

# Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zoologie a rybářství



## Vliv odlesnění a těžby dřeva na populaci žížal

Bakalářská práce

Autor práce: Dagmar Kolaříková

Vedoucí práce: Ing. Jakub Hlava, Ph.D.

© 2014 ČZU v Praze

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv odlesnění a těžby dřeva na populace žížal" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 9. dubna 2014

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala panu Ing. Jakobovi Hlavovi, Ph.D. za možnost psaní této práce pod jeho odborným vedením, za jeho cenné rady, čas a vstřícný přístup.

Dále bych chtěla poděkovat panu Janu Kozákovi za podporu při práci a pomoc při sběru žížal. Nemohu opomenout ani paní Ing. Dagmar Kolaříkovou, které patří díky za oporu při celém studiu. V neposlední řadě děkuji panu Stanislavu Vinopalovi za pomoc s determinací porostu a za všechny jeho rady.

## Souhrn

Tato bakalářská práce se zabývá vlivem odlesnění a těžby dřeva na populace žížal. Jejím cílem je poskytnout popis těchto půdních organismů, jejich životních strategií a faktorů, které je ovlivňují. Práce byla vypracována ve dvou částech.

První, teoretická část práce sumarizuje poznatky z dostupné literatury. Je věnována shrnutí dosavadních poznatků o žížalách, jejich životě a prostředí. Žížaly jsou popsány z hlediska taxonomie, je přiblížena stavba těla žížal, ekologie a etologie, vliv na fyzikální vlastnosti půdy a metody sběru a konzervace. V teoretické části práce je také věnován prostor lesním ekosystémům, zvláště pak vlivům odlesnění na společenstva žížal.

Druhá část je vyhrazena vlastnímu výzkumu, který probíhal na vytipovaných lokalitách v údolí Robečského potoka v katastrálním území obce Zahradky u České Lípy. Odběry byly realizovány na lesním stanovišti a na místě, které bylo nedávno odlesněno. K získání jedinců byla použita kombinace behaviorální metody extrakce roztokem *Sinapis alba* a ručního rozboru vzorků. Získaní jedinci byli v laboratoři determinováni a pro zhodnocení diversity byly vypočteny vybrané indexy biodiversity.

Celkově bylo získáno 275 jedinců náležících k 11 druhům s celkovou biomasou 52,1 g. Na lesním stanovišti bylo nalezeno 224 jedinců patřících k 10 druhům. Jako nejpočetnější druhy se ukázaly: *Aporrectodea caliginosa*, *Dendrobaena octaedra* a *Lumbricus rubellus*. Naopak odlesněná část se projevila jako chudá na populace žížal. Bylo zde objeveno pouze 51 jedinců příslušících třem druhům, z nichž je dominantním druhem *Dendrobaena octaedra* čítající 41 jedinců.

Populace v lese je vyvážená na rozdíl od vytěžené oblasti, kde se vyskytuje relativně málo druhů s výraznou dominancí jednoho druhu. V odlesněné části byla zjištěna podprůměrná abundance žížal. Domnívám se, že ponechání organických zbytků po těžbě by mohlo výrazným způsobem zvýšit abundanci žížal a tím i zhodnotit význam lokality z hlediska půdní fertility a podpory nového porostu.

**Klíčová slova:** žížaly, biodiverzita, půdní fauna, těžba dřeva, odlesnění

## Summary

This bachelor work discusses the effect of deforestation and logging on earthworm populations. The aim is to provide a description of these soil organisms, their life strategies and the factors that influence them. This work is divided into two parts.

The first, theoretical part summarises the facts obtained from consulted secondary sources. It is dedicated to a summary of existing facts about earthworms, their life and environment. Earthworms are described with a focus on their taxonomy, anatomy, ecology and their natural behaviour. Furthermore, their influence on the physical properties of soil and the methods of their collection and conservation are explained. The theoretical part also discusses forest ecosystems, especially the effects of deforestation on earthworm populations.

The second part of this work presents results of the research, which was realized in selected locations in the Robeč Brook valley, near the area of 'Zahrádky u České Lípy'. The fieldwork were executed in two locations: a forested area and a recently deforested area. For collecting the earthworms, a combination of a behavioural method of extraction by *Sinapis alba* solution and a hand sorting of soil samples was used. The collected specimens were then identified in a laboratory and selected biodiversity indexes were calculated to evaluate their diversity.

In total, 275 specimens belonging to 11 species with a total biomass of 52.1g were extracted. In the forested location, 224 specimens belonging to 10 species were found. The dominant species were: *Aporrectodea caliginosa*, *Dendrobaena octaedra* and *Lumbricus rubellus*. The recently deforested area, however, proved poor in earthworm species. Only 51 specimens belonging to 3 species were found, the most abundant species was *Dendrobaena octaedra*, counting 41 specimens.

In conclusion, the population of earthworms in the forested area was well-balanced, contrasting with the deforested area where relatively few species were present and where one species was strongly dominant. In the deforested area, a low abundance of earthworms was detected. In my opinion, the preservation of organic waste from logging in the area could promote earthworm abundance and thus contribute to the importance of the location with regard to soil fertility and encouragement of new forest growth.

**Keywords:** earthworms, biodiversity, soil organisms, logging, deforestation

# Obsah

1. Úvod .....	8
2. Cíl práce .....	9
3. Literární rešerše .....	10
3.1 Žížaly .....	10
3.1.1 Taxonomie .....	10
3.1.2 Stavba těla žížal .....	11
3.1.2.1 Morfologie .....	11
3.1.2.2 Anatomie .....	13
3.1.3 Ekologie a etologie .....	16
3.1.3.1 Ekologické strategie .....	16
3.1.3.2 Požadavky na prostředí .....	17
3.1.3.3 Potrava .....	18
3.1.3.4 Rozmnožování .....	19
3.1.3.5 Roční cyklus .....	20
3.1.3.6 Ohrožení parazity a predátory .....	21
3.1.3.7 Ovlivnění abundance .....	22
3.1.4 Vliv na fyzikální vlastnosti půdy .....	22
3.1.4.1 Půda jako živý systém .....	22
3.1.4.2 Ovlivnění fyzikálních vlastností půdy .....	23
3.1.4.2.1 Exkrementy .....	23
3.1.4.2.2 Chodby .....	24
3.1.4.2.3 Kooperace žížal s mikroorganismy .....	25
3.1.5 Metody sběru a konzervace .....	25
3.1.5.1 Sběr žížal .....	25
3.1.5.1.1 Metody mechanické .....	26
3.1.5.1.2 Metody etologické .....	26
3.1.5.1.3 Metody nepřímé .....	27
3.1.5.2 Konzervace žížal .....	27
3.2 Vliv těžby dřeva na společenstva žížal .....	27
3.2.1 Lesní ekosystémy .....	27
3.2.2 Společenstva žížal lesů .....	28
3.2.3 Ovlivnění lesních ekosystémů lidskou činností .....	29

3.2.3.1	Těžba dřeva.....	30
4.	Vlastní metodika.....	32
4.1	Obec Zahradky .....	32
4.2	Popis lokalit .....	32
4.3	Sběr zástupců Lumbricidae .....	33
4.4	Určení druhů .....	34
5.	Výsledky .....	36
6.	Diskuze .....	38
7.	Závěr .....	40
8.	Seznam literatury.....	41

# 1. Úvod

Zástupci čeledi Lumbricidae jsou nedílnou složkou všech terestriálních ekosystémů. Svým významem, co do činnosti předčí mnohý jiný půdní edafon. Jejich působení ovlivňuje nejen půdu samotnou, ale hlavně i rostoucí rostliny. Tvorba chodeb významně ovlivňuje infiltraci vody, pomáhá při tvorbě kvalitního kořenového systému rostlin, což je zejména v utužených půdách rozhodujícím faktorem. Žížalí exkrementy obohacují půdu o živiny. Jako zásadní význam činnosti žížal se mimo jiné uvádí převrstvování půdy v různých horizontech, zabraňování tvorby pevné krusty na povrchu půdy, její provzdušňování a další. Tyto činnosti pozitivně působí na klíčení, vzcházení a celkový růst rostlin.

I lesní ekosystémy jsou obývány populacemi žížal. Ač jejich výskyt není tak hojný, rozhodně není zanedbatelný. Nejvíce zástupců můžeme nalézt v mulových bukových a ostatních listnatých lesích, které jsou vyhovující svým pH a množstvím dobře rozložitelného opadu. Naopak jehličnaté porosty mají kyselejší charakter a jsou vhodné spíše pro acidofilní druhy žížal.

Antropogenní působení má často negativní vliv jak na celé ekosystémy, tak i na půdu a v ní žijící půdní edafon. Exhalace z průmyslu, neodborné zásahy např. do skladby porostu, ale rovněž těžba dřeva ovlivňují složení lesů i společenstva žížal.



## **2. Cíl práce**

Zaměřením této práce bylo vyhodnocení vlivu odlesnění a těžby dřeva na populace žížal v údolí Robečského potoka v obci Zahrádky u České Lípy. Byly vybrány lokality v místě vytěžení dřevin a v lese, kde nebyla těžba realizována. Poté byly vzorky z obou lokalit vyhodnoceny a byly z nich vypočteny indexy biodiversity. Výsledky této práce budou sumarizovány v závěru za pomoci dostupné literatury shrnuté v literární rešerši.

## 3. Literární rešerše

### 3.1 Žížaly

#### 3.1.1 Taxonomie

**Kmen:** Annelida (kroužkovci)

**Třída:** Oligochaeta (máloštětinatci)

**Nadřád:** Megadrili

**Řád:** Opisthopora (žížaly)

**Podřád:** Lumbricina

**Nadčeleď:** Lumbricoidea

**Čeleď:** Lumbricidae (žížalovití)

(Pižl, 2002)

Již Darwin se věnoval sledování chování žížal, přinesl jejich popisnou charakteristiku a morfologii, a zejména se zaměřil na promíchávání půdy žížalami a jeho vlivu na formování zemského povrchu. To vše je možno nalézt v jeho poslední knize *The Formation of Vegetable Mould through the Action of Worms, with Observations on their Habits* (Frouz a Poklopová, 2011).

Kratochvíl (1966) publikoval, že „Z hlediska vývojového musíme kroužkovce hodnotit jako skok ve vývoji živočichů.“

Pojmem „žížala“ se dnes označuje přes 2500 druhů, dále se odhaduje, že dalších nejméně 2000 druhů není ještě popsáno. Žížaly jsou rozšířeny na všech kontinentech, avšak nejvíce čeledí obývá tropické či subtropické oblasti, nebo mírný pás (Pižl, 2002).

Pižl (2002) také uvádí, že se ve střední Evropě, pouze s výjimkou druhu *Criodrilus lacuum*, který žije ve vodě, nacházejí pouze zástupci čeledi žížalovitých – Lumbricidae.

## 3.1.2 Stavba těla žížal

### 3.1.2.1 Morfologie

Tělo žížal má válcovitý tvar, jehož zadní část může být v průřezu hranatá či dorsoventrálně zploštělá, což je druhově specifické. Velikost těla je velice různorodá, od nejmenších žížal měřících asi 10 – 20 mm délky a 1 – 1,5 mm šířky, až po jedince měřící přes 1000 mm a šířce 20 – 40 mm. V České republice je nejdelší známou žížalou druh *Allolobophora hrabei*, žijící na jihu Moravy a měřící až 500 mm (Pižl, 2002).

Barva jejich těla je také velmi rozmanitá. Jedním ze základních faktorů ovlivňujících barvu je obsah hemoglobinu v krvi, který jim propůjčuje tzv. „masové“ zbarvení (Laverack, 1963). Dalším faktorem je množství pigmentů obsažených ve svalovině tělní stěny. Červené až purpurové zbarvení vyvolávají porfyriny. Dalším pigmentem je hnědočerný melanin, který způsobuje zbarvení zlatavé až zelené. Barva nemusí být jednolitá, ale výraznější uprostřed tělních článků, a to díky hromadění pigmentů pouze ve středu jednotlivých segmentů (Sims and Gerard, 1999).

