

Univerzita Palackého v Olomouci  
Přírodovědecká fakulta  
Katedra ekologie a životního prostředí



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

**Lucie Hábová**

Bakalářská práce  
předložená

Katedře ekologie a životního prostředí  
Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

Jako součást požadavků  
na získání titulu: Bc. v oboru  
Ochrana a tvorba životního prostředí

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

Olomouc 2014



Hábová L. (2014): Možnost využití návnadových pastí pro vzorkování půdní makrofauny. Bakalářská práce, Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého Olomouc, 32 s., v češtině

## **Abstrakt**

Tato práce je zaměřena na posouzení vhodnosti použití návnadových pastí pro vzorkování půdní makrofauny. Srovnávala se efektivita tří metod pro zachycení diverzity půdních bezobratlých a jejich abundancí. Výzkum probíhal ve vojtěškovém poli v areálu Přírodovědecké fakulty UP v Olomouci. Půdní bezobratlí byli chytáni za pomoci padacích zemních pastí, tepelné extrakce podzemních návnadových pastí (balíček se senem) a tepelné extrakce půdních vzorků.

Celkem bylo odchyceno 3298 jedinců půdních bezobratlých, 2834 jedinců bylo určeno do 36 druhů (pavouci, sekáči, mnohonožky, stonožky, stejnonožci, střevlíkovití). Metoda zemních pastí byla velmi účinná v odchytu střevlíků, pavouků, sekáčů a suchozemských stejnonožců (celkem 96 % všech odchycených jedinců). Podzemní návnadové pasti zachytily zástupce mnohonožek a stonožek a odběry půdních vzorků byly celkově neúspěšné (0,5 % odchycených jedinců). Podzemní návnadové pasti proto vhodně doplnily padací pasti o společenstvo euedafických zástupců stonožkovců a byly zároveň efektivnější než běžná tepelná extrakce půdních vzorků. Nejvyšší abundance i diverzita v podzemních návnadových pastech byla po dvou měsících expozice v půdě.

Klíčová slova: Carabidae, Diplopoda, edafon, vzorkování, pole, zemní past

Hábová L. (2014): Possibility of use of litter bags to study soil macroinvertebrates. Bachelor Thesis, Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacky University Olomouc, 32 pp, Ms., in Czech

## **Abstract**

This thesis is aimed at evaluation of efficiency of subterranean litter bags for sampling of soil macrofauna. Abundances and species diversities of soil invertebrates were compared as sampled by pitfall traps (Barber's traps), subterranean litter bags and soil samples. As bait, hay was inserted in litter bags. Invertebrates of litter bags and soil samples were extracted using Tullgren funnels. Study was done at field with lucerne near Olomouc.

Altogether 3298 soil invertebrates were recorded; 86% of them were identified in 36 species of ground beetles, spiders, harvestmen, centipedes, millipedes and terrestrial isopods. Pitfall traps were the best method for sampling of ground-dwelling invertebrates – ground beetles, spiders, harvestmen and woodlice (96% of recorded individuals). Subterranean litter bags were attractive for millipedes as well as centipedes, whereas soil samples were almost sterile (only 0,5% of animals were extracted from soil samples). Subterranean litter bags supply usage of pitfall traps immensely, recording soil dwelling invertebrates effectively. A bimonthly exposition of subterranean litter bags leads to highest number and diversity of colonising animals.

Key words: Carabidae, Diplopoda, soil invertebrates, sampling, field

## **Prohlášení**

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 22. dubna 2014

---

## Obsah

Seznam tabulek.....	VII
Seznam obrázků .....	VIII
Seznam příloh.....	IX
Poděkování .....	X
1 Úvod.....	1
1.1 Edafon .....	1
1.2 Metody vzorkování půdní makrofauny.....	2
1.3 Extrakce živočichů z půdních vzorků a vzorků hrabanky .....	7
2 Cíle práce.....	9
3 Materiál a metody .....	10
3.1 Popis lokality.....	10
3.2 Metodika .....	10
3.2.1 Podzemní návnadové pasti .....	10
3.2.2 Zemní pasti .....	12
3.2.3 Půdní vzorky .....	13
3.3 Statistické zpracování .....	14
4 Výsledky .....	15
4.1 Druhová bohatost.....	15
4.2 Početnost .....	15
4.3 Distribuce .....	17
5 Diskuze .....	24
6 Závěr.....	28
7 Seznam použité literatury .....	29
8 Přílohy	

## Seznam tabulek

<b>Tabulka 1:</b> Druhová bohatost jednotlivých taxonomických skupin .....	15
<b>Tabulka 2:</b> Přehled úlovku jednotlivých determinovaných druhů členovců pomocí třech testovaných metod .....	16
<b>Tabulka 3:</b> Výsledky GAM analýzy predikce výskytu druhu v podzemních návnadových pastech v průběhu dvanácti týdenní expozice .....	23

## Seznam obrázků

<b>Obrázek 1:</b> Pole s vojtěškou v areálu Přírodovědecké fakulty UP Olomouc .....	11
<b>Obrázek 2:</b> Schéma rozložení padacích (modrá kolečka) a podzemních návnadových pastí (zelené čtverečky) na studované lokalitě.....	12
<b>Obrázek 3:</b> RDA model ukazující distribuci taxonů v závislosti na odchyťových metodách .....	18
<b>Obrázek 4:</b> RDA model ukazující distribuci jednotlivých druhů pavoukoců v závislosti na odchyťových metodách.....	19
<b>Obrázek 5:</b> RDA model ukazující distribuci pro jednotlivé druhy střevlíků v závislosti na odchyťových metodách.....	20
<b>Obrázek 6:</b> RDA model ukazující distribuci stonožkovců a stejnonožců v závislosti na odchyťových metodách.....	20
<b>Obrázek 7:</b> Podobnost jednotlivých vzorků podle pravděpodobnosti odchyťení vyšších taxonů. ....	21
<b>Obrázek 8:</b> Podobnost jednotlivých vzorků podle pravděpodobnosti odchyťení druhů modelových skupin půdních bezobratlých. ....	22
<b>Obrázek 9:</b> Kolonizace podzemních návnadových pastí.....	22
<b>Obrázek 10:</b> GAM model ukazující časový průběh osídlení podzemních návnadových pastí.....	23



## **Seznam příloh**

**Příloha 1:** Obrazová příloha

## **Poděkování**

Především bych chtěla poděkovat svému vedoucímu dr. Ivanu H. Tufovi za odborné vedení mé práce, za pomoc při zpracování odebraných vzorků a hlavně za trpělivost. Dále bych chtěla poděkovat Bc. Ondřeji Macháčovi za pomoc při determinaci pavouků, Ing. Vojtovi Chmelíkovi za pomoc při determinaci střeplíků a prof. Stašiovovi za determinaci mnohonožek. Velké poděkování patří také mé rodině, přátelům a příteli za psychickou podporu a pomoc.

# 1 Úvod

Půdní fauna je významnou součástí terestrických ekosystémů. Zásadním způsobem se podílí na dekompozici mrtvé organické hmoty a také na tvorbě půd (Rusek, 2000). Metody vzorkování společenstev půdní fauny jsou různé, současný stav poznání však neumožňuje používat nějakou jednoduchou jednotnou metodiku. Poznání druhového spektra edafonu je přitom významné pro posouzení biodiverzity daných lokalit a biotopů.

Existuje řada metod pro vzorkování půdní fauny, avšak každá metoda je specifická pro určitý cílový taxon nebo skupinu (Smith et al., 2008). Kromě toho je potřeba stále srovnávat údaje o účinnosti různých metod (Lang, 2000), které chybějí (Mommertz et al., 1996). Metody jsou nejednotné a chaotické, je potřeba standardního protokolu pro vhodnou kvantifikaci. Neexistuje žádná univerzální metoda pro všechny taxony, proto je nutná kombinace dvou nebo více metod (Sabu et al., 2011). Porovnávání metod pro odchyt členovců je důležité z několika důvodů:

- 1.) Nedostatečné informace o účinnosti odchyťových metod (Prasifka et al., 2007)
- 2.) Neznalost srovnatelnosti účinnosti odchyťových metod (Smith et al., 2008)
- 3.) Monitorování členovců (Prasifka et al., 2007)

Ačkoli existuje řada způsobů pro odchyt, ne všechny metody jsou vhodné. Odběrové metody byly testovány především v lesích a pastvinách, nicméně zůstala opomenuta orná pole (Mommertz et al., 1996). V rámci své bakalářské práce jsem porovnávala několik typů pastí, jelikož je potřeba adaptace metod půdních vzorků pro potřeby výzkumu v polních ekosystémech.

## 1.1 Edafon

Obrovská tvarová a funkční rozmanitost půdních organismů hraje v půdním substrátu důležitou roli. Bez nich by půda nemohla plnit žádnou ze svých funkcí. Podílí se na účasti metabolismu látek, humifikačních procesech a biologické činnosti (Reichholf, 1999). Jednodušeji řečeno, nebyla by půda půdou (Rusek, 2000), ale pouhým regolitem, který existuje i na jiných planetách či na Měsíci. Půdní organismy poprvé pojmenoval Francé (1910) souborným názvem edafon (Rusek, 2000). Edafon (sensu lato = v nejširším slova smyslu) jsou volně žijící organismy vyskytující se v půdě od nejmenších bakterií až po obratlovce. Podílí se na účasti metabolismu látek,

humifikačních procesech a biologické činnosti. Proto mezi edafon nepatří ani kořeny rostlin, ani jejich semena či jiné podzemní orgány. Edafon lze rozdělit na dvě velké skupiny organismů, které se liší, jak svým vývojem, tak i funkcí (Losos et al., 1984).

Jedná se o fytoedafon, kam patří zástupci z říší bakterií, hub a řas, zatímco k zooedafonu řadíme zástupce živočišné říše a prvoků (Tuf, 2013, Kuhnelt, 1955).

K ulehčení a zjednodušení práce jsou zavedeny různé klasifikace a kategorizace půdních organismů (Rusek, 2000), se kterými se můžeme běžně setkat. Nejběžnější klasifikační dělení zooedafonu je podle místa výskytu, potom je rozlišujeme na:

1. **Epigeon** neboli epigeonti jsou všechny formy, vyskytující se na povrchu půdy a v rostlinném opadu. Nejznámějšími zástupci jsou střevlíci, řada mnohonožek, stínky atd.
2. **Hemiedafon** neboli hemiedafobionti jsou ti, kteří se vyskytují v humusovém horizontu, tzn. ve svrchních vrstvách půdy. Jako příklad můžeme uvést většinu stonožek různočlenek, řadu chvostoskoků, a další.
3. **Euedafon** neboli euedafobionti jsou praví půdní živočichové, kteří jsou přizpůsobeni k životu v půdě, vyskytují se proto ve větších hloubkách. Nejběžnějšími zástupci euedafonu jsou roupice, řada žížal, většina zemivek, atd.

Praktická kategorizace edafonu podle velikosti definuje čtyři velikostní kategorie:

1. **Mikrofauna** je soubor půdních organismů menších než 0,2 mm, tj. zástupci mikroflóry (bakterie, houby, řasy, sinice) a mikrofauny (prvoci)
2. **Mezofauna** jsou živočichové větší než 0,2 mm a menší než 2 mm (vířníci, hlístice, roztoči, roupice, chvostoskoci)
3. **Makrofauna** je zastoupená živočichy o velikosti dvou až 20 mm (mnohonožky, stonožky, měkkýši, pavouci, larvy dvoukřídlých, brouci). Půdní makrofauna je modelovou skupinou pro experimentální část této práce.
4. **Megafauna** představuje živočichy větší než 2 cm (žížaly, obratlovci)

## 1.2 Metody vzorkování půdní makrofauny

I přes dlouhou tradici se i v současnosti hodně pozornosti věnuje metodologickému aspektu vzorkování půdních bezobratlých (Sabu a Shiju, 2010). U takto drobných živočichů je taxonomicky obtížná identifikace pouhým okem. A proto jsou nezbytné efektivní zacílené metody, u kterých je potřeba znát jejich konkrétní účinnost a

možnosti srovnání (Druce et al., 2004). Pro většinu uvedených skupin existují spolehlivé metody sběru, které se začaly používat na základě dlouhodobých zkušeností a pozorování.

