

# Česká zemědělská univerzita v Praze



Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zoologie a rybářství

## **Půdní fauna antropogenických půd**

Bakalářská práce

Autor práce: Lucie Modlíková

Vedoucí práce: prof. Ing. Iva Langrová, CSc.

Praha 2012

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Půdní fauna antropogenních půd  
vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v přiložené bibliografii.

V Praze dne: .....

podpis autora práce

### Poděkování

Mé poděkování patří vedoucí bakalářské práce prof. Ing. Iva Langrové, za pomoc a připomínky k mé práci.

Dále mé díky patří Ing. J. Hlavovi za to, že mi vyšel vstříc a pomohl mi s touto prací, za jeho odbornou znalost a pomoc.

## Souhrn

Cílem mé bakalářské práce na téma „Půdní fauna antropogenních“ půd je popis půdní fauny, která se vyskytuje na antropogenně zatížených půdách. Součástí práce je také vlastní terénní výzkum, při kterém byly odebrány vzorky půdní fauny a žížal. Data získaná při výzkumu byla použita při vyhodnocení indexů diversity.

Má práce je zaměřena na půdní faunu. Jako v každém ekosystému, tak i v půdě, je značná biodiverzita, tedy biologická rozmanitost, nejen živočichů. Popsáni jsou živočichové od mikroskopických rozměrů, tj. zástupci mikrofauny, až po živočichy okem rozeznatelné a viditelné. Tito živočichové se řadí do mesofauny a makrofauny. Blíže jsou popsáni prvoci, dále roztoči, mezi které je řazen z hlediska půdní fauny velmi významný podřád pancířníků. V práci se také zmiňují o neméně důležitých skupinách mnohonožek, stonožek a chvostoskoků. Mezi nejznámější půdní živočichy patří žížaly. Žížaly jsou ve vědeckých výzkumech často využívány jako bioindikátory kvality půdy, jsou pro půdu velmi užitečné a i proto jsou označovány jako tzv. půdní inženýři.

V další části mé práce jsem charakterizovala antropogenní půdy a jejich kategorizace. V návaznosti na popis poškozeného půdního prostředí v práci uvádím možnosti obnovení v podobě různých typů rekultivací, jako jsou rekultivace lesnická, zemědělská a hydriická.

Terénní výzkum s odběry půdní fauny k bakalářské práci se prováděl na dvou lokalitách Velebudické výsypky pro mesofaunu, a na třech místech v okolí Kladna pro sběr žížal. Lokality mají různé antropogenní zatížení.

Odebráním vzorků mesofauny na Velebudické výsypce bylo získáno 272 jedinců zařazených do 11 skupin. Ke každé skupině mesofauny byla přiřazena hodnota ekomorfologického indexu. Při odebrání vzorů žížal v oblastech ocelárny Poldi na Kladně se zjistil počet 87 jedinců žížal, spadajících do 10 druhů. Ke všem třem lokalitám byly vypočteny indexy diverzity.

**Klíčová slova:** půdní fauna, antropogenní půdy, biota, mesofauna, rekultivace

## Summary

The theme of my bachelor thesis on „Soil Fauna of Anthropogenic Soils“ is a description of soil fauna, which occur in anthropogenically affected soils. The own fieldwork, in which samples of soil fauna and earthworms has been taken, is also the part of this work. The data obtained during the research was used for evaluating the diversity indexes.

My work is focused on the soil fauna. As in each ecosystem, there is also the significant biodiversity, thus the biological diversity in a soil, not only of animals. The animals from the microscopic dimensions, i.e. microfauna representatives, to the eye-visible and recognizable animals were described. These animals belong to the mesofauna and macrofauna. Protozoa and subsequently mites, among which is sorted very important suborder of oribatid, in the terms of soil fauna, are described with a closer view. In this work we also mention the equally important groups of millipede, springtails and centipedes. Earthworms are among the most known soil animals. They are often used as the soil quality bioindicators in scientific researches. They are also very useful for a soil and that is also one of the reasons why they are called as the „soil engineers“.

Anthropogenic soils and their categorization is characterized in the next part of this project. This work mention the possibility of the resumption, in response to the description of the damaged soil environment, in the form of various types of the restoration, such as the forestry, agricultural and hydric restoration.

The fieldwork with the soil fauna sampling has been performed in two main locations, Velebudická dumsite to gain the mesofauna samples, and at three places around steel factory in Kladno to realize the earthworms collecting. These locations have a different rate of the anthropogenic contamination.

The mesofauna representatives contain 272 individuals, divided into 11 groups, were gained by collecting at Velebudická dumsite. The value of the ecomorphogic index was assigned to each group of mesofauna. While collectioning near the „Poldi“ steelworks in Kladno was found the number of 87 individuals of earthworms, belonging to 10 species. The diversity indexes were calculated for each location.

**Keywords:** soil fauna, anthropogenic soil, biota, mesofauna, recultivation

# Obsah

<b>1. Úvod</b> .....	8
<b>2. Cíl práce</b> .....	9
<b>3. Literární rešerše</b> .....	10
3.1. Edafon.....	10
3.1.1. Mikroorganismy v půdě.....	11
3.1.2. Prvoci (Protozoa).....	11
3.1.3. Roztoči (Acari).....	12
3.1.3.1. Čmelíkovci (Mesostigmata).....	13
3.1.3.2. Klíšťata (Ixodides).....	14
3.1.3.3. Sametkovci (Trombidiformes).....	14
3.1.3.4. Zákožkovci (Sarcoptiformes).....	14
3.1.3.5. Pancířníci (Oribatida).....	14
3.1.4. Mnohonožky (Diplopoda).....	16
3.1.5. Stonožky (Chilopoda).....	16
3.1.6. Chvostoskoci (Collembola).....	17
3.1.7. Žížaly (Lumbricus).....	18
3.1.7.1. Morfologie žížal.....	19
3.1.7.2. Anatomie žížal.....	20
3.1.7.3. Ekologie žížal a faktory ovlivňující jejich populace.....	22
3.2. Charakteristika antropogenních půd.....	23
3.2.1. Kategorizace antropogenních půdních substrátů.....	25
3.2.1.1. Výsypky.....	25
3.2.1.2. Odvaly.....	26
3.2.1.3. Složiště a odkaliště.....	26
3.3. Rekultivace.....	27
3.3.1. Lesnická rekultivace.....	27
3.3.2. Hydrická rekultivace.....	29
3.3.3. Zemědělská rekultivace.....	29
3.4. Metody získání edafonu.....	30
3.4.1. Metody sběru půdní mesofauny.....	30

3.4.2. Metody hodnocení půdní mesofauny.....	31
3.4.3. Metody sběru žížal.....	32
3.4.4. Metody hodnocení diversity.....	33
<b>4. Metodika.....</b>	<b>35</b>
4.1. Odběr vzorků mesofauny.....	35
4.2. Vlastní odběr vzorků žížal.....	35
<b>5. Výsledky.....</b>	<b>38</b>
5.1. Půdní mesofauna.....	38
5.2. Žížaly.....	39
<b>6. Diskuze.....</b>	<b>41</b>
<b>7. Závěr.....</b>	<b>42</b>
<b>8. Seznam literatury.....</b>	<b>43</b>

# 1. Úvod

Půdní fauna je souhrnné označení pro živočichy žijící v půdě. Ať už jsou to živočichové mikroskopičtí, jako například prvoci a roztoči, či živočichové velcí, okem zřetelní. Mezi tyto živočichy se řadí například žížaly. Popis těchto druhů nám usnadňuje jejich poznání a seznámení se s nimi. Každý živočich má své potřeby a ekologické podmínky, za kterých se v půdě vyskytuje, může se v ní rozmnožovat a posléze i prospívat půdnímu ekosystému jako celku. Tyto potřeby a podmínky jsou důležitým prvkem pro symbiózu mezi zástupci „půdní říše“ a půdou jako samotným celkem. Živočichové svým pohybem půdu kypří, provzdušňují, a mísí důležité minerální a organické látky.

Antropogenní vliv na půdu vyjadřuje její ovlivnění člověkem (slovo antropogenní pochází z řeckého anthrōpos – člověk -a genés – pocházet). Člověk si pro své pohodlí vytváří stále více prostoru, či si usnadňuje život surovinami z přírody. Aby důsledky z této činnosti alespoň částečně vymizely, provádějí se například rekultivace. Rekultivace je souhrn činností, které mají antropogenní zásahy zahladit a vrátit v poškozené krajině stav blízký stavu před poškozením člověka. Výsledkem rekultivace je znovuvyužití poškozených ploch.



## **2. Cíl práce**

Cílem mé práce je popsat půdní faunu, která se vyskytuje na antropogenně zatížených půdách. Součástí práce je vlastní terénní výzkum v oblasti bývalé ocelárny Poldi Kladno a na výsypkových substrátech rekultivovaných oblastí po těžbě hnědého uhlí.

### 3. Literární rešerše

#### 3.1. Edafon

Půdní živočichy, nebo-li půdní bezobratlé (tj. půdní fauna) lze rozdělit do tří skupin na:

- mikrofaunu (hád'átka, prvoci)
- mesofaunu (roztoči, chvostokoci)
- makrofaunu (žížaly, termiti)

Tyto skupiny spolu s půdními mikroorganismy lze souhrnně označit jako edafon (Hui-lian et al., 2000).

Do mikrofauny řadíme živočichy menší než 2 mm. Mezi nejdůležitější z nich patří prvoci a menší hlístice. Dále do mikrofauny patří vířníci a želvušky, kterým se vyvinuly speciální mechanismy. Tyto mechanismy jim umožňují odolávat suchu a chladu. Vířníci a želvušky jsou často opomíjeni, protože jejich role v půdním potravním řetězci je považována za méně důležitou (König and Varma, 2006).

Mesofauna zahrnuje bezobratlé organismy s průměrem těla menší než 2 mm a délkou těla menší než 4 mm. Důležitými zástupci mesofauny jsou menší roupicovití (Enchytraeida), štírci (Pseudoscorpionida), roztoči (Acari), stonožky (Symphyla), drobnušky (Pauropoda), chvostokoci (Collembola), hmyzenky (Protura), vidličnatky (Diplura), ale i některé skupiny hmyzu jako blanokřídlí. Celkově jsou členovci v této skupině nazýváni jako mikro-členovci (König and Varma, 2006).

Do makrofauny patří organismy, jejichž velikost se pohybuje od 2 mm do maximálně 20 mm. Důležití zástupci jsou pavouci (Araneida), sekáči (Opiliones), suchozemští stejnonožci (Oniscoidea), stonožky (Chilopoda), mnohonožky (Diplopoda), roupicovití (Enchytraeidae), máloštětinatci (Oligochaeta), suchozemští plži (Gastropoda), hmyz (Insecta) (König and Varma, 2006).

### 3.1.1. Mikroorganismy v půdě

Hlavním a základním předpokladem biologické činnosti půdy (a tím i její úrodnosti) je přítomnost půdních mikroorganismů. Působí v půdě jako převaděči živin. Živiny na sebe váží například dusík, který je základním prvkem obsaženým v bílkovinách.

Mikrobní přeměna látek v přírodě probíhá synteticky a destruktivně. Obě přeměny mají v zemědělství velký význam, protože přeměnami organických látek na anorganické prvky začíná přírodní koloběh. Druhové složení mikrobů v půdě se mění podle obsahu organických látek, teploty, poměru vzduchu a vody. Půdní mikrobi jsou zastoupeni z jedné třetiny houbami (plísněmi) a aktinomycetami, a ze dvou třetin saprofytickými bakteriemi (Kroutilíková a Sokolová, 1985).