Tělo je členěno na články – segmenty (somity či metamerity) a ty jsou na povrchu odděleny mezičlánkovými (intersegmentálními) rýhami, které odpovídají přepážkám (septům) uvnitř těla (Pižl, 2002).

Na prvním tělním segmentu (peristomiu) se nachází ústní otvor a na svrchní straně je situovaný čelní lalok (prostomium), který směřuje do středu prstencovitého metastomia, jež tvoří zadní část prvního segmentu (Sims and Gerard, 1999).

Svaly v oblasti hlavy jsou často nejsilnější a nejnápadnější. Žížaly nemají zuby ani jiná kusadla. Prostomium je pohyblivé a napomáhá uchopení potravy. U jednotlivých druhů se liší tvar a míra oddělení čelního laloku od prvního čelního článku (Pommeresche et al., 2010).

Počet homonomních článků, jež následují za prvním segmentem, je druhově specifický. Posledním článkem je anální segment (periproktem) obsahující malý řitní otvor vypadající jako krátká svislá štěrbina (Sims and Gerard, 1999).

Konečný počet segmentů je vyvinut již při vylíhnutí žížaly z vaječné kapsuly. Jakákoliv změna v počtu segmentů je důsledkem regenerace poškozené či ztracené části těla za opaskem (Pižl, 2002). Po ztrátě zadní části těla žížala vyprodukuje sliz, stočí se do klubíčka a kvůli snadnější regeneraci ukončí veškerou aktivitu. Část žížaly před opaskem může přežít a následně jí doroste nová ocasní část, která je často neadekvátně malá

a zdeformovaná. Pro úspěšnou regeneraci musí být zachována nervová soustava a většina orgánů (Pommeresche et al., 2010).

Na všech tělních segmentech žížal, s výjimkou peristomia a periproktu, se vyskytují zatažitelné štětiny (Sims and Gerard, 1999), které jim pomáhají při pohybu a hloubení chodeb (Pommeresche et al., 2010). Štětiny jsou v jednom směru přichýleny k tělu a zároveň zabraňují protisměrnému vytažení jedince z půdy, což ho ochraňuje před predátory (Pommeresche et al., 2010). Všechny žížaly vyskytující se v České republice mají tzv. lumbricidní uspořádání, pro které jsou charakteristické čtyři páry štětin na každém článku. Rozložení štětin po obvodu článku je druhově specifické (Sims and Gerard, 1999). Štětiny jsou většinou esovitě prohnuté, se středovým ztloustnutím v místě svalových úponů a podle délky mezi štětinami můžeme rozlišit štětiny sblížené, silně sblížené, oddálené a oddělené. Různé druhy i jednotliví jedinci mají velikost štětin silně variabilní (Edwards and Bohlen, 1996). Některé štětiny mohou být přeměněny na tzv. genitální štětiny, které se nachází na žláznatých genitálních políčkách (Pižl, 2002). Sims and Gerard (1999) uvádí, že tyto štětiny jsou háčkovitě zakončeny a že jejich funkce tkví v dráždění a přidržování partnerské žížaly během kopulace.

Povrch těla je spojen s tělní dutinou (coelomem) dorsálními póry, což jsou malé otvory nalézající se ve středové linii svrchní části těla (Sims and Gerard, 1999). V dorsálních pórech můžeme nalézt svalovinu – sfinktery, které napomáhají průchodu coelomové tekutiny na povrch těla. Tato tekutina slouží k zvlhčování a ochraně kutikuly. Tekutina též může být vyloučena jako odpověď na chemické podráždění těla (Pižl, 2002). K tomuto jevu může dojít u některých druhů při napadení dravcem (Pommeresche et al., 2010).

Na každém tělním segmentu, kromě několika segmentů na přední části těla, můžeme nalézt miniaturní bočně umístěné póry, tzv. nefridiopóry, které slouží k vyměšování odpadních látek. Tyto póry jsou rozmístěny do linie těsně nad ventrálním párem štětin, ale občas se mohou vyskytovat i nepravidelně (Pižl, 2002).

Žížaly jsou hermafroditi. Každý jedinec má jak samičí, tak samčí pohlavní orgány. Obě tyto soustavy vyúsťují na povrch těla (Sims and Gerard, 1999). Obvykle, u skupiny Lumbricidae, lze sledovat jeden pár pohlavních pórů na 15. článku (Edwards and Bohlen, 1996) s výjimkou našich žížal rodu *Eiseniella* a *Fitzingeria* (Pižl, 2002). Samčí póry nejsou velké, avšak u mnoha druhů jsou doprovázeny žláznatými papilami či dvorci, které se občas dostávají i na vedlejší tělní články. V oblasti 14. článku se nacházejí samičí póry, které jsou vždy malé (Edwards and Bohlen, 1996). Před opaskem většiny druhů se objevují vyústění

chámových schránek, to jsou tzv. spermatekální póry. Pižl (2002) uvádí, že u druhů z čeledi Lumbricidae jsou tyto póry párové a nejčastěji jsou umístěny v intersegmentálních rýhách mezi 9., 10. a 11. článkem.

Typický opasek mají jen dospělí jedinci (Pommeresche et al., 2010). Jedná se o zesílení několika sousedních článků v přední části těla. Opasek je tvořen seskupením žláznatých buněk, které produkují slizovité sekrety napomáhající vzniku kokonů (vaječných kapsulí sloužících k ochraně a výživě vyvíjejících se embryí) (Sims and Gerard, 1999). U jedinců z čeledi Lumbricidae je opasek většinou sedlovitý, přerušovaný na spodní straně těla, u některých druhů je válcovitý nebo prstencovitý a pokrývá celý obvod článků (Sims and Gerard, 1999).

Za zmínku stojí i žláznaté útvary – pubertální valy, které se nacházejí na okrajích sedlovitého opasku (Edwards and Bohlen, 1996). Subadultní (nedospělí) jedinci, kterým se ještě nevytvořil opasek, mohou mít pubertální valy a kopulovat s dospělými partnery, i když ještě nemohou tvořit kokony (Pižl, 2002).

### 3.1.2.2 Anatomie

Tělo žížal lze popsat jako dvě soustředné trubice (tělní stěna a střevo) svírající mezi sebou dutinu naplněnou tekutinou. Tělní dutina je rozčleněna příčnými přepážkami (septy) na řadu komůrek. Tělní stěnu tvoří vnější kutikula, žláznatá pokožka (epidermis), dvě vrstvy svaloviny (oddělené sítí nervových vláken) a výstelky coelomové dutiny (Edwards and Bohlen, 1996).

Kutikula je nebuněčná, průhledná, složená z několika vrstev kolagenních vláken (Sims and Gerard, 1999). Skládá se přibližně z 80 % z bílkovin, zbývajících 20 % zaujímají polysacharidy, galaktosa a pentosa (Laverack, 1963), což Kratochvíl (1966) nazývá jako skleroproteidy. Žížaly, stejně jako všichni máloštětinatci, kutikulu nesvlékají jako celek (Smrž, 2013). I když je slabá, tak je velmi pevná (Pižl, 2002). Edwards and Bohlen (1996) uvádí, že u druhu *Lumbricus terrestris* se tloušťka kutikuly pohybuje kolem 7  $\mu\text{m}$ . Kutikula je celistvá a pokrývá všechny tělní segmenty, až na místa, kde je perforována štětinami či různými (např. žlázovými) póry (Pižl, 2002).

Sims and Gerard (1999) uvádí, že epidermis je vytvářena (s výjimkou opasku) jedinou vrstvičkou válcovitých podpěrných buněk, řada z nich je však přeměněna na jednobuněčné

žlásky či smyslové orgány. Podpurné buňky mají sloupkovitý tvar a jsou hlavními strukturálními buňkami epidermis (Edwards and Bohlen, 1996).

Dvě vrstvy svaloviny nacházející se pod epidermis jsou odděleny vrstvou pojivových tkání. Okružní svalovina ležící vně je tenká, kdežto podélná svalovina uvnitř je masivní. Vnější i vnitřní vrstva pracují protichůdně a tlakem na coelomovou tekutinu dovolují natažení či stažení tělních segmentů, a tím pohyb celého těla. Podle rozložení vláken můžeme rozlišit tři typy podélné svaloviny: peříčkovitý, svazečkovitý a přechodný typ (Pižl, 2002).

Přepážky (septy) rozdělují jednotlivé tělní segmenty. Skládají se ze dvou vrstev peritoneálních buněk, mezi kterými se nacházejí svalová vlákna, pojivová pletiva a krevní cévy. Přepážky jsou perforovány malými póry, které zprostředkovávají komunikaci coelomové tekutiny mezi segmenty (Edwards and Bohlen, 1996). Tyto póry obsahují sfinktery, které poskytují možnost jejich uzavření (Pižl, 2002).

Trávicí soustava, která je nejvíce nápadná, spojující ústní a řitní otvor je tvořena rovnou trávicí trubicí. V prvních čtyřech segmentech můžeme pozorovat svalnatý hltan a na něj navazující jícn, který pokračuje do dalších 9 až 13 článků (Pižl, 2002).

K jícnu mohou být připojeny kalciferní (Morrenovy) žlázy, jejichž uplatnění není zcela jasné. Pižl (2002) se domnívá, že jsou významné při regulaci osmotických poměrů a pH v tělních tekutinách, při neutralizaci pohlcené potravy, exkreci cizorodých látek a regulaci obsahu vody v těle žízal.

Druhy (čeledi Lumbricidae) nemají oesophageální žaludky, jejich funkci nahrazuje modifikovaná přední část střeva, tj. žláznatý žaludek, a za ním připojený svalnatý žaludek, přičemž každý zabírá zpravidla jeden tělní segment (Sims and Gerard, 1999). Jelikož nemá žížala zuby, míchá a drtí potravu ve svalnatém žaludku za pomoci pozřených částic půdy a jemných zrníček písku (Pommeresche et al., 2010).

Vychlípění a zvrásnění vnitřní stěny předního střeva zvětšuje jeho povrch a slouží k asimilaci živin z potravy. Nejvíce je vyvinuto u žízal požírajících silně rozložené organické složky půdy. Chloragenní buňky, pokrývající zadní část střevní trubice mají podobnou funkci jako játra u vyšších živočichů. Jsou důležité hlavně pro syntézu a uchovávání energeticky bohatých látek (např. glykogenu) a v hromadění odpadních a cizorodých látek. Střevem vstřebané cizorodé látky jsou imobilizovány v tzv. chloragosomatech, která jako žlutá nebo hnědá zrnka vytváří většinu chloragenních buněk (Pižl, 2002).

Cévní soustava je, na rozdíl od většiny ostatních bezobratlých živočichů, uzavřená. Nemůžeme v ní rozlišit tepny a žíly, ale jedná se o systém cév, které distribuují krev

v různých směrech (Edwards and Bohlen, 1996). Soustava má tři hlavní cévy: dorzální cévu probíhající podélně po svrchní stěně trávicí trubice, a dvě ventrálně položené cévy – ventrální cévu ležící pod střevem a postoesophageální cévu procházející mezi nervovou páskou a vnitřní stěnou (Sims and Gerard, 1999). V oblasti jícnu se nachází několik párů (2 – 5) bočně položených circumoesophageálních cév spojujících dorzální a ventrální cévu. Tyto cévy mají často svalovinu a nazývají se jako pomocná či laterální srdce. Tělní stěna dále obsahuje hustou síť somatických cév (Sims and Gerard, 1999). Mělké uložení cév pod povrchem těla umožňuje snadnou výměnu plynů mezi vnějším prostředím a tělní tekutinou (Edwards and Bohlen, 1996).

