

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zoologie a rybářství



**Společenstvo žížal vybrané lokality zatížené lidskou
činností**

Bakalářská práce

Marie Kudrnová

Chovatelství

Ing. Jakub Hlava, Ph.D

© 2018 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Společenstvo žížal vybrané lokality zatížené lidskou činností" 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 20. dubna 2018

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Jakobovi Hlavovi, Ph.D. za pomoc při zpracování práce, poskytnuté údaje, vypracovaná data nezbytná k vytvoření výsledků v jeho volném čase, vstřícnost vést mou bakalářskou práci, trpělivost a rozšíření mých dosavadních znalostí.

Dále bych chtěla poděkovat všem, kteří se na vzniku této práce a výzkumu jakoukoliv měrou podíleli. Největší dík však patří mé rodině za všestrannou podporu ve studiu.

Společenstvo žížal vybrané lokality zatížené lidskou činností

Souhrn

Pardubický kraj je řazen mezi nejzatíženější oblasti chemickým průmyslem v České republice. Přesto má srovnatelné hodnoty kontaminace půdy a vodních zdrojů jako mnohé další oblasti. Jelikož žížaly, jako půdní organismy, jsou schopny na sebe vázat škodlivé látky a těžké kovy z půdy, je možné jejich druhovou diverzitou odhadnout, v jaké míře je daná lokalita lidskou činností ohrožena.

Tato práce se zabývá monitoringem půdní fauny, spektra zastoupení jednotlivých druhů žížal v lokalitě zatížené chemickým průmyslem a lidskou činností v okolí průmyslového komplexu Paramo. Výzkum byl proveden ve třech rozdílných biotopech této lokality. Pro získání co největšího spektra zástupců byla použita mechanická metoda, etologická metoda a metoda individuálního odběru. S použitím těchto tří rozdílných metod odběru bylo získáno a určeno celkem 96 jedinců žížal ve sledovaném území. Dle charakteru stanovištních podmínek byly stanoveny předpoklady výskytu druhové diverzity.

Na základě výsledků bylo konstatováno, že nejpočetnějšími druhy byly *Aporrectodea longa*, *Aporrectodea caliginosa* a *Lumbricus terrestris*. Nejméně početnými druhy byly *Aporrectodea icterca*, *Eisenia fetida* a *Lumbricus rubellus*. Nejvyšší počet vzorků byl odebrán metodou mechanického odběru v křovinách s rudimentálními a nepůvodními druhy a lesní kultuře s nepůvodními jehličnatými dřevinami.

Klíčová slova: žížala, půdní fauna, společenstvo, diverzita, zatížení.

Earthworm communities in anthropogenically impacted locality

Summary

The region of Pardubice is classified as one of most loaded regions by chemical industry in the Czech Republic. In spite of that, it has comparable values of soil and water sources contamination with other further regions. Because the earthworms, as soil organisms, are able to tie on oneself harmful agents and heavy metals from the soil, it seems to be possible to asses by use of their generic diversity, in which measures the given locality threatened by the man activity.

This diploma thesis is concerned with the monitoring of soil fauna, with spectrum of particular types of earthworms' representation in a locality, loaded by chemical industry and man activity in the neighbourhood of the industrial complex Paramo. The study was carried out in three different biotopes of this locality. For obtaining of the maximal spectrum of representatives we used the mechanical method, the ecological method and the method of individual sampling. With use of these three different sampling methods was in the monitored territory obtained and determined altogether 96 specimens of earthworms. According to the observation post were defined the assumptions of type class diversion occurrence.

On the basis of obtained results it was stated that the superiority of numerous types were *Apporectodea longa*, *Apporrectodea caliginosa* and *Lumbricus terrestris*. As minimum of kind number were *Apporectodea cicterca*, *Eisenlafetida* and *Lumbricus rubellus*. Maximal amount of samples was taken by use of the mechanical method in scrubs with rudimental and introduced species and in forest plantations with introduced coniferous woody plants.

Keywords: earthworm, soil fauna, community diversity, load.

Obsah

1 Úvod	1
2 Cíl práce	2
3 Přehled literatury	3
3.1 Úvod	3
3.2 Charakteristika kmene kroužkovců (Annelida)	3
3.3 Charakteristika máloštětinatců (Oligochaeta)	4
3.4 Význam žížal v půdním prostředí.....	6
3.5 Anetické, epigeické a endogeické druhy žížal.....	7
3.6 Reakce žížal na půdní prostředí.....	8
3.7 Druhové spektrum žížal v České republice	9
3.8 Hlavní zástupci žížal v České republice	10
3.9 Charakteristika zájmové oblasti.....	12
4 Materiál a metody	14
4.1 Výběr lokalit odběru	14
4.1.1 Antropogenní plocha se sporadickou vegetací mimo sídla (lokalita 1).....	14
4.1.2 Urbanizované území (lokalita 2)	15
4.1.3 Křoviny s rudimentálními a nepůvodními druhy a lesní kultury s nepůvodními jehličnatými dřevinami (lokalita 3).....	15
4.2 Odběr žížal.....	15
4.3 Konzervace žížal.....	15
4.4 Determinace získaných dat	16
5 Výsledky	18
5.1 Antropogenní plocha se sporadickou vegetací mimo sídla (lokalita 1).....	18
5.2 Urbanizované území (lokalita 2)	21
5.3 Křoviny s rudimentálními a nepůvodními druhy a lesní kultury s nepůvodními jehličnatými dřevinami (lokalita 3).....	24
5.4 Celkové zhodnocení odběrů	26
6 Diskuze	30
7 Závěr	31
8 Seznam literatury	32

1 Úvod

Jednou ze základních složek ekosystému je půda. Půd zatížených lidskou činností celosvětově přibývá. Lidská populace neustále roste a díky nárokům a požadavkům společnosti narůstá i průmyslová výroba. S rozvojem a nárůstem průmyslové výroby vzniká riziko kontaminace půdy. Při kontaminaci půdy může dojít ke zhoršení kvality půdy, narušení základních funkcí půdy a rozšíření kontaminantů do okolí, zvláště do podzemních a povrchových vod. Význam žížal pro zlepšování kvality půdy je enormní. Ať už je řeč o rozkladu velkého množství rostlinných zbytků, zlepšování struktury půdy, nebo obohacování půdy o jejich exkrementy bohaté na živiny. Žížaly jsou nepostradatelnými organismy v půdním prostředí.

2 Cíl práce

Cílem této práce je charakterizovat společenstvo žížal v okolí průmyslového komplexu Paramo a zjistit jaká je druhová diverzita v takto lidskou činností zatížené oblasti. Dále pomocí tří různých metod odběru získat co možná nejširší spektrum zástupců ze tří rozdílných biotopů v této lokalitě; z tzv. antropogenní plochy se sporadickou vegetací mimo sídla, urbanizovaného území a území tvořeného křovinami s rudimentálními a nepůvodními druhy a lesními kulturami s nepůvodními jehličnatými dřevinami.

3 Přehled literatury

3.1 Úvod

Žížaly patří k našim nejznámějším bezobratlým živočichům a v dnešní době se jich ve světě vyskytuje více než 2500 druhů. Odhaduje se, že dalších 2000 druhů zatím není popsáno. Obývají všechny kontinenty od tropických oblastí až po mírný pás (Pižl, 2002).

Jejich přirozeným prostředím je půda. Zdržují se především v humusové vrstvě opadu, ale pronikají i do nejrůznějších půdních horizontů. Podílí se tak na kvalitativních změnách struktury půdy, převrstvování půdních částic a zvyšování pórovitosti. Současně přispívají k rozkladu organické složky, která prochází jejich zažívacím traktem (Kula a Švarc, 2011).

Díky jejich aktivitě a jejímu využití tato skupina živočichů zvyšuje pozornost, a to ať už v řadách odborných pracovníků z oblasti zemědělství, ochránců životního prostředí nebo i u laických zájemců (Pižl, 2002).

Žížaly jsou nepostradatelnými organismy v přírodě a celém ekosystému. Díky jejich schopnosti vázat na sebe těžké kovy může být klíčem k popisu profilu a charakteru půdy.

3.2 Charakteristika kmene kroužkoců (Annelida)

Článekování těla pro nás může představovat vývojovou novinku a je odpovědí na celkové uspořádání těla kroužkoců. Ve většině případů jsou články podobné, článkování tedy lze nazvat jako homonomní. Pravý článek je třeba definovat, protože se často setkáváme jen s vnějším dělením těla. Vnější články ale vnitřnímu členění neodpovídají. Takové vnější dělení těla se vyvinulo pravděpodobně z adaptačních důvodů. Je třeba vycházet z typu článkování kroužkoců, zpravidla za sebou se opakujícími pravými jednotkami. Každý pravý článek obsahuje:

- jeden pár coelomových váčků,
- jeden pár nervových ganglií,
- jeden pár přívěsků tělních.

Postupně v dospělosti mohou tyto znaky zanikat či splývat. Jako každé pravidlo, má i toto svoji výjimku. Touto výjimkou jsou první a poslední článek (acron a telson) bez těchto charakteristik. Z těchto dvou článků vznikají různými způsoby tělní části – prostomium (z acronu) a terminální pygidium (z telsonu) (Smrž, 2013). Jednotlivé články od sebe oddělují tzv. septa, příčné přepážky mezi články. Dále pak v jednom článku odděluje pravou a levou

část tzv. mesenterium, přepážka podélná (sagitální). Tato přepážka vzniká z kontaktu pravé a levé splachnopleury (Smrž, 2013).

Svalstvo vytváří kožně svalový vak v podobě okružně-podélné muskulatury.

Trávicí soustava bývá vcelku jednoduchá, málo diferencovaná a zpravidla bez samostatné trávicí žlázy typu hepatopankreatu (Smrž, 2013).

Výraznou morfologickou charakteristikou kroužkovců je cévní systém. Vznikl z coelomu na podélných hranicích, nebo na styku dvou coelomových váčků z podélných přepážek (mesenterii). Takto se vyvinula dorzální a ventrální céva, které jsou považovány za základní složky soustavy. Dorzální céva vede krev kraniálně. Zde se jedná o skutečnou krev, protože v uzavřené cévní soustavě se nemísí s ostatními tělními tekutinami. Ventrální céva žene krev kaudálně. K okysličení krve dochází hlavně v žábrách, u různých skupin kroužkovců pak rozdílným způsobem, nejčastěji však difuzí přes pokožku. Uzavřenost cévního systému zaručuje jeho efektivitu (Edwards and Lofty, 1972).

Když se charakterizuje nervová soustava kroužkovců, z určitých zvyklostí se označuje jako žebříčková, tedy popsaná dvěma podélnými hlavními tělními nervy vycházejícími z cerebrálního centra umístěného do okolí prostomia. Tyto podélné nervy, nazývané konektivy, spojují páry ganglií mezi články. Celek tedy může připomínat žebřík. S tímto modelem se setkáváme u kroužkovců nepříliš často. U skupin recentních kroužkovců dochází ve vývoji k vzájemnému splývání konektiv. Výsledek pak připomíná zdánlivě jeden axiální (v ose tělní) podélný provazec s ganglii. Až histologický řez odhalí vnitřní stavbu těchto uzlin, tedy jejich párovost. V řezu podélnými vlákny rozeznáme párovost hlavních nervů. Centrální uzlina tvoří prstenec v přední části prvních tělních článků (Edwards and Lofty, 1972).

Kroužkovci jsou morfologicky, biologicky i ekologicky velmi diverzifikovaný kmen (Smrž, 2013).

3.3 Charakteristika máloštětinatců (Oligochaeta)

Máloštětinatci mají na povrchu těla kolagenovou kutikulu, kterou nikdy nesvlékají jako celek. V jejich vyvinutém svalstvu uspořádaném do kožně svalového vaku se střídají dvě vrstvy. Vrstva okružních svalů a z pod ní se nacházející vrstvou svalů podélných, které jsou uspořádány do čtyř podélných pruhů. Toto uspořádání umožňuje peristaltický pohyb těla, a to zajišťuje nejen pohyb vpřed bez substrátu, po rovině, ale také při prorývání se substrátem. K pohybu z velké části napomáhají čtyři páry chitinozních štětin, které lze najít na většině článků. Štětinky jsou pravděpodobně rudimenty parapodií a jsou podpořeny vlastními

drobnými svaly, takže mohou střídat svoji polohu. Pokožku máloštětinatců tvoří hlavně buňky krycí, ale také velké množství buněk sekrečních, produkujících sliz. Ten zajišťuje usnadňování pohybu a také ochranu proti vlivům vnějšího prostředí (Smrž, 2013).