Efektivita jednotlivých typů pastí závisí na různých parametrech (Obrist a Duelli, 1996) a jejich přesnost stoupá s kombinací jednotlivých metod (Chobot et al., 2005). Jejich vzhled a výběr vhodného typu je klíčový (Lemieux a Lindgren, 1999). Odchytové pasti mají mnoho podob od nejjednodušších plastových kelímků až po složitě upravované pasti se zdrojem elektřiny. Existuje řada metod, které se používají nejen pro odchyt povrchově aktivních druhů – epigeonu, ale i těch vyskytujících se hluboko pod zemí – euedafonu.

Půdní fauna je často opomíjenou skupinou při studiích biodiverzity vzhledem k obtížím při extrakci z půdy. Extrakční metody mohou být „přímé“ nebo „nepřímé“ (Smith et al., 2008). Za pomoci přímých metod oddělujeme bezobratlé z půdy za pomoci „mokré“ (mytí) nebo „suché“ cesty (ruční sběr). Nepřímé metody závisí na behaviorálním chování bezobratlých (Berleseho a Tullgrenovy extraktory, pasti s návnadou) (Smith et al., 2008).

**Ruční sběr** umožňuje okamžitý odběr vzorků na lokalitě (ve dne i v noci), v noci pomocí ultrafialového záření či červeného světla (Druce et al., 2004). Jedná se o vizuální vyhledávání jedinců v rámci vegetace, pod kameny, v hrabance a na povrchu půdy. Úlovek je okamžitě vložen do konzervační tekutiny. Je to nejdůkladnější a nejúčinnější metoda pokud jde o druhovou bohatost (Snyder et al., 2006, Mesibov, 1995).

Nicméně, měla by se používat v kombinaci s jinou metodou (Snyder et al., 2006). Umožňuje zachytit méně pohyblivé druhy. Má mnoho výhod, nevyžaduje nákladná zařízení, pouze osobní pozorování a minimální množství potřebného materiálu, např. etanol (Snyder et al., 2006). Pracovník získá lepší porozumění prostřednictvím přímého pozorování a vybírá jen ty bezobratlé, které potřebuje (Smith et al., 2008, Tuf, 2013). Díky tomu nedochází k usmrcení jiných druhů. Výzkumník minimálně ovlivňuje lokalitu (Smith et al., 2008). Pokud máme dostatek času a nemáme dost prostředků, je ideální metodou odběru. Nicméně, jako každá metoda má i své nevýhody.

Ruční sběr je časově omezen a ovlivněn zkušenostmi sběratelů (Snyder et al., 2006, Smith et al., 2008, Mesibov, 1995). Sběrač by měl být schopen zvíře najít a poté i odchytnout, avšak tato základní schopnost je často velice nízká (Tuf, 2013).

Není optimální metodou pro odběr žížal, protože snadno uniknou v hluboké půdě a může opomenout nejmenší brouky (Smith et al., 2008). Na některých lokalitách je metoda ručního sběru technicky nemožná (husté kořeny, kameny)(Čoja et al., 2008) a je ovlivněna klimatem (Smith et al., 2008). V předchozích studiích je ruční sběr považován především za doplňující metodu, avšak účinnou.

**Zemní pasti** patří mezi nejznámější metody vzorkování půdních bezobratlých. Zemní pasti jsou pravděpodobně nejstarší kvantitativní metodou a i v dnešní době jsou nejběžněji používanou metodou pro odběry vzorků půdních bezobratlých (Mommertz et al., 1996, Cheli a Corley, 2010). Začaly se používat již ve 20. letech minulého století, kdy byly Barberem použity pro odchyt jeskynní fauny (podle toho je také pojmenována past jako „Barber trap“).

Pod tímto názvem je v češtině neznáme a označujeme je jako padací nebo formalínové pasti (Tuf, 2013). Díky své jednoduchosti, nízké ceně a účinnosti jsou zemní pasti standardní metodou pro odchyt půdní makrofauny (Prasifka et al., 2007, Lang, 2000). Mají mnoho využití, například v zemědělství se zemní pasti často užívaly k posouzení nežádoucích účinků insekticidů na půdní bezobratlé (Lang, 2000). Pracují automaticky a nepodléhají chybám sběratele (Skuhřavý, 1970). Jejich tvary, rozměry i materiál, ze kterého jsou vyrobeny, se mohou lišit.

Nejjednodušším typem pastí je nádoba nejčastěji kruhového půdorysu, které jsou vloženy do zavařovacích sklenic. Nádoby mohou být i jiných tvarů (čtverec, obdélník). Sklenice jsou po okraj zapraveny do půdy. Zavařovací sklenice slouží jako opora a ulehčuje práci (Prasifka et al., 2007, Obrist a Duelli, 1996).

Materiál, ze kterého jsou pasti vyrobeny, mohou ovlivnit následný úlovek. Luff (1975) se zabýval problematikou jednotlivých materiálů, ze kterého jsou pasti vyrobeny. Zjistil, že skleněné pasti vykazovaly vyšší úlovek oproti kovu a plastu. Sklo nedává živočichům šanci k úniku. Nevhodným materiálem pro stavbu odchyťových pastí je plast, ačkoli je velmi oblíbený. Dochází k četným únikům zvířat a nedoporučuje se, pokud požadujeme maximální úlovek (Luff, 1975). Kovové pasti po určité době

mohou začít korodovat a umožňují tak díky drsnému povrchu snadnější únik. Aby se takové to ztrátě zabránilo, používají se konzervační prostředky.

Konzervačním prostředkem se rozumí kapalina, která sníží četnost úniků, usmrtí chycené živočichy a zabrání rozkladu těla uloveného zvířete (Lemieux a Lindgren, 1999). Díky fixační tekutině mohou být pasti na lokalitě ponechány dlouhodobě a tak je lze vybírat v delším časovém intervalu. Výběr správné konzervační tekutiny je důležitý (Koivula et al., 2003, Knapp a Růžička, 2012). Nejčastější používanou tekutinou je formaldehyd (Obrist a Duelli, 1996), etanol (Čoja et al., 2008, Druce et al., 2004, Mesibov, 1995), dále se používá např. kyselina benzoová (Čoja et al., 2008), propylenglykol (Snyder et al., 2006), parafín, nemrznoucí směs, ocet, voda se solí (Koivula et al., 2003), atd. Veškeré zmíněné tekutiny mají své klady i zápory.

Pasti mohou obsahovat konzervační tekutinu nebo nemusí. Pokud nejsou pasti naplněné fixačním médiem, měly by mít alespoň zakřivenou stěnu, aby nedošlo k úniku půdních bezobratlých (Weinstein a Slaney, 1995). Důležitou roli hraje také průměr pasti a sklon stěn nádoby (Obrist a Duelli, 1996). V předchozích studiích bylo zjištěno, že pasti větších průměrů (9 cm) jsou účinnější v odchytu (Koivula et al., 2003). Nicméně do větších pastí se mohou dostat drobní savci (myši, rejsci, hraboši) a tím by mohlo dojít k ovlivnění výsledků, jelikož jejich rozkládající se těla by mohla přilákat mrchožrouty (Koivula et al., 2003). Obrist a Duelli (1996) použili drátěné pletivo, aby předešli tomuto problému.

Pasti mohou být opatřeny stříškou, která brání odparu fixační tekutiny nebo slouží jako ochrana proti napadanému listí. Stříšky, tak jako pasti, se materiálově mohou lišit. Nejčastěji jsou vyrobeny z kovu, plastu, dřeva a jiných přírodních materiálů (Tuf, 2013).

Některé druhy jsou snadněji chyceny než ostatní (Lang, 2000), pasoucí se druhy vstoupí do pasti ze zvědavosti. Rychlý běžci jsou chyceni častěji než pomalejší druhy (Obrist a Duelli, 1996).

Tento typ pastí je velice efektivní k zachycení těch členovců, kteří jsou aktivní na povrchu, ale je nevýznamný pro obyvatele spodních vrstev půdy, nebo těch, kteří se šíří létáním (Sabu a Shiju, 2010). Střevlíci a sekáči jsou nejčastější kořistí těchto pastí (Prasifka et al., 2007), také pavouci se chytají velmi početně. Jsou nenáročné na čas výzkumníka a mohou být na lokalitě ponechány dlouhodobě. Jejich instalace a

manipulace s nimi je velmi jednoduchá, avšak srovnání těchto pastí s jinými studiemi není možné. Zmíněné vlastnosti ovlivňují jejich efektivitu (Tuf, 2013).

**Povrchové a podzemní návnadové pasti (litterbags)** jsou pasti s návnadou, které by měly přilákat půdní bezobratlé. Návnadová past může vypadat jako pletivový sáček (různých rozměrů) naplněný rostlinným materiálem (Prasifka et. al., 2007). Jako návnada se může použít např. sláma, banán (Weinstein a Slaney, 1995), semena, brambor, kukuřice (Brunke et al., 2012), nebo mrkev. Návnada by měla zvýšit atraktivitu pasti a urychlit její kolonizaci (Tuf, 2013). Aby se zabránilo ovlivnění výsledků, tak by pasti měly být před vložením do půdy sterilizovány v autoklávu (Prasifka et al., 2007).

Návnadové pasti jsou náročnější na přípravu jak z hlediska časového, tak postupu. Mohou být na lokalitě ponechány buď několik týdnů nebo i celoročně, z důvodu rozkládající se biomasy a její kolonizace (Prasifka et. al., 2007).

Vzorky mohou být výzkumníkem prohlédnuty na místě nebo přeneseny do laboratoře, kde jsou extrahovány a shromažďovány. Návnadové pasti dávají dobrý obraz o hustotě a zastoupení jednotlivých druhů, vývoji a dospívání, populační dynamice (Skuhřavý, 1970). Tento typ pastí byl klíčový k hodnocení mnohonožek a drátovců jako škůdců zemědělských plodin. Podrobný popis metody je uveden v práci v Brunkeho a kol. (2012). Past byla účinná pro odchyt mnohonožek a larev brouků (Prasifka et al., 2007).

**Vypuzování živočichů z půdy chemikáliemi** se nejčastěji používá na vypuzení žížal (Čoja et al., 2008). Na půdu je naléván chemický roztok, který se vsakuje a vyhání žížaly z půdy na povrch. Metoda má tu výhodu, že fyzicky nepoškozuje půdu, ale účinky na flóru a faunu jsou zjevné (Čoja et al., 2008). Nejčastěji používaný chemický roztok je formaldehyd, vzhledem ke své vysoké účinnosti se stal standardem (Čoja et al., 2008). Formaldehyd i přes své vysoké účinky negativně působí na živočichy i rostliny (Čoja et al., 2008). Nesmí se používat v chráněných územích. Předchozí studie potvrdily nežádoucí účinky na bezobratlé a dlouhodobé účinky na mikroorganismy a přizemní vegetaci (Čoja et al., 2008). Čoja a kol. (2008) se zabývali bezpečností chemických prostředků na životní prostředí. Díky jeho studiím se stal allylisoithiokyanát (AITC)



alternativou formaldehydu. Je to přírodní produkt na bázi enzymů s antikarcinogenním účinkem (Čoja et al., 2008), jeho účinky jsou nadále studovány.

