Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zoologie a rybářství

Česká zemědělská univerzita v Praze

Charakteristika společenstev gastrointestinálních hlístic parazitujících u drobných zemních savců na Příbramsku

Diplomová práce

Autor práce Bc. Michaela Švrčková

Obor studia Zájmové chovy zvířat

Vedoucí práce Ing. Zuzana Čadková, Ph.D., DiS.

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Charakteristika společenstev gastrointestinálních hlístic parazitujících u drobných zemních savců na Příbramsku." jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 26.4.2021 _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Zuzaně Čadkové, Ph.D., DiS. za trpělivost, ochotu, cenné rady a odborné vedení mé diplomové práce.

Charakteristika společenstev gastrointestinálních hlístic parazitujících u drobných zemních savců na Příbramsku

Souhrn

Cílem této diplomové práce bylo charakterizovat společenstvo gastrointestinálních hlístic drobných zemních savců v regionu Příbramsko a srovnat s jinými regiony ČR.

V oblasti Příbramska bylo hodnoceno 5 lokalit, na kterých bylo odchyceno celkem 226 drobných zemních savců 9 druhů. Ve srovnávaných oblastech bylo z oblasti Mostecka hodnoceno 266 jedinců 9 druhů a z oblasti Sokolovska 166 jedinců 4 druhů. Odchyty hostitelů byly provedeny na loukách s podobným charakterem vegetace.

Pro oblast Příbramska byla provedena podrobná determinace parazitů odchycených drobných savců. Bylo nalezeno 11 druhů hlístic *Trichuris arvicolae*, *Syphacia nigeriana, S. obvelata*, *S. stroma*, *S. vanderbrueli*, *Heligmosomum costellatum*, *Heligmosomoides laevis*, *Capillaria muris sylvatici*, *Capillaria* sp., *Boreostrongylus minutus*, *Heligmosomoides polