

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra botaniky

**Možnost využití návnadových pastí pro
vzorkování půdní makrofauny**

Bakalářská práce

Petra Hudcová

B1501 Biologie, Bi-GeO

Prezenční studium

Vedoucí práce: RNDr. & Mgr. Ivan H. Tuf, Ph.D.

Olomouc 2014

Poděkování

Zde bych ráda vyjádřila vděčnost všem zúčastněným, ať už aktivně při realizaci praktické části či pasivně formou psychické podpory. Ze všeho nejvíc děkuji RNDr. & Mgr. Ivanu H. Tufovi, Ph.D. za jeho obdivuhodnou trpělivost a vstřícný přístup.

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením RNDr. & Mgr. Ivana H. Tufa, Ph.D., a uvedla jsem veškerou použitou literaturu.

V Olomouci 9. května 2014

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Petra Hudcová

Název práce: Možnost využití návnadových pastí pro vzorkování půdní makrofauny

Typ práce: Bakalářská

Pracoviště: Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, katedra botaniky

Vedoucí práce: RNDr. & Mgr. Ivan H. Tuf, Ph.D.

Rok obhajoby práce: 2014

Abstrakt: Tato práce posuzuje příhodnost podzemních návnadových pastí pro vzorkování půdní makrofauny. Jedná se o nepříliš používanou metodu, která by mohla nahradit odběr půdních vzorků. Srovnány byly celkem tři metody: padací zemní pasti, půdní vzorky a podzemní návnadové pasti. Posuzována byla početnost úlovku a druhová pestrost v odběrech z jednotlivých typů metod, použitých v prostředí listnatého lesa. Z výsledků vyplývá, že neúčinnější jsou pasti padací, které však zachycují specifické spektrum epigeicky aktivních živočichů, zatímco půdní vzorky a podzemní návnadové pasti mají velmi podobný charakter úlovku. Nicméně podzemní návnadové pasti mají nižší početnost úlovku než klasické půdní vzorky. Ideální délka expozice podzemních návnadových pastí je osm týdnů a více.

Klíčová slova: Stonožky, mnohonožky, padací past, návnadová past, efektivita

Počet stran: 29

Počet příloh: 1

Jazyk: čeština

Bibliographical identification

Autor's first name and surname: Petra Hudcová

Title: Possibility of use of litter bags to study soil macroinvertebrates

Type of thesis: bachelor

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

Supervisor: RNDr. & Mgr. Ivan H. Tuf, Ph.D.

The year of presentation: 2014

Abstract: The thesis evaluates the suitability of litter bags for sampling of soil macrofauna. This less usual method could be a useful replacement for soil sampling. Three methods were compared: pitfall traps, soil samples and subsurface litter bags. The abundance and number of species were compared among samples of these methods used in deciduous forest environment. The results indicate that the pitfall traps are the most effective but for ground dwelling species predominantly. The soil samples and litter bags give similar structure of sampled communities though the litter bags are less efficient in number of caught invertebrates. The best length of exposition of litterbags seems to be period of eight weeks or more.

Keywords: Chilopoda, Diplopoda, pitfall trap, litter bags, effectivity

Number of pages:29

Number of appendices: 1

Language: Czech

Obsah

1	Úvod.....	1
1.1	Makrofauna	2
1.2	Základní metody studia edafonu.....	3
1.3	Cíle práce	7
2	Metodika	8
3	Výsledky	12
3.1	Analýza výskytu vyšších taxonů v odběrech.....	14
3.2	Analýza výskytu jednotlivých druhů v odběrech.....	15
3.3	Analýza na základě podobnosti odběrů	18
3.4	Kolonizace podzemních návnadových pastí.....	20
4	Diskuze	23
5	Závěr	26
6	Seznam literatury.....	27
7	Příloha	

1 Úvod

Edafon je označení pro soubor těch organismů, které se volně vyskytují v půdě. Dělí se na zooedafon a fytoedafon. Zooedafon zahrnuje prvoky a živočichy. Fytoedafon jsou bakterie, Archea, houby a rostliny, nepatří sem kořeny rostlin ani semena. Zooedafon se dělí na epigeon, hemiedafon a euedafon a to na základě místa výskytu v půdě. Epigeon zahrnuje druhy, které obývají povrch půdy a opadanku. Hemiedafon zahrnuje druhy, které se vyskytují ve svrchních vrstvách půdy. Euedafon je označení pro organismy, které se nachází hlouběji v půdě. Dále zooedafon dělíme podle míry vazby druhů na půdu na euedafon, který neopouští prostředí půdy vůbec nebo jen výjimečně (zemivky). Protoedafon tvoří živočichové, kteří jsou v larválním stádiu vázaní na život v půdě (kovařící). Hemiedafon tráví svůj život v půdním prostředí jen částečně (mnohonožky). Druhy pseudoedafonu využívají půdu především jako úkryt, ale většinu aktivního času tráví mimo ni a druhy, které do půdy vůbec nepatří, se nazývají tychedafon. Nejvýznamnější dělení půdní fauny, které je nejběžnější v literatuře, je dělení podle velikosti (Tuf, 2013). Do tohoto členění patří mikroedafon - druhy, jejichž zástupci jsou menší než 0,2 mm, mezoedafon s velikostí jedinců 0,2 mm – 2 mm, makroedafon (také zvaný půdní makrofauna) se zástupci o velikosti 2 – 20 mm a největší druhy s jedinci většími než 2 cm jsou příslušníky megaedafonu.

Edafon hraje významnou roli v dekompozičních potravních řetězcích. Při rozkladu odumřelé organické hmoty se uplatňuje široké spektrum organismů od bakterií a sinic, které jsou důležité mimo jiné v extrémních podmínkách, přes houby, které rozkládají pomocí organických kyselin i lignin a celulózu, až k organismům, které zajišťují rozklad mechanickou fragmentací opadu, jako jsou chvostokoci, žížaly, stonožky a jiné. Neopomenutelnou roli také hrají predátoři například brouci či mnohonožky, ti zajišťují transport půdní mikrofauny do nadzemních potravních řetězců (Coleman et al., 2004).

1.1 Makrofauna

Půdní makrofauna zahrnuje bezobratlé živočichy dobře patrné prostým okem. Zde si představíme vybrané skupiny, které jsou součástí výzkumu.

Stonožky – jsou dravými členovci, jenž žijí převážně epigeicky, až na larvální stádia, a zemivky, které se vyskytují v půdě. Základními znaky stonožek jsou článkované nohy v patnácti a více párech a dorzoventrálně zploštělé tělo. Stonožky mají vždy lichý počet článků trupu a každý článek nese jeden pár nohou. Vyhledávají vlhká místa a unikají před vysycháním (Coleman et al., 2004).

Mnohonožky – poznáme podle válcovitého těla, které je na průřezu kruhové nebo půlkruhové (zploštělé z břišní strany) a nohy vyrůstají z břišní strany článků směrem dolů. Žijí v půdě i na jejím povrchu a je pro ně velmi důležitá vyšší vlhkost. Mechanicky rozkládají zbytky rostlin, čímž zvětšují plochu pro mikrobiální aktivitu (Snyder et al., 2006; Hopkin a Read 1992).

Suchozemští stejnonožci – jsou obyvatelé povrchu půdy, kteří se živí rostlinnými zbytky. Patří do podkmene korýši, ze kterého jsou jako jediní plně adaptovaní na život na souši. Mají oválné tělo, jež je dorzoventrálně zploštělé. Velikostí jsou spíše menší, dorůstají 3 – 20 mm. Nejvyšší aktivity dosahují na jaře a na podzim (Schinner et al., 1995). Nápadným etologickým znakem u těchto živočichů je agregace, kdy se shlukují ve skupinách mimo jiné kvůli snížení výparu vody z těla (Tuf, 2013).

Pavouci – mají tělo tvořeno hlavohrudí a zadečkem, který je připojen tenkou stopkou. Tento anatomický znak jim umožňuje velkou pohyblivost zadečku, který je pro ně nezbytný například pro předení pavučin. Mají šest nebo osm jednoduchých očí a čtyři páry kráčivých končetin. Pavouci se živí výhradně dravě, ale jsou schopni přijímat pouze tekutou stravu, proto se u nich vyskytuje mimotělní trávení. Pavouk do usmrcené kořisti vstříkne trávící šťávy a natrávenou potravu pak vysaje.

Střevlíkovití – tato skupina brouků je druhově velmi bohatá, osidlují téměř všechny typy prostředí. Dospělci se velmi často objevují v padacích zemních pastech (Coleman et al., 2004). Většinou jsou masožraví, ale existují i druhy býložravé, nebo všežravé.

Žížalovití – dle logiky dělení edafonu podle velikosti patří převážně do půdní megafauny, nicméně některé druhy dosahují i méně než dvou centimetrů. Jsou nepostradatelnou součástí půdní fauny a notoricky známé i pro laiky. Do této skupiny patří máloštětinatí kroužkovci typického červovitého tvaru a růžové barvy, ale někdy také hnědavé či bledé. Z ekologického hlediska můžeme žížaly v České republice rozdělit do tří skupin. Jedná se o žížaly epigeické, které žijí na povrchu půdy v akumulované organické hmotě či v její bezprostřední blízkosti (Robertson et al., 1999). Tyto žížaly jsou tmavé, drobné a rychle se pohybují. Ve svrchním horizontu půdy žijí žížaly, kde si hloubí provizorní chodbičky, ty se časem bortí. Naopak žížaly anektické si hloubí trvalé vertikální tunely ústící na povrch půdy, které mohou být v hloubce až dva metry (Robertson et al., 1999). V noci vylézají ven a hledají potravu, neboť v hloubce, kde žijí, nemají tolik potravy. Tyto žížaly jsou významné kvůli promíchávání organické a anorganické hmoty v půdě.

1.2 Základní metody studia edafonu

Hodnocení společenstev půdní makrofauny probíhá pomocí různých metod. Nejjednodušší z nich je individuální sběr, kdy si pozorovatel sám nasbírá potřebné množství živočichů na vybrané lokalitě. Základní pomůcky pro tuto metodu jsou pinzeta, exhaustor (jednoduchý „vysavač“ pro nasávání organismů pomocí úst) a štěteček (namočený např. v lihu) pro zachycení drobnějších živočichů.