Trávicí soustava začíná ústním otvorem, který je shora krytý lalůčkovitým prostomiem vzniklým z akronu. Dále následuje svalnatý hltan, rozšířený jícen tvořící u některých zástupců na svém konci vole, ve kterém se po nějakou dobu maceruje přijatá potrava. Ve stěně jícnu můžeme najít bělavé orgány s lamelovitou vnitřní strukturou, které se nazývají vápenné žlázy, chylové váčky či Morenovy žlázy. Zde se koncentruje přebytečný vápník z potravy, který se v případě nutnosti dávkuje do celé trávicí soustavy a i do coelomové tekutiny.

Potrava většiny máloštětinatců bývá špatně stravitelná a nepřidávají tomu ani kyselé reakce (většinou listový odpad), na které jsou máloštětinatci velmi citliví. Velká část enzymů v trávicím traktu má své funkční optimum spíše v neutrálním prostředí, proto vápenné žlázy zajišťují optimální prostředí ve voleti. Hned za voletem se nachází žvýkací žaludek se silnou svalovinou ve stěnách. Za ním následuje žaludek žláznatý s velkou sekrecí enzymů (Sims and Gerard, 1985). Střevo je často vybavené podélnou řasou pro zajištění většího sekrečního povrchu. A pokračuje až do recta. Exkrementy máloštětinatců mají díky jejich vápenným žlázám neutrální až zásaditý charakter. Na většině povrchu střeva se nachází houbovitá žlutozelená tkáň (chloragogen). V této tkáni probíhají různé syntetické procesy organismu proteinového i lipidního charakteru. Slouží také k ukládání odpadních, i toxických dusíkatých látek, exkretů, které jsou v nerozpustném stavu. Tímto způsobem se jich tělo zbavuje. Výhodou je, že se tato výměna obejde bez ztrát vody na rozdíl u normální exkrece. Ty totiž mohou komplikovat život suchozemských máloštětinatců, kteří jsou málo morfologicky chráněni proti ztrátám vody (Smrž, 2013).

Všichni máloštětinatci dýchají celým povrchem těla, což zajišťuje tenká kutikula na povrchu jejich těla. Výhodou je i těsně přiléhající vlasečnicová síť sloužící k zachycení kyslíku a jeho následné rozvádění po těle. U řady máloštětinatců figuruje krevní barvivo hemoglobin, ovšem oproti obratlovcům je rozpuštěný v krevní plazmě, a ne přímo vázaný na krvinky. Kromě mnoha circumoesophagiálních spojek obou hlavních cév, kde mohou být vyvinuty pomocné pulzační orgány, má cévní zásobení i nervová soustava zvlášť (Smrž, 2013).

Smyslové orgány máloštětinatců se omezují na mechanoreceptory a chemoreceptory. Jejich skrytý způsob života nevyžaduje optické smysly, proto u máloštětinatců bývají vytvořeny pouze plošné optické receptory nazývané faosomy.

Rožmnořování se odvívjí z hermafroditismu, a to z typu s úřplně oddělenými samčími a samičími orgány v kařždém jedinci. Samičí buňky dozrávají ve stejný řas jako samčí, jedná se o simultánní hermafrodity. Do semenných vářčků produkují varlata nezralá stádia spermatogeneze, a to řpedevřším spermatidy. V semenných vářčcích spermatidy zůstávají a dozrávají ve spermie.

V dospělosti se dva jedinci řpikládají k sobě hlavovými konci na opačné strany. řPři tomto procesu si vyměňují spermie. Uloží si je vzájemně do zásobních vářčků. Mezitím dozrávají ovaria. Tento jev můžeme sledovat na vytvoření opasku (clitellum), produktu kořžních řžláz proteinového charakteru. Ten je zpravidla vytvořen řpři dovrřšení pohlavní dospělosti jedince. Takto je možné na první pohled oddělit dospělou řžiřžalu od nedospělé. Opasek se může díky již zmíněné peristaltice posouvat kraniálně. řPři setkání se samičím pohlavním otvorem se do něho injikují vajíčka. V posouvání dále se do něj řpři řpřekrytí otvorů zásobních vářčků ukládají spermie v nich uložené, které byly získané od druhého jedince a oplozují vajíčka. Opasek pak dále pokračuje, až ho řžiřžala svleče řpřes hlavu. Na obou koncích se nadále uzavře prostým seschnutím a stává se z něj kokon (schránka na vajíčka). Poté v něm dochází k řýchování a k vývoji nového jedince. Ten se podobá dospělci a řžije stejným způsobem řživota. Z již popsaneho vývoje lze usoudit, řže málořšřtřinatci mají vývoj řpřímý (Smrřž, 2013).

3.4 Význam řžiřžal v řpůdním řprostředí

Řžiřžaly se řradí k řpůdní makrofauně, jako bezobratlí menřší než 10 cm, jejířž význam spočívá zejména v rozkladu primární organické hmoty, tvorbě humusu a okysliřčování. Dle řPiřžla (2002a) se v řČeské republice vyskytuje až 52 druhů a poddruhů řčeledi řžiřžalovití (*Lumbricidae*), z tohoto zastoupení je jen 1/3 obecně rozřšířená.

Řžiřžaly zajiřšťují řpřeměnu složitých organických sloučenin do formy jednoduché a řpřijatelné rostlinami. řProcesní změna nastává buď řpřímou konzumací, navazujícím trávením a dále produkcí exkrementů. Nebo nepřímou vlivem na další řpůdní mikroorganismy zvlářšť omezením jejich řpřirozených nepřátel, ovlivňováním vlhkosti, rozměľňováním a řtransportem rostlinného materiálu. Řžiřžaly zvlářšť řpozitivně ovlivňují řstrukturu i mikrořstrukturu řpůdy. Dále řpůdní úrodnost a svoji migrací naruřšují řkompaktnost řpůd (Vrba a Huleřš, 2007). řKladný vliv řžiřžal na úrodnost řpůd a tím i na řrůst rostlin spočívá ve zlepřšení řfyzikálních vlastností slabě řporézních řpůd zvyřšené řmineralizaci řživin, zvyřšení řobsahu řmetabolických řproduktů řpodobných řhormonům (Marschall, 1971).

Žížaly velmi ovlivňují rozklad opadu, tvorbu humusu, kypření půdy a hlavně tím, že se zajišťují přesouvání půdních částic a provzdušnění půdy (Lee, 1985). Množství trusu se u evropských žížal odhaduje na 3,5 – 7 kg.m⁻³. Žížaly se pravděpodobně podílejí na celkové biomase půdy až z 5 % a na živočišné biomase až z 50 %. Koncentrace žížal může dosáhnout i kolem 1000 jedinců na m³ (Gisi, 1990). Zvláště významný vliv má produkce jejich exkrementů, v nichž jsou minerální částice rozptýleny v rozložených organických zbytcích a mikroflóře. Při průchodu střevním traktem žížal se mění počet i složení mikroorganismů, a to velmi urychluje dekompozici exkrementů. Produkci exkrementů žížaly zvyšují odolnost půdy vůči erozi, jejich exkrementy jsou stabilnější než ostatní půdní agregáty. Tyto exkrementy obsahují obvykle vyšší podíl jílovitých a naplaveninových frakcí s menším zastoupením písku než okolní půda. Proto je vliv žížal významnější v písčitéch a hlinitých půdách než v půdách jílovitých (Pižl, 2002). Losos et al. (1984) tvrdí, že produkce trusu žížal za jeden rok dosahuje ve středoevropských podmínkách 5,6 – 81 t.ha⁻¹.

Z hlediska efektivity půdotvorného procesu jsou významnější žížaly hlubokoryjící, než žížaly konzumující odpad a žijící ve svrchní vrstvě půdy (Dunger, 1983).

Žížaly jsou známy tím, že zvyšují poréznost a provzdušnění půdy hlavně tvorbou chodeb do různé hloubky, která je charakteristická pro jednotlivé skupiny. Díky nim jsou přístupnější živiny rostlinám a zvyšují dostupnost různých prvků např. fosforu. Transportují semena v půdním profilu, obohacují diverzitu a produkují trus bohatý na živiny s fixací aerobního dusíku (Römbke et al., 2005). Je známo, že v těžkých půdách jsou chodby žížal ze 40 – 60 % prostoupeny kořeny rostlin. Je prokázáno, že 42 % aerobních mikroorganismů, které vážou dusík, se koncentrují do blízkosti chodeb žížal (Vrba a Huleš, 2007).

3.5 Anetické, epigeické a endogeické druhy žížal

Epigeické žížaly jsou řazeny mezi menší a převážně žijí v opadu. Nejméně ze všech tří zmíněných skupin zasahují do vlastností minerální složky půdy. Známymi zástupci jsou např. *Lumbricus rubellus* a *Lumbricus castaneus*. Anetické žížaly je možné nejčastěji najít v jehličnatých lesích v teplejších temperátních půdách a v kyselejších půdách studených mírných regionů. Živí se směsí povrchového opadu a půdy. Oproti tomu se epigeické žížaly živí odumřelými částmi rostlin. Jedním z důvodů je jejich větší vzrůst. Tvoří jak povrchové, tak i podpovrchové struktury produkcí exkrementů a tvorbou chodbiček. V jejich exkrementech je vysoký podíl organické hmoty a rostlinných zbytků. Velikost exkrementů záleží na velikosti žížaly, pohybuje se v rozmezí několika milimetrů až po centimetry. Část exkrementů produkují na půdní povrch a část do vytvořených chodbiček. Chodbičky

anetických žížal jsou nejčastěji do hloubky 60 cm. Většina z chodbiček je orientována vertikálně a menšina horizontálně. Jejich hustota je podmíněna množstvím žížal a vzrůstá s jejich rostoucím počtem a klesá s jejich úbytkem. Nejvýznamnější zásluhu mají anetické žížaly na dekompozici opadu. Promícháváním hmoty v půdě urychlují obrat organické hmoty. Endogeické žížaly se orientují hlavně do chladnějších temperátních oblastí. V půdě vytvářejí horizontální chodbičky (Lavelle et al., 2005).

Mezohumické a oligohumické žížaly se živí výhradně půdní organickou hmotou a nevytvářejí chodbičky. Polyhumické žížaly mají život podobný anetickým, povrchový opad promíchávají s půdou a živí se jím. Jejich migrace se odvíjí od podnebí, konkrétně od teploty.

Endogeické žížaly produkují hlavně granulární a tubulární exkrementy do půdy a na její povrch. Jejich velkou zásluhou v půdě je tvorba stabilních makroagregátů větších než 2 mm (Lavelle et al., 2005).

3.6 Reakce žížal na půdní prostředí

Jehličnaté lesy jsou známy vyšší kyselostí půdy a tomu odpovídá i společenstvo žížal, které mají mimořádný význam v půdotvorných a dekompozičních procesech. Kromě dvou méně významných druhů *Lumbricus rubellus*, *Aporrectodea caliginosa* dominují v podzolových a degradovaných lesních půdách *Dendrobaena octaedra* a *Dendrodrilus rubidus* (Nordstrom and Rundgren, 1973). Ale i kyselé půdy jsou někdy obývány unikátními společenstvy žížal (Pižl, 2001). Většina druhů žížal, osídlující přirozené kyselé lesní půdy, tráví celý životní cyklus v opadu. Ty jsou však vystaveny spadům na půdní povrch a jsou známy svou rychlou reakcí na vápnění. V oblasti horských smrčín ovlivněných acidifikací a vápněním se žížalám věnoval Chalupský (1991) a Pižl (1991). V místech opětovného zalesnění po vytěžení lesních porostů žížaly vysoce závislé na kvalitě půdy častěji hynou. Hlavně hlubokoryjící žížaly *Lumbricus terrestris* a *Aporrectodea longa*. Je známo, že společenstva o počtu dvou až čtyř druhů žížal se mohou po změně kyselosti přeměnit až v jedno druhové společenstvo žížal (Rundgren, 1994).