Méně často užívanou metodou je **metoda oktetová**. Jelikož zařízení je drahé, tento způsob odchyty je používán jen některými výzkumníky (Čoja et al., 2008). Tato metoda se používá jen pro studium žížal. Napětí je vháněno do půdy a organismy se dostávají na povrch. Účinnost této metody závisí na obsahu vody a typu půdy (Čoja et al., 2008).

**Kvadrátová metoda** neboli kvantitativní vzorkování půdy a hrabanky je metoda, při které je vzorek definovaný plochou (kvadrátem) a hloubkou. Vzorek neboli biologický materiál (listí, mech) se může odebírat dvěma způsoby (náhodně či nenáhodně vybrané místo). Z definované plochy (různý průměr) pozemku se odebere materiál a vloží do nádoby (Snyder et al., 2006). Odebraný materiál se přenesení do laboratoře, kde dojde k jeho extrakci za pomoci příslušných přístrojů. Tato metoda je omezena z hlediska počtu odběrů za jednotku času.

**Mokrý tkanina** je jednou z možností odchyty např. mnohonožek. Tkanina různého rozměru a barvy je namočená ve vodě a posléze zavěšená ke stromu v určité výšce. Tato metoda byla testována pouze jednou a potřebuje další studium. Zvýšit účinnost této metody můžeme tím, že ji použijeme na konci léta, kdy vlhkost je nejvyšší (Druce et al., 2004).

### **1.3 Extrakce živočichů z půdních vzorků a vzorků hrabanky**

Extrakční metody vyžadují použití drahých přístrojů a přívod elektřiny, které nemusejí být k dispozici (Sabu a Shiju, 2010). Jsou časově náročnější a pracnější než odchytové metody (Sabu a Shiju, 2010). Winklerova extrakční metoda je méně vhodná extrakční metoda, protože šance na únik větších taxonů jsou vysoké. Navíc některé druhy během extrakce mohou konzumovat jiné (Sabu a Shiju, 2010) a tím dochází k ovlivnění výsledků. Nicméně tato metoda byla velice účinná v odchyty bezobratlých v tropických horských lesích (Sabu et al., 2011) a to zejména roztočů, pavouků, mravenců a pisivek.

Extrakční metoda je ideální pro kvantitativní odhady, odchytová metoda je ideální pro kvalitativní odhady (Sabu et al., 2011). Existuje i extrakční metoda za pomoci Kempsonova extraktoru.

Z toho vyplývá, že ideální metoda odběru neexistuje a je zapotřebí kombinovat dvě nebo více metod (Sabu et al., 2011). Žádná z těchto pastí není univerzální, jednotná pro odchyt půdních bezobratlých. Každá past je vhodná pro sběr konkrétních skupin. Záleží na podmínkách prostředí, ročním období a dalších činitelích (Prasifka et al., 2007). Velký význam má charakter a typ stanoviště, kde se odběry provádějí (Koivula et al., 2003, Niemela et al., 1986, Sabu et al., 2011).

Důležitou roli může hrát i velikost pozemku, jeho izolace, ale i vzdálenost jednotlivých pastí od sebe (Prasifka et al., 2007). Prasifka a kol. (2007) zmiňují, že za nezávislé pasti jsou považovány ty, které jsou od sebe vzdáleny více jak 10 metrů. Účinnost pastí může být dále ovlivněna složením vegetace (Sabu a Shiju, 2010, Smith et al., 2008, Lang, 2000, Mommertz et al., 1996, Adis, 1979), klimatem (Niemela et al., 1986, Smith et al., 2008, Lang, 2000), dostupností potravy, chováním zvířete, ale i úrovní hladu zvířete (Koivula et al., 2003). Proto je důležité správně zvolit konkrétní místa odběru vzorků či instalace pastí.

## 2 Cíle práce

V této práci jsem se zaměřila na podzemní návnadové pasti, zemní pasti a odběry půdních vzorků na orném poli. Cílem této práce bylo porovnat efektivitu těchto tří metod a posoudit časový průběh kolonizace návnad v podzemních návnadových pastech za účelem metodologického doporučení délky expozice.

### Hlavní otázky:

- Jaká je efektivita těchto tří metod pro zachycení diverzity edafonu?
- Které taxony jsou nejčastěji chytány?
- Po jak dlouhé expozici je v návnadových podzemních pastech nejvyšší diverzita a abundance půdních bezobratlých?

### **3 Materiál a metody**

Srovnávací studie byla provedena v polním biotopu, za použití zemních pastí, podzemních návnadových pastí a odběrů půdních vzorků.

#### **3.1 Popis lokality**

Výzkum proběhl v jarních měsících (duben-červenec) v roce 2013, v městské části Holice na východě města Olomouce. Pole se nachází v areálu Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého cca 3,5 km východně od hlavního nádraží v Olomouci (Obr. 1). V daném roce bylo pole o velikosti cca 2 arů oseto vojtěškou. Taktéž v předchozím roce bylo pole oseto vojtěškou, která byla jedenkrát sečena.

Teploty i srážky jsou důležité, mohly mít vliv na úlovek. Teploty v předcházející zimě kolísaly v porovnání s dlouhodobým průměrem. Průměrné teploty v zimě 2012/13 byly: prosinec -2,5 °C, leden -2,8 °C, únor -1,2 °C, březen -0,8 °C. Ačkoliv byl prosinec a leden výrazně teplejší, únor byl naproti tomu o něco chladnější než dlouhodobý průměr. Průměrné teploty během výzkumu: duben 8,3 °C, květen 12,6 °C, červen 16 °C, červenec 19,5 °C. Množství srážek v porovnání s dlouhodobým průměrem bylo výrazně vyšší. Průměrné množství srážek v zimě 2012/13 bylo: prosinec 39 mm, leden 51 mm, únor 54 mm, březen 49 mm. Během vlastního výzkumu srážky byly: duben 29 mm, květen 99 mm, červen 131 mm, červenec 20 mm.

Železniční koridor Olomouc-Přerov tvoří severní hranici s tímto polním biotopem. Z jihu se nachází knihovna Biologického centra UP. Celý areál je oplocen. Souřadnice studované plochy jsou 49°34'29.144"N, 17°17'9.675"E.

#### **3.2 Metodika**

##### **3.2.1 Podzemní návnadové pasti**

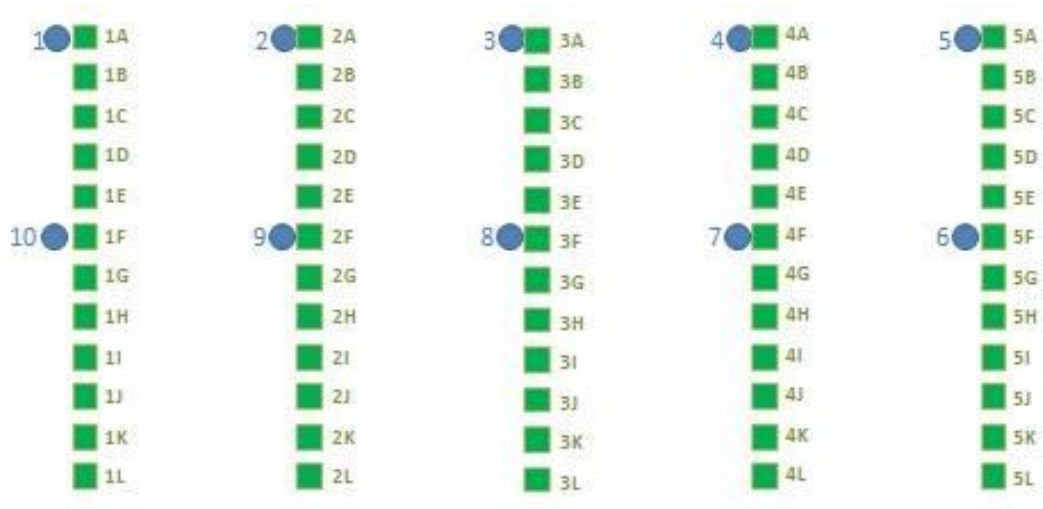
Na studované lokalitě byly instalovány dva typy odchytočných pastí a proveden odběr půdních vzorků. Prvním typem byla podzemní návnadová past neboli kapsa. Tyto pasti byly vytvořeny z kovového pletiva o velikosti ok 2 cm, ze kterého byly nastříhány kapsy. Kapsy měly rozměry cca 15×15 cm. Byly naplněny rostlinným materiálem – senem. Pro zvýšení půdní vlhkosti byly pletivové sáčky se senem před vložením do půdy na několik hodin namočený.



**Obrázek 1:** Pole s vojtěškou v areálu Přírodovědecké fakulty UP Olomouc

Na studované lokalitě bylo koncem dubna 2013 zakopáno 60 návnadových pastí (Obr. 2). Namočené kapsy byly přeneseny v igelitových pytlích na lokalitu, kde byly označeny kódy. Každá z pastí měla kód, stávající se z číslice (1-5) a písmene (A-L), které odpovídaly jejímu umístění v pěti řadách po 12 kusech. Řady byly od sebe vzdáleny 10 metrů a jednotlivé pasti v nich 2 metry. Za pomoci rýče byly pasti zapraveny několik centimetrů pod povrch půdy a přivázané stužky s kódem částečně trčely na povrch. Červené stužky byly použity pro usnadnění práce – nalezení pastí při odběru. Každý týden se vybíralo 5 pastí tak, aby byla vzorkována přibližně celá experimentální plocha (například první výběr pastí 1A, 2C, 3E, 4G a 5I).

Past byla vyjmuta a vložena do igelitového sáčku. Návnadové pasti byly ihned po odběru převezeny do laboratoře a následně extrahovány. Extrakce probíhala za pomoci Tullgrenových extraktorů (Tuf a Tvardík, 2005), které se používají pro vypuzení bezobratlých živočichů ze substrátu (půda, opad, prosev, mechorosty...). Měla podobu plastového kbelíku, který byl ze spodní části uřezaný a opatřený kovovou mřížkou. Z horní strany byl opatřen miskou, ve které se nacházela žárovka. Spodní miska byla do své poloviny naplněna 0,5% vodním roztokem formaldehydu. Díky světlu a teple ze žárovky se jednotliví živočichové ve snaze uniknout zahrabávali hlouběji do vzorku, až propadávali skrz mřížku do spodní misky s připraveným roztokem.



Obrázek 2: Schéma rozložení padacích (modrá kolečka) a podzemních návnadových pastí (zelené čtverečky) na studované lokalitě

Po sedmi dnech extrakce byl úlovek pomocí sítka přemístěn do rychlouzavíratelných sáčků, označen a konzervován trochou 70% lihu. Veškerý materiál byl poté tříděn do jednotlivých vyšších taxonů, případně determinován na druhovou úroveň. Do vyprázdněných Tullgrenů bylo vloženo dalších pět pastí z pole. Celý cyklus se opakoval po dobu 12 týdnů.

### 3.2.2 Zemní pasti

Druhým typem pastí byly padací (formalínové) pasti, které se pro odchyt epigeických bezobratlých používají tradičně. Zemní pasti byly na pole instalovány ve stejnou dobu jako podzemní návnadové pasti, tzn. koncem dubna 2013. Pasti tvořily zavařovací sklenice (0,7 l), do kterých byl vložen plastový kelímek (250 ml).