### 3.1.2. Prvoci (Protozoa)

Prvoci jsou jednobuněční živočichové, dorůstající mikroskopických velikostí. Tělo prvoků je tvořeno z jednoho jádra a cytoplazmy (Kroutilíková a Sokolová, 1985). Některé druhy prvoků jsou bez buněčné stěny. Mnohobuněčné vláknité typy jsou zastoupeny pouze u dvou rodů obrněnek (Kalina a Váňa, 2005). Povrch těla prvoků je krytý buněčnou membránou, která bývá zpevněna vzrostlými fibrilami (Kroutilíková a Sokolová, 1985). Při rozmnožování se může trvale, nebo i dočasně objevit jader více. Jádro a plazma mají jiné fyzikálně - chemické složení. Drobnější orgány a vakuoly obstarávají životní funkce a dále se v nich ukládají zásobní látky, např. glykogen a volutin (Kroutilíková a Sokolová, 1985). Výživa prvoků je převážně heterotrofní nebo parazitická. Výjimku tvoří zástupci Protozoa, v těle kterých je obsažen chloroplast, který získali sekundární nebo terciární endosymbiózou. V tomto případě je výživa autotrofní (Kalina, 2005). Prvoci se nejčastěji pohybují přeléváním cytoplazmy nebo vychlipováním panožek – pseudopodií. Pro bičíkovce je charakteristický pohyb pomocí jednoho či více bičíků. Nálevníci jsou hustě pokryti krátkými řasinkami, kterým je umožněn pohyb těla kmitáním (Kroutilíková a Sokolová, 1985).

Prvoci se rozmnožují pohlavně i nepohlavně. Nepohlavní rozmnožování probíhá jednoduchým dělením na dva jedince, nebo se mateřská buňka rozpadne na více nových

jedinců. Takovýto rozpad se nazývá mnohotné dělení nebo také schizogonie (Kroutilíková a Sokolová, 1985).

Pohlavní rozmnožování, neboli gametogonie, je u některých prvoků spojeno se změnou hostitele. Oplození se uskutečňuje kopulací, což je trvalé splynutí gamet (pohlavních buněk), nebo si buňky pouze vymění jádra. Toto je provázeno těsným přimknutím buněk k sobě (tzv. konjugace). Při kopulaci dochází ke spojení větší a nepohyblivé buňky samičí (makrogameta) s menší a pohyblivou samčí (mikrogameta). Některé druhy prvoků si vytvářejí kolem těla obal neboli cystu. Tvorbou cysty (encystací) se prvok chrání před nepříznivými vlivy zevního prostředí, jako je vysychání (Kroutilíková a Sokolová, 1985).

Pravděpodobné rozšíření prvoků je kosmopolitní, a souvisí s výskytem hostitelů. Fytopatologicky je významná nádorovka kapustová (*Plasmodiophora brassicae*), která dlouhodobě zamořuje půdu. V současné době se žádná z dříve používaných látek proti nádorovce nepoužívá, ať už z důvodu ekologického, tak toxikologického. Významným prvokem je také *Spongospora subterranea*, která způsobuje prašnou strupovitost hlíz brambor a přenáší se sadbou (Kole, 1954). Dalším významným patogenem z této skupiny je *Polymyxa betae*, která parazituje na kořenech cukrovky a je vektorem viru žluté nekrotické žilkovitosti řepy (Adams, 1991).

### 3.1.3 Roztoči (Acari)

Vědecká klasifikace:

- Říše : živočichové (Animalia)
- Kmen : členovci (Arthropoda)
- Třída : pavoukovci (Arachnida)
- Infratřída: roztoči (Acari) ([www.biolib.cz](http://www.biolib.cz))

Roztoči (Acari) jsou velmi početná skupina z kmene členovců (Arthropoda). Jedná se o nejpočetnější skupinu živočichů, co se týče množství jedinců jednotlivých druhů. Mají

významnou úlohu v přírodních společenstvech jednotlivých geografických zón Země. Roztoči tvoří významnou složku edafonu. Jejich početnost a různorodé ekologické vztahy podmiňují společenstva, která významně ovlivňují dění v půdě. Roztoči mohou být též mezihostiteli nebo vektory různých chorob a jejich zárodků a to i pro člověka (Rosický et al., 1979).

Původní článkování roztočů je málo patrné. Množství článků se pohybuje mezi 13 - 15. Tělo roztočů je děleno na jednotlivé oddíly. Tyto oddíly buď většinou splývají, nebo nemají ostré hranice (Černý et al., 1971).

Roztoči, napadající a obtěžující člověka, se v přírodě nenachází pouze na venkově, ale jsou k nalezení i ve městech. Například v městských parcích, zahrádkách, ale i sídlištích. V těchto prostředích získávají potravu pro svůj další vývoj, jako je krev nebo tkáňový mok (Rosický et al., 1979).

Rozdělují se na cizopasníky:

- temporární, tj. takoví, kteří se na člověka chytají pouze na určitou dobu,
- fázové, tj. takoví, kteří parazitují pouze v jedné ze svých vývojových fází,
- exofilní, tj. takoví, kteří se na člověka přichytí jen jako na náhodného hostitele.

Většina roztočů je zabita ještě před koncem sání. Pokud ne, mají velmi malou pravděpodobnost se vrátit do svého původního prostředí. Avšak i tato ekologická skupina představuje pro člověka určitá rizika. Roztoči jsou přenašeči různých chorob (Rosický et al., 1979).

Řád roztočů se dále dělí na podřády čmelíkovci, klíš'ata, sametkovci, zákožkovci, pancířníci (Černý et al., 1971).

### **3.1.3.1. Čmelíkovci (Mesostigmata)**

Čmelíkovci žijí volně nebo paraziticky na obratlovcích i bezobratlých. Mnohé druhy jsou dobře sklerotizované s hnědými hřbetními štíty. Na celém světě je popsáno necelých 12tis. druhů (Walter and Proctor, 1999).

Čmelíkovci tvoří jednu z největších a nejznámějších skupin mezi roztoči. Tělo je složeno ze dvou oddílů, které jsou viditelně odděleny. Nohy jsou tvořeny šesti články a jsou volně pohyblivé (Černý et al., 1971).

### **3.1.3.2. Klíšťata (Ixodides)**

Klíšťata jsou největší roztoči, nasáté samičky mohou mít až 3 cm. Tělo klíšťat nese protáhlý hypostom, pár čtyřčlankových palp a pár chelicer s pohyblivými prsty, směřujícími do stran. Tělo je dorsoventrálně zploštělé. Mezi kyčlemi je umístěn pohlavní otvor. Nohy jsou tvořeny z 8mi článků a dvěma drápkami. Vývojový cyklus zahrnuje larvu, nymfu a dospělého jedince - imago (Černý et al., 1971).

### **3.1.3.3. Sametkovci (Trombidiformes)**

Tito roztoči jsou charakterističtí párem stigmat na gnathosomatu, nebo v jeho okolí. Výjimečně pár stigmat na gnathosomatu chybí. Palpy jsou dobře vyvinuté a pohyblivé. Chelicery jsou přizpůsobeny k nabodávání těla hostitele (Černý et al., 1971).

### **3.1.3.4. Zákožkovci (Sarcoptiformes)**

Zákožkovci mají vyvinutou tracheální (dýchací) soustavu. Chelicery jsou většinou nůžkovitého tvaru, u některých zástupců mohou být pozměněné. Tito roztoči mají 2 typy štětín, a to štětiny normální (s aktinochitinem), a štětiny solenidia (bez aktinochitinu) (Černý et al., 1971).

### **3.1.3.5. Pancířníci (Oribatida)**

Pancířníci se podílejí na všech hlavních procesech, probíhajících v půdě, a to buď přímo, nebo nepřímo. Hrají také významnou roli v koloběhu živin (Luxton, 1981). Významnou roli mají pancířníci v koloběhu fosforu v půdní části ekosystému a rovněž velký význam byl prokázán zejména v cyklech dusíku a vápníku (Mc Brayer and Reichle, 1971).

V půdní mesofauně tvoří pancířníci jednu z nejpočetnějších skupin. Dominantní skupinou jsou v lesních biotopech, kde v mesofauně dosahují dominance až 70 - 90%. Podle novějších výsledků je většinou jejich dominance kolem 50 % nebo vyšší (Luxton, 1981).

V otevřených biotopech jsou hodnoty nižší, ale i přesto zde pancířníci patří k nejpočetnějším skupinám. Pancířníci se vyskytují prakticky ve všech typech půd, v nárostech, na skalách, kmenech stromů nebo dalších substrátech mimo půdu. Jejich přítomnost byla potvrzena i v extrémně kyselých půdách na výsypkách, v městském prostředí i podél komunikací. V nejchudších biotopech se také vyskytují většinou pravidelně, i když v nižších počtech (Luxton, 1981).

## **Ekologie pancířníků**

Pancířníci jsou velmi citliví na změny vlhkosti půdy a půdního vzduchu. Ve vysychající půdě jsou schopni přežít určitou dobu a pak ji musí opustit (Tullgreen, 1917). Se snižující se vlhkostí prostředí se také snižuje jejich průměrná délka života. Méně sklerotizovaná stadia pancířníků, jsou citlivější na nízkou půdní vlhkost než dospělci (Butcher et al., 1971).

Dalším významným faktorem pro pancířníky je teplota půdy. Na teplotě závisí intenzita celkového metabolismu pancířníků. Při zvyšování teploty, dochází k výraznému zvyšování spotřeby kyslíku a tím, se spotřebovává více jejich energie. Při nízké teplotě se naopak metabolismus snižuje. Tím pancířník upadá do stavu strnulosti, kdy je energie pomalu čerpána ze zásobních zdrojů. Pancířníci jsou odolnější k nižším teplotám, vyšší snášejí hůře (Madge, 1965).

Půdní pH, nemá přímý vliv na pancířníky, působí ve spojení s ostatními mikroklimatickými faktory (Lebrun, 1965).

Pancířníci bývají obecně považováni za heliofóbní, což znamená světlopláš. Ukazuje se ovšem, že existují i heliofilní druhy (Woodring and Cook, 1962).

## **Vliv antropogenní činnosti na pancířníky**

Aplikace organických statkových hnojiv způsobuje celkově slabé snížení početnosti pancířníků. Naopak zelené hnojení a aplikace kompostu výrazně zvyšuje abundanci (početnost) pancířníků (Höller, 1962).

Používání pesticidů, jejich vlivu na pancířníky, je velice široký a komplexní problém. Jedná se o cizorodou látku, která je přidána do potravní sítě a může zde dlouho setrvat. Účinek pesticidů závisí na chemickém složení, způsobu aplikace, typu půdy aj. Populace pancířníků nejméně ovlivňují herbicidy, aplikované proti plevelům. Herbicidy působí na společenstva pancířníků nepřímo, a to likvidací rostlinné biomasy, čímž se snižuje obsah organické hmoty v půdě. Insekticidy mají výrazněji negativní vliv na početnost pancířníků. Příležitostné aplikace pesticidů nezpůsobují velké kvantitativní změny, oproti tomu pravidelné dlouhotrvající aplikace způsobují rozsáhlé kvalitativní i kvantitativní změny u pancířníků (Krivolucky, 1976).