O reakci žížal na změny kyselosti půdy známe údaje (Kula a kol., 2003), z nichž vyplývá, že žížaly negativně reagují na zakyselování půd a na vápnění reagují naopak pozitivně. Mezi nejvýznamnější faktory pro výskyt žížal řadíme zvyšování pokryvnosti podrostu. Zvětšením plochy podrostu se rozšiřuje potravní nabídka žížal (Curry, 1998).

Žížaly mohou být zařazeny jako bioindikátoři půdního prostředí. Velmi citlivě reagují na změnu zvláště chemického složení půdy, ale také mohou být řazeni k indikátorům antropogenních stresových faktorů (Kula a Švarc, 2011). Je známo, že žížaly byly také úspěšně

využity při indikaci pesticidů a drog (Edwards and Bohlen, 1996), těžkých kovů (Carter et al., 1982), kompaktnosti půdy a hydrologie (Pižl, 1992). Jako první autor, který vytvořil ucelený koncept o využití žížal, může být považován Volz (1962).

Vyšší koncentrace prvků například těžkých kovů v půdě záporně ovlivňují organismy, které se podílí na dekompozičních procesech. V půdách s vysokým obsahem organické hmoty mohou být vázány kovy v humusové vrstvě, kde probíhá velké množství biologických aktivit (Kula a Švarc, 2011). V půdotvorném procesu je žížala jedním ze zásadních objektů zájmů sledujících reakci organismů v půdě po nepříznivé kontaminaci půd. Velké množství vědeckých prací a studií bylo zaměřeno na toto téma v posledních třiceti letech. Většina z nich popisovala vliv těžkých kovů na populace žížal (Williamson and Evans, 1973). Bylo prokázáno, že zastoupení žížal se snižuje s nárůstem emisí těžkých kovů až na vymizení citlivých druhů jako jsou *Aporrectodea rosea*, *Aporrectodea caliginosa*, *Allolobophora chlorotica* a snížení zastoupení druhů *Lumbricus rubellus*, *L. castaneus*, *L. terrestris*. Potvrzena byla závislost mezi nárůstem obsahu olova u *L. terrestris* ve svalové tkáni a narůstajícím množstvím v půdě. Žížaly vystavené vysoké koncentraci olova v kyselé půdě, měly také vysoké zastoupení kovu ve svalech. Hlavním faktorem pro zvýšení příjmu a ukládání olova žížalami je nejspíš pH půdy (Bengtsson and Rundgren, 1992). Náchylnější ke kumulaci kovů u *L. terrestris* jsou juvenilní jedinci (Bengtsson and Rundgren, 1992).

3.7 Druhové spektrum žížal v České republice

Velká skupina máloštetinaců žijících v půdě je reprezentovaná primárně žížalami. Ke vzrůstově větším zástupcům řadíme žížaly rodu *Lumbricus*. V dnešní době jsou využívány populace žížal do kompostů či deponií komunálního odpadu. Ten je zpracováván a navíc je žížalami produkován kvalitní kompost, který se využívá komerčně. K tomuto procesu, který je nazýván vermikompostování, jsou využívány hlavně drobnější a silně se množící druhy žížal, zejména kalifornská žížala (*Eisenia andrei*) či druh *Dendrobaena veneta*. Ve vlhkých půdách až pobřežních bahnech nacházíme žížalu obojživelnou (*Eisenella tetraedra*), která je typická svou čtyřhrannou zadní částí těla, kterou můžeme vidět po průřezu jejího těla. Ve vodě se může nacházet žížalice pestrá (*Lumbriculus variegatus*) s typickými zelenavými pruhy v přední části těla a žížalice bahenní (*Criodrilu lacuum*). Tento druh dorůstá až 30 cm a je známý svou produkcí nápadně velkých kokonů s vajíčky v rybnících, tůních a klidných říčních ramenech v Polabí. Druh žížala svítivá (*Eisenia lucens*), nacházející se převážně v trouchnivém dřevě, při podráždění díky tělní tekutině vydává mírné zelenavé světlo.

Nejčastějšími druhy žížal v České republice v lesních biotopech jsou druhy *Dendrobaena octaedra*, *Dendrodrilus rubidulus* a *Lumbricus rubellus* (Pižl, 2002). Jejich výskyt může být doplněn o endogeické druhy *Aporrectodea rosea* a *Aporrectodea caliginosa*. Pro lesní ekosystémy v České republice je typický zvýšený výskyt *Dendrobaena vej dovskyi* a *Dendrobaena illyrica*, zvláště pak v západní části republiky, kde jsou považovány za dominantní druhy (Pižl, 2002; Kula, 2009). Na území Moravy je výskyt již zmíněných druhů na velmi málo lokalitách (Pižl, 2002). *D. illyrica* je v posledních letech stále více zastoupena také na antropogenně narušených stanovištích (Pižl, 2006; Kula, 2009).

Typický výskyt *Eisenia lucens* je v oblasti Beskyd (Pižl, 1995; 2002). *E. lucens* byl nalezen také v oblasti Krkonoš a v Jeseníků (Pižl, 2002). Na okrajích lesních porostů a vlhčích stanovištích je determinován endogeický druh *Octolasion laceum* (Pižl, 2005). Nejčastější žížalou vyskytující se v ČR, která převládá v hlubokých půdách, je *Lumbricus terrestris*. Tento druh je nejčastější v listnatých lesech v nižších polohách, na loukách a v polích. V jehličnatých lesích je výskyt tohoto druhu zcela výjimečný (Pižl, 2002). Další druh preferující ke svému životu listnaté lesy a oblasti luhů je *Allolobophora eiseni*. Tento druh je v takových podmínkách velice hojný (Pižl, 2006; 2007). Kula (2009) řadí tento druh do porostů náhradních dřevin. Jedinou výjimku představuje na Šumavě ve smrkových porostech (Pižl, 2001). Mezi zástupce v oblasti s vyšší vlhkostí řadíme *Eiseniella tetraedra* a *Octolasion tyrraeum* (Pižl, 2007). Tyto výskyty jsou potvrzeny jak v listnatých porostech (Pižl, 2007), tak i v jehličnatých porostech (Pižl, 2002).

3.8 Hlavní zástupci žížal v České republice

Žížala obecná (*L. terrestris*) je jedna z větších a silnějších žížal, dosahuje délky od 9 do 30 cm. Hlavní složkou její potravy jsou rostlinné zbytky, které sbírá na povrchu půdy. Jedná se o žížalu tvořící rozsáhlý systém vertikálních chodeb, který může obývat i mnoho let. Většina exkrementů slouží této žížale ke zpevnění stěn chodbiček, ale část z nich můžeme najít v podobě viditelných hromádek na povrchu půdy. Žížala obecná je typická pro trvalé travní porosty, louky, pastviny a sady (Pommeresch, 2010). Jedná se o anektický druh. Objevuje se v další řadě biotopů s minerální půdou. Lze ji najít i v ruderálních biotopech. Je neutrofilní a v jehličnatých lesích se vyskytuje pouze místně (Pižl, 2002).

Žížala polní (*Aporrectodea caliginosa*) je 6 – 12cm dlouhá a je považována za nejběžnější druh v obdělávaných půdách. Základní složkou její potravy jsou malé částičky drobných rozložených zbytků obsažených v půdě. Zpravidla se zdržuje v horní vrstvě půdy do hloubky asi 25 cm a jen výjimečně je možné ji najít na povrchu půdy. Její hlavová část je

vybavena velmi silnou svalovinou, která usnadňuje vytváření většiny horizontálně orientovaných chodeb. Jedná se tedy endogeický druh a obývá všechny typy ekosystémů. Jde o jeden z nejběžnějších druhů (Pižl, 2002).

Žížala růžová (*Aporrectodea rosea*) je jedním z malých zástupců u nás, dorůstající 3 – 8 cm. Její způsob života a ekologie se velmi podobá žížale polní. Stejně jako žížala polní buduje i žížala růžová chodbičky po celý život a díky tomu je řazena mezi nejdůležitější druhy v obdělávaných půdách (Pommeresch, 2010)

Žížala červená (*Lumbricus rubellus*) je nacházena často v lesních půdách, ale také v obdělávaných půdách. Zejména však v sadech a na pastvinách. Dorůstá 6 – 13 cm a svůj život tráví v hrabance či ve svrchní části půdy do hloubky 15 cm. Vyhledává prostor mezi kořeny a rostlinnými zbytky, kde hloubí mělké chodbičky ve tvaru písmene U. Její potravou jsou převážně odumřelé rostlinné zbytky či trus býložravců, nebo drobné organické částice v půdě (Pommeresch, 2010). Jedná se o kosmopolitní druh, který byl zavlečen i do Indie, jižní Afriky a na Nový Zéland. Lze ji najít ve všech typech ekosystémů a patří mezi epigeické druhy. Žížala červená je nejčastěji nalézáný druh pod kmeny stromů, padlými větvemi a opadankou (Pižl, 2002)

Žížala dlouhá (*Aporrectodea longa*) je dlouhá a silná žížala dorůstající 9 – 17 cm, vytvářející hluboké, převážně vertikálně orientované chodbičky. Živí se organickými zbytky na povrchu půdy jako žížala obecná a podobně jako žížala polní. Hlavní složkou potravy jsou drobné rostlinné částičky obsažené v minerálních vrstvách půdy. Jedná se o anektický druh, který se vyskytuje v řadě biotopů. Tento druh preferuje vápnité půdy, obývá orné půdy, louky i listnaté lesy (Pižl, 2002).

Allolobophora chlorotica je žížala dlouhá 3 – 8cm, jedná se o endogeický druh. Je známá ve dvou formách a to v zelené a bělavě šedé. Jedná se o druh obývající nejrůznější typy ekosystémů, ale zdržuje se hlavně v nížinách. Pouze zřídka se objevuje v lesích (Pižl,2002).

Lumbricus castaneus je epigeický druh obývající opadavou vrstvu půdy a vyskytující se ve většině ekosystémů, nejčastěji se však zdržuje v orných půdách. Je často nalézán pod kameny či padlými větvemi (Pižl,2002).

Aporrectodea icterica je žížala zbarvená do růžové či našedlé barvy. Obývá zejména louky a ostatní agrocenozy, jedná se o endogeický druh. Je jedním z nejrozšířenějších druhů v zahradách (Pižl,2002).

Žížala hnojní a žížala kalifornská (*Eisenia fetida*, *Eisenia andrei*) patří mezi drobnější zástupce v České republice, dorůstají délky 4 – 12 cm. Jejich poznávacím znamením jsou

červenohnědá dorsální část těla a často viditelné světlejší kroužky mezi jednotlivými tělními články. Jsou velmi náročné na množství organických zbytků. Původně se vyskytovaly pouze v silně zamokřené opadance listnatých lesů, na březích potoků a prameništích. Dnes jsou závislé na prostředí vytvořené lidskou činností, proto je můžeme nalézt výhradně v kompostech a kupách hnoje. Jsou rychle množící se a rychle rostou. Jsou to nejvýznamnějšími zástupci v komerčním využití v produkci biomasy, vermikompostu či hnojiv.

V České republice je v současnosti nejběžnějším druhem žížala polní. Aktuálně je potvrzen výskyt 62 druhů žížal na našem území (Pommeresch, 2010). Mnoho z nich patří však ke vzácným druhům a jejich výskyt je spíše lokální. V orných půdách se nachází 18 druhů žížal. Spektrum jejich zastoupení se liší podle regionů a podmínek prostředí. Jedná se hlavně o půdní typ, půdní reakce, teplotní a vlhkostní poměry. Typické pro polní společenství jsou žížala polní (50 – 100 %), žížala růžová (10 – 50 %), žížala červená a žížala obecná (5 – 10 %). Většina ostatních zástupců nepřesahuje 5 %. V horských a podhorských oblastech se nacházejí výjimky, např. žížala mléčná (*Octolasion lacteum*), dále pak v písčitých půdách žížala zelená (*Allolobophora chlorotica*) (Pommeresch, 2010).