Abychom zabránili případnému úniku půdních bezobratlých, každý kelímek byl do jedné třetiny naplněn konzervační tekutinou. Konzervační tekutinu tvořil 4% roztok formaldehydu. Za pomoci vrtáku byly v půdě vytvořeny otvory, do kterých byly vloženy zavařovací sklenice s kelímky. Pasti byly zapraveny do půdy a zarovnány s povrchem. Každá past byla zakryta plechovou stříškou a označena číslem (1-10). Stříšky sloužily jako ochrana proti dešti a proti nečistotám, po kterých by mohli bezobratlí z pastí vylézat.

Na pole bylo instalováno 10 padacích pastí ve dvou řadách po pěti. Vzdálenost mezi pastmi byla 10 metrů (Obr. 2). Pasti byly vybírány ve 14denních intervalech.

Kelímky byly vybírány postupně podle očíslování stříšek od jedné do deseti. Za pomoci sítka byl obsah kelímku oddělen od formaldehydu, přesypán do označených sáčků a konzervován trochou 70% lihu. Každý obsah z kelímků měl svůj sáček (1-10).

Prázdné kelímky byly očištěny a znovu naplněny 4% formaldehydem. Byly vráceny zpět do zavařovacích sklenic, zakryty stříškou, kde byly na dalších 14 dní ponechány. Kelímky se vybíraly celkem pětkrát. Sáčky s úlovkem byly převezeny do laboratoře a uchovány v chladu. Veškerý materiál byl poté tříděn do jednotlivých vyšších taxonů, případně determinován na druhovou úroveň.

### **3.2.3 Půdní vzorky**

Odběry půdy byly provedeny na téže lokalitě v libovolných místech cca pět metrů od polního okraje. Za pomoci rýče bylo odebráno pět vzorků o rozměrech cca 25×25 cm. Mocnost vzorků byla cca 10 cm. Vykopané půdní vzorky byly opatrně vyjmuty z půdy, rozděleny do igelitových pytlů, očíslovány (1-5) a přeneseny do laboratoře. Každý vzorek byl v laboratoři rozdělen cca na polovinu a vložen do Tullgrenů (tzn. pět půdních vzorků bylo rozděleno do deseti Tullgrenů). Půda byla rozdělena z toho důvodu, aby došlo k úplnému a hlavně rychlejšímu vyschnutí a následnému propadnutí přítomných bezobratlých do spodních misek.

Půdní vzorky byly extrahovány v Tullgrenových nádobách po dobu cca 14 dní. Po 14 dnech byly vzorky vyjmuty z Tullgrenů a materiál stejně jako v případě podzemních návnadových pastí převeden do sáčků. Půdní vzorky se odebíraly celkem třikrát: koncem května, v polovině června a koncem června.

### **Determinace bezobratlých**

Ulovení živočichové byli vytříděni do vyšších taxonomických skupin: žížaly (Annelida: Oligochaeta: Lumbricidae), pavouci (Chelicerata: Arachnida: Araneae), sekáči (Chelicerata: Arachnida: Opiliones), mnohonožky (Myriapoda: Diplopoda), stonožky (Myriapoda: Chilopoda), suchozemští stejnonožci (Crustacea: Isopoda: Oniscidea), střevlíkovití brouci (Hexapoda: Coleoptera: Carabidae), mravenci (Hexapoda: Hymenoptera: Formicidae) a ostatní. Materiál je uložen na Katedře ekologie a životního prostředí PŘF UP v Olomouci.

U některých skupin proběhla determinace na druhovou úroveň. Za pomoci klíčů jsem určovala stonožky, sekáče a suchozemské stejnonožce. Pavouky determinoval Bc. Ondřej Machač (KEŽP PŘF UP v Olomouci), střevlíky determinoval Ing. Vojtěch Chmelík (KEŽP PŘF UP v Olomouci) a mnohonožky determinoval prof. Slavomír Stašiov (Technická univerzita ve Zvolenu).

### **3.3 Statistické zpracování**

Základní přehled a popisná statistika získaného materiálu byly provedeny v programu MS Excel, ve kterém byly také připraveny základní grafy. Pro podrobnější analýzu byl zvolen program CANOCO (TerBraaka Šmilauer, 1998). Byla zvolena PCA analýza pro vizualizaci podobností jednotlivých odběrů. V této analýze byla data log-transformována, jelikož matice obsahovala velké množství nulových hodnot. Byly také zvoleny Inter-species korelace.

PCA analýza byla provedena pro posouzení podobnosti jednotlivých vzorků jak na základě dat o výskytu jednotlivých druhů vybraných taxonů (viz výše zmíněné skupiny určené na druhovou úroveň), tak i na základě výskytu všech zmíněných taxonů. Ve výsledném grafu byly poté graficky odlišeny vzorky z padacích pastí, podzemních návnadových pastí a půdních vzorků.

Poté bylo přistoupeno k další analýze. Nejdříve byla zjištěna délka gradientu v druhových datech. Za druhová data byla považována matice s výskytem jednotlivých druhů v jednotlivých vzorcích, v oddělené analýze byla jako druhová data použita matice s výskytem jednotlivých taxonů. Délky gradientu v obou maticích umožnily zvolit přímou lineární RDA analýzu. V ní byla druhová data také log-transformována. Význam jednotlivých proměnných byl posouzen pomocí následné Forward Selection a celkový test byl zhodnocen pomocí Monte Carlo permutačního testu s 499 opakováními. V následné vizualizaci byly RDA biploty vytvořeny pro druhy z jednotlivých taxonomických skupin, aby byla udržena celková přehlednost grafu.

Pro zhodnocení osídlení podzemních návnadových pastí v průběhu 12 týdnů byly zvoleny generalizované aditivní modely (GAM). U dat byla předpokládána Poissonova distribuce. Druhy se signifikantním časovým patternem výskytu v podzemních návnadových pastech byly vizualizovány pomocí grafu.



## 4 Výsledky

Za použití zemních pastí, podzemních návnadových pastí a půdních vzorků bylo získáno během dvanácti týdnů v jarních měsících (duben-červenec) celkem 3298 jedinců půdních bezobratlých. Pomocí klíčů byla část materiálu určena do 36 druhů šesti vyšších taxonů (pavouci, sekáči, mnohonožky, stonožky, stejnonožci, střevlíkovití). Na druhovou úroveň nebylo determinováno 167 mravenců, devět žížal a 288 ostatních jedinců (drabčků, ploštic, larev hmyzu a jiných).

### 4.1 Druhová bohatost

Z celkového počtu 36 druhů měli největší zastoupení pavouci (Tab. 1). Pavouci patřili do 19 druhů, sedmi čeledí. Nejvíce byly zastoupeny čeledi Lycosidae, Linyphiidae a Gnaphosidae. Druhou početnou skupinou byly střevlíci, kteří byli determinováni do osmi druhů. Mnohonožky byly determinovány do tří druhů čeledi Julidae. Dále byly determinovány stonožky tří druhů z čeledí Geophilidae a Lithobiidae. Stejnonožci byli zastoupeni dvěma druhy z čeledi Trachelipodidae a Armadillidiidae a také byl zachycen jeden sekáč z čeledi Phalangidae.

Tabulka 1: Druhová bohatost jednotlivých taxonomických skupin

Taxon	Počet čeledí	Počet rodů	Počet druhů
Araneae	7	15	19
Opiliones	1	1	1
Carabidae	1	8	8
Diplopoda	1	3	3
Chilopoda	2	3	3
Isopoda	2	2	2
Celkem	14	32	36

### 4.2 Početnost

Z celkového počtu 3298 jedinců měli největší zastoupení střevlíkovití v počtu 1982 jedinců. Nejčastějším zástupcem této skupiny byl střevlíček měděný (*Poecilus cupreus*), který se na lokalitě vyskytoval v počtu 1299 jedinců. Dalším častým druhem byl střevlíček ošlejchový (*Anchomenus dorsalis*) v počtu 473 jedinců a kvapník plstnatý

(*Pseudoophonus rufipes*) v počtu 72 jedinců. Zbýlých pět druhů mělo abundanci pod 72 jedinců (Tab. 2).

**Tabulka 2: Přehled úlovku jednotlivých determinovaných druhů členovců pomocí třech testovaných metod**

Podkmen	Skupina	Druh	ZP	PNP	PV
Chelicerata	<b>Araneae</b>	<i>Alopecosa pulverulenta</i> (Clerck, 1757)	3	0	0
		<i>Drassodes cupreus</i> (Blackwall, 1834)	1	0	0
		<i>Drassyllus pusillus</i> (C. L. Koch, 1833)	8	0	0
		<i>Erigone dentipalpis</i> (Wider, 1834)	10	0	0
		<i>Micaria pulicaria</i> (Sundevall, 1831)	2	0	0
		<i>Microlinyphia pusilla</i> (Sundevall, 1830)	3	0	0
		<i>Oedothorax apicatus</i> (Blackwall, 1850)	99	8	0
		<i>Pachygnatha clercki</i> Sundevall, 1823	2	0	0
		<i>Pachygnatha degeeri</i> Sundevall, 1830	21	0	0
		<i>Pardosa agrestis</i> (Westring, 1861)	402	0	0
		<i>Pardosa lugubris</i> (Walckenaer, 1802)	8	0	0
		<i>Pardosa palustris</i> (Linné, 1758)	1	0	0
		<i>Pardosa pullata</i> (Clerck, 1757)	26	0	0
		<i>Pardosa sp.</i>	16	0	0
		<i>Robertus arundineti</i> (O. P.- Cambridge, 1871)	3	2	0
		<i>Tenuiphantes flavipes</i> (Blackwall, 1854)	1	0	0
		<i>Trochosa terricola</i> Thorell, 1856	49	0	0
		<i>Trochosa sp.</i>	22	0	0
		<i>Xysticus cristatus</i> (Clerck, 1757)	26	0	0
		<i>Zelotes subterraneus</i> (C. L. Koch, 1833)	2	0	0
<i>Zodarion rubidum</i> Simon, 1914	1	0	0		
	<b>Opiliones</b>	<i>Phalangium opilio</i> (Linnaeus, 1761)	8	0	0
Hexapoda	<b>Carabidae</b>	<i>Anchomenus dorsalis</i> (Pontoppidan, 1763)	473	0	0
		<i>Brachinus crepitans</i> (Linnaeus, 1758)	41	0	0
		<i>Carabus scheidleri</i> Panzer, 1799	1	0	0
		<i>Cylindera germanica</i> (Linnaeus, 1758)	1	0	0
		<i>Harpalus sp.</i>	19	0	0
		<i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus, 1758)	1299	0	2
		<i>Pseudoophonus rufipes</i> (De Geer, 1774)	72	0	1
		<i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger, 1798)	72	0	1
Myriapoda	<b>Diplopoda</b>	<i>Brachyiulus bagnalli</i> (Curtis, 1845)	0	7	0
		<i>Cylindroiulus caeruleocinctus</i> (Wood, 1864)	1	0	0
		<i>Ophiulus pilosus</i> (Newport, 1842)	23	71	2
	<b>Chilopoda</b>	<i>Clinopodes flavidus</i> C. L. Koch, 1847	0	1	0
		<i>Geophilus flavus</i> (DeGeer, 1778)	0	0	1
		<i>Lithobius sp.</i>	0	2	0
Crustacea	<b>Isopoda</b>	<i>Armadillidium vulgare</i> (Latreille, 1804)	6	0	0
		<i>Trachelipus rathkii</i> (Brandt, 1833)	14	0	0
Celkem			2736	91	7

pozn. ZP – zemní pasti, PNP – podzemní návnadové pasti, PV – půdní vzorky

Následovali pavouci v počtu 716 jedinců. Slíďák rolní (*Pardosa agrestis*) byl nejčastějším druhem v počtu 402 jedinců. Následovala pavučenka rolní (*Oedothorax apicatus*) se 107 jedinci a slíďák zemní (*Trochosa terricola*) s 49 jedinci. Ostatní druhy nepřekročily početnost 26 jedinců (Tab. 2). Mnohonožek bylo celkem 104 jedinců. Nejpočetnějším druhem byla špičanka dlouhoocasá (*Ophiulus pilosus*) v počtu 96 jedinců.