Pommeresche et al. (2010) se domnívá, že nervová soustava je žebříčkovitá. Smrž (2013) tento názor však vyvrací a tvrdí, že je provazcovitá s tělními ganglii v každém článku. Nejvíce patrná jsou dvě velká propojená mozková ganglia (analogue mozku) v přední části těla (Pommeresche et al., 2010). Můžeme si všimnout zejména hlavového ganglionu, ležícího na svrchní straně hltanu na třetím tělním segmentu, dále podjícnového ganglionu ve čtvrtém článku a břišní (ventrální) nervové pásky ležící pod trávicí trubicí, která je zesílená uprostřed každého segmentu (Pižl, 2002).

Jednoduché smyslové buňky různého typu jsou umístěny na povrchu těla a mohou vnímat vibrace, chutě, světlo a pachy (Pommeresche et al., 2010). Žížaly jsou velmi citlivé na vnímání chemikálií a světla (Edwards and Bohlen, 1996).

V každém tělním článku (s výjimkou prvních třech a periproktu) se nacházejí páry nefridií, které tvoří vylučovací soustavu (Sims and Gerard, 1999). „Každá nefridie začíná nálevkou otevřenou do předcházejícího tělního článku a vede do úzkého nefridiálního kanálku, který se před vyústěním z těla rozšiřuje a vytváří tzv. nefridiální měchýřek.“ (Pižl, 2002).

Nefridie mohou být buď velké (tzv. meganefridie), nebo se u některých druhů vyskytují ve větším počtu malých mikronefridií (Sims and Gerard, 1999). Voda tvoří 75 – 90 % hmotnosti těla žížal (Edwards and Bohlen, 1996). Párové nefridie zastávají funkci ledvin. Nevyužitá voda a rozpustné dusíkaté látky (ve formě amonné a jako močovina) jsou jimi vylučovány přímo na povrch těla (Pommeresche et al., 2010). Žížaly vyprodukují množství moči odpovídající až 60 % jejich váhy (Pižl, 2002).

Zástupci čeledi Lumbricidae mají dva páry varlat nacházející se v 10. a 11. tělním segmentu. U každé žížaly můžeme nalézt chámové (spermální) vaky, které jsou párové a fungují jako úložiště spermatu. Chámovody jsou též párové a začínají nálevkami jímajícimi

sperma. Pár vaječnicků (ovárií), diskovitého tvaru, se nachází u zadní stěny 13. tělního segmentu a tvoří samičí pohlavní orgány. Z vaječnicků putují vajíčka do coelomové tekutiny, z níž jsou jímána pomocí obrvených nálevek do párových vejcovodů (oviduktů) (Pižl, 2002).

Chámové schránky (spermatéky) se nacházejí u chámových vaků v celkem dvou párech v 10. a 11. tělním segmentu. Jsou to prohlubeniny tělní stěny, kde se uchovává sperma získané od partnerského jedince při kopulaci. Nejčastěji mají kulovitý tvar. U některých druhů mohou chybět nebo jich může být podstatně více (5 - 7 párů) (Pižl, 2002).

### 3.1.3 Ekologie a etologie

#### 3.1.3.1 Ekologické strategie

Podle toho v jaké části půdního profilu žížaly žijí a kde získávají potravu, tedy podle jejich ekologických strategií a adaptací, je můžeme rozdělit do tří základních ekologických skupin (Pižl, 2002; Pommeresche et al., 2010).

- **Anektické** (hlubinné) druhy – jsou typické svými dlouhými chodbami, které dosahují až tři metrových hloubek, často vytvářejí až vertikální soustavy chodeb otevírající se na povrch půdy. Druhy hlubinných žížal jsou dlouhé, tmavě zbarvené, pomalu se pohybující, s relativně dlouhým životním cyklem a délkou života. Typické pro ně je, že období sucha přečkávají v klidovém stádiu, v tzv. kviescenci (Kula a Švarc, 2011). Nejčastější potravou pro ně je čerstvě odumřelá organická hmota (Pommeresche et al., 2010). Typickými zástupci jsou *Lumbricus terrestris*, *Aporrectodea longa* či *Fitzingeria platyura* (Kula a Švarc, 2011).
- **Epigeické** (povrchové) druhy – netvoří chodby v půdním profilu, ale žijí na povrchu půdy, nejčastěji v opadu (Kula a Švarc, 2011). Dále se mohou vyskytovat pod kůrou spadlých stromů, v hnoji, rostlinných zbytcích, v zamokřené půdě či pod vodní hladinou (Pižl, 2002). Zástupci jsou malí, silně pigmentovaní, rychle se pohybující, s krátkým životním cyklem. Kvůli snadnému vyhledání predátory je na ně vytvářen silný predační tlak (Kula a Švarc, 2011). Stejně jako hlubinné druhy, tak i povrchové se živí převážně čerstvě odumřelou organickou hmotou (Pommeresche et al., 2010). Období sucha překonávají ve stádiu kokonu (Kula a Švarc, 2011). Patří k R-stratégům (Pižl, 2002). Epigeické druhy jsou například *Dendrodrilus rubidus*, *Dendrobaena octaedra* a *Lumbricus rubellus* (Kula a Švarc, 2011).



- **Endogeické** (podpovrchové) druhy – tvoří relativně krátké vertikální chodby v půdě. Často se vyskytují v minerální půdě, v hloubce 10 – 15 cm, kde vytváří nestálé chodbičky. Jsou bělavého zbarvení, různé velikosti, pomalu se pohybují a mají střední délku života i životního cyklu (Kula a Švarc, 2011). Jejich potravu tvoří více rozložená organická hmota, která je vázána na částice půdy a různé mikroorganismy (Pommeresche et al., 2010). Můžeme je zařadit do skupiny K-strategů (Pižl, 2002). Jsou vystaveny nižší predaci. V období sucha se dostávají do diapauzy, která je podobná kviescenci, ale není podmíněna snížením teploty okolí, nýbrž je závislá na změně délky dne a noci (Pižl, 2010).

### 3.1.3.2 Požadavky na prostředí

Žížaly, stejně tak jako ostatní živočichové, mají své požadavky na prostředí, ve kterém žijí. Jako saprofágní živočichové jsou velmi významnou skupinou půdní makrofauny (tj. půdních bezobratlých větších než 10 mm). Samozřejmě i v této skupině můžeme nalézt výjimky, a to žížaly žijící na kmenech či větvích stromů či druhy tvořící bentos ve sladkých vodách. Mezi nejvýznamnější faktory ovlivňující život žížal patří potravní zdroje, vlhkost, teplota a půdní reakce (Pižl, 2002).

Abundance žížal je ovlivněna texturou půdy. Velmi málo jich nalezneme v rašelinných, písčitých a šterkovitých půdách (Pommeresche et al., 2010) a to vzhledem k rizikům abraze a vysychání půdy (Pižl, 2002). Naopak jejich větší počty se vyskytují v půdách hlinitých, hlinitopísčitých a jílovitých s nižším obsahem jílu. Také klima a poloha mohou působit na přítomnost žížal v půdách stejného typu (Pommeresche et al., 2010).

Vlhkost je jedním z faktorů limitujících aktivitu žížal (Pommeresche et al., 2010). Pižl (2002) uvádí, že fyziologické postupy usměrňující ztrátu vody (kutikula s obsahem lipidů, uzavíratelné dorsální póry, regulace výdeje moči, produkce moči do střeva a následná resorbce vody) jsou poměrně málo účinné, naopak tolerance ke ztrátě vody je značná. Jako obranu před suchem žížaly modifikují svůj životní cyklus (kokonizace), přecházejí k neaktivním stádiím či se stěhují na vlhčí místa. Také snášenlivost vysoké vlhkosti je relativně velká. Schopnost přežít a rozmnožovat se ve vodě zvládají některé druhy žížal až po dobu několika měsíců, tato schopnost je však limitována obsahem kyslíku, UV zářením a teplotou vody.

Optimální teplotní rozmezí pro vývoj evropských druhů se pohybuje mezi 10 – 15 °C, vyšší teploty (15 – 20 °C) vyhovují především epigeickým druhům (Pižl, 2002). Jedinci žijící v hlubších vrstvách půdy upřednostňují chladnější podmínky (Pommeresche et al., 2010). Evaporace vody z povrchu těla představuje omezenou schopnost ochlazovat se, která je proveditelná pouze ve vlhkém prostředí, jelikož žížale nehrozí vyschnutí (Pižl, 2002). Škodlivý vliv vysoké teploty může být nejenom přímý, ale také nepřímý díky zvýšené aktivitě mikroorganismů v substrátu, což se projevuje jejich zvýšenou spotřebou kyslíku. Teplota by ideálně neměla překročit 25 °C (Hanč a Plíva, 2013). Spodní hranice teploty pro přežití žížal se pohybuje kolem bodu mrazu (Pižl, 2002).

Většina druhů žížal nejlépe prospívá v půdách s neutrální hodnotou pH (resp. v rozmezí pH 6 – 7). Některé druhy jsou však k hodnotě pH tolerantní. Druhy, které může reprezentovat například *Dendrobaena octaedra*, jsou acidotolerantní a obývají kyselé půdy s pH v rozmezí 3,7 – 4,7. Ubikvisti, jako např. *Lumbricus rubellus*, tolerují pH 4,7 – 7. Ostatní druhy, označované jako acidointolerantní, se v kyselých půdách nevyskytují. Existují i výjimky, některé druhy se mohou vyskytovat i v půdách silně kyselých (pH 3,5) či alkalických (pH > 8) (Pižl, 2002).

Kromě pH má významný vliv na abundanci žížal také obsah bazických elementů jako např. vápníku, draslíku či hořčíku (Kula a Švarc, 2011). Díky tenké pokožce jsou žížaly citlivé na rychlé změny iontové koncentrace v půdním roztoku. I malá koncentrace těchto látek může působit nepříznivě (Pommeresche et al., 2010).

Odolnost žížal k množství solí v půdě je závislá na hodnotě pH. Při hodnotě půdy pH 6 – 8 je snášenlivost solí nejlepší. Jejich přílišně vysoká koncentrace může působit fytotoxicky, a proto preferují jejich obsah do 0,5 % (Hanč a Plíva, 2013).

Jako další faktor ovlivňující populace žížal se ukazuje obsah dusíku, především poměr C:N (Kula a Švarc, 2011), UV záření, redox-potenciál půdy atd. (Pižl, 2002).

Vysazování žížal do půdy se nejeví jako dostatečně účinné. Pro zvýšení jejich počtu se osvědčilo jako nejlepší řešení vylepšení podmínek pro ty druhy, které se na daném místě přirozeně vyskytují (Pommeresche et al., 2010).

### 3.1.3.3 Potrava

Základním zdrojem potravy je organická hmota, nejčastěji rostlinného původu, ale mohou požívat i organickou hmotu původu živočišného (Pižl, 2002; Pommeresche et al.,

2010). Dalšími potravními zdroji jsou půdní mikroorganismy, v menší míře mají půdní živočichové (prvoci, půdní hlístice a chvostokoci) (Pižl, 2002), vlákna mikroskopických hub a řasy, které se přimíchávají do potravy (Pommeresche et al., 2010). U některých tropických druhů můžeme pozorovat i vzájemné požívání žížal z různých čeledí (Pižl, 2002). Organická hmota je dostupná nejen z nadzemních částí rostlin, ale také z odumřelých kořenů. Dalším významným prvkem v potravě jsou hleny vylučované z živých kořenů rostlin (Pommeresche et al., 2010). Žížaly jsou nuceny pobývat v blízkosti potravních zdrojů a to kvůli své nízké pohyblivosti (Pižl, 2002). Všichni zástupci žížal musí, pro správnou činnost svalnatého žaludku, s potravou přijímat i částičky hlíny a zrna písku (Pommeresche et al., 2010).