### 3.1.4. Mnohonožky (Diplopoda)

- Říše: živočichové (Animalia)
- Kmen: členovci (Arthropoda)
- Třída: mnohonožky (Diplopoda) ([www.biolog.cz](http://www.biolog.cz))

Články mnohonožek vždy splývají ze dvou v jeden, to znamená, že na jednom rozeznatelném článku jsou dva páry nohou a dva páry dýchacích průduchů. Do mnohonožek patří 2 podtřídy: volnoretky (Pselaphognatha) a srostloretky (Chilognatha). Volnoretky mají čelisti prvního páru nesrostlé, volné. Jejich měkký povrch těla není vyztužen a vybíhá jako třepení v množství rozmanitých výběžků. Srostloretkám srůstají čelisti prvního páru ve zvláštní ústní destičku (Hanzák et al., 1973).

### 3.1.5. Stonožky (Chilopoda)

- Říše : živočichové (Animalia)
- Kmen: členovci (Arthropoda)
- Třída: stonožky (Chilopoda) ([www.biolib.cz](http://www.biolib.cz))

Stonožky jsou známí členovci s protáhlým tělem, které se skládá z hlavy a více tělních článků. Každý článek nese pouze jeden pár nohou. Ústa stonožek mají kromě normálních kusadel a čelistí prvního a druhého páru také pár kusadlových nožek. Kusadlové nožky vznikly přeměnou prvního páru nohou. Do stonožky řadíme strašníci, různočlenky, stejnočlenky a mnohočlenky (Hanzák et al., 1973). Stonožky jsou organickou složkou půdní fauny lesních ekosystémů, kde se vážou na svrchní vrstvy půdy a opad po celé vegetační období (Blower, 1955). V půdě vyhrabávají chodbičky, případně využívají ty, které se v půdě již nachází. Tímto způsobem je snižováno jejich ohrožení predátory (Fründ, 1992).



### 3.1.6. Chvostoscoci (Collembola)

- Říše : živočichové (Animalia)
- Kmen: členovci (Arthropoda)
- Řád : chvostoscoci (Collembola) ([www.biolib.cz](http://www.biolib.cz))

Chvostoscoci jsou nejrozšířenější skupinou šestinohých. Vyskytují se v půdě, na vegetaci nebo na vodní hladině a to ve velkém počtu. Na jednom metru čtverečním se nachází řádově stovky až tisíce jedinců (Jeffery et al., 2010). Chvostoskoků je známo přibližně 7000 druhů a většina z nich se živí opadaným listím a houbami v půdě (Hopkin, 1997). Významně se podílí na regulaci půdních mikroorganismů, protože pojídají půdní bakterie (Jeffery et al., 2010). Na půdním provzdušnění se chvostoscoci podílejí z cca 30 % (Hopkin, 2002).

Tyto organismy dělíme na:

- Epigeické druhy žijící na povrchu půdy a mají pigmentové tělo s dlouhými končetinami.
- Endogeické nebo anektické druhy, které žijí pod půdou, často postrádají pigmentaci a mohou mít druhotně zredukované končetiny a smyslové orgány.

Obecně největší množství chvostoskoků nalezneme ve svrchní vrstvě půdy, do hloubky cca 3 - 5 cm (Jínová, 2009).

Protože jsou nedílnou součástí všech půdních ekosystémů, ale zároveň jsou citliví na jejich znečištění, je jejich množství a diverzita často používána ke zjištění vlivu polutantů na životní prostředí (Fountain a Hopkin, 2005).

Nejmenší zastoupení mají chvostoscoci na intenzivně obdělávané půdě, kde jsou používané pesticidy ve větším množství. Intenzivní obdělávání obecně snižuje abundanci půdní fauny a tím půda trpí špatnou aerací, infiltrací vody do půdy apod. (Rusek, 1998).

### 3.1.7. Žížaly

- Říše: živočichové (Animalia)
- Kmen: kroužkovci (Annelida)
- Třída: máloštětinatci (Oligochaeta)
- Řád: žížaly (Opisthopora)
- Čeleď: žížalovití (Lumbricidae)
- Rod: žížala (*Lumbricus*) ([www.biolib.cz](http://www.biolib.cz))

Žížaly mají vliv na půdní strukturu, rozklad organické hmoty a na koloběh živin. Dnes jsou žížaly nazývány „ ekosystémoví inženýři “, jelikož mohou svojí aktivitou změnit prostředí, ve kterém žijí. Ta část půdy, která je přímo ovlivněna žížalami, tzv. drilosféra, je následně vědci považována za jednu ze sedmi základních funkčních složek půdy (Pižl, 2002).

Už na začátku sedmdesátých let se v Japonsku začal zpracovávat zemědělský odpad pomocí žížal. Tím vznikal první tzv. vermikompost. Na jeho výrobu jsou využívány hlavně žížaly druhu *Eisenia foetida* (žížala hnojní), u nás známé jako kalifornské. V České republice se tento způsob začal používat od roku 1985 (Kalina, 2004).

Žížaly žijí v chodbičkách v horních vrstvách vlhčích půd bohatých na organickou hmotu. Obecně obývají vrstvy 12 - 18 cm pod povrchem půdy, ale v létě sestupují až o 2 metry níže. Chodbičky si dělají hlavně špičatou přední částí těla. Stěny chodeb jsou potažené hlenem, který žížaly vylučují. Potravu žížal tvoří rozkládající se organická hmota. Mokrý půda udržuje žížalám tělesnou vlhkost, což pomáhá dýchání (Rastogi, 2009). Žížaly ovlivňují půdní prostředí hlavně tvorbou chodeb a produkcí exkrementů, ve kterých jsou obsaženy minerální částice s rozloženými organickými zbytky a mikroflórou. Vyprodukované exkrementy mají v půdě význam podle svého množství. Množství chodeb, vytvořených žížalami, je různé. Kolísá v rozpětí 20 – 800 chodeb v m<sup>2</sup>, v hloubce 10 cm. Chodby žížal ovlivňují půdní pórovitost, tj. podíl dutin mezi půdními částicemi (půdní póry) v celkovém objemu půdy. Chodby také ovlivňují vodní režim půdy, pronikání vody do půdy a do zásobáren podzemních vod (infiltrace). Chodby žížal dále ovlivňují plyný režim půdy – provzdušnění půdy (Pižl, 2002).

Pro půdní úrodnost jsou žížaly velmi důležité tím, že provzdušňují půdu a také rozmělnují zbytky rostlin. V jejich trávicím ústrojí vzniká vysoce účinný a pevný jílovitý organominerální komplex. Komplex vzniká tím, že se spojí organické koloidy s minerálními částicemi. Přítomnost žížal tedy znamená, že je půda „zdravá“ (Kalina, 2005).

Žížaly ovlivňují i růst rostlin. Exkrementy žížal mají oproti půdě vyšší obsah auxinových látek, gibberelinů, cytokininů a volných aminokyselin. Tyto exkrementy stimulují růst rostlin a zvyšují dostupnost prostoru pro příjem živin rostlinám. V půdách, kde jsou velké populace žížal, vytvářejí rostliny bohatší kořenový systém. Ten způsobuje předpoklad pro dostatečné zásobení rostlin vodou a živinami. Rostliny jsou pak odolnější proti škůdcům a lépe snáší i stresové situace. Aktivita žížal také napomáhá vzcházení a rozvoji mladých rostlin tím, že zamezuje vytváření krusty na půdním povrchu. Je také doloženo, že vysoká aktivita žížal redukuje počet fytoparazitických háďátek a přezimujících housenek (Pižl, 2002).

V současnosti je popsáno na 2500 druhů žížal. Většinou jsou vymezené morfologickými vztahy, ale to může často vést k záměně jednotlivého druhu. Důležité je tedy pro přesnou determinaci určovat nejen morfologické a anatomické znaky, ale také fyziologické, biologické, genetické a ekologické informace (Briones et al., 2009).

### **3.1.7.1. Morfologie žížal**

Žížaly mají válcovitý tvar, jejich zadní část může být hranatá nebo zploštělá. Velikosti žížal jsou různé podle druhů. Nejmenší může mít šířku 1 mm při délce 1 cm. Naopak největší může být široká až 4 cm a dlouhá přes 3 metry. Největší žížala v ČR *Allolobophora hrabei* může mít až 50 cm. Tato žížala se nachází na sprašových půdách jižní Moravy (Pižl, 2002). Tělo žížal je oboustranně symetrické, přední část těla je špičatá a je přizpůsobená k hrabání, zatímco zadní část je tupá (Rastogi, 2009).

Zbarvení těla žížal může být různé. Základní zbarvení u mnoha druhů závisí na přítomnosti hemoglobinu v krvi a na obsahu pigmentů ve svalovině tělní stěny. Žížaly mohou být červené až purpurové, fialové až tmavomodré, odstíny zlatavě hnědé až zelené, ale také se mohou pigmenty žížal soustředit do středu jednotlivých článků, potom mají žížaly zebrovité zbarvení (Pižl, 2002). Povrch těla žížal je lesklý, to je důsledkem přítomnosti pigmentu porfyrinu, který chrání tělo proti slunci (Rastogi, 2009).

Tělo žížal je členěno na segmenty neboli články. Ty jsou na povrchu odděleny rýhami, které jsou stejné jako přepážky uvnitř těla. Na každém tělním článku, s výjimkou peristomia (první tělní segment) a periproktu (poslední a anální segment), jsou zatažitelné štětiny. Většina žížal má 4 páry štětín na každém článku, kdy poloha štětín na článku závisí na druhu žížaly. Velikost štětín je také velice různá. Štětiny jsou různé mezi odlišnými druhy, mezi jedinci stejného druhu, tak i na částech těla určitého jedince. Některé články mohou být přeměněny na tzv. genitální štětiny. Nachází se na žláznatých genitálních políčkách, jejich funkce je pravděpodobně dráždění a přidržování partnera při kopulaci (Pižl, 2002). Počet segmentů na těle žížal se v závislosti na druhu pohybuje mezi 100 až 200 (Rastrogi, 2009).

U většiny žížal můžeme na svrchní části těla najít malé otvory, dorsální póry, které spojují povrch těla s coelomem (pravá tělní dutina). Dorsální póry mají vlastní svalovinu, která je schopna umožnit průchod coelomové tekutiny na povrch těla. Tato tekutina pomáhá ochránit a zvlhčit kutikulu, také může být vylučována jako ochrana při napadení predátorem, popřípadě jako reakce na chemické podráždění povrchu těla (Pižl, 2002).

U dospělých jedinců najdeme ztloustnutí několika sousedních článků vpředu na těle, nazývajících se opasek. Poloha a počty článků, které opasek tvoří, jsou specifické pro každý druh (Pižl, 2002).

### **3.1.7.2. Anatomie žížal**

Tělo žížal jde nejjednodušeji popsat jako dvě trubice (tělní stěna a střevo), které mezi sebou uzavírají dutinu naplněnou tekutinou (coelom). Tato tělní dutina je rozdělena příčnými septy (přepážkami) na komůrky. Tělní stěna žížal je tvořena z vnější kutikuly, poté ze žláznaté pokožky neboli epidermis, a peritoneální výstelky coelomové dutiny (Pižl, 2002).

Kutikula je velmi tenká, bezbarvá a transparentní. Je děrovaná velkým množstvím malých pórů, které jsou nepravidelně rozmístěny. Pokožka je nejtenčí v těch místech, kde kryje epitelové smyslové orgány. (Edwards and Bohlen, 1996). Pokožka je nebuněčná, skládá se z několika vrstev kolagenních vláken a je na povrchu celého těla, kromě míst s perforovanými štětínami, žláznovými nebo jinými póry. Epidermis je tvořen jednou vrstvou buněk. Buňky jsou válcovité a podpěrné, pod nimi jsou dvě vrstvy svaloviny. Vnější vrstva je tenká, naopak vnitřní vrstva je masivní. Obě vrstvy pracují na natažení nebo stažení tělních

článků, tím je umožněn pohyb žížal. Podle rozložení vláken se rozdělují podélné svaloviny na peříčkovitého, svazečkovitého a přechodného typu (Pižl, 2002).