Jelikož je většina půdních členovců příliš malá na to, aby bylo možné je pozorovat pouhým okem, hodnocení jejich populací se neobejde bez použití speciálních metod pro jejich pozorování (Sabu et al., 2011). Pro tyto a další účely se proto vyvinuly jiné metody vzorkování než je individuální sběr, jehož intenzita se špatně kvantifikuje a také je velmi komplikované získané hodnoty interpretovat a srovnávat. Následující metody nám práci se získanými hodnotami usnadňují.

Zemní pasti (Holland a Smith, 1999; Mommertz et al., 1996; Mesibov et al., 1995) jsou někdy také nazývány Barberovy pasti podle Angličana Barbera, který jako jeden z prvních publikoval souhrnnou práci o jejich využití na začátku třicátých let minulého století. Jsou zřejmě nejrozšířenější metodou pro odchyt epigeických

živočichů (Mommertz et al., 1996). V češtině jsou také nazývány jako pasti padací kvůli principu jejich fungování či formalínové vzhledem k nejčastěji používané fixační kapalině. Instalace vůbec není složitá, do země se zakope sklenice tak, aby její hrdlo bylo v rovině se substrátem, a do ní se vloží kelímek s fixační kapalinou. Ideální je pak tuto past opatřit stříškou, jakožto ochranou před zaplavením (Coleman et al., 2004), proti odparu fixační látky, opadu či poškození většími zvířaty. Pro zvýšení efektivity je také možné do pasti instalovat vhodnou návnadu, obvykle aromatickou, jako je hniječ maso či sýr (Tuf, 2013). Efektivita pasti však může být ovlivněna i negativně a to například tím, že někteří živočichové mají dovednost z pasti vycouvat (většinou díky dlouhému tělu a/nebo vyššímu počtu nohou) či z ní dokonce vylézt. Také délka expozice pasti může ovlivnit úlovek, protože po delší době může pach odumřelých těl v pasti odpuzovat drobné živočichy v okolí či naopak přitahovat mršinožravce. Dalším aspektem k zamyšlení je také prostorové rozmístění pastí a jejich početnost, když jsou příliš blízko, mohou si navzájem konkurovat (Digweed et al., 1995) a naopak řídké rozmístěné mohou podcenit výskyt vzácnějších druhů. Výhodou této metody je časová nenáročnost pro člověka, nízké náklady a možnost kvantifikace úlovku. Naopak záporem je skutečnost, že způsobují metodologický chaos, který ztěžuje srovnávání výsledků různých studií. Nezanedbatelná je také toxicita fixačních kapalin a chytání nežádoucích skupin včetně drobných obratlovců. Hlavní nevýhodou je, že tato metoda zachycuje pouze epigeické, tj. na povrchu půdy se pohybující, druhy a není proto vhodná pro výzkum edafických, půdu obývajících, druhů. Druhy pohybující se rychle jsou chyceny častěji než pomalejší druhy (Obrist a Duelli, 1996). Padací pasti jsou vzhledem ke své jednoduchosti a efektivitě velmi hojně užívanou metodou hodnocení aktivity a relativního množství půdních členovců. Doplňující metodou pro toto měření, zejména pro nadzemní taxony, se v poslední době začaly také užívat podzemní návnadové pasti – litter bags (Prasifka et al., 2007).

Extrakce živočichů z půdy je postup, při kterém jsou větší a relativně rychle se pohybující organismy vypuzovány v přírodě. Používá se například pro sběr žížal, kdy se na půdu nalije voda, která může být případně obohacena vhodnou dráždivou látkou (Coleman et al., 2004), jako je formaldehyd. Takovéto podmínky nutí žížaly vylézat na povrch (Robertson et al., 1999). Dále se také používá vibrační metoda (Coleman et al.,

2004), která využívá faktu, že některé žížaly vylézají z půdy, která se otřásá. Nejčastěji se vypuzení pomocí otřesů provádí pomocí delší pružné desky, která se zarazí do země a nechá se na místě asi dva dny. Poté (nejlépe při vyšší vlhkosti) stačí o konec desky třít silný kovový plát či palici, což způsobí vibrace půdy.

Mechanické procedury zahrnují prosívání a flotaci, které mohou mít různé podoby (Schinner et al., 1995). Prosívání je způsob získávání živočichů z opadu pomocí prosívadla. Touto metodou získáváme živé jedince, kteří však mohou být manipulací poškozeni. Flotační metoda se používá především v hydrobiologii a paleoekologii, kdy se vzorek rozplavuje v kapalině.

Odběr půdních vzorků je základní metodou půdní zoologie. Vzorky se odebírají odběrákem o definované ploše (Schinner et al., 1995) či pomocí lopatky (vhodná plocha pro makroedafon je např. $1/16 \text{ m}^2$, tj. $25 \times 25 \text{ cm}$) do určené hloubky (obvykle 10 cm) v závislosti na tom, jaké druhy chceme zkoumat. Díky půdním vzorkům můžeme získat nejreálnější obraz struktury společenstev, avšak narážíme zde na vysokou fyzickou a časovou náročnost při výzkumu a při opakovaném odběru také jistou destrukci povrchu.

Laboratorní metody zpracování půdních vzorků se dělí na pasivní a aktivní, podle toho, zda při nich využíváme aktivity živočichů či ne.

Individuální rozbor se provádí pomocí pinzety či exhaustoru, kdy živočichy vybíráme z půdy jednoho po druhém. Tato metoda je velmi jednoduchá, avšak je časově náročná a neefektivní, jelikož začínající pozorovatel ze vzorku vybere pouze 10 – 30 % živočichů (Tuf, 2013). Jako doplňující pro tuto metodu se někdy používá tzv. Haddornova metoda, kdy se půda přemístí na plechovou podložku a ta se ze spodu zahřívá. Následkem toho se pak organismy snaží uniknout, pohybují se a tím jsou více nápadní.

Behaviorální metody, které využívají aktivní pohyb živočichů. Ti se snaží uniknout před suchem tím, že prolézají hlouběji do půdy. Zařízení pro tyto metody jsou extraktory nebo eklektory.

Berleseho a Tullgrenův extraktor (Tuf a Tvardík, 2005) byly prvními přístroji využívajícími této reakce živočichů na sucho. Půdní vzorek se položí na pletivo, které je umístěno na velké nálevce a nechá se vysychat. Živočichové, kteří se pokoušejí uniknout před suchem hlouběji do půdy, pak propadávají sítím do připravené nádoby s fixační kapalinou. Nad vzorkem je umístěn vhodný zdroj tepla.

Xereklektor je podobný. V zavěšeném mušelínovém svislém tunelu jsou umístěny pletivové kapsy s hrabankou či prosevem, spodní konec tunelu („nohavice“) je pevně stáhnut kolem hrdla nádoby s fixační kapalinou. Horním koncem se kapsy vyměňují, během extrakce je zavázaný. Prosychání probíhá obvykle bez přidaného zdroje tepla, tato metoda je dosti pomalá.

Kempsonův extraktor je účinnější zařízení, kdy pod sítím se vzorkem je těsně umístěna miska s fixační tekutinou, takže je eliminována možnost úniku živočichů po stěnách nálevky či po mušelínu. Shora je extraktor opět opatřen zdrojem světla a tepla.

Goddardova nálevka je modifikací pro lov žížal a roupic, kdy se vzorek zabalí do kapsy z mušelínu a zavěsí ponořený do teplé vody. Tito máloštetinatí červi pak vylézají ven a padají na dno nádoby.

Návnadové pasti (litter bags) fungují díky tomu, že živočichům nabízejí potravu či příjemnější prostředí pro pobyt (Ožanová, 2001). Jsou většinou tvořeny kapsou z pletiva či síťoviny (Prasifka et al., 2007), kde velikost ok odpovídá velikosti organismů, na které se zaměřujeme. Mohou být položeny na povrchu půdy či mělce zakopané v zemi. Past je vhodné opatřit návnadou, jejíž druh se odvíjí od cílové skupiny výzkumu. V našem případě se jedná o seno, ale je možné použít například brambory či mrkev. Prozatím výzkumy ukazují, že podzemní návnadové pasti nejsou výhodnější z hlediska početnosti než ostatní typy vzorkování (Prasifka et al., 2007). Tato metoda je vhodná pro výzkum v zemědělských plochách například tam, kde se pěstují geneticky modifikované plodiny, pro výzkum druhové variability a účinnosti insekticidů. Jejich hlavní výhodou oproti odběru půdních vzorků je skutečnost, že povrch půdy není příliš destruován, což zemědělci ocení. Mohla by být také využitelná pro studium mezofauny, která je velmi důležitá pro rychlost dekompozice, což je přeměna odumřelé organické hmoty na látky anorganické.

1.3 Cíle práce

Podzemní návnadové pasti jsme si vybrali pro tento výzkum, protože bychom chtěli zjistit, jestli by mohly být ekvivalentem půdních vzorků, které jsou poněkud destruktivní a náročné na manipulaci a transport. Práce, které by porovnávaly efektivitu jednotlivých metod, jsou vzácné, ale byly by velmi užitečné, když se snažíme vybrat nejvhodnější techniku pro získávání vzorků pozorovaného druhu (Holland a Smith, 1999). Cílem této práce je zhodnocení účinnosti podzemních návnadových pastí v lesním prostředí pro výzkum společenstev půdní makrofauny. V průběhu kolonizace návnad se mění společenstva edafonu, a proto je nutné doporučit vhodnou délku expozice pasti pro zajištění maximální efektivity. Pro srovnání účinnosti této metody pro poznání společenstev jsou také použity padací zemní pasti a tepelná extrakce půdních vzorků.

2 Metodika

Vzorkování probíhalo v roce 2013 od konce dubna do července v lesním biotopu. Jedná se o převážně listnatý les mezi obcemi Rataje a Zborovice (Obr. 1), které se nachází jihozápadně od města Kroměříž ve Zlínském kraji. Dominantní dřevinou ve studované části lesa jsou duby, méně habry. Během studie v květnu a červnu byly teploty srovnatelné s dlouhodobým průměrem (z let 1960-1991), v červenci byly teploty vyšší o 2,3 °C oproti tomuto průměru. Srážky byly nadprůměrné v květnu (123 % průměru) i v červnu (117 % průměru), avšak v červenci dosahovaly extrémně nízkých hodnot (12 % dlouhodobého průměru). Studovaná plocha má souřadnice 49°15'40"N, 17°17'44"E. Půdní makrofauna byla studována pomocí tří typů metod.