Podle toho, co žížaly upřednostňují v potravě, je můžeme rozdělit do dvou skupin na detritofágy a geofágy. Detritofágní druhy se živí tlejícími rostlinnými zbytky či exkrementy savců ve svrchní vrstvě půdy či přímo na povrchu. Mezi dobře stravitelné zbytky patří vojtěška a jetel. Pro potravu ne zcela vhodné se jeví jehlice jehličnanů. Geofágové se specializují na přímé hledání míst, kde požívají velké množství hlíny, které obsahuje organické zbytky a mikroflóru (Pižl, 2002).

Na populaci žížal má velký vliv kvalita potravy a to dokonce větší jak její kvantita (Satchell and Lowe, 1967). Nedostatek potravy ale může spustit mezidruhovou konkurenci (Ammer, 1992), která se často projevuje redukováným počtem dospělých jedinců a kokonů (van Rhee, 1967).

### **3.1.3.4 Rozmnožování**

Žížaly jsou schopny se rozmnožovat po většinu roku a skoro celý dospělý život (Pižl, 2002). Naopak van Rhee (1967) uvádí, že pokud se zvýší hustota populace na určitém místě, dochází ke snížení intenzity rozmnožování. K páření dochází buď na povrchu půdy, nebo častěji přímo v půdě (Pommeresche et al., 2010).

Jak již bylo řečeno, žížaly jsou hermafroditi s oddělenými varlaty a vaječníky, které dozrávají prakticky simultánně (Smrž, 2013). Nejčastěji dochází při rozmnožování ke kopulaci a předávání spermatu mezi dvěma jedinci, při kterém jsou oba spojeni předními konci na opačné strany (Smrž, 2013). Poté si jedinec uchovává partnerské sperma v chámových schránkách (Pižl, 2002). Několik dní po páření začne opasek produkovat váček se slizem, který se následně přesouvá k hlavové části žížaly (Pommeresche et al., 2010). Při pohybu přes samičí pohlavní otvor se do něj usadí vajíčka, dále potom spermie ze zásobních

váčků a dojde k oplození. Váček se nakonec sesune přes hlavovou část, uzavře se na obou stranách a stává se z něj kokon (Pommeresche et al., 2010; Smrž, 2013). Kokony jsou většinou 2 – 5 mm velké, žlutohnědé, různého tvaru a může se v nich nacházet až 20 vajíček (Pommeresche et al., 2010). Jedna žížala může vyprodukovat 3 až 100 kokonů za rok, množství je závislé na druhu žížaly, živinách a klimatu (Pommeresche et al., 2010). Inkubační doba kokonů se pohybuje od několika dní až po měsíce a je závislá na teplotě a vlhkosti prostředí (Pižl, 2002). V kokonu se uskutečňuje rýhování a posléze vývoj nového jedince, který má stejný způsob života a podobu jako dospělí jedinci (Smrž, 2013). Optimálními podmínkami pro líhnutí jsou dostatečně vlhká půda a teplota kolem 15 °C. I přes větší počet vajíček v kokonu se většinou nevylihne více než jeden nebo dva jedinci s plným počtem článků, avšak drobné velikosti, kolem 0,5 – 1,5 cm (Pommeresche et al., 2010). Dalším způsobem rozmnožování je výměna spermatu pomocí přilnavých spermatoforů, které slouží k přímému oplození vajíček při vytváření kokonu (Pižl, 2002).

Několik druhů žížal (např. *Eisenia fetida*, *Dendrobaena octaedra* aj.) se mohou rozmnožovat partenogeneticky, což znamená vývin jedince ze samičího vajíčka, které nebylo oplozeno samčí pohlavní buňkou. Tento způsob je rozšířený spíše u vodních máloštětinatců, u terestrických žížal se vyskytuje jen vzácně (Pižl, 2002).

### 3.1.3.5 Roční cyklus

Největší aktivitu žížal můžeme zaznamenat v jarních měsících, kdy se často líhnou noví jedinci z kokonů a ti, co přezívali, se opětovně stávají aktivními a začínají hledat potravu. Během teplého a deštivého počasí můžeme pozorovat tzv. žížalí pochody, které podnikají z důvodu hledání potravy či vhodného partnera pro spáření. Tato putování jsou pro ně nejméně nebezpečná v noci (Pommeresche et al., 2010).

Většina druhů svou aktivitu podmiňuje podmínkám prostředí, ale můžeme nalézt i druhy, které se řídí svými vnitřními biologickými hodinami. V podmínkách příznivých pro život mohou být delší dobu aktivní, avšak s příchodem sucha, mrazu či přílišného tepla se žížaly snaží těmto podmínkám uniknout do větších hloubek, či přejít do klidového stádia. V parném létě se jedinci mohou přesunout hlouběji ke kořenům rostlin, které přináší lepší vlhkostní podmínky (Pižl, 2002).

Mráz a mrazové vysoušení jedincům škodí, a proto při této situaci využívají různé životní strategie jak při těchto situacích přežít (Pommeresche et al., 2010).

Epigeické druhy žížal se začínajícím mrazem hynou a zimu přežijí pouze jejich kokony. Těmto jedincům nezbyvá nic jiného, než svůj životní cyklus dokončit v řádech několika měsíců po vylíhnutí (Pižl, 2010).

Anektické druhy přečkávají zimu ve stádiu kviescence. S poklesem teploty vytvoří komůrku v půdě, jejíž stěny obalí slizem a výkaly, stočí se do klubička a vyloučí další sliz, aby nedošlo k vyschnutí těla. Toto stádium je nenáročné na energii, žížala se znehybní a zpomalí své fyziologické pochody (Pižl, 2010; Pommeresche et al., 2010). Pomalu tráví své tukové zásoby, přičemž může ztratit až 50 % tělesných tekutin aniž by to jedince jakkoliv poškodilo (Pommeresche et al., 2010). S příchodem vyšších teplot se opětovně vracejí k aktivnímu životu (Pižl, 2010).

Endogeické druhy žížal se projevují jako praví zimní spáči, kteří se přesouvají do hloubek na konec svých chodbiček, kde si počínají podobně jako anektické druhy. Klidové stádium se zde nazývá diapauza (Pižl, 2010).

Produkce kokonů je ovlivněna řadou faktorů jako například ekologickou strategií druhu. Podle Pižla (2002) jich nejvíce nalezneme na jaře a v časném létě, Pommeresche et al. (2010) však tvrdí, že kromě jara dochází k největší produkci také na podzim. Oba autoři se však shodují, že produkce je nejnižší v zimě.

Také růst a dospívání žížal se liší dle jednotlivých druhů a podmínek prostředí. Stejně tak je i rozdílná celková doba života. V přírodě můžeme sledovat jak druhy, které se dožívají jen několika měsíců, tak žížaly žijící i několik let. Druhý případ je spíše výjimečný, neb jsou tyto živočichové vystavováni nepříznivým podnebím, predátorům, parazitům apod., což dobu dožití snižuje (Pižl, 2002; Pommeresche et al., 2010). Jako rekordmani se však jeví jedinci, kteří byli nalezeni v přírodě a jejich věk byl odhadován až na 12 let, případně 30 let staří zástupci žížal v umělých chovech (Pommeresche et al., 2010).

### **3.1.3.6 Ohrožení parazity a predátory**

Žížaly představují zdroj potravy pro mnohé živočichy. Jak už z řady obratlovců (krtci, ptáci, žáby, rejsci a jiní) tak také pro bezobratlé (mravenci, krtonožky, stonožky, střevlíci apod.) (Pižl, 2002; Kula a Švarc, 2011). V přírodě najdeme i potravní specialisty, kteří se živí výhradně těmito kroužkovci. Jsou to například suchozemské ploštěnky, měkkýši z rodu *Testacella* či pijavky. Největší predační tlak na populace žížal je vyvíjen z řad ptáků a savců (Pižl, 2002).

Žížaly též hrají významnou roli jako hostitelé mnoha parazitů. Mohou představovat foretické hostitele (Pižl, 2002), což znamená, že žížalovití v těle přenáší vajíčka nebo larvy cizopasníků na pro ně lepší místa bez toho, aby cizopasníci prodělali další podstatnější vývoj (Kratochvíl, 1966). Mezi tento typ cizopasníků patří hlístice čeledi Rhabditidae (háďovití), které se přechodně vyskytují v žížalích nefridiích a pohlavních vývodech. Jako parateničtí hostitelé, u kterých se cizopasník v těle také nevyvíjí, ale čeká na definitivního hostitele, slouží žížaly pro srostlice rodu *Syngamus*. Roli mezihostitelů plní u prvoků či tasemnice a jako konečný hostitel slouží řada žížal u různých druhů hlístic, roztočů a larev dvoukřídlých (Pižl, 2002).

### **3.1.3.7 Ovlivnění abundance**

Pižl (2002) uvádí, že věková struktura populace se liší podle druhu, typu ekosystému a podmínek prostředí. Dále také vyzkoumal, že juvenilní stádia převažují, ve většině případů, nad dospělci.

Počet druhů v biocenózách závisí zejména na geografické poloze a na typu a zachovalosti ekosystému. Celková rozmanitost a bohatost společenstev žížal je, ve střední Evropě, pak významně ovlivněna čtvrtohorním zaledněním, s tím, že se diversita snižuje od jihu na sever a od východu na západ (Pižl, 2002).

V Evropě se ve společenstvech vyskytuje 2 – 16 druhů žížal. Nejméně druhů pak nalezneme v rašeliništích, jehličnatých lesích nebo na orných půdách. Naopak bohatá společenstva se nacházejí v lužních lesích či na loukách (Pižl, 2002).

## **3.1.4 Vliv na fyzikální vlastnosti půdy**

### **3.1.4.1 Půda jako živý systém**

Půda obsahuje velké množství uhlíku, jeho zvýšený obsah se vyskytuje především v půdní organické hmotě, která má mnoho podob, od tlejících listů na povrchu půdy až po humusové látky. Rozklad organických látek půdními organismy ovlivňuje řadu vlastností půdy jako je pH, tepelný režim, schopnost retence vody a živin a samozřejmě i obsah organické hmoty. Hlavními zdroji organické hmoty dostávajícími se do půdy jsou rostliny a to

buď formou opadu, anebo kořenovými výměšky. Vzájemné působení různě velkých organismů výrazně působí na přeměny organické hmoty v půdě (Frouz, 2010).

### **3.1.4.2 Ovlivnění fyzikálních vlastností půdy**

Význam žížal spočívá, mimo jiné, v produkci exkrementů, které pozitivně působí na kvalitu půdy, v utváření chodeb, působení na chemické složení půd, rozrušování kompaktnosti půd (Muys, 1989), provzdušňování, rozměňování, zpřístupnění živin, či v transportu rostlinného materiálu (Vrba a Huleš, 2007).

Velmi důležitým procesem je přeměna složitých organických sloučenin do podoby jednoduché, která je snadno přijatelná rostlinami (Kula a Švarc, 2011). Rozklad odumřelých rostlin se uskutečňuje dvakrát rychleji s působením žížal než bez nich (Pommeresche et al., 2010).

Vývoj půd a formování celé krajiny by se neobešlo bez vlivu žížal (Frouz a Poklopová, 2011). Někteří jedinci přenášejí zeminu a jiné částičky z hlubších vrstev půdy na povrch a další druhy zase naopak transportují částice (rostlinné zbytky) z povrchu do spodních pater půdy (Pommeresche et al., 2010). Tato činnost žížal napomáhá v udržení dobré drobtovité struktury půdy bez vzniku krusty na povrchu, což má pozitivní vliv na klíčení a růst malých rostlinek (Kladivko et al., 1986; Pižl, 2002).

