 24 |
| 1.7. Mravenci a rostliny | 26 |
| 1.8. Mravenci a životní prostředí | 27 |
| 2. Mravenec lesní, <i>Formica rufa</i> | 28 |
| 3. Chov | 31 |
| 3.1. Příprava chovu | 31 |
| 3.2. Založení kolonie | 33 |
| 3.3. Krmení kolonie | 35 |
| 3.4. Regulace tepla, vlhkosti a prostoru..... | 36 |
| 3.5. Čistění a symbiotické organismy..... | 37 |
| 4. Pokusy | 39 |

| | | |
|--------|--|----|
| 4.1. | Vytvoření prezentace žáky..... | 39 |
| 4.1.1. | Metodika pro pedagoga | 39 |
| 4.1.2. | Zhodnocení | 39 |
| 4.2. | Práce s pracovním listem | 40 |
| 4.2.1. | Metodika pro pedagoga | 40 |
| 4.2.2. | Návrh pracovního listu | 40 |
| 4.2.3. | Zhodnocení | 42 |
| 4.3. | Využití počítačových her | 42 |
| 4.3.1. | Metodika pro pedagoga | 42 |
| 4.3.2. | Zhodnocení | 43 |
| 4.4. | Pozorování venku | 43 |
| 4.4.1. | Metodika pro pedagoga | 43 |
| 4.4.2. | Zhodnocení | 44 |
| 4.5. | Práce s videi | 44 |
| 4.5.1. | Metodika pro pedagoga | 44 |
| 4.5.2. | Zhodnocení | 45 |
| 4.6. | Pokusy s mravenci | 45 |
| 4.6.1. | Metodika pro pedagoga | 45 |
| 4.7. | Chov mravenců | 48 |
| 4.7.1. | Metodika pro pedagoga | 48 |
| 4.7.2. | Zhodnocení | 48 |
| | Závěr..... | 48 |
| | Seznam použitých informačních zdrojů | 50 |

Úvod

Téma bakalářské práce se týká mravencovitých a jejich využití ve výuce. Mravenci jsou fascinujícím živočišnou skupinou, která přitahuje lidskou představivost, vždyť nám jsou v mnohém podobní. Žijí v ohromných společenstvích a staví, vedou války, obchod, mají zemědělství. Jedná se navíc o starobylou skupinu, a jestli jsou lidé pyšní na svou civilizaci, mravenci nás často dokázali předběhnout. Tato práce si klade za cíl prozkoumat, jak tuto skupinu představit pro žáky základních a středních škol. Práce by měla sloužit pedagogům jako návod, jsou v ní jak znalosti, tak návrhy praktických cvičení.

V první části si kladu otázku, zda se populární názor o mravenčích společenstvích a jejich složitosti zakládá na pravdě. Zde pracuji metodou rešerše, a získané znalosti se snažím přiblížit na konkrétních příkladech, díky tomu případný pedagog může využít tuto část jako zdroj inspirace, a může se od nich dostat k představením jednotlivých zástupců. Součástí je i obecný úvod, kde popisují stavbu mravenčího těla a jejich kolonie a mraveniště.

V druhé části popisují problematiku a postup chovu mravenčí kolonie. Zde vycházím z praktických zkušeností chovatelů. Pro pedagoga by tato část měla vytvořit návod, pokud se rozhodne mravence chovat, aby mohl předvést žákům živé exempláře a pokusy. Chov mravenců se v poslední době velmi rozvíjí i díky příspěvím videí na Youtube. Tím se může každý dostat k potřebným informacím, ale ne všechny jsou v praxi ověřeny.

Ve třetí části jsem vytvořil cvičení a pokusy, které by měly mravence žákům představit. Cvičení a pokusy jsem připravil na různých úrovních, aby si mohl učitel vybrat, která vyhovuje jeho situaci nejvíce. Přitom jsem vycházel z principů badatelsky orientované výuky, aby se žáci aktivně sami zapojili. Zároveň jsem vytvořil i cvičení pro případ, že není možné provést aktivní pokus, a upozornil pedagoga na problematické části některých pokusů, v tom je zahrnuta i příprava

pedagoga, která může být v některých případech značná, a i finančně a časově náročná.

1. Mravencovití (Formicidae)

Mravencovití patří mezi jednu z nejúspěšnějších skupin hmyzu s rozšířením téměř po celém světě. Najdeme je od chladných lesů Finska až po tropické deštné lesy. Dokáží se přizpůsobit životu i ve zcela zdevastovaných krajinách a ve městech. Podařilo se jim dostat na všechny oceánské ostrovy. Přestože nepředstavují více než 2% z hmyzích druhů, jejich celková biomasa může tvořit až polovinu biomasy veškerého hmyzu.¹ Jedná se tedy o velmi úspěšnou čeleď. Jejich hlavní výhodou je jejich společenský způsob života a z něj vyplývající dělba práce.² I díky tomu jsou schopni vytvořit mravenčí supervelmoci, obří soustavu vzájemně spolupracujících mravenišť, která mají dohromady populaci až ve stovkách milionů jedinců.

1.1. Obecný popis

Mravenci jsou zařazeni do řádu blanokřídlých, kde se nacházejí i včelovití a sršňovití, jejichž někteří zástupci se také řadí mezi společenský hmyz.³ Jejich první zástupce můžeme najít již v období křídy, ale na svůj hlavní nástup museli počkat až do období kenozoika. Tam mohou tvořit až 40 % nalezených hmyzích zkamenělin.

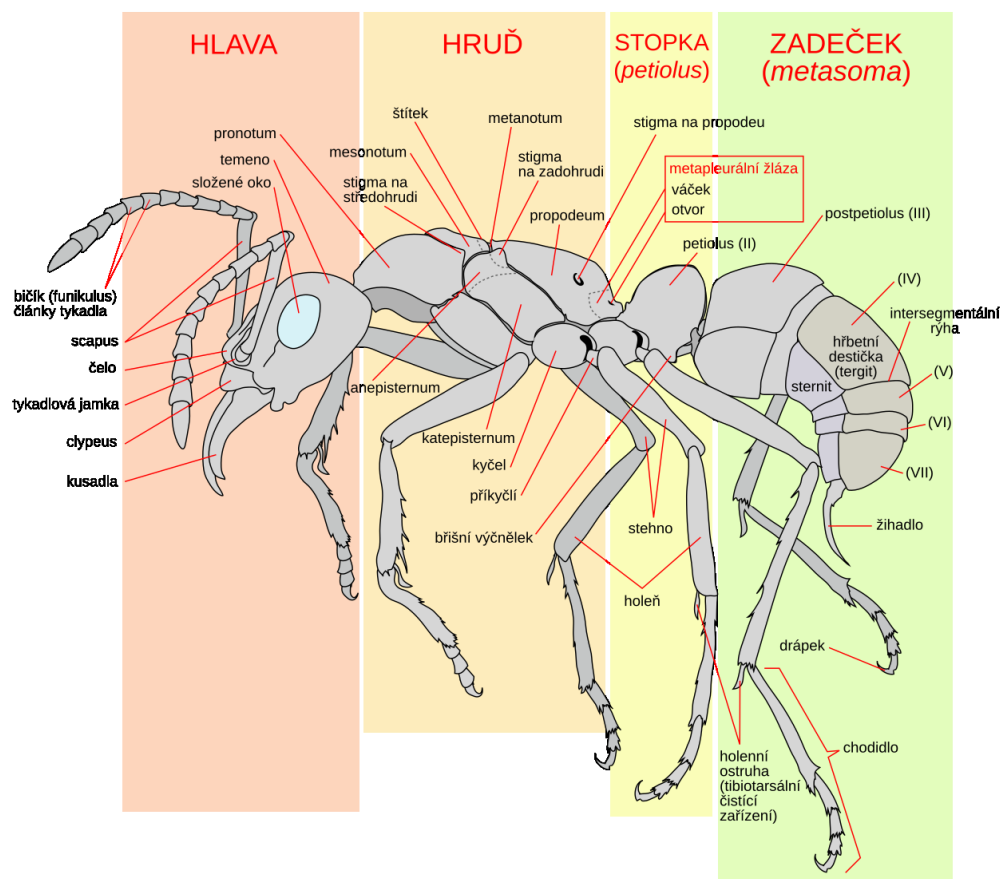
Mravenci jsou drobný hmyz s jasně rozděleným tělem na hlavu, hrud' a zadeček, přičemž zadeček je oddělen stopkou, a je tedy značně pohyblivý. Tělo může být pokryto chloupky. Jednotliví mravenčí zástupci se od sebe mohou značně lišit, a to jak barevně, či velikostí. Všichni mravenci nicméně druhotně ztratili možnost letu a přišli o křídla, s výjimkou královen a samců při rojení. Mravenčí končetiny se zásadně neliší od ostatních zástupců hmyzu, vychází z hrudi a dělí se na kyčel, příkyčelí, stehno, holeň a chodidlo. Za důležitou část těla je nutné považovat mravencova kusadla, která pro něj plní podobnou funkci, jako

¹ (ŽDÁREK, 2013 str. 327)

² „Podle našeho názoru je konkurenční výhodou, která vedla k světové dominanci mravenců jako skupiny, jejich vysoce vyvinutý koloniální způsob života založený na oběti jednotlivců. Zdá se, že za určitých okolností socialismus skutečně funguje. Karel Marx jenom pracoval se špatným druhem,“ (HÖLDOBLER, a další, 1997 str. 18).

³ Typickým příkladem je včela medonosná.

pro člověka ruce. Mravenci je používají nejen na zabíjení, ale i na přenášení, hloubení, či je používají k vzájemnému čištění.



Obrázek 1

4

Z hlediska vnitřní stavby jsou mravenci typickými zástupci hmyzu. Jejich opěrnou soustavu tvoří exoskeleton, to jest vnější kostra, která chrání tělo mravence a na kterou se upínají svaly. Dýchají pomocí vzdušnic, kdy výměna kyslíku a oxidu uhličitého probíhá přes soustavu trubiček, jejichž vyústění se nazývá stigmata. Jejich oběhová soustava je otevřená, kdy dorzální aorta pumpuje bezbarvou hemolymfu přímo do orgánů. Nervový systém je tvořen centrální nervovou páskou, která je na břišní straně těla a je doplněna několika ganglii.

⁴Obrázek převzat z Wikipedie (Wikipedie, 2024)

Co se týče rozmnožování, mravenci patří mezi typické zástupce hmyzu s přeměnou dokonalou, tedy z vajíčka se nejprve vylíhne larva, která je nepodobná dospělému jedinci, ta se posléze zakuklí a teprve z kukly se vylíhne dospělý jedinec. Nicméně největší zvláštností mravenců (a jiného společenského hmyzu) u rozmnožování je, že vajíčka mohou klást pouze královny.

1.2. Uspořádání mravenčí kolonie

Jak již bylo zmíněno, mravenci žijí v obřích koloniích a každý jedinec se narodí do kasty, která určuje jeho úkoly po zbytek života a sám mravenec je na kolonii odkázán a nemůže bez ní sám přežít a rozmnožit se. I díky tomu se o mravenišťích někdy mluví jako o superorganismech. Díky dělbě práce mohou mravenci nejen více riskovat při shánění potravy, ale i vybudovat působivá stavební díla. U mravenců se vyskytují tři základní kasty: královna, trubec a neplodné dělnice.

1.2.1. Královna, samečci a dělnice

Hlavním a po značnou část života jediným úkolem **královny** je klást nová vajíčka. Záleží tedy na ní přežití kolonie. Z titulu královna by se mohlo zdát, že je ostatním mravencům nadřazená a že snad vydává rozkazy, ale pravda je značně odlišná. Po většinu života je to nesamostatný jedinec, o kterého se neustále celá kolonie stará, vodí ji z komůrky do komůrky, krmí ji a brání. Kolonie je ochotná obětovat nesčetné zástupy dělnic, pokud to ochrání královnu, a to jak při boji, tak i v případě nedostatku potravin. Všechny dělnice jsou její dcery a se smrtí královny kolonie umírá. Výjimku zde tvoří několik druhů mravenců, například obecně známí faraoni, drobní mravenci původem z trop, kde se může v mraveništi nacházet více královen. Takové kolonie jsou fakticky nesmrtelné. Jedná se nicméně o výjimku, neboť daň za nesmrtelnost je nižší přizpůsobivost. Dochází zde k tomu, že královny jsou oplodněny vlastními bratry a bratrance a není zde tedy paticíčná genová diverzita. Pro pochopení života královny je nutné uvést její kritickou roli při vzniku nové kolonie, kdy královna, v rozporu s její pozdější nemohoucností, je sama zodpovědná za její založení. V péči o první dělnice jí nikdo nepomáhá.⁵

⁵ (HÖLLDOBLER, a další, 1997 stránky 22-28)

Úkolem **samečků** je pouze oplodnit královnu. Po oplodnění umírají. Jenom malému zlomku se v tomto cíli podaří uspět. Protože se na chodu mraveniště nijak nepodílí, je o jejich kastě možno mluvit jako o dočasné.⁶ Samečci se v kolonii nemusí objevit poměrně dlouho od založení, záleží, jestli má kolonie dost příhodné podmínky, aby se pokusila o rozmnožení.