Dalším častým druhem byla prouženka Bagnalliova (*Brachyiulus bagnalli*) v počtu sedmi jedinců a oblanka sídelní (*Cylindroiulus caeruleocinctus*) (Tab. 2). Dva druhy stejnonožců se vyskytovaly v celkovém počtu 20 jedinců. *Trachelipus rathkii* (14 jedinců) byl četnější než svinka obecná (*Armadillidium vulgare*). Na lokalitě byli zastoupeni čtyři jedinci stonožek. Dva z nich byli neidentifikovatelní juvenilové rodu *Lithobius*, dále zemivka žlutavá (*Clinopodes flavidus*) a zemivka dlouhorohá (*Geophilus flavus*). Jediným zástupcem sekáčů byl sekáč rohatý (*Phalangium opilio*) v počtu osmi jedinců (Tab. 2).

Past s celkově největším úlovkem za celé výzkumné období byla zemní past č.3 se 181 jedinci.

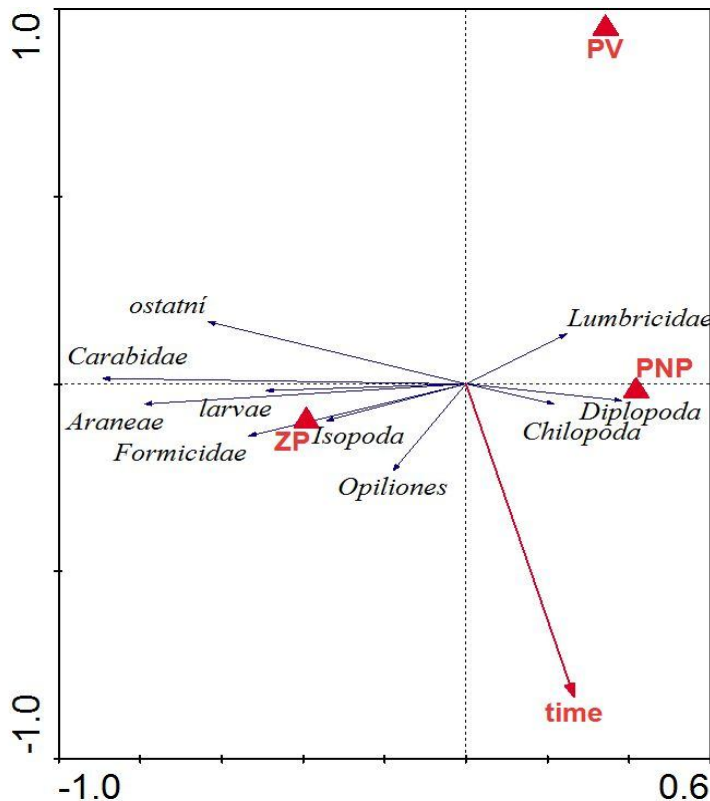
### 4.3 Distribuce

Za pomoci redundanční analýzy (RDA) byly vytvořeny dva modely: první model byl vytvořen pro všechny taxony dohromady (Obr. 3), druhý model pro distribuci jednotlivých druhů. U druhové analýzy byly pro lepší přehlednost zvlášť vytvořeny grafy pro jednotlivé skupiny. Jedná se o rovnocenné grafy – vizualizace ze stejného modelu. Zvlášť byl vytvořen graf RDA pro pavoukovce (Obr. 4), střevlíky (Obr. 5) a pro mnohonožky, stonožky a stejnonožce (Obr. 6).

První model (Obr. 3) pro všechny taxony byl signifikantní ( $F = 47,65$ ;  $p = 0,002$ ), první kanonická osa vysvětlovala 59,4 % variability v distribuci taxonů a všechny osy dohromady 60,3 % variability.

Metoda zemních pastí je podle výsledného grafu vhodnou metodou pro odchyt střevlíků, pavouků, sekáčů, stejnonožců a mravenců. Zemní pasti se signifikantně liší od půdních vzorků ( $p = 0,002$ ), faktor čas (tj. pořadí výběru) je také signifikantně významný ( $F = 10,95$ ;  $p = 0,002$ ). Pouze u mnohonožek a stonožek se ukázala metoda

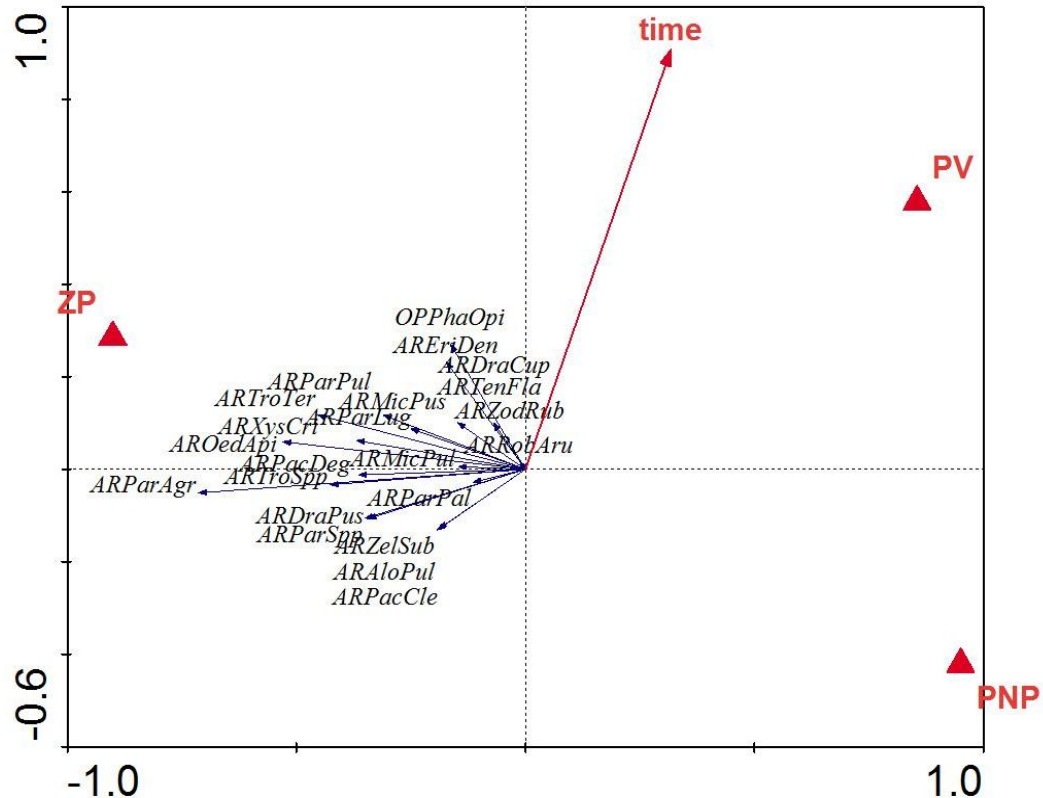
podzemních návnadových pastí jako vhodnější metoda pro odchyt. Podzemní návnadové pasti se signifikantně nelišily od půdních vzorků.



Obrázek 3: RDA model ukazující distribuci taxonů v závislosti na odchytových metodách

Druhý model byl vytvořen pro všech 36 druhů (pavouci a sekáči, střevlíci, mnohonožky, stonožky a stejnoonožci). Celý model byl signifikantně významný ( $F = 28,96$ ;  $p = 0,002$ ) a vysvětloval 48 % variability. První kanonická osa vysvětlovala 47,5 % variability v druhových datech. Tento model s výskytem druhů přinesl stejné výsledky. Zemní pasti se signifikantně liší od půdních vzorků podle pravděpodobnosti odchycení jednotlivých druhů. Čas má statisticky významný vliv na pravděpodobnost odchycení druhů ( $F = 9,19$ ;  $p = 0,002$ ). Podzemní návnadové pasti se významně neliší od půdních vzorků podle pravděpodobnosti odchytu jednotlivých druhů.

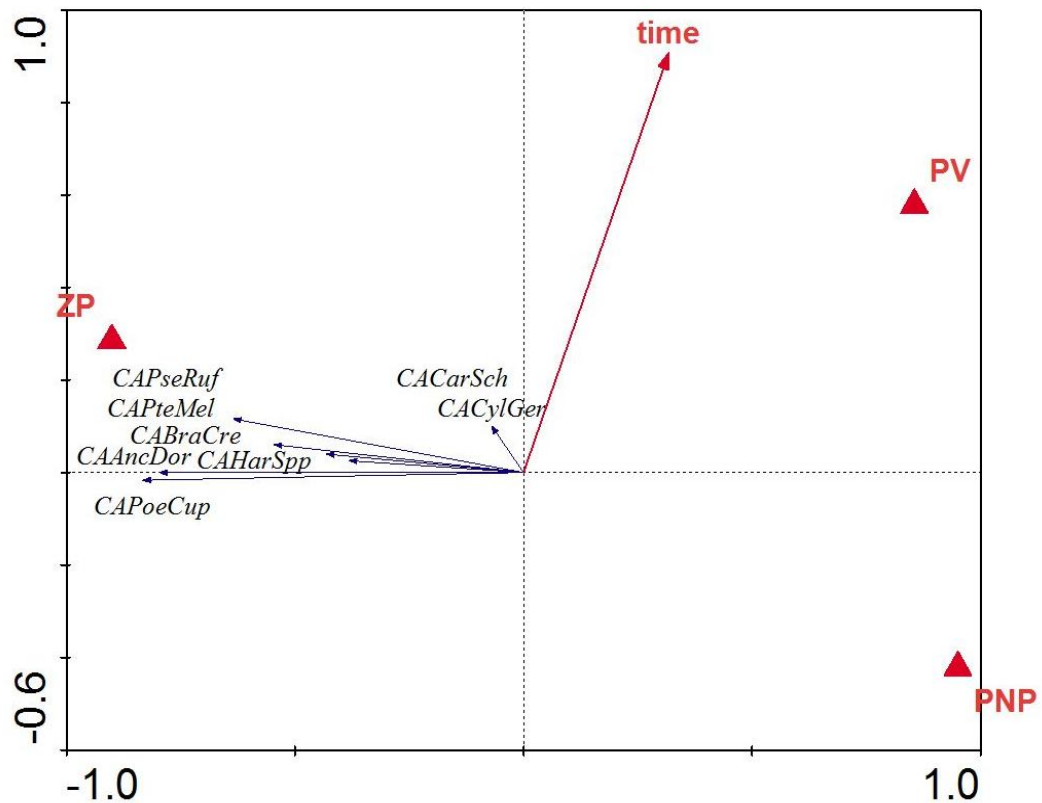
Jednotlivé druhy pavoukovců byly podle výsledků získány převážně ze zemních pastí. Podle grafu, veškeré druhy těchto skupin směřují k zemním, tzn. právě tyto druhy je vhodné vzorkovat metodou zemních pastí (Obr. 4).