Lepším vstřebáváním půdní vláhy se projevují půdy bohaté na populace žížal, než ty bez nich. Rychlost infiltrace vody zvyšují vertikální chodbičky, které často ustojí i záplavy. Půda je poté méně náchylná k podmáčení a tím pádem se i větší podíl srážkové vody (popřípadě závlahy) dostane do větších hloubek, přímo ke kořenům rostlin (Pižl, 2002).

Vytvoření kvalitních podmínek pro žížaly znamená také vytvoření dobrých podmínek pro pěstované rostliny a podpoření pozitivní kooperace (Pommeresche et al., 2010).

#### **3.1.4.2.1 Exkrementy**

Produkce exkrementů má významný vliv, neboť se v nich mísí rozložené organické zbytky, minerální částice a mikroflóra a díky tomu pozitivně působí na kvalitu půdy (Pižl, 2002; Kula a Švarc, 2011).

Exkrementy jsou ukládány jak na povrchu půdy (v našich podmínkách 40 – 50 tun / ha / rok, což představuje 4 – 5 mm silnou vrstvičku), tak i pod povrchem (Pižl, 2002).

Žížaly sice část živin využijí pro svou výživu, ale i přes tento fakt exkrementy vykazují vyšší koncentrace živin než okolní půda. Živiny se stávají lépe dostupnými pro organismy a jiné se zase vážou do stabilních humusových forem ve výkalech (Pommeresche et al., 2010). Dobře přijatelné živiny jsou nejen z exkrementů žížal, ale také z jejich moči, sekretů žláz a při rozkladu mrtvých těl (Pižl, 2002).

Výkaly žížal tvoří nedílnou složku půdních agregátů. Kvalitní agregáty jsou tvořeny částicemi jílu, zrnky písku, humusem, slizem a exkrementy půdních živočichů. Pokud je půdní struktura kvalitní, tak v půdě není problém s uspokojivým obsahem vody, vzduchu a živin, i s dostatečným prostorem pro růst kořenů a půdní organismy (Pommeresche et al., 2010).

Neméně důležité jsou při hromadění uhlíku v půdě, neboť ve střevě žížal dochází k obalování drobných částíček organické hmoty jíly. Díky tomu se pomaleji rozkládají, než kdyby se stejná organická hmota nacházela v původní podobě na povrchu půdy, nebo v ní (Frouz, 2010). I humusové horizonty černozemě jsou vytvářeny z větší části žížalími exkrementy (Frouz a Poklopová, 2011).

#### **3.1.4.2.2 Chodby**

Chodbičky žížal napomáhají provzdušňování a celkovému zlepšení fyzikálních vlastností půdy (Stockdill and Cosens, 1967) a to především pórovitostí, vodního a plynného systému půd (Pižl, 2002).

Žížalí chodby patří do skupiny makropórů (1 – 10 mm) a jejich početnost zvyšuje celkový objem těchto větších pórů v půdě. Tyto makropóry výrazně zlepšují infiltraci vody do půdního profilu (Pižl, 2002).

„V některých půdách se chodby dostávají do hloubky 80 – 90 cm. Jsou známy i případy, kde v dobře propustných jílovitých půdách, byly zaznamenány chodby vedoucí až dva metry pod povrch půdy.“ (Pommeresche et al., 2010). Početnost chodbiček je závislá na půdním druhu, klimatu, vlhkostních podmínkách, rostoucích rostlinách a samozřejmě na druhovém složení a početnosti žížal. Jejich počet se tedy může pohybovat od desítek až po stovky chodeb na metru čtverečním (Pommeresche et al., 2010).

Chodby žížal jsou vyhledávaným místem pro růst kořenů rostlin (Pižl 2002; Pommeresche et al., 2010), zejména v utužených půdách jsou chodby nápomocným faktorem pro tvorbu bohatého kořenového systému, což je podmínka pro zásobení živinami a vodou



a celkového dobrého prospívání rostliny (Pižl, 2002). Některé druhy žížal používají sliz a exkrementy k uhlazení a zpevnění svých chodeb, tato činnost má za následek, že tyto chodbičky obsahují více živin než okolní půda (Pommeresche et al., 2010).

#### **3.1.4.2.3 Kooperace žížal s mikroorganismy**

Skoro polovina mikroorganismů poutajících vzdušný dusík se vyskytuje právě ve stěnách žížalích chodbiček, kde jsou pro ně mnohem lepší podmínky než v okolní půdě (Vrba a Huleš, 2007; Pommeresche et al., 2010). Na stěnách chodeb jsou soustředovány dusíkaté metabolity (z výkalů) a sekrety, je zde zvýšená dostupnost kyslíku i vody (Pižl, 2002; Pommeresche et al., 2010). Zvýšený obsah cukrů, který je obsažen ve stěnách chodeb a pochází ze slizu, jež má vyztužovací charakter, je vítaným zdrojem energie pro mikroflóru (Pommeresche et al., 2010).

Výkaly žížal obsahují mnohem více mikroorganismů než okolní půda a to díky vyššímu obsahu živin a vhodné vlhkosti exkrementů. Část mikroorganismů projde zažívacím traktem nedotčená. Některé mikroorganismy žížala pozře a jiné jsou přirozenou složkou jejího trávicího traktu a pomáhají kupříkladu štěpit lignin či celulózu z rostlinných zbytků (Pommeresche et al., 2010).

### **3.1.5 Metody sběru a konzervace**

#### **3.1.5.1 Sběr žížal**

Použití metody sběru žížal je závislé na tom, k jakému účelu chceme nasbíraný materiál použít. Zdali chceme získat pouze kvalitativní údaje o společenství na určitém místě, či zástupce jednotlivých druhů pro chovy, sbírky, laboratorní výzkumy apod. (Pižl, 2002).

Pižl (2002) rozděluje metody sběru na individuální a kvantitativní. Při individuálním sběru jsou žížaly sbírány z různých mikroprostředí na určitém stanovišti. Z půdy, opadanky, organického materiálu, sběr probíhá pod kameny, mechem, kůrou a masou padlých kmenů, v bahně či stojaté vodě. Pro získání dat o velikosti a uspořádání společenstev nebo aktivitě žížal je vhodné použít kvantitativní metody sběru, které se dále rozdělují do tří základních skupin: metody mechanické, etologické a nepřímé. Pro získání kvalitních kvantitativních dat se často používá kombinace několika metod.

### 3.1.5.1.1 Metody mechanické

Tyto metody jsou postaveny na rozdílu fyzikálních vlastností půdy a těl žížal (Pižl, 2002).

**Ruční rozbor půdy** (či jiného materiálu) patří mezi základní metody. Po odebrání jsou vzorky půdy přemístěny do laboratoře, kde jsou ručně probírány (Sims and Gerard, 1999). Kromě aktivních žížal se při této metodě dají získat i kokony a neaktivní jedinci v klidovém stavu, i když to neplatí vždy, kvůli možnosti přehlédnutí malých (juvenilních) jedinců (Pižl, 2002). Metoda je destruktivní pro prostředí, velmi pracná a časově náročná a je omezena hloubkou odebrání vzorků (Čoja et al., 2008).

**Prosívání vzorku** je metoda také časově náročná a pracná. Jedná se o prosívání vzorku sadou sít se zmenšujícími se oky. Výhodou je získávání kokonů a juvenilních zástupců i klidových stádií. Nevýhodou je možnost mechanického poškození jedinců (Tuf, 2013).

### 3.1.5.1.2 Metody etologické

Jedná se o postupy využívající reakce žížal na podráždění či zhoršení podmínek prostředí, ve kterém se vyskytují (Pižl, 2002).

Metoda **formalínové extrakce** tkví v použití slabého roztoku formaldehydu na předem danou část půdního povrchu (Sims and Gerard, 1999). Metoda je náročná na přepravu velkých objemů roztoku, kde na 1 m<sup>2</sup> je potřeba 5 – 20 litrů roztoku (Pižl, 2002). Její výhodou je poměrně malá pracnost, avšak různá efektivita pro různé druhy a věková stádia, či možnost extrakce pouze aktivních žížal ji znevýhodňují (Čoja et al., 2008). U formaldehydu, jako známého karcinogenu, byl prokázán negativní vliv na flóru (Gunn, 1992).

**Extrakce elektrickým proudem** představuje nedokonalou, často i velmi nebezpečnou metodu (Sims and Gerard, 1999), která byla pro vědecké účely nahrazena tzv. **oktetovou metodou**, při které je do půdy umístěno osm elektrod napájených z autobaterie. Jako nesporné plus metody je časová nenáročnost, malá pracnost i nepatrné narušení prostředí. Finanční náklady, nezískání kokonů a klidových stádií, závislost na půdních a klimatických podmínkách patří mezi zápory této metody (Pižl, 2002).

**Tepelná extrakce** je využívána hlavně pro získávání půdní mezofauny. Jedná se o postupné zvyšování teploty a tím vysychání vzorku, který se nachází na sítu uvnitř extrakčního aparátu. Živočichové se snaží z těchto podmínek uniknout a jsou zachycováni v nádobě s vodou nebo fixačním roztokem pod sítí. Předností je získání i juvenilních stádií,

naopak nevýhodou je finanční náročnost, extrakce pouze aktivních jedinců a narušení stanoviště při odběrech půdy (Pižl, 2002).

Mezi další etologické metody patří **extrakce hořčičným semínkem, saponáty, nebo manganistanem draselným** (Sims and Gerard, 1999). Pro získávání exotických druhů žížal lze použít i **metodu vibrační** (Tuf, 2013).

### 3.1.5.1.3 Metody nepřímé

Metody nepřímé spočívají například v označení a vypuštění daných jedinců a následném odchytu všech žížal. Za další můžeme považovat kvantifikaci výkalů či chodeb apod. (Pižl, 2002).

### 3.1.5.2 Konzervace žížal

Nejvhodnějším médiem pro konzervaci odebraných jedinců se jeví 7 – 11 % roztok formaldehydu. Jako alternativa může posloužit i roztok etanolu (70 %), který však vede k odvodnění vzorku (což má za následek smrštění těla), dále způsobuje ztvrdnutí a odbarvení (Pižl, 2002). Další možností může být i použití 12 – 25 % roztoku vodky, ginu nebo bílého rumu (Sims and Gerard, 1999).

## 3.2 Vliv těžby dřeva na společenstva žížal

### 3.2.1 Lesní ekosystémy

Lesní ekosystém je různorodé společenství skládající se ze složky abiotické (půda, vzduch, voda) a biotické (rostliny a živočichové). Les má mnoho funkcí a je označován jako strukturně nejsložitější suchozemský ekosystém (Samec a kol., 2012). Jeho funkce jsou mimo jiné ovlivnění vodní bilance, vypařování vody a pochodů v atmosféře. Les pohlcuje škodlivé látky, reguluje teplotu okolního vzduchu a chrání půdu. Je životním prostředím různých druhů rostlin a živočichů (Novák, 2009).

Ve střední Evropě se nalézají dva základní typy biomů lesa: listnaté a smíšené lesy a horská smrková tajga. Dále zde můžeme zaznamenat lesy lužní a bodově skalní nebo

rašelinné bory. Z hlediska vlivu člověka historicky došlo nejen k značnému úbytku ploch lesů, ale také ke změnám struktury lesů. Zásahy do krajiny a ekologických procesů z minulosti (průmyslové znečišťování a dopady imisí) ještě stále ovlivňují současné ekosystémy (Samec a kol., 2012).

Lesní ekosystémy charakterizuje vyšší půdní stabilita díky dlouhověkosti porostů, naproti agrocenózám s intenzivním obhospodařováním (Kula a Švarc, 2011).