Dělnice jsou kastou, se kterou se člověk nejčastěji setkává. Jedná se o neplodné samičky, dcery královny, a jejich úkolem je vlastní péče o mraveniště. Sbírají potravu, chrání kolonii před vetřelci, pečují o larvy a kukly, hloubí a staví mraveniště. Jejich úkoly jsou nesmírně rozmanité, ale není to tak, že by každá dělnice mohla dělat všechno. Dělnice se nadále dělí, často je vydělena skupina válečnicků, kteří jsou větší než ostatní dělnice. Další způsob dělení je podle stáří, kdy staré dělnice se často posílají na výzvědy a průzkum, zatímco mladší jedinci zůstávají v mraveništi. Například u druhu *Colobopsis saundersi*, Malajský vybuchující mravenec, může starší dělnice při obraně hnízda stáhnutím svalů explodovat a postříkat protivníky lepivým a korozivním sekretem.⁷ Naproti tomu válečníci nemají podobné vzorce chování. Rozdílné postavení a důležitost můžeme pozorovat i u toho, jak tráví čas a kde je najdeme. Válečníci jen zřídka opouštějí hnízdo, a získávání potravy obstarávají dělníci.

Jak již bylo naznačeno, mezi mravenčími kastami jsou jasné rozdíly, a to jak v způsobu chování, tak v jejich vzhledu. Královna je největší, po ní je sameček. Mezi dělnicemi jsou velké rozdíly, ale jsou nejmenší. Podobné rozdíly vidíme i v tom, jak dlouho kasta žije. Zatímco královna může žít i dvacet let, trubci umírají již pár hodin či dní od opuštění mraveniště. Dělnice může žít i několik let.⁸

Při popisu kast by bylo na místě se zmínit i o mravenčích larvách a kuklách. Ty sice netvoří samostatnou kastu v pravém slova smyslu, jedná se jen o přechodové stádium dospívání mravence, nicméně i v kolonii mají své speciální postavení. Jelikož se jedná o budoucnost kolonie, jsou bráněni stejně jako královna, či naopak jsou vítanou kořistí

⁶ (HÖLLDOBLER, a další, 1997 str. 24)

⁷ (LACINY, a další, 2018)

⁸ (HELB, 2017 str. 41)

útočníků. U rodu *Anomma*, což jsou stěhovaví mravenci, se fáze usedlá a stěhovavá střídají i proto, aby bylo možno nakrmit nové dělníky, kteří se rodí po vlnách. Což nicméně znamená, že i larvy a kukly se vyskytují jen v určitých fázích cyklu, tedy v době, kdy se larvy zakuklí, se mravenci usadí, a do fáze stěhovavé přejdou až s novými dělníky.⁹

1.2.2. Koloběh života kolonie a uspořádání mraveniště

Celkový koloběh života kolonie začíná při rojení. Tehdy vylézají z mateřského mraveniště mladé královny a samečci. Při tom vylétají a hledají si partnery z ostatních mravenišť. Protože se nejedná o zdatné letce, stávají se snadnou kořistí predátorů, někdy jen spadnou do vody nebo se vzájemně nenajdou. Po spáření sameček umírá a samotná královna hledá místo, kde by mohla začít stavět mraveniště. Její šance jsou téměř rovny nule. Pokud je nalezne, nemá vyhráno. Přijde o křídla a musí sama vyhloubit první komůrku snést první vajíčka, postarat se o larvy a přivést na svět první dělnice. Poté může, v závislosti na dostupnosti potravy, trvat i několik let, než je mraveniště schopno dalšího rojení.

Pro mravenčí kolonii má velký význam jejich mraveniště. Jedná se o (zvláště při pohledu na mravenčí velikost) ohromné stavby. Zpravidla jde o složitou zmeť chodeb a komůrek vyhloubenou v zemi. Nicméně není to jen chaos, v mraveništi je potřeba udržovat teplotu a

⁹ (ŽDÁREK, 2013 str. 352)

čistotu. Na obrázku vidíme příklad typické konstrukce.



Obrázek 2

10

Existují ale i jiné způsoby uspořádání, například rod *Anomma* si hnízda nestaví. Na každou noc je hnízdo vytvořeno z těl mravenců, vnější obal tvoří válečníci, a vnitřní komůrky dělnice. A o tkalcích a jejich způsobu stavby mraveniště je psáno dále.

¹⁰ Obrázek přejat z (TSCHINKEL, 2021)

1.3. Mravenčí komunikace

Jestliže jsou mravenci takto rozdělení a specializováni, nabízí se otázka, jak se mohou takto účinně organizovat. Mravenci používají celou řadu způsobů komunikace, nicméně nejdůležitějším jsou feromony. To jsou přírodní chemické látky, kterými živočichové ovlivňují chování ostatních tvorů. Například královna vylučuje feromony, které zabraňují dělnicím pohlavně dospět. Dalším způsobem využití feromonů je označení území, či cesty vedoucí k potravě. Tyto sdělení mohou být i velmi komplikovaná.

Při zaranžované válce *Oecophylla longinoda*, mravence tkalce, dali výzkumníci do blízkosti k sobě dvě mraveniště a mezi nimi umístili arénu. Nejdříve umožnili mravencům z jednoho mraveniště, aby si arénu označili vlastními výkaly. Když do ní poté pustili samostatně mravence z druhého mraveniště, okamžitě to vyvolalo nepřátelskou reakci. Poté co na místo začali pouštět obě mraveniště, byla jednoznačně vidět velká míra sofistikovanosti jejich komunikace. Dělnice si byli schopni předat zprávu nejen o tom, kde se nepřítel nachází, ale i o koho a co jde. Jsou i schopny koordinovat své útoky. První mravenec se například snaží o znehybnění protivníka a další se ho teprve snaží zabít.¹¹

Tento způsob komunikace nemá nicméně využití jen v boji, tkalci jej využívají i při stavbě svých kolonií. Tkalci žijí ve větvích stromů, kde si z listů staví hnízda. Listy k sobě ohýbají. Tato práce vyžaduje velkou koordinaci, a to na vytvoření řetězu z mravenců, kterým k sobě listy mohou přitáhnout. A také v tom, kolik je potřeba vytvořit řetězů, aby byla vyvinuta síla, které je potřeba na stažení listů k sobě. Poté jsou listy sešity k sobě pomocí hedvábného vlákna, které produkují larvy. Tkalci poznají, které listy mají využít tak, že prozkoumají okolí a hledají, které listy se byt' jen malinko pohnou, když za ně zatáhnou.

Tím se dostáváme k dalším způsobům komunikace. Důležitá je třeba komunikace dotykem, kdy si mravenci mohou předávat potravu. Mravenec, když se jej něco dotkne v oblasti labia, vyzvrátí obsah svého volete, také zvaného sociální žaludek. Tím může nakrmit jiné jedince. To může nabýt až extrémních situací u druhu *Myrmecocystus mimicus*, Mravenec medonoš. U něj jsou některé dělnice využity jako živé spižírny.

¹¹ (HÖLLDOBLER, a další, 1997 stránky 33-34)

Překrmují se, až mají jejich sociální žaludky osminásobnou váhu celého mravence. Potrava je v nich uložena ve formě medu a každý mravenec si může v případě potřeby dojít pro příděl potravy.¹²

Tento druh nás může překvapit i jiným druhem komunikace, a sice diplomacií mezi jednotlivými mraveništi. Když dojde při hledání potravy ke střetu mezi mravenci z různých mravenišť, uchýlí se k ritualizovanému boji. Mravenci se rozdělí na dvojice, které se k sobě pohybují na napjatých nohách a se zvednutým zadečkem. Snaží se jeden druhého zastrašit, vylézají na kamínky a vráží do sebe. Po nějaké době se zase vrací ke svým družkám. Tyto souboje mohou trvat i několik dní. Turnaj má více cílů, zaměstnat druhé mraveniště, aby mohli dělníci ukořistit více potravy, ale i odhadnout sílu druhé kolonie. V případě, že je druhá strana výrazně slabší, z rituálního boje se stane boj skutečný a silnější mraveniště se pokusí vyplenit to druhé, unést larvy, kukly dělnic i již vykrmené dělnice.

Mravenci se mohou dorozumívat i zvukem, a to jak neseným vzduchem, tak neseným zemí. Mravenci naopak nemohou příliš komunikovat pomocí zraku.

1.4. Mravenčí kolonie jako superorganismus

Jako hlavní příklad mravenčího superorganismu bych zde uvedl rod *Atta*, neboli střihači. Jedná se o zemědělce, kteří se živí houbami. Ty pěstují na rostlinném substrátu, který donáší do hnízda. Houbu si každá královna bere z mateřské kolonie. Péče o houbu není úplně jednoduchá, je nutné udržovat stálé prostředí. Takto vzniklá hnízda mohou nabývat obrovských rozměrů.¹³ Kolonie je rozdělena do mnoha tříd podle velikosti a tyto třídy jsou neprostopupné a vzájemně nezastupitelné. Největší jsou vojáci, jejichž kusadla dokáží propíchnout i lidskou kůži. Pod nimi jsou dělnice, jejichž úkolem je dostat ukrojené části rostliny do mraveniště. Zde je rostlina zpracována menšími dělnicemi, tedy je nastříhána a nadrcena. Poté je hmota vytvarována a začínají se o ni starat ty nejmenší dělnice. Ty substrát pravidelně olizují a čistí, odnášejí zárodky jiných hub a bakterií. Jiné nosí vodu, na farmách je až devadesáti procentní vlhkost. Houba v ideálních podmínkách roste rychle a již brzy z ní mravenci začínají odkusovat části, na kterých se poté živí celá kolonie. Tyto

¹² (ŽĎÁREK, 2013 str. 386)

¹³ (HÖLLDOBLER, a další, 1997 str. 93)

nezbytné úkoly jsou poté završeny úklidovou třídou, což jsou ty nejstarší dělnice, které vyčerpaný substrát odnášejí na smetiště. Znovu si povšimněme, že na tuto nebezpečnou práci jsou určeny ty nejstarší a tedy postradatelné, kteří mají navíc zakázán vstup do ostatních částí mraveniště. Důvod je jednoduchý, na substrátu mohou vyrůst různé patogeny, například houby *Escovopsis*. Vzhledem k péči mravenců se dlouho nedařilo zjistit, co je výživová houba za druh, ti jí totiž nenechají vytvořit plodnice. Až v laboratorních podmínkách se zjistilo, že se jedná o kompletně nový druh, který dostal pojmenování *Leucocoprinus gongylophora*, bělohnojník paličkonosný. Pro mravence je neméně důležitou součástí bakterie *Streptomyces*, která je nezbytná pro potlačení již zmíněné *Escovopsis*.¹⁴

Jiným příkladem je válečné úsilí *Pheidole dentata*, mravence, který žije v Severní Americe při jižní části pobřeží Atlantického oceánu. V tomto prostředí se také vyskytuje druh *Solenopsis invicta*, červený ohnivý mravenec, který představuje pro kolonie značné riziko, a přežívají jen díky propracované obranné strategii. V první řadě mají speciální kastu válečníků, ti téměř nikdy neopouštějí mraveniště a nepomáhají dělnicím s prací. Dělnice naopak v okolí mraveniště prohledávají okolí a hledají potravu a nebezpečí. V případě, že narazí na červené ohnivé mravence, následuje extrémní obranná reakce. Dělnice běží zpět do mraveniště, zadeček vláčí po zemi, aby zanechala pachovou cestu. Tam vyprovokuje válečníky k útoku. Rozběhnou se v jejich stopách a snaží se cizího mravence zahubit. Přitom nepoužívají jed, nebo žihadlo, ale svá kusadla, kterými se snaží protivníka rozkrájet. Pokud se jim podaří červeného ohnivého mravence najít a zničit, snaží se zjistit, jestli byl sám a okolí i několik hodin zuřivě prohledávají. Tím fakticky oslepí nepřátelskou kolonii, která pak o nich neví, a tedy jsou před ní v bezpečí. Pokud ale tato taktika selže, a červení ohnivý mravenci pořád přicházejí, začnou se válečníci postupně stahovat k svému mraveništi. Dělnice, které se do boje nezapojili, vzrušeně probíhají mraveništem a burcují všechny členy kolonie. Zatímco válečníci drží obrannou linii, celá kolonie se připravuje k překvapivému výpadu. Najednou všechny dělnice, mnohé nesoucí larvy či kukly, vyběhnou ven z mraveniště a snaží se bojištěm proběhnout do bezpečí. Spolu s nimi prchá také královna. Tento výpad je masový, ale není koordinovaný, ani královna není nikým

¹⁴ (ŽDÁREK, 2013 str. 371)

chráněna či podporována, vskutku každý sám za sebe. Válečníci zatím položí život při obraně prázdného mraveniště. Dělnice a královna se po čase vrátí a pokusí se kolonii obnovit.¹⁵

Tyto z lidského pohledu bezcitné oběti se mohou dotknout i královen. Například u již zmíněného druhu *Myrmecocystus mimicus*, mravence medonoše. Jejich mraveniště spolu zakládá více královen. Výhody do začátku kolonie jsou zřejmé, mají rychlejší start, více dělnic. Ale harmonické soužití netrvá dlouho, když je kolonie ustanovena a zabezpečena, začínají mezi sebou královny soupeřit. Dominantní královna donutí královnu podřízenou se přitisknout na zem. Tyto královny jsou posléze z kolonie vyhnány, a to i vlastními dcerami.¹⁶ Při úsilí o zachování života superorganismu mraveniště není žádný mravenec ušetřen.