3.9 Charakteristika zájmové oblasti

Pardubický kraj leží ve východních Čechách. Tato oblast se zvláště vyznačuje rozmanitostí přírodních podmínek, osídlení i průmyslové a zemědělské výroby. Proto je zde různá kvalita životního prostředí. Mezi jednu z nejméně postižených oblastí antropogenní činností se řadí oblast podhůří a méně osídlených vrchovin. Životní prostředí je nejintenzivněji poškozené v územích s koncentrovaným průmyslem, osídlením a dopravními uzly. V Pardubickém kraji je stupeň poškození životního prostředí jeden z největších v České republice. Jedná se hlavně o činnost v chemickém průmyslu a energetice (Paramo, Synthesia, elektrárny Opatovice a Chvaletice).

Z vodohospodářského hlediska je Pardubický kraj velmi významnou oblastí s nadbytkem vodních zdrojů. V tomto ohledu má nadregionálního význam. Má nadbytek jak vod podzemních, tak i vody povrchové z vodních toků. Je významnou pramennou oblastí toků bez rizika znečištění z cizích povodí. Ke třem největším vodním plochám kraje patří Sečská přehrada, která se nachází na toku Chrudimky, dále Bohdanečský rybník, ležící na Opatovickém kanále a Pastviny, přehrada na Divoké Orlici (ČHMÚ – měření a hodnocení atmosféry a hydrosféry, 2014).

V Pardubickém kraji najdeme zastoupeny všechny podnebné oblasti z České republiky. Teplá oblast má průměrné roční teploty kolem 8°C a leží v Polabské nížině. Chladná oblast se nachází v horách na severozápadě. Zde průměrná roční teplota klesá až ke 4°C. Roční úhrn srážek se pohybuje v rozmezí 600 – 700 mm/rok. Ve vyšších polohách průměr srážek narůstá.

Lesy v pardubickém kraji jsou převážně jehličnaté, ale vyskytují se zde i lesy listnaté a to především v okolí Pardubic. Z půdních druhů se zde nejčastěji vyskytují půdy hlinité. V Polabí a na Pardubicku převládají jílohlinité půdy. Je velmi zvláštní, že se okolí Pardubic řadí mezi silně narušené oblasti lidskou činností, ale půdní a vodní znečištění je vcelku srovnatelné s ostatními místy v České republice. Výběr Pardubického kraje je pro zhodnocení společnosti žízal v takto zatížené oblasti lidskou činností optimální.

4 Materiál a metody

4.1 Výběr lokalit odběru

Jelikož bylo třeba získat komplexní data o struktuře společenstev žížal v této oblasti, bylo nezbytné zvolit tři rozdílné biotopy odběru. Místa odběru se liší jak vzdáleností od obydlených oblastí, tak i od průmyslových areálů. Stanoviště byla zvolena v blízkosti průmyslového komplexu Paramo. Stanoviště jsou od sebe vzdálená od 150 do 500 metrů (obrázek 1).



Obrázek 1 - Místo odběrů s vyznačením lokalit

4.1.1 Antropogenní plocha se sporadickou vegetací mimo sídla (lokalita 1)

Jedná se o člověkem vytvořený biotop, který se nenachází v úplné blízkosti sídel, průmyslového nebo zemědělského areálu. Zde je vyvinuta sporadická vegetace s pokryvností do 10 % plochy. Lze ho popsat jako šterkovinu nebo písčovinu a další jim podobná území

s takto upravenou, odstraněnou, převrstvenou nebo nevyvinutou půdou. Jednalo se o navezenou půdu s pískem z rozestavěné plochy v blízkosti místa odběru (obrázek 1) (GPS: 50°1'44.753"N, 15°45'1.204"E).

4.1.2 Urbanizované území (lokalita 2)

Šlo o zastavěnou část města s uměle založenými trávníky mezi jednotlivými zástavbami v městské čtvrti (obrázek 1) (GPS: 50°1'31.875"N, 15°45'17.040"E).

4.1.3 Křoviny s rudimentálními a nepůvodními druhy a lesní kultury s nepůvodními jehličnatými dřevinami (lokalita 3)

Jednalo se území s křovinami s hojnými ruderálními druhy, kde se nejčastěji objevoval bez černý (*Sambucus nigra*) a ostružiníky (*Rubus spp.*).

K nejčastějším výsadbám nepůvodních dřevin na tomto území se řadil zejména šeřík obecný (*Syringa vulgaris*), smrk ztepilý (*Picea abies*) a borovice lesní (*Pinus sylvestris*), dále pak i modřín opadavý (*Larix decidua*) (obrázek 1) (GPS: 50°1'33.761"N, 15°45'10.126"E).

4.2 Odběr žížal

V každém biotopu byly pomocí provázků vytvořeny dva čtverce 5 – 10 metrů od sebe vzdálené. V každém čtverci byly následně odebírány vzorky kombinací několika metod.

Ke zvýšení efektivity byly použity tři různé metody odběru. První metoda patří k mechanickým metodám a je jím ruční sběr, při kterém jsou vybírány žížaly z opadu a povrchu půdy entomologickou pinzetou s důrazem na juvenilní jedince. Druhou metodu řadíme mezi etologické a je jí odběr pomocí hořčičného roztoku. Zalitím již očištěného povrchu vyšetřovacího čtverce žížaly samy vylezou na povrch půdy. Roztok se připravuje do konve či jiné nádoby. Do 10 litrů vody se přimíchá 60 g rozdrčeného hořčičného semínka a následně se rovnoměrně prolije celé sledované území (Gunn, 1992). Další aplikace následovala po 5 – 10 minutách. Tím se zajistí úplné prosáknutí směsi do půdy. Poslední metodou je tzv. individuální odběr. Pomocí rýče je zemina ze čtverce vyjmuta a zbylí jedinci ručně vybráni. Při individuálním odběru byla půda probrána do 35 cm hloubky.

4.3 Konzervace žížal

Po vyjmutí žížal z půdy byly ihned usmrceny v roztoku etanolu (70 %), který zakonzervuje a uchová biologický materiál. Nevýhodou použití etanolu je následné smrštění

žížal, jejich odbarvení a možné odpařování roztoku. Proto byli sebraní jedinci převedeni na období dvou týdnů do 4 % formaldehydu a po uplynutí této doby opět přendání zpět do etanolu pro zamezení styku s formaldehydem při determinaci.

4.4 Determinace získaných dat

V laboratoři pod mikroskopem bylo třeba identifikovat druh jednotlivých žížal, aby bylo ze získaných výsledků evidentní spektrum společenstva na jednotlivých místech odběrů. Žížala se pomocí entomologické pinzety a preparační jehly narovnala a určila se její hřbetní a břišní část. Hřbetní část byla rozpoznána tmavším zbarvením.

Zprvu se sledovalo prostomium. Rozlišuje se několik typů prostomia. Prolobické, epilobické otevřené, epilobické uzavřené a tanylobické. Rozlišuje se podle stupně jeho oddělení od metastomia.

Za prvním segmentem následuje řada homonomních článků, jejichž počet je u každého druhu jiný. Celé tělo je zakončeno análním segmentem zvaným periproktem s malým řitním otvorem, připomínajícím krátkou svislou šterbinu.

Na každém tělním článku s výjimkou peristomia a periproktu se nachází zatažitelné štětiny. Většina zástupců má osm štětín, tedy čtyři páry umístěné ventrálně na každém článku. Vzájemná poloha štětín je u každého druhu jiná. Podle jejich nasazení na článku a vzdáleností mezi nimi byly rozeznávány štětiny sblížené, silně sblížené, oddálené či oddělené. Štětiny jsou vždy esovitě prohnuté se středovým ztlouštutím u svalových úponů. Velikost štětín je závislá na druhu jedince a je rozdílná i podél těla jednotlivce. Větší štětiny se nachází na přídí a zádi těla hlavně kvůli pohybu žížal. Některé ventrální páry štětín mohou být přeměněny na tzv. genitální štětiny a nachází se na žláznatých genitálních políčkách. Tyto štětiny jsou zakončené háčkem a mají na sobě podélnou rýhu. S největší pravděpodobností je jejich funkcí dráždění a přidržování partnerského jedince během kopulace.

Druh žížal se dále specifikoval podle pozorování ztlustěného útvaru několika článků v přední části, který nazýváme clitellium nebo opasek. Opasek je pokožka modifikována přítomností husté sítě velkých žláznatých buněk, které produkují slizovité sekrety a ty nadále slouží k produkci kokonů. Poloha opasku a počet článků tvořící opasek je zpravidla stejný pro každý druh. Na okrajích opasku je možné pozorovat více či méně výrazně vyvinuté žláznaté útvary, pubertální valy (*tuberculae pubertatis*). Ty mohou v podobě proužků zasahovat do několika opaskových segmentů, mohou zaujímat celý opasek či zasahovat i na několik článků za opaskem. Poloha a tvar pubertálních valů jsou opět druhově specifické.

Dle polohy, velikosti a posazení těchto několika znaků jsme s jistotou určili vylučovací metodou jednotlivé druhy žižal pomocí klíče k určování druhů žižal

Každý determinovaný jedinec byl nakonec zvážen (bez vylučnění) pro stanovení celkové biomasy.

5 Výsledky

V lokalitě průmyslového komplexu Paramo bylo ve třech rozdílných biotopech odebráno celkem 96 jedinců žížal. V každém z biotopů (lokalita 1, lokalita 2, lokalita 3) byly provedeny odběry ze dvou míst pomocí tří zvolených metod.

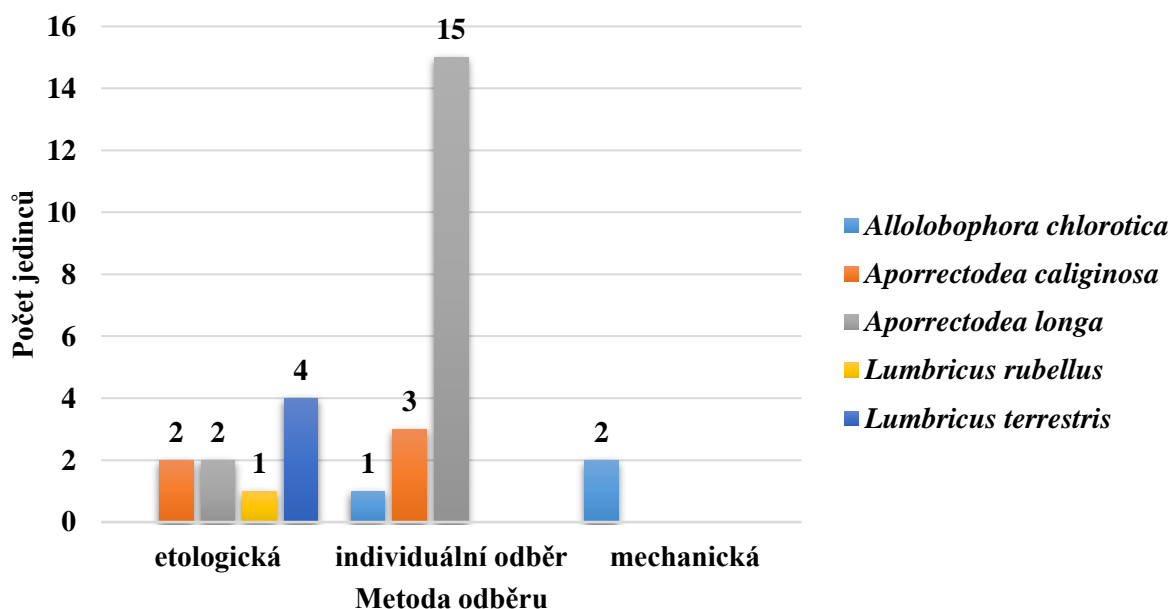
5.1 Antropogenní plocha se sporadickou vegetací mimo sídla (lokalita 1)

S použitím tří metod odběru bylo v tomto biotopu nalezeno celkem 30 jedinců. Při druhém odběru mechanickou metodou nebyl nalezen žádný jedinec. (Tabulka 1).