V tělní dutině žížal je zajímavá trávicí soustava, která je tvořena rovnou trávicí trubicí. Hlavními složkami jsou ústa, jícen, vole, žaludek, střeva a konečník (König and Varma, 2006). Na prvních čtyřech člancích trubice je svalnatý hltan (*pharynx*). Na hltan navazuje na 9. až 13. článku jícen (*oesophagus*). K jícnu mohou být připojeny tzv. Morrenovy (kalciferní) žlázy. U těchto žláz není ještě úplně známo, k čemu slouží. Jsou důležité při regulaci osmotických poměrů a pH v tělních tekutinách, při neutralizaci pozřené potravy, exkreci cizích látek a regulaci množství vody v těle (Pižl, 2002). Půda a rozkládající část organické hmoty vstoupí přes ústa do trávicí soustavy, kde je měněna v hlen. Žlázy v jícnu vylučují hlen, který obsahuje  $\text{CaCO}_3$ , který je vylučován do trávicí trubice, čímž se eliminuje přebytečný vápník a uhličitany. Také je upravováno pH (König and Varma, 2006). U žížal mohou být vyvinuty i oesophageální žaludky, u našich druhů však chybí. Jsou nahrazeny voletem, neboli žláznatým žaludkem (modifikovaná přední část střeva), za ním je žaludek svalnatý (každý žaludek zabírá jeden článek). Vnitřní stěna předního střeva je zvlněna, podélně vychlípena, a tvoří tzv. typhlosolis, což je střevní řasa, která zvětšuje povrch pro vstřebávání ve střevě. Nejvíce je vyvinuta u žížal konzumujících silně rozložené organické složky půdy. Zadní část trubice střeva má na povrchu buňky, jejichž funkce jsou hlavně v syntéze, uchovávání energeticky bohatých látek a v akumulaci neboli shromažďování cizorodých a odpadních látek (Pižl, 2002).

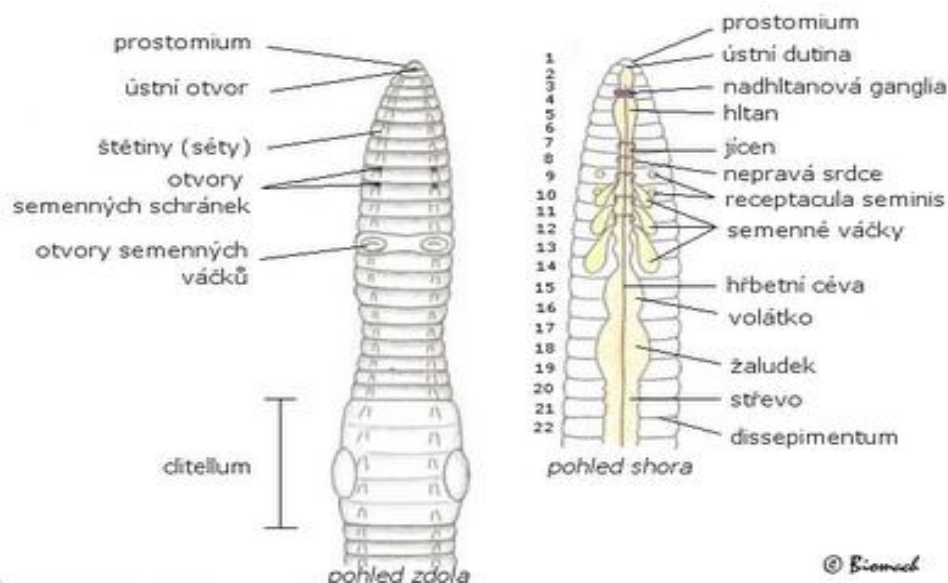
Cévní soustava žížal je na rozdíl od většiny bezobratlých živočichů uzavřená. Soustavu tvoří 3 hlavní cévy: dorzální céva a dvě cévy ventrálně položené. Žížaly mají v jícnu pak 2 - 5 párů laterálně položených cév, které ventrální a dorzální cévu spojují. Tyto cévy jsou většinou vybaveny svalovinou a bývají nazývány jako podpurná či laterální srdce. Nervová soustava je žebříčkovitá. Hlavové ganglium se nachází na svrchní straně hltanu na 3. článku, na 4. článku je ganglium podjícnové (Pižl, 2002).

Vylučovací soustava žížal je tvořena páry nefridií. Nefridie, (kromě prvních tří článků a periproktu), jsou v každém tělním článku. Nefridie začíná nálevkou, která je otevřena do předcházejícího tělního článku a vede do úzkého kanálku. Ten se před vyústěním z těla rozšiřuje, a tím vytváří nefridiální měchýřek, jehož postavení a tvar je jedním z rozlišovacích znaků určitých druhů (Pižl, 2002).

Žížaly jsou obojetníci neboli hermafroditi. Každý jedinec má samičí i samčí rozmnožovací soustavu. Většinou jde rozeznat pár samčích pohlavních pórů za nebo na 13. článku. Samčí póry jsou většinou malé. Samičí póry jsou malé u všech druhů, jejich umístění je v oblasti 14. článku (Pižl, 2002).

Samčí pohlavní orgány u našich žížal zahrnují dva páry varlat, a to na 10. a 11. článku těla. U exotických druhů mohou být varlata pouze na jednom z těchto tělních článků. Tyto orgány zahrnují také velké chámové vaky, které slouží k uchování spermatu. Chámové vaky jsou párové. Naše žížaly nemají přídatné samčí pohlavní žlázy, u některých se může vyvíjet prostatě podobná žláza či pravá prostata (Pižl, 2002).

Samičí pohlavní orgány jsou tvořeny párem vaječníků, které jsou na 13. tělním článku u nervové pásky. Tvar je různý i podle čeledi. U našich žížal je tvar diskovitý. Z vaječniku jsou vajíčka uvolňována do coelomové tekutiny, kde jsou obrvenými nálevkami sebrána do krátkých párových vejcovodů. Vyústění vejcovodů do pohlavních samčích pórů přechází na dalším článku (Pižl, 2002).



Obr. 1. Popis žížaly (zdroj: [www.biomach.cz](http://www.biomach.cz))

### 3.1.7.3. Ekologie žížal a faktory ovlivňující jejich populace

Hlavní zdroj potravy žížal je odumřelá organická hmota rostlinného a z malé části i živočišného původu. Žížaly se také živí půdními mikroorganismy a drobnými živočichy (Pižl, 2002). Podle potravy, kterou preferují, se dělí žížaly na detritofágní a geofágní.

Detritofágní druhy žijí blízko povrchu a živí se rostlinnými zbytky a exkrementy savců, geofágních pronikají spíše do spodních vrstev a pohlcují půdu, z které tráví organické zbytky a mikroflóru (Baylis, 1986).

Za klíčový faktor, který omezuje populaci žížal, se považuje obsah dusíku v půdě (Hendrix et al., 1992). Potravní deficit může na mnohých lokalitách způsobit mezidruhovou konkurenci (Ammer, 1992). Ta se často vyznačuje tím, že se sníží počet dospělých jedinců a uložených kokonů. Při houstnutí populace tedy klesá intenzita rozmnožování (van Rhee, 1967).

Vliv na populaci žížal má také teplota a vlhkost v půdě. Uvádí se, že až 90 % hmotnosti těla žížaly tvoří voda. Žížala přitom snáší až 60 % pokles vody v těle (Losos et al., 1984). K mechanismům, které zabraňují vysychání žížal, patří dorsální póry, lipidy v kutikule, kalciferní žlázy a resorpce vody (Pižl, 2003). Nepříznivé počasí, jako je sucho a chlad, vyvolává inhibici růstu nebo opoždění sexuálního vývoje (Dominguez, 2004).

Rozhodující faktor je však množství kyslíku v půdě. Pokud je půda dostatečně okysličená, mohou v ní žížaly přežívat i několik měsíců (Losos et al., 1984).

Velmi důležitá pro život žížal je kombinace teploty a vlhkosti. Ve vlhkém prostředí žížaly snášejí vyšší teploty. Je to způsobeno lepší možností ochlazování těla pomocí evaporace, která je v suchém prostředí omezena (Pižl, 2002). Spodní hranice teploty jsou limitovány bodem mrazu, kdy dochází k promrzání půdy. Optimální podmínky jsou stanoveny podle druhů. Druhy žijící na povrchu jsou lépe adaptovány na vyšší teplotu (Pižl, 2003).

Žížaly nemají organismus přizpůsobený škodlivým účinkům ultrafialového záření, jelikož všechna vývojová stadia zůstávají v půdě. Na povrch vystupují jen výjimečně po intenzivnějších deštích, kdy je v půdě nedostatek kyslíku (Guild, 1948). Většina druhů Lumbricidae upřednostňuje lehčí hlinité až hlinitopísčité půdy. Písčité a šterkovité půdy jsou z důvodu vysychání nevhodné (Hendrix et al., 1992).

### **3.2. Charakteristika antropogenních půd**

Do antropogenních půd patří substráty nově vzniklé, u kterých byl půdotvorný proces ovlivněn člověkem. Byly pozměněny fyzikální, chemické, mikrobiální nebo hydropedologické vlastnosti (Dimitrovský a Vesecký, 1989). To zejména organickými hnojivy, odpady, nebo intenzivním pěstováním. Jsou to půdy, které mohly být například vykopány, přepravovány či vysypány na jiném místě (Meuser, 2010). Tyto půdy, tvořící

útvary, jako jsou výsypky, odvaly a haldy, se mohou hodnotit různě, především podle svých specifických vlastností. Pro lepší orientaci se začalo používat rozdělení antropogenních půd na 2 skupiny, a to: kvartérního stáří a terciérního (miocénního) stáří. Do zvláštní skupiny řadíme substráty fosilního původu vzniklé spalovacím procesem (popelé, popílky). Jejich plošná výměra je oproti základním skupinám minimální a velmi roztřísněná (cca 3480 ha) (Dimitrovský, 2001).

Obě skupiny mají různé analýzy s velmi rozdílnými výsledky. Postupně se v dalších letech provádí zpřesnění nebo se dokonce přichází s jinými pohledy na danou věc. U antropogenních půd kvartérního stáří je nízký obsah organických látek. U půd terciérního stáří je obsah organických látek vysoký (Dimitrovský a Vesecký, 1989). Základním prvkem antropogenních půd kvartérního či terciérního původu ke vhodnosti či nevhodnosti pro rekultivaci jsou hydro-pedologické a půdní fyzikální vlastnosti. Tyto vlastnosti antropogenních půd jsou proměnlivé a podmíněné hlavně nerovnoměrnou hmotností, obsahem jílové frakce v povrchových a podpovrchových vrstvách, proměnlivou infiltrační schopností, intenzitou rozpadu povrchových vrstev profilů (tím i změnou procesu hydratace a dehydratace), odlišnou tvorbou kořenového systému a heterogenním obsahem půdního vzduchu u jednotlivých vrstev profilu (Dimitrovský, 2001). Rekultivační význam antropogenních půd složených z kvartérních nebo terciérních zemin je odlišný. Půdní substráty složené z kvartérních zemin mají příznivější fyzikální a hydro-pedologické vlastnosti. Tyto fyzikální vlastnosti umožňují pěstovat mnohem širší sortiment dřevin. Zvětráváním kvartérních půdních substrátů se zlepšují jejich chemické a hydro-pedologické vlastnosti. Půdní substráty složené z terciérních zemin mají vyšší obsah prvků minerální povahy (Ca, K, Mg, P). Zvětráváním se mnohdy fyzikální a hydro-pedologické vlastnosti substrátů z terciérních zemin horší. Patří k nim např.; šedé jíly, žluté jíly, jíly cyprisové a vulkanodentrické série (Dimitrovský a Vesecký, 1989).