1.5. Sociální parazité

Jestliže jsem popsal složité vztahy, které v mraveništi panují a i to, jak jsou udržovány, asi nás nepřekvapí, že je možné na nich i parazitovat. Základem všech, i poměrně komplexních vztahů, jsou již zmíněné feromony, které, pokud je někdo dokáže napodobit, mravence přesvědčí, aby se choval proti zájmům kolonie. Na rozdíl od lidí nedovoluje nervová soustava mravence rozpoznat i tu nejjednodušší lest, pokud je správně zakódována.

1.5.1. Sociální parazitismus mezi mravenci

Příkladem extrémního parazitizmu je druh *Teleutomyrmex schneideri*, „konečný mravenec“ či „mravenec, který došel nejdál“, který parazituje na *Tetramorium caespitum* „mravenci drnovém“. Tento druh nemá kastu dělnic a je zcela odkázán na svého hostitele. Téměř celý život se přidržují zad hostitele, ujídají jeho potravu, nechají se od něj očišťovat. Byl zaznamenán i příklad, kdy na jedné královně hostitele bylo až osm královen parazita a změť jejich těl a noh jí zabraňovala v pohybu. Královny „konečného mravence“ jsou velmi plodné a péče o jejich potomstvo značně zatíží hostitelskou kolonii. Nevýhodou takového způsobu života je naprostá odkázanost na hostitele a „konečný mravenec“

¹⁵ (HÖLLDOBLER, a další, 1997 stránky 47-50)

¹⁶ (HÖLLDOBLER, a další, 1997 str. 60)

nedokáže sám přežít. Jejich tělo i naučené chování je velmi zdegenerované, nedokážou si ani sami obstarat potravu.¹⁷

Mnohem častější případ je otrokářství, kdy kolonie donutí dělnice z jiné kolonie, aby pro ně pracovali. Již zmíněný *Myrmecocystus mimicus*, mravenec medonoš, když přemůže sousední kolonii, unáší larvy, kukly i dělnice, aby pro něj pracovali. Přímo na tento styl života je specializován *Polyergus rufescens*, mravenec otrokářský. Jeho dělnice mají upravená kusadla, která jsou specializovaná na boj, ale nemohou je použít ani při péči o potomstvo ani se nemohou sami nakrmit. Můžeme tedy mluvit o převráceném poměru, kdy obvyklé kolonie mají výraznou převahu dělnic doplněnou malou kastou válečníků, zde není kasta dělnic, jen kasta válečníků. V mraveništi jen sedí v naprosté nečinnosti, případně žebrají podrobené otrokyně o potravu. Nicméně venku ožijí. Pokud se vrátí hlídka se zprávou, že našla mraveniště *Formica fusca*, mravence otročícího, válečnice se proberou k životu a v odpoledních hodinách vyrazí na lov. K cíli se přesunují neuvěřitelnou rychlostí 26 kilometrů za hodinu a mraveniště bez váhání napadají. Pokud se někdo brání, je bez milosti usmrcen. Poté se amazonky, jak se jim také jinak říká, vrací s náloží kukel a larev.¹⁸ Při návratu předají kořist již zotročeným dělnicím a znovu upadají do netečnosti. A tak se otrokyně starají, krmí, vychovávají a budují mraveniště pro své otrokáře. Nabízí se otázka, proč nikdy nedojde ke vzpourám. U mravenců k žádným pokusům o vzpuru nedochází. Jedním z důvodů je způsob komunikace přes feromony, otrokyně pokládají otrokáře za své vlastní příbuzné. Naopak své biologické příbuzné už nedokážou rozpoznat a tedy, i kdyby uprchli, tak nemají kam jít. A pak je zde otázka přežití mravenčího superorganismu – dělnice se sami nerozmnožují, ale pečují o otrokáře

¹⁷ (HÖLLDOBLER, a další, 1997 str. 101)

¹⁸ "Válka je jediným zaměstnáním amazonek, je pro ně otázkou života nebo smrti. Musejí za každou cenu neustále získávat otroky. Ať je počet protivníků jakýkoliv, útočí zuřivě, nikdy neustupují a míří jen na hlavu. Jejich taktika nemá té pružnosti a inteligence jako u Krvavých (tj. *Formica sanguinea*, mravenců loupežných), nemá ani té jejich laskavosti a dobrotivosti, která jim brání zasadit nepříteli smrtelnou ránu, když jí není třeba k vítězství. Krvavá se s ní rve, aby uchvátila žádoucí kořist, Amazonka jí ihned ukousne hlavu a tu pak, ještě zakousnutou do zápotku, unáší s lupem domů. Někdy jsou v bitvě uchváceny tak krvelačnou zběsilostí, že roztrhají všechno, co jim přijde pod kusadla: larvy, kukly, kousky dřeva, své spolubojovnice a rovněž i otrokyně, které se je snaží uklidnit" (ŽĎÁREK, 2013 str. 453)

zajišťují, že nemusí dělat tolik nájezdů na další kolonie svého druhu, který se tak může lépe rozvíjet. Z lidského pohledu se jedná možná o brutální systém, ale na mravenčí otrokářství bychom měli pohlížet spíše jako domestikaci a neměli bychom, zvláště pokud se jedná o hmyz, podléhat našim vlastním morálním pocitům. Ostatně i proto někteří odborníci navrhuji používat spíše termín *dulose*.¹⁹

Jiné malé pokusy o vzpouru nicméně je možno vzácně zpozorovat, jedná se o střetnutí různých instinktů, kterým se zotročené dělnice řídí. Kolem hlavního mraveniště mohou zakládat sekundární mraveniště, v podzemí spojená chodbičkami. Když do tohoto mraveniště vpadnou amazonky, otrokyně se jim nejen poddají, ale uvítají je jako vlastní. Tím dokonale zmatou své otrokáře, kteří je jen odnesou zpátky do mraveniště. Protože jsou ale mraveniště v podzemí spojena, dělnice se opět vrací. Jde o střetnutí instinktů otrokyň při přeplnění mraveniště jít založit nové a otrokářů při úbytku pracovní síly jít hledat novou.

Úspěchy otrokářů vznášejí otázku, jak to, že se jim takto daří? Na předchozích příkladech byla mnohokrát ukázaná fanatická obrana mravenců, když jsou ohrožena jejich mraveniště. Za úspěchem nestojí jen jejich síla a upravená kusadla. Jde pravděpodobně o výsledek dlouhé evoluční války, kterou druhá strana prohrála. Otrokáři mají zvětšeny Dufourový žlázy, které jsou zodpovědné za vylučování poplašných feromonů. V boji mají pro otrokáře dva efekty. Zaprvé znemožní obráncům komunikovat, a tím jim klást účinnou obranu. Zadruhé to útočící amazonky nabudí. Tato žláza hraje jinou a stejně zásadní roli v životě královny. Jestliže amazonky neumí stavět mraveniště a starat se o mladé, jak by to mohla zvládnout královna? Odpovědí je adaptovaný způsob vzniku nové kolonie. Amazonky se nerojí, ale mladé královny se přidávají k loupežným výpravám a při nich vypouští feromon. To přiláká samečky. Po spáření se královna vydá hledat mraveniště otrokyň, do mraveniště pronikne a obranu zmate feromony z Dufourový žlázy, které ale zde působí na uklidnění. Poté najde domácí královnu a zkontroluje, jestli je v mraveništi už

¹⁹ (ŽĎÁREK, 2013 str. 455)

připraveno dost vajíček. Pokud ne, počká, až je královna naklade, pokud ano, tak ji zabije a kolonii jí převezme.²⁰

Jiný způsob sociálního parazitizmu má *Solenopsis fugax*, mravenec příživný. Tento drobný mravenec si staví mraveniště v sousedství ostatních mravenců a mraveniště poté propojí chodbami tak drobnými, že jej do nich ostatní mravenci nemohou následovat. Živí se kradením zásob a vajíček, při pokusu nejprve vystříkne na bránící se chemický repelent, který je zapudí.²¹

1.5.2. Sociální parazitizmus jiným hmyzím druhem

Jinou kapitolou jsou sociální parazité, kteří nejsou mravenci, tedy jde o jiné hmyzí druhy, které využívají mravenčí kolonii ve svůj prospěch. Může se jednat o různé skupiny roztočů, které se přichytí na těle mravence a poté se živí jeho potravou nebo hemolymfou. Roztoči se mohou uchytit na libovolné části mravenčího těla – hlava, kusadla, hrud', zadeček i nohy. Je například popsán druh *Marcrochles rettenmyeri*, který se přichytí u mravence na jeho chodidlo. Mravenec ho poté může bez problémů využívat jako prodloužení své nohy.

Jiný způsob parazitování volí *Amphotis marginata*. Tento brouk přepadává dělnice, když se vracejí do mraveniště s potravou a nechává se od nich krmit. Poklepá jim tykadly na labia, na což mravenec vyzvrátí obsah svého volete. Pokud je odhalen, přitiskne se pevně k zemi a seshora jej chrání pevné krovky. Na mravence mohou čekat ale i horší osudy. *Ptilocerus ochraceus*, zákeřná ploštice, která sedí na mravenčích cestách a láká probíhající dělnice. Když si jí nějaká všimne, nastaví mu své břicho, ze kterého vylučuje voňavé narkotikum. Až je mravenec dostatečně přiotráven, probodne ho svým sosákem a vysaje. Pokud jedná s rozvahou a čeká, až se účinky jedu projeví, což může být i několik minut, je v bezpečí. Takto může ulovit i několik mravenců, kteří ji nerozpoznají jako nebezpečí.

Nicméně vrcholným kouskem parazitů, je přesvědčit mravence, aby je dostali do mraveniště nejlépe ke královně, k larvám a kuklám. To lze popsat na životním cyklu brouka jménem *Lomechusa pubicollis*, drabčik mravenčí, který parazituje hned na dvou

²⁰ (Wikipedie, 2024 str. 457)

²¹ (HÖLLDOBLER, a další, 2017)

druzích mravenců, a to v létě u lesních mravenců rodu *Formica*, a v zimě u dravých rezavých mravenců rodu *Myrmica*. K dostání do hnízda používá poměrně komplikovanou strategii. Nejdříve na sebe upozorní dělnice klepáním tykadel. Když se ho dělnice pokouší zabít, nastrčí jí svůj zadeček, kde vypouští uklidňující látku. Poté co ji dělnice začne olizovat, brouk ji dovede k dalším žlázám, které se nachází na stranách zadečku. Poté co je dělnice ochutná, odnese brouka přímo do plodových komůrek mraveniště. Tyto žlázy, nazvané adaptační, jsou pro proces nezbytné.²² V hnízdě se brouk živí jak larvami a kuklami, tak se nechává přikrmovat od dělnic. Zde znovu vystupuje reflex mravenců, kdy při poklepání na jejich labia, mravenec vyzvrátí potravu ze svého volete. Posléze v mraveništi naklade své vlastní larvy. Ty zvládají žebrať o potravu lépe než larvy samotných mravenců.²³ Už to by zatěžovalo kolonii mravenců dostatečně, ale larvy drabčička navíc požírají larvy mravenců. Nejlepší obrana, kterou mravenci mají, je kanibalismus larev. Když se v mraveništi potkají, tak se pokusí jedna druhou sežrat. Dělnice přesto o tyto kukaččí děti pečují, olizují je a čistí. To se může stát larvám brouků i osudné, kdy u jiného druhu drabčičků, *Lomechusoides strumosus*, který parazituje na mravencích travní, mohou dělnice kukly poškodit. Pro správný vývoj totiž své kukly zakopou do země, a poté je opět vyhrabají, což křehčí kukly drabčičků nemusí přežít.

Ne vždy se parazitům podaří rozklíčovat chemickou řeč mravenců do takové míry. Například drabčičci z rodu *Dinara* dokážou své hostitele uklidnit jen částečně a přežívají jen v okrajových částech mraveniště. Rod *Myrmedonia* je na tom ještě hůře. Dokáže přežít jen na mravenčím smetišti a jeho hlavní obranou je útěk.

1.5.3. Sociální parazitizmus obratlovců

Existuje jen málo obratlovců, kterým se podařilo napodobit úspěchy hmyzích příživníků. Nejčastěji se jedná o hady, příkladem je jihoamerická užovka *Leptodeira annulata*, která snáší vajíčka do mraveniště rodu *Acromyrmex*. Není jasná její strategie, ale zdá se, že je pro mravence neviditelná, protože nevydává žádnou vůni. Do mraveniště se snaží dostat patrně kvůli stálé teplotě a vlhkosti.

