

Univerzita Palackého v Olomouci  
Přírodovědecká fakulta  
Katedra ekologie a životního prostředí



## **Mnohonožky jako nežádoucí návštěvníci**

**Bc. Eliška Sikorová**

Diplomová práce

předložená

na Katedře ekologie a životního prostředí

Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků

na získání titulu Mgr. v programu

Učitelství biologie a environmentální výchovy pro střední školy

ve specializaci

Učitelství biologie a environmentální výchovy pro střední školy/Učitelství geografie pro  
střední školy

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

Olomouc 2024



## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením doc. Tufa a jen s použitím uvedené literatury a zdrojů.

V Olomouci dne 27. července 2024

.....  
podpis

Sikorová, E. (2024): Mnohonožky jako nežádoucí návštěvníci. Diplomová práce, Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, 36 s., 1 příloha, v češtině.

## Abstrakt

Mnohonožky někdy mohou způsobovat problémy, hlavně lidem, kterým se snaží vlézt do domů. Když se k tomu ještě přičtou jejich větší počty, znepokojení je na místě. Přemnožení nebo hromadné přesuny mnohonožek jsou hlášeny ze všech koutů světa už minimálně 150 let. Práce se zabývá hlavními důvody tohoto chování a možnostmi řešení. V experimentální části byla vyzkoušena reakce synantropní mnohonožky, oblanky sídelní (*Cylindroiulus caeruleocinctus*), na světlo a výsledky ukázaly, že mnohonožka pravděpodobně není přitahována do lidských obydlí světlem. Dále byla zjišťována reakce oblanky na chemické látky, které by mohly sloužit k jejímu odpuzení. Kyselina mravenčí, Savo a esenciální vonný litseový olej byly v experimentech použity jako potencionální odpuzovače. Kyselina mravenčí a litseový olej vykazovaly přibližně stejnou míru odpudivosti a mnohonožky se těmto látkám vyhýbaly.

**Klíčová slova:** přemnožení, fototaxe, invaze, ochrana, Diplopoda, Myriapoda

Sikorová, E. (2024): Millipedes as uninvited visitors. Master's Thesis, Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacký University Olomouc, 36 pp., 1 Appendix, in Czech.

## **Abstract**

Millipedes can be problematic sometimes, especially for householders, when they invade their homes. Add to that their large numbers, the concern is in order. Outbreaks and mass migrations of millipedes have been reported from all of the world for at least 150 years. This thesis deals with the main reasons for this behaviour and possible solutions. In the experimental part, the response to light of synanthropic millipede (*Cylindroiulus caeruleocinctus*) was tested and the results showed that the millipede is probably not attracted to the houses by light. Also the response of the millipede to chemicals that might serve as repellent was investigated. Formic acid, Savo and essential litsea oil were used as potential repellents in the experiments. Formic acid and litsea oil showed approximately the same level of repellency and millipedes avoided these substances.

Key words: outbreak, phototaxis, invasion, control, Diplopoda, Myriapoda

## Obsah

Seznam obrázků .....	vii
Poděkování .....	viii
1. Úvod .....	1
1.1 Charakteristika mnohonožek .....	1
1.2 Migrace a agregace mnohonožek .....	2
1.3 Jednotlivé případy hromadných přesunů a shluků mnohonožek .....	4
1.4 Jednotlivé případy invazí mnohonožek do lidských obydlí a okolí .....	9
1.5 Regulace mnohonožek při invazích do lidských obydlí a jejich okolí .....	12
2. Cíle práce .....	14
3. Materiál a metody .....	15
3.1 Chov oblanek .....	15
3.2 Experiment se světlem .....	15
3.3 Experiment s chemickými látkami .....	16
3.4 Zpracování dat .....	17
4. Výsledky .....	18
4.1 Stanovení typu fototaxe oblanky sídelní .....	18
4.2 Vliv testovaných chemických látek na distribuci oblanek .....	18
4.3 Srovnání účinku jednotlivých chemikálií na distribuci oblanek .....	20
5. Diskuze .....	22
5.1 Fototaktická reakce oblanek .....	22
5.2 Repelentní účinek testovaných látek .....	23
6. Didaktické využití .....	28
7. Závěr .....	30
8. Literatura .....	31
Přílohy .....	36

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Kontrolní a experimentální box před experimentem.....	16
Obrázek 2: Průměrné vzdálenosti jedinců od svítící tyčinky v experimentu a nesvítící tyčinky v kontrole v půlminutových intervalech v průběhu experimentu. ....	18
Obrázek 3: Průměrné vzdálenosti oblanek od kyseliny mravenčí, respektive vody v půlminutových intervalech v průběhu experimentu.....	19
Obrázek 4: Průměrné vzdálenosti oblanek od Sava, respektive vody v půlminutových intervalech v průběhu experimentu.....	20
Obrázek 5: Průměrné vzdálenosti oblanek od vonného litseového oleje, respektive vody v půlminutových intervalech v průběhu experimentu.....	20
Obrázek 6: Průměrná vzdálenost jedinců od aplikované chemické látky a jejich statistické odlišnosti. ....	21

## Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ivanu H. Tufovi za odborné vedení, praktické rady, trpělivost a čas. Dále bych chtěla poděkovat studentům terénní zoologické praxe za sběr mnohonožek a v neposlední řadě svému manželovi, celé rodině a přátelům za veškerou pomoc a podporu.



# 1. Úvod

## 1.1 Charakteristika mnohonožek

Mnohonožky (Diplopoda) jsou bezobratlí členovci typičtí svým protáhlým cylindrickým tělem, které je rozděleno na segmenty, z nichž každý nese obvykle dva páry končetin. Vnější chitínová kostra je zpevněna vápníkem, který mnohonožky přijímají z rozkládajícího se organického materiálu (Bechinski & Merickel 2009). Obvyklé zbarvení je tmavě hnědá až černá, ale existuje také spousta mnohonožek s aposematickým zbarvením, které zahrnuje červenou, žlutou, oranžovou nebo růžovou barvu, vyskytující se často jako dorzální nebo laterální skvrny nebo čáry na tmavším podkladu (Makarov 2015). Většina druhů je také chráněna obrannými žlázami, které vylučují nepříjemný zápach nebo se v případě nebezpečí někteří jedinci dokážou stočit do spirály či do dokonalé kuličky (Ogg 2008, Bechinski & Merickel 2009, Hopkin & Read 1992). Mnohonožky jsou fytofágové a saprofágové, přispívají k tvorbě humusu a usnadňují koloběh živin rozkládaním odumřelých rostlinných tkání (Alagesan 2016). Některé mnohonožky mohou být považovány za všežravce, například dlouženka slepá, *Blaniulus guttulatus* (Fabricius, 1798), nebo dokonce predátory jako je *Apfelbeckia insculpta* (C. L. Koch, 1867), která byla pozorována při konzumaci žížal (Stoev et al. 2010).

Typickými stanovišti mnohonožek jsou mírné listnaté lesy, subtropické lesy nebo tropické vlhké lesy. Nejčastěji mnohonožky najdeme v listovém opadu, na rozhraní podestýlky a půdy, ve svrchních částech půdy nebo v mrtvém dřevě. Mnohonožky se však mohou zdržovat i ve vysokých horách až nad hranicí lesa, na pastvinách, v jeskyních nebo v extrémních stanovištích jako jsou pouště nebo litorály slaných vod (Alagesan 2016). Většina mnohonožek je nejvíce aktivní v noci a zároveň jejich aktivita roste s rostoucí relativní vlhkostí a klesající teplotou vzduchu (Cloudsley-Thompson 1949). Jsou velmi citlivé na nedostatek vody a vysušení (Alagesan 2016, Ogg 2008). Mnohonožky žijící v sezónních prostředích jsou dobře adaptované na teplotní změny nebo změny v množství srážek. Na základě těchto potenciálně stresujících změn se mnohonožky přemísťují do vhodných úkrytů nebo jsou neaktivní několik týdnů až měsíců. Výsledkem toho jsou různé populační hustoty mnohonožek v průběhu roku. Samozřejmě závisí na tom, v jakých klimatických oblastech se mnohonožky nacházejí, například v mírných oblastech jsou nejvyšší populační hustoty na jaře a na podzim, v oblastech vysokých

nadmořských výšek jsou nejvyšší populační hustoty v létě a v pouštích nebo tropických oblastech jejich početnosti závisejí na období dešťů (David 2015). Jelikož se však mnohonožky obvykle dožívají více let, jsou poklesy v jejich početnostech způsobeny nejen mortalitou, ale také jejich skrýváním (jsou nedetekovatelné obvyklými metodami).

Ačkoli má většina mnohonožek obranné žlázy produkující toxické a repelentní látky, tak existuje spousta živočichů přizpůsobených k jejich lovu. Juvenilní stádia mnohonožek často postrádají tyto obranné žlázy a jsou méně pohyblivá, takže jsou snadnější kořistí než dospělci. Nejčastějšími predátory mnohonožek jsou obratlovci, hlavně ježek, rejsec vodní nebo žáby, dále slimáci, mravenci, různé druhy dravých brouků, v Evropě například zástupci drabčíkovitých. V tropických oblastech to jsou mangusty nebo zástupci zákeřnicovitých a v pouštích oblastech například štíři (David 2015, Hopkin & Read 1992).

## **1.2 Migrace a agregace mnohonožek**

V ekologii rozlišujeme několik termínů pro prostorové pohyby populací nebo jednotlivců. O migraci hovoříme, když jde o opakující se hromadné pohyby populací na větší vzdálenosti, které se buď vracejí nebo nevracejí na původní místo. Rozptyl je charakterizován jako pohyby jedinců nebo části populace na kratší vzdálenosti z určitého místa do okolí. Tyto dva termíny ale nejsou ve všech oborech jednoznačné a konzistentně používané v literatuře. Prostorové rozmístění jedinců a populací je pak označováno jako disperze (Tkadlec 2008).

Hromadné migrace mnohonožek jsou navzdory četným pokusům a pozorováním s cílem najít jejich příčiny stále záhadou. Případy masových migrací jsou hlášeny nejen z jižní polokoule (např. Austrálie, JAR nebo Madagaskar), ale často i ze severní polokoule (např. USA, Japonsko, Německo, Rumunsko, či Polsko). K migracím dochází v tropických oblastech (Indie a Brazílie) a stejně tak v mírných až polárních oblastech (Norsko nebo Švédsko). Dále jsou migrace mnohonožek pozorovány od nížinných oblastí až po hornaté oblasti, například ve Švýcarsku nebo Rakousku.

Tyto případy ale nemůžeme považovat výhradně za aktuální fenomény, jelikož existují záznamy o hromadných migracích mnohonožek i z roku 1878 a možná by se daly mnohonožkám přičíst i záznamy z dřívějších let (Meyer-Rochow 2015). Agregace neboli shlukování se je typickým znakem chování mnohonožek (Hopkin & Read 1992). Pro

vysvětlení tohoto chování existuje několik hypotéz, ale žádná z nich neplatí univerzálně. Hnací silou může být rozmnožování, ale jsou zdokumentovány také případy, kde bylo ve shluku dvakrát více dospělých samic než samců nebo se v něm nacházely převážně juvenilní stádia mnohonožek (Wilson 2006). Vlhkost je také považována za aktivující faktor pro agregace mnohonožek, a to hlavně v suchých nebo sezónních klimatických oblastech (Koch 1985). Důkazy o tomto chování máme již z prvohor, přesněji ze svrchního karbonu na zkamenělinách juvenilních jedinců vyhynulého řádu Euphoberiida nalezených v Mazon Creek v Illinios (Wilson 2006).

Hlavními hypotézami pro vysvětlení hromadných přesunů a shluků mnohonožek jsou nedostatek potravy a nárůst populace nad udržitelnou úroveň, dále se toto chování může vyskytovat za účelem reprodukce a nalezení partnera a vhodného místa pro kladení vajíček nebo může jít také o hledání vhodných míst na prezimování a přečkání nepříznivých podmínek. Zároveň mohou být tyto přesuny důsledkem narušení biotopu a změn v místním prostředí anebo následek povětrnostních podmínek minulého roku. Každopádně neexistuje jediné vysvětlení, které by platilo pro všechny zaznamenané migrace mnohonožek. V některých případech se tento jev vyskytuje v pravidelných cyklech a ve stejných ročních obdobích každým rokem, ale někdy se tyto jevy dějí bez opakování a v oblastech, kde dosud nebyly pozorovány (Meyer-Rochow 2015). Jednou z hypotéz může být i ovlivnění chování mnohonožek prostřednictvím parazitů, jak to můžeme vidět i u jiných bezobratlých (Gerlach et al. 2005).