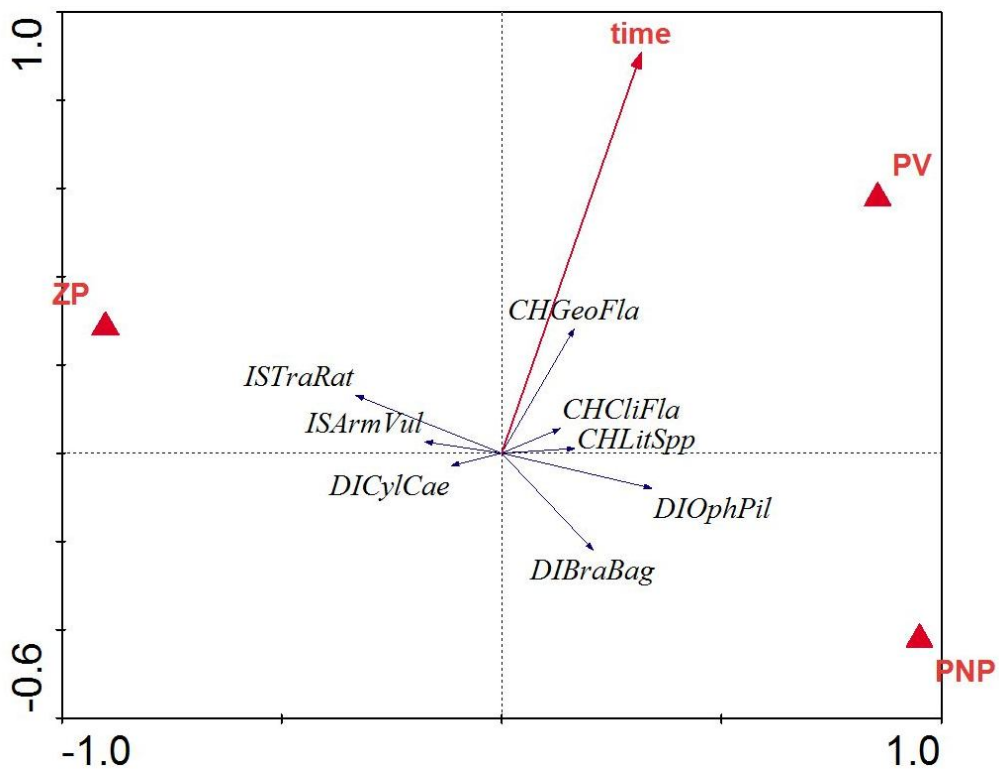
**Obrázek 4: RDA model ukazující distribuci jednotlivých druhů pavoukocvů závislosti na odchytných metodách**  
 Pozn. ARAloPul – *Alopecosa pulverulenta*, ARDraCup – *Drassodes cupreus*, RDraPus – *Drassyllus pusillus*, AREriDen – *Erigone dentipalpis*, ARMicPul – *Micaria pulicaria*, ARMicPus – *Microlinyphia pusilla*, AROedApi – *Oedothorax apicatus*, ARPacCle – *Pachygnatha clercki*, ARPacDeg – *Pachygnatha degeeri*, ARPArAgr – *Pardosa agrestis*, ARPArLug – *Pardosa lugubris*, ARPArPal – *Pardosa palustris*, ARPArPul – *Pardosa pullata*, ARParspp – *Pardosa spp.*, ARRobAru – *Robertus arundineti*, ARTenFla – *Tenuiphantes flavipes*, ARTroTer – *Trochosa terricola*, ARTrospp – *Trochosa spp.*, ARXysCri – *Xysticus cristatus*, ARZelSub – *Zelotes subterraneus*, ARZodRub – *Zodarion rubidum*, OPPhaOpi – *Phalangium opilio*

Jednotlivé druhy střeplíků byly podle výsledků získány pouze ze zemních pastí. Podle grafu veškeré druhy této skupiny směřují k zemním pastem, tzn. střeplíky je vhodné vzorkovat metodou zemních pastí (Obr. 5).

Poslední RDA model pro druhy stonožek, mnohonožek a suchozemských stejnonožců poukazuje na vysokou variabilitu v rámci jednotlivých odchytných metod. Podzemní návnadové pasti byly úspěšné v lovu druhů mnohonožek *Brachyiulus bagnalli* a *Ophiulus pilosus*, nicméně druh *Cylindroiulus caeruleocinctus* z této skupiny se častěji vyskytoval v zemních pastech. Zemní pasti byly úspěšné v odlovu jednotlivých druhů stejnonožců a půdní vzorky zachytávaly také stonožky (Obr. 6).



**Obrázek 5:** RDA model ukazující distribuci pro jednotlivé druhy střevlíků v závislosti na odchytných metodách  
 Pozn. CAAncDor – *Anchomenus dorsalis*, CABraCre – *Brachinus crepitans*, CACarSch – *Carabus scheidleri*, CACylGer – *Cylindera germanica*, CAHarSpp – *Harpalus spp.*, CAPoeCup – *Poecilus cupreus*, CAPseRuf – *Pseudoophonus rufipes*, CAPteMel – *Pterostichus melanarius*



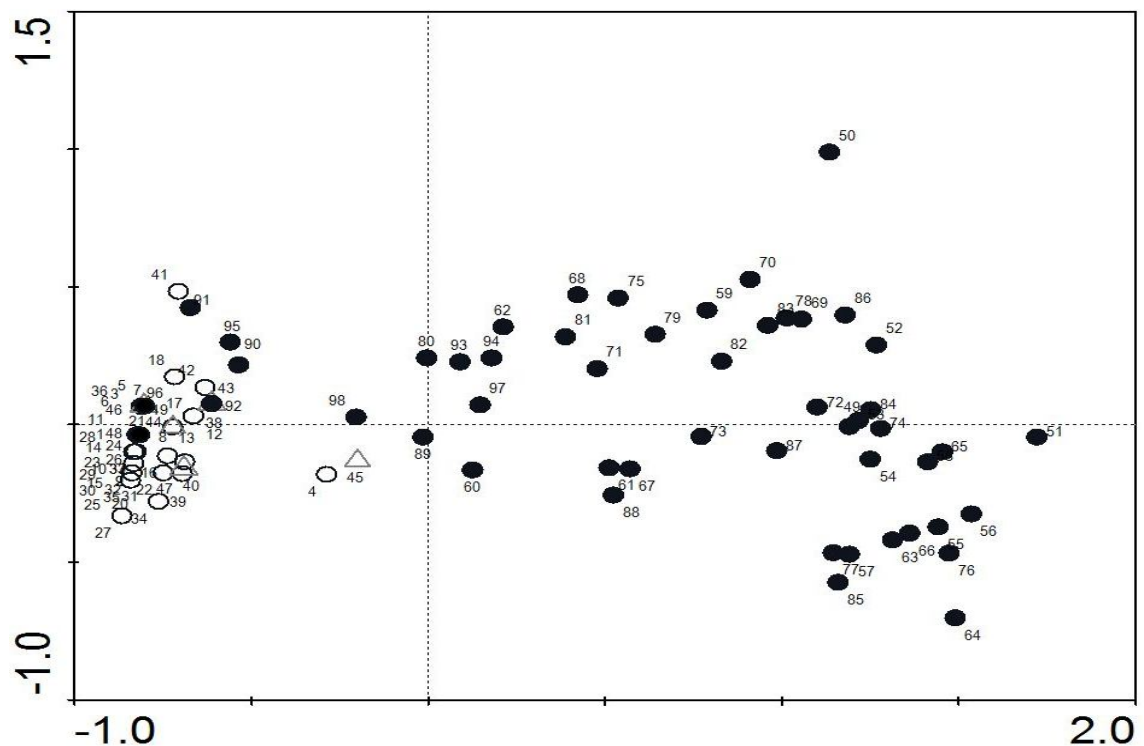
**Obrázek 6:** RDA model ukazující distribuci stonožkovců a stejnonožců v závislosti na odchytných metodách  
 Pozn. DIBraBag – *Brachyiulus bagnalli*, DIOphPil – *Ophiulus pilosus*, DICylCae – *Cylindroiulus caeruleocinctus*, CHCliFla – *Clinopodes flavidus*, CHGeoFla – *Geophylus flavulus*, CHLitSpp – *Lithobius spp.*, ISArmVul – *Armadillidium vulgare*, ISTraRat – *Trachelipus rathkii*

Byla provedena i PCA analýza podobnosti vzorků podle taxonů (Obr. 7) a podle druhů (Obr. 8). PCA grafy ukazují, jak jsou si jednotlivé vzorky podobné. Vzorky byly seřazeny podle metod, tzn. vzorky 1-42 jsou podzemní návnadové pasti (bílá kolečka), 43-48 jsou půdní vzorky (trojúhelníky) a 49-98 jsou zemní pasti (černá kolečka). Z grafu je patrné, že v zemních pastech je velká variabilita, ale obecně je zřejmé, že půdní vzorky a podzemní návnadové pasti jsou si mnohem podobnější.

### Kolonizace podzemních návnadových pastí

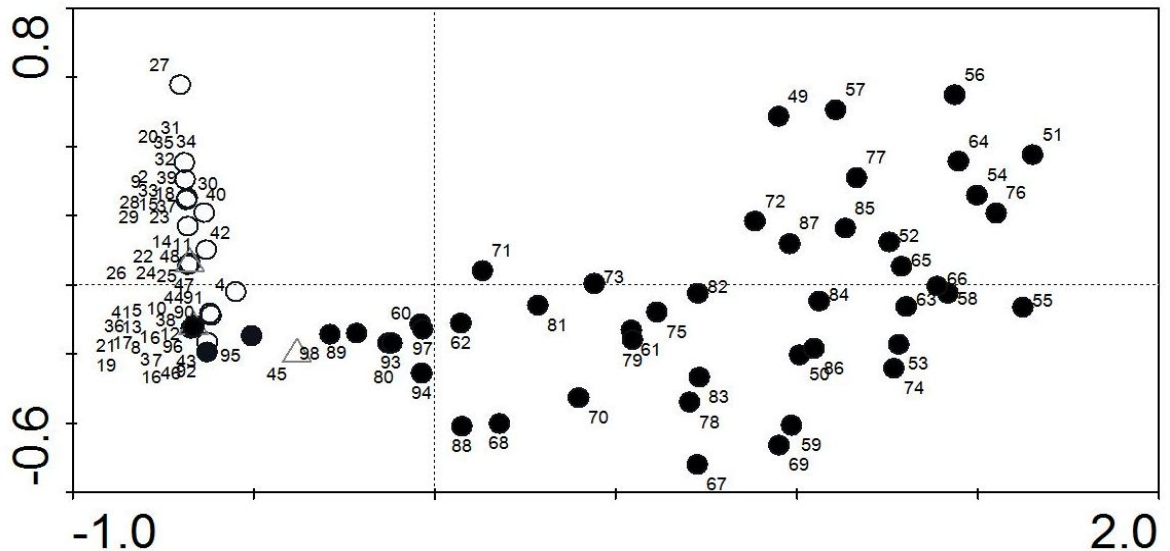
Také byl sestaven graf znázorňující průměrný počet ulovených druhů z extrahovaných vzorků v každém týdnu (Obr. 9). Byla stanovena i standardní odchylka pro kompletní druhy za každý týden. Kolonizace půdních bezobratlých v prvním týdnu mohla být způsobena tzv. digging-in efektem, při němž došlo ke zvýšené aktivitě půdních bezobratlých vlivem zakopávání pastí. Podle tohoto grafu bylo největší osídlení podzemních návnadových pastí v 7. až 9. týdnu výzkumu.

První PCA model vysvětluje 60,3 % pozorované variability v distribuci vyšších taxonů (Obr. 7). Druhý model PCA vysvětluje 48 % pozorované variability v distribuci jednotlivých druhů (Obr. 8).