²² (HÖLLDOBLER, a další, 2018)

²³ (HÖLLDOBLER, a další, 1997 str. 110)

1.6. Mravenčí sousedé

Zdaleka ne všichni sousedé se snaží na mravencích parazitovat, s některými mravenci čile spolupracují. Výměna, kdy mravenci získávají potravu a na oplátku poskytují ochranu, je poměrně častá. Mravenci se do podobných projektů pouští s velkou vervou a můžeme mluvit i o pastevectví, stejně jako u rodu *Atta* mluvíme o zemědělství. Nejčastějším cílem zdomácnění jsou mšice. Mravenec tykadly masíruje mšici, která vymáčkne kapičku medovice, což jsou vlastně její výkaly. Jak již její název napovídá, jde o sladkou tekutinu, která, kromě cukru, obsahuje i aminokyseliny, bílkoviny, minerály i vitamíny. Konkrétní složení závisí na druhu mšic. Ty mohou produkovat medovice i velké množství, rod *Tuberolachtus* i sedm kapiček za hodinu, a za určitých podmínek se jí mohou živit i lidé.²⁴ Tento vztah vedl k oboustranným adaptacím. Mšice, jež jsou sami, se medovice zbavují jako odpadu, ale domestikované ji zadržují, aby ji mohli předat svým pastevcům. Jejich těla pokrývá tenčí ochranná vrstva a jejich zadeček je porostlý chloupky, aby nedošlo ke ztrátě medovice. Mravenci se jim odvděčují ochranou a péčí. Odhánějí od nich predátory, nosí je z rostliny na rostlinu, dokážou i poznat, která rostlina vyhovuje mšicím z konkrétního druhu nejvíce, a občas i pečují o jejich mladé a vajíčka přímo v mraveništi. Když se mraveniště stěhuje, berou mravenci svoje domácí zvířata s sebou. Mšice evidentně rozpoznají záměr mravenců, a dokonce se nejen nechají nosit, ale byly i případy, kdy se na mravencích sami drželi. Některé druhy mravenců se tak specializují, že se již neživí ničím jiným než medovicí, případně i přímo mšicemi, pokud je jejich populace příliš velká.²⁵

Příkladem pastevců může být *Dolichoderus cuspidatus*, a jeho domestikovaní červci rodu *Malaicoccus*. Zde se červci téměř stávají členy kolonie. Mravenci staví mraveniště z vlastních těl a červci se v něm často i rozmnožují. Mravenci je poté nosí na místa a rostliny, kde se mohou nasát. Mezi pastvinou a mraveništěm je velmi frekventovaná mravenčí cesta, dlouhá až dvacet metrů. Na pastvinách jsou červci neustále chráněni

²⁴ „Mana, jenž byla podle Starého zákona dána Izraelitům, byla téměř jistě výkalem červce *Trabutina manipara*, sajícího na tamarýšku. Arabové tuto hmotu stále sbírají a nazývají ji „man“. Australští domorodci sbírají jako potravu medovici od zástupců čeledi *Chermidae*. Jeden člověk jí dokáže za den sebrat až 1,5 kg.“ (HÖLLDOBLER, a další, 1997 str. 118)

²⁵ (ŽĎÁREK, 2013 str. 382)

dělnicemi, které čekají, až vypustí kapičku medovice. Pokud se cítí ohroženi, mravenci červce seberou a odnášejí je zpět do mraveniště. Mravenčí kolonie se dokonce podobá lidským pastevcům svým kočovným způsobem života. V případě, že je vzdálenost mezi místem, kde se červci živí a mraveništěm příliš velká, mravenci hnízdo přestěhují, při stěhování nepřenášejí jen své mladé, ale i červce. Závislost je z obou stran tak velká, že nemohou přežít jedni bez druhých.²⁶

Tento způsob spolupráce je tak výhodný, že jej začali využívat i druhy, které se na toto druhotně adaptovali. Příkladem mohou být housenky *Lacaenidae*, modrásků, a *Riodinidae*, pestrobarvců. Jejich trus by mravence jen těžko přesvědčil o jejich užitečnosti, ale využívají jednak látky, které mravence uklidňují, navíc mají speciální žlázy, které produkují medovice, která je téměř stejná, jako ta od mšic. Housenky za tuto specializaci platí, dorůstají menších rozměrů, ale přesto se jim ochrana, kterou jim mravenci poskytují, vyplatí.

Jeden ze vztahů je mezi modráskem *Anthene emolus* a stromovým mravencem krejčíkem *Oecophylla smaragdina*. Samička motýla nejdříve naklade vajíčka na strom, který obývá tento mravenec. Pohrdne dokonce i rostlinami, které by byli výhodnější jako potrava pro housenky. Přitom ji nesmí mravenci najít, jinak ji uloví. Pokud se jí to nepodaří, opakuje pokus, dokud nenaklade svá vajíčka mravencům takřka pod tykadla. Vajíčka sama jsou již v bezpečí, protože, stejně jako larvy, vydávají uklidňující feromony. Mravenci vylíhnuté larvy nejdříve pečlivě zkontrolují, a pak je odnesou do jejich mraveniště, která si dělají z listů. Tam se brzy vytvoří celá školka larviček. Nejdříve se živí listy, které tvoří mraveniště, a když jsou starší, mravenci je nosí na pastvu a zpátky. Když jsou starší, mravenci už je nechávají venku trvale, ale pořád je přenášejí, pokud už nemají co žrát. V té době se už housenkám vyvine žláza na produkci medovice, které dokážou vyprodukovat velké množství, až pět kapiček za minutu. To dělá za den víc, než kolik housenka váží. To představuje nezanedbatelný zdroj potravy pro mravence, a přestože je pro mravence ze začátku péče o larvy přítěž, návratnost této investice je mnohonásobná. I velké housenky je třeba chránit, neustále jim jsou nablízku dělnice a housenka, v případě podráždění, je

²⁶ (HÖLLDOBLER, a další, 1997 str. 122)

přivolá pomocí feromonů. Dále s mravenci komunikuje i vibracemi. Nicméně poslední stádium vývoje musí housenky vykonat sami, pokud by je mravenci po zakuklení našli, odnesli by je do mraveniště jako potravu.²⁷

Bohužel pro mravence i zde se vyskytují parazité. Larva modráška černoskvrnného, *Phengaris arion*, nejen že mravenci *Myrmica sabuleti* nic nedá, ale navíc mu aktivně škodí. Larva nabere většinu své hmotnosti tak, že se nechá mravenci na podzim odnést do mraveniště. Tam v bezpečí přezimuje, ale když se na jaře probere, začne žrát bezbranné larvy.

1.7. Mravenci a rostliny

Mravenci dokážou navazovat vztahy i s rostlinami. Některé příklady již byly zmíněny (tkalci a střihači), ale vlivů mravenců na rostliny můžeme uvést mnohem více. I tohoto si mohou všimnout lidé. Jedna legenda z amazonského pralesa popisuje místa, kde žijí zlí duchové, takzvané „Děblovy zahrady“. Jedná se o spolupráci mezi mravenci *Myrmelachista schumanni* a stromů většinou *Duroia Hirsuta*. Mravenci dokážou odstranit jakýkoliv jiný porost, což v deštném pralesu vypadá vskutku působivě a není divu, že je kolem těchto míst plno legend.²⁸

Jiným příkladem je vztah mezi akácií rohotvornou, *Acacia sphaerocephala*, a *Pseudomyrmex ferrugineus*, takzvaným akáciovým mravencem. Ti žijí v dutých trnech akácie a živí se Beltovými tělísky, což jsou velmi výživné oválné kuličky, které akácie vytváří na svých listech. Na oplátku pomáhají rostlině s ochranou, pokud se k ní přiblíží býložravec, nejdříve vypustí ochranné feromony. Když i přesto se pokusí najíst, začnou ho mravenci štípat. Tyto nepříjemné štípance rychle naučily býložravce se akáciím vyhýbat. Samozřejmě ji chrání i před hmyzem a popínavými rostlinami.²⁹ Podobný nápad mají i jiné druhy mravenců, některé dokážou i svoje akácie zastříhávat, to dělá například druh *Crematogaster nigriceps*, který dokáže regulovat, kudy akácie poroste tím, že ukusuje vrcholové pupeny bočních větví. Tím jednak zajišťuje, že nemá potravu daleko, ale zároveň se brání před útokem ostatních mravenčích kolonií.

²⁷ (SAARINEN, 2006)

²⁸ (FREDERICKSON, 2007)

²⁹ (ŽDÁREK, 2013 str. 404)

V tropech je soužití ještě hojnější. Mnoho rostlin, takzvaných myrmekofyti, poskytuje mravencům ubytování ve speciálních útvarech *domatie*. Kromě těchto obydlí jim často dávají i potravu, a mravenci i zde na oplátku poskytují ochranu, ale někdy rostlina dokáže využít i trus mravenců a získávat z něj minerální a dusíkaté látky. Příkladem může být *Myrmecodia beccarii* a mravenec *Pholidirus cordatus*. Jelikož se jedná o epifyt, nemá přístup k minerálům ze země. Vytváří proto hlízy, které jsou protkány chodbičkami, v nichž mravenci žijí. Rostlina pro ně vyváří i smetiště, kam mravenci odkládají trus, mrtvé a zbytky kořisti. Ty pak rostlina vstřebává nazpátek.³⁰

Mravenci mohou rostlinám poskytovat ještě jednu službu, mohou roznášet jejich semena. Mravenci na semenu snědí výživné výrůstky, ale semeno samotné kvůli tvrdé slupce buď vyhodí, nebo odnesou na smetiště. Zde je chráněno před semenožravými zvířaty, požáry, ale i před vyschnutím. V mravenčích smetištích je navíc půda obohacená o živiny. U nás na mravence spoléhá například fialka. V Austrálii a Jižní Africe se nachází dohromady až 3 000 rostlin, které na mravence spoléhají.

1.8. Mravenci a životní prostředí

Mravenčí kolonie dokážou měnit své okolí pro své potřeby, v tom jsou mimořádně úspěšné díky dělbě práce a sociálnímu způsobu života. Kromě vztahů s rostlinami a ostatními živočichy se dají popisovat i další formy vztahů. Především jejich nakládání s vodou, suchem a extrémními teplotami.

Mravenci potřebují teplotu minimálně 10°C, jinak ustává jejich aktivita. Pohodlná teplota je pak 20°C. Například náš mravenec lesní přečkává zimu hluboko v mraveništi v zimním spánku. Na jaře se mravenci stěhují co nejbližší povrchu, aby se mohli ohřát. Často je tak najdeme pod tlejícími kmeny nebo kameny. Ty mají výhodné termoregulační vlastnosti, kdy se pod vlivem slunečních paprsků rychleji prohřejí. Naopak v tropech je větším problémem udržet teplotu nízkou, což je pro mravence do 30°C. I proto jich jen málo žije v zemi, ale dávají přednost kouskům dřeva ležících na zemi, nebo přímo korunám stromů. Pod zem se zase vracejí mravenci pouštní, kde teplota na povrchu může přesáhnout až 50°C, což pro mravence znamená smrt během několika minut.

³⁰ (Garbe, 2004)

Mravenci provádí termoregulaci mnoha způsoby. Nejlepší se zdají ti, co staví kupolovitá mraveniště. Tyto hromady hlíny, vzniklé z budování podzemních sídel, jsou složitě stavěné, protkané sítí chodeb a komůrek. Jejich vnější vrstva je připravena, aby chránila mravence uvnitř. Často jsou navíc tato mraveniště orientována na jih (je možné je využít jako kompas). Mravenci občas vylepšují povrch kamínky nebo odumřelými listy, kvůli už zmíněné nižší tepelné kapacitě jsou využívány jako lapače tepla.

Jiným problémem je hospodaření s vodou. V mraveništi je nutné udržovat zvýšenou vlhkost, a to jak kvůli kuklám, tak i samotným mravencům, kteří v příliš suchém prostředí umírají. Toho mravenci docílí péčí o povrch mraveniště, který zamezuje výparu, ale i přesouváním larev a vajíček. V případě, že to nestačí, jako u druhu *Pachycondyla villosa*, mravenci chodí pro rosu vysráženou na okolních rostlinách. Kapičku vody poté nesou zpátky do mraveniště, kde se mohou ostatní dělnice napít, otřou tím larvy a kukly a zvlhčí tím i zemi. Někdy si i mravenci předměty, na nichž se voda lépe vysráží, zanesou blíže k hnízdu.

Jiný typ problému, tentokrát nadměrnou vlhkost, řeší naopak *Prionopelta amabilis*. Řešením se pro ně stalo vystlávání chodbiček a komůrek úlomky z kokonů kukel, jakési tapetování, a do těchto sušších komůrek dávají dělnice kukly, kterým přílišná vlhkost také nesvědčí.

2. Mravenec lesní,³¹ *Formica rufa*

Tato kapitola ve stručnosti popisuje jeden z našich nejúspěšnějších druhů, na kterém lze žákům ukázat mnoho poznatků. Pokud by se měli seznámit s jediným druhem, měl by to být právě tento. Můžeme na něm ukázat velkou část výše popsanych jevů. Mravenci lesní chovají mšice, mají složitou společenskou strukturu, můžeme u nich mluvit o superorganismu.