Mnohonožky většinu času tráví v listovém opadu nebo půdě, takže je člověk obvykle nevidí. Jsou, ale zdokumentovány případy, kdy mnohonožky putují například do lidských obydlí, přičemž zde většinou umírají z důvodu nedostatku vlhkosti. Někdy i tisíce mnohonožek nepředvídatelně táhnou do zahrad a obydlí lidí nebo jiných staveb. Tyto migrace jsou extrémní hlavně ve venkovských oblastech a často se vyskytují na podzim, ale byly pozorovány i v období jara nebo léta. V některých případech se zdá, že k migraci dochází během období sucha po nárůstu populace mnohonožek na jaře. Jindy to vypadá, že mnohonožky takto reagují na extrémní vlhkost po silných deštích, které zvedají hladiny podzemních vod a mnohonožky se tak snaží uniknout před utopením. Hromadné přesuny mnohonožek jsou velmi znepokojující, hlavně pro lidi, kteří hlásí tisíce lezoucích mnohonožek, které se někdy dokonce dostávají i do vyšších pater domů. Mnohonožky jsou do obydlí pravděpodobně přitahovány i pouličním osvětlením,

osvětlením zahrad nebo verandy domu (Ogg 2008). Také jsou přitahovány temnými, chladnými a vlhkými místy s množstvím organické hmoty jako jsou například hromady kompostu, mulče, květinové záhony, tlející dřevo nebo kameny (Waldvogel & Alder 2018).

### 1.3 Jednotlivé případy hromadných přesunů a shluků mnohonožek

Nejčastěji zdokumentované druhy v souvislosti s hromadným výskytem mnohonožek náleží k řádům Julida, Spirobolida, Spirostreptida, Sphaerotheriida a Polydesmida (Meyer-Rochow 2015). Velká část popsaných hromadných shlukování souvisí s obdobím páření a účastní se jich většinou dospělí jedinci (Bellairs et al. 1983). Příkladem by mohly být mnohonožky *Pleurolooma flavipes* Rafinesque, 1820, které byly pozorovány na polích a lesích v blízkosti Vawter Park v Indianě. Byly zde pozorovány pouze dospělí jedinci s polovičním poměrem samců a samic, celkově zde bylo posbíráno okolo 1 300 jedinců. Samice často obsahovaly vajíčka, takže se předpokládá, že důvodem shluku bylo právě páření, které je v srpnu pro tuto mnohonožku typické (Mauck 1901). Extrémní případ agregace tohoto druhu byl zaznamenán v roce 1918 v Západní Virginii, kde mnohonožky pokryly 30 ha zemědělské půdy. Mnohonožek bylo tolik, že se dobytek odmítal pást na napadené pastvině. Studny byly zaplněny 15 až 20 cm vrstvou utopených těl a pracujícím zemědělcům bylo nevolno a dostávali závratě z pachu, který se linul z rozdrcených těl mnohonožek. Za teplých jasných dnů se shromažďovaly ve vlhkých stinných místech, ale za oblačného počasí a v noci byly mnohonožky stále v pohybu. Zůstávaly po nich jen ohlodané staré pařezy a exkrementy. Nakonec většina, odhadem 65 340 000 mnohonožek zahynula na dně srázu vlivem ostrého slunečního záření (Cloudsley-Thompson 1949, Brooks 1919).

Avšak existují zdokumentované případy shlukování, kde se nacházely hlavně nedospělá stádia mnohonožek například *Habrodesmus falx* Cook, 1896 a *Habrodesmus duboscqui* Bröleman, 1919 pozorované v Nigérii (Toye 1967, Lewis 1971). Podobné případy byly pozorovány také na Madagaskaru, kde žijí největší známé velesvinule *Zoosphaerium neptunus* (Butler, 1872). Ve shlucích se často nacházejí jen nedospělí jedinci stejné velikosti a patrně i stáří. Zajímavé je, že je tento druh mnohonožek sledován snad téměř vždy jen ve shlucích, čímž se tyto případy velmi odlišují od ostatních (Wesener & Schütte 2010). Toye (1967) se domnívá, že pro nedospělá stádia je

výhodnější vytvářet shluky kvůli udržení vlhkosti. Pravděpodobně jsou více náchylná k vysychání a pomaleji se pohybují než dospělci, kteří dokážou rychleji uniknout ze suchého prostředí.

V Arkansanu byly pozorovány dospělé mnohonožky *P. flavipes* lezoucí po zemi spolu s velkým počtem juvenilních jedinců v poměru jeden dospělec na 500 juvenilů (Bollman 1888). Indický druh, *Streptogonopus phipsoni* (Pocock, 1892), má pozoruhodný životní cyklus spojen s opakujícím se shlukováním. Na začátku letního monzunu vylézají dospělí jedinci z půdy, kde se páří, kladou vajíčka a krátce poté hynou. První dvě larvální stádia zůstávají v půdě, ale po druhém svlékání larvy vylézají z půdy a shlukují se do seskupení o stovkách jedinců. Kromě dalších období svlékání zůstávají larvy ve shlucích nad zemí až do konce letního monzunu. Poté v šestém larválním stádiu přezimují a na začátku dalšího monzunu projdou posledním svlékáním (Bellairs et al. 1983). Mnohonožky aktivní během období dešťů zdokumentoval také Fryer (1957) v dnešní Malawi, šlo o druh *Aklerobunus nyassae* (Turk, 1956), kdy jejich poměrně kompaktní shluky čítaly okolo 500 jedinců.

Thuringer (1924) pozoroval úkaz, který se vymyká běžným pozorováním hromadných přesunů mnohonožek. Šlo o *Spirostreptus* sp., které v pravé poledne vylezly z nor v poušti v Novém Mexiku v obrovském počtu a směřovaly na sever. Neobvyklým rysem bylo jejich rovnoměrné rozmístění po zemi a to, že se poblíž nenacházela žádná vegetace ani kameny, které by jim sloužily jako úkryt. Vysvětlení tohoto případu je doposud záhadou a existují pouze dohady, proč se tak obrovské množství mnohonožek přesouvalo na jiné místo v takovou nevhodnou dobu (Cook 1924, Cloudsley-Thompson 1949). Podobný případ sledoval Viosca (1925) v New Orleans v blízkosti jezera Ponchartrain. Mezi městem a jezerem vznikla bažina, v jejíž blízkosti se usadily mnohonožky *Narceus annularis* (Rafinesque, 1820). Po každém večerním letním dešti bylo možné vidět nesčetné počty dospělých mnohonožek přecházejících silnici ve směru od bažin. Pravděpodobně mnohonožky obsadily bažiny v období sucha a následný rychlý vzestup vodní hladiny je donutil jednosměrně prchat z této oblasti.

V Japonsku jsou od roku 1920 dokumentovány zajímavé hromadné výskyty mnohonožek *Parafontaria laminata* (Attems, 1909) a jejich poddruhů. Mnohonožky jsou endemity v centrální části Japonska a jsou nechvalně známé zastavováním vlaků

v období, kdy se jich nahromadí obrovské počty. Tyto mnohonožky jsou nazývány tzv. „train millipedes“ právě kvůli tomu, že při hromadných přesunech svými těly vytváří velké překážky na vlakových tratích a vlaky musí často zastavovat. Mnohonožka *Parafontaria laminata armigera* (Verhoeff, 1936) se nachází v hornatém regionu centrální části Japonska a hromadné výskyty jsou pozorovány na podzim v osmiletých intervalech. Početné skupiny mnohonožek se skládají především z dospělců, ale občas se najdou i předchozí sedmá larvální stádia. Na začátku léta dospělci nakladou vajíčka a hynou. Vajíčka se líhnou v létě a první larvální stádium hibernuje během zimy a nedochází ke svlékání. Larvy žijí v půdě, každým rokem se jednou svlékají a dospívají až po sedmém svlékání. Následně dospělci a někdy i jedinci posledního larválního stádia se shlukují na povrchu země během podzimu a mezi dospělci dochází k páření (Nijima & Shinohara 1988). Stovky nahromaděných mnohonožek jsou pozorovány také na silnicích, v silničních příkopech nebo v listnatých lesích, kde způsobují značné potíže. Dnes je již potvrzeno, že *P. laminata armigera* je mnohonožka s periodickým životním cyklem čítajícím osm let. Tyto organismy mají pevně stanovený životní cyklus a probíhá u nich pravidelný masový výskyt. Zajímavé je, že jednotlivá vývojová stádia mnohonožek se nacházejí na různých místech, to znamená, že na určitém místě jsou například jen mnohonožky třetího vývojového stádia a na místě vzdáleném půl kilometru jsou jen mnohonožky například pátého stádia. Jak lze předpokládat z podstaty zmíněného případu, tak odhalit složitost tohoto systému bylo opravdu velmi náročné. Příkladem dalšího živočišného zástupce s potvrzeným periodickým životním cyklem jsou cikády a v rostlinné říši je to například několik druhů bambusu. Výše uvedená mnohonožka je tedy první potvrzený případ členovce s periodickým životním cyklem, který nepatří do třídy hmyzu (Nijima et al. 2021).

V Brazílii v regionu Alto Paranaíba jsou od 90. let minulého století sledovány populační expanze mnohonožky *Plusioporus setiger* (Brölemann, 1902) v kávovníkových plantážích. Tento fenomén byl připisován organickému hnojení, zavlažováním plantáží a také používáním pesticidů k vyloučení možných kompetitorů. Tyto kroky vytvořily velmi vhodné prostředí pro mnohonožky, které jsou adaptovány na oblasti s velkým množstvím organické hmoty a vysokou relativní vlhkostí. Přestože mnohonožky nijak plantážím neškodily, došlo k jejich namnožení a hromadily se podél říčních pramenů, vezly do domů a ničily zahrádky se zeleninou nebo menší plantáže,

hlavně v období dešťů. Laboratorně se zjistilo, že by tato mnohonožka mohla být potenciálním konzumentem zeleniny, jako je salát, brambory, řepa, mrkev nebo maniok (Boccardo et al. 2002).

Pravděpodobné ovlivnění chování prostřednictvím parazitů bylo pozorováno na Seychelách u mnohonožky *Sechelleptus seychellarum* (Desjardins, 1835), které byly často sledovány ve dne na přímém slunci, kde umíraly nebo zde již byli mrtví jedinci. Většinou byli zdokumentováni dospělci, ale existuje pár případů, kde se objevila i juvenilní stádia. Behaviorální experimenty ukázaly, že mnohonožky napadené larvou mouchy *Sarcophaga africana* (Wiedemann, 1824) vykazují silné termofilní sklony. Všechny nakažené mnohonožky se důsledně přemísťovaly do míst s přímým sluncem, což nakonec způsobilo jejich smrt. Vypadá to, že vysoká míra parazitismu v období sucha vede k vysoké mortalitě mnohonožek a následnému snížení počtu jedinců v populaci. Nárůst srážek tento stav zase obrací, což vede ke kolísání stavů v populaci této mnohonožky. Zajímavé je, že v místech s vyšší nadmořskou výškou, kde je více srážek a také menší kompetice o úkryt, k těmto kolísáním nedochází (Gerlach et al. 2005).