Největším poškozením půd je těžba uhlí. Jak u hlubinného černého uhlí, tak i u povrchového hnědého uhlí. Určitou nemalou část půdy znehodnocují také struskopopílková složiště tepelných elektráren, průmyslové výsypky, těžiska surovin, šterkopískovny, hlinišť a jiné. Výše uvedené poškozují půdu terénními poklesy a propadlinami, výsypkami odpadních hmot atd. K navrácení půdy k zemědělské či lesní výrobě vyžadují půdy komplexní rekultivaci (Jůva et al., 1984).



### **3.2.1. Kategorizace antropogenních půdních substrátů**

Antropogenní půdy se dělí podle geologicko-petrografické příslušnosti a půdní chemie, fyziky, hydrologie, dále poté podle technologie zrodu recentních neboli nynějších útvarů (Dimitrovský a Vesecký, 1989).

Antropogenní půda se definuje jako zvláštní pedologická kategorie půd se specifickou půdní chemií, hydrologií, půdní fyzikou a genetickou nevyhraněností.

Antropogenní substrát je půdní profil, který je vytvořen těžební činností nerostných surovin, jako např.; uhlí, kámen, apod. (Dimitrovský, 2000).

#### **3.2.1.1. Výsypky**

Výsypky jsou hromady sypkého materiálu, které vznikají jako odpad při těžbě různých nerostných surovin, jako je např. uhlí či uran, ale i při průmyslové výrobě. Podle plošné výměry se u nás výsypky řadí na první místo mezi vzniklé útvary. Rozeznáváme vnitřní a vnější typy výsypek. Vnitřní jsou geomorfologicky umístěné v areálu těžebního pole, vnější typy jsou geomorfologicky umístěné mimo areál těžebního pole. Výsypky mohou mít různý geomorfologický tvar, rozlišujeme podúrovňový, úrovňový a převýšený tvar. Podúrovňový tvar znamená, že povrch výsypky je pod úrovní okolního terénu, úrovňový tvar splývá s povrchem okolního terénu, jsou-li skryté nadložní zeminy ukládány svisle a etážovitě nad okolní terén, mluvíme o převýšeném tvaru výsypky (Dimitrovský a Vesecký, 1989).

Při úpravě výsypek se používají různé horniny a meliorační hmoty (humusové horizonty, sprašové jíly, slínovce, bentonity, organické odpady a průmyslové komposty) (Čermák a Ondráček, 2006).

Výsypky se také mohou rozlišovat podle způsobu přepravy a stavby, na sypané a splavené. Dále lze rozlišit výsypky podle použití ruční techniky, a to na ruční, pluhové, zakládačové a rypadlové.

Charakteristickým znakem povrchu výsypek je různá směs zemin rozdílného původu, stáří, struktury, mineralogického složení, a tím i rekultivačního významu. Určující faktor pro určení způsobu rekultivace na výsypkách jsou geomorfologické tvary a kvalita povrchu.

Na výsypkách jsou nejčastěji půdní profily přechodového typu. Ty jsou složeny z různých forem zpevněných jílu. Zpevnění půdních přechodových profilů je tak různé, že je potřeba při studiu zkoumat každý případ zvlášť (Dimitrovský a Vesecký, 1989).

### **3.2.1.2. Odvaly**

Odvaly jsou nové recentní útvary, které vznikají odvalováním hornin po těžbě černého uhlí, rud a nerud. Charakteristickým rysem je geologicko-petrografická pestrost. Na rozdíl od výsypek jsou jejich tvary náchylné vodní erozi a znesnadňují zalesňování. Jejich geometrický tvar a velikost horninotvorných materiálů je podmíněn stupněm rozpadu při použití technologie skrývání a desagregací v čase a prostoru. U nových odvalů se na povrchu nachází kusy rozrušených hornin ve velikosti od několika milimetrů až po několik metrů. Odvaly, které jsou složeny z hrubého kamene s nedostatkem jemnozeme, jsou neúrodné (Dimitrovský a Vesecký, 1989). Objevují se zde horniny z důlních prací jako slepence, světlé pískovce a tmavošedé jílovce, někdy i s tenkými uhelnými vrstvičkami (Petránek, 2011). K základním horninotvorným materiálům odvalů patří draselné živce, sodnovápenaté, jílovité břidlice, arkózy, pískovce, slídy. Určovat odvalové horniny podle obsahu jemnozeme a skeletu je velmi složité (Dimitrovský a Vesecký, 1989). Odvaly mohou být zajímavé i z mineralogického pohledu, jelikož zde můžeme najít pelosideritové konkrce, což jsou výjimečně těžké a pevné zaoblené šedé hlízy, které se skládají ze sideritu a jílu. V konečné fázi svého vzniku hlízy vysychaly, jejich vnitřek popraskal a jejich praskliny byly vyplňovány různými minerály (sideritem, kalcium, ale i pyritem, barytem a dalšími) (Petránek, 2011).

### **3.2.1.3. Složiště a odkaliště**

Odpad z tepelných elektráren se dopravuje suchou cestou na složiště a hydrodopravou na odkaliště. Pro zemědělské účely je spalováním vzniklý popílek nevhodný hlavně z důvodů velkého obsahu některých karcinogenních látek, jako jsou těžké kovy a mikroelementy. Na rozdíl od výsypek a odvalů jsou složiště a odkaliště náchylné k větrné a vodní erozi. Primární potenciální úrodnost popílku je nízká a závislá na druhu uhlí, které je v elektrárnách a teplárnách spalováno. Podle spalovaného druhu uhlí rozeznáváme popílek z hnědého uhlí, z lignitu, z černého uhlí, posléze ze směsi těchto popílků. Nejvíce popílku na složištích a odkalištích je z uhlí hnědého (Dimitrovský a Vesecký, 1989).

Pro půdní fyziku a hydropedologii jsou také důležité faktory jako množství atmosférických srážek, nasycená vodivost, převýšení složišť a disperzní skladba popílku. Disperzita není na odkalištích stejnorodá, ale je závislá nejen na poměru popílku ke strusce (který se udává 1:10), ale i na sedimentaci popílku dopravovaného hydraulickou cestou (Dimitrovský a Vesecký, 1989).

### **3.3. Rekultivace**

Rekultivací se uvádí půda do původního, úrodnostního stavu. Půda je neúrodná, pokud má nadbytek či nedostatek vody, nevhodné fyzikální, chemické nebo biologické vlastnosti. Rekultivace se u nás velmi omezeně používaly již před rokem 1948 (Jůva et al., 1984).

Rozlišujeme různé typy rekultivací jako např. : hydrická, zemědělská, lesnická a další (Dimitrovský, 2001).

Na půdách poškozených průmyslem, se rozeznává rekultivace biologická, zemědělská nebo lesnická. Rekultivace se obvykle kombinují tak, že rovinné terény se předávají zemědělskému využití a naopak svažité, silně členité a málo stabilní plochy lesnickému využití (Jůva et al., 1984).

#### **3.3.1. Lesnická rekultivace**

Lesnické rekultivace můžeme zařadit mezi složité a výjimečné pěstební práce. Současně se mohou opřít o bohatý materiál získaný z různých vědních disciplín, jako je geologie, pedologie, petrografie, dendrologie a další (Dimitrovský a Vesecký, 1989).

V ČR má zakládání lesních porostů na výsypkových stanovištích dlouholetou tradici. První pokusy zalesňování antropogenních substrátů byly v Československu na malých výsypkách Bohemia 3,4 ha, Vilém 7,8 ha, už v letech 1932 – 1934 (Dimitrovský, 2001).

Vhodný sklon svahů u lesnické rekultivace je do 25 % (Dimitrovský, 2000).

#### **Výběr dřevin pro zalesnění**

Dřeviny, které používáme k zalesnění, musí být půdotvorné a půdoochranné. Používány jsou dřeviny hlavní, které při celém vývoji trvale zabezpečují požadované funkce

a mají větší zastoupení. Na dalším místě jsou zastoupeny dřeviny pomocné, to jsou ty, které podporují vývoj hlavních dřevin a zároveň přispívají k další vysoké biodiverzitě a ekologické stabilitě porostu (Čermák a Ondráček, 2006). Výběr vhodných dřevin je stále předmětem mnoha diskuzí. Nejednotnost názorů je většinou neznalostí možných škod, které vznikají u autochtonních druhů dřevin. Rozhodující faktor, který ovlivňuje růst, vývoj i zdravotní stav jehličnatých dřevin, je přítomnost dřevin listnatých. Aby se zachovala prospěšnost smíšených kultur, je potřeba, aby měly přibližně stejnou růstovou vitalitu (Dimitrovský a Vesecký, 1989). Podle současných poznatků o vývoji dřevin na antropogenních půdách jsou pro účely zalesňování více používány dřeviny domácí. Pokud se využívají cizokrajné, jsou to spíše již dřeviny domestikované (Čermák a Ondráček, 2006).

Mezi dřeviny hlavní patří: dub zimní a letní, habr obecný, dub červený, javor mléč a klen, lípa srdčitá, jasan ztepilý, borovice černá a lesní, modřín opadavý.

Mezi dřeviny pomocné patří: olše lepkavá a šedá, topol osika, bříza bradavičnatá, třešeň ptačí, jeřáb ptačí a dále i některé keře: jako líska obecná, hloh jednosemenný a obecný, javor babyka, řešetlák počistivý, ptačí zob obecný, trnka obecná a další (Čermák a Ondráček, 2006).

### **Sadbový materiál pro zalesňování**

Rozhodující kritérium je potenciální úrodnost substrátu, proto je nejlepší a nejvýhodnější zalesňovat místa hned po ukončení nezbytných terénních úprav. Nejvhodnějším obdobím je jaro hned po roce, kdy byl terén upraven. Díky mrazům je totiž zemina nakypřena (Dimitrovský a Vesecký, 1989). Lze využít sadební materiál prostokořenný i krytokořenný. Není vhodné používat materiál starší tří let, ani materiál krytokořenný, vypěstovaný v neprorůstavých obalech, jako je PVC, syntetická vlákna a jiné (Čermák a Ondráček, 2006). Poté jsou sazenice náchylnější k úhynu, a to až 30 %. Pokud se ovšem jedná o listnaté stromy, lze použít i odrostlejší, tří až čtyřletou sazenici. Při včasném zalesnění antropogenních půd nemusíme provádět vylepšování, okopávání a ožívání v celém rozsahu (Dimitrovský a Vesecký, 1989).

### 3.3.2. Hydrická rekultivace

Hydrická rekultivace je také často nazývána jako mokrá varianta rekultivace. Je to technologie lomového dobývání, která podstatnou měrou ovlivňuje tvar výsypek, jejich převýšení a také tvar nedosypaných zbytkových jam. Vodní plochy tímto způsobem mohou vznikat dvěma způsoby. Zaprvé odvodňováním výsypkových ploch, zadruhé zatápěním zbytkových jam. Velikost nově vzniklých vodních ploch na výsypkách závisí na intenzitě atmosférických srážek, geologicko-pedologické povaze zemin, sklonitosti, mocnosti převýšení, velikosti a tvaru odvodňovaného území. Mokrá varianta rekultivace je však poměrně nová. Největší zkušenosti s touto rekultivací byly získávány na území bývalé NDR. Zatopení zbytkových jam hydrickou rekultivací je zdlouhavý, avšak úspěšný proces (Dimitrovský, 2001).