### 3.2.2 Společenstva žížal lesů

Důležitým životním prostorem pro zoedafon (hlístice, prvoky, kroužkovce, hmyz atd.) je půda lesních ekosystémů. Především zástupci tzv. hypogeického edafonu (pohybující se v různých vrstvách půdního profilu) se účastní kvalitativních změn v půdě, kde zvyšují pórovitost, přemísťují půdní částice mezi jednotlivými vrstvami a rozkládají organické složky, což je specialita zástupců žížalovitých (Kula a Švarc, 2011). Vývoj půdy pod určitým typem vegetace je dán nejen samotnou vegetací, ale i půdními organismy, které v ní žijí (Frouz, 2010).

Lesní ekosystémy patří z hlediska abundance žížal, biomasy i množství druhů k těm méně bohatým (Huhta et al., 1986). Rozklad opadu a hromadění surového humusu je podmíněno přítomností žížal (Kula a Švarc, 2011). Také Ponge (1999) uvádí, že i když zlepšíme podmínky pro růst již vzrostlých stromů, ale v půdě se nebude nacházet dostatečná populace žížal, zkvalitnění růstových podmínek nebude tak markantní, jako kdyby se žížaly v půdě nacházely a zajišťovaly obohacování půdy o živiny.

V našich lesích se abundance a biomasa žížal pohybuje v rozmezí 30 – 400 jedinců/m<sup>2</sup> a 2 – 50 g/m<sup>2</sup> (Pižl, 2002). Nižší hodnoty se vyskytují především v chudých kyselých a horských smrčinách (Huhta et al., 1986). I stanoviště s nulovou abundancí nejsou výjimečná (Kula a Švarc, 2011).

Jako početně a druhově nejbohatší se ukazují mulové bukové a čisté listnaté lesy. Vyšší výskyt žížal je i v dubových a smíšených horských lesích (Kula a Švarc, 2011). Především bučiny s vlhkou půdou a hustým bylinným patrem se jeví jako velmi rozmanité ekosystémy České republiky a Pižl (2007) zde uvádí nadprůměrný výskyt až 30 druhů žížal. Naopak bučiny s řídkým bylinným pokryvem a nízkou hodnotou pH nevytvářejí příliš vhodné podmínky pro žížaly (Römbke, 1987).

Co se týká jehličnatých porostů, tak i v těch se může vyskytovat relativně bohatá fauna žížal (Kula a Švarc, 2011), i když Ammer (1992) shrnutím dřívějších studií zjistil, že vykazují sníženou populační hustotu. Jehličnaté lesy jsou typické vyšší kyselostí a tomu odpovídajícími druhy žížal, které snáší nižší pH. Výskyt žížal v jehličnatých lesích je často limitován mikrostanovišti s příhodnými podmínkami a dostatkem vody (Kula a Švarc, 2011).

V listnatých lesích je důležitým faktorem opad, který je pro žížaly mnohem více dostupný (má pozitivní vliv na pH), než opad jehličnanů. Jako žížalám nejvíce vyhovující se ukazují buky, břízy, olše a topoly. Také zvýšená dřevinná rozmanitost působí pozitivně na vyšší hustotu osídlení (Kula a Švarc, 2011).

Velmi zajímavá společenstva můžeme nalézt také mezi okrajem lesa a ornou půdou. Vyskytují se zde jak druhy typické pro lesní společenstva, tak některé méně odolné druhy, jimž orba ničí systémy chodeb a snižuje potravní zdroje (Kula a Švarc, 2011).

Jak v lesních půdách severní a střední Evropy, tak i v lesích mírného pásu se nejčastěji vyskytují druhy *Dendrobaena octaedra*, *Dendrodrilus rubidus* a *Lumbricus rubellus* (Römbke, 1987). Mnohdy se k velmi častým druhům připojují endogeické *Aporrectodea rosea* a *A. caliginosa* (Huhta et al., 1986). V lesních ekosystémech České republiky je typickým druhem také *Dendrobaena vej dovskyi* (Pižl, 2007). V převážně původních smrkových porostech jsou uváděny nálezy *Dendrobaena attemsi*, avšak její rozšíření se v současnosti zvyšuje i na jiných stanovištích (Kula a Švarc, 2011). Invazivní a relativně častý v lesích je i endogeický druh *Octolasion lacteum*, který se často vyskytuje na okrajích lesních porostů a celkově v místech s dobrými vlhkostními podmínkami. Další velmi častou žížalou je kosmopolitní *Lumbricus terrestris*, která preferuje spíše hluboké půdy listnatých lesů a jen ojediněle obývá lesy jehličnaté (Pižl, 2002). Druh vyskytující se převážně v listnatých lesích je *Allolobophora eiseni* (Pižl, 2007).

### 3.2.3 Ovlivnění lesních ekosystémů lidskou činností

Lesní ekosystémy a zároveň i půdní fauna lesů byly a jsou neustále ovlivňovány antropogenní činností. Jako velký problém se ukazuje okyselování lesních půd způsobené lidským faktorem, které zapříčiňuje pokles půdní reakce či mobilizaci hliníku a jiných tzv. těžkých kovů. Lumbricidae, jako velmi citliví živočichové na hodnotu pH, velmi obtížně přežívají v kyselých půdách. Především endogeické a anektické druhy se jeví jako velmi citlivé a obecně lze říci, že abundance žížal se s okyselováním snižuje (Kula a Švarc, 2011).

### 3.2.3.1 Těžba dřeva

To, proč se těží dřevo, má mnoho příčin. Ať už se jedná o získávání dřeva pro průmysl a domácnosti, odlesnění kvůli ploše (orná půda) či stavebně-technické činnosti. Každá těžba je silným narušením lesního ekosystému a je při ní nutné postupovat citlivě, aby škody na společenstvech byly co nejnižší (Novák, 2009). Z čistě ekonomického aspektu se vlastníci lesních porostů snaží minimalizovat náklady na pěstební a těžební činnosti a získat co největší finanční ohodnocení za prodej dřeva. V tomto jim pomáhá nasazení „levných technologií“ na těžbu, které ovšem způsobují nejen poškození dřeva samotného, ale jejich důsledkem je i zhutnění, zamokření a eroze půdy. To může vést až k rozvrácení lesních ekosystémů (Neruda a Valenta, 2004).

Vlastník lesa je však povinen zajistit zachování funkce lesa a chránit lesní genofond. Pokud výměra lesa překročí 50 ha, je povinností vlastníka hospodařit podle lesního hospodářského plánu. Lesy s nižší výměrou se řídí tzv. lesní hospodářskou osnovou. Sama těžba má být chápána jako součást celkové péče o les, jejímž účelem je obnova lesa (Rada, 1999).

Rada (1999) rozumí výchovou lesa opatření usměrňující skladbu, růst, vývoj a zdravotní stav porostu, což zajišťuje správnou funkci lesa. Jako mýtní těžbu označuje těžbu úmyslnou, předmýtní je úmyslná s výchovným charakterem a těžba nahodilá slouží k odstranění suchých, nemocných či vyvrácených stromů. Holina, která vznikne těžbou, musí být znovu zalesněna do dvou let po vytěžení.

Při každém těžebním zásahu jsou v určité míře poškozovány jak stromy, tak také půda. Pokud jsou nasazeny těžební mechanismy, dochází často ke zhutnění půdy. To zapříčiňuje zmenšování velikosti půdních pórů, zvětšení objemové hmotnosti půdy, snížení provzdušněnosti a tím i změnu růstu kořenů. Mechanizační prostředky mají vliv i na vodní režim v půdě. Dochází zde ke snížení schopnosti infiltrace, zvýšení povrchového odtoku pro atmosférické srážky a další. Ani rozrušení a strhávání povrchového humusu či obnažení a porušení lesních půd stroji není výjimkou. Po delším čase, kdy se pojezd strojů opakuje, může dojít až ke snížení dosažitelnosti volně pohyblivých látek v půdě (Neruda a Valenta, 2004). Další reakce, která se projevuje až s odstupem času, je nárůst erodovatelnosti, která se projevuje zvýšeným odnosem částic z povrchu odlesněného ekosystému (Blažková a kol., 1994).

To, jakou měrou bude půda poškozena, záleží na mnohých faktorech (Neruda a Valenta, 2004).

Hlavní faktor při hutnění půd je měrný tlak vyvíjený na půdu pneumatikami či pásy těžebních strojů. Jako pro půdu únosná hodnota je považováno 50 kPa, což je často překračováno prostředky, které vyvíjejí tlak větší než 90 kPa (Neruda a Valenta, 2004).

Nelze opomenout ani celkovou hmotnost vozidla a tím se zvyšující hloubku vyjetých kolejí. I když převažuje názor, že půda lépe snáší větší náklady dřeva při menším počtu jízd, než naopak. Jako šetrnější se zdají být nízkotlaké (flotační) pneumatiky, ale toto tvrzení neplatí u všech druhů půd (Neruda a Valenta, 2004).

I přírodní podmínky mají vliv na to, jak moc bude půda těžbou ovlivněna. Závisí především na jednotlivých zrnitostních frakcích a s nimi spojenou pórovitostí, neboť objem pórů výrazně ovlivňuje stlačitelnost zeminy. Půda s přirozenou menší pórovitostí je hůře deformovatelná. Pokud se zvyšuje vlhkost, roste i tendence ke zhutňování. Jestliže jsou zrna půdy obalena vodou, kladou menší odpor ke stlačení a těsnějšímu uspořádání než u suché půdy (Neruda a Valenta, 2004).

Podstatnou roli zde hraje také vliv počasí a ročního období, které mohou zhoršovat podmínky pro těžbu (déšť, mráz, sněhová pokrývka) (Neruda a Valenta, 2004).

Kácení dřevin má ve většině případů za následek snížení abundance žížal. Kula a Švarc (2011) však poukazují na pozitivní vliv zbylé organické hmoty po těžbě. Pro obnovu ekosystémů po těžbě dřeva a jejich správné fungování je důležitá vzájemná interakce různých organismů (Frouz, 2010).

## 4. Vlastní metodika

### 4.1 Obec Zahrádky

Sběr žížal probíhal v obci Zahrádky u České Lípy na severu Čech. Po roce 1547 zde byl postaven renesanční zámek. K zámku patří také zámecký park, s výskytem řady stromů a keřů. Za všechny můžeme jmenovat například dominantní *Carpinus betulus* (habr obecný). Součástí zámeckého parku se stal v 19. století i skalní kaňon Robečského potoka, Peklo, dnes národní přírodní památka díky hojnému výskytu *Leucojum vernum* (bledule jarní), v jehož okolí probíhalo stanovení diversity žížal.

Mezi další zajímavosti můžeme zařadit viadukt z roku 1898 probíhající nad údolím a národní přírodní rezervaci Novozámecký rybník s výskytem vzácných druhů ptáků jako *Grus grus* (jeřáb popelavý), *Circus aeruginosus* (moták pochop), *Caprimulgus europaeus* (lelek lesní) a další (Daniel, 2006).

### 4.2 Popis lokalit

#### Lokalita č. 1 – lesní stanoviště

První lokalitou byl les nacházející se v podzámčí na levém břehu Robečského potoka. Na obrázku č. 1 je označena žlutou šipkou. GPS (WGS84) 50.638N, 14.519E.

Toto lesní stanoviště je charakterizováno olšovou monokulturou, věk porostu je 63 let. Roztroušeně se v malé míře v porostu vyskytují duby, jasany a břízy. Bylinné patro bylo zde zastoupeno rostlinami *Cetraria islandica* (puklérka islandská), *Chrysosplenium alternifolium* (mokryš střídavolistý), *Polypodium vulgare* (osladič obecný) či *Anemone nemorosa* (sasanka hajní) (Vinopal, 2014, pers. comm.). V místech odběrů byla půda pokryta opadankou.