Na jaře roku 1876 byl zaznamenán jeden z nejstarších dokumentovaných případů hromadných přesunů mnohonožek v Transylvánii v dnešním Rumunsku. Pozorováno bylo mnoho jedinců, kteří ale patřili do několika různých skupin, a pohybovali se podél břehu řeky. Zaznamenanými jedinci byly mnohonožky *Leptoiulus* sp. a *Chromatoiulus* sp., v menších počtech *Enantiulus* sp. ale také stonožky rodů *Lithobius*, *Geophilus* a *Strigamia* (Tömosváry 1878). Paszlavszky (1879) zaznamenal obrovskou masu prouženek jednopásých, *Megaphyllum unilineatum* (C. L. Koch, 1838), které zastavily vlak v maďarském regionu Alföld. Zem byla pokryta tisíci černými mnohonožkami, které bránily vlaku v jízdě. Trať musela být posypána pískem, aby se vlak mohl opět rozjet. Podobný případ zastavení vlaku v severní části Francie byl způsoben prstencovkou dvoupásou, *Ommatoiulus sabulosus* (Linnaeus, 1758), v roce 1900 na trati v lese. Nákladní vlak musel zastavit kvůli kluzké trati způsobené množstvím přejetých mnohonožek. Ve vzdálenosti přibližně jednoho kilometru přecházely menší skupinky mnohonožek trať z jedné strany na druhou (Cloudsley-Thompson 1949). Stejná mnohonožka byla sledována v Německu v souvislosti s narůstajícím počtem od roku 1970. Počty vyvrcholily v obrovský hromadný přesun mnohonožek na jaře v roce 1973, který významně obtěžoval místní obyvatelstvo (Helb 1975). Sahli (1996) zaznamenal dva

masové přesuny prstencovek dvoupásých, v jižní části Francie, resp. v regionu Provence a v oblasti přímořských Alp. Na jaře zde pozoroval nespočet dospělých jedinců, doplněných o velké množství velmi mladých larev pocházejících z vajíček nakladených během předchozího podzimu. V regionu Provence se hromadné výskyty objevovaly pouze ve vesnicích, které jsou situovány nebo jejich části jsou situovány v tzv. garrigue, což je typ středomořské vegetace typický řídkými porosty nízkých keřů a bylin (Zelený 2005). Podmínkou pro masové migrace byly jarní deště. Stejný druh mnohonožky byl pozorován při masivních přesunech v Německu. Na jaře v průběhu pěti až šesti týdnů zaplnily mnohonožky terasy a stěny budov situovaných podél neobhospodařované plochy vodního rezervoáru. Na jedné terase bylo jednoho rána nalezeno přibližně 4 000 jedinců a v průběhu celé doby zde mohlo být posbíráno více než 20 000 jedinců (Ehrensberger 2002). Dziadosz (1966) sledoval na jaře roku 1958 hromadný výskyt svinulí šestipásých, *Glomeris hexasticha* Brandt, 1833, zcela neobvykle během dne. V lese Kabackim ve Varšavě se dospělí jedinci mnohonožek pohybovali po lesní cestě všemožnými směry.

Zajímavý pohyb stíněnek hnědých, *Strongylosoma stigmatosum* (Eichwald, 1830), byl pozorován v Rumunsku v létě okolo turistické stezky procházející bukových lesem. Jedinci v počtu desetitisíců vytvořili řady na vzdálenost půldruhého kilometru s přibližnou šířkou dva metry a hustotou tří až deseti jedinců na jeden decimetr čtvereční. Celá masa mnohonožek směřovala na severozápad. Podél řad byly sledovány také oválné shluky jednotlivců velké od jednotek až po desítky centimetrů čtverečních. Sledování jedinci byli všichni dospělci a poměr pohlaví byl jeden samec ku třem samicím, takže možným důvodem shluků by mohlo být hledání vhodných míst pro kladení vajíček (Ceuca 1984).

V Británii byly zdokumentovány hromadné přesuny mnohonožek, pravděpodobně prstencovek černých, *Tachypodoiulus niger* (Leach, 1816), již v roce 1885. Jednoho dne na jaře byly viděny jejich velké počty, jak přecházejí z pole s ovsem do pastviny přes polní cestu (Cloudsley-Thompson 1949). Čurčić & Makarov (1995) pozorovali masivní shluky prouženek jednopásých v roce 1993 ve vesnici Bečmen v blízkosti Bělehradu, v tehdejší Jugoslávii. Většina shluků byla sledována v okolí obce a pravděpodobné centrum jejich rozmístování byl vypuštěný rybník, místní smetiště a dobytčí hřbitov. Byly pozorovány i pohyby mnohonožek směrem k centru vesnice a místní silnici. Nejintenzivnější shluky byly pozorovány brzy z rána a v pozdních



večerních hodinách. Shluků a přesunů se účastnili pouze dospělí jedinci a poměr samců ku samicím byl víceméně vyrovnaný. Události probíhaly v průběhu podzimu po dobu čtyř týdnů. Neobvyklý případ byl hlášen v roce 2003 v Británii, kdy byly nalezeny mnohonožky *Cylindroiulus londinensis* (Leach, 1816) na okraji silnice u staré hromady posypové soli. Tisíce mrtvých dospělých jedinců svinutých nebo stočených do tvaru písmene C bylo nalezeno čerstvě mrtvých nebo již v rozkladném stavu. Důvody pro toto chování jsou nejasné, mohlo by jít o hledání potravy nebo páření, ale je zvláštní, že by mnohonožky pro tuto událost vybraly zrovna takové nevhodné místo. Jedním z návrhů vysvětlení je, že mnohonožky mohla sůl přitahovat, ale vypadá to, že pro tento případ neexistuje věrohodné vysvětlení (Chater 2004).

#### **1.4 Jednotlivé případy invazí mnohonožek do lidských obydlí a okolí**

Prstencovka *Ommatoiulus moreleti* (Lucas, 1860) je původním druhem na Iberském poloostrově, ale byla zavlečena do několika zemí včetně Austrálie, resp. Jižní Austrálie, kde hromadně proniká do domů. Invaze se vyskytují během jara a podzimu a téměř vždy k nim dochází v noci. I když tento druh není jediným druhem mnohonožky v Jižní Austrálii, jde snad o jediný druh, který byl zdokumentován při invazích do domů. V některých případech bylo zjištěno, že druhy mnohonožek z vnitřních prostor domů odpovídaly nejméně z 95 % druhu *O. moreleti*, a to i v místech, kde tento druh tvořil jen 4 % z nalezených mnohonožek v zahradách těchto domů. V experimentech se světlem, které by mohlo mnohonožky přitahovat, se dokázalo, že *O. moreleti* vykazuje pozitivní fototaxi, na rozdíl od dalších dvou studovaných mnohonožek. Pozitivní fototaxe neboli směřovaný pohyb ke zdroji světla, byla zaznamenaná pouze v noci. V terénu byla *O. moreleti* přitahována světlem jen na jaře a na podzim, což odpovídá hlášením majitelů domů s nežádoucími mnohonožkami (McKillup 1988). Baker (1979) sledoval sezónní aktivitu této prstencovky v Jižní Austrálii a zjistil, že nejčastěji byla pozorována nebo odchycena na podzim, v menší míře na jaře, příležitostně se mnohonožky objevovaly v létě a velmi vzácně v zimě. V další studii Baker (1988) zjistil, že na konci léta, tj. v únoru, je pozorováno více samic než samců a na podzim jsou naopak častěji pozorováni samci než samice, což může souviset s rozdíly v klimatické toleranci obou pohlaví. Samci totiž hůře přežívají vystavení vysokým teplotám a nízké vlhkosti než samice. Nejstarší pozorování jedinci byli častěji samice než samci, což může být vysvětleno nižším přežíváním samců ve srovnání se samicemi.

V Západní Virginii bylo zdokumentováno několik případů invazí do obydlí a hospodářských budov mnohonožkou *P. flavipes*. V průběhu léta 1908 při hromadných přesunech mnohonožky padaly do potoků a studní a hynuly ve velkých počtech. V jednom případě se shromáždily na stěnách sklepa, kde je majitelé slévali horkou vodou a následně byly odklizeny obrovské masy mnohonožek. Před touto invazí bylo hlášeno několik podobných případů, ale nikdy až v takových počtech. Jednou se mnohonožky usadily v jahodníkových polích v Gastonu v době sběru a bylo jich tolik, že sběr byl prakticky nemožný. Mnohonožky se shromáždily kolem jahod a konzumovaly je. Dalším případem byla hromadná konzumace vlhkého a rozkládajícího se povrchu informačních tabulí na staré stezce, kde po mnohonožkách zůstaly ohlodané tabule (Barber 1915).

Kania (2012) pozoroval oblanky sídelní, *Cylindroiulus caeruleocinctus* (Wood, 1864), ve třech městských čtvrtích v Lublinu v letech 2006–2010. Mnohonožky obývaly otevřené travnaté plochy, porosty a pohybovaly se v blízkosti budov a následně vnikaly do sklepů. V dalších městech v Polsku, v Jaworznu a Chrzanówu, pozoroval přemnožené stavy prstencovky dvoupásé déle než deset let a v Krakově tuto situaci sledoval od roku 2009 do 2011. I u této mnohonožky ve zmíněných městech byla zaznamenána přemnožení a následná vnikání do obydlí, poprvé byla hlášena v roce 2000. Na jaře v roce 2002 její hromadné přesuny čítající tisíce mnohonožek vzbuzovaly u obyvatel paniku. Masy se pohybovaly po ulicích a chodnicích, vnikaly do domů, skladišť, školy, ale také do kostela. Mnohonožky lezly po stěnách budov až do výšek dvou až tří metrů a nejvíce se koncentrovaly před hlavními dveřmi a na balkónech. Většina pozorovaných byli dospělci s mírnou dominancí samiček a největší aktivitu vykazovaly v ranních a poledních hodinách (Kania & Tracz 2005).

Ve Švédsku Lindgren (1952) pozoroval lokální výskyt obrovského množství oblanek sídelních. V září 1938 jich stovky lezly po kamenném pilíři mostu, který vedl nad silnicí, další podobná akumulace byla sledována o stovky metrů dál na vstupním schodišti do místní výzkumné stanice. V každém případě mnohonožky hledaly vhodné praskliny mezi kameny k úkrytu. O 11 let později byl tentýž druh pozorován na stejných místech, tentokrát v přítomnosti se stonožkami rodu *Lithobius* a několika lalokonosci *Otiorrhynchus nodosus* (O. F. Müller, 1764). Jedinci opět intenzivně hledali vhodné úkryty v různých prasklinách. Hromadný výskyt mnohonožek *C. londinensis* byl sledován i v Norsku na podzim roku 1980. Mnohonožky, které jsou zde normálně

v nízkých počtech, se přemnožily a vyděsily místní. Každý večer navzdory překážkám, které jim místní připravili, se shlukovaly ve velkých počtech. Šlo o dospělá stádia, ale také juvenilní a mimo zmíněný druh se zde objevilo i několik jedinců oblanky tečkované, *Cylindroiulus punctatus* (Leach, 1816), špičanky mokřadní, *Leptoiulus proximus* (Němec, 1896), dlouženky útlé, *Choneiulus palmatus* (Němec, 1896), a uzlenky čpavé, *Unciger foetidus* (C. L. Koch, 1838), (Meidell & Simonsen 1985).

Scott (1958) zaznamenával výskyt prstencovek černých ve svém domě v Británii. Od jara roku 1953 se mnohonožky začaly jednotlivě objevovat v jeho domě, avšak každým dalším rokem se jejich počet zvyšoval. Až v roce 1957 mu do domu vlezlo přes 200 jedinců, ale jejich pohyby nebyly hromadné, většinou vnikaly do domu po jednotlivcích, maximálně po osmi jedincích během jedné noci. Doba, po kterou do domu vnikaly, se prodlužovala a začaly se zde vyskytovat i na konci léta a na podzim. Objevovala se zde obě pohlaví, ale také juvenilní stádia a k vniknutí docházelo především v noci. Jednalo se o starý kamenný dům a mnohonožky pronikaly ze zahrady převážně do kuchyně pod nepřilíh těsnícími dveřmi.

Samšiňák (1984) zaznamenal přemnožení a invaze oblank sítelních do domů a sklepů bytů v Praze. Hlášení o mnohonožkách začala od srpna a skončila až na konci podzimu roku 1980. Mnohonožky byly nalézány mrtvé v temných koutech a šterbinách, někdy i celé shluky. Po ústupu zimy se opět začaly objevovat, tak je místní odpuzovali nasypnými pilinami politými petrolejem, což do určité míry snížilo jejich počty.

Na podzim roku 1968 se v Náměšti na Hané objevily hromadné invaze uzlenek čpavých do lidských obydlí. Ve večerních hodinách byly pozorovány, jak vylézají z kanálů, příkopů a trávy velké shluky mnohonožek, které opakovaně vnikaly do domů. Použité prostředky na odpuzení, jako je nafta nebo lyzol, je neodpudivly (Chmela 1969), některé mnohonožky sice umíraly, ale další se hrnuly do obydlí. Původ mnohonožek byl vystopován na kopci vedle hřbitova ve skládce starých věnců a jiných odpadků, odkud byly mnohonožky pravděpodobně vyhnány vydatnými srážkami (Chmela 1969).

Skleníky se zdají být také lákavým prostředím pro mnohonožky. Poskytují odlišné podmínky prostředí ke kolonizaci a k jejich přežívání v porovnání s přirozenými nebo synantropními stanovišti mimo ně. Ve sklenících je vyšší a většinou stálá teplota, vyšší vlhkost, trvalá a pravidelná zálivka a většinou zde najdeme teplomilné až tropické

rostliny, které vytvářejí jen malé množství listového opadu a mrtvého dřeva, což z nich vytváří unikátní ekosystém. V Německu bylo zkoumáno 46 výzkumných skleníků a našlo se v nich 35 druhů mnohonožek, včetně druhů, které se většinou účastnily výše uvedených případů invazí do lidských obydlí a jeho okolí v Evropě, ale i ve světě. Dále se zde nacházely druhy z řádů Spirobolida, Spirostreptida, Polyzoniida, Polydesmida a Chordeumatida (Decker et al. 2014). Obyvatelé skleníků však obvykle skleníky neopouštějí a ani se v nich masově nepřemnožují. Problematice mnohonožek ve sklenících v této práci pozornost věnována není.