Jednu z prvních věcí, kterou můžeme u mravenců pozorovat, je způsob komunikace. Pokud se přiblížíme k mraveništi se stéblem nebo rukou, hned ucítíme zápach kyseliny mravenčí, jejich obranné látky, ale i poplašného feromonu. Je zajímavé, že na tento signál

³¹ (REICHHOLF-RIEHM, a další, 1997 str. 210)

mravenci dál od mraveniště reagují útekem, ale u mraveniště je reakce opačná. U mravence lesního se vyskytuje kasta válečníků a dělnice boj nechávají na nich.³² Dělnice se zřejmě odlišují i povahou, některé jsou zvědavější a neposedné, jiné naopak opatrné a metodické. Mezi dělnicemi se dají rozeznat různá zaměření. Ty, které pracují venku, si dělí práci na pastevectví, obranu, dopravu a průzkum. Naopak uvnitř mraveniště se zaměřují na péči o královnu, péči o snůšku, dále práce na mraveništi, jeho údržbu a rozšiřování. Za normálních podmínek, dělnice nejdříve pracují uvnitř mraveniště, až když jsou starší, tak se vydávají ven. V případě, že dojde ke ztrátě velkého množství dělnic, musí se zbývající rychle přeučit. V té souvislosti je dobré zmínit, že dělnice se dožívají až šesti let, a ty nejzkušenější jsou pro kolonii velmi ceněné. Zastávají funkci jakýchsi koordinátorek, pomáhají vycvičit nové dělnice, nebo udržují mravenčí stezky.

Mraveniště je dobře poznatelná "kupa jehličí". Má jako základ často pařez, nebo nějaké jiné zpevnění. Může sahát až do hloubky několika metrů a vykopaná hlína dává základ charakteristické kupě. Na ní mravenci nanosí jehličí, jako ochrannou vrstvu proti vodě a úniku tepla. Uvnitř mraveniště je stálá teplota 25-30°C. Se zimou se mravenci stahují do hlubin mraveniště, kde upadnou do stavu strnulosti. Na jaře se vyhrnou ven a po proslunění se dají do práce, královny začínají snášet vajíčka, dělnice opravují mraveniště, hledají potravu a kontrolují teritorium, jestli nedošlo ke změnám. Takto může mraveniště prosperovat i desítky let, neboť v jednu hnízdě může být i více královen. Královna sama nedokáže založit nové mraveniště, tak se po rojení buďto vrací do mraveniště, kde je přijata, pokud je pro ni místo a potravu, nebo najde mravence otročícího, kde nejdříve zabije královnu a tím získá její dělnice, které jí pomůžou se založením mraveniště.

Lesní mravenci mají mimořádně složité společenské uspořádání. V jednom mraveništi může vedle sebe existovat i více napůl samostatných kolonií. Jestliže je kolonie v příhodném prostředí, může se rozrůst až na jeden milion členů. V tomto množství se již jen těžko koordinuje, a proto se mraveniště rozdělí na dvě poloviny. Dělnice si rozdělí nejen mraveniště a každá se stará jen o svoji polovinu, ale i revír, kde shánějí potravu. Pro účely vnějšku se pořád jedná o jednu kolonii, obraná reakce je společná a v případě, že má jedna

³² (ŽDÁREK, 2013 str. 428)

část problému, tak si vypomůžou. Nesdílí si ale třeba normálně potravu. Jediná čilá výměna se týká larev, kukel, a i mladých dělnic. Díky tomu má celá kolonie pořád stejné chemické označení. Takto se může kolonie dělit i vícekrát. Navíc si budují pomocná hnízda dál od hlavního. V nich mohou dělnice hledat odpočinek během práce, slouží i jako překladiště. Dělnice sběračky a lovkyně do něj nosí potravu a dělnice zodpovědné za dopravu ji poté přenášejí do hlavního mraveniště. Tyto hnízda jsou osídlená jen přes léto a s hlavním sídlem jsou spojená sítí trvalých mravenčích cestiček. Už jen z tohoto popisu je jasná úloha nejstarších dělnic, které mají za úkol vše koordinovat.

Když přestane tento způsob vyhovovat a mravenčí kolonie se příliš rozroste, založí mateřská kolonie novou, takzvaný oddělek. Nejdříve jsou poslány dělnice, aby ho vystavěly, poté se přesunou i královny. Obě mraveniště jsou spojena frekventovanou cestou. Nejdříve mateřská kolonie dodává potravu i nové dělnice. Pokud se přes veškerou pomoc nepodaří mravencům uchytit, jednoduše se vrátí do mateřské kolonie. Pokud se oddělek uchytí, začne splácet mateřskému mraveništi svůj dluh i s úroky. Vrací nejen potravu a dělnice, ale mateřské kolonie může na jeho území beztrestně sbírat potravu pro sebe. Jedno mraveniště takto může založit množství sekundárních. Ale pokud jich založí moc a příliš se oslabí, tak dojde na konflikty mezi koloniemi. Výměny se zastaví a mateřská kolonie už nemůže vstupovat na území oddělků. Tím může přijít o kritickou část příjmu potravy, začne slábnout a ještě více upadat. Celá situace končí i zánikem původního mraveniště. Z původních dceřiných mravenišť se stávají plnohodnotné kolonie a soustava hnízd se dále rozrůstá.

Mravenci ale vedou čilou diplomacii i mezi nespřízněnými koloniemi. Mají schopnost vytvářet super kolonie, kde spolu spolupracuje velké množství kolonií. Například u obce Jívoví na Českomoravské vrchovině žije na ploše 133 ha lesa až 900 milionů mravenců v 1400 mraveništích. Klíčem k úspěchu je schopnost kolonií si vyměňovat dělnice na speciálních místech.³³

³³ (ŽDÁREK, 2013 str. 438)

3. Chov

V této části představím způsoby, jak mravence chovat. Před započítím chovu je nutné si ujasnit, jaké má budoucí chovatel očekávání a možnosti. Výhodou je poměrně malá náročnost na prostor i čas, není nutná denní péče. Mravenci nejsou nebezpeční, nešíří zápach a jsou relativně samostatní. Nevýhody jsou vstupní náklady, až 2 000,- Kč. Kolonie se může dožít až 30 let. Vyžaduje přísun hmyzu a cukru. Mravenci potřebují stálou teplotu přes 20 °C.³⁴

3.1. Příprava chovu³⁵³⁶

Nejdůležitější je rozhodnout, v čem bude budoucí chovatel mravence chovat. Jsou následující možnosti: **formikárium, aréna, kombinace, velký venkovní výběh**. Aby kolonie prosperovala, je potřeba jak formikária, tak arény. Velký výběh je poměrně náročný, ale pro mravence nejpřirozenější.

Formikárium³⁷ je uzavřená, krytá část výběhu, která simuluje podzemní část mraveniště. Zde mravenci schovávají královnu, vajíčka, larvy a kukly. Většinou je již vybaveno chodbičkami a



komůrkami. Musí umožňovat **Obrázek 3**

mravencům se skrýt, udržet stálou teplotu a vlhkost, být odolné proti plísni a umožnit výměnu vzduchu. Musí být pro kolonii dostatečně prostorné a v případě, že chce chovatel mravence pozorovat, musí mu to umožnit. Může být z mnoha materiálů, jako nejlepší se jeví plastové. Zajímavou alternativou jsou ty, které jsou tvořeny dvěma skly, mezi nimiž je písek nebo hlína. Mravenci si v tomto případě musí celé mraveniště sami postavit. Nevýhoda je, že se při tom pokusí schovat. Tomu se dá zabránit tím, že mezera mezi skly

³⁴³⁴ Video se základními pokyny [zde](#) (AntsCanada, 2020)

³⁵ Video [zde](#) (Dean, 2018)

³⁶ (Buston, 2024 stránky 34-54)

³⁷ (AntsCanada, 2020)

je tak malá, že mravenci nemohou skla zakrýt. Jako naprosto nevhodnou jsou formikária na bázi gelu, která jsou náchylná na tvorbu plísní.

Aréna³⁸ pro kolonii představuje venkovní prostor, kde mravenci shánějí potravu a zbavují se odpadu. Je úkolem chovatele zajistit, aby mravenci měli vše dostupné a



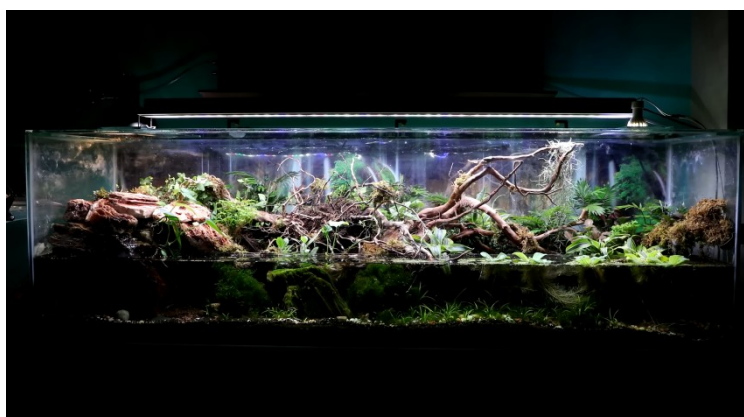
aby zůstala aréna čistá. **Obrázek 4**

Požadavky jsou

následující – musí být dostatečně velká, jednoduše čistitelná, s dobrou ventilací. Mravencům se z ní nesmí dařit utíkat. Neměla by podnítit mravence, aby se do ní přestěhovali a postavili si v ní mraveniště. Proto by neměla obsahovat živé rostliny s hlínou, nebo dokonce pařezy a kameny. I zde by měla být udržovaná teplota, ale je vhodné, aby nebyla aréna ničím přikryta. Ideální je z plastu, nebo ze skla.

Arénu a formikárium je třeba zkombinovat, podle velikosti se dá přidávat, nebo ubírat modulů, které jsou mezi sebou propojeny průchozími plastovými trubkami.

Jako nejtěžší, ale pro mravence nejvíce přirozenou variantu považují **velký venkovní výběh**.³⁹ Jedná se o velké několikametrové terárium, které má co nejvíce simulovat přirozené prostředí mravenců. Zde už se naopak rostliny a



Obrázek 5

³⁸ (AntsCanada, 2020)

³⁹ (AntsCanada, 2020)

hlína hodí a mravenci si své mraveniště sami budují. Chovatel zde může vytvořit celý ekosystém, pomocí přidání různých symbiontů. Díky existenci rostlin je například možné přidat mšice. Při budování těchto velkých výběhů je možné si poměrně vyhrát, jelikož se mravenci orientují podle čichu, a ne podle zraku.

Výhody jsou lepší prostředí pro mravence, jakož i krásný pohled pro chovatele.⁴⁰ Nevýhody jsou komplikovaná tvorba a údržba. Regulace světla a tepla je těžší. Chovatel navíc ztratí přehled o tom, co se děje uvnitř hnízda. Rozlišujeme výběhy suché a s velkou plochou vody, ty jsou vhodné zvláště pro tropické mravence.

3.2. Založení kolonie⁴¹⁴²

Pro založení kolonie je třeba královna. Nejjednodušší způsob je si královnu koupit. Složitější způsob je královnu odchytit v přírodě. Při tom je třeba dbát opatrnosti, aby královna nebyla zraněna. Je třeba si hned ujasnit, jestli bude kolonie mít jednu, nebo více královen. Zde se doporučuje střídmost, většina druhů je zvyklá jen na jednu a druhou zabijí. Pokud chovatel pořídí více královen, aby zvýšil šance za započetí chovu, stejně je lepší držet královny odděleně. Samostatnou kapitolou je zakládání parazitických kolonií, třeba jako dělají naši mravenci lesní. To je nesmírně náročný úkol, který se často nezdaří ani zkušeným chovatelům. Nejdříve je nutné vytvořit kolonii mravence, na kterém bude parazitická kolonie teprve založena. Šance, že vše vyjde v zajetí, je ale malá.

Královnu umístíme do malé zkumavky, kterou rozdělíme vatou na tři části. Ve spodní vytvoříme rezervoár vody, uprostřed bude královna klást vajíčka a poslední vata zkumavku uzavře, ale dá prostor pro větrání. Práci je nutné dělat s co nejčistšími nástroji, aby nedošlo k zanesení plísní. Z tohoto důvodu se tam nedává ani potrava, jako cukr nebo med.

Královna zde naklade vajíčka, o která se poté stará. Během této doby nepřijímá potravu a žije ze svalů, které používala k letu. Stejně se stará i o larvy a kukly, které živí kaší, kterou sama tvoří. Když první dělnice dospějí, je třeba připevnit zkumavku k připravenému prostoru pro mravence. Mladé dělnice po nějaké době opustí komůrku a začnou hledat

⁴⁰ Na videu je jen malá ukázka různých typů zde (AntsCanada, 2020)

⁴¹ (Buston, 2024 stránky 54-82)

⁴² Video návod [zde](#) (AntsCanada, 2023)

potravu. Jsou královny, které takto dlouho o hladu nevydrží, ty je nutno dokrmovat i během zakládání kolonie. Buďto dávat potravu přímo do zkumavky, nebo napojit zkumavku na arénu a do ní dát jídlo. Důležité pravidlo, vlastní zkumavka by měla být v teple a tmě a královna by neměla být rušena.