Obrázek 1 Lesní porost ve studované lokalitě

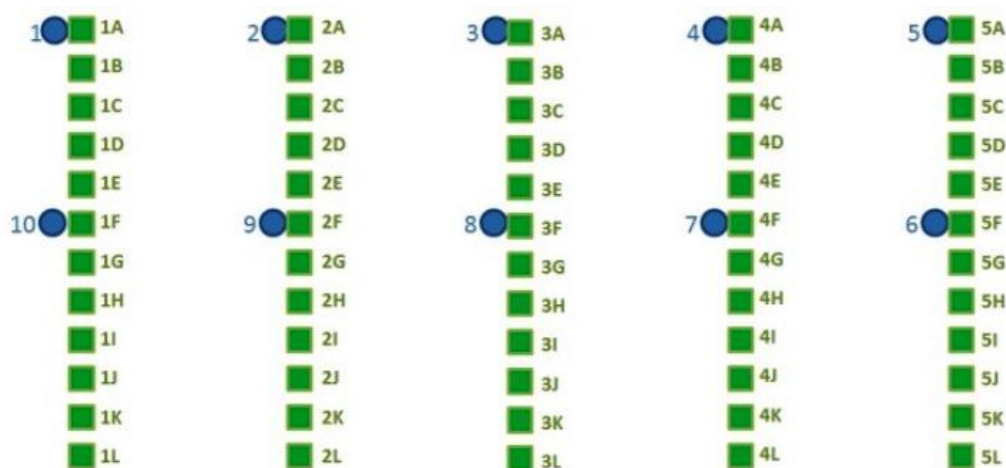


Padací zemní pasti (PZP) sestávaly ze zavařovací sklenice zakopané až po okraj v půdě a do ní vloženého plastového kelímku pro snadné vyjmutí obsahu. V kelímku bylo přiměřené množství fixační kapaliny (cca 1/3 objemu). Fixační tekutinou byl 4% roztok formaldehydu. Velmi důležitá zde byla návaznost okraje nádoby na povrch

půdy, jelikož nějaký “schodek“ by mohl přesměřovat živočichy v pokračování v námi žádaném směru do pastí. Kelímky byly opatřeny kovovou stříškou, na které bylo číslo pastí pro jednodušší orientaci v terénu. Těchto 10 padacích pastí bylo vybíráno každých 14 dní pomocí sítka do připravených sáčků s popisem. Častější výběry by pravděpodobně způsobily disturbance v okolí pastí (Schinner et al. 1995). Fixační tekutina byla přibližně každý druhý výběr obměňována.

Podzemní návnadové pastí (PNP) byly společně s padacími pastmi instalovány 30. 4. 2013. Kapsy z pletiva o rozměrech cca 15×15 cm byly naplněny senem a namočený ve vodě. Poté byly označeny číslicemi (1-5) a písmeny (A-L), které kódovaly jejich pozici na lokalitě (Obr. 2) a mělyce zakopány do země podle schématu v pěti řadách, které od sebe byly vzdáleny 10 m. V každé řadě bylo dvanáct pastí ve vzdálenosti dva metry od sebe. Pastí byly odebírány každý týden po pěti v předem daném harmonogramu, který měl co nejlépe pokrýt celou plochu experimentu. Například v prvním týdnu se odebíraly vzorky 1A, 2C, 3E, 4G a 5I. Pastí byly po vyjmutí z půdy zabaleny do igelitového sáčku a přepraveny do provizorní laboratoře.

Obrázek 2 Schéma umístění jednotlivých pastí v terénu



Půdní vzorky (PV) byly odebírány celkem třikrát v okolí instalovaných pastí, vždy v počtu 5 vzorků o mocnosti 10 cm a velikosti 25×25 cm. Odebraná půda byla transportována do laboratoře.

Podzemní návnadové pastí, stejně jako půdní vzorky, byly v laboratoři umístěny do Tullgrenových extraktorů (Tuf a Tvardík, 2005). Ty jsou v našem případě sestaveny

z kbelíku bez dna, které je nahrazeno mřížkou. Ten je posazen v misce s fixační kapalinou (0,5% formaldehyd) a ze shora překryt miskou se zabudovanou žárovkou, která zajišťuje postupné vysychání vzorku. Živočichové ve vzorku se snaží uniknout před suchem a stahují se do hlubších vrstev, až propadnou do smrtící kapaliny. Po kompletním vyschnutí vzorku (nejméně 5 dní) byli vypuzení živočichové pomocí sítka uloženi do sáčků, které byly opatřeny označením pasti a datem odběru. Materiál byl fixován 70% lihem. Doba extrakce půdních vzorků, nezbytná pro jejich proschnutí, byla výrazně delší (cca 14 dní). S Tullgreny je nutno zacházet s jistou dávkou obratnosti, jelikož pokud se materiál ze vzorku prosype do nádoby s fixační kapalinou, časová náročnost další práce se výrazně zvyšuje.

Následujícím krokem studie bylo třídění získaných živočichů do taxonomických skupin, z nichž dále byli analyzováni: suchozemští stejnonožci (Oniscidea), stonožky (Chilopoda), mnohonožky (Diplopoda) a pavouci (Araneae). Tyto skupiny byly determinovány na druhovou úroveň. Mnohonožky určoval prof. Slavomír Stašiov (Technická univerzita ve Zvolenu) a pavouky určoval Bc. Ondřej Machač (KEŽP PŘF UP v Olomouci). Já jsem pod odborným vedením školitele určovala stonožky a suchozemské stejnonožce.

Získaná data pro popisnou statistiku a základní grafy byla zapsána v programu MS Excel, ve kterém jsem vyhodnotila průměrnou velikost úlovku v jednotlivých metodách a termínech odběru. Pro podrobnější analýzu byl zvolen program CANOCO (TerBraak a Šmilauer, 1998). V tomto programu se obvykle vytvářejí modely, které se snaží interpretovat (předpovědět) početnost úlovku na základě znalosti takzvaných environmentálních proměnných. Pro program se vytvářejí dva datové soubory. První obsahuje tzv. environmentální data neboli všechny údaje o okolnostech jednotlivých odběrů. V mém případě to byly údaje o typu metody a pořadí vzorkování (časový aspekt). Druhý soubor obsahuje druhová data, což je vlastně matice s výskytem všech druhů či taxonů v jednotlivých odběrech. Program porovnává jednotlivé řádky těchto souborů, které párují environmentální a druhová data. Vytvářený model se pokouší zjistit, jak velká je pravděpodobnost předpovědi úlovku na základě znalosti environmentálních dat, což odpovídá tzv. procentu vysvětlené variability v druhových

datech. Statistická významnost modelů byla ověřována pomocí Monte Carlo permutačního testu s 499 opakováními.

Pro vizualizaci podobností jednotlivých odběrů na základě počtu odchycených jedinců jak jednotlivých druhů, tak i vyšších taxonů byla zvolena PCA analýza. V této analýze byla data log-transformována, jelikož matice obsahovala velké množství nulových hodnot. Byly také zvoleny Inter-species korelace. Vizualizace zobrazuje jednotlivé odběry v dvourozměrném grafu, kde navzájem sobě bližší symboly označují sobě podobnější odběry.

Další krok spočíval nejprve v určení délky gradientu v druhových datech, ta umožnila vybrat vhodný model pro vlastní analýzu. Za druhová data byla považována matice s výskytem jednotlivých druhů ve vzorcích, v oddělené analýze byla jako druhová data použita matice s výskytem jednotlivých taxonů. Význam dílčích proměnných byl posouzen pomocí Forward Selection a celkový model byl zhodnocen pomocí Monte Carlo permutačního testu s 499 opakováními. V následné vizualizaci byly pro modely utvořeny grafy (biploty), které umožnily posouzení vztahu taxonů či druhů k jednotlivým metodám, respektive mezi taxony či druhy navzájem.

Pro zhodnocení osídlení podzemních návnadových pastí v průběhu 12 týdnů byly zvoleny generalizované aditivní modely (GAM). Ze všech druhů, které se objevily v PNP, byl graficky znázorněn průběh kolonizace návnad jen u druhů zachycených ve více jedincích, kterým navíc program dokázal předpovědět s dostatečnou přesností jejich výskyt ve vzorku v závislosti na termínu odběru neboli délce kolonizace návnady. Kvalita modelů byla posouzena pomocí Akaikeho informačního kritéria, které zvažuje poměr mezi komplexností modelu a jeho kvalitou (schopností předpovídat).

3 Výsledky

V průběhu výzkumu bylo získáno ze všech druhů metod celkem 5213 půdních bezobratlých, kteří byli vytříděni do jedenácti vyšších taxonomických skupin, některé z nich byly pak determinovány do druhu a rodu. Nejbohatší zastoupení měli brouci s 1966 jedinci. Z determinovaných taxonů byli početně nejhojnější stejnonožci s 1382 jedinci a druhově nejpestřejší byli pavouci s 34 druhy (Tab. 1), z nichž nejhojnější byl druh *Pardosa lugubris*. Z mnohonožek, které se objevily v 11 druzích, byl nejpočetnějším druhem *Enantiulus nanus*. Stonožky byly zastoupeny především druhem *Lithobius aeruginosus* a zemivkou *Schendyla nemorensis*.