### **1.5 Regulace mnohonožek při invazích do lidských obydlí a jejich okolí**

Vnikání mnohonožek do domů je pro majitele stresující. Přestože mnohonožky nekoušou, nebodají, ani uvnitř budov nepáchají škody, není to zrovna příjemná zkušenost. Proto asi nejlepším řešením tohoto problému je předcházet možnostem vniknutí mnohonožek do budov, než je posléze chemicky likvidovat. Příkladem může být utěsnění štěrbin a prasklin na stěnách domu nebo instalace těsnících lišt pod dveře. Dále je vhodné vytvořit prostředí kolem domu, které bude méně přitažlivé pro mnohonožky. Odstraněním organických zbytků nebo mulče z blízkosti domu, vytvořením štěrkového pásu kolem celého domu, udržováním krátkého trávníku nebo vypnutím venkovních světel v období, kdy jsou mnohonožky aktivní. Někdy je doporučováno použití pyrethroidního insekticidu, ale existují případy, kdy toto ošetření vůbec nefungovalo. Mnohonožky mají totiž velmi silný exoskeleton, který je chrání před absorpcí insekticidu (Ogg 2008, Waldvogel & Alder 2018). V malých množstvích mohou být mnohonožky regulovány například kreosotovým olejem nastříkaným na zem a zdi kolem domu, který je pro mnohonožky nechutný. Dále rozmístěním naftalínových kuliček kolem domu a lehkým zapracováním do půdy nebo poprášením okolí domu vápnem. Pokud mnohonožky invadují ve velkých počtech, tak není žádná z výše uvedených regulací plně uspokojivá. V takových případech se doporučuje využít alespoň zmíněné regulace spolu s trvalou aplikací postřiku proti mouchám s obsahem petroleje a pyretrinu v době, kdy se mnohonožky aktivně přesouvají (Back 1939).

Chemická regulace mnohonožek není snadná ani jistá a insekticidy nebývají moc účinné. Známé insekticidy používané na mnohonožky jsou například Sevin neboli karbaryl, permetrin, Dursban nebo diazinon, které se aplikují kolem budov. Důkladná

aplikace může pomoci s regulací, ale samotná aplikace bez jiných opatření většinou není uspokojivá (Lewis 1999). Při použití různých insekticidních látek je nutné myslet na to, že se s nimi většinou nesmí dostat do kontaktu děti nebo domácí mazlíčci, zároveň nesmí být kontaminovány hračky, bazény nebo jiné předměty, jako je například venkovní gril či palivové dříví (Waldvogel & Alder 2018). Insekticid Bendiocarb byl laboratorně zkoumán na mnohonožkách *Urostreptus atrobrunneus* Pierozzi & Fontanetti, 2006 v Brazílii. Po 24 hodinách od aplikace byla pozorována vysoká úmrtnost mnohonožek, zatímco v kontrolní skupině přežily všechny mnohonožky. Tento přípravek je ale velmi toxický a mohl by způsobit kontaminaci životního prostředí, takže se pravděpodobně nebude v praxi používat (Fontanetti et al. 2010).

Biologická regulace patří mezi zkoumané způsoby, jak snížit populace přemnožených mnohonožek. Mnohonožka *O. moreleti* byla v experimentech v laboratoři i v terénu nakažena hlísticemi řádu Rhabditida a bylo zjištěno, že hlístice jsou schopné vniknout do mnohonožky a následně ji zahubit. Tyto výsledky přinášejí přesvědčivé důkazy o tom, že je tato hlístice zodpovědná za snížení početnosti této mnohonožky v Jižní Austrálii (McKillup et al. 1988).

## **2. Cíle práce**

Cílem této diplomové práce je vypracovat literární přehled o problematice hromadných přesunů a přemnožení mnohonožek a jejich invazí do lidských obydlí nebo jeho okolí. Experimentálním cílem je zjistit, jestli modelový druh mnohonožky vykazuje známky pozitivní nebo negativní fototaxe. Druhým experimentálním cílem je posouzení možnosti odpudit mnohonožky z míst nežádoucího výskytu. Pro naplnění tohoto cíle byly vybrány tři chemické látky: kyselina mravenčí, Savo a esenciální vonný litseový olej.

Didaktickým cílem této práce bylo navrhnout pracovní list pro terénní výuku v předmětu biologie, v rámci které by se studenti seznámili blíže s mnohonožkami a také půdními živočichy a jejich přínosem.

### **3. Materiál a metody**

#### **3.1 Chov oblank**

Jedinci oblanky sídelní (*Cylindroiulus caeruleocinctus*) byli nasbíráni v Bezručových sadech v Olomouci během června. Následně byli umístěni do průhledného plastového chovného boxu o rozměrech 16 × 16 × 7,5 cm. Dno boxu tvořila vrstva sádry pro lepší udržení vlhkosti a substrát tvořila zemina s listovým opadem. Kousky mrtvého dřeva a kůry zde sloužily jako možnost úkrytu. V horní části boxu byly zhotoveny otvory, aby do něj proudil vzduch. Substrát byl pravidelně vlhčen a jako potrava pro mnohonožky sloužila salátová okurka nakrájená na tenké plátky, které byly pravidelně vyměňovány za nové. Chovný box byl v místnosti s teplotou vzduchu kolem 20 °C a vlhkostí vzduchu přibližně 50 %.

#### **3.2 Experiment se světlem**

Experimenty probíhaly v průhledných plastových nádobách o stejných rozměrech, jako chovné boxy. Byly realizovány večer od 22. hodiny a zároveň byla i zatměna okna, aby do místnosti prosvítalo co nejméně světla, které by mohlo oblanky rušit. V experimentálním boxu byla do náhodně vybraného rohu připevněna žlutě svítící tyčinka a v kontrolním boxu byla do stejného rohu připevněna tyčinka, která nesvítila. Do prostoru boxu se umístily tři dřevěné překážky, které měly napodobit přirozené prostředí a mohly sloužit k úkrytu. Boxy byly od sebe vzdáleny přibližně 1,5 m. Před experimentem se z chovného boxu náhodně vybralo 20 oblank a 10 z nich se umístilo do středu experimentálního boxu a 10 do kontrolního boxu. Poté se prostřednictvím dvou mobilních telefonů a jejich nastavení světelné clony a funkce ISO vytvářely snímky každých 30 sekund po dobu 15 minut, které zaznamenávaly pohyb oblank. Experiment byl realizován ve třech opakováních hned po sobě, aby každá oblanka byla v experimentu jen jednou. Toho se docílilo tak, že se použité oblanky v prvním opakování vložily do dočasného chovného boxu, kde bylo méně zeminy a listového opadu pro lepší následnou manipulaci. Poté se k nim přidaly použité oblanky ze druhého opakování a po ukončení třetího opakování se všechny oblanky vrátily zpět do chovného boxu popsaného výše. V každém opakování se náhodně změnila orientace připevněných tyčinek. Kontrolní ani experimentální boxy nebyly během experimentu uzavírány víkem.

### 3.3 Experiment s chemickými látkami

Tento experiment byl prováděn ve stejných průhledných plastových nádobách o stejných rozměrech. Do každého rohu byla umístěna průsvitná víčka od lahví s navlhčeným filtračním papírem a do prostoru byly vloženy tři dřevěné překážky simulující přirozené prostředí. V kontrolním boxu se nacházela víčka s papírem navlhčeným vodou a v experimentálním boxu byl náhodně vybrán jeden roh, kde byl papír navlhčen zkoumanou chemickou látkou, v ostatních rozích byl navlhčen vodou. Pozice kontrolního a experimentálního boxu byla před každým experimentem náhodně vybrána. Před experimentem bylo z chovného boxu náhodně vybráno 20 oblanek sídelních a poté bylo 10 oblanek vloženo do středu kontrolního boxu a 10 do středu experimentálního boxu. Následně bylo spuštěno video, které monitorovalo pohyb oblanek v boxech po dobu 15 minut. V průběhu jednoho dne se provedly tři varianty, aby byla každá oblanka během jednoho dne použita jen jednou. Toho se docílilo stejným způsobem jako v experimentech se světlem. Tyto tři varianty se realizovaly ve třech opakováních a mezi jednotlivými opakováními byl rozestup minimálně pět dní, aby nedošlo ke změně chování vlivem předchozí zkušenosti. Kontrolní ani experimentální boxy nebyly v průběhu experimentů uzavírány víkem. Všechny experimenty probíhaly v zatemněné místnosti, aby se docílilo, co nejlepších podmínek a největší aktivity oblanek.



Obrázek 1: Kontrolní a experimentální box před experimentem.

Mnohonožky byly v experimentu vystavovány kyselině mravenčí v koncentraci 5 %, druhou testovanou látkou bylo Savo v koncentraci 5 % s dezinfekční látkou chlornanem sodným. Třetí testovanou chemikálií byl esenciální vonný litseový olej z rostliny *Litsea cubeba* (Lour.) Pers., v neředěné koncentraci. Základními složkami



litseového oleje jsou citral, limonen aj., proto má typickou citrusovou vůni. Silice ze suchých plodů této rostliny jsou komerčním zdrojem citralu (Valíček 2004). Na filtrační papír bylo aplikováno jen minimální množství vonného oleje kvůli koncentraci a ostatní látky byly aplikovány v přiměřeném množství. Na další filtrační papíry v rozích bylo aplikováno přiměřené množství vody a v kontrolním boxu ve všech rozích bylo taktéž použito přiměřené množství vody. Nízké koncentrace (5 %) kyseliny mravenčí a Sava byly vybrány, aby výsledky experimentů mohly být následně v praxi využitelné, jak z ekologického, tak i z ekonomického hlediska.

### **3.4 Zpracování dat**

Ze snímků z experimentů se světlem byla měřena vzdálenost jednotlivých mnohonožek od zdroje světla nebo od přichycené tyčinky v případě kontrolního boxu. Vzdálenost byla měřena vždy od středu těla mnohonožky až po zdroj světla. Následně byla data zapisována a zpracována v programu Microsoft Excel a byly vypočítány průměrné vzdálenosti mnohonožek od zdroje v experimentálním i kontrolním boxu. Poté byly vytvořeny výstupy ve formě grafů znázorňující tyto vzdálenosti.

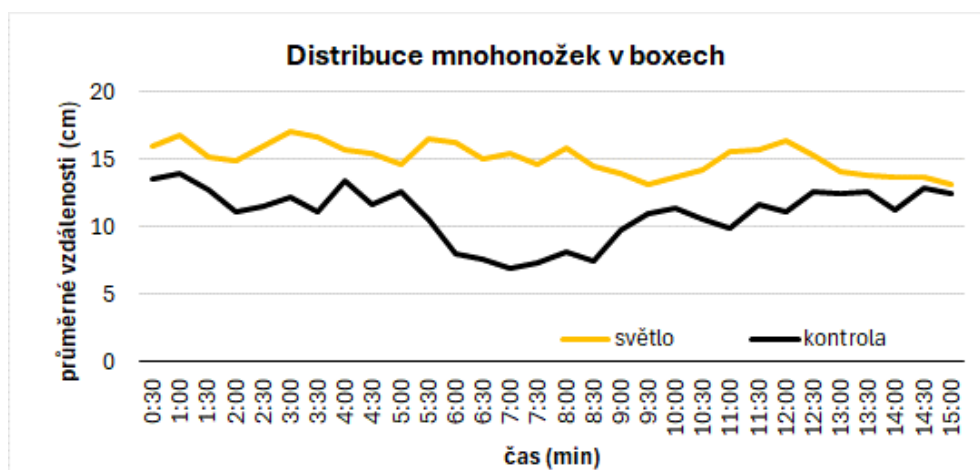
Z nahraných videí z experimentů s chemickými látkami byly vytvořeny snímky každých 30 sekund a na těchto snímcích byla opět měřena vzdálenost jednotlivých mnohonožek od zdroje zápachu nebo od stejně orientovaného víčka s navlhčeným filtračním papírem u kontrolního boxu. Vzdálenost byla měřena od středu těla mnohonožky až po střed víčka s filtračním papírem. Poté byla data zapisována a zpracována v programu Microsoft Excel a byly vytvořeny výstupy v podobě grafů průměrných vzdáleností mnohonožek od zdroje v experimentálním i kontrolním boxu.