Je třeba počítat, že ne všechny královny jsou úspěšně oplodněny, v tom případě se nedá nic dělat a úsilí o založení kolonie je ztraceno. Za častý znak oplodnění se považuje, že královna už nemá křídla, dále že si čistí špičku zadečku a že se jí zadeček zvětší. Bohužel jediný způsob, jak to spolehlivě poznat je vidět ji, jak se páří se samečkem a později vidět snůšku.⁴³

Další problém je možnost různých parazitů, kteří mohou královnu sežrat zevnitř. Ani zde se nedá nic dělat. Pokud je královna infikovaná, zemře. Jediné, co lze udělat, je její utrpení zkrátit.⁴⁴

Šance na založení kolonie je možné zvětšit tím, že ke královně dodáme dělnice. Musí se samozřejmě jednat o její druh, ale i tak se nejedná o automatický proces. Královna a dělnice se mohou napadnout. Další riziko je transfer různých patogenů. Proto je lepší počkat. U každého druhu je to doba jinak dlouhá. U *Lasius neoniger*, travního mravence, je královna zvyklá sama přezimovat a vajíčka naklást až na jaře. Většinou se ale jedná o dobu v řádu dnů.

První dělnice, *nanitic*, se nejdříve zdržují u královny. Poté co jim ztvrdne exoskeleton, se začnou snažit dostat ze zkumavky, začnou se provrtávat vatou. To je chvíle, kdy je třeba napojit zkumavku na arénu. Dělnice by zde měli mít dodatek prostoru a také první potravu. V této fázi je nejlepší dodat med, nebo rozdrcený hmyz. Dělnice by v aréně měli též najít další zdroj vody a písek či hlínu, aby mohli začít upravovat vstup do zkumavky. Zároveň je nutné arénu pravidelně čistit, jak mravenci začnou postupně produkovat odpad, aby nedošlo k rozmnožení patogenů na mravenčím trusu a jejich mrtvých tělech. I jídlo i vodu je nutné často obměňovat, jednou za dva dny, aby se nezačali šířit plísně. Ze stejných důvodů je dobré kontrolovat, jestli není potřeba přesunout kolonii z původní zkumavky. V

⁴³ Příklad neoplozené královny [zde](#) (AntsCanada, 2021)

⁴⁴ Příklad [zde](#) (AntsCanada, 2021)

takovém případě připravíme další zkumavku stejně jako první a napojíme ji na arénu. Vlastní přesun musejí zvládnout mravenci sami. Chovatel jim v tom nemůže nijak pomoci, ani ho příliš urychlit.

V této fázi kolonie by měl chovatel začít připravovat přesun kolonie do formikária. Chovatel by už měl mít vše připraveno. Co se týče kolonie, není třeba s přesunem spěchat. Kolonie by měla mít nejméně dvacet dělnic, neboť přesun je pro mravence náročný, proto se dá s přesunem počkat, dokud kolonie nemá 200 členů. Je lepší dělat přesun po zimě, ve zkumavce je kolonie pod větší kontrolou. Ze strany chovatele je započítí přesunu jednoduché, jen k aréně napojí formikárium. Pro mravence se jedná o práci i v řádech měsíců. Nikdy jim nepomáháme. Můžeme začít na zkumavky přímo svítit a odebrat zdroje vody, tím se mravenci začnou cítit nepříjemně. Extrémní postup je začít zkumavky zahřívát, ale zde je vážné riziko, že mravencům ublížíme.

3.3. Krmení kolonie⁴⁵

Mravenčí kolonii je nutné pravidelně dodávat vše, co potřebuje k životu. Nejdůležitější je voda, poté bílkoviny a cukry. Při krmení je možné sledovat, jak mravenci hledají a zpracovávají potravu. Občas je možné poskytnout mravencům něco nového a sledovat, jak mravenci reagují.

Voda je tím nejdůležitějším, co mravenci potřebují. Jelikož mravenci vyžadují určitou vlhkost v mraveništi, je nutné do formikária pravidelně dodávat vodu. Každý druh je trochu jiný, u našich stačí 2 ml denně. Pokud se ve formikáriu rozmáhají plísně, je třeba snížit příděl vody, pokud se kolonie přestěhuje co nejbližšímu zdroji vody, je třeba naopak zvýšit příděl vody. Dále musí mít mravenci přístup k vodě v aréně. Nejlépe je přidat zkumavku s vodou, kterou ucpeme vatou. Druhá varianta je namočená houba, zde ale hrozí, že se mravenci přestěhují přímo do houby. Poslední varianta je otevřená voda. Vodu je třeba pravidelně měnit.

Kolonie potřebuje cukry jako zdroj energie. Jsou dva způsoby, jak je dodávat. Buď ve formě sladké kapaliny ve zkumavce, nebo jako zdroj potravy do arény. Příprava kapaliny ve zkumavce je stejná jako u normální vody ve zkumavce. Pozor, dodání sladké vody

⁴⁵ (Buston, 2024 stránky 86-94)

neznamená, že kolonie nepotřebuje vodu čistou. Do arény je možné podle druhu mravenců dávat různé zdroje cukrů v podobě potravy, například ovoce, med, sirup, oříšky, semínka. V případě medu a sirupů je třeba dávat jen malé porce, aby se mravenci nepřichytili.

Bílkoviny jsou potřeba jako stavební prvky každého těla, tedy i mravenčího. Pokud má kolonie vyprodukovat pohlavní jedince, nebo kastu *majors*, velkých mravenců, musí mít značný přísun bílkovin. Bohužel tyto jsou nejtěžší na dostání. Mravenci je získávají většinou z těl ostatního hmyzu, což znamená buďto začít chovat další hmyz, nebo jej často nakupovat. Problematické je i to, že mravenci nemohou přijímat pevnou stravu, pouze tekutiny. Hmyz tedy musí být čerstvý, ne zmražený. Je lepší ho dodávat mrtvý, a to jak z humánních důvodů, tak z praktických, aby mravenci nepřišli o množství dělnic při shánění potravy. Pokud se mravenci naučí přijímat i jiné druhy bílkovin, například zvířata, je to značné ulehčení pro chovatele. Mravencům nedáváme hmyz chycený venku, z důvodu možného zanesení patogeny nebo pesticidy.

Při krmení je dobré dělat si poznámky, co mají mravenci rádi a jak reagují. Jedná se o hlavní část interakcí, které s nimi chovatel má, pokud nedělá pokus nebo nemusí řešit nějaký problém. Je na chovateli, aby tuto část péče o kolonii ozvláštnil dáváním různých druhů potravy, či zkoušel sílu mravenčích feromonů a orientaci mravenců.⁴⁶⁴⁷

3.4. Regulace tepla, vlhkosti a prostoru⁴⁸

Jak už jsem napsal výše, mravenci potřebují v mraveništi zvýšenou vlhkost a teplotu. Teplota nesmí poklesnout pod 20°C. Formikárium by mělo být zahříváno nerovnoměrně, aby se mravenci mohli podle potřeby přesouvat. Měli by mít přístup k hlíně a písku, aby případně podpořili termoregulační vlastnosti formikária. V případě začínání s vyhříváním je dobré mravence první hodinu sledovat, jestli nemají problémy s přehříváním.

K teplotě je nutné uvést i mravenčí *brumation*, to je zimní spánek mravenců. Všechny naše druhy vstupují do zimního spánku, kdy na podzim královna přestane klást vajíčka, dělnice začnou ještě usilovněji hledat potravu a uzavírat vstupy do mraveniště. Nedovolit

⁴⁶ viz kapitola 4.6. Pokusy s mravenci

⁴⁷ Příklad [zde](#) (AntCanada, 2016)

⁴⁸ (Buston, 2024 stránky 95-107)

mravencům podstoupit tento proces jim působí stres a je možné, že kolonie vstoupí do brumation stejně. V našich podmínkách je vhodné kolem října přenést mraveniště do nevytápěné místnosti, aby teplota pro mravence klesla postupně. Je třeba se vyvarovat teplotních skoků. Mravenci přežijí teploty i -40°C , takže se o ně v našich podmínkách nemusíme příliš bát. Je i možné je dát do lednice s teplotou kolem 0°C . Mravenci budou vypadat, jako by zemřeli. V tomto období není potřeba dávat potravu, ale je nutné kontrolovat vlhkost a dodávat vodu do formikária. Na jaře, zhruba v březnu, je možné začít mravence pomalu probouzet. I zde by neměl být teplotní šok. Někteří mravenci se mohou probouzet i měsíc.

Důležitá je i regulace vlhkosti, jejíž princip je popsán v předchozí kapitole v sekci o přísunu vody.⁴⁹

Rozrůstající kolonii brzy přestane stačit jen jedno formikárium a aréna, a je nutné připojit další. Zde je největší výhoda využívání předem vytvořených dílů, které jsou již připraveny na propojování pomocí trubek. Zde je nutné připomenout nutnost trpělivosti, mravencům může trvat i několik měsíců, než si nové formikárium upraví. Do arén se budou šířit rychleji, zvláště, budou-li nacházet potravu. Velikost mraveniště, tedy počet mravenců, se dá korigovat množstvím potravy a teplotou. Při nižší teplotě se mravenci tolik nerozmnožují.

3.5. Čistění a symbiotické organismy⁵⁰

Mravenci produkují odpad, který je nutno odnášet. Toto se týká především kolonií ve formikáriích a arénách. V případě velkého venkovního výběhu by měly pomoci symbiotické organismy. Mravenci rádi dávají svůj odpad a mrtvá těla na lepkavou toaletní vazelinu, je tedy možné jim do arény dát potřený kousek papíru a proces zjednodušit. V případě, že se mravenci ukládají k zimnímu spánku, je vhodné využít čas a důkladně umýt všechny arény. Formikária je dobré po dvou letech obměňovat, aby se simuloval pohyb půdy v přírodě. Pokud je potřeba mravence přesunout stačí formikárium odkrýt a svítit na něj, nebo ho přestat zavlažovat.

⁴⁹ viz 3.3. Krmení kolonie

⁵⁰ (Buston, 2024 stránky 108-109)

Chovateli mohou pomoci drobní symbionti. Příkladem jsou Chvostoskoci⁵¹, ti se živí jak na tělech mrtvých mravenců, tak na zbytcích potravy či houbách. Jelikož jsou hojně rozšířeni v půdě, stačí je nabrat s půdou, kterou dáváme do arény. To stačí, aby se sami rozšířili. Jiným příkladem jsou některé typy roztočů nebo stejnonožci. Zde bych určitě zmínil Berušku mravenčí, *Platyarthrus hoffmannseggii*, která se živí mravenčím trusem a plísněmi.

⁵¹ 8 (ZAHRADNÍK, 2004 str. 88)

4. Pokusy

Tato kapitola popisuje didaktická cvičení a aktivity, která je možno s mravenci provést. Důraz je kladen na badatelsky orientovanou výuku a motivaci žáka. Učitel by měl v žácích vzbudit motivaci vnitřní, kdy žák sám chce dané problematice porozumět. Za tím účelem jsem připravil různé možnosti, jak omezit frontální výuku a žáky více zapojit. Badatelsky orientovaná výuka je zaměřená tak, aby si žáci zkusili vědeckou metodu. Tedy nejdříve vyslovili hypotézu, tu poté pozorováním ověřili a na konci provedli diskuzi, proč jim výsledky vyšly tak, jak vyšly. Zde musí pedagog přihlédnout ke schopnostem třídy, ne každá je schopná si z těchto metod něco odnést.

4.1. Vytvoření prezentace žáky

4.1.1. Metodika pro pedagoga

Pedagog rozdělí třídu do skupin a každé zadá nějaký druh mravence. Při nižších stupních je vhodné zadat i podrobnější otázky. Žáci poté mají za úkol vytvořit prezentaci a svůj druh představit. Učitel ohodnotí jak získané znalosti, tak práci ve skupině a žákovský výstup. Je možné zadat jako domácí práci, nebo jako práci ve škole. Při práci doma mají žáci více samostatnosti, ale chybí kontrola a učitel jim nemůže ani pomoci s přípravou práce. Zvláště v šesté a sedmé třídě by bylo lepší pracovat ve škole pod dohledem učitele. Pedagog by měl omezit počet skupin, aby se prezentace všechny vešly do jedné hodiny.

Možné druhy: Mravenec lesní, Mravenec faraon, Mravenec střihač, Mravenec medonoš, Mravenec legionář

Otázky: Způsob života, získávání potravy, jaký mají vztah k člověku, jestli je užitečný nebo parazit, jaká staví mraveniště, jestli dělá něco, co bychom mohli vidět i v lidské společnosti (např. „farmaření“)

4.1.2. Zhodnocení

Jedná se o relativně jednoduchý způsob, který neklade na učitele přehnané nároky na přípravu. V případě zadání domácí práce se jedná i o nízkou časovou náročnost, je zabrána jen jedna vyučovací hodina, kdy žáci prezentují své práce. Žáci si, kromě získání znalostí o mravencích, navíc zkusí sami pracovat ve skupinách a pak své poznatky prezentovat.

Nevýhodou je, že zvláště při domácí práci je těžké ověřit, jak žáci pracují. Vzhledem k obecnému množství domácích prací se nedá očekávat příliš velké nadšení. Po stránce znalostí pak není jisté, co si žáci od prezentací od žáků odnesou. Učitel vlastně vezme svůj úkol, tedy výklad nové látky, a naloží ho na žáky.