#### Lokalita č. 2 – odlesněná část

Druhé stanoviště představuje odlesněnou část. GPS (WGS84) 50.638N, 14.518E. Porost byl vytěžen před dvěma lety (2012). Před těžbou byla tato lokalita charakterizována 150 let starou vegetací složenou z 85 % z dubu, 5 % smrk, 5 % borovice a 5 % lípa (Vinopal, 2014, pers. comm.). V této části se nalézaly pařezy pokácených stromů. Bylinné patro je zde zastoupeno druhy *Anemone nemorosa* (sasanka hajní), *Haracleum* (bolševník), *Dryopteris*



*filix-mas* (kaprad' samec) či *Rubus* (ostružiník). Tato lokalita bude v budoucnosti opětovně zalesněna.

Další navazující odlesněnou částí byla v minulosti louka o rozloze cca 0,5 ha, která později zarostla náletem olše, a vznikl tak porost, jehož stáří bylo v době těžby asi 30 let. V rámci rekonstrukce porostu byl před třemi lety vytěžen a tím vznikla holá plocha, kde pokračoval sběr žížal z vytěžené části. Obě tyto vytěžené plochy jsou vyznačeny červenými šipkami na obrázku č. 1.



**Obrázek 1.** Mapa lokality. (Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz))

### 4.3 Sběr zástupců Lumbricidae

Vlastní sběr byl realizován v průběhu září 2013 za polojasného počasí s občasnými přeháňkami. Použitá metodika odběrů sestávala z kombinace behaviorálních a přímých metod sběru. Metoda extrakce hořčičným semínkem (behaviorální metoda) vycházela z práce Gunn (1992).

V první fázi pokusu byly vybrány vhodné lokality a byly na nich vymezeny čtverce pro odběr. Každý z odběrových čtverců měl rozměr 0,72 x 0,72 m, což odpovídá odběrové ploše 0,5 m<sup>2</sup>. V každé lokalitě bylo stanoveno celkem šest čtverců vzdálených od sebe 5 – 10 m.

Jako první krok vlastního odběru byly čtverce očištěny od kamenů, kůry, vegetace

apod. Poté byl proveden ruční rozbor opadanky a z ní byly epigeické druhy, žijící na povrchu, uloženy do popsaných kelímků s víčky obsahujících 70 % roztok etanolu.

Dále následovala extrakce hořčičným semínkem, kde se na každý čtverec použilo 30 litrů vlažné vody s obsahem 120 g mletého semínka hořčice (*Sinapis alba*). Roztok byl aplikován ve dvou koncentracích. První dvě aplikace (2 x 10 litrů) obsahovaly 60 g hořčičného semínka a třetí s obsahem 120 g hořčice ve 20 l vody. Po každé aplikaci byl ponechán časový prostor (10 minut) k vylézání žížal na povrch půdy. Roztok hořčičného semínka má dráždivý a pálivý účinek a žížaly se snaží před ním uniknout ze svých chodbiček na povrch.

V poslední fázi byl odebrán blok půdy (31,5 × 31,5 cm × 20 cm hloubky) uprostřed čtverce, který byl použit pro ruční prozkoumání.

Odebrané vzorky (rozdělené podle lokalit a metody sběru) byly převezeny do laboratoře, kde byly následně převedeny z etanolu do 5 % formalínu nejméně na dobu dvou týdnů. Poté se opětovně převedly do etanolu, aby při determinaci byl omezen styk s formalínem, který se jeví jako potenciálně karcinogenní.

## 4.4 Určení druhů

V laboratoři Katedry zoologie a rybářství byli získáni jedinci zvázeni a určeni do jednotlivých druhů podle morfologických znaků na základě klíčů obsažených v publikacích Sims and Gerard (1999) a Pižl (2002). A to především podle opasku (jeho umístění), tvaru těla a prostomia, rozložení štětín apod.

Pro základní hodnocení dat byly následně vypočítány čtyři základní indexy biodiversity.

Menhinickův index (Spellerberg, 1995):

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

D.....index diversity

S.....počet druhů ve vzorku

N.....celkový počet jedinců ve vzorku

Margalefův index (Spellerberg, 1995):

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

D.....index diversity

S.....počet druhů ve vzorku

N.....celkový počet jedinců ve vzorku

Simpsonův index (Spellerberg, 1995):

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

$$P_i = \frac{N_i}{N}$$

D.....index diversity

S.....počet druhů ve vzorku

P<sub>i</sub>.....relativní početnost jedinců

N<sub>i</sub>.....počet jedinců i-tého druhu ve vzorku

N.....celkový počet jedinců ve vzorku

Shannonův index (Spellerberg, 1995):

$$D = - \sum_{i=1}^S P_i (\ln P_i)$$

$$P_i = \frac{N_i}{N}$$

D.....index diversity

S.....počet druhů ve vzorku

P<sub>i</sub>.....relativní početnost jedinců

N<sub>i</sub>.....počet jedinců i-tého druhu ve vzorku

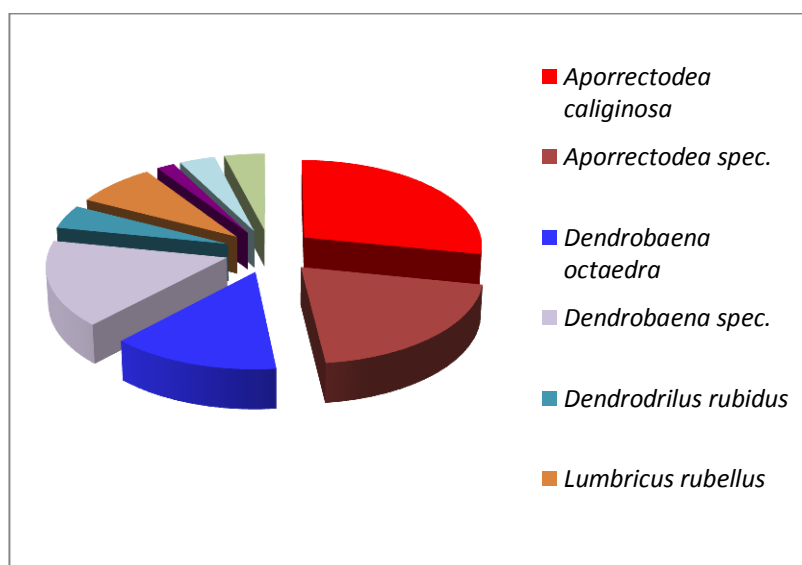
N.....celkový počet jedinců ve vzorku

## 5. Výsledky

V lokalitě č. 1 – lesní stanoviště bylo nalezeno 224 jedinců patřících k deseti druhům a jejich celková biomasa činila 49,578 g. V lokalitě č. 2 – odlesněné části bylo zjištěno 51 jedinců náležících třem druhům o celkové biomase 2,500 g.

**Tabulka 1.** Zjištěné údaje z Lokality č. 1 – lesní stanoviště

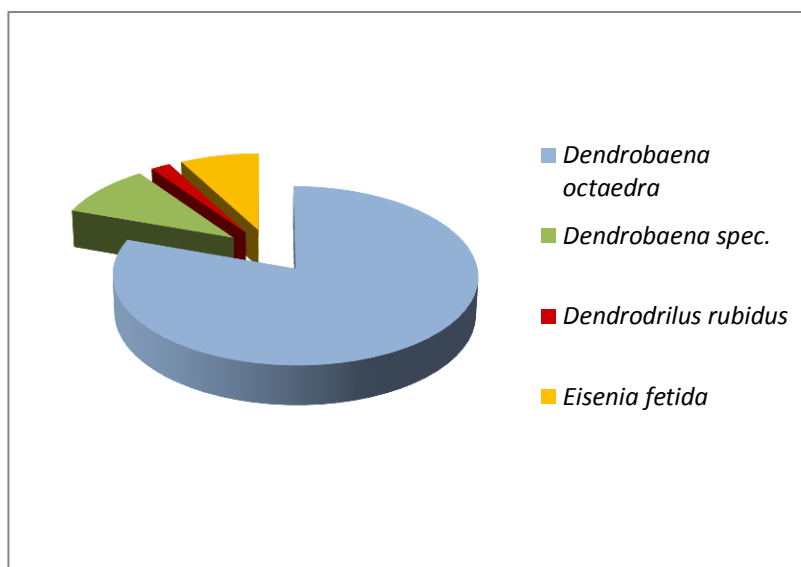
Druh	Vývojové stádium			Početnost (ks)	Biomasa (g)
	juvenilní	subadultní	adultní		
<i>Allolobophora chlorotica</i>	0	0	1	1	0,290
<i>Aporrectodea caliginosa</i>	44	9	10	63	25,650
<i>Aporrectodea rosea</i>	0	0	1	1	0,100
<i>Aporrectodea spec.</i>	45	0	0	45	1,368
<i>Dendrobaena octaedra</i>	23	0	13	36	1,630
<i>Dendrobaena spec.</i>	31	0	0	31	0,870
<i>Dendrodrilus rubidus</i>	4	0	6	10	0,240
<i>Lumbricus castaneus</i>	1	0	1	2	0,220
<i>Lumbricus rubellus</i>	7	1	10	18	9,470
<i>Lumbricus spec.</i>	4	0	0	4	0,430
<i>Lumbricus terrestris</i>	1	0	2	3	5,130
<i>Octolasion cyaneum</i>	0	0	1	1	2,070
<i>Octolasion lacteum</i>	0	0	8	8	2,040
<i>Octolasion spec.</i>	1	0	0	1	0,070



**Graf 1.** Druhové složení žížal v Lokalitě č. 1 – lesní stanoviště

**Tabulka 2.** Zjištěné údaje z Lokality č. 2 – odlesněná část

Druh	Vývojové stádium			Početnost (ks)	Biomasa (g)
	juvenilní	subadultní	adultní		
<i>Dendrobaena octaedra</i>	31	4	6	41	2,150
<i>Dendrobaena spec.</i>	4	0	1	5	0,230
<i>Dendrodrilus rubidus</i>	1	0	0	1	0,040
<i>Eisenia fetida</i>	3	0	1	4	0,079



**Graf 2.** Druhové složení žížal v Lokalitě č. 2 – odlesněná část

**Tabulka 3.** Vypočtené indexy biodiverzity

Index	Lokalita 1	Lokalita 2
Menhinick	0,67	0,42
Margalef	3,83	1,17
Simpson	0,17	0,66
Shannon	1,68	0,68

## 6. Diskuze

Vlastní sběr zástupců Lumbricidae proběhl kombinací behaviorálních a přímých metod sběru. Celkem bylo nalezeno 275 jedinců patřících k 11 druhům a jejich celková biomasa činila 52,1 g.

Společenstva žížal nalezených v lese dosahovala normálních hodnot. Jejich hodnoty představují 75 jedinců/m<sup>2</sup> a 16,5 g/m<sup>2</sup> biomasy, což odpovídá spíše podprůměrným hodnotám dle Pižla (2002), který uvádí, že v našich lesích se abundance a biomasa žížal pohybuje v rozmezí 30 – 400 jedinců/m<sup>2</sup> a 2 – 50 g/m<sup>2</sup> biomasy.

I když je olše dle Kuly a Švarce (2011) vyhovující pro život žížal, spíše zvýšená dřevinná rozmanitost působí pozitivně na vyšší hustotu osídlení než právě u lesní monokultury.

Nejpočetnějším druhem v lokalitě č. 1 – lesním stanovišti byla endogeická *Aporrectodea caliginosa*, kterých zde bylo nalezeno 63 jedinců. Tento druh se nejčastěji vyskytuje ve vlhčích půdách luk a listnatých lesů, je to druh acidotolerantní, ale vyhledává spíše neutrální půdy (Pižl, 2002). Druhým nejpočetnějším druhem byla epigeická *Dendrobaena octaedra* zastoupená celkem 36 jedinci. Tento acidotolerantní druh obývá téměř všechny typy ekosystémů, přes louky, listnaté i jehličnaté lesy, až po pole (Pižl, 2002).