Tabulka 1 Početnost druhů získaných z jednotlivých metod

Pozn. PZP – padací zemní past, PNP – půdní návnadová past, PV – půdní vzorek

Podkmen	Skupina	Druh	PZP	PNP	PV
Chelicerata	Araneae	<i>Agroeca brunnea</i> (Blackwall, 1833)	2	0	0
		<i>Apostenus fuscus</i> Westring, 1851	25	0	0
		<i>Bathypantes</i> sp.	2	0	0
		<i>Centromerus sellarius</i> (Simon, 1884)	4	0	0
		<i>Cicurina cicur</i> (Fabricius, 1793)	1	0	1
		<i>Coelotes</i> sp.	6	0	0
		<i>Diplostyla concolor</i> (Wider, 1834)	17	1	0
		<i>Eurocoelotes inermis</i> (L. Koch, 1855)	20	0	0
		<i>Euryopsis flavomaculata</i> (C. L. Koch, 1836)	15	0	0
		<i>Hahnia pusilla</i> C. L. Koch, 1841	0	2	8
		<i>Haplodrassus silvestris</i> (Blackwall, 1833)	16	0	0
		<i>Harpactea rubicunda</i> (C. L. Koch, 1838)	4	0	0
		<i>Histoipona torpida</i> (C. L. Koch, 1834)	1	0	0
		<i>Micrargus herbigradus</i> (Blackwall, 1854)	11	2	3
		<i>Microneta viaria</i> (Blackwall, 1841)	3	0	0
		<i>Neottiura bimaculata</i> (Linné, 1767)	1	0	0
		<i>Neriere clathrata</i> (Sundevall, 1830)	0	1	0
		<i>Palliduphantes pallidus</i> (O. P.-Cambridge, 1871)	16	0	1
		<i>Panamomops menzei</i> Simon, 1926	5	0	0
		<i>Parasteatoda</i> sp.	0	0	1
		<i>Pardosa lugubris</i> (Walckenaer, 1802)	84	0	0
		<i>Pardosa</i> sp.	2	0	1
		<i>Pholcus opilionoides</i> (Schrank, 1781)	0	1	0
		<i>Robertus lividus</i> (Blackwall, 1836)	0	0	1
		<i>Saloca diceros</i> (O. P.-Cambridge, 1871)	2	0	0
		<i>Tenuiphantes flavipes</i> (Blackwall, 1854)	5	0	0
		<i>Trochosa</i> sp.	14	0	0
		<i>Trochosa terricola</i> Thorell, 1856	75	0	0
		<i>Walckenaeria alticeps</i> (Denis, 1952)	1	0	0
		<i>Walckenaeria atrotibialis</i> (O. P.-Cambridge, 1878)	5	0	2
		<i>Walckenaeria cuspidata</i> Blackwall, 1833	1	0	0
		<i>Walckenaeria obtusa</i> Blackwall, 1836	1	0	1
		<i>Xysticus luctator</i> L. Koch, 1870	10	0	0
		<i>Zelotes clivicola</i> (L. Koch, 1870)	1	0	0
		<i>Zodarion rubidum</i> Simon, 1914	0	1	0

Tabulka 1 Početnost druhů získaných z jednotlivých metod (pokračování)

Podkmen	Skupina	Druh	PZP	PNP	PV	
Myriapoda	Diplopoda	<i>Strongylosoma stigmatosum</i> (Eichwald, 1830)	52	1	29	
		<i>Enantiulus nanus</i> (Latzel, 1884)	7	51	42	
		<i>Unciger foetidus</i> (C.L. Koch, 1838)	14	37	13	
		<i>Ommatoiulus sabulosus</i> (Linnaeus, 1758)	21	2	2	
		<i>Polydesmus complanatus</i> (Linnaeus, 1761)	3	2	0	
		<i>Megaphyllum projectum</i> Verhoeff, 1894	4	0	0	
		<i>Leptoiulus proximus</i> (Němec, 1896)	3	0	0	
		<i>Glomeris connexa</i> C.L. Koch, 1847	2	0	0	
		<i>Cylindroiulus boleti</i> (C.L. Koch, 1847)	3	0	0	
		<i>Blaniulus guttulatus</i> (Fabricius, 1798)	0	1	0	
	<i>Julus scandinavicus</i> Latzel, 1884	1	0	0		
	Chilopoda	<i>Lithobius forficatus</i> (Linnaeus, 1758)	2	0	0	
		<i>Lithobius aeruginosus</i> L. Koch, 1862	1	26	53	
		<i>Lithobius mutabilis</i> L. Koch, 1862	6	0	1	
		<i>Lithobius sp.</i>	0	3	35	
		<i>Lithobius dentatus</i> C.L. Koch, 1844	2	0	1	
		<i>Lithobius erythrocephalus</i> C.L. Koch, 1847	1	0	0	
		<i>Lithobius austriacus</i> (Verhoeff, 1937)	0	2	0	
		<i>Geophilus flavus</i> (DeGeer, 1778)	0	4	26	
		<i>Schendyla nemorensis</i> (C.L. Koch, 1836)	0	4	79	
		<i>Strigamia transsilvanica</i> (Verhoeff, 1928)	2	1	3	
		<i>Clinopodes flavidus</i> C. L. Koch, 1847	0	2	9	
		Crustacea	Isopoda	<i>Ligidium hypnorum</i> (Cuvier, 1792)	332	3
<i>Porcellium collicola</i> (Verhoeff, 1907)				668	44	98
<i>Protracheoniscus politus</i> (Koch, 1841)	194			5	9	
<i>Lepidoniscus minutus</i> (Koch, 1838)	2			0	1	
<i>Hyloniscus riparius</i> (Koch, 1838)	6			16	0	
<i>Trichoniscus pusillus</i> Brandt, 1833	1			2	0	
<i>Porcellionides pruinosus</i> (Brandt, 1833)	1			0	0	
Celkem				1678	214	420

Počty druhů pavouků zaznamenané jednotlivými metodami se dost odlišovaly, zatímco v padacích zemních pastech bylo zaznamenáno 29 druhů pavouků, z podzemních návnadových pastí extraktory vypudily devět druhů a z půdních vzorků pouhých šest. V obou dvou metodách zaměřených na studium půdy (PNP a PV) byla třetina jejich druhů (3 a 2 druhy) zaznamenaná pouze danou metodou, to znamená, že tyto druhy nezaznamenala jiná metoda. Podobný výsledek pro celkový počet druhů byl zjištěn i u suchozemských stejnonožců, v půdních vzorcích byly tři druhy, v PNP pět druhů a v PZP všech sedm druhů. Pro poznání druhového spektra mnohonožek na dané lokalitě byly také nejvhodnější PZP (10 druhů z 11), potom PNP (6 druhů) a PV (4 druhy). Odlišný výsledek, než pro předchozí taxony, byl zaznamenán pro stonožky.

Nejvhodnější metoda pro vzorkování druhů stonožek byly půdní vzorky, které zachytily devět druhů z celkového počtu 11, o jeden druh méně zaznamenaly PNP. Do padacích zemních pastí se naproti tomu chytilo pouhých šest druhů (přestože předchozí dvě metody zaznamenávaly i larvální stádia neidentifikovatelných stonožek rodu *Lithobius*, které lze jen stěží považovat za další druh).

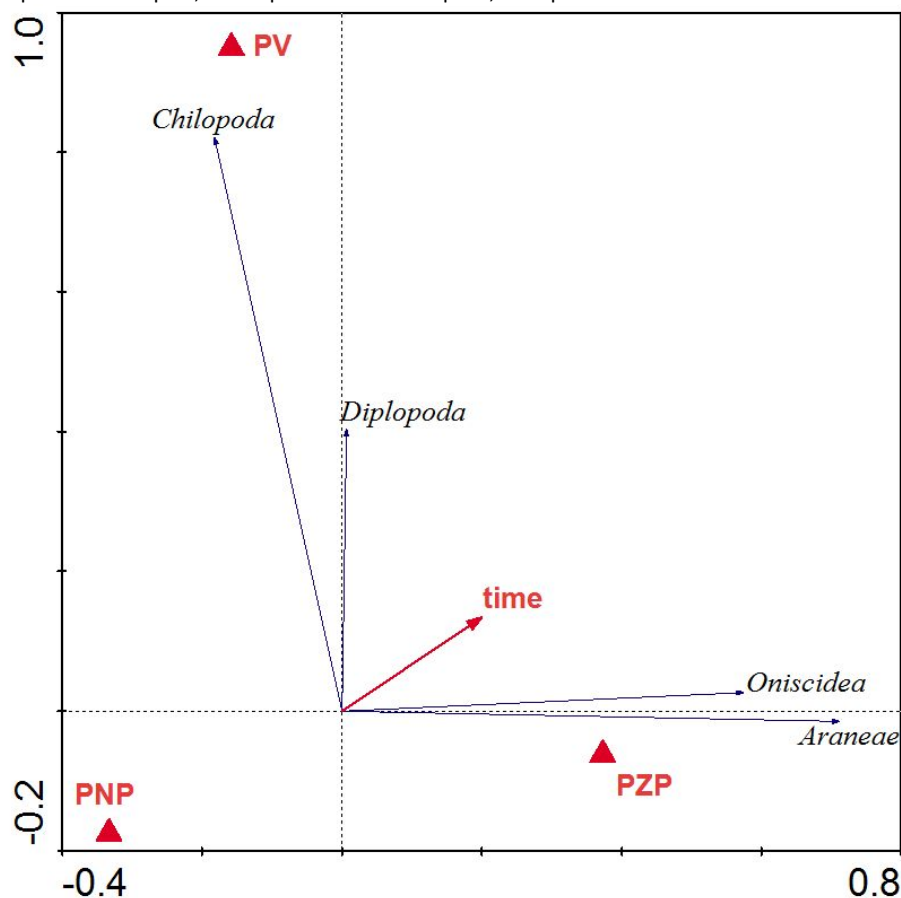
3.1 Analýza výskytu vyšších taxonů v odběrech

Pro potřeby analýzy byla jako druhová data použita matice s výskytem součtu jedinců jednotlivých čtyř studovaných taxonů. Nejdříve byla zjištěna pomocí nepřímé gradientové analýzy (konkrétně DCA) délka gradientu v druhových datech, a jelikož byla nižší než 3, byla zvolena přímá lineární analýza, konkrétně RDA. Význam jednotlivých environmentálních proměnných (typ pasti a termín odběru) byl posouzen pomocí následné Forward Selection.

Vytvořený RDA model (Obr. 3) byl statisticky významný ($F = 25,13$, $p = 0,002$), což znamená, že předpovídal početnosti úlovku v jednotlivých odběrech s chybou menší než 5 %, která je považována za stále přípustnou. Ještě významnější výsledek byl pro první osu (osu x) daného modelu ($F = 56,30$, $p = 0,002$). První osa modelu dokáže vysvětlit 30,1 % variability v distribuci taxonů, celý model vysvětluje 36,5 % variability. Z grafu je patrné, že stonožky a mnohonožky mají relativně podobný výskyt a byly dost početné v půdních vzorcích (PV). Naopak stejnonožci a pavouci se vyskytovali především v padacích zemních pastech (PZP). Z uvedených čtyř environmentálních proměnných, což byly jednotlivé metody a pořadí odběru, se ukázaly jako důležité pro předpověď ve vytvořeném modelu pouze typy metod. Úlovky z PZP se signifikantně lišily od úlovků z PV ($F = 54,10$, $p = 0,002$) a úlovky z PNP se signifikantně lišily od úlovků z PV ($F = 13,98$, $p = 0,002$).