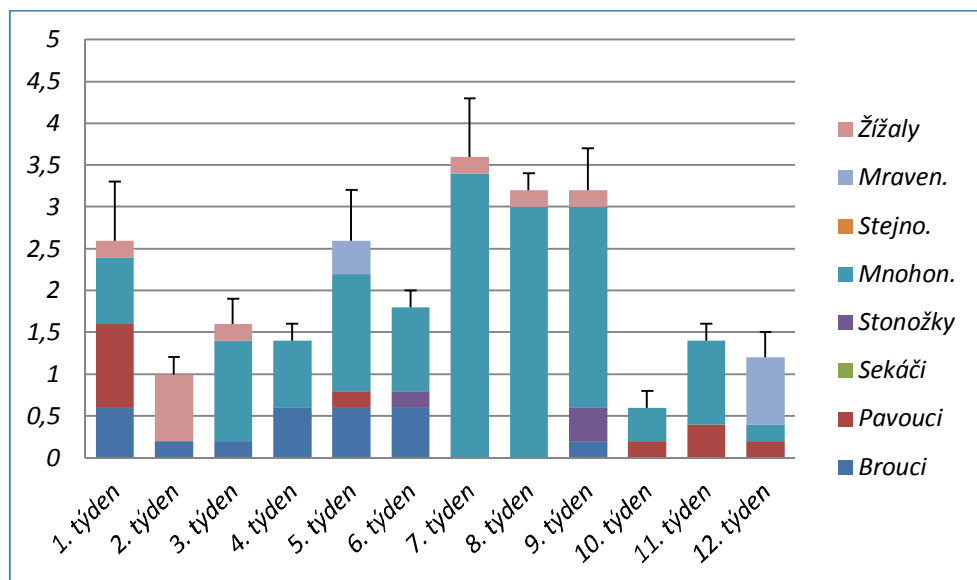
**Obrázek 7: Podobnost jednotlivých vzorků podle pravděpodobnosti odchycení vyšších taxonů.**

Legenda: bílá kolečka – podzemní návnadové pasti, trojúhelníky – půdní vzorky a černá kolečka – zemní pasti



Obrázek 8: Podobnost jednotlivých vzorků podle pravděpodobnosti odchycení druhů modelových skupin půdních bezobratlých.

Legenda: bílá kolečka – podzemní návnadové pasti, trojúhelníky – půdní vzorky a černá kolečka – zemní pasti



Obrázek 9: Kolonizace podzemních návnadových pastí

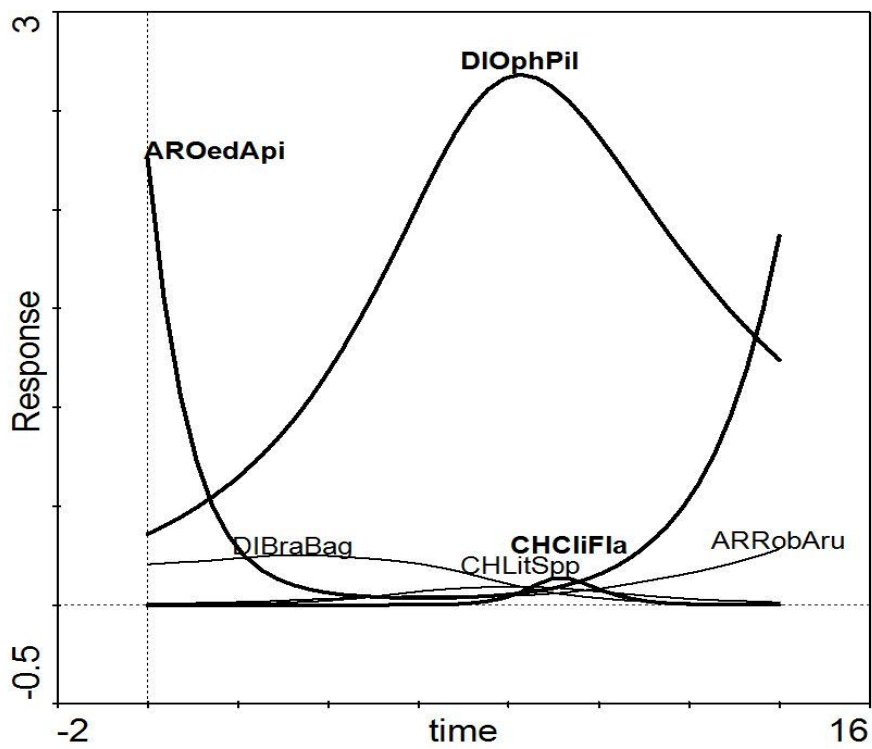
Poslední analýza se týkala časového průběhu osídlení podzemních návnadových pastí. Byly vybrány druhy, které se v těchto pastích vyskytovaly. To znamená, že u šesti druhů byl sestaven Generalizovaný Aditivní Model (GAM) pro jejich výskyt v podzemních návnadových pastech v závislosti na čase. Tři druhy bylo možné signifikantně predikovat – tyto druhy jsou v grafu znázorněny tučně (Tab. 3). Podle tohoto grafu je pro mnohonozky a stonožky nejvhodnější instalovat podzemní návnadové pasti 8-9 týdnů (Obr. 10).



Tabulka 3: Výsledky GAM analýzy predikce výskytu druhu v podzemních návnadových pastech v průběhu dvanácti týdenní expozice

Druhy	F	p
AROedApi	<b>9,66</b>	<b>0,0005</b>
ARRobAru	0,98	0,3851
DIBraBag	1,96	0,1547
DIOphPil	<b>4,74</b>	<b>0,0151</b>
CHCliFla	<b>11,29</b>	<b>0,0002</b>
CHLitSpp	1,70	0,1967

pozn. tučně zvýrazněny signifikantní výsledky testu



Obrázek 10: GAM model ukazující časový průběh osídlení podzemních návnadových pastí

Pozn. AROedApi – *Oedothorax apicatus*, ARRobAru – *Robertus arundineti*, DIBraBag – *Brachyiulus bagnalli*, DIOphPil – *Ophiulus pilosus*, CHCliFla – *Clinopodes flavidus*, CHLitSpp – *Lithobius sp.*

## 5 Diskuze

Distribuce taxonů v závislosti na odchyťových metodách podle analýzy výsledků byla celkově vyšší u zemních pastí, než u podzemních návnadových pastí a půdních vzorků. Většina bezobratlých byla odchycena právě za pomoci zemních pastí. Zemní pasti ulovily 96 % živočichů na rozdíl od podzemních návnadových pastí, které zachytily 3,5 % úlovků a půdní vzorky jen 0,5 % úlovků.

Tento výsledek mohl být ovlivněn mnoha faktory. Od výběru správné lokality, kde se odběry prováděly (Koivula et al., 2003, Niemela et al., 1986, Sabu et al., 2011), vzdáleností jednotlivých pastí od sebe (Prasifka et al., 2007), klimatem (Smith et al., 2008, Lang, 2000, Niemela et al., 1986), až po např. chování zvířete (Koivula et al., 2003). Velmi pravděpodobně ale tento výsledek ovlivnila právě volba zkoumaných metod. Zvolit správnou metodu je důležité, ale přitom velice obtížné. Jak již bylo v úvodu zmíněno, existuje řada metod pro vzorkování půdní fauny, avšak každá metoda je specifická pro určitý cílový taxon nebo skupinu (Smith et al., 2008). V této studii většinu úlovků představovali střevlíci. Kromě toho je potřeba stále srovnávat údaje o účinnosti různých metod (Lang, 2000), které chybějí (Mommertz et al., 1996). Metody jsou nejednotné a chaotické, je potřeba standardního protokolu pro vhodnou kvantifikaci.

Pro tento experiment byla vybrána již zmiňovaná polní lokalita osetá vojtěškou v městské části Holice nedaleko Olomouce. Za použití tří metod, které se lišily v počtu odchycených druhů. Metoda zemních pastí byla podle grafu úspěšná v odchyťu střevlíkovitých, pavouků, stonožkovců, sekáčů a mravenců. Podzemní návnadové pasti v odchyťu mnohonožek, stonožek a žížal. Naproti tomu půdní vzorky byly celkově nepříliš úspěšné.

Zemní pasti jsou považovány za nejvíce efektivní metodu pro odběry povrchově aktivních půdních bezobratlých. S tím může souviset i velký počet odchycených střevlíků v této studii. Střevlíkovití jsou modelovou skupinou, která se adaptovala na široké spektrum podmínek. Dominantní druhy *Poecilus cupreus*, *Pseudoophonus rufipes* a *Pterostichus melanarius*, které se v této studii vyskytovaly, byly typickými druhy otevřených ploch s řídkým porostem.

Výzkum začal v jarních měsících, kdy porost vojtěšky byl ve výšce cca 30 cm. V prvním týdnu byly zemní pasti celkově neúspěšnější – ulovilo se zdaleka nejvíce bezobratlých ve srovnání s ostatními výběry. Velkou roli hrál především tzv. digging-in efekt, při němž došlo ke zvýšení aktivity půdních bezobratlých vlivem zakopávání pastí (Digweed et al., 1995). Největší aktivitu mají půdní bezobratlí na jaře a počátkem léta (Lang, 2000). Odběry zemních pastí probíhaly každých 14 dní, to znamená pět odběrů za 12 týdnů a následný úlovek se s každým odběrem snižoval. Tento úbytek hlavně střevlíkovitých mohl být způsoben výškovým růstem právě zmiňované vojtěšky. Jelikož střevlíkovití preferují řídká stanoviště, mohlo dojít k jejich přemístění. Postupný pokles střevlíkovitých mohl být taktéž způsoben vylovením členovců, o kterém se zmiňují Prasifka a kol. (2007) v předchozí studii.

Nicméně, početnost střevlíků, pavouků a sekáčů u zemních pastí můžeme vysvětlit tím, že vstoupí do pasti při hledání potravy, jelikož se jedná o aktivní lovce, eventuálně hledače mršin. Je také možné, že větší druhy se častěji chytí v otevřených pastech než druhy malé (Lang, 2000, Mommertz et al., 1996). Zástupci skupin střevlíků, pavouků a sekáčů mohou být častěji chyceni než menší zástupci mnohonožek a stonožek.

Prasifka a kol. (2007) přímo uvádějí, že metoda zemních pastí je vhodná pro odchyt střevlíků a sekáčů. Je považována za jednu z nejlepších metod pro odchyt povrchově aktivních druhů (Prasifka et al., 2007, Sabu et al., 2011). Některé předchozí studie metodu zemních pastí dokonce doporučují (Sabu a Shiju, 2010), hlavně pro vzorkování epigeicky aktivních skupin. Jde o metodu, která umožní maximální sběr živočichů (Sabu et al., 2011) a podle Snydera a kol. (2006) zemní pasti odchytí větší procento dospělých jedinců všech skupin epigeonu.

Nicméně hojnost většiny skupin v padacích pastech se neodrazila v úlovcích metodou půdních vzorků. Tuto metodu mohla ovlivnit především velká vzdálenost mezi studovanou lokalitou a laboratoří. Vzorky z odběrové lokality se převážely cca 45 minut do laboratoře, kde byly zpracovány. Při takovémto časovém vytížení mohlo dojít k úniku některých živočichů z odebraného vzorku a tím i k ovlivnění výsledků.

Avšak tato situace mohla být i odrazem skutečného stavu lokality. Vybraná lokalita mohla mít velký vliv na množství odchyceného materiálu. Je známo, že polní biotopy neobývají příliš druhově bohatá společenstva půdních bezobratlých. Metodou

půdních vzorků se chytají hlavně zástupci euedafonu (Tuf, 2013), jako jsou drobní stejnonožci, zemivky a drobnější druhy mnohonožek.

Všechny tyto skupiny však chyběly nejen v půdních vzorcích, ale také byly zastoupeny velmi chudě i v ostatních metodách. Je proto možné, že daná lokalita má velmi chudá společenstva euedafonu. Tato situace může být důsledkem orby, používání pesticidů a herbicidů a dalších agrotechnických opatření (Ruiz et al., 2008). V některých předchozích studiích autoři preferují půdní odběry a tvrdí, že jsou nejlepší volbou pro odchyt půdních bezobratlých a zemní a návnadové pasti jsou pouhou doplňující metodou (Prasifka et al., 2007, Snyder et al., 2006), zkoumanými taxony však byli právě zástupci euedafonu.