### 3.3.3. Zemědělská rekultivace

Uvažovaný záměr této rekultivace směřuje k tomu, aby byl výběr ploch pro uplatňování uvážlivý a v největší míře respektoval půdně produkční a ekologická hlediska. Zemědělská rekultivace zahrnuje jak přímou, tak i nepřímou rekultivaci (Dimitrovský, 2001).

Přímá rekultivace je rekultivace zemin, které jsou uloženy na povrchu výsypek. Zeminy mohou být kvartérního nebo terciálního původu. V současné době má pro zemědělské účely velmi omezený význam. Antropozemě vytvořené touto rekultivací jsou těžké, mají méně příznivé protierozní i fyzikální vlastnosti a těžko se zpracovávají. Je tedy aktuální, když se uvažuje nad trvalým zatravněním území nebo vytvářením další účelové zeleně (Čermák a Ondráček, 2006).

U nepřímé rekultivace se překrývá urovnaný povrch výsypky nejčastěji humusovým horizontem, ornici. Mocnost návozu by neměla být menší než 0,3 m, optimální je 0,5 m. V případě, že je nedostatek ornice, je možné využít i dvojvrstevný překryv. Nejprve se rozprostřou zeminy méně kvalitní o mocnosti 0,2 - 0,3 m, na ně patří kvalitnější zeminy, také o mocnosti 0,2 - 0,3 m. Předtím než se výsypka převrství, je účelné ji prokypřit, kvůli jejímu lepšímu hydrofyzikálnímu propojení půdního profilu. Je to nejvíce používaná varianta vytváření antropických půd v ČR. Za nejkvalitnější variantu ze zemědělské rekultivace v této době lze považovat jen antropozem hluboko-humózní, s mocností horizontu 0,5 m (Čermák a Ondráček, 2006).

## **Využívání antropozemí po ukončení cyklu**

Za antropozemě určené k intenzivní zemědělské produkci jsou považovány ty, u nichž se v průběhu aplikovaly dostatečné překryvy humusovými horizonty. Tyto antropozemě, pokud jsou dobře obhospodařované, mohou dosáhnout až produkční schopnosti z 80 %. Jejich další využití k zemědělské produkci má pozitivní vyhlídku i do budoucnosti (Čermák a Ondráček, 2006).

## **3.4. Metody získání edafonu**

### **3.4.1. Metody sběru půdní mesofauny**

Při sběru mesofauny používáme metody, které lze rozdělit na 3 skupiny:

- a) Přímé vybírání
- b) Automatické vybírání
- c) Vyplavování

Přímé vybírání se používá u malých vzorků (1-2 cm<sup>3</sup>). Vzorky se rozloží na misku s 60 % alkoholem, a přímo se prohledávají pod lupou se zvětšením 10-60x. Pozorujeme je se svrchním osvětlením na bílé a poté na černé podložce. Živočichy vybíráme např. preparační jehlou. Metoda je však pracná a zdoluhavá (Bejšovec et al., 1976).

Automatické vybírání se provádí tzv. eklektory a jsou to vlastně tzv. trychtýřové metody. Výhodou je možnost jednorázového zpracování velkého množství vzorků a malá časová náročnost při výběru živočichů. Pro automatické vybírání se nejčastěji používá Tullgreenův aparát. Jedinci pomocí tohoto zařízení získáváme na základě ekologických nároků živočichů. Vzorek se shora zahřívá žárovkou, čímž půda prosychá. Půdní živočichové vyžadují určitou půdní vlhkost, a proto slézají stále hlouběji do vzorku. Vzorek je rozprostřen pod žárovkou na sítu, přes které živočichové propadávají do trychtýře a dále do sběrových nádobek s konzervační tekutinou. Účinnost a rychlost tohoto procesu závisí na místě původu vzorku, na jeho vlhkosti a uspořádání přístroje (Bejšovec et al., 1976).

Vyplavování vzorků se provádí vodou nebo solným roztokem. Vyplavování vodou je výhodné pro vzorky s vysokým obsahem minerální složky. Do válce se nalije voda a při

míchání se vsypává vzorek. Živočichové vyplavou na povrch, kde jsou sbírány štětečkem a přenášeny do konzervační tekutiny. Vyplavování solným roztokem je vhodnější pro menší vzorky. Vzorek se odvodní 96 % alkoholem, ve kterém nechá jeden den odstát. Připraví se solný roztok do skleněného válce, kam slitý vzorek od alkoholu vhodíme. Vyplavené vzorky propereme vodou a vložíme do 60 % alkoholu, kde se přímo přebírá (Bejšovec et al., 1976).

### 3.4.2. Metody hodnocení půdní mesofauny

Pro stanovení biodiversity bylo použito tzv. BSQ indexů (Biological Soil Quality index) (Parisi et al., 2003). BSQ indexy se určují jako součty dílčích ekomorfologických indexů (EMI; tab. 1). Toto hodnocení spočívá v rozdílných ekologických potřebách jednotlivých skupin mesofauny. Od této znalosti se pak odvíjí hodnota EMI indexů. Obecně platí, že čím vyšší hodnota EMI, tím více je živočich na půdu vázaný. Tyto indexy se používají k orientačnímu porovnání lokalit mezi sebou, počet získaných jedinců však nezohledňují.

Tabulka 1. Hodnoty EMI indexů jednotlivých skupin půdní fauny (Parisi et al., 2003).

<b>Taxon</b>	<b>EMI</b>	<b>Taxon</b>	<b>EMI</b>
Protura	20	Diptera (larvy)	10
Diplura	20	Acari	10-20
Collembola	1-20	Isopoda	10
Dermaptera	1	Diplopoda	5-20
Hemiptera	1	Araneae	1-5
Thysanoptera	1	Symphyla	20
Coleoptera (imaga)	1-20	Ostatní holometabola(larvy)	10
Hymenoptera	1-5	Ostatní holometabola (imaga)	1

### 3.4.3. Metody sběru žížal

Pro sběr žížal existuje řada metod. Pokud chceme získat kvalitativní údaje o žížalách, které žijí na určitém území, pak se využívá individuální sběr. Žížaly jsou při něm vyhledávány v co nejširší škále v půdě. Jsou vyhledávány pod kameny a padlými kmeny či větvemi stromů, pod kůrou odumřelých dřevin, pod mechovými nárosty apod. (Pižl, 2002).

Pokud chceme získat data o velikosti a struktuře žížal nebo jejich aktivitě, využívají se kvantitativní metody sběru, které se dělí na:

- Metody mechanické (ty využívají rozdílů ve fyzikálních vlastnostech těla žížal a půdy)
- Metody etologické (využívají reakci žížal na podráždění či zhoršení podmínek)
- Metody nepřímé (sledují žížalami vyprodukované struktury)

K mechanickým metodám patří hlavně ruční rozbor půdy, kdy jsou žížaly vybírány přímo *in-situ* nebo v laboratoři. Nevýhodou této metody je pracnost, časová náročnost a skutečnost, že je pravděpodobnost přehlednutí vysoká. Výhodou naopak je možnost získat kokony a žížaly v klidovém stavu (Pižl, 2002).

Metody etologické obsahují nejčastěji používanou formalínovou extrakci, která spočívá v aplikaci slabého roztoku (0,2 – 0,5 %) formaldehydu. Metoda je málo pracná, ale náročná na transport velkých objemů roztoku. K extrakci žížal z 1 m<sup>2</sup> je potřeba 5 až 20 litrů roztoku. Účinnost této metody se zvyšuje postupnou aplikací nižších dávek. Na místech, kde je vyloučena rozsáhlejší disturbance půdy, lze použít extrakci elektrickým proudem. Pro vědecké účely byla vyvinuta tzv. oktetová metoda, při níž je vymezených osm elektrod. Elektrody jsou napojeny na přístroj napájený autobaterií. Výhodou je nízká pracnost a časová nenáročnost. Nevýhodami je finanční náročnost, závislost efektivity na druhu a věku žížal, na půdních a klimatických podmínkách a nemožnosti získání klidových stádií a kokonů žížal. Mezi etologické metody dále řadíme méně efektivní extrakce saponáty, roztokem hořčice, nebo manganistanu draselného (Pižl, 2002).

Metody nepřímé jsou používány i k odhadu velikosti populací žížal. Kam patří metoda „marc and recapture“, která spočívá ve vypuštění označených jedinců a následném odchytu všech žížal. Ke zvýšení efektivity se používá kombinace různých metod (Pižl, 2002)



Pro získání kvalitativních dat je důležitá i velikost a počet odebraných vzorků. Dnes jsou nejčastěji doporučované vzorky 0,125-0,5 m<sup>2</sup> x 10-30 cm, ovšem při výběru vždy záleží na půdních charakteristikách a účelu výzkumu (Pižl, 2002).

### **Konzervace žížal**

Uchovávání žížal je nejlepší ve formaldehydu, a to jeho 7-11 % roztoku. Při nižších koncentracích často dochází k jeho maceraci (vyluhování). Používá se i etanol (70 %), který naproti formaldehydu vede ke ztvrdnutí, změnám barvy a smrštění žížal (Pižl, 2002).

### **3.4.4. Metody hodnocení diversity**

#### **Indexy druhové pestrosti**

Druhová pestrost je počet druhů ve vzorku, na stanovišti, nebo nejlépe na jednotce plochy. Některé z těchto indexů jsou založeny na celkovém počtu druhů a celkovém počtu jedinců na stanovišti či ve vzorku, například index Menchinickův (1964).

$$D = \frac{S}{\sqrt{N}}$$

Nebo například index Margalefův (1951).

$$D = \frac{S - 1}{\log N}$$

Kde D je index, S počet druhů a N celkový počet jedinců. Tyto indexy mohou vyjadřovat i velikost populace. Vzhledem k čitateli S-1 namísto S dostaneme u Margalefova indexu hodnotu nula, je-li přítomen jeden druh. Nevýhodou tohoto indexu je skutečnost, že je ovlivňován velikostí vzorku a také mírou úsilí, jaké bylo při odběru vynaloženo. Indexy mohou být zavádějící také v tom, že neberou v potaz početnost druhů. Například dva vzorky (X, Y) mohou mít stejnou pestrost (5druhů) a stejný počet jedinců (100), ale mohou se lišit v relativní početnosti (Spellerberg, 1995).

#### **Indexy diversity**

Indexy diversity jsou matematická vyjádření, z tohoto hlediska na nich není nic zvláštního. Jedna z výhod těchto indexů je, že umožňují shrnutí různých údajů do jednoho čísla. Tyto indexy nám neříkají nic o typu rozmístění jedinců, o stadiu sukcese, ani o druhovém složení společenstev. V ekologickém monitorování jsou indexy diversity běžně

používány, ale i přesto zde zůstává mnoho koncepčních, sémantických a technických problémů. Použití indexu například předpokládá, že vzorek obsahuje všechny druhy, které se na stanovišti vyskytují. Tomu však bývá pouze vzácně. Index bude diversitu vždy podhodnocovat (Spellerberg, 1995).

Mezi nejznámější indexy biodiversity patří: a) Simpsonův index, který klade větší váhu na hojně druhy a účinek velikosti vzorku je nízký.

$$D = \sum_{i=1}^s P_i^2$$

Kde S je celkový počet druhů a  $P_i$  je relativní zastoupenou i-té populace.

b) Shannon-Wienerův index, který je silně ovlivněn druhovou pestrostí, ale účinek velikosti vzorku je nízký.

$$D = - \sum_{i=1}^s P_i (\log_s P_i)$$

Kde  $P_i$  je relativní zastoupení i-té populace (Spellerberg, 1995).