Data o distribuci mnohonožek v boxech s testovanou chemikálií (zdrojem světla) a v kontrolním boxu byla průměrována a průměrné vzdálenosti v půlminutových odstupech byly srovnávány pomocí dvouvýběrového párového t-testu na střední hodnotu. V dalším kroku byly tyto průměry srovnávány pomocí dvouvýběrového F-testu pro rozptyl, smyslem tohoto testu bylo porovnat pohybovou aktivitu mnohonožek v boxu v průběhu experimentu. Význam jednotlivých chemikálií pro případné odpuzování mnohonožek byl testován pomocí jednocestné ANOVY. Její výsledky byly vizualizovány pomocí boxplotu a odlišnosti mezi jednotlivými chemikáliemi byly testovány použitím post-hoc Tukeyho testu. Tyto testy byly provedeny v programu Microsoft Excel.

## 4. Výsledky

### 4.1 Stanovení typu fototaxe oblanky sídelní

V prvním experimentu bylo zjišťováno, zda vykazují oblanky sídelní pozitivní či negativní fototaxi. V experimentálním boxu byla umístěna svítící tyčinka a bylo měřeno, jakou vzdálenost od zdroje světla si mnohonožky udržují. Po celou čtvrt hodinu se oblanky zdržovaly spíše ve vzdálenější, tmavší části (obr. 2;  $t = 9,83$ ,  $p < 0,001$ ). Průměrně se mnohonožky zdržovaly o 4 cm dále od světla, než od nesvítící tyčinky v kontrolním boxu a v přítomnosti světla se méně pohybovaly (světlo:  $15,1 \pm 1,3$  cm; kontrola:  $11,0 \pm 4,0$  cm;  $F = 0,32$ ,  $p = 0,001$ ). Chování v experimentálním boxu lze považovat za negativní fototaxi.

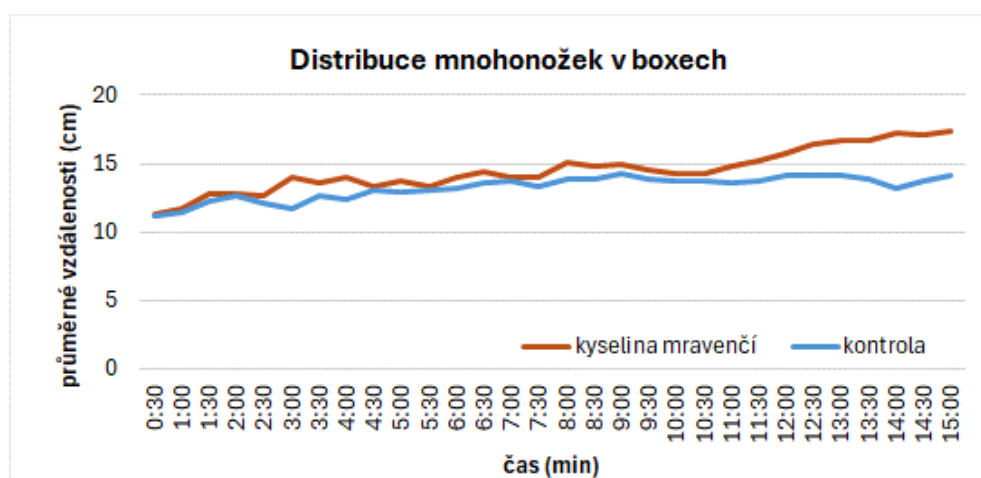


Obrázek 2: Průměrné vzdálenosti jedinců od svítící tyčinky v experimentu a nesvítící tyčinky v kontrole v půlminutových intervalech v průběhu experimentu.

### 4.2 Vliv testovaných chemických látek na distribuci oblanky

V těchto experimentech byla zjišťována reakce oblanky na jednotlivé chemické látky, tzn. jestli oblanka určitá chemická látka odpuzovala nebo ne. Sledovala se vzdálenost oblanky od rohu s víčkem a filtračním papírem s aplikovanou chemikálií. V experimentu s kyselinou mravenčí bylo pozorováno postupné vzdalování se od zdroje zápachu s rostoucím časem (obr. 3;  $t = 6,33$ ,  $p < 0,001$ ). V kontrolním boxu byla rostoucí vzdálenost pozorována také, ale ne tak patrně. Zároveň byly mnohonožky v experimentálním boxu průměrně o 1,2 cm dál od zdroje zápachu než kontrola a více se v prostoru boxu pohybovaly, což může být chápáno jako hledání vhodnějšího úkrytu před chemickou látkou (experiment:  $14,5 \pm 2,5$  cm; kontrola:  $13,3 \pm 0,7$  cm;  $F = 3,40$ ,

$p = 0,001$ ). Na základě experimentu můžeme kyselinu mravenčí považovat za látku, která mnohonožky odpuzuje.

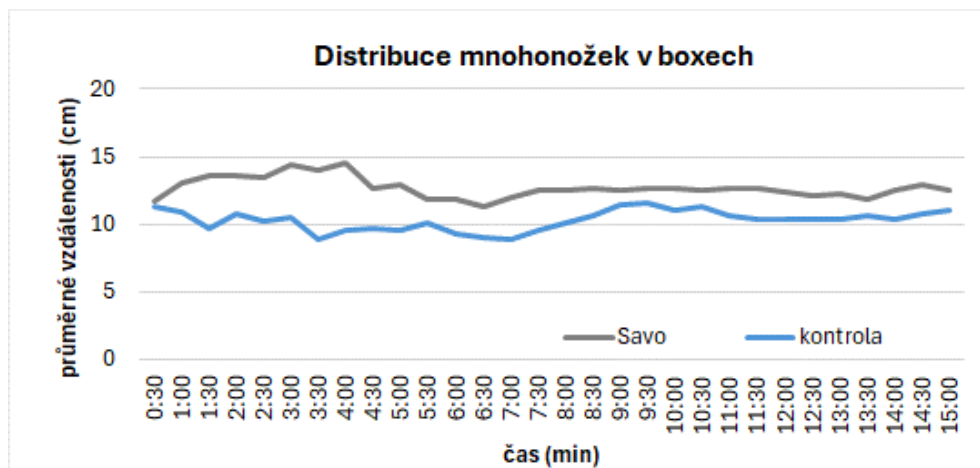


Obrázek 3: Průměrné vzdálenosti oblanek od kyseliny mravenčí, respektive vody v půlminutových intervalech v průběhu experimentu.

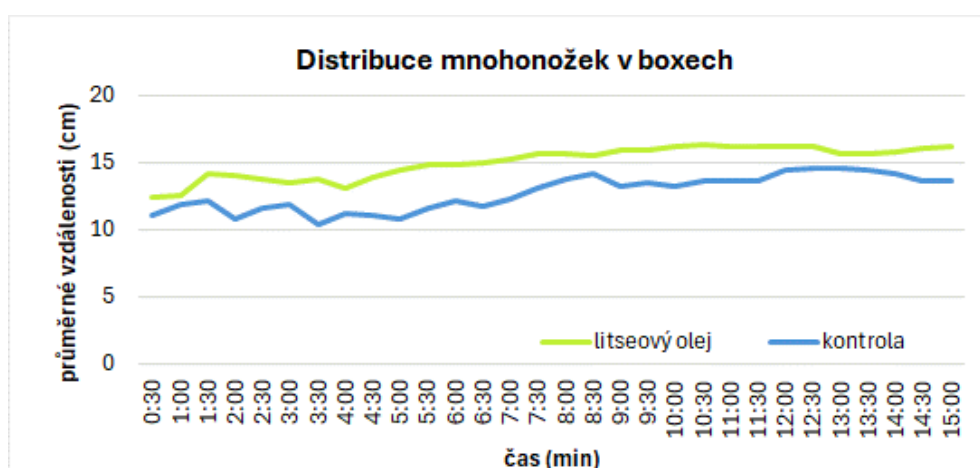
V experimentu se Savem byl v prvních pěti minutách pozorován větší rozdíl v průměrných vzdálenostech oblanek od zdroje zápachu mezi experimentem a kontrolou. Zároveň byly oblanky v tomto časovém úseku nejvíce aktivní, a to v obou boxech. V následujících deseti minutách se rozdíly ve vzdálenosti a jejich pohyb zmenšoval a ustaloval, udržované vzdálenosti se však lišily (obr. 4;  $t = 12,21$ ,  $p < 0,001$ ). Mnohonožky v experimentálním boxu byly od zdroje zápachu průměrně o 2,4 cm dál než v kontrole. Aktivita mnohonožek v obou boxech byla velmi nízká a nelišila se (experiment:  $12,7 \pm 0,6$  cm; kontrola:  $10,3 \pm 0,6$  cm;  $F = 1,01$ ,  $p = 0,484$ ). Savo můžeme na základě experimentu považovat za látku, která mnohonožky dostatečně neodpuzovala ve srovnání s kontrolou.

V experimentu s vonným litseovým olejem bylo pozorováno podobně jako u kyseliny mravenčí mírné vzdalování se od zdroje zápachu v průběhu experimentu (obr. 5;  $t = 16,57$ ,  $p < 0,001$ ). Průměrná vzdálenost oblanek od litseového oleje byla o 2,3 cm větší než u vody v kontrole. V pohybu oblanek v obou boxech nebyl velký rozdíl, ale v kontrolním boxu se mnohonožky pohybovaly více než v experimentálním (experiment:  $15,0 \pm 1,4$  cm; kontrola:  $12,7 \pm 1,7$  cm;  $F = 0,81$ ,  $p = 0,286$ ). Celkově byla aktivita mnohonožek u vonného oleje vyšší než u Sava, ale zároveň nižší, než u kyseliny mravenčí. To by mohlo znamenat, že si mnohonožky našly úkryt v dostatečné vzdálenosti od zdroje zápachu, ale nebyly natolik motivovány si jít hledat další úkryt. Současně byly

mnohonožky průměrně nejvíce vzdálené právě od vonného oleje. Na základě tohoto experimentu můžeme vonný litseový olej považovat za látku, která mnohonožky odpuzovala ve srovnání s kontrolou.



Obrázek 4: Průměrné vzdálenosti oblank od Savo, respektive vody v půlminutových intervalech v průběhu experimentu.

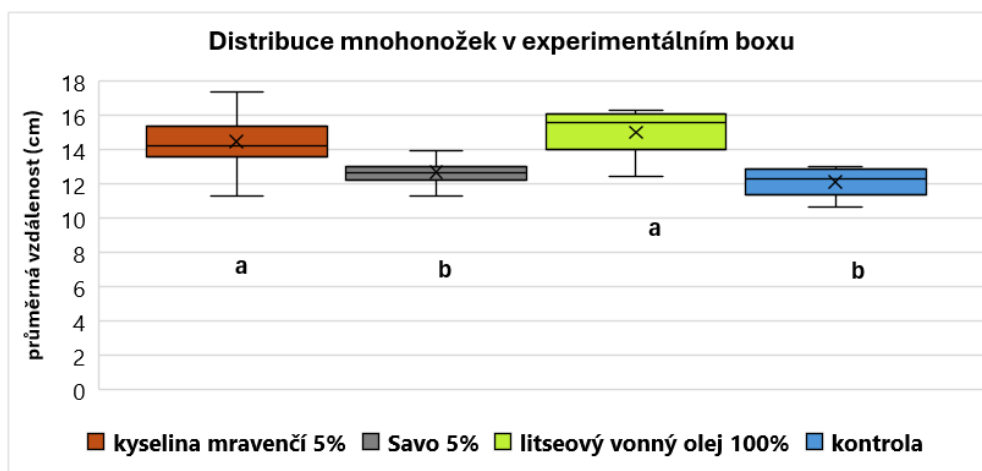


Obrázek 5: Průměrné vzdálenosti oblank od vonného litseového oleje, respektive vody v půlminutových intervalech v průběhu experimentu.

### 4.3 Srovnání účinku jednotlivých chemikálií na distribuci oblank

Pro vzájemné porovnání účinku jednotlivých chemikálií na distribuci oblank v experimentálním boxu byly nejprve zprůměrovány vzdálenosti mnohonožek od kontrolního bodu ve všech kontrolních experimentech. Poté statistické porovnání ukázalo, že rozmístění mnohonožek bylo statisticky významně ovlivněno typem použité chemikálie (ANOVA:  $F = 46,51$ ,  $p < 0,001$ ). Tukeyho test, využitý k rozlišení síly efektu jednotlivých látek, ukázal, že Savo mnohonožky neodpuzuje statisticky významněji než

samotná voda, nicméně kyselina mravenčí a vonný litseový olej skutečně měly repelentní účinek podobné intenzity (obr. 6).