4.2. Práce s pracovním listem

4.2.1. Metodika pro pedagoga

Učitel rozdá listy třídě a každý žák je má doplnit. Je možné využít i při frontální výuce, nebo nechat žáky pracovat částečně samostatně. Je možné i způsoby střídat, nechat chvíli pracovat ve skupinách či dvojicích v lavici a výsledek poté společně zkontrolovat.

4.2.2. Návrh pracovního listu

Cvičení 1. – Anatomie

Označ: zadeček, hrud', hlavu, tykadla, kusadla

Vysvětlí: exoskeleton, vzdušnice, otevřená cévní soustava



Obrázek 6

Cvičení 2. – společenství

Spoj dohromady:

| | |
|----------|------------------------|
| | Buduje mraveniště |
| Královna | Chrání mraveniště |
| | Shání potravu |
| Dělnice | Rozhoduje v mraveništi |
| | Provádí úklid |
| Sameček | Klade vajíčka |
| | Pokud se spáří, umírá |

Odpověz

Jak se rozmnožují dělnice?

Vysvětli hmyz s proměnou dokonalou.

Vysvětli společenský hmyz.

Které činnosti mravenci nevykonávají? Zaškrtni Ano/Ne:

| | | | | | |
|------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|
| Vedou války | <input type="checkbox"/> | Otrokářství | <input type="checkbox"/> | Loví | <input type="checkbox"/> |
| Vedou diplomacii | <input type="checkbox"/> | Pastevectví | <input type="checkbox"/> | Budují cesty | <input type="checkbox"/> |
| Vedou obchod | <input type="checkbox"/> | Demokraticky se rozhodují | <input type="checkbox"/> | Chrání si teritorium | <input type="checkbox"/> |

Cvičení 3. – Mravenci a ostatní druhy

Odpověz:

Jsou nějaké druhy, se kterými mravenci spolupracují?

Můžeme z mravenců mít prospěch my, lidé?

Které druhy mravencům škodí?

Jiný návrh pracovního listu.⁵²

4.2.3. Zhodnocení

Pracovní list klade nároky na přípravu pro učitele, pokud není využita již vytvořená šablona. V hodině pomáhá udržet řád, nabízí i jednoduchou kontrolu práce žáků. Učitel má díky němu kontrolu nad probranou látkou a v případě písemného přezkoušení má pevnou oporu, z čeho hledat otázky, a žáci mají jistotu, co se musí naučit. V případě samostatné práce, zvláště individuální, se jedná o velmi objektivní ukazatel, jak na tom třída je. Žáci se díky němu naučí nejen poznatky, ale procvičí si děláním poznámek. Tento způsob má ale i značné nevýhody. Jelikož se jedná jen o lepší způsob děláním poznámek, nejde mluvit o badatelské činnosti. Žáci sice musí vyvíjet nějakou aktivitu, ale nemají téměř žádnou iniciativu.

4.3. Využití počítačových her

4.3.1. Metodika pro pedagoga

Pro tuto práci jsem se rozhodl zpracovat dvě hry – Minecraft⁵³ a Empires of the Undergrowth⁵⁴. Zatímco u Minecraftu se dá předpokládat, že jej alespoň někdo bude vlastnit, u Empires pravděpodobně nikdo nebude. Hry chci představit, protože se jimi nejlépe mohou žáci naučit, a navíc to v nich může vzbudit i hlubší zájem. Pro pedagoga je ale práce v podstatě s nimi nemožná, může dát maximálně nabídku, zvláště v druhém případě.

Minecraft je možno využít pro děláním modelů. Učitel třídu nechá pracovat v co největších skupinách, ideálně jako celek. Jejich úkolem je vytvořit mraveniště. V případě nemožnosti využití Minecraftu, je možné pokusit se postavit model i mimo něj. Při tom budou vynikat žáci, kteří mají talent ne v přírodopisu, ale buďto jsou zruční, nebo umí na počítači.

⁵² (Hluboká)

⁵³ (Minecraft)

⁵⁴ (Studios)

Empires of the Undergrowth je hra, při níž hráč hraje za kolonii mravenců. Jde o strategii, kdy hráč nemá přímou kontrolu, ale dává na mapu feromonové značky a mravenci se pohybují samostatně. Opatření hry je velký problém, ale pokud by ji učitel vlastnil, hra velmi dobře představí *Atta cephalotes*, mravence střihače. Hráč si uvědomí komplikované úsilí, které tento mravenec vynakládá.⁵⁵ V jedné misi „Front line“ představí hra i jiný druh mravence, *Eciton burchellii*, mravence legionáře. I v jiných misích hráč bojuje proti nepřátelským mravencům, v nich se ale především snaží, aby nepřítel mravenišť neodhalil, a naopak sám musí útočit na jeho mravence a přesvědčit ho, že nemá expandovat vaším směrem. Pokud si žáci zahrají alespoň část hry, sami se přesvědčí o různých stylech přežití, které mravenci využívají.

4.3.2. Zhodnocení

Počítačové hry mohou rozhodně mnohé naučit. Za hlavní problém považují faktickou nedostupnost. Nemůžeme očekávat, že si je každý žák koupí. Není ani možné očekávat, že je každý bude hrát ve volném čase, zadat to jako domácí úkol nejde. Z časových důvodů se jedná o dost nepraktický způsob předávání informací. Na druhou stranu, pokud k tomu dojde, žáci získané informace jen tak nezapomenou. Učivo si sami zkoušejí, byť ve virtuální realitě. Tato aktivita je spíše vhodná pro malou skupinu žáků, kteří už mají k tématu vztah.

4.4. Pozorování venku

4.4.1. Metodika pro pedagoga

Je možné vzít žáky ven a mravence jim ukázat přímo v přírodě. Nejlépe to jde v době rojení. Jedná se o aktivitu velmi náročnou na čas a přípravu. Pedagog musí sám projít okolí školy a zjistit, kde se mravenci nachází. Přitom by měl ideálně ukázat i něco jiného, pokud dokáže do výpravy zapojit i jiné téma, ať už z přírodopisu, nebo z jiných předmětů. Jelikož se rojení děje kolem letních prázdnin, je možné, že nevznikne přílišný problém s tím vzít žáky ven. Každopádně bych nedoporučoval spojit pozorování v přírodě s vypracováním

⁵⁵ viz kapitola 1.4. Mravenčí kolonie jako superorganismus

pracovního listu, zvláště pokud by k němu museli vyhledávat informace na internetu. Za užitečnější pokládám provedení pokusů.

Při vedení žáků je nutné dát pozor, aby nedošlo k přílišnému poškození mraveniště a k týrání mravenců. Jen pedagog ví, zda jsou toho jeho žáci schopni.⁵⁶

4.4.2. Zhodnocení

Jakákoliv aktivita, která se odehrává venku, má v tom své nesporné pozitivum. Zvláště dnes, cokoliv dostane děti ven, je dobře. Pokud učitel připraví program, může jim skutečně ukázat přírodu, nejen obrázky přírody v učebnici. Nevýhoda je náročná příprava, učitel si musí lokalitu pečlivě vybrat a zamyslet se, co všechno lze najednou ukázat. A určitě nedostane povolení s třídou chodit každý týden.

4.5. Práce s videi

4.5.1. Metodika pro pedagoga

Pedagog připraví krátká videa a otázky na ně. Žáci se nejprve pokusí sami odpovědět na otázky, poté jim učitel videa pustí. Po zjištění správné odpovědi je vhodné provést diskuzi, jak se kdo trefil, a hlavně proč je výsledek takový, jaký je.

Vyhýbání se zácpám⁵⁷

Mravenci budují chodbičky, ale jak se zkoordinují, aby se v ní nezasekli? Můžeme se z toho jako lidé poučit, nebo máme lepší způsoby?

Souboje mravenců s kudlankou⁵⁸

Kdo vyhraje souboj mezi kudlankou a mravenci? Rozhoduje královna o tom, co se děje v mravenčí kolonii? Můžeme mravenčí kolonii v něčem přirovnat k lidské?

Mravenčí zombie⁵⁹

Pozor, video není česky!

⁵⁶ Jak se tom přesvědčil Jan Obenberger (OBENBERGER, 1948 str. 153)

⁵⁷ (Times)

⁵⁸ (BBC)

⁵⁹ (BBC)

Je možné, aby jiný organismus ovládl mravence a donutil ho dělat něco proti jeho vůli? Jsou vůbec v přírodě k něčemu parazitě prospěšní? Existují věci, které mohou ovlivnit lidský mozek?

Mravenci a symbiotické organismy⁶⁰

Můžeme v případě mravenců mluvit o pastevectví? Mohou mravenci něco pěstovat? Víte, kdy se lidé naučili farmařit?

Mravenčí armáda⁶¹

Orientují se mravenci podle zraku? Je nějaká kořist, na kterou si mravenci netroufnou? Můžeme mravenčí hlad nějak využít jako lidé?

Osamostatnění mravence⁶²

Jak se bude chovat mravenec, když je oddělen od kolonie? Můžeme mluvit o depresi u mravenců? Jak by asi reagoval člověk, byl by s uvedenou situací v pohodě?

4.5.2. Zhodnocení

Jde o částečné řešení mezi pokusy a badatelskou výukou. Žáci si zkusí dát hypotézu, a i na ni odpovědět. Nicméně sledování videí je velmi pasivní činnost, kterou si žáci jen těžko něco zkusí. Výhodou je malá náročnost na přípravu a možnost zakomponovat jen jedno video, tedy i malá časová náročnost. Navíc může učitel ukázat druhy, které se u nás nevyskytují.

4.6. Pokusy s mravenci

4.6.1. Metodika pro pedagoga

Učitel připraví pokusy s mravenci. Žáci se rozdělí do skupin a sami provedou laboratorní práci s mravenci. Výhoda je reálná badatelská práce žáků. Nevýhody je práce na přípravu, kdy učitel musí opatřit mravence. Dále u některých pokusů celková pomalost. Nejlepší by bylo zahájit pokus jednu hodinu a vrátit se k němu druhou. V ideálním případě by šlo o dva dny po sobě.

⁶⁰ (Frank)

⁶¹ (Animals)

⁶² (AntsCanada)

Osamostatnění mravence

Během tohoto pokusu je chycen jeden mravenec a dán do uzavřené zkumavky. Má dostatek potravy i vody a žáci sledují, jak zareaguje. Mravenec bude nejdříve zmateně běhat a hledat, kudy zpátky do mraveniště. To se postupně během několika hodin změní v apatii.

Délka trvání pokusu: tři hodiny až dva dny.

Prostředky: Mravenec, zkumavka, vata, voda, cukr, tyčinka na chycení mravence

Výzkumná otázka: Jak rychle mravenec pozná, že je osamocen a jak na to zareaguje?

Pracovní postup: Odchytout mravence a dát ho do připravené zkumavky. Tu připravíme tak, že ji z jedné třetiny vyplníme vodou, následně uzavřeme silnou vrstvou vaty. Poté přidáme malou kapičku medu. Po přidání mravence ucpeme hrdlo zkumavky vatou. Necháme zkumavku v klidu. Po ukončení pokusu mravence vypustíme.

K zamyšlení pro žáky: Může mravenec cítit deprese? Funguje to podobně i u člověka, nebo dokáže přežít bez společnosti?

Hledání potravy

Mravenčí kolonii je dána potrava a cíl pokusu je zjistit, jak bude reagovat. Dá se provést s kolonií chycenou, nebo s kolonií venkovní. Potrava se dá dál od mraveniště, počká se, až si jí hlídka všimne a přivolá ostatní dělnice. Poté, co dojde k vytvoření mravenčí cestičky, je možné přejít na další pokusy.

Délka trvání pokusu: podle vzdálenosti umístění potravy od mraveniště.

Prostředky: mravenčí kolonie, potrava, ideálně cukr nebo med.

Výzkumná otázka: Jak mravenci potravu najdou, jak ji začnou zpracovávat? Zvládnou vytvořit organizaci?

Pracovní postup: Do vzdálenosti od mraveniště uložíme potravu. Pozorujeme mravence, jak potravu najde a jak předá zprávu o potravě v mraveništi.

K zamyšlení: Jak si mravenci předali zprávu? Je i jiný druh, který si takto předává zprávu? Jaké druhy komunikace by tomu nejlépe odpovídali u lidí? Mohou se lidé vůbec dorozumívat pachem?

Přerušení mravenčí cesty

Je potřeba existující mravenčí cesty, ideálně více. V průběhu pokusu budou žáci zkoušet cestu přerušit a zkoumat reakci mravenců. Zde je možnost pro žáky, aby projevili iniciativu, čím zkusí cestu přerušit. Učitel by měl dohlédnout, aby alespoň část prostředků byla na pachové bázi. Pokud se dělá pokus v přírodě, je třeba dbát, aby nedošlo ke znečištění.

Délka trvání pokusu: několik minut na aplikaci a pozorování.

Prostředky: mravenčí cesta, různé zábrany: fyzické, voda, deodoranty, voňavky, výrazné byliny a podobně.

Pracovní postup: Na nalezenou cestu aplikujeme zábranu. V případě fyzické ji přehradíme, v případě postřiku ho aplikujeme. Pozorujeme, jak dlouho bude mravencům trvat, než se cesta obnoví.