## 4. Metodika

### 4.1. Odběr vzorků mesofauny

Mesofauna byla odebírána na dvou místech Velebudické výsypky. Tato výsypka se nachází na jižním okraji města Most v severozápadních Čechách. Výsypka byla založena roku 1955, v provozu byla do roku 1995. Rozloha výsypky činí 790 ha. Celá plocha byla zarovnána a osazena okrasnou zelení a vhodnými dřevinami. Dnes se na výsypce nachází dostihové závodiště, golfový areál včetně lesoparku. Zbylé území výsypky bylo zalesněno, či využito na zemědělskou rekultivaci.

Pro sběr mesofauny byly odebrány vzorky půdy z vybraných lokalit (10 cm<sup>2</sup> x 5 cm). Vzorky byly poté co nejdříve dopraveny do laboratoře k dalšímu zpracování. Ze vzorků byla mesofauna získávána pomocí Tullgrenových extraktorů. V těchto extraktorech byly vzorky půdy uloženy 7 dní, extrahování živočichové byli fixováni v 70 % roztoku alkoholu. Jednotlivé taxony získané touto metodou byly rozřazeny do základních skupin podle standardních klíčů a příruček, např. Daniel a Černý (1971), a získaná data byla použita do dalšího hodnocení.

Získaní zástupci mesofauny byli v laboratoři rozřazeni do skupin a byl stanoven jejich počet. Ke každé skupině byla přiřazena hodnota indexu EMI. Chvostoscoci byli řazeni na základě vnějších morfologických znaků (přítomnost pigmentu a přívěšků) do tří skupin A, B, C (viz Výsledky, tab.2.). Jedinci skupiny A měli pigment, tykadla a skákací aparát, proto je hodnota EMI nízká, naopak je tomu u silně endogeických jedinců zařazených ve skupině C.

### 4.2. Vlastní odběr vzorků žížal

Odběry vzorků byly provedeny v říjnu 2011.

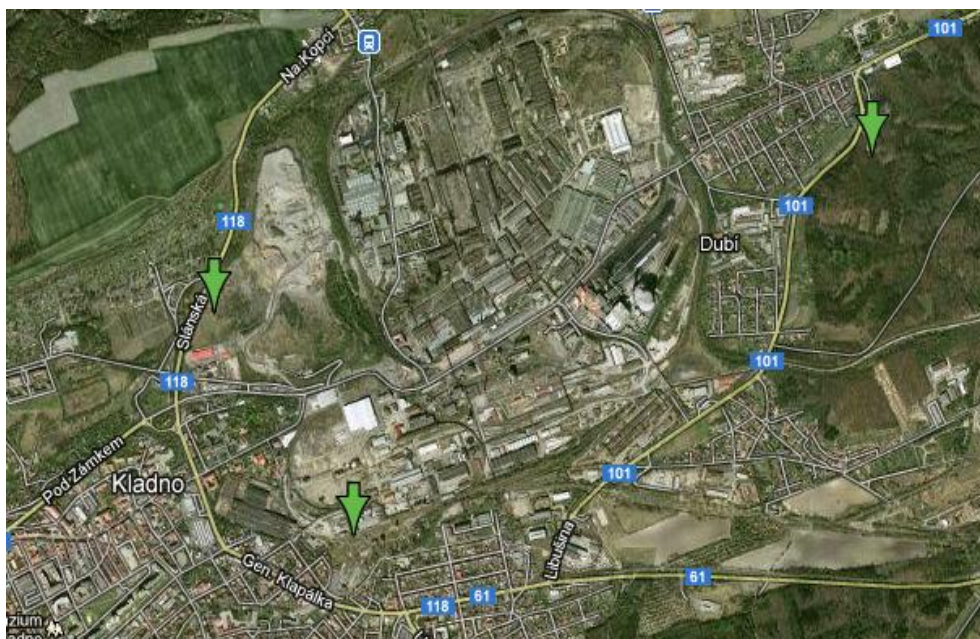
Odběry z lokality 1 byly prováděny v okolí bývalé ocelárny Poldi v Kladně. Ocelárna byla založena roku 1889. GPS zaměření lokality (WGS 84) 50°8'43.791"N, 14°6'51.420"E.

Její okolí je poznamenané ocelářenskou činností uplynulého století. Pokračovatelem tradice Poldi jsou dnes strojírny Poldi. Zóna ocelárny je nyní znečištěna převážně benzolem, dehtem, oleji a pohonnými hmotami.

Na lokalitě 2 byly odebírány vzorky ve smíšeném lese za Kladnem. GPS zaměření: 50°9'28.670"N, 14°8'28.742"E. Převažovaly zde listnaté stromy, převážně buky. Obecně bučiny jsou biotopy na vápnitých i kyselých substrátech. Bučiny preferují středně vlhké, hlubší půdy.

Posledním místem odběru byla lokalita 3. Jedná se o spontánně zarostlou část haldy, kde se dříve vyvážela a ukládala struska z Poldovky. GPS zaměření: 50°9'9.792"N, 14°6'24.156"E. Povrch haldy byl nerovnoměrně spontánně zarostlý trávami a byl značně kamenitý.

Obr. 2. Lokality odběru žížal (www.maps.google.cz)



Použité metody u sběru byly kombinované, ruční a behaviorální. Pro získání epigeických a anektických druhů žížal byl použit hořčičný roztok. Hořčičný roztok je pro žížaly štiplavý, vadí jim, a proto z půdy vylezou. Abychom dostali i vzorek endogeických žížal, byla vykopána část půdy o rozměrech 31,7 x 31,7 cm (0,5 m<sup>2</sup>), která byla následně ručně probrána a žížaly vyndány.

### **Extrakce hořčičným semínkem postup:**

1. Odběry se provádí na ploše 0,5 m<sup>2</sup>, kterou si vyznačíme dřevem či provázky.
2. Na první dvě aplikace je použito do 20 litrů vody 60 g semínka hořčice (*Sinapis alba*), na 3. a 4. aplikaci 120 g semínka hořčice na 20 litrů vody.
3. Aplikace se provádějí kropením povrchu půdy, po každé aplikaci je 10 minut na sbírání vylezlých žížal, které se dávají do kelímků s alkoholem a označením místa sběru.

Pro získaná data z průzkumu mesofauny byly stanoveny BSQ indexy pro obě lokality na Velebudické výsypce. Pro data z průzkumu žížal byly stanoveny vybrané indexy diversity (viz. kapitola Výsledky).

## 5. Výsledky

### 5.1. Půdní mesofauna

Celkově bylo odběry vzorků půdní mesofauny nalezeno 272 jedinců. Při práci v laboratoři byli rozděleni do celkem 11 skupin a každé skupině byla přiřazena hodnota EMI indexů (Tab. 2).

Tabulka 2: Počet nalezených zástupců rozřazených dle skupin na lokalitě Velebudická.

Odběr 1	skupina	počet jedinců	Odběr 2	počet jedinců	EMI
	roztoči	72		58	10
	pancířníci	14		19	20
	stonožky	2		5	10
	stejnonožci	0		1	10
	larvy hmyzu	0		2	10
	chvostoskok A	7		21	2
	chvostoskok B	14		14	6
	chvostoskok C	19		14	10
	vidličnatky	2		0	20
	hmyzenky	2		0	20
	mravenci	5		1	5
	<b>celkem/BSQ</b>	<b>137/BSQ=103</b>		<b>135/BSQ=83</b>	

Z tabulky 2. je patrné, že i při téměř stejném počtu jedinců na obou lokalitách je výsledná hodnota BSQ rozdílná.

## 5.2. Žížaly

Vlastním odběrem žížal v terénu bylo v bývalém areálu Poldí a jeho okolí nalezeno celkem 87 jedinců, ti spadali do 9 druhů. Následující tabulka (Tab.3) uvádí jednotlivé druhy a jejich počty ve třech lokalitách.

Tabulka 3: Počty jedinců jednotlivých druhů ve 3 zvolených lokalitách Poldí.

<b>Druh</b>	<b>Lokalita 1</b>	<b>Lokalita 2</b>	<b>Lokalita 3</b>
<i>Aporrectodea caliginosa</i>	1	0	7
<i>Aporrectodea longa</i>	6	0	1
<i>Aporrectodea rosea</i>	0	0	1
<i>Allolobophora chlorotica</i>	3	0	0
<i>Dendrobaena octaedra</i>	4	1	0
<i>Dendrodrilus rubidus</i>	0	0	2
<i>Lumbricus castaneus</i>	3	0	4
<i>Lumbricus terrestris</i>	7	0	2
<i>Octolasion cyaneum</i>	5	0	0
<i>Octolasion lacteum</i>	0	16	5
<i>Aporrectodea spec.</i>	3	0	7
<i>Lumbricus spec.</i>	8	1	0
<b>celkem jedinců</b>	<b>40</b>	<b>18</b>	<b>29</b>
<b>druhů</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>7</b>

Ke všem třem lokalitám v okolí bývalé ocelárny byly vypočteny indexy diversity, jejich hodnoty ukazuje tabulka 4.

Tabulka 4: Hodnoty vybraných indexů diversity na území Poldi.

<b>Index</b>	<b>Lokalita 1</b>	<b>Lokalita 2</b>	<b>Lokalita 3</b>
Menchinick	1,107	0,707	1,300
Margalef	3,745	1,593	4,103
Simpson	0,136	0,796	0,177
Shannon	2,077	0,426	1,864



## 6. Diskuze

Monitorovaná území mé práce byla výrazně ovlivněna antropogenní činností. Na všech lokalitách sběru mesofauny a žížal došlo v předešlé době k hrubým zásahům do půdních společenstev. Zásahy člověka obecně snižují abundanci půdní fauny a tím půda trpí (Rusek, 1998).

Odběr vzorků mesofauny probíhal na Velebudické výsypce, která byla zakládána od roku 1995, a ještě není dokončena. Celkový počet získaných zástupců mesofauny je 272, kde při obou odběrech bylo získáno podobné množství jedinců (137 a 135 jedinců). Každé skupině mesofauny byla přiřazena hodnota ekomorfologických indexů (Parisi et al., 2003). Nejvíce zastoupenou skupinou byli roztoči a to u obou stanovišť. Například pancířníků se našlo v prvním odběru 14 a v druhém 19 jedinců. Znamená to tedy, že první stanoviště bylo obecně sušší (Tullgreen, 1917). Chvostokoci byli rozděleni do tří skupin. Skupina A (epigeické druhy) není plně závislá na půdě (Jínová, 2009), v prvním odběru bylo nalezeno 7 jedinců a v druhém 21. Zato skupina C (endogeické druhy) je závislá na půdě (Jínová, 2009), v prvním odběru se našlo 19 jedinců a v druhém 14. Někteří jedinci, kteří byli nalezeni na jednom stanovišti, nemusí být i na druhém. Tímto faktem bylo výrazně sníženo hodnoty BSQ indexu.

Odběry vzorků žížal se prováděly na třech místech v okolí bývalého areálu Poldi, kde se našlo 87 jedinců, kteří patřili do 12 ti druhů. Odebírání byli etologickou metodou roztokem hořčice. Nejvíce jedinců a zároveň i druhů se nacházelo na lokalitě 1 (ocelárna Poldi). Nejméně jedinců i druhů bylo nalezeno na lokalitě 2, která se nacházela ve smíšeném lese. Porovnáním lokalit se dá obecně říci, že na lokalitě ocelárny byla celkově vyšší vlhkost půdy a substrát byl více provzdušněný (Losos et al., 1984), půda byla lehčí hlinitá až hlinitopísčité (Hendrix et al., 1992). Na stanovišti ve smíšeném lese se naopak nacházely látky, které jsou méně vhodné pro žížaly, jako těžké kovy, či půda měla kyselé pH (Hendrix et al., 1992). Celkově bylo nalezeno nejvíce zástupců od druhu *Octolasion lacteum*, neboli žížala mléčná, a naopak nejméně zástupců od druhu *Aporrectodea rosea*, kde byl nalezen pouze 1 zástupce. U žížal se následně spočetli indexy druhové pestrosti a indexy diversity (Spellberg, 1995).