Tabulka 1 – Výsledky odběrů v antropogenní ploše se sporadickou vegetací mimo sídla

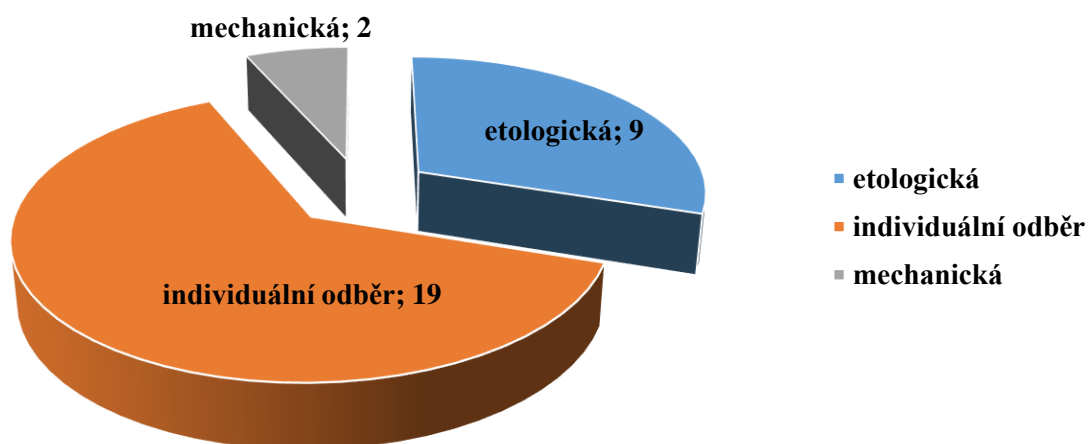
odběr č.	metoda	druh jedince	evoluční stádium	váha (g)
1	etologická	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	juvenil	0,17
1	etologická	<i>Aporrectodea longa</i>	subadult	0,22
1	etologická	<i>Lumbricus rubellus</i>	juvenil	0,15
1	etologická	<i>Lumbricus terrestris</i>	juvenil	0,15
1	etologická	<i>Lumbricus terrestris</i>	subadult	0,27
1	individuální odběr	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	adult	0,51
1	individuální odběr	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	adult	0,81
1	individuální odběr	<i>Aporrectodea longa</i>	adult	1,03
1	individuální odběr	<i>Aporrectodea longa</i>	adult	1,06
1	individuální odběr	<i>Aporrectodea longa</i>	adult	1,13
1	individuální odběr	<i>Aporrectodea longa</i>	adult	1,17
1	individuální odběr	<i>Aporrectodea longa</i>	adult	1,25
1	individuální odběr	<i>Aporrectodea longa</i>	adult	1,46
1	individuální odběr	<i>Aporrectodea longa</i>	adult	1,65
1	individuální odběr	<i>Aporrectodea longa</i>	adult	1,72
1	individuální odběr	<i>Aporrectodea longa</i>	adult	1,85
1	mechanická	<i>Allolobophora chlorotica</i>	juvenil	0,04
1	mechanická	<i>Allolobophora chlorotica</i>	subadult	0,06
2	etologická	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	adult	0,75
2	etologická	<i>Aporrectodea longa</i>	adult	1,20
2	etologická	<i>Lumbricus terrestris</i>	adult	0,61
2	etologická	<i>Lumbricus terrestris</i>	adult	0,82
2	individuální odběr	<i>Allolobophora chlorotica</i>	juvenil	0,05
2	individuální odběr	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	subadult	0,25
2	individuální odběr	<i>Aporrectodea longa</i>	adult	0,73
2	individuální odběr	<i>Aporrectodea longa</i>	adult	0,79
2	individuální odběr	<i>Aporrectodea longa</i>	adult	1,16
2	individuální odběr	<i>Aporrectodea longa</i>	adult	1,30
2	individuální odběr	<i>Aporrectodea longa</i>	adult	1,38
2	individuální odběr	<i>Aporrectodea longa</i>	adult	1,81

Metodou individuálního odběru bylo nalezeno 15 zástupců druhu *Aporrectodea longa*. Metodou mechanického odběru byli získáni pouze dva jedinci druhu *Allolobophora chlorotica* (Graf 1).



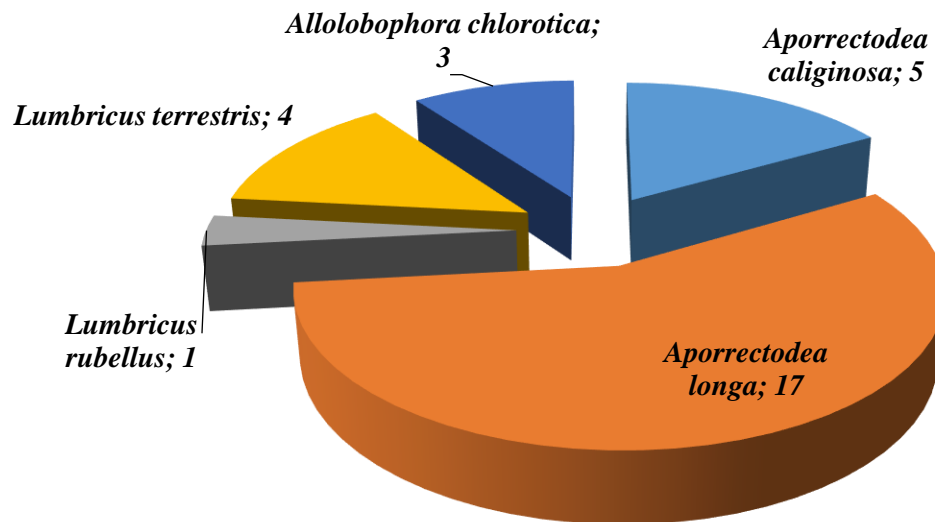
Graf 1 - Počet jedinců daného druhu podle metody odběru v lokalitě 1

Nejúspěšnější metodou v této lokalitě byla metoda individuálního odběru. Touto metodou bylo odebráno celkem 19 jedinců. Naopak tou nejméně úspěšnou byla metoda mechanického odběru, při níž byli získáni pouze dva jedinci (Graf 2).



Graf 2 – Celkový počet jedinců podle metody odběru v lokalitě 1

Nejpočetnějším druhem v této lokalitě byla *Aporrectodea longa*, jehož bylo odebráno 17 jedinců. Nejméně zastoupeným druhem byl *Lumbricus rubellus*, od kterého byl nalezen pouze jediný zástupce (Graf 3).



Graf 3 -Celkový počet jedinců daného druhu v lokalitě 1

5.2 Urbanizované území (lokalita 2)

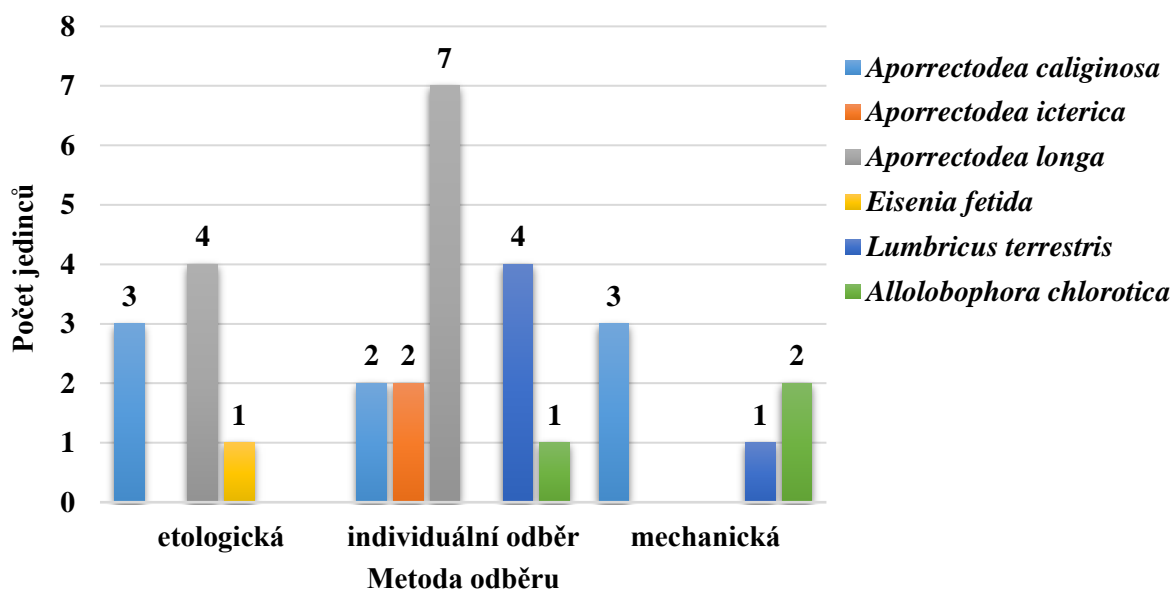
S použitím tří metod odběru bylo v tomto biotopu nalezeno celkem 30 jedinců (Tabulka 2).

Tabulka 2 - Výsledky odběrů v urbanizovaném území

odběr č.	metoda	druh jedince	evoluční stádium	váha (g)
1	etologická	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	adult	0,58
1	etologická	<i>Aporrectodea longa</i>	adult	0,98
1	etologická	<i>Aporrectodea longa</i>	adult	1,36
1	individuální odběr	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	subadult	0,19
1	individuální odběr	<i>Aporrectodea longa</i>	adult	0,71
1	individuální odběr	<i>Aporrectodea longa</i>	adult	0,79
1	individuální odběr	<i>Aporrectodea longa</i>	adult	0,79
1	individuální odběr	<i>Aporrectodea longa</i>	adult	0,87
1	individuální odběr	<i>Aporrectodea longa</i>	adult	0,97
1	individuální odběr	<i>Aporrectodea longa</i>	adult	1,17
1	individuální odběr	<i>Aporrectodea longa</i>	adult	1,35
1	mechanická	<i>Allolobophora chlorotica</i>	adult	0,46
1	mechanická	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	juvenil	0,16
1	mechanická	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	adult	0,27
2	etologická	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	juvenil	0,33
2	etologická	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	adult	0,53
2	etologická	<i>Aporrectodea longa</i>	adult	0,86
2	etologická	<i>Aporrectodea longa</i>	adult	1,67
2	etologická	<i>Eisenia fetida</i>	juvenil	0,09
2	individuální odběr	<i>Allolobophora chlorotica</i>	juvenil	0,12
2	individuální odběr	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	adult	0,66
2	individuální odběr	<i>Aporrectodea icterica</i>	juvenil	0,13
2	individuální odběr	<i>Aporrectodea icterica</i>	adult	1,12
2	individuální odběr	<i>Lumbricus terrestris</i>	adult	0,52
2	individuální odběr	<i>Lumbricus terrestris</i>	adult	0,56
2	individuální odběr	<i>Lumbricus terrestris</i>	adult	1,10
2	individuální odběr	<i>Lumbricus terrestris</i>	adult	1,51
2	mechanická	<i>Allolobophora chlorotica</i>	juvenil	0,11
2	mechanická	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	juvenil	0,15
2	mechanická	<i>Lumbricus terrestris</i>	juvenil	0,05

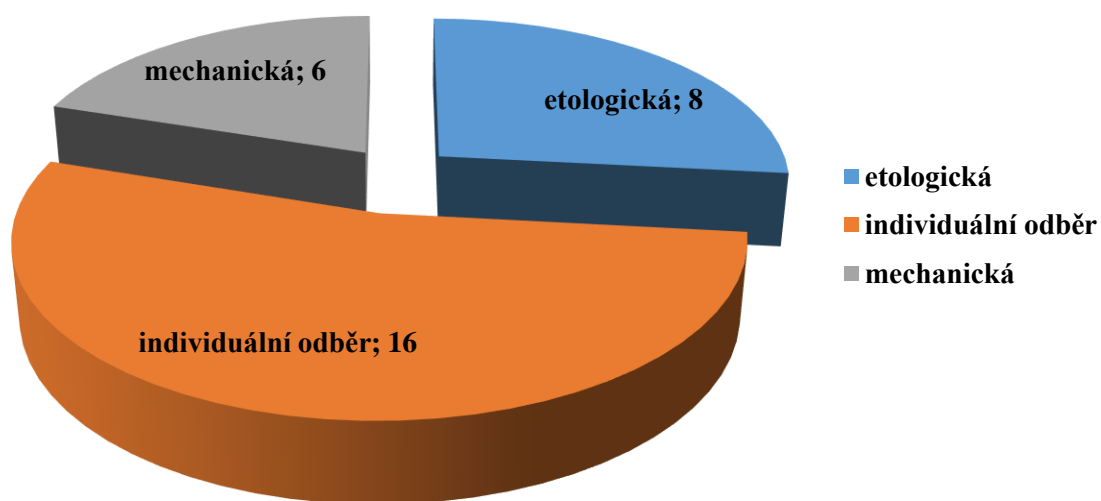
Metodou individuálního odběru bylo získáno 7 zástupců rodu *Aporrectodea longa*. Etologickou metodou byl nalezen pouze jeden zástupce *Eisenia fetida*, metodou

individuálního odběru jediný zástupce rodu *Allolobophora chlorotica* a metodou mechanického odběru jeden zástupce *Lumbricus terrestris* (Graf 4).