Obrázek 3 RDA model znázorňující distribuci taxonů v závislosti na metodě odchyty

Pozn. PZP – padací zemní past, PNP – půdní návnadová past, PV – půdní vzorek



3.2 Analýza výskytu jednotlivých druhů v odběrech

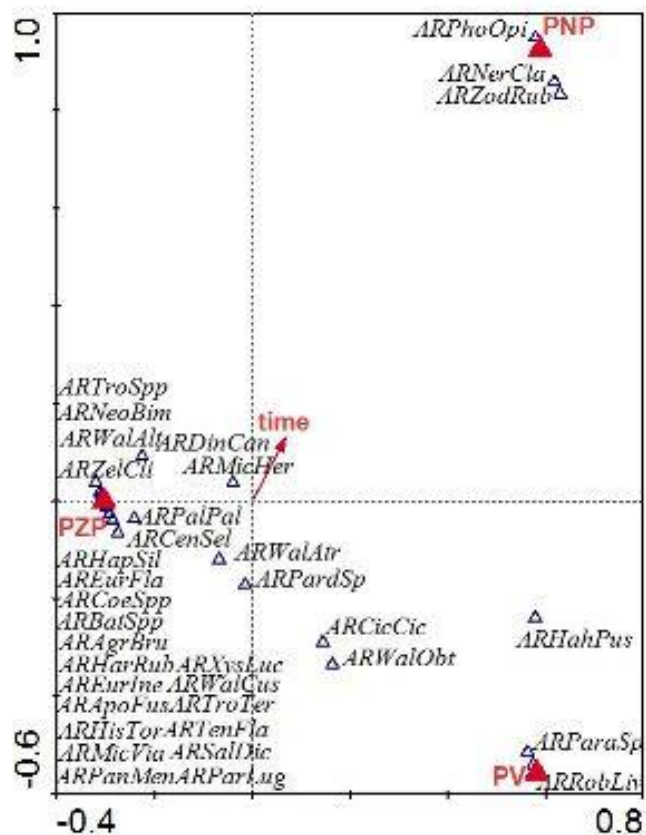
Pro vytvoření modelu CCA byla změřena délka gradientu analýzy pomocí DCA, který vyšel dlouhý, takže jsem si zvolila unimonální analýzu - CCA model. První osa vysvětluje 58 % variability a celý model vysvětluje 91 % variability. Pomocí Monte Carlo permutačního bylo zjištěno, že osa x ($F = 7,52$, $p = 0,002$) i celý model jsou signifikantní ($F = 4,09$, $p = 0,002$). Z čehož vyplývá, že předpověď početnosti úlovku byla předpovídána s přípustnou chybou.

Z environmentálních proměnných (metody, časový aspekt) se ukázaly jako důležité pro předpověď ve vytvořeném modelu pouze typy metod. Úlovky z PZP se signifikantně lišily od úlovků z PV ($F = 7,65$, $p = 0,002$) a úlovky z PNP se signifikantně lišily od úlovků z PV ($F = 3,00$, $p = 0,002$). Časový průběh vzorkování předpovídal výskyt

druhů s 8% chybou, která je poměrně těsně nad hranicí přípustnosti, z čehož vyplývá, že vliv času může být důležitý, ale nepodařilo se to statisticky dokázat. Z grafů pro jednotlivé druhy je patrné, že typ metody hraje významnou roli při vzorkování půdní makrofauny. V případě pavouků je vidět, že většina je vázána na padací zemní pasti (PZP) avšak jsou i druhy, které se objevují pouze v půdních vzorcích či podzemních návnadových pastech (Obr. 4). Mnohonožky se nejvíce objevují v PZP a případně v PNP (Obr. 5) a stejně tak suchozemští stejnonožci (Obr. 6). Stonožky, jakožto velmi diverzifikovaná (rozzrůzněná skupina), se objevují se všech typech pastí (Obr. 7).

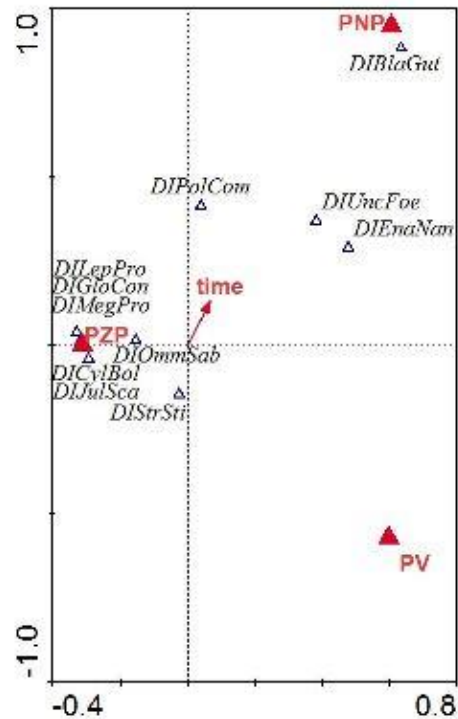
Obrázek 4 CCA model znázorňující závislost výskytu jednotlivých druhů pavouků na typu metody

Pozn. ARAgrBru - *Agroeca brunnea*, ARApoFus - *Apostenus fuscus*, ARBatSpp - *Bathypantes* sp., ARCenSel - *Centromerus sellarius*, ARCicCic - *Cicurina cicur*, ARCoE Spp - *Coelotes* sp., ARDinCan - *Diplostyla concolor*, AREurIne - *Eurocoelotes inermis*, AREurFla - *Euryopsis flavomaculata*, ARHahPus - *Hahnna pusilla*, ARHapSil - *Haplodrassus silvestris*, ARHarRub - *Harpactea rubicunda*, ARHisTor - *Histoipona torpida*, ARMicHer - *Micragrus herbigradus*, ARMicVia - *Microneta viaria*, ARNeoBim - *Neottiura bimaculata*, ARNerCla - *Neriene clathrata*, ARPalPal - *Palliduphantes pallidus*, ARPanMen - *Panamomops mengei*, ARParaSp - *Parasteatoda* sp., ARParLug - *Pardosa lugubris*, ARPardSp - *Pardosa* sp., ARPhoOpi - *Pholcus opilionoides*, ARRobLiv - *Robertus lividus*, ARSalDic - *Saloca diceros*, ARTenFla - *Tenuiphantes flavipes*, ARTroSpp - *Trochosa* sp., ARTroTer - *Trochosa terricola*, ARWalAlt - *Walckenaeria alticeps*, ARWalAtr - *Walckenaeria atrotibialis*, ARWalCus - *Walckenaeria cuspidata*, ARWalObt - *Walckenaeria obtusa*, ARXysLuc - *Xysticus luctator*, ARZelCli - *Zelotes clivicola*, ARZodRub - *Zodarion rubidum*



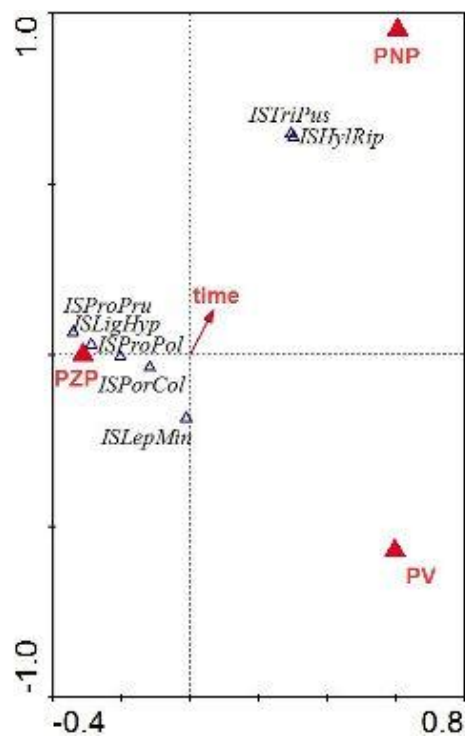
Obrázek 5 CCA model znázorňující závislost výskytu jednotlivých druhů mnohonožek na typu metody

Pozn. DIStiSti - *Strongylosoma stigmatosum*, DIEnaNan - *Enantiulus nanus*, DIUncFoe - *Unciger foetidus*, DIOmmSab - *Ommatoiulus sabulosus*, DIPolCom - *Polydesmus complanatus*, DIMegPro - *Megaphyllum projectum*, DILepPro - *Leptoiulus proximus*, DIGloCon - *Glomeris connexa*, DICylBol - *Cylindroiulus boleti*, DIBlaGut - *Blaniulus guttulatus*, DIJulSca - *Julus scandinavus*



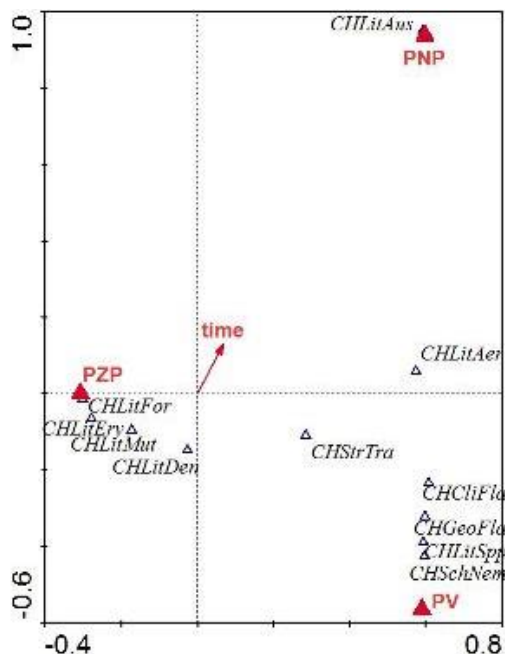
Obrázek 6 CCA model znázorňující závislost výskytu jednotlivých druhů suchozemských stejnonožců na typu metody

Pozn. ISLigHyp - *Ligidium hypnorum*, ISPorCol - *Porcellium collicola*, ISProPol - *Protracheoniscus politus*, ISLepMin - *Lepidoniscus minutus*, ISHyIRip - *Hyloniscus riparius*, ISTriPus - *Trichoniscus pusillus*, ISProPru - *Porcellionides pruinosus*