Obrázek 6: Průměrná vzdálenost jedinců od aplikované chemické látky a jejich statistické odlišnosti. V krabicovém grafu je zobrazena průměrná vzdálenost (×), pomocí obdélníku s vnitřní čarou první až třetí kvartil dat a medián a pomocí vousů celková variabilita dat. Odlišnými písmeny jsou naznačeny statisticky signifikantní rozdíly v distribuci mnohonožek.

## 5. Diskuze

Cílem této práce bylo zjistit, jak oblanky sídelní reagují na světlo a na určité chemické látky, respektive u chemických látek zjistit, které z nich by je mohly potenciálně odpuzovat. Toto bylo vyhodnocováno na základě experimentů se světlem, kdy byla do experimentálního boxu umístěna svítící tyčinka a byl sledován pohyb mnohonožek a měřena jejich vzdálenost od zdroje. Pro experimenty byla vybrána oblanka sídelní, protože jsou dokumentovány případy invazí těchto mnohonožek do lidských obydlí a jeho okolí. Zároveň je zde určitá pravděpodobnost, že by mohla být do těchto míst přitahována právě světlem. Dále byly realizovány experimenty s chemickými látkami, kterými byla kyselina mravenčí, Savo a litseový vonný olej. V experimentálním boxu bylo do rohu umístěno víčko s filtračním papírem, kde byla aplikovaná určitá chemická látka. Byl sledován pohyb mnohonožek a také měřena vzdálenost od zdroje zápachu.

### 5.1 Fototaktická reakce oblanek

Reakce oblanek sídelních na světlo byla vyhodnocena jako negativní fototaxe. Mnohonožky se spíše zdržovaly v tmavší části boxu a nejevily známky přitahování světlem. V kontrolním boxu byl sledován náhodný pohyb mnohonožek, což potvrzuje předpoklad, že mnohonožky se ve tmě více pohybují a v boxu nebyl žádný podnět, který by toto přirozené chování ovlivnil. Většina mnohonožek je aktivních v noci, nejčastěji mezi 22. hodinou večer a 4. hodinou ráno (Tuf et al. 2006), proto byly experimenty se světlem realizovány od 22. hodiny večerní. Mnohonožky žijící na povrchu země mají často oči a orientují se podle světla, většinou fotofóbně. Ty, které žijí v půdě, někdy oči nemají, nebo je mají redukované, protože v půdě, resp. ve tmě nejsou potřebné.

V hlavové části se u některých mnohonožek nacházejí intracerebrální fotoreceptory jako další orgán vnímající světlo, například u zástupců řádů Glomerida, Spirostreptida, Spirobolida a Julida, včetně prstencovky černé, *Tachypodoiulus niger*, i nebo prstencovky dvoupásé, *Ommatoiulus sabulosus* (Hopkin & Read 1992, Müller & Sombke 2015). Mnohonožky, které mají oči, reagují na světlo různě, některé vykazují negativní fototaxi a některé pozitivní fototaxi, jako například prstencovka dvoupásá. Ta se chovala pozitivně fototakticky v experimentech v laboratoři i v terénu a vždy byla v průběhu noci přitahována světlem, na rozdíl od dalších dvou sledovaných mnohonožek, slepé plochule *Oncocladosoma castaneum* (Attems, 1944) a špičanky *Ophiulus*

*verruculiger* Verhoeff, 1910 (McKillup 1988). Nicméně pozitivní fototaxi mohou vykazovat i slepé plochule, jako africké *Coromus* sp. a *Habrodesmus falx* (Toye 1966). Studie reakcí na světlo mnohonožek majících oči jsou nejednoznačné, jak je sledováno například při hromadných migracích, které neprobíhají výhradně jen v noci, ale také ve dne, ba dokonce v plném slunečním svitu. Nebo naopak existují mnohonožky (např. stíněnka *Chamberlinius hualienensis* Wang, 1956), které hromadně migrují v noci a navzdory tomu, že jim chybí oči, se výrazně vyhýbají kontaktu se světlem. V tomto případě pravděpodobně vnímají světlo pomocí zmíněných intracerebrálních fotoreceptorů (Müller & Sombke 2015). Někteří autoři považují pozitivní fototaxi za nestandardní projev a domnívají se, že toto chování může být odpovědí na určitý ohrožující podnět (Fairhurst 1970).

Oblanky sídelní ale oči mají a světlu se snaží vyhýbat, což je považováno za typické chování mnohonožek. Známe případy, kdy tato mnohonožka vniká do lidských obydlí a jeho okolí. Na základě realizovaných experimentů je pravděpodobné, že pouliční světla nebo osvětlení domu nebudou tuto mnohonožku přitahovat. Jiná situace je u invazí prstencovky dvoupásé, která je do domů pravděpodobně přilákána světlem. Do blízkosti lidských obydlí by oblanky mohla přitahovat například vysoká relativní vlhkost vzduchu nebo stálá teplota (McKillup 1988). Vhodnou vlhkost a teplotu mnohonožky hledají například ve sklepech domů, na zahradách ve vyšší trávě nebo v mulči (Waldvogel & Alder 2018). Dalším důvodem pro invaze do lidských obydlí a jeho okolí může být hledání vhodného úkrytu hlavně po vydatnějších deštích, které zvednou hladiny vody v půdě (Back 1939). Jinými slovy, vyhnat mnohonožky na pochod a hledání úkrytu v domech může nevhodná vlhkost nejen příliš nízká, ale i příliš vysoká.

V budoucnu by bylo vhodné otestovat typ fototaxe dalších druhů, které mají tendenci se přemnožovat a vnikat do domů. Provedené experimenty jsou jednoduché, ale vhodné by bylo mít informaci o vlnové délce použitého světla, respektive vyzkoušet i světla jiného zbarvení.

## **5.2 Repelentní účinek testovaných látek**

V experimentech s chemickými látkami oblanky reagovaly na kyselinu mravenčí postupným vzdalováním se od zdroje zápachu v průběhu experimentu. V průměru byly

od zdroje zápachu dál a více se pohybovaly než kontrola. Na základě toho bylo vyhodnoceno, že mnohonožky kyselina mravenčí odpuzuje. Tato látka byla vybrána, aby napodobovala skutečné mravence, kteří jsou považováni za jejich predátory. Předpoklad, že se mnohonožky budou vyhýbat této látce, byl potvrzen, i když je pravda, že síla tohoto efektu nebyla tak výrazná, jak bylo předpokládáno. Pravděpodobně to může být způsobeno nízkou koncentrací použité chemické látky (5 %).

Ito & Hosokawa (2020) zaznamenali, že mravenec *Probolomyrmex dammermani* Wheeler, 1928, který se vyskytuje v jihovýchodní Asii, je specializovaným predátorem mnohonožek z řádu chlupule (Polyxenida). Tyto mnohonožky mají měkké tělo pokryto chomáčky štětín, které používají jako obranu proti predátorům včetně mravenců, jelikož nemají chemickou obranu. Chlupule často žijí pod odchlípující se kůrou stromů, v systému štěrbin, a chomáčky obranných štětín proto trčí hlavně po stranách zvířete, dopředu a dozadu. Svrchní a spodní strana těla jsou ochlupeny podstatně méně, protože je obvykle chrání pevný podklad. Mimo tento druh mravence je známo několik dalších druhů mravenců rodu *Thaumatomyrmex*, kteří také chlupule loví. Další záznamy o útocích mravenců na chlupule jsou doloženy u mravenců rodu *Myrmecia*, na kterých se zkoumala efektivita obranných štětín chlupulí proti predátorům (Eisner et al. 1996).

Lawrence et al. (2011) sledoval invazivní mravence *Pheidole megacephala* (Fabricius, 1793), jak se krmí umírajícími nebo už mrtvými jedinci endemické mnohonožky *Sechelleptus seychellarum* vyskytující se na ostrovech Seychely. Chemická obrana mnohonožky ji chrání před napadením mravenců, ale v momentě, kdy mnohonožka umírá, nebo je čerstvě mrtvá, tak se jimi mravenci živí.

Savo bylo na základě reakcí oblanek v experimentech poměrně překvapivě vyhodnoceno jako nedostatečně odpuzující ve srovnání s obyčejnou vodou. Pohyb i průměrné vzdálenosti mnohonožek od zdroje se postupem času ustalovaly. Zároveň byla u Sava naměřená nejnižší průměrná vzdálenost od zdroje zápachu v průběhu experimentu. Savo bylo do experimentů vybráno na základě silného zápachu, dezinfekční funkce a zároveň proto, že je tato látka běžně v domácnostech používána. Bylo předpokládáno, že se mnohonožky budou této látce vyhýbat více, než se nakonec zjistilo.

Chlornan sodný, který je základní složkou Sava je oxidační činidlo, které se používá k dezinfekci a jako bělicí prostředek v domácnostech, potravinářském průmyslu,



lékařství nebo k ošetření pitné vody. Kapalina je čirá a nažloutlá s charakteristickým zápachem chlóru. Při kontaktu s kůží a sliznicemi dochází k leptání, díky čemu tuto látku považujeme za toxickou. Zajímavé je, že mnohonožky v experimentu zápach této látky nevyhodnocovaly jako dostatečně nebezpečný. Je možné, že při tak nízké koncentraci (5 %) mnohonožky nebyly motivovány pro větší obezřetnost nebo větší vyhýbání se zdroji západu. V těchto koncentracích totiž roztok při potřísnění způsobuje jen minimální poškození. Až v dlouhodobém nebo rozsáhlém vystavení se této látce by mohlo dojít k podráždění nebo poškození kůže nebo kožní přecitlivělosti. Pořád se ale bavíme o kůži, a ne o tvrdém kalcifikovaném exoskeletu mnohonožky. Zmínky o působení této látky na mnohonožky nejsou k dispozici, takže je vycházeno z informací o látce a jejím působení na kůži. Mnohonožky v experimentu nelezly do víček s filtračním papírem, kde bylo Savo aplikováno, jak se někdy stávalo u víček s filtračním papírem navlhčeným vodou, takže je možné, že se mnohonožky přece jen přímého kontaktu s touto látkou vyhýbaly. To by mohlo znamenat, že pachově jim látka nevadila natolik, aby se intenzivně schovávaly, ale zároveň se vyhýbaly přímému kontaktu s touto látkou (Slaughter et al. 2019).

V experimentech s aplikací esenciálního litseového vonného oleje se oblanky, podobně jako u kyseliny mravenčí, vzdalovaly od zdroje západu. Byly méně aktivní, ale zároveň si udržovaly největší průměrnou vzdálenost ve srovnání s ostatními chemickými látkami. Tato látka byla vybrána na základě jisté možnosti mít repelentní vlastnosti a zároveň jde o látku, která má citrusovou vůni, což lidem většinou na rozdíl od Sava nebo kyseliny mravenčí voní. Proto by praktické využití této látky bylo pro člověka atraktivnější a zároveň by to odpuzovalo nežádoucí mnohonožky. Šlo by tedy o propojení užitečného s příjemným. Neřaděná koncentrace byla zvolena kvůli nemísitelnosti oleje s vodou – při snaze o rozmíchání kapky oleje nedojde k vytvoření emulze a při aplikaci na filtrační papír pak není zřejmé konkrétní množství oleje. Cílem však bylo zjistit, zdali vůbec bude mít tato látka na mnohonožky repelentní účinky.

V několika studiích se potvrdilo, že litseový olej má repelentní účinky na různé druhy bezobratlých. Esenciální litseový olej byl například použit při zjišťování repelentního efektu na potemníka stájového, *Alphitobius diaperinus* (Panzer, 1797), jako jednoho z hlavních škůdců materiálů a produktů vytvořených ze sítiny rozkladité, *Juncus effusus* L, během doby skladování. V experimentu byli použiti dospělci a šestá larvální

stádia brouků. Zjišťována byla fumigační účinnost neboli účinnost plynování, kontaktní toxicita a repelentní účinky. Úmrtnost brouků byla sledována 24 a 48 hodin po experimentu. Dalšími testovanými látkami byly esenciální oleje extrahovány z citroníku limonového (*Citrus limon* (L.) Burm. f.), česneku kuchyňského (*Allium sativum* L.) a skořicovníku čínského (*Cinnamomum cassia* (Nees & T. Nees) J. Presl). Fumigační účinnost litseového oleje byla ze čtyř sledovaných látek nejnižší. Jeho kontaktní toxicita na juvenilní stádia byla druhá v pořadí za česnekem a způsobila smrt více než 50 % použitých jedinců v experimentu nebo po něm. Repelentní účinnost byla také druhá v pořadí opět po česneku, ale ta zároveň klesala s prodlužující se dobou působení v experimentu. Na základě výsledků bylo zjištěno, že složky z esenciálních olejů jako jsou limonen nebo pinen by mohly mít insekticidní účinky (Wang et al. 2014).