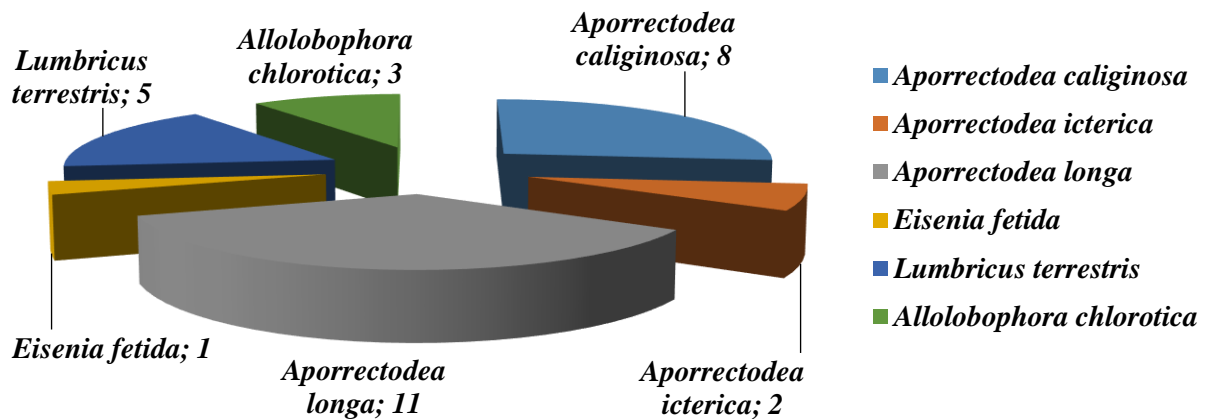
Graf 4 - Počet jedinců daného druhu podle metody odběru v lokalitě 2

Nejúspěšnější metodou v této lokalitě byla metoda individuálního odběru, kterou bylo odebráno celkem 16 jedinců. Naopak nejméně úspěšná byla mechanická metoda, při které jich bylo nalezeno pouze 6 (Graf 5).



Graf 5 - Celkový počet jedinců podle metody odběru v lokalitě 2

Nejpočetnějším zástupcem této lokality byla *Aporrectodea longa*. Bylo nalezeno celkem 11 jedinců. Nejméně zastoupeným druhem v této lokalitě byla *Eisenia fetida*, od kterého byl nalezen pouze 1 zástupce (Graf 6).



Graf 6 - Celkový počet jedinců daného druhu v lokalitě 2

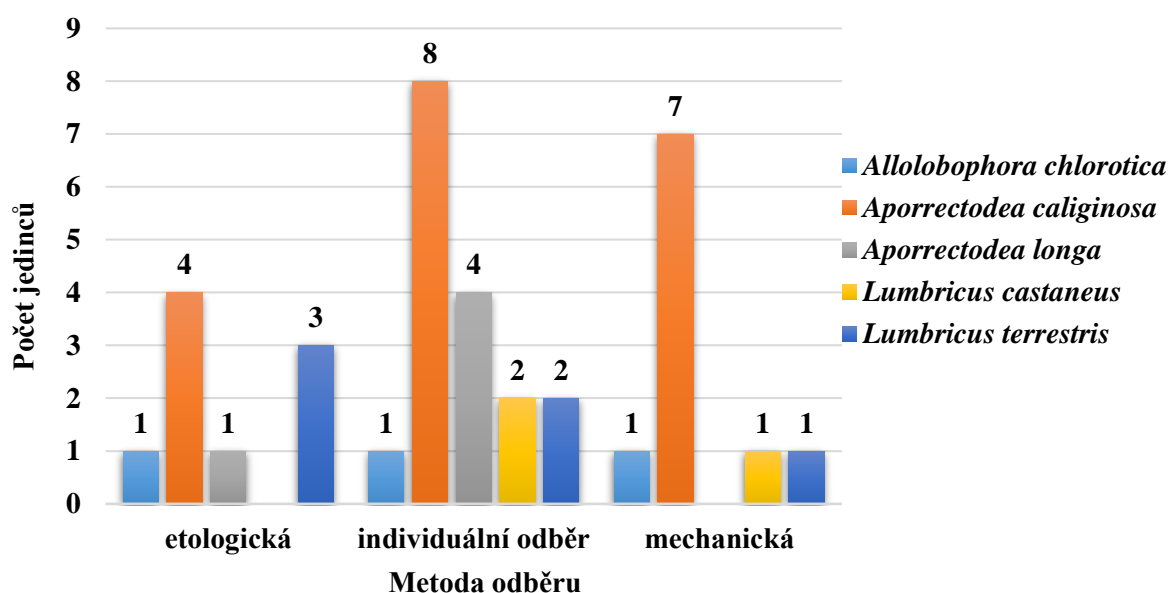
5.3 Křoviny s rudimentálními a nepůvodními druhy a lesní kultury s nepůvodními jehličnatými dřevinami (lokalita 3)

Jedná se biotop s nejvyšším počtem odebraných jedinců, bylo jich 36 (Tabulka 3).

Tabulka 3 - Výsledky odběrů v lokalitě 3

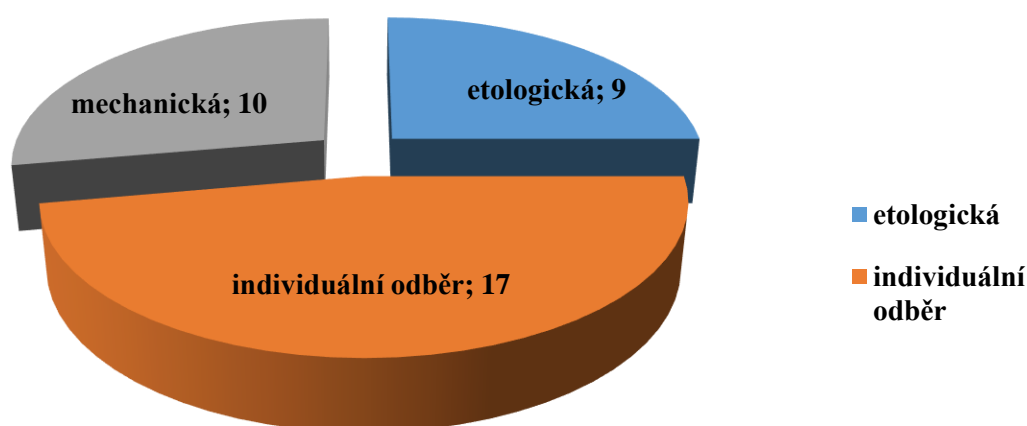
odběr č.	metoda	druh jedince	evoluční stádium	váha (g)
1	etologická	<i>Allolobophora chlorotica</i>	adult	0,47
1	etologická	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	subadult	0,20
1	etologická	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	adult	0,37
1	etologická	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	adult	0,47
1	etologická	<i>Aporrectodea longa</i>	adult	0,70
1	individuální odběr	<i>Allolobophora chlorotica</i>	subadult	0,06
1	individuální odběr	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	adult	0,67
1	individuální odběr	<i>Aporrectodea longa</i>	juvenil	0,24
1	individuální odběr	<i>Aporrectodea longa</i>	juvenil	0,61
1	individuální odběr	<i>Aporrectodea longa</i>	adult	1,13
1	mechanická	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	juvenil	0,07
1	mechanická	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	juvenil	0,08
1	mechanická	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	juvenil	0,13
2	etologická	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	adult	0,32
2	etologická	<i>Lumbricus terrestris</i>	juvenil	0,08
2	etologická	<i>Lumbricus terrestris</i>	juvenil	0,15
2	etologická	<i>Lumbricus terrestris</i>	adult	0,51
2	individuální odběr	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	juvenil	0,14
2	individuální odběr	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	juvenil	0,15
2	individuální odběr	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	subadult	0,25
2	individuální odběr	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	adult	0,36
2	individuální odběr	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	adult	0,37
2	individuální odběr	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	adult	0,41
2	individuální odběr	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	adult	1,06
2	individuální odběr	<i>Aporrectodea longa</i>	adult	1,36
2	individuální odběr	<i>Lumbricus castaneus</i>	adult	0,25
2	individuální odběr	<i>Lumbricus castaneus</i>	adult	0,31
2	individuální odběr	<i>Lumbricus terrestris</i>	juvenil	0,17
2	individuální odběr	<i>Lumbricus terrestris</i>	adult	0,40
2	mechanická	<i>Allolobophora chlorotica</i>	juvenil	0,12
2	mechanická	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	juvenil	0,09
2	mechanická	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	juvenil	0,12
2	mechanická	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	juvenil	0,12
2	mechanická	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	subadult	0,15
2	mechanická	<i>Lumbricus castaneus</i>	juvenil	0,13
2	mechanická	<i>Lumbricus terrestris</i>	subadult	0,16

Aporrectodea caliginosa byl nejpočetnějším druhem ve všech třech metodách odběru. Nejméně zastoupenými byli *Allolobophora chlorotica* a *Aporrectodea longa* při odběru etologickou metodou a *Allolobophora chlorotica* při použití individuálního odběru. Nejnižší četnosti u mechanické metody dosáhli *Lumbricus castaneus* a *Lumbricus terrestris* (Graf 7).



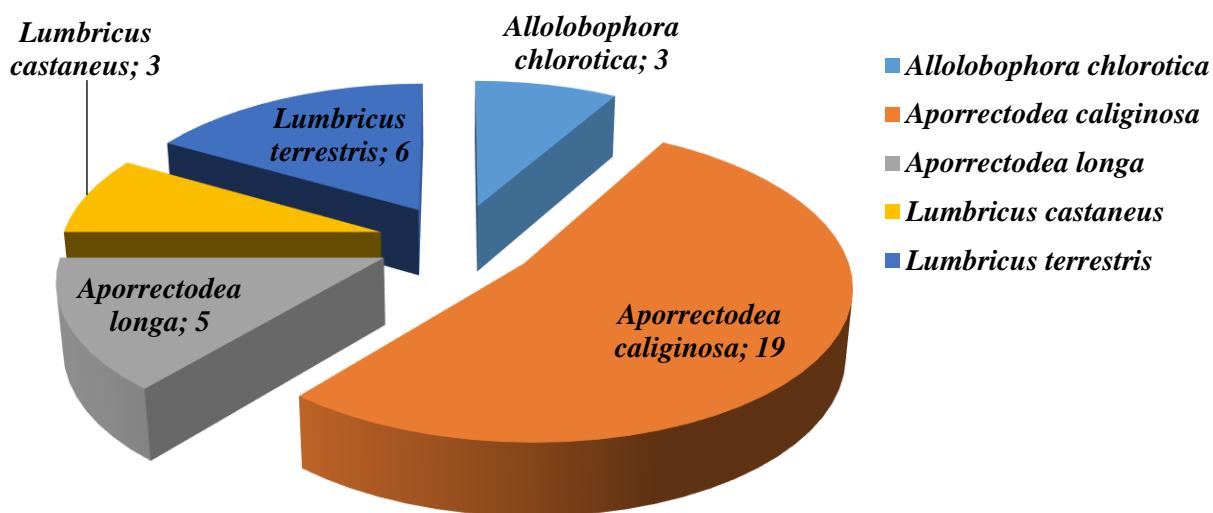
Graf 7 - Počet jedinců daného druhu podle metody odběru v lokalitě 3

Nejúspěšnější metodou v této lokalitě byl individuální odběr. Nejnižší počet jedinců byl získán etologickou metodou (Graf 8).