Z celkem deseti druhů bylo pět endogeických, čtyři epigeické a pouze jeden anektický. Endogeické druhy žijící v krátkých vertikálních chodbičkách jsou vystaveny nižší predaci. Pokud mají ještě vhodné životní prostředí, tak nic nebrání zvýšenému výskytu těchto druhů. Epigeickým druhům se zde daří pravděpodobně díky listnatému opadu, ve kterém žijí a který je pro ně dobře dostupný a stravitelný (Kula a Švarc, 2011). Nalezení jediného anektického druhu, *Lumbricus terrestris*, může být dáno hloubkou odebrání bloku půdy, který byl určen dle metodiky a mohl být nedostatečný, neboť se tyto druhy mohou vyskytovat až v třímetrových hloubkách (Pommeresche et al., 2010). Také to, že se celá tato oblast nachází na skalnatém podkladu a není známa přesná výška půdního profilu, může mít vliv na anektické druhy.

Také tvrzení Pižla (2002), že ve většině případů převažují juvenilní stádia nad dospělci, se zde potvrdilo. Z celkových 224 jedinců jich právě bylo 161 v juvenilním vývojovém stádiu.

Vytěženou oblast s hodnotami 17 jedinců/m<sup>2</sup> a 0,833 g/m<sup>2</sup> biomasy můžeme popsat jako silně ovlivněnou těžbou, neboť tyto hodnoty nedosahují ani minimálního rozmezí u průměrných hodnot z České republiky, kde se však mohou vyskytovat i stanoviště s nulovou abundancí (Kula a Švarc, 2011).

Nejvyšší dominanci s počtem 41 jedinců vykazala epigeická *Dendrobaena octaedra*, která byla hojně zastoupena i v lese. Naproti tomu epigeická *Eisenia fetida* se vyskytovala pouze ve vytěžené části. Tento druh se nalézá často v zamokřených půdách listnatých a jehličnatých lesů (Pižl, 2002). Všechny tři nalezené druhy jsou epigeické. Absence endogeických a anektických druhů ve vytěžené oblasti může být dána právě těžbou, neboť mohlo dojít ke ztuhnutí půdy těžebními mechanismy (Neruda a Valenta, 2004) a tím pádem mohly být zborceny i chodbičky důležité pro tyto druhy a jejich následné opětovné vybudování v ztuhlé půdě může pro ně být složitější. Abundance by žížal mohla být zvýšena i ponecháním zbylé organické hmoty na místě těžby (Kula a Švarc, 2011), k tomu ale nedošlo, neboť veškerý vytěžený materiál byl odklizen. Ponechání organických zbytků po těžbě (větví, štěpky apod.) by mohlo výrazným způsobem zvýšit abundanci žížal a tím i zhodnotit význam lokality z hlediska půdní fertility a podpory nového porostu.

Pro zhodnocení biodiversity byly vypočteny čtyři běžně užívané indexy. Menhinickův a Margalefův index poukazuje na početnost druhů ve vztahu k množství jedinců (Jarkovský a kol., 2012). U lesního ekosystému vyšly oba indexy vyšší, což ukazuje na větší početnost jedinců i druhů.

V Simpsonově a Shannonově indexu se počítá s poměrem početnosti druhů (Jarkovský a kol., 2012). Podle Simpsonova indexu je biodiversita poměrně vyrovnaná, naproti tomu v odlesněné části je dominantní druh *Dendrobaena octaedra*. Naopak Shannon vypovídá o tom, jaká je nejistota získání předem určeného druhu ze vzorku (Jarkovský a kol., 2012). Porovnání obou hodnot indexů svědčí o tom, že v lesním stanovišti je možnost získání jiného jedince daleko pravděpodobnější než v odlesněné části.

## 7. Závěr

Cílem této práce bylo zjištění vlivu odlesnění a těžby dřeva na populace žížal. Výzkum zjišťující abundanci žížal proběhl na dvou lokalitách v katastrálním území obce Zahrádky, a to v lesním stanovišti a v místě po těžbě dřeva. Celkově bylo extrakcí hořčičným semínkem a ručním rozbořem nalezeno 275 jedinců patřících do 11 druhů a jejich celková biomasa činila 52,1 g.

V lesním ekosystému bylo zjištěno celkem 224 jedinců patřících k 10 druhům s biomasou 49,6 g. Pro tuto oblast jsou typickými druhy: *Aporrectodea caliginosa*, *Dendrobaena octaedra* a *Lumbricus rubellus*. Ve vytěžené části se našlo 51 jedinců, s celkovou biomasou 2,5 g, náležících ke třem druhům, z nichž nejpočetnějším druhem je *Dendrobaena octaedra*.

Populace v lese je vyvážená narozdíl od vytěžené oblasti, kde se vyskytuje relativně málo druhů s výraznou dominancí jednoho druhu. V odlesněné části byla zjištěna podprůměrná abundance žížal. Domnívám se, že ponechání organických zbytků po těžbě by mohlo výrazným způsobem zvýšit abundanci žížal a tím i zhodnotit význam lokality z hlediska půdní fertility a podpory nového porostu. Situace se s postupem času může zlepšovat, a proto by bylo vhodné za pár let průzkum ve vytěžené oblasti zopakovat.



## 8. Seznam literatury

Ammer, S. 1992. Effects of experimental acid rain and liming on the Lumbricidae fauna and its activity (Hoglwald experiment). Forstliche Forschungsberichte München. (123) p. 227.

Blažková, Š., Kolářová, S. (eds). 1994. Vliv odlesnění na hydrologický režim v oblasti Jizerských hor. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka. Praha. 76 s. ISBN: 80-901181-9-4.

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. 2008 (2). p. 552-565.

Daniel, B. 2006. Zahrádky u České Lípy v dobách minulých. Tiskárna Polygraf s.r.o. Zahrádky. 189 s. ISBN : 80-239-7579-X.

Edwards, C. A., Bohlen, P. J. 1996. Biology and Ecology of earthworms. 3rd ed. Chapman a Hall. Suffolk. p. 426. ISBN: 0 412 56160 3

Frouz, J. 2010. Půda – živý systém. Vesmír 89, 2010 (7), 490 – 492.

Frouz, J., Poklopová, L. 2011. Darwin a žížaly. Vesmír 90, 2011 (1), 48 – 49.

Gunn, A. 1992. The use of mustard to estimate earthworm populations. Pedobiologia. 36, 65–67.

Hanč, A., Plíva, P. 2013. Vermikompostování bioodpadů (certifikovaná metoda). Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. 35 s. ISBN: 978-80-213-2422-0.

Huhta, V. (eds). 1986. Response of soil fauna to fertilization and manipulation of pH in coniferous forest. Acta forestalia Fennica. 1986. 195: p. 1-30.

Jarkovský, J., Littnerová, S., Dušek, L. 2012. Statistické hodnocení biodiverzity. Akademické nakladatelství Cerm s.r.o. Brno. 77 s. ISBN: 978-80-7204-790-1.

Kladivko, E. J., Mackay, A.D., Bradford, J. M. 1986. Earthworms as a factor in the reduction of soil crusting. *Soil Science Society of America Journal*. 1986. (50) p. 191-196.

Kratochvíl, J. 1966. Použitá zoologie, Bezobratlí I. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 409 s.

Kula, E., Švarc, P. 2011. Žížaly (Lumbricidae) lesních ekosystémů narušených imisemi a ovlivněných rekompensačním vápněním v Krušných horách. Mendelova univerzita v Brně. Brno. 99 s. ISBN: 978-80-7375-482-2.

Laverack, M. S. 1963. The physiology of earthworms. Pergamon Press Book. New York. p. 223.

Muys, B. 1989. Evaluation of conversion of tree species and liming as measures to decrease soil compaction in a beech forest on loamy soil. *Actes du Séminaire sur les Conséquences de la Mécanisation des Opérations Forestières sur le Sol*. Louvain-la-Neuve. 11-15 September 1989. p. 341-355.

Neruda, J., Valenta, J. 2004. Determinace poškození lesních porostů těžebními technologiemi. *Folia*. Brno. 61 s. ISBN: 80-7157-820-7.

Novák, J. 2009. Trávne porasty po odlesnení a samozalesnení. *Tribun EU s.r.o.* Nitra. 165 s. ISBN: 978-80-7399-898-1.

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. 2007. Earthworm communities in central European beech forest. In: Tajovský, K., Schlaghamerský, J., Pižl, V. *Contributions to Soil Zoology in Central Europe II*.

Ústav půdní biologie, Biologické centrum Akademie věd ČR, v.v.i. České Budějovice. p. 103-107. ISBN: 978-80-86525-08-2.

Pommeresche, R., Hansen, S., Løes, A. K. 2010. Žížaly a jejich význam pro zlepšování kvality půdy. Bioinstitut. Olomouc. 24 s. ISBN: 978-80-87371-02-2.

Ponge, J. F. 1999. Heterogeneity in soil animal communities and the development of humus forms. In : Rastin, N., Bauhus, J., (eds). Ecological studies in forest soils. Trivandrum. India. p. 33-44.

Rada, O. 1999. Těžba dřeva v lesích zemědělských podniků. Institut výchovy a vzdělávání Mze ČR. Praha. 51 s. ISBN: 80-7105-186-1.

Römbke, J. 1987. Population dynamics of earthworms in a moder soil beech forest. In : Bonviáni Pagliai, A., Omodeo, P. (eds). On earthworms. Mucci Editore. Modena. p. 199-214.

Samec, P., Tuček, P., Bojko, J., Janoška, Z., Rychtecká, P., Hájek, F., Zapletal, M., Sirota, I., Mikloš, L., Mlčoušková, P., Zeman, M., Smejkal, J., Mach, S., Podrácká, O. 2012. Modelování růstových podmínek lesů v České republice. Univerzita Palackého. Olomouc. 312 s. ISBN: 978-80-244-2990-8.

Satchell, J. E., Lowe, D. G. 1967. Selection of leaf liter by *Lumbricus terrestris*. In : Progress in soil biology. Amsterdam. 1967. p. 102-119.

Sims, R. W., Gerard, B. M. 1999. Earthworms. Field Studies Council. Bath. p. 171. ISBN: 90-04-07582-8.

Smrž, J. 2013. Základy biologie, ekologie a systému bezobratlých živočichů. Karolinum. Praha. 192 s. ISBN: 978-80-246-2258-3.

Spellerberg, I. F. 1995. Monitorování ekologických změn. Český ústav ochrany přírody. Brno. 187 s. ISBN: 80-901855-2-5.

Stockdill, S. M. J., Cossens, G. G. 1967. The role of earthworms in pasture production. Proceedings of the New Zealand Society of Animals Production. 1967. (13) p. 68-83.

Tuf, I. H. 2013. Praktika z půdní zoologie. Univerzita Palackého. Olomouc. 92 s. ISBN: 978-80-244-3479-7.

Van Rhee, J. A. 1967. Developments of earthworm populations in orchard soils. Progress of Soil Biology. Proceedings of the Colloquium on Dynamics of Soil Communities. 1967. p. 360-369.

Vinopal, S. 2014. pers. comm.

#### **Internetové zdroje:**

Pižl, V. Co dělají žížaly v zimě ? [online]. 6. prosince 2010. [cit. 2011-03-13]. Dostupné z <<http://www.prakticky-zivot.cz/>>.

Vrba, V., Huleš, L. 2007. Humus – půda – rostlina (10) Způsoby aplikace kapalných humusových preparátů v polních podmínkách [online]. Biom. 18. února 2007. Aktualizace z 11. května 2007. [cit. 2013-11-10] Dostupné z <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/humus-puda-rostlina-10-zpusoby-aplikace-kapalnych-humusovych-preparatu-v-polnich-podminkach>>.

<<http://www.mapy.cz>>