Obrázek 7 CCA model znázorňující závislost výskytu jednotlivých druhů stonožek na typu metody

Pozn. CHLitFor - *Lithobius forficatus*, CHLitAer - *Lithobius aeruginosus*, CHLitMut - *Lithobius mutabilis*, CHLitSpp - *Lithobius sp.*, CHLitDen - *Lithobius dentatus*, CHLitEry - *Lithobius erythrocephalus*, CHLitAus - *Lithobius austriacus*, CHGeoFla - *Geophilus flavus*, CHSchNem - *Schendyla nemorensis*, CHStrTra - *Strigamia transsilvanica*, CHClFla - *Clinopodes flavidus*



3.3 Analýza na základě podobnosti odběrů

PCA model pro vzájemnou podobnost jednotlivých odběrů (15 půdních vzorků, 60 podzemních návnadových pastí a 60 odběrů padacích zemních pastí) na základě počtu odchycených jedinců zmíněných taxonů, respektive determinovaných druhů v těchto odběrech ukázal zjevnou odlišnost mezi jednotlivými typy metod. Průměrný počet jedinců jednotlivých taxonů v jednom odběru závisel na metodě a konkrétním taxonu (Tab. 2). Padací zemní pasti byly nejúčinnější pro chytání pavouků a suchozemských stejnonožců, nejvíce mnohonožek a stonožek naproti tomu bylo vyextrahováno z půdního vzorku. Také model pro podobnost odběrů podle přítomnosti taxonů ukazuje významnou odlišnost mezi jednotlivými typy metod (Obr. 8).

Stejně výsledky přinesla analýza pro počet druhů v jednotlivých vzorcích, tepelná extrakce půdních vzorků zaznamenávala nejvyšší počty druhů stonožek a mnohonožek, druhově nejbohatší vzorky pavouků a suchozemských stejnonožců byly v odběrech z padacích zemních pastí. Ve srovnání s předchozím modelem (Obr. 8)

tento model pro podobnost odběrů podle chyčených druhů naznačuje, že výsledky v jednotlivých typech metod jsou ještě bližší (Obr. 9). V obou dvou analýzách je však patrné, že podél gradientu na ose X je malý rozdíl mezi odběry PZP a PV a od nich se dost odlišují odběry PNP, naproti tomu podle gradientu na ose Y lze za odlišné považovat jednoznačně PV odběry.

Tabulka 2 Znáznorňuje průměrné počty jedinců (včetně směrodatné odchylky) získaných z jednotlivých typů metod

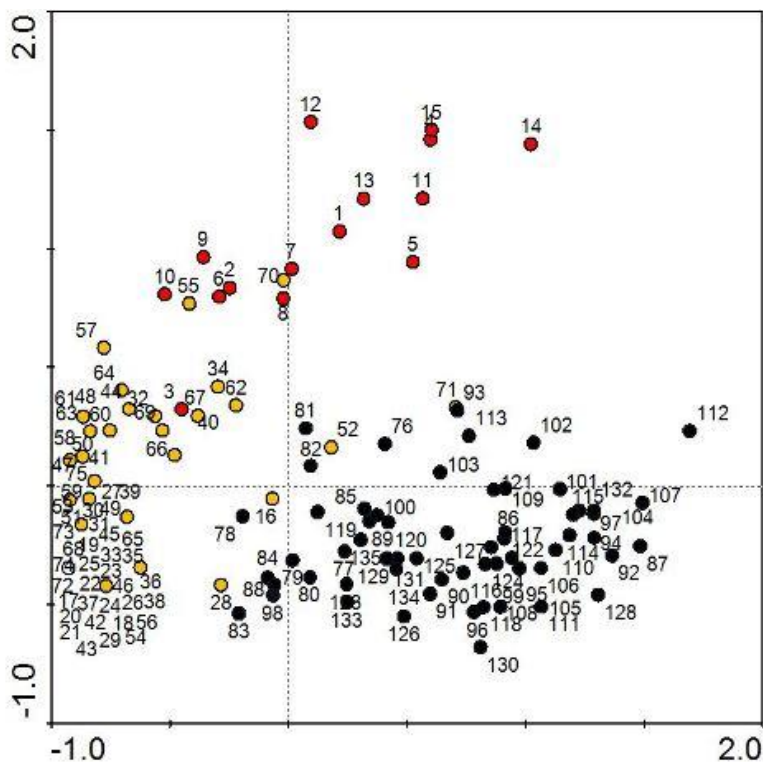
	Araneae	Diplopoda	Chilopoda	Oniscidea
PV	1,3 ± 1,3	5,7 ± 5,8	13,8 ± 7,8	7,2 ± 7,1
PNP	0,1 ± 0,3	1,6 ± 3,0	0,7 ± 1,0	1,2 ± 5,1
PZP	5,2 ± 3,6	1,8 ± 1,8	0,2 ± 0,4	20,1 ± 18,4

Tabulka 3 Odlišnost zvolených metod v závislosti na průměrném počtu získaných druhů

	Araneae	Diplopoda	Chilopoda	Oniscidea
PV	1,1 ± 1,1	1,9 ± 0,9	4,1 ± 1,0	1,5 ± 0,5
PNP	0,1 ± 0,3	0,7 ± 0,8	0,5 ± 0,7	0,3 ± 0,8
PZP	3,0 ± 1,4	1,3 ± 1,0	0,2 ± 0,4	2,3 ± 0,8

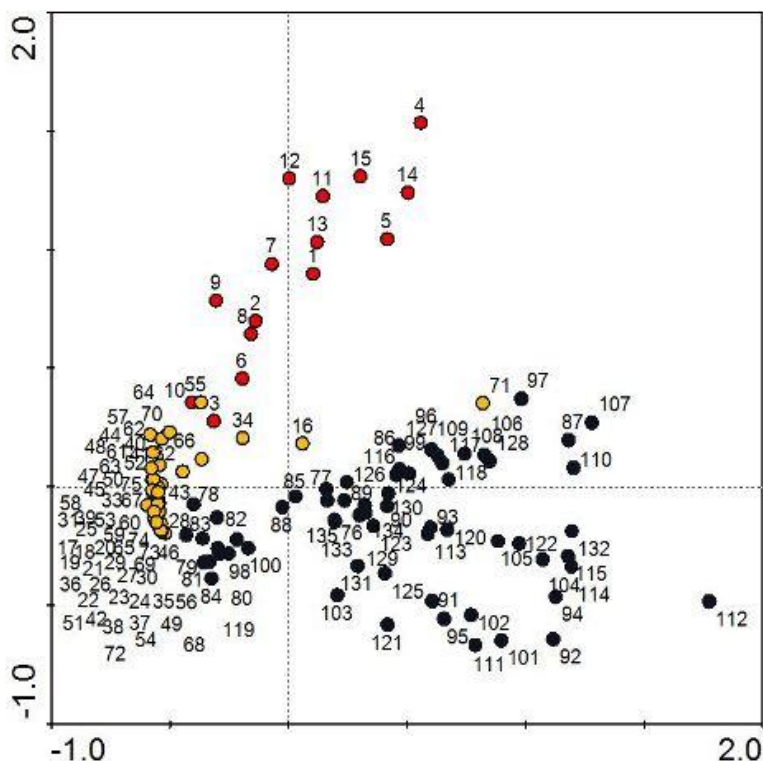
Obrázek 8 PCA model pro porovnání odběrů v závislosti na počtu odchycených jedinců příslušných taxonů v jednotlivých odběrech

Pozn. červená kolečka - půdní vzorky, žlutá kolečka - podzemní návnadové pasti, černá kolečka - padací zemní pasti



Obrázek 9 PCA model pro porovnání odběrů v závislosti na počtu odchycených jedinců determinovaných druhů v jednotlivých odběrech

Pozn. červená kolečka - půdní vzorky, žlutá kolečka - podzemní návnadové pasti, černá kolečka - padací zemní pasti

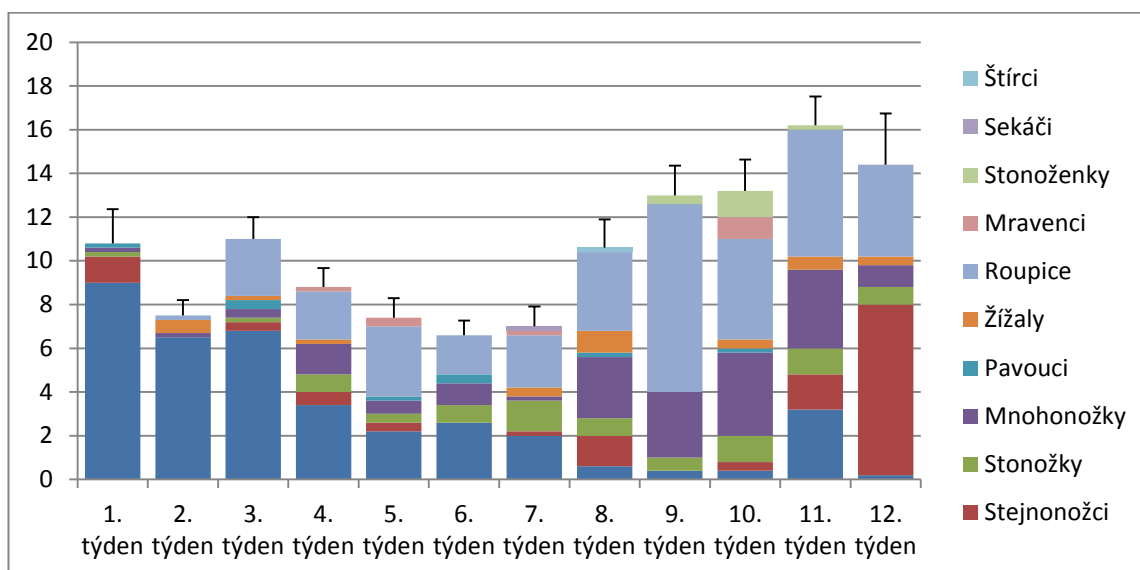


3.4 Kolonizace podzemních návnadových pastí

Z výsledků získaných během taxonomického třídění byl vytvořen graf pro podzemní návnadové pasti (Obr. 10), který ukazuje, že byly kolonizovány hned od počátku expozice a poté celkové počty poklesly, ale od osmého týdne opět začaly narůstat a nejvyšší byly ve třetím měsíci expozice (9. - 12. týden). Je zjevné, že pro brouky se staly pasti v průběhu času nezajímavými. Naopak roupice se ve větším počtu objevují až ve třetím týdnu s čímž může souviset zvýšená abundance stonožek a mnohonožek od čtvrtého týdne.