## 7. Závěr

Cílem této práce bylo popsat druhy půdní fauny a antropogenní půdy. Kontaminace půd vždy nejvíce provázela lidská činnost, jako je např. těžba nerostných surovin a strojírenství. Půdní fauna je významná pro půdu například tím, že půdu kypří, provzdušňuje a pomáhá výrazným způsobem při retenci vzduchu a vody v půdě. Pro odběry vzorků mesofauny a žížal jsem si vybrala 3 oblasti okolí ocelárny Poldi v Kladně a 2 lokality na Velebudické výsypce v severozápadních Čechách. Okolí ocelárny je poznamenané ocelářskou činností, oblast Velebudické výsypky je silně ovlivněna těžbou nerostných surovin. V současné době zde stále ještě probíhají rekultivační práce.

Odebrané vzorky mesofauny na Velebudické výsypce zahrnují 272 jedinců, kteří jsou zařazeni do 11 skupin. Nejhojněji zastoupenými jedinci zde byli roztoči. Vzorky žížal odebrané v okolí Kladna zahrnují 87 jedinců, kteří spadají do 10 druhů. Nejvíce zastoupeným druhem je žížala mléčná (*Octolasion lacteum*).

Z této bakalářské práce vyplývá, že na stanovištích odběru v rámci Velebudické výsypky nebyly o tolik rozdílné podmínky. Na prvním stanovišti bylo nalezeno 137 a na druhém 135 jedinců. Při odběrech žížal bylo odebráno postupně podle stanovišť 40, 18 a 29 jedinců. Na lokalitě č.1 - ocelárna Poldi byla celkově vyšší vlhkost půdy a substrát byl více provzdušněn, půda byla lehčí hlinitá až hlinitopísčité. Na stanovišti smíšeného lesa lze dle druhového složení žížal usuzovat, že má kyselé pH, či přítomnost kupř. těžkých kovů.

Z vyhodnocených dat vyplývá, že druhové složení mesofauny a žížal odpovídá místům jejich běžného výskytu a je závislé na podmínkách půdního prostředí.

## 8. Seznam literatury

- Adams, M. J. 1991. Transmission of plant viruses by fungi. *Annals of Applied Biology*. 118 (2). 479 – 492.
- Ammer, S. 1992. Effects off experimental acid rain and liming on the Lumbricidae fauna and its activity. 227 pp.
- Baylis, J. P. 1986. A survey of the invertebrates feeding on Libiny clover roots.
- Bejšovec, J., Figala, J., Hanák, P., Kálal, L., Nápravník, J., Štusák, J., Vaněk, J. 1976. *Praktikum ze zemědělské zoologie*. Státní pedagogické nakladatelství. Praha. 264 s.
- Blower, J.G. 1955. *Millipedes and centipedes as soil animals*. Butterworth Scientific Publications.
- Briones, M.J.I., Morán, P., Posada, D. 2009. Are the sexual, somatic and genetic characters enough to solve nomenclatural problems in lumbricid taxonomy? *Soil Biol Biochem*. 41: 2257-2271.
- Butcher, J. W., Snider R., Snider R. J. 1971. Bioecology of edaphic Collembola and Acarina. *Annual Review off Entomology*, 16: 249-288.
- Čermák, P., Ondráček, V. 2006. *Rekultivace antropozemí výsypek severočeské hnědouhelné pánve*. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha. 54 s. ISBN: 80-239-8078-5.
- Černý, V., Bartoš, E., Boczek, J., Daniel, M., Dusbábek, F., Kunst, M., Láska, F., Miller, F., Rosický, B., Samšínák, K., Šilhavý, V., Šlais, J., Verner, P. 1971. *Klíč zvířeny ČSSR díl IV*. Academia Praha. 603 s.
- Dimitrovský, K. 2000. *Zemědělské, lesnické a hydrické rekultivace území ovlivněných báňskou činností*. Metodiky pro zemědělskou praxi. 66 s.
- Dimitrovský, K. 2001. *Tvorba nové krajiny na Sokolovsku*. Praha. 191 s.
- Dimitrovský, K., Vesecký, J. 1989. *Lesnická rekultivace antropogenních půdních substrátů*. 132 s. ISBN: 80-209-0043-8.
- Dominguez, J. 2004. *Influence of Environmental Factors on Survival and Growth of Earthworms*. Second edition.
- Edwards, C. A., Bohlen, P. J. 1996. *Biology and Ecology of Earthworms*. Chapman a Hall. London. 283 pp.
- Fountain, M. T., Hopkin, S. P. 2005. *Folsomia candida (Collembola): A "Standard" Soil Anthropod*. *Annual Rewiev of Entomology*. 50:201-22.

- Fründ, H. C. 1992. On the occurrence and frequency of scars in Chilopoda. 10: 269-275.
- Guild, W. J. 1948. Studies on the relationship between earthworms and soil fertility. III. The effect of soil type on the structure of earthworm populations.
- Hanzák, J., Halík, L., Mikulová, M. 1973. Světem zvířat V. bezobratlí 1. Albatros Praha. 323 s.
- Hendrix, P. F., Mueller, B. R., Bruce, R. R., Langdale, G. W., Parmelee, R. W. 1992. Abundance and distribution of earthworms in relation to landscape factors on the Georgia Piedmont. U.S.A. Soil Biology and Biochemistry.
- Hopkin, S. P. 1997. Biology of the Springtails (Insecta: Collembola). Oxford, UK: Oxford University. 330pp.
- Hopkin, S. P. 2002. Collembola. Encyclopaedia of Soil Science. Marcel Dekker, New York. 207-210pp.
- Höller, G. 1962. Die Bodenmilben des Rheinischen Sösslehms in ihrer Abhängigkeit von Düngung und anderen Standortfaktoren. Monographien zur Angewandten Entomologie. 18: 44-79.
- Hui-lian, X., Parr, J. F., Umemura, H. 2000. Nature farming and microbial applications. Food Products Press. 407 s. ISBN: 1-56022-082-1.
- Jeffery, S., Gardi, C., Jones, A., Montanarella, L., Marmo, L., Miko, L., Ritz, K., Peres, G., Römbke, J., van der Putten, W. H. 2010. European Atlas of Soil Biodiversity. European Commission. Publications Office of the European Union. Luxemburg. 128 p. ISBN: 978-92-79-15806-3.
- Jínová, K. 2009. Vertical Collembola distribution in spruce and beech forest soils, Contribution to Soil Zoology in Central Europe III. Tajovský, K., Schlagmerský, J., Pižl, V. (eds.): 65-71. České Budějovice. ISBN: 978-80-86525-13-6.
- Jůva, K., Pflug, J., Tlapák, V. 1984. Meliorační kultivace a rekultivace zemědělské půdy. Státní zemědělské nakladatelství Praha. 302 s.
- Kalina, M. 2004. Kompostování a péče o půdu. GRADA. 116 s.
- Kalina, M. 2005. Hnojení v zahradě. GRADA. 114 s.
- Kalina, T., Váňa, J. 2005. Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii. Karolinum Praha. ISBN: 80-246-1036-1.
- Kole. 1954. A contribution to the knowledge of Spongospora subterranea. Lagerh. The cause of powdery scab of potatoes. Tijdschr Plantenziekten. 60: 1-65.
- König, H., Varma, A. 2006. Intestinal Microorganisms of Termites and Other Invertebrates. Springer Germany. ISBN: 10 3-540-28180-0.

- Krivolucky, D. A. 1976. Roí pancyrnych klaškej vbiocenzach. Zoology zhurnal. 55(2): 226-236.
- Kroutilíková, D., Sokolová, J. 1985. Mikrobiologie a parazitologie. Státní zemědělské nakladatelství Praha. 226 s.
- Lebrun, P. 1965. Contribution a l'étude éocluologique des Oribates de la litiere dans une foret de Moyenne-Belgique. Science Natural. Belgique. 153: 1- 96.
- Losos, B., Maget, J., Ryšavý, J., Vlach, Z. 1984. Ekologie živočichů. Státní pedagogické nakladatelství Praha. 320 s.
- Luxton, M. 1981. Studies on the oribatid fauna of a Danish beech wood soils III. Introduction to field populations. Pedobiologia 21: 301-311.
- Madge, D. S. 1965. Leaf fall and litter disappearance in a tropical forest. Pedobiologia 5: 273-288.
- Mc Brayer, J. F., Reichle, D. 1971. Trophic structure and feeding rates of forest soil invertebrates populations. Oikos 22: 381-388.
- Meuser, H. 2010. Contaminated Urban soils. Springer Germany. 318 pp. ISBN: 978-90-481-9327-1.
- Parisi, V., Menta, C., Gardo, C., Jacomini, C., Mozzanica, E. 2003. Microarthropod communities as a tool to assess soil quality and biodiversity: a new approach in Italy. Agriculture, Ecosystems and Environment 105. 323-333p.
- Petránek, J. 2011. Za tajemstvím kamenů. Grada publishing Praha. 199 s. ISBN: 978-80-247-3738-6.
- Pižl, V. 2002. Žížaly České republiky (Earthworms of the Czech Republic). – Sborník přírodovědeckého klubu v Uh. Hradišti. Supplementum 9. Agentura NP v.o.s., Staré Město. 154 s. ISBN: 80-86485-04-8.
- Pižl, V. 2003. Some aspects of interactions between earthworms and physical parameters of their environment. Ústav půdní biologie AV ČR. České Budějovice.
- Rastogi, V. B. 2009. A complete course in ISC biology. Pitambar Publishing Company. ISBN: 81-209-0823-6.
- Rosický, B., Černý, V., Daniel, M., Dusbábek, F., Palička, P., Samšišák, K., Hájková, Z. 1979. Roztoči a klíšřata škodící zdraví člověka. Academia Praha 1979. 208 s.
- Rusek, J. 1998. Biodiversity of Collembola and their functional role in ecosystem. Biodiversity and Conservation 7. 1207- 1219.
- Spellerberg, I. F. 1995. Monitorování ekologických změn. Český ústav ochrany přírody. Výzkumné a monitorovací pracoviště Brno. 187 s. ISBN: 80-901855-2-5.

Tullgreen, A. 1917. En enkel apparat för automatks vittjaide av sallgads. Tijdschrift voor Entomologie 45: 97-100.

Van rhee, J. A. 1967. Developments of earthworm populations in orchard soils. Progress of soil Biology. Proceedings of the Colloquium on Dynamic of Soil Communities. Braunschweig.

Walter, D. E., Proctor, H. C. 1999. Mites: ecology, evolution, and behaviour. 322 s.

Woodring, J. P., Cook, E. F. 1962. The internal anatomy, reproductive biology and moolting process of *Ceratozetes cisalpinus* (Acarina: Oribatei). Annals off the Entomological Society off America. 55: 164-181.

### **Internetové zdroje:**

Zicha, O., Mañas, M., Novák, J. BioLib: Profil taxonu [online]. Biological Library. 1999 - 2009 [cit. 2012-04-02]. Dostupné z <http://www.biolib.cz>.