Noosidum et al. (2014) testovali esenciální oleje demonstrující repelentní účinky proti komárovi tropickému, *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762), přenašeči virového původce horečky dengue. Zkoumali společné efekty esenciálních olejů jejich smícháním, ale také samotné oleje. I když se častěji používají syntetické repelenty než esenciální oleje, tak přírodní produkty vykazují efektivnější a relativně bezpečnější volbu proti hmyzím přenašečům. Esenciální litseový olej vykazoval vysoké dráždivé a repelentní vlastnosti vůči komárům, ale ochrana trvala kratší dobu než v experimentech, kde se použily dva různé esenciální oleje, které se smíchaly. Nicméně některé kombinace olejů měly nižší repelentní účinnost než při použití jen jednoho oleje.

Wagan et al. (2016) použili také při testování repelentní účinnosti esenciální litseový olej, a to na mravence faraóny, *Monomorium pharaonis* (Linnaeus, 1758), kteří jsou považováni za významného škůdce v domácnostech. Testování probíhalo s přítomností a bez přítomnosti potravy. Esenciální litseový olej vykazoval dobrý potenciál pro odpuzování mravenců s přítomností potravy jako motivátoru pohybu mravenců neboli repelentní účinky tohoto oleje byly pro mravence silnější než atraktivita potravy. Další testovanou látkou byl esenciální olej z kurkumovníku dlouhého (*Curcuma longa* L.), který vykazoval o něco vyšší repelentní funkci.

Mnohonožky v pokusech dostatečně nereagovaly na Savo, proto by bylo vhodné do budoucna vyzkoušet působení Sava ve vyšších koncentracích. Zároveň by bylo přínosné zkusit pracovat i s nižšími koncentracemi u kyseliny mravenčí a litseového oleje.

Dále by mohly být zkoumány i další druhy mnohonožek, které jsou známé tím, že pronikají do lidských obydlí a jeho okolí. Tímto by bylo možné srovnávat výsledky na základě různých druhů. Na škodu by nebyla ani realizace experimentů v terénu, kde by se došlo k nejpřesnějším výsledkům. Zároveň by bylo užitečné prozkoumat možné nežádoucí účinky použitých chemických látek na životní prostředí, ale taky lidské zdraví. Samozřejmě se nabízí možnost vyzkoušet i jiné chemické látky nebo jiné esenciální vonné oleje, například z česneku, ve snaze odpudit mnohonožky.

## 6. Didaktické využití

V pedagogické praxi by se téma diplomové práce mohlo využít na 2. stupni základní školy v předmětu přírodopis nebo na gymnáziu v předmětu biologie, kdy se toto téma vyučuje většinou ve 2. ročníku čtyřletého studia. Z důvodu konkrétnosti tématu by se dalo použít například i v semináři z biologie. Téma spadá do vzdělávací oblasti Člověk a příroda, jak v RVP základních škol, tak gymnázií. Dále se řadí do části Biologie živočichů.

Vytvořená vyučovací hodina je připravena pro studenty gymnázia, buď ve 2. ročníku čtyřletého studia v předmětu biologie nebo pro studenty biologického semináře ve 3. nebo 4. ročníku. Cíle hodiny jsou: – Žák vytvoří obrazový seznam půdních živočichů. – Žák uvádí antropogenní vlivy na půdu. – Žák porovná vlastnosti půdy s dostatkem organické hmoty a s nedostatkem org. hmoty. – Žák zhodnotí funkci půdních organismů. Metodami výuky jsou výklad, práce s internetem, práce s videem a práce s aplikací Seek a práce s počítačem. Formami výuky jsou terénní výuka a skupinová práce. Klíčové kompetence, které by studenti procvičovali, jsou kompetence komunikativní, k učení, sociální a personální, k řešení problémů a digitální. Průřezové téma v této hodině je environmentální výchova a mezipředmětové vazby jsou s informatikou a zeměpisem.

Výuka by probíhala po předchozích vyučovacích hodinách, které by studentům podávaly dostatečné informace o tomto tématu. Výuka by byla realizovaná ve dvou vyučovacích hodinách. První vyučovací hodina by proběhla v parku nebo v lese v blízkosti školy. Zde by studenti ve skupinách po třech vypracovávali první úkol z pracovního listu Terénní výuka – půdní biologie (Příloha I.). V prostoru parku nebo lesa by pod kameny, listovým opadem a tlejícím dřevem vyhledávali půdní živočichy, následně by je vyfotografovali svými mobilními telefony a pomocí aplikace Seek určovali do druhu nebo rodu a pomocí internetové stránky BioLib.cz zařazovali do vyšších taxonů. Fotografie by si ukládali do svých telefonů. Druhá vyučovací hodina by probíhala v počítačových učebnách, kde by studenti do pracovního listu přidávali své fotografie půdních živočichů a dopisovali požadované informace. Forma zpracování prvního úkolu by byla libovolná. Dále by v této hodině vypracovávali zbytek úkolů z pracovního listu. Následně by byl pracovní list odeslán vyučujícímu a byl by ohodnocen známkou.

Vyučovací hodina vyučovaná touto formou by studentům umožnila reálně si představit a prohlédnout půdní živočichy. Zároveň by podporovala kreativní myšlení a rozvoj většiny klíčových kompetencí. Terénní výuka má spoustu výhod, od lepšího zapamatování učiva a zvýšení zájmu o učivo až po psychické uvolnění a vytvoření vztahu k místu. Dále by si v této vyučovací hodině studenti zopakovali probrané téma a doplnili by si některé informace o půdě, půdních organismech a antropogenních vlivech na ně.

## 7. Závěr

Tato práce se zabývá hromadnými přesuny a přemnoženími mnohonožek, invazemi mnohonožek do lidských obydlí a jeho okolí a možnými způsoby, jak tomu zamezit. V teoretické části jsem vytvořila literární přehled na toto téma a příklad didaktického využití. Experimentální část obsahovala sběr a chov oblanek sídelních a realizaci experimentů pro zjištění fototaxe mnohonožek a reakce na potencionálně odpudivé látky. V experimentech jsem testovala reakce oblanek na světlo, při kterých jsem došla k závěru, že je oblanka s největší pravděpodobností negativně fototaktická. V experimentech s chemickými látkami byla využita kyselina mravenčí, Savo a esenciální vonný litseový olej, na kterých jsem zjišťovala jejich odpudivý potenciál pro mnohonožky. Po statistickém zpracování dat přicházím k závěru, že kyselina mravenčí a litseový olej dostatečně odpuzují mnohonožky. Savo mnohonožky dostatečně neodpuzuje ve srovnání s vodou, která byla použita jako kontrola.

Jako příklad didaktického využití tohoto tématu jsem vybrala spojitost mnohonožek s půdní biologií. V rámci terénní výuky si studenti budou upevňovat získané vědomosti a dovednosti v tomto oboru. V příloze této práce je pracovní list pro terénní výuku.

Do budoucna by bylo přínosné vyzkoušet reakci na světlo i jiných barev a hlavně působení zkoumaných látek v různých koncentracích. Vhodné by bylo zkusit pracovat i s nižšími koncentracemi kyseliny mravenčí, a hlavně litseového oleje. Mohly by se využít i jiné druhy mnohonožek, jiné druhy chemických látek a realizovat experimenty v terénu. V neposlední řadě by bylo vhodné všechny použité látky testovat kvůli bezpečnosti z pohledu lidí a jejich domácích zvířat.

## 8. Literatura

- Alagesan, P. (2016). Millipedes: Diversity, distribution and ecology. In: Chakravarthy A. K., Sridhara, S. *Arthropod Diversity and Conservation in the Tropics and Subtropics*. Springer, Singapore: 119–137.
- Back, E. A. (1939). *Centipedes and millipedes in the house*. U. S. Department of Agriculture. U.S. Leaflet 192, 6 pp.
- Baker, G. H. (1979). The activity patterns of *Ommatoiulus moreletii* (Diplopoda: Julidae) in South Australia. *Journal of Zoology*, 188(2): 173–183.
- Baker, G. H. (1988). Patterns in the activity of the millipede *Ommatoiulus moreletii* (Diplopoda: Julidae). *The Australian Entomologist*, 15(4): 127–139.
- Barber, H. S. (1915). Migrating armies of Myriopods. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 17: 121–123.
- Bechinski. E. J., Merickel, F. (2009). *Homeowner Guide to Centipedes and Millipedes*. University of Idaho, CIS 1170. 6 pp.
- Bellairs, V., Bellairs, R., Goel, S. (1983). Studies on an Indian polydesmoid millipede *Streptogonopus phipsoni*. Life cycle and swarming behaviour of the larvae. *Journal of Zoology*, 199(1): 31–50.
- Boccardo, L., Jucá-Chagas, R., Penteadó, C. H. S. (2002). Migration and population outbreaks of millipedes in the coffee plantations, region of Alto Paranaíba, MG, Brazil. *Holos Environment*, 2(2): 220–223.
- Bollman, Ch. (1888). A Preliminary list of the Myriapoda of Arkansas, with descriptions of new species. *Entomologica Americana*, 4(1): 1–8.
- Brooks, F. E. (1919). A Migrating army of Millepedes. *Journal of Economic Entomology*, 12(6): 462–464.
- Ceuca, T. (1984). Migrațiile la diplopede. *Nymphaea (Oradea)*, 10: 237–242.
- Cloudsley-Thompson, J. L. (1949). The Significance of Migration in Myriapods. *Annals and Magazine of Natural History*, 2(24): 947–962.
- Cook, O. F. (1924). Swarming of desert millipedes. *Science*, 60(1552): 294.
- Ćurčić, B. P. M., Makarov, S. E. (1995). The occurrence of swarming in *Megaphyllum Unilineatum* (C. L. Koch, 1838) (Diplopoda: Julidae), with observation on a case of pedal anomaly. *Archives of Biological Sciences*, 47(1–2): 67–70.
- Chater, A. (2004). A swarm of *Cylindroiulus londinensis* in Montgomeryshire. *Bulletin of the British Myriapod and Isopod Group*, 20: 51.
- David, J. F. (2015). Diplopoda – Ecology. In: Minelli, A. (ed.): *Treatise on Zoology – Anatomy, Taxonomy, Biology. The Myriapoda, Volume 2*. Brill. 303–327.
- Decker, M. P., Reip, H. S., Voigtländer, K. (2014). Millipedes and centipedes in German greenhouses (Myriapoda: Diplopoda, Chilopoda). *Biodiversity Data Journal*, 2(2): e1066.

- Dziadosz, C. (1966). Materiały do znajomości rozmieszczenia krocionogów (Diplopoda) w Polsce. *Fragmenta faunistica*, 13(1): 1–31.
- Ehrnsberger, R. (2002). Massenaufreten und Wanderung des Diplopoden *Ommatoiulus sabulosus* in Westniedersachsen. *Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen*, 28: 199–203.
- Eisner, T., Eisner, M., Deyrup, M. (1996). Millipede defense: use of detachable bristles to entangle ants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93(20): 10848–10851.
- Fairhurst, C. P. (1970). Activity and wandering in *Tachypodoiulus niger* (Leach) and *Schizophyllum sabulosum* (L.). *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle*, 41(2): 61–66.
- Fontanetti, C. S., Calligaris, I. B., Souza, T. S. (2010). A millipede infestation of an urban area of the city of Campinas, Brazil and preliminary toxicity studies of insecticide Bendiocarb® to the *Urostreptus atrobrunneus* Pierozzi & Gerlach, 2006. *Arquivos do Instituto Biológico*, 77(1): 165–166.
- Fryer, G. (1957). Observations on some African millipedes. *Annals and Magazine of Natural History*, 10(109): 47–51.
- Gerlach, J., Lawrence, J. M., Canning, L. (2005). Mortality, population changes and exceptional behaviour in a giant millipede. *Phelsuma*, 13: 86–93.
- Helb, H. W. (1975). Zum Massenaufreten des Schnurfüßers *Schizophyllum sabulosum* im Saarland (Myriapoda: Diplopoda). *Entomologica Germanica*, 1(3–4): 376–381.
- Hopkin, S. P., Read, H. J. (1992). *The Biology of Millipedes*. Oxford University Press. New York, 233 pp.
- Chmela, J. (1969). Záplava mnohonožek. *Živa*, 5: 183.
- Ito, F., Hosokawa, R. (2020). Biological notes of *Probolomyrmex okinawaensis* Terayama & Ogata collected in Yonagunijima Island, and five species of *Probolomyrmex* collected in Japan and Southeast Asia. *Asian Myrmecology*, 12: e012003.
- Kania, G. (2012). The economic status of millipedes. In: Stašiov, S., Kubovčík, V., Svitok, M. (eds.): *Viacnôžky: od faunistiky k ekológii. Zborník abstraktov, 8. česko-slovenský myriapodologický seminár, 19.–21.4.2012, Železná Breznica, Slovenská republika*. Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen: 17.
- Kania, G., Tracz, H. (2005). Mass occurrence and migration of *Ommatoiulus sabulosus* (Linnaeus, 1758) (Diplopoda, Julida: Julidae) in Poland. *Peckiana*, 4: 57–66.
- Koch, L. E. (1985). Pincushion millipedes (Diplopoda: Polyxenida): their aggregations and identity in Western Australia. *Western Australian Naturalist*, 16(2–3): 30–32.
- Lawrence, J. M., Samways, M. J., Henwood, J., Kelly, J. (2011). Effect of an invasive ant and its chemical control on a threatened endemic Seychelles millipede. *Ecotoxicology*, 20: 731–738.