Pro druhy, které se vyskytovaly v PNP, byly vytvořeny GAMy (Generalizované Aditivní Modely) vyjadřující závislost osídlování pastí na čase. Statistický program dokázal vytvořit signifikantní model pro 12 druhů z celkového počtu 23 druhů zaznamenaných v PNP (Tab. 4).

Obrázek 10 Osídlení podzemních návnadových pastí v jednotlivých odběrech



Tabulka 4 Závislost osídlování podzemních návnadových pastí v průběhu času

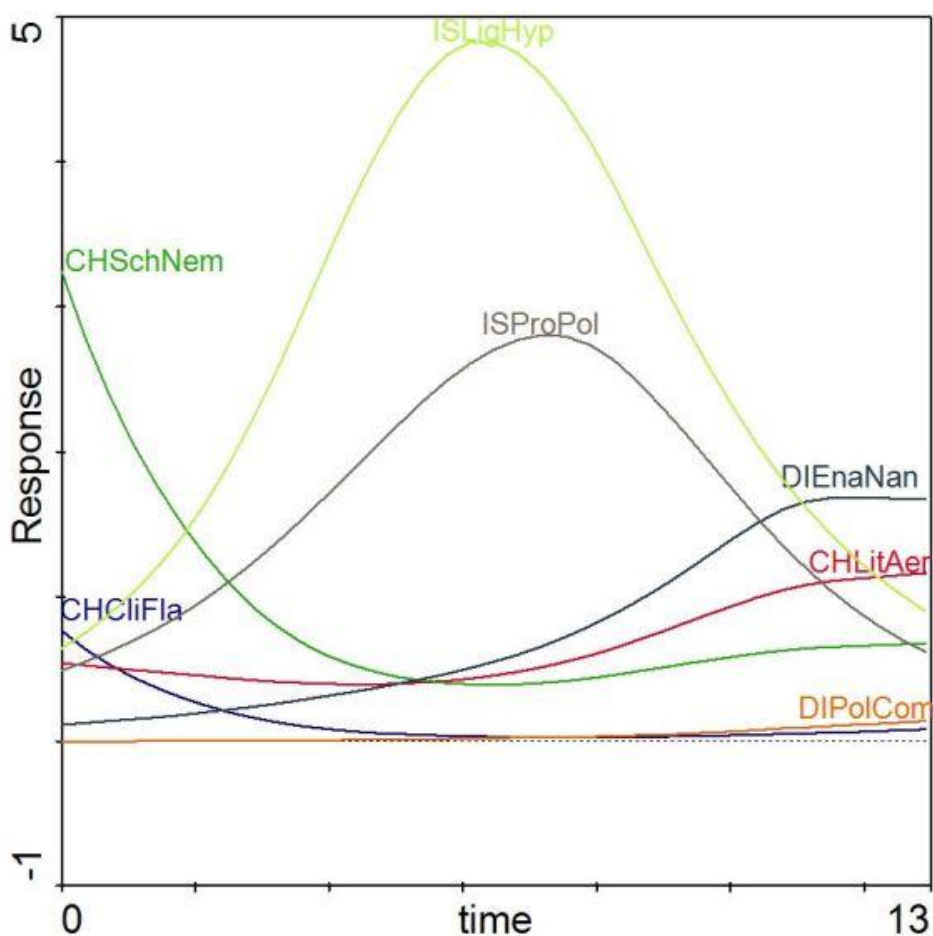
Pozn. Tučně zvýrazněny signifikantní druhy; F - význam testu, P - statistická významnost testu, AIC - Akaikeho informační kritérium, Poč. – celkový počet získaných jedinců

kód	Druh	F	p	AIC	Poč.
ARDinCan	<i>Diplostyla concolor</i>	2,19	0,118685	101,163	16
ARHahPus	<i>Hahnia pusilla</i>	1,23	0,297157	56,076	10
ARMicHer	<i>Micrargus herbigradus</i>	1,04	0,357765	74,165	12
ARNerCla	<i>Neriere clathrata</i>	111,35	< 1.0e-6	3,709	1
ARPhoOpi	<i>Pholcus opilionoides</i>	9,84	0,000112	7,236	1
ARZodRub	<i>Zodarion rubidum</i>	1,71	0,035108	10,905	1
CHCliFla	<i>Clinopodes flavidus</i>	4,04	0,020997	68,048	11
CHGeoFla	<i>Geophilus flavus</i>	1,53	0,22183	132,256	30
CHLitAer	<i>Lithobius aeruginosus</i>	3,46	0,034603	251,431	80
CHLitAus	<i>Lithobius austriacus</i>	1,15	0,319158	18,85	2
CHSchNem	<i>Schendyla nemorensis</i>	3,37	0,038138	368,128	83
CHStrTra	<i>Strigamia transsilvanica</i>	3,52	0,034482	35,228	6
DIBlaGut	<i>Blaniulus guttulatus</i>	111,35	< 1.0e-6	3,709	1
DIEnaNan	<i>Enantiulus nanus</i>	5,91	0,003612	359,863	100
DIOmmSab	<i>Ommatoiulus sabulosus</i>	1,84	0,162816	85,768	23
DIPolCom	<i>Polydesmus complanatus</i>	3	0,054765	31,73	4
DIStrSti	<i>Strongylosoma stigmatosum</i>	1,57	0,213427	264,608	77
DIUncFoe	<i>Unciger foetidus</i>	1,83	0,166085	155,726	64
ISHylRip	<i>Hyloniscus riparius</i>	0,673	0,487973	118,036	318
ISLigHyp	<i>Ligidium hypnorum</i>	5,16	0,007454	1149,717	318
ISPorCol	<i>Porcellium collicola</i>	1,83	0,164423	1657,42	690
ISProPol	<i>Protracheoniscus politus</i>	10,33	0,000097	406,87	204
ISTriPus	<i>Trichoniscus pusillus</i>	1,34	0,26444	24,465	3

Pro vytvoření grafu bylo použito 7 druhů, které byly signifikantní a zároveň se vyskytovaly ve větším počtu než jeden jedinec (Obr. 11). Z grafu je patrné, že návnadové pasti byly nejprve osidlovány zemivkami *Clinopodes flavidus* a *Schendyla nemorensis*, které později ustupují a jsou nahrazovány suchozemskými stejnonožci *Ligidium hypnorum* a *Protracheoniscus politus*. V závěrečné části expozice se objevují mnohonožky a lithobiomorfní stonožka *Lithobius aeruginosus*.

Obrázek 11 Graf GAM znázorňující osidlování podzemních návnadových pastí jednotlivými druhy v průběhu času

Pozn. DIEnaNan - *Enantiulus nanus*, DIPolCom - *Polydesmus complanatus*, CHCliFla - *Clinopodes flavidus*, CHLitAer - *Lithobius aeruginosus*, CHSchNem - *Schendyla nemorensis*, ISLigHyp - *Ligidium hypnorum*, ISProPol - *Protracheoniscus politus*,



4 Diskuze

Kvalita i kvantita úlovku u všech metod závisí na mnoha faktorech. Mezi hlavní z nich patří lokalizace vzorkování (Sabu et al., 2011), v našem případě listnatý les. Důležité je také načasování, neboť aktivita a početnost živočichů se mění mimo jiné v závislosti na ročních obdobích. Nejvíce aktivní jsou půdní bezobratlí na jaře a počátkem léta (Lang, 2000). Schinner et al. (1995) uvádí jako nejlepší dobu vzorkování v průběhu celé jedné sezony od března do října. Preciznost, ať už při instalaci pastí či odběrech vzorků, je nezbytností, protože je velmi důležité, aby okolí pastí zůstalo pokud možno neporušené. Komplikovanější může být naplánování ideálního rozvržení vzorkované plochy, aby si pasti nekonkurovaly (Digweed et al., 1995), ale zároveň nezanedbaly vzácnější druh.

Ze studie vyplývá, že na každou ze tří zvolených metod jsou vázány určité skupiny organismů a výběr metody by se tedy měl odvíjet od cílového taxonu, který chceme studovat (Smith et al., 2008). Padací zemní pasti většinou zachytí nejširší spektrum živočichů (Sabu a Shiju, 2010). To se však týká převážně taxonů s převažující epigeickou aktivitou (Prasifka et al., 2007), jako jsou například střevlíkovití brouci a pavouci. S tím také souvisí prokázaný jev, kdy větší druhy se chytí do padacích pastí častěji než druhy malé (Lang, 2000, Mommertz et al., 1996). Pro skupiny, v nichž řada druhů na povrch půdy vylézá zřídka, mohou být padací zemní pasti překvapivě neúčinné, například Mesibov et al. (1995) uvádí pro mnohonožky jako efektivnější metodu ručního sběru. V našem případě byly padací pasti kvantitativně neúspěšnější, avšak pouze pro vzorkování pavouků a suchozemských stejnonožců. Pro pozorování taxonů vázaných na podpovrchové prostředí půdy je třeba zvolit metodu jinou.

Půdní vzorky byly odebírány třikrát vždy po pěti kusech. Z výsledků vyplývá, že byly druhově velmi pestré a zachytily všechny cílové taxony. Avšak jedná se o odlišné druhy zastupující dané taxony. Hövemeyer a Stippich (2000) uvádějí ve své práci, že půdní vzorky v průběhu času nepřinášejí nijak zásadně odlišná data a i v našem případě je poměr počtu jedinců daného druhu k celkovému počtu odchycených jedinců celkem stabilní, lze to vidět na poměrně nízké směrodatné odchylce u průměrného počtu druhů stonožek, mnohonožek i suchozemských stejnonožců v půdních vzorcích (viz

Tab. 3 na straně 19). Schinner et al. (1995) doporučuje odběr půdních vzorků pro studium dlouhodobých změn v půdní biologické aktivitě na jaře před začátkem vegetace, aby nedocházelo k ovlivnění výsledků růstem rostlin. Toto doporučení má však význam hlavně při studium fauny polních ekosystémů se střídajícím se plodinami, v lesích patří dynamika podrostu k trvalým charakteristikám prostředí.