K dalšímu ovlivnění půdních vzorků mohlo dojít v samotné laboratoři, kde byly půdní odběry zpracovány. Díky vysoké teplotě v Tullgrenových extraktorech nemuselo dojít k propadům všech živočichů přes mřížku do misky. V předchozích studiích bylo zjištěno, že vysoká teplota v těchto zařízeních může mít negativní vliv na konečné výsledky (Smith et al., 2008). Vysoká teplota mohla způsobit předčasné vyschnutí těl např. u mnohonožek a stonožek, a tím nedošlo k propadu vzorku do nálevky nebo také mohlo dojít k předčasnému úmrtí zvířete vyskytujícího se v půdním vzorku (Smith et al., 2008).

Rozdíly mezi podzemními návnadovými pastmi a zemními pastmi podle výsledného grafu jsou zjevné. Úspěšnější v odchytu byly zemní pasti, ačkoli návnadové pasti byly na poli ponechány po celou dobu výzkumu a šance na odchyt půdních bezobratlých se mohla zvýšit. Nicméně, podzemní návnadové pasti neodchytily takovéto množství jedinců jako zemní pasti. I ty druhově nejbohatší podzemní návnadové pasti byly slabé oproti metodě zemních pastí. Podzemní návnadové pasti mohly být ovlivněny mnoha faktory.

Prvním faktorem mohla být časově náročnější kolonizace v podzemních návnadových pastech, jelikož k maximálnímu osídlení návnadových pastí došlo až v polovině výzkumu. Pozdější příchod jara (2013) mohl být druhým faktorem, který nejspíše ovlivnil taktéž rychlost kolonizace pasti. Mohlo dojít k časovému posunu u většiny půdních bezobratlých vyskytujících se na studované lokalitě, kteří tak neměli dostatek času k osídlení podzemních návnadových pastí. Zároveň může platit argument zmíněný výše o poškození společenstev euedafonu v polních biotopech.

Návnadové pasti ulovily větší množství zástupců mnohonožek a stonožek. Tento typ pastí byl neúspěšnější právě v odchytu této skupiny. Zvláště mnohonožky mohly být lákány vlhkostí a potravní nabídkou do těchto pastí. Mnohonožky jsou spojovány s vlhkými, stabilními stanovišti, které potřebují pro život (Ožanová, 2001). Proto jedním z hlavních důvodů kolonizace návnadových pastí mohla být právě zmiňovaná vlhkost, chutný rostlinný materiál nebo možnost úkrytu (Prasifka et al., 2007). Obzvláště lákavé mohou být podzemní návnadové pasti instalované na polích, protože polní agroekosystémy jsou dosti chudé na humus a obsah organické hmoty vůbec.

Zástupci mnohonožek a stonožek se vyskytují především ve svrchních vrstvách půdy, kde byly návnadové pasti zakopány. Vhodné rozmístění návnadových pastí mohlo ovlivnit jejich chování a následnou kolonizaci pastí. Stejně podmínky, ovlivňující distribuci mnohonožek, ovlivňují také přítomnost a početnost žížal. Žížaly byly odchyceny pouze touto metodou. Nutno však podotknout, že pro vzorkování žížal se používají specifické metody, které nebyly součástí tohoto projektu (Tuf, 2013). Žížaly taktéž preferují vlhká stanoviště. Vlhkost u návnadových pastí byla pravděpodobně jeden z důvodů jejich osídlení. Také vojtěška samotná do návnadových pastí ochotně kořenila.

Prasifka a kol. (2007) zmiňují, že množství půdních bezobratlých v podzemních návnadových pastech může být ovlivněno délkou výzkumu. Pasti ponechány na poli po dobu cca 8-9 týdnů mají největší odchytovou účinnost (Prasifka et al., 2007). V jiné studii, která používala návnadové i padací zemní pasti pro vzorkování mnohonožek a drátovců na polích, nebylo zřejmé, jak dlouho byly návnady instalovány a zda sledovali nějakou postupnou kolonizaci (Brunke et al., 2012).

Naproti tomu Ožanová (2001), která testovala tzv. travní pasti, ve své práci také zjistila nejvyšší diverzitu i abundanci mnohonožek v sedmém týdnu po instalaci organického materiálu na lokalitu, což odpovídá 8-9 týdnům, zjištěným v této studii coby optimum pro maximální počet kusů i druhů.

## 6 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo srovnat efektivitu tří metod a posoudit časový průběh kolonizace u půdních návnadových pastí. Samotný výzkum proběhl na jaře roku 2013 na polní lokalitě, která se nachází v městské části Holice na východě města Olomouce.

Celkem bylo nainstalováno 10 zemních pastí, 60 podzemních návnadových pastí a 3× proběhl odběr půdních vzorků. Nejeefektivnější pozorovanou metodou se ukázaly zemní pasti. Pasti zachytily cca 96 % členovců a byly úspěšné v odchytu pavouků, střívků, suchozemských stejnonožců, sekáčů a mravenců. Průkazně nebyly podzemní návnadové pasti a půdní vzorky tak úspěšné jako využitá metoda zemních pastí. Podzemní návnadové pasti zachytily 3,5 % ulovených bezobratlých (hlavně mnohonožky, stonožky a žížaly), půdní vzorky pouze 0,5 % jedinců. Jednotlivé odebírané podzemní návnadové pasti poskytly obraz o jejich kolonizaci půdními bezobratlými. Srovnáním úlovku v podzemních návnadových pastech v jednotlivých odběrech ukázalo, že nejvyšší diverzita a abundance půdních bezobratlých u podzemních návnadových pastí byla v 8. až 9. týdnu výzkumu, tj. přibližně dva měsíce po jejich instalaci.

Z výsledků vyplývá, že univerzální metoda pro všechny taxony neexistuje, ale že podzemní návnadové pasti jsou poměrně vhodnou metodou pro studium euedafonu, alespoň v polních podmínkách, kde efektivita půdních vzorků je velmi nízká. Pro poznání společenstev půdní fauny, jak epigeické, tak euedafické složky, je nutná kombinace minimálně dvou metod, přičemž podzemní návnadové pasti je vhodné nechat instalované dva měsíce.

Zjištěné výsledky by mohly pomoci v dalších studiích při výběru vhodné metody. Nicméně, stále je třeba otestovat a porovnat tyto odchytné metody i v jiných polích a jiných biotopech, kde nejsou zdecimováni euedafičtí zástupci.

## 7 Seznam použité literatury

- Adis, J. (1979):** Problems of interpreting arthropod sampling with pitfall traps. *Zool. Anz.*, 202: 177-184.
- Brunke, A. J., O'Keefe, L., Bahlai, C. A., Sears, M. K., Hallett, R. H. (2012):** Guilty by association: an evaluation of millipedes as pests of carrot and sweet potato. *J. Appl. Entomol.*, 136: 772–780.
- Čoja, T., Zehetner, K., Bruckner, A., Watzinger, A., Meyer, E. (2008):** Efficacy and side effects of five sampling methods for soil earthworms (Annelida, Lumbricidae). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 71: 552-565.
- 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.
- Druce, D., Hamer, M., Slotow, R. (2004):** Sampling strategies for millipedes (Diplopoda), centipedes (Chilopoda) and scorpions (Scorpionida) in savanna habitats. *African Zoology*, 39: 293-304.
- Hövemeyer, K., Stippich, G. (2000):** Assessing spider community structure in a beech forest: Effects of sampling method. *Eur. J. Entomol.*, 97: 369-375.
- Hůrka, K. (1992):** Střevlíkovití (Carabidae) 1. Academia, Praha, 196 pp.
- Cheli, G. H., Corley J. C. (2010):** Ecology, behavior and bionomics: Efficient sampling of ground-dwelling arthropods using pitfall traps in aridsteppes. *Neotropical entomology*, 39: 912-917.
- Chobot, K., Řezáč, M., Boháč, J. (2005):** Epigeické skupiny bezobratlých a jejich indikační schopnosti. In: Vačkář, D. (ed.): Ukazatele změn biodiverzity. Academia, Praha: 239-248.
- Joose, E. N. G., Kapteijn, J. M. (1968):** Activity-stimulating phenomena caused by field-disturbance in the use of pitfall-traps. *Oecologia*, 1: 385-392.

- Koivula, M., Kotze, D. J., Hiisivuori, L., Rita, H. (2003):** Pitfall trap efficiency: do trap size, collecting fluid and vegetation structure matter? *Entomologica Fennica*, 14: 1-14.
- Knapp, M., Růžička, J. (2012):** The effect of pitfall trap construction and preservative on catchsize, species richness and species composition of groundbeetles (Coleoptera: Carabidae). *Eur. J. Entomol.*, 109: 419-426.
- Kühnelt, W. (1955):** An introduction to the study of soil animals. In: D.K.McE. Kevan (ed.): *Soil Zoology. Proceedings of the University of Nottingham Second Easter School in Agricultural Science*, Butterworth Scientific Publications: 3-22.
- 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.
- Lemieux, J. P., Lindgren, B. S. (1999):** A pitfall trap for large-scale trapping of Carabidae: Comparison against conventional design, using two different preservatives. *Pedobiologia*, 43: 245-253.
- Losos, B., Gulička, J., Lellák, J., Pelikán, J. (1984):** *Ekologie živočichů*. Státní pedagogické nakladatelství, Praha.
- Luff, M. L. (1975):** Some features influencing the efficiency of pitfall traps. *Oecologia*, 19: 345-357.
- 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.
- Niemelä, J., Halme, E., Pajunen, T., Haila, Y. (1986):** Sampling spiders and carabid beetles with pitfall traps: the effect of increased sampling effort. *Annales Entomologici Fennici*, 52: 109-111.



- 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.
- Reichholf, J. (1999):** Pole a louky – Steinbach. Knižní klub a Ikar, Praha.
- Ruiz, N., Lavelle, P., Jiménez, J. (2008):** Soil macrofauna field manual. Technical level. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- Rusek, J. (2000):** Bohatost a rozmanitost života v půdě. *Živa*, 48: 25-27.
- 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](http://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](http://insectscience.org/11.28).
- Skuhrový, V. (1957):** Metoda zemních pastí. *Čas. Čs. Spol. Ent.*, 54: 1-14.
- Smith, J., Potts, S., Eggleton, P. (2008):** Evaluating the efficiency of sampling methods in assessing soil macrofauna communities in arable systems. *Eur. J. Soil Biol.*, 44: 271-276.
- 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.
- Tuf, I. H. (2013):** Praktika z půdní zoologie. Vydavatelství Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc.
- 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.
- Weinstein, P., Slaney, D. (1995):** Invertebrate faunal survey of Rope Ladder Cave, Northern Queensland: a comparative study of sampling methods. J. Aust. ent. Soc., 34: 233-236.

## 8 Přílohy

### Příloha 1: Obrázková příloha



Zemní past zakryta stříškou na polní lokalitě



Otevřená zemní past s úlovkem



Střevlíci a jiní živočichové zachyceni v zemní pasti



Získaný materiál ze zemních pastí



Příprava na odběr zemních pastí a podzemních návnadových pastí



Podzemní návnadové pasti



Zakopaná podzemní návnadová past na polní lokalitě



Extrakce živočichů z podzemních návnadových pastí za pomocí Tullgrenů



Průběžná kontrola, zakonzervování živočichů a výměna podzemních návnadových pastí



Půdní vzorek v Tullgrenu