- Lewis, D. (1999). *Lots of Millipedes This Year – Again!* Iowa State University Extension and Outreach. Dostupné na adrese <https://yardandgarden.extension.iastate.edu/article/1999/7-23-1999/millipedes.html> (25-07-2024)
- Lewis, J. G. E. (1971). The life history and ecology of three paradoxosomatid millipedes (Diplopoda: Polydesmida) in northern Nigeria. *Journal of Zoology*, 165(4): 431–452.
- Lindgren, L. A. H. (1952). Notes on the mass occurrence of *Cylindroiulus teutonicus* Pocock in Sweden. *Entomologisk Tidskrift*, 38–40.
- Makarov, S. E. (2015). Diplopoda – Integument. In: Minelli, A. (ed): *Treatise on Zoology – Anatomy, Taxonomy, Biology. The Myriapoda, Volume 2*. Brill. 69–100.
- Mauck, A. V. (1901). On the swarming and variation in a myriapod (*Fontaria virginensis*). *The American Naturalist*, 35(414): 477–478.
- McKillup, S. C. (1988). Behaviour of the millipedes *Ommatoiulus moreletti*, *Ophiulus verruculiger* and *Oncocladosoma castaneum* in response to visible light; an explanation for the invasion of houses by *Ommatoiulus moreletii*. *Journal of Zoology*, 215(1): 35–46.
- McKillup, S. C., Allen, P. G., Skewes, M. A. (1988). The natural decline of an introduced species following its initial increase in abundance; an explanation for *Ommatoiulus moreletii* in Australia. *Oecologia*, 77(3): 339–342.
- Meidell, B., Simonsen, Å. (1985). A mass occurrence of *Cylindroiulus londinensis* (Leach, 1815) in Norway. *Fauna Norvegica, Ser. B*, 32(1): 47–48.
- Meyer-Rochow, V. B. (2015). New observations – with older ones reviewed – on mass migrations in millipedes based on a recent outbreak on Hachijojima (Izu Islands) of the polydesmid diplopod (*Chamberlinius hualienensis*, Wang 1956): Nothing appears to make much sense. *Zoological research*, 36(3): 119–132.
- Müller, C. H. G., Sombke, A. (2015). Diplopoda – Sense organs. In: Minelli, A. (ed.): *Treatise on Zoology – Anatomy, Taxonomy, Biology. The Myriapoda, Volume 2*. Brill. 181–236.
- Nijjima, K., Nii, M., Yoshimura, J. (2021). Eight-year periodical outbreaks of the train millipede. *Royal Society Open Science*, 8(1): 201399.
- Nijjima, K., Shinohara, K. (1988). Outbreaks of the *Parafontaria laminata* group (Diplopoda: Xystodesmidae). *Japanese Journal of Ecology*, 38: 257–268.
- Noosidum, A., Chareonviriyaphap, T., Chandrapatya, A. (2014). Synergistic repellent and irritant effect of combined essential oils on *Aedes aegypti* (L.) mosquitoes. *Journal of Vector Ecology*, 39(2): 298–305.
- Ogg, B. (2008). *Millipedes and Centipedes*. Institute of Agriculture and Natural Resources, Nebraska Extension in Lancaster County. Dostupné na adrese <https://lancaster.unl.edu/pest/resources/012Milli&Centi.pdf> (25-07-2024)

- Paszlavszyk, J. (1879). Massenhaftes Erscheinen von Tausendfüßlern. *Verhandlungen der Kaiserlich-Königlichen Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien*, 28: 545–552.
- Sahli, F. (1996). On periodomorphosis, iteroparity and life-cycles in males and females of *Tachypodoiulus niger* (Leach) (Myriapoda, Diplopoda, Julidae) in France, Germany and Great-Britain. In: Geoffroy, J. J., Mauries, J. P., Nguyen Duy – Jacquemin, M. (ed): *Acta Myriapodologica. Mémoires du Museum National d'Histoire Naturelle*, 169: 373–384.
- Samšínák, K. (1984). Mnohonožky v bytech. *Živa*, 32: 66.
- Scott, H. (1958). Migrant millipedes and entering houses. *The Entomologist's Monthly Magazine*, 94: 73–77.
- Slaughter, R. J., Watts, M., Vale, J. A., Grieve, J. R., Schep, L. J. (2019). The clinical toxicology of sodium hypochlorite. *Clinical toxicology*, 57(5): 303–311.
- Stoev, P., Zapparoli, M., Golovatch, S., Enghoff, H., Akkari, N., Barber, A. (2010). Myriapods (Myriapoda). Chapter 7.2. In: Roques, A., Kenis, M., Lees, D., Lopez-Vaamonde, C., Rabitsch, W., Rasplus, J., Roy, D. (ed.): *Alien terrestrial arthropods of Europe. BioRisk*. 4(1): 97–130.
- Thuringer, J. M. (1924). A Note on Migration of Myriapoda. *Science*, 60(1543): 83.
- Tkadlec, E. (2008). *Populační ekologie: struktura, růst a dynamika populací*. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 397 pp.
- Tömosváry, O. (1878). A százlábúak vándorlásához. *Természettudományi Közlöny*, 10: 365–366.
- Toye, S. A. (1966). The reactions of three species of Nigerian millipedes (*Spirostreptus assiniensis*, *Oxydesmus* sp., and *Habrodesmus falx*) to light, humidity and temperature. *Entomologia experimentalis et applicata*, 9(4): 468–483.
- Toye, S. A. (1967). Observations on the biology of three species of Nigerian millipedes. *Journal of Zoology*, 152(1): 67–78.
- Tuf, I. H., Tufová, J., Jeřábková, E., Dedek, P. (2006). Diurnal epigeic activity of myriapods (Chilopoda, Diplopoda). *Norwegian Journal of Entomology*, 53: 335–344.
- Valíček, P. (2004). *Užitkové rostliny tropů a subtropů*. Academia, Praha, 486 pp.
- Viosca, P. (1925). Perambulating Millipedes. *Science*, 61(1566): 19–20.
- Wagan, T. A., Chakira, H., He, Y., Zhao, J., Long, M., Hua, H. (2016). Repellency of two essential oils to *Monomorium pharaonis* (Hymenoptera: Formicidae). *Florida Entomologist*, 99(4): 608–615.
- Waldvogel, M., Alder, P. (2018). *Controlling Millipedes in and around Homes*. NC State Extension Publications. 1–5.

- Wang, X., Li, Q., Shen, L., Yang, J., Cheng, H., Jiang, S., Jiang, Ch., Wang, H. (2014). Fumigant, contact, and repellent activities of essential oils against the darkling beetle, *Alphitobius diaperinus*. *Journal of Insect Science*, 14: 1–11.
- Wesener, T., Schütte, K. (2010). Swarming behaviour and mass occurrences in the world's largest giant pill-millipede species, *Zoosphaerium neptunus*, on Madagascar and its implication for conservation efforts (Diplopoda: Sphaerotheriida). *Madagascar Conservation & Development*, 5(2): 89–94.
- Wilson, H. M. (2006). Aggregation behaviour in juvenile millipedes from the Upper Carboniferous of Mazon Creek, Illinois. *Palaeontology*, 49(4): 733–740.
- Zelený, V. (2005). *Rostliny Středozeří*. Academia. Praha. 402 pp.

## Příloha I: Pracovní list

### Terénní výuka – půdní biologie

- 1) Vytvoř obrazový seznam nalezených půdních živočichů.
  - a. **urči** druh nebo rod pomocí aplikace Seek (český i vědecký, tj. „latinský“ název)
  - b. **zařaď** do taxonomicky vyšší skupiny (použij BioLib.cz)



2) **Zařad'**, pomocí stránky BioLib.cz, do taxonomického systému mnohonožky (české i vědecké názvy taxonomických skupin).

3) **Spoj** jednotlivé soustavy mnohonožek s jejich charakteristickým znakem.

DS	trubicovitá
CS	gonochoristé
VS	žebříčkovitá
NS	otevřená
TS	vzdušnice
RS	malpighické trubice

4) **Uved'** alespoň 3 typické znaky mnohonožek.

5) **Podívej** se na video a na jeho základě **odpověz** na následující otázky:

- a. **uved'** antropogenní vlivy na půdu
- b. **porovnej** vlastnosti půdy s nedostatkem organické hmoty a půdy s dostatkem organické hmoty
- c. **zhodnot'** funkci půdních organismů



## Terénní výuka – půdní biologie

1) Vytvoř obrazový seznam nalezených půdních živočichů.

- a. urči druh nebo rod pomocí aplikace Seek (český i vědecký, tj. „latinský“ název)
- b. zařaď do taxonomicky vyšší skupiny (použij BioLib.cz)



mnohonožka lesní (*Julus scandinavius*),  
mnohonožky (Diplopoda)



svinule lesní (*Glomeris pustulata*),  
mnohonožky (Diplopoda)



stínka zední (*Oniscus asellus*),  
stejnonožci (Isopoda)



stonožka škvorová (*Lithobius forficatus*),  
stonožky (Chilopoda)



žížala obecná (*Lumbricus terrestris*),  
kroužkovci (Annelida)

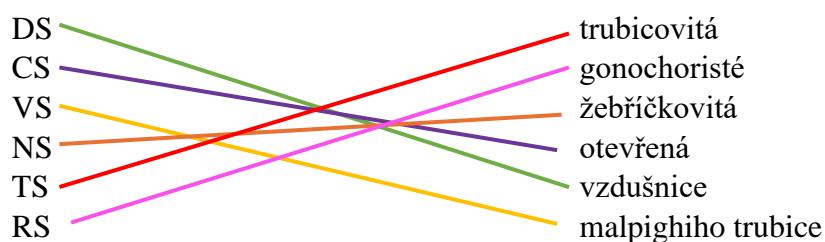


dlouženka slepá (*Blaniulus guttulatus*),  
mnohonožky (Diplopoda)

- 2) **Zařad'**, pomocí stránky BioLib.cz, do taxonomického systému mnohonožky (české i vědecké názvy taxonomických skupin).

Eukaryota (jaderní) → Animalia (živočichové) → Bilateria (dvoustranně souměrní) → Protostomia (prvoústí) → Arthropoda (členovci) → Myriapoda (stonožkovci) → Diplopoda (mnohonožky)

- 3) **Spoj** jednotlivé soustavy mnohonožek s jejich charakteristickým znakem.



- 4) **Uved'** alespoň 3 typické znaky mnohonožek.

kruhovitý průřez těla, dva páry končetin na jednom článku, býložravci, ...

- 5) **Podívej** se na video a na jeho základě **odpověz** na následující otázky:

- uved'** antropogenní vlivy na půdu
- porovnej** vlastnosti půdy s nedostatkem organické hmoty a půdy s dostatkem organické hmoty
- zhodnot'** funkci půdních organismů



a – nadměrné obhospodařování půdy kvůli vyššímu zisku, zvětšování polí, používání chemických a minerálních hnojiv degradujících půdu

b – půda s nedostatkem organické hmoty: rychle vodu propouští, ve svahu po ní voda rychle stéká a bere s sebou velké množství půdních částic

půda s dostatkem organické hmoty: pomalu vodu propouští, voda do ní vsakuje a lépe ji zadržuje, ve svahu voda více vsakuje a méně po ní stéká a nebere s sebou tolik půdních částic

c – půdní organismy tvoří část organické hmoty v půdě a dále organickou hmotu přetvářejí, udržují v půdě tzn. drobtovitou strukturu