Podzemní návnadové pasti zaznamenaly zásadní změny v počtech jedinců a jednotlivých druhů v závislosti na čase. Tento trend se dá vysvětlit nezbytností kolonizace v těchto pastech, která může mít různou rychlost v závislosti na okolních podmínkách, jako je roční období, počasí či množství živočichů v dané oblasti. Ožanová (2001) uvádí, že výhodou návnadových, v jejím případě travních, pastí je to, že pokud dostatečně simulují příjemné prostředí pro organismy, pak se zde koncentrují a zvyšuje se pravděpodobnost, že získáme větší množství druhů žijících na studované lokalitě. Bohužel však ani dlouhá expozice PNP nezajistila větší množství úlovku než u pastí padacích. Živočichové se v pastech vyskytovali v relativně malých počtech oproti půdním vzorkům. Například v podzemních návnadových pastech se objevilo maximálně sedm stonožek z jednoho odběru (pět pastí) zatímco v pěti půdních vzorcích z jednoho odběru jich bylo až 82.

Druhově si byly PNP bližší s půdními vzorky, jelikož se v nich objevovaly především druhy edafické (půdní). Typickým příkladem mohou být zemivky, které se objevují v obou metodách, zatímco v padacích zemních pastech téměř vůbec. Obecně se podzemní návnadové pasti zdají být nejúčinnější od osmého do jedenáctého týdne. Tato lhůta je pravděpodobně vázána na rychlost kolonizace, která by mohla být možná zvýšena vhodnější (atraktivnější) návnadou než seno a zároveň se na výsledcích podepsalo velké sucho v červenci, kvůli kterému se jednotlivé skupiny stahovaly z povrchu hlouběji do půdy (Tuf 2002). Doba odběru však také závisí na cílové skupině, neboť z grafu GAM vyplývá, že na začátku byly pasti osidlovány zemivkami, které pak ustupují a objevují se suchozemští stejnonožci *Ligidium hypnorum* a *Protracheoniscus politus*, kteří mají nejvyšší hodnotu výskytu (peak) mezi šestým a osmým týdnem. Ti jsou následně vytlačeni mnohonožkami a nakonec se objevuje stonožka *Lithobius aeruginosus*, což je lithobiomorfni stonožka, kterou do pasti stejně jako mnohonožky

láká potravní nabídka. Jelikož je však dravá, potravou jsou jí spíše chvostoscoci (Lewis 1981).

Při posledním odběru se také objevuje mnoho *Porcellium collicola*, což je druh zdržující se převážně na povrchu, tento jev je pravděpodobně spojen s hledáním úkrytu před suchem v tomto období, kdy bylo množství srážek pod dlouhodobým průměrem, v hlubších částech půdy. Zalézání epigeonu do půdy během sušších období bylo potvrzeno Tufem (2002) také v lužních lesích.

Je zjevné, že podzemní návnadové pasti jsou ideální pro vzorkování půdní fauny, která je vázána na vlhká stanoviště s dostatkem úkrytů (Prasifka et al., 2007), typickým příkladem mohou být mnohonožky (Ožanová 2001). Délka expozice pastí závisí především na cílové skupině pozorování. Ideální se zdá doba mezi osmým a 11. týdnem. Prasifka et al. (2007) uvádí jako nejúčinnější pasti po osmi až devíti týdnech. Ožanová (2001), které použila travní návnadové pasti, získala výrazně lepší výsledky po sedmém týdnu od instalace.

Poněkud problematické pro analýzy v této bakalářské práci je souběžné vyhodnocování délky expozice PNP a jejich účinnosti. Pokud bychom v první pilotní studii posoudili nejvhodnější dobu expozice, a pak srovnali účinnost šedesáti podzemních návnadových pastí se stejnou expozicí s půdními vzorky a padacími zemními pastmi, možná bychom získali lepší výsledky pro srovnání jejich účinnosti s ostatními metodami. Tím by se do analýzy úspěšnosti nedostávaly PNP s mizivými abundancemi živočichů (z metodologicky nevhodných odběrů z prvních týdnů expozice). Na tento aspekt by se měla zaměřit pozornost v budoucnu.

5 Závěr

Možnost využití návnadových pastí pro vzorkování půdní makrofauny se zdá být zajímavou alternativou pro odběr půdních vzorků. V našem případě proběhlo hodnocení efektivity v listnatém vzrostlém lese. V průběhu odběrů podzemních návnadových pastí bylo získáno nižší množství jedinců půdní fauny oproti půdním vzorkům, avšak mapující téměř shodné druhy. To se zdá být výhodné jak z etického hlediska, tak i z hlediska ekonomického. Jednak není třeba usmrčovovat tolik živočichů a zároveň podzemní návnadové pasti nemají tak destruktivní efekt na půdu a je mnohem jednodušší transportovat do laboratoře kapsy se senem (PNP) než těžké půdní vzorky.

Doba expozice pastí se zdá být nejvýhodnější od osmého týdne s ohledem na aktuální průběh počasí. Během suchých period mohou (již delší dobu instalované) podzemní návnadové pasti představovat zajímavé refugium i pro povrchově aktivní druhy, které zde nacházejí kromě potravy hlavně příhodné mikroklimatické podmínky.

Efektivita podzemních návnadových pastí se nám v průběhu studie potvrdila, neboť byly zachyceny všechny významné druhy pro studium půdní fauny a také byl zachycen průběh kolonizace těchto pastí, což může usnadnit načasování experimentu vzhledem k cílové skupině. Vhodné v budoucnu by bylo ještě srovnat účinnost podzemních návnadových pastí s jednotnou délkou expozice oproti půdním vzorkům.

6 Seznam literatury

- Coleman, D. C., Crossley, D. A., Hendrix, P. F. (2004):** Fundamentals of Soil Ecology. Elsevier Academic Press, San Diego. 386 pp.
- Digweed, S. C., Currie, C. R., Cárcamo, H. A., Spence, J. R. (1995):** Digging out the "digging-in effect" of pitfall traps: Influences of depletion and disturbance on catches of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Pedobiologia*, 39: 561-576.
- Holland, J. M., Smith, S. (1999):** Sampling epigeal arthropods: an evaluation of fenced pitfall traps using mark-release-recapture and comparisons to unfenced pitfall traps in arable crops. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 91: 347–357.
- Hopkin, S. P., Read, H. J. (1992):** The Biology of Millipedes. Oxford University Press, New York. 248 pp.
- Hövemeyer, K., Stippich, G. (2000):** Assessing spider community structure in a beech forest: Effects of sampling method. *Eur. J. Entomol.*, 97: 369-375.
- Lang, A. (2000):** The pitfalls of pitfalls: a comparison of pitfall trap catches and absolute density estimates of epigeal invertebrate predators in arable land. *J. Pest Science*, 73: 99-106.
- Lewis, J. G. E. (1981):** The Biology of Centipedes. Cambridge University Press, Cambridge. 476 pp.
- Mesibov, R., Taylor, R. J., Brereton, R. N. (1995):** Relative efficiency of pitfall trapping and hand-collecting from plots for sampling of millipedes. *Biodiversity and Conservation*, 4: 429-439.
- Mommertz, S., Schauer, C., Kösters, N., Lang, A., Filser, J. (1996):** A comparison of D-Vac suction, fenced and unfenced pitfall trap sampling of epigeal arthropods in agro-ecosystems. *Ann. Zool. Fennici*, 33: 117–124.

- Obrist, M. K., Duelli, P. (1996):** Trapping efficiency of funnel- and cup-traps for epigeal arthropods. *Mitteilungen der Schweizerischen entomologischen Gesellschaft*, 69: 361-369.
- Ožanová, J. (2001):** Využití travních pastí při studiu mnohonožek. *Myriapodologica Czecho - Slovaca*, 1: 69-71.
- Prasifka, J. R., Lopez, M. D., Hellmich, R. L., Lewis, L. C., Dively, G. P. (2007):** Comparison of pitfall traps and litter bags for sampling ground-dwelling arthropods. *J. Appl. Entomol.*, 131: 115–120.
- Robertson, G. P., Coleman, D. C., Bledsoe, C. S., Sollins, P. (1999):** *Standard Soil Methods for Long – Term Ecological Research*. Oxford University Press. 462 pp.
- Sabu, T. K., Shiju, R. T. (2010):** Efficacy of pitfall trapping, Winkler and Berlese extraction methods for measuring ground-dwelling arthropods in moist-deciduous forests in the Western Ghats. *Journal of Insect Science*, 10:98, available online: insectscience.org/10.98.
- Sabu, T. K., Shiju, R. T., Vinod, K. V., Nithya, S. (2011):** A comparison of the pitfall trap, Winkler extractor and Berlese funnel for sampling ground-dwelling arthropods in tropical montane cloud forests. *Journal of Insect Science*, 11: 28 available online: insectscience.org/11.28.
- Schinner, F., Öhlinger, R., Kandeler, E., Margesin, R. (1995):** *Methods in Soil Biology*. Springer Verlag, Berlin. 426 pp.
- Snyder, B. A., Draney, M. L., Sierwald, P. (2006):** Development of an optimal sampling protocol for millipedes (Diplopoda). *Journal of Insect Conservation*, 10: 277–288.
- Ter Braak, C. J. F., Šmilauer, P. (1998):** *CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (version 4)*. Microcomputer Power, Ithaca. 352 pp.

Tuf, I. H. (2002): Contribution to the knowledge of vertical distribution of soil macrofauna (Chilopoda, Oniscidea). In: Tajovský K., Balík, V., Pižl V. (eds.): Studies on Soil Fauna in Central Europe. Proc. 6th CEWSZ. Ústav půdní biologie, Akademie Věd ČR, České Budějovice: 241-246.

Tuf, I. H. (2013): Praktika z půdní zoologie. Vydavatelství Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc. 92 pp.

Tuf, I. H., Tvardík, D. (2005): Heat-extractor – an indispensable tool for soil zoological studies. In: Tajovský, K., Schlaghamerský, J., Pižl, V. (eds.): Contributions to Soil Zoology in Central Europe I. ISB AS CR, České Budějovice: 191-194.

7 Příloha

Vzrostlé stromy lesního biotopu



Typický podrost studované lokality



Vybraná podzemní návnadová past (8. týden)



Podzemní návnadová past po vysušení



Výběr padací zemní pasti



Věrný pomocník v terénu