K zamyšlení: Čím to, že chemické prostředky zabraly lépe než fyzické? Jak se mravenci orientují? Jaké jiné způsoby orientace v prostoru znáte? Může se člověk orientovat jinak než zrakem?

Umístění různé potravy

Je třeba mravenčí kolonie, které jsou na začátku experimentu nabídnuty různé zdroje potravy, a zkoumá se, který budou mravenci preferovat. Je lepší tento pokus dělat v kolonii chovné, neboť je tak možné omezit pokus jen na předem vybrané potraviny.

Délka trvání pokusu: podle potravy až několik hodin.

Prostředky: mravenčí kolonie, různé potraviny a sladké nápoje, je například možné využít Coca-Colu a Pepsi, podložky na umístění potravin, případně voňavka.

Pracovní postup: Kolonii se dá do těsné blízkosti několik druhů potravy. Poté se sleduje, čemu dávají mravenci přednost. Nejde jen o to, co dříve odhalí, ale spíše o to, co dříve zmizí. Potraviny dáme na podložky, aby bylo jasně vidět, co mravenci preferují. Je možné část potravin přestříkat voňavkou.

K zamyšlení: Proč měli mravenci preference? Co vás na nich překvapilo? Ovlivnilo to váš názor na některé potraviny?

4.7. Chov mravenců

4.7.1. Metodika pro pedagoga

Třída se společně bude starat o mravenčí kolonii. Žáci převezmou zodpovědnost za péči a učitel pouze dozoruje. Jedná se buďto o krátkodobou výpomoc žáků, stavba nového výběhu, nebo dlouhodobou, kdy žáci mají za úkol kolonii založit. Vlastní pokyny, jak postupovat při chovu, jsem již uvedl v předchozích kapitolách.⁶³ Žáci mohou v průběhu vymýšlet a připravovat různé experimenty.

4.7.2. Zhodnocení

Jedná se o nesmírně těžkou věc, jak pro žáky, tak pro učitele. Zvláště v případě, že by žáci měli kolonii vychovat od královny. Čtyři nebo osm let docházky nemohou stačit. Je lepší toto nechat pro zájmový kroužek. Dále nastává problém financí, kdy základní vybavení stojí kolem 2 000,- Kč. V případě, že se vše podaří, tak se žáci naučili chovat živočišný druh a zároveň dokázali, že jsou schopní dlouhodobé práce.

Závěr

Tato práce měla za cíl vytvořit praktický návod, jak učit o mravencích. Tohoto cíle mělo být dosaženo shromážděním informací o mravencích, vytvoření návodu, jak mravence chovat a připravit cvičení.

⁶³ Viz kapitola 3 Chov

K první části jsem zkoumal, zda je představa mravenců, jako druhu se složitou společenskou strukturou, postavena na pravdě. Vzhledem k množství shromážděných příkladů odpovídám, že ano. Tuto část lze navíc využít jak pro učení přírodopisu, tak zde lze hledat paralely pro lidskou společnost v rámci učení humanitních věd. Na konci jsem připojil i podkapitolu o mravenci lesním, na němž lze prezentovat všechny významné rysy mravenčího chování.

Druhá část je o chovu mravenčí kolonie. Pro mě osobně se jedná o nejzajímavější část, a jako největší nedostatek práce považuji, že se mi z finančních důvodů nepodařilo zahájit chov mravenců a v praxi ověřit postupy chovu. Pro vstup do tohoto koníčku je zapotřebí 2 000,- Kč vstupní investice. Navíc je nutné mít prostor, a čas, a to zvláště dlouhodobě. Odpověď na to, zda je chov mravenců možný, je tedy ano, možné to je, ale ne příliš praktické, pokud se nejedná o koníček učitele.

V třetí části jsem vytvořil cvičení a pokusy, které je možné s mravenci provést. Jedná se o širokou řadu od pokusů s živými mravenci, kdy žáci sami něco zjišťují až po referáty. Původní záměr, tedy založení mravenčí kolonie s žáky není příliš praktický, neboť kolonie se může dožít až 20 let. Pro případ nemožnosti využít živé mravence, jsem doplnil cvičení, která nejsou tak náročná na přípravu, zde je nevýhoda snížená činnost žáků.

Celkově práce prozkoumala možnosti využití živých mravenců při výuce. Bohužel závěr je, že se jedná o nepraktickou věc, pokud pedagog sám nemá na věci zájem, nebo se nejedná o přírodovědně zaměřenou školu, kde může očekávat podporu žáků a vedení školy.

Seznam použitých informačních zdrojů

Citovaná literatura

- Animals, Nat Geo.** Armáda mravenců sežere všechno. *videačesky*. [Online] Internet Info. [Citace: 29. 11 2024.] <https://videacesky.cz/video/smrtnici-zivocichove-armada-mravencu-sezere-vsechno>.
- AntCanada. 2016.** Cockroach Giving Birth While Being Devoured By Fire Ants. *Youtube*. [Online] Youtube, 24. 9 2016. [Citace: 29. 11 2024.] https://www.youtube.com/watch?v=0qF5_P2e_T0&ab_channel=AntsCanada.
- AntsCanada. 2020.** How to Raise an Ant Colony 101 | The Ultimate Guide to Keeping Pet Ants. *Youtube*. [Online] Youtube, 1. 8 2020. [Citace: 29. 11 2024.] https://www.youtube.com/watch?v=o1421IyFKuU&t=1s&ab_channel=AntsCanada.
- AntsCanada. 2020.** Choose a Diorama for an Ant Colony. *Youtube*. [Online] Youtube, 15. 7 2020. [Citace: 29. 11 2024.] https://www.youtube.com/watch?v=vxIzeYW9rpw&list=PL5vZEY2A9f_hb-xCUcqDi5z1NDYq8LMcZ&index=71&ab_channel=AntsCanada.
- AntsCanada .2021.** Maggots Exploding From a Queen Ant's Body | GROSS FOOTAGE. *Youtube*. [Online] Youtube, 4. 9 2021. [Citace: 29. 11 2024.] https://www.youtube.com/watch?v=SwgjzoSzb8&ab_channel=AntsCanada.
- AntsCanada .2023.** My New Fire Ant Queen | The Start of a New Era (Day 1). *Youtube*. [Online] Youtube, 25. 2 2023. [Citace: 29. 11 24.] https://www.youtube.com/watch?v=Ky6t2JHHRM8&t=545s&ab_channel=AntsCanada.
- AntsCanada .** Quarantining An Ant From Its Whole Colony. *Youtube*. [Online] YouTube. [Citace: 29. 11 2024.] <https://cs.wikipedia.org/wiki/YouTube>.
- AntsCanada .2021.** Saying Goodbye to My Fire Ant Queen | She Will Die Now. *Youtube*. [Online] Youtube, 5. 6 2021. [Citace: 29. 11 2024.] https://www.youtube.com/watch?v=8iOMkDY2tlg&t=489s&ab_channel=AntsCanada.
- BBC.** Cordyceps: attack of the killer fung. *YouTube*. [Online] YouTube. [Citace: 29. 11 2024.] https://www.youtube.com/watch?v=XuKjBIBBAL8&ab_channel=BBCStudios.
- AntsCanada .** Mravenci urvou kudlance hlavu. *videačesky*. [Online] Internet Info. [Citace: 29. 11 2024.] <https://videacesky.cz/video/bbc-earth-mravenci-urvou-kudlance-hlavu>.
- Buston, Mikey. 2024.** The Ultimate Ant Keeping Handbook™ E-Book. *AntsCanada*. [Online] 2024. [Citace: 29. 11 2024.] <https://www.antscanada.com/products/the-ultimate-ant-keeping-handbook%E2%84%A2-e-book?srsltid=AfmBOooIuli-3iIduOgHETTMta-wqNeTMX70Yd32ROZBHG6EeEIOctvK>.
- Dean, Jordan. 2018.** How to Build an Ant Farm | Natural Formicarium. *Youtube*. [Online] Youtube, 30. 6 2018. [Citace: 29. 11 2024.] https://www.youtube.com/watch?v=8S8NGb1Kyu8&ab_channel=JordanDean.
- Frank, Ze.** Mravenčí mutualismus. *videačesky*. [Online] Internet Info. [Citace: 29. 11 2024.] <https://videacesky.cz/video/pravdiva-fakta-mravenci-mutualismus>.
- FREDERICKSON, Megan E a GORDON, Deborah M. 2007.** The devil to pay: a cost of mutualism with *Myrmelachista schumanni* ants in 'devil's gardens' is increased herbivory on *Duroia hirsuta* trees. *Proceedings - Royal Society. Biological sciences/Proceedings - Royal Society. Biological Sciences*. roč. 274, č. 1613, s. 1117-1123., 2007, 0962-8452.

- Garbe, Cornelia. 2004.** *Myrmecodia beccarii*. *Australian National Botanic Gardens*. [Online] Australian National Botanic Gardens, 2004. [Citace: 29. 11 2024.] <https://www.anbg.gov.au/gnp/interns-2004/myrmecodia-beccarii.html>.
- HELB, Matthias a HOMUTOVÁ, Kateřina. 2017.** *Hmyz kolem nás*. Praha : Grada Publishing, 2017. 978-80-271-0383-6..
- Hluboká, Zoo. VÝUKOVÉ MATERIÁLY. Zoo Hluboká.** [Online] Jihočeská zoologická zahrada Hluboká nad Vltavou. [Citace: 29. 11 2024.] <https://www.zoohluboka.cz/vyukove-materialy>.
- HÖLLDOBLER, Bert a KWAPICH, Christina L. a NASCIMENTO, Fabio S. 2017.** *Amphotis marginata* (Coleoptera: Nitidulidae) a highwayman of the ant *Lasius fuliginosus*. Online. *PloS one*. roč. 12, č. 8, s., 2017, 1932-6203.
- HÖLLDOBLER, Bert, KOVÁŘ, Pavel a WILSON, Edward O. a KOVÁŘOVÁ, Marcela. 1997.** *Cesta k mravencům*. Praha : Academia, 1997. 80-200-0612-5.
- HÖLLDOBLER, Bert, KWAPICH, Christina L. a HAIGHT, Kevin L. a SCHAUSBERGER, Peter. 2018.** Behavior and exocrine glands in the myrmecophilous beetle *Lomechusoides strumosus* (Fabricius, 1775) (formerly called *Lomechusa strumosa*) (Coleoptera: Staphylinidae: Aleocharinae). *PloS one*. roč. 13, č. 7, s., 2018, Sv. e0200309-e0200309. , 1932-6203.
- LACINY, Alice, a další. 2018.** *Colobopsis explodens* sp. n., model species for studies on “exploding ants” (Hymenoptera, Formicidae), with biological notes and first illustrations of males of the *Colobopsis cylindrica* group. Online. *ZooKeys*. roč. 2018, č. 751, s. 1-40., 2018.
- Minecraft.** Welcome to the Minecraft Official Site. *Minecraft*. [Online] Microsoft. [Citace: 30. 11 2024.] <https://www.minecraft.net/en-us>.
- OBENBERGER, Jan. 1948.** *Ze života mravenců. Vydání druhé*. Praha : Universum, 1948.
- REICHHOLF-RIEHM, Helgard, WENDLER, Fritz a KRAMPL, František a KÜHBANDEROVÁ, Ruth. 1997.** *Hmyz a pavoukovci*. . Praha : Knižní klub., 1997. 80-7176-583-X.
- SAARINEN, EMILY V. 2006.** Differences in worker caste behaviour of *Oecophylla smaragdina* (Hymenoptera: Formicidae) in response to larvae of *Anthene emolus* (Lepidoptera: Lycaenidae). *Biological journal of the Linnean Society*. roč. 88, č. 3, s. 391-395, 2006, 0024-4066.
- Studios, Slug Disco.** Empires of the Undergrowth. *Steam*. [Online] Hooded Horse. [Citace: 29. 11 2024.] https://store.steampowered.com/app/463530/Empires_of_the_Undergrowth/.
- Times, The New York.** Jak se mravenci vyhýbají zácpám. *videačesky*. [Online] Internet Info. [Citace: 29. 11 2021.] <https://videacesky.cz/video/jak-se-mravenci-vyhybaji-zacpam>.
- TSCHINKEL, Walter R. (Walter Reinhart). 2021.** *Ant architecture: the wonder, beauty, and science of underground nests*. Princeton, New Jersey : Princeton University Press, 2021. 0-691-21849-8.
- Wikipedie, Příspěvatelé. 2024.** Mravencovití [online]. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie*. [Online] c2024, 26. 11 2024. [Citace: 25. 11 2024.] <https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Mravencovit%C3%AD&oldid=24426698>.
- ZAHRADNÍK, Jiří a SEVERA, František. 2004.** *Hmyz*. Praha : Aventinum, 2004. 80-86858-01-4..

ŽDÁREK, Jan. 2013. *Hmyzí rodiny a státy.* Praha : Academia, 2013. 978-80-200-2225-7.

Seznam obrázků

| | |
|----------------|----|
| Obrázek 1..... | 11 |
| Obrázek 2..... | 15 |
| Obrázek 3..... | 31 |
| Obrázek 4..... | 32 |
| Obrázek 5..... | 32 |
| Obrázek 6..... | 40 |