Graf 8 - Celkový počet jedinců podle metody odběru v lokalitě 3

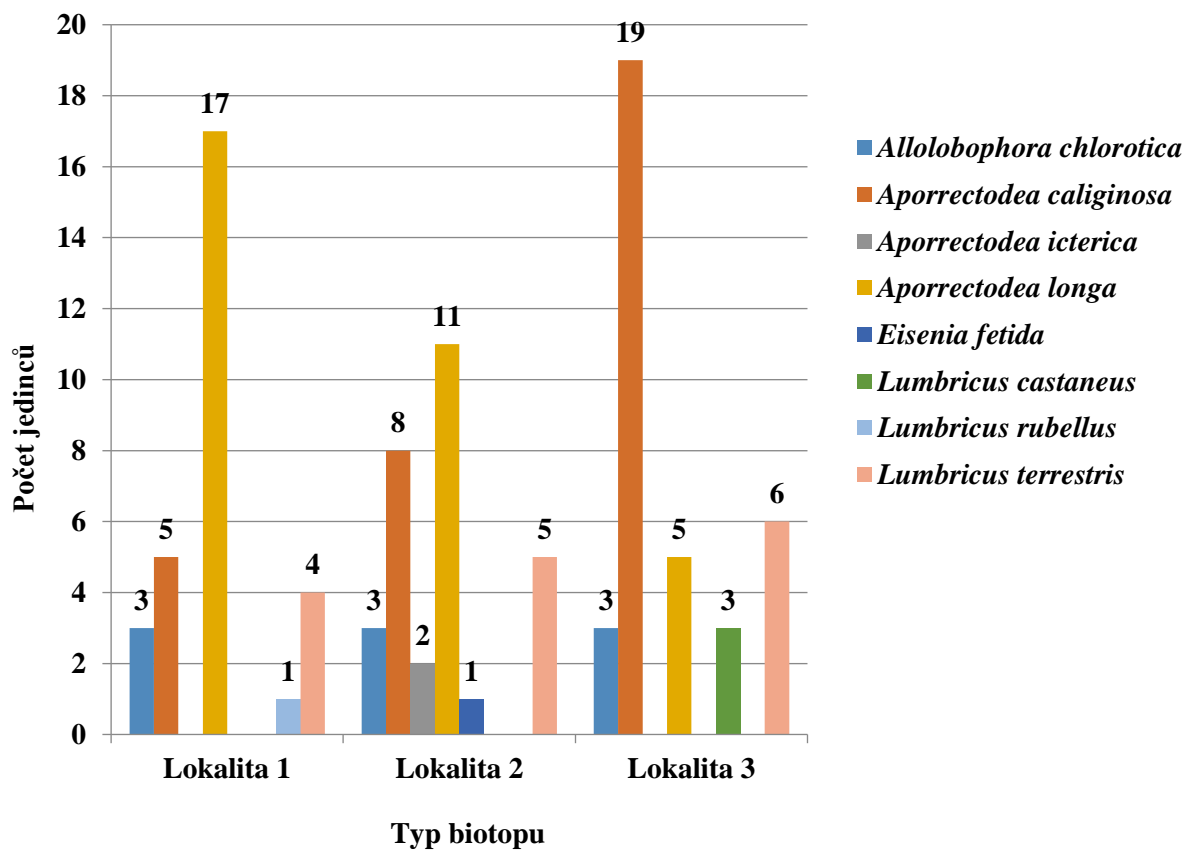
Nejpočetnějším v této lokalitě byl druh *Aporrectodea caliginosa*. Bylo zde nalezeno celkem 19 jedinců. Nejméně početnými byly druhy *Lumbricus castaneus* a *Allolobophora chlorotica*. U obou druhů byli nalezeni pouze 3 zástupci (Graf 9).



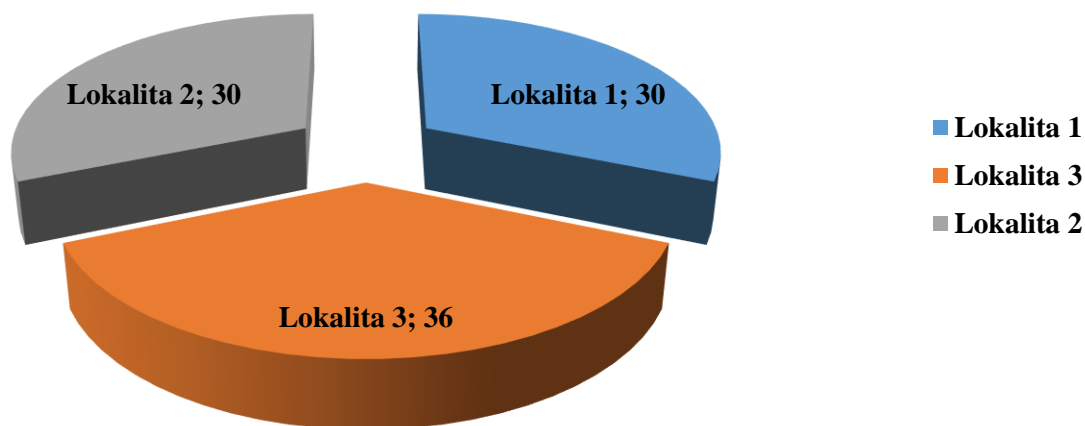
Graf 9 - Celkový počet jedinců daného druhu v lokalitě 3

5.4 Celkové zhodnocení odběrů

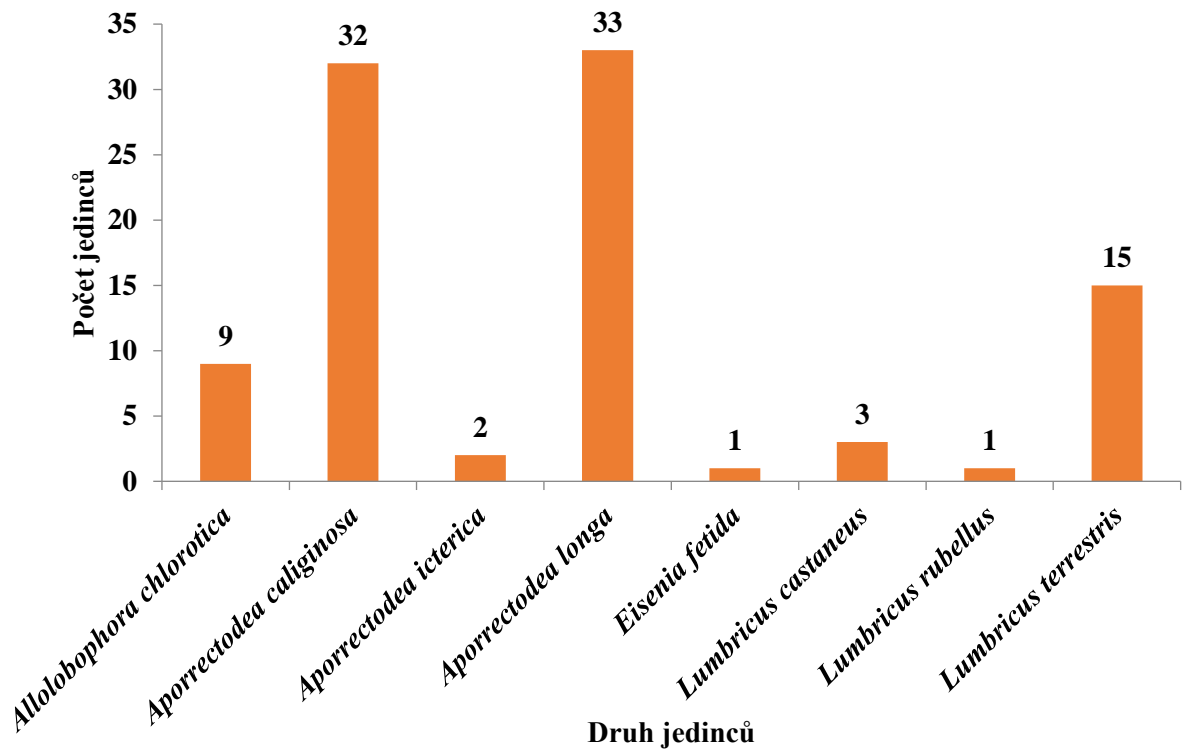
Z celkových výsledků je patrné, že nejpočetnějším druhem jsou *Aporrectodea longa*, *Aporrectodea caliginosa* a *Lumbricus terrestris* (Graf 12). Nejvíce zástupců *Aporrectodea longa* bylo nalezeno v lokalitě 1 (Graf 10). Největší počet jedinců *Aporrectodea caliginosa* bylo odebráno v lokalitě 3 (Graf 10). Největší spektrum druhů bylo nalezeno v lokalitě 2 (Graf 10). Početně nejbohatší lokalitou na výskyt jedinců byla lokalita 3 (Graf 11). Nejvyšší hmotnost biomasy byla zjištěna v lokalitě 1 (Graf 13) a nejvyšší průměrná hmotnost jedinců byla v lokalitě 1 (Graf 14).



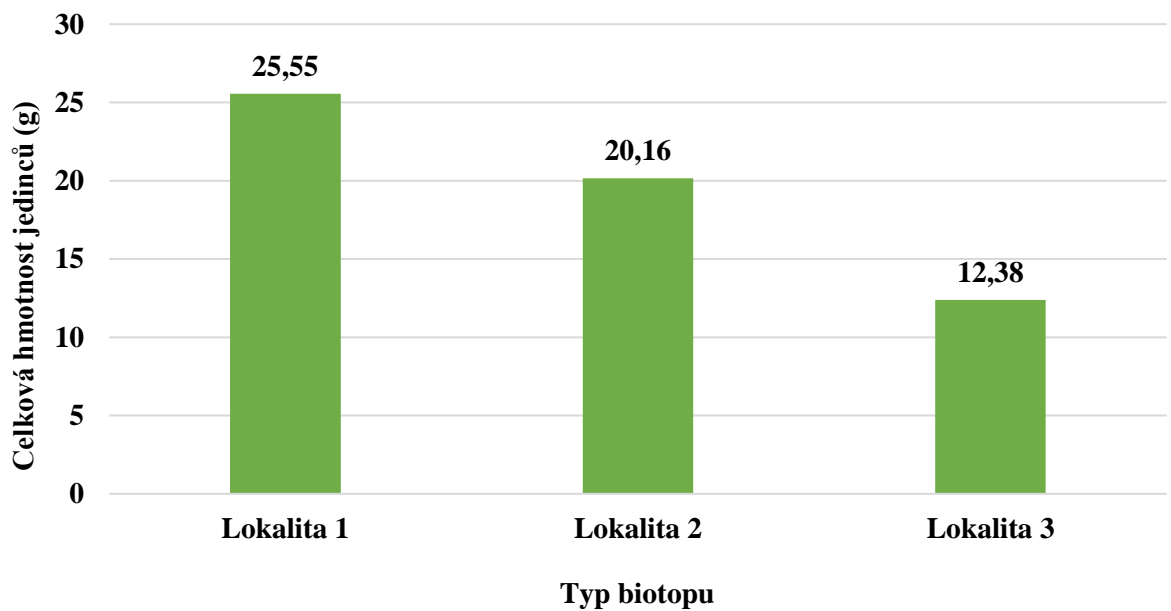
Graf 10 - Celkový počet jedinců daných druhů v jednotlivých biotopech



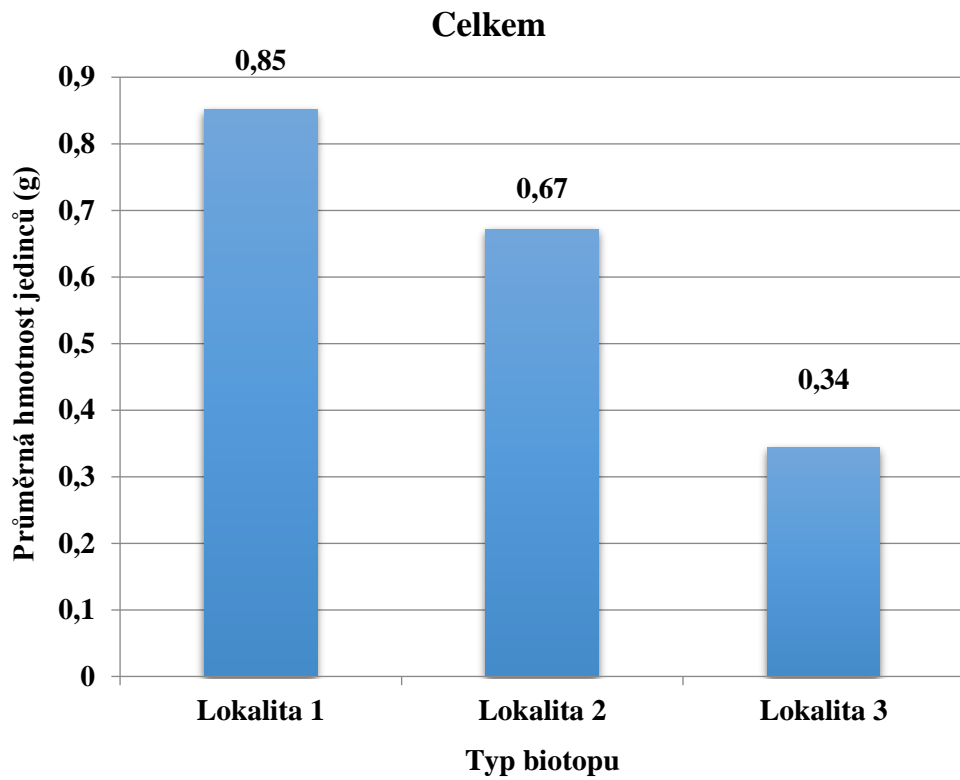
Graf 11 - Celkový počet jedinců v jednotlivých biotopech



Graf 12 - Celkový počet jedinců jednotlivých druhů



Graf 13 - Celková hmotnost jedinců v jednotlivých biotopech



Graf 14 - Průměrná hmotnost jedinců v jednotlivých biotopech

6 Diskuze

Jak již bylo uvedeno, bylo odebráno celkem 96 jedinců žížal, z nichž bylo určeno 33 zástupců *Aporrectodea longa*, 32 zástupců *Aporrectodea caliginosa*, 15 zástupců *Lumbricus terrestris*, 9 zástupců *Allolobophora chlorotica*, 3 zástupci *Lumbricus castaneus*, 2 zástupci *Aporrectodea icteria*, 1 zástupce *Eisenia fetida* a 1 zástupce *Lumbricus rubellus*.

Jak tvrdí Bengston a Rundgren (1992), nárůst emisí těžkých kovů snižuje zastoupení druhů žížal až jejich vymizení. Mezi citlivé druhy na tyto změny patří hlavně *Aporrectodea rosea*, *Aporrectodea caliginosa*, *Allolobophora chlorotica*.

Jelikož bylo celkově vyhodnoceno, že druhým nejpočetnějším byl již zmíněný druh *Aporrectodea caliginosa* a čtvrtým *Allolobophora chlorotica*, můžeme s jistotou tvrdit, že naše sledované území nepatří mezi místa zatížená emisemi těžkých kovů.

Je prokázána velmi negativní reakce žížal na zakyselování půd. Dle Rundgrena (1994) se po změně kyselosti půdy společenstva o počtu 2 – 4 druhů žížal mohou přeměnit až v jedno druhové společenstvo. Z našich výsledků je patrné, že se ve sledovaném území nachází minimálně osm druhů žížal. Můžeme tedy předpokládat, že na našem území nedošlo k žádným výrazným změnám kyselosti půdy v nejbližších letech.

Se zvětšením plochy podrostu se rozšiřuje potravní nabídka žížal (Dungren, 1983). Se zvyšující se potravní nabídkou roste i druhové zastoupení a množství žížal. Tuto domněnku potvrzuje porovnání našich třech odběrů. Ve třetí lokalitě, s největší plochou podrostu, bylo odebráno největší množství jedinců.

Jak už bylo řečeno, je možné pomocí druhové diverzity odhadnout, v jaké míře je sledované území lidskou činností ohroženo. S odběry ve třech různých biotopech a použitím třech různých metod odběrů můžeme s jistotou tvrdit, že jde o komplexní výsledky. Z nich je evidentní, že není sledované území nijak zvlášť zatížené lidskou činností. Ale i přes to je třeba stále dbát o půdní ekologii a zbytečně nezatěžovat životní prostředí.

7 Závěr

Cílem této práce bylo charakterizovat druhové spektrum žížal v lokalitě průmyslového komplexu Paramo a rozmanitostí druhů zjistit, v jaké míře je toto území zatížené lidskou činností. Je známo, že většina lidské činnosti spojené s průmyslem má negativní dopad na půdu a tím i na půdní organismy. Ať už je řeč o hnojení, působení těžkých kovů nebo o okyselování půd. Při každém zásahu lidským faktorem je ovlivněna struktura společenstev organismů a snížena druhová diversita. Odběrem žížal z různých biotopů, vyskytujících se v blízkosti sledovaného území, bylo dosaženo komplexních výsledků o výskytu a četnosti druhů. Vyhodnocením výsledků bylo jasné, že dané prostředí není výrazně ovlivněno lidskou činností a výsledky jsou úměrné s předpokládaným zastoupením druhů žížal. I přes toto zjištění by měl člověk věnovat pozornost svým každodenním činnostem, které mohou mít negativní dopad na ekologii a tak i na všechny druhy ekosystémů.

8 Seznam literatury

- Bengtsson, G., Rundgren, S. 1992. Seasonal variation of lead uptake in the earthworm *Lumbricus terrestris* and the influence of soil limit and acidification. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 23. 198 – 205.
- Curry, J. P. 1998. Factors affecting earthworm abundance in soils. In: Edwards, C. A., (ed.). *Earthworm Ecology*. St. Lucie Press, Boca Raton. p. 37 – 64.
- ČHMÚ - měření a hodnocení atmosféry a hydrosféry. 2014. Praha: Český hydrometeorologický ústav. ISBN 978-80-87577-28-8.
- Edwards, C. A., Bohlen, P. J. 1996. *Biology and Ecology of Earthworms*. Chapman and Hall. London. p. 283.
- Dunger, W. 1983. *Tiere im Boden*. Ziemsen Verlag, Wittenberg, 178 s.
- Edwards, C. A., J. R. Lofty. 1972. *Biology of earthworms*. London: Chapman and Hall. ISBN 978-0-412-11060-3.
- Gunn, A. 1992. The use of mustard to estimate earthworm populations. *Pedobiologia*. 36: 65–67.
- Gisi, U. 1990. *Bodenökologie*. Thieme Georg Verlag, Stuttgart, New York. 304 pp.
- Chalupský, J. 1991. Výzkum cenóz půdních organismů a změn chemismu půdy v imisně zatížených oblastech na příkladu Beskyd. Ústav půdní biologie. Č. Budějovice. 49pp.
- Chytrý, M. 2010. *Katalog biotopů České republiky: Habitat catalogue of the Czech Republic*. 2. vyd. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. ISBN 978-80-87457-03-0.
- Kula, E. 2009. *Půdní a epigeická fauna stanovišť ovlivněných vápněním a její dynamika*. 1. Vyd. Hradec – Králové: GS LČR, O6. Grantová služba Lesy ČR
- Kula, E., Matoušek, D., Kodarová, L. 2003. *Arachnoentomofauna stanovišť ovlivněných vápněním a hnojením a její dynamika*. Rešeršní zpráva, MZLU v Brně, 79 pp.

- Kula, E., Švarc, P. 2011. Žížaly (Lumbricidae) lesních ekosystémů narušených imisemi a ovlivněných rekompensačním vápněním v Krušných horách. Mendelova univerzita v Brně, 99 s. ISBN: 978-80-7375-482-2.
- Lee, K.E. 1985. Earthworms. Their ecology and relationships with soils and land use. Academic Press, Sydney, Australia. 411 pp.
- LOSOS, B. et al. 1984. Ekologie živočichů. SPN Praha, 320 s.
- Matějka, K. 2011. Vliv vápnění na epigeickou faunu. Brno, 58s.
- Marschall, V. G. 1971. Effects of soil arthropods and earthworms on the growth of black spruce. In: D' AGULIAR, J., Organismes du Sol et Production Primaire, IV Colloquium Pedobiologiae Dijon. Institut national de la Recherche Agronomique, Paris, 109–117.
- Nordstrom, S., Rundgren, S. 1974. Environmental factors and lumbricid associations in southern Sweden. Pedobiologia, 14: 1-27.
- Pižl, V. 1992. Succession of earthworm populations in abandoned fields. Soil Biology & Biochemistry, 24. 1623 – 1628.
- Pižl, V. 1995. Earthworms (Oligochaeta, Lumbricidae) in man – impacted mountain forest soils. In: Matějka, K. (ed.): Investigation of the Forest Ecosystem and of Forest Damage. Praha 178 -185.
- Pižl, V. 2001. Současný stav poznání žížal (Lumbricidae) Šumavy. In: Mánek, J. (ed.): Aktuality šumavského výzkumu. Sborník z konference, Srní2. – 4. Dubna 2001. 180 – 184 .
- Pižl, V. 2002a. Žížaly České republiky. Sborník přírodovědeckého klubu v Uherském Hradišti, 154 s.
- Pižl, V. 2002b. Earthworm communities in spruce forest soils – effect of some natural and anthropogenic factors. In: ,Tajovský, K., Balík, V., Pižl, V. (eds.), Studies on soil fauna in central Europe. Institute of soil Biology. České Budějovice. 137 – 143.
- Pižl, V. 2006. Žížalovití (Oligochaeta, Lumbricidae) CHKO Kokořínsko. Bohemia centralit. 27.75 – 83.

- Pižl, V. 2007. Earthworm communities in central European beech forests. In: Tajovský, K., Schlaghamerský, J., Pižl, V. (eds.): Contributions to soil zoology in central Europe II. ISB BC AS CR, v.v.i. České Budějovice. 103-107.
- Pižl, V., Zeithaml, J. 2005. Earthworms in an arable field-forest ecotone. In: Tajovský, K., Schlaghamerský, J., Pižl, V. (eds.). Contributions to Soil Zoology in Central Europe I. ISB AS CR. České Budějovice. p. 113 – 117.
- Pommeresche, R., Sissel, H., Loes, A.K. 2010. Žížaly a jejich význam pro zlepšování kvality půdy. Bioinstitut. Olomouc. 24 s. ISBN: 978-80-87371-02-2
- Römbke, J., Jansch, S., Didden, W., 2005. The use of earthworms in ecological soil classification and assessment concepts. *Ecotoxicology & Environmental Safety*, 62. 249 – 265.
- Rundgren, S. 1994. Earthworms and soil remediation: limit of acidic coniferous forest soils in Southern Sweden. *Pedobiologia*. 30. 519-529.
- Sims, R. W., Gerard, B. M. 1999. Earthworms. In: Bernes, R. S. K., Crothers, J. H. (eds.): Synopses of the British fauna (New series). The linnean society of London and The estuarine and coastal sciences asociation by field studies council shrewsbury. 168 s.
- Smrž, J. 2013. Základy biologie, ekologie a systému bezobratlých živočichů. Karolinum. Praha. ISBN 978-80-246-2258-3.
- Volz, H. 1962. Beitrage zu einer pedozoologischen Standortslehre. *Pedobiologia*. 1. 242 – 290.
- Vrba, V., Huleš, L. 2007. Humus – půda – rostlina (10) Způsoby aplikace kapalných humusových preparátů v polních podmínkách.
- Williamson, P., Evans, P. R. 1973. A preliminary study of the effects of high levels of inorganic lead on soil fauna. *Pedobiologia*. 13. 16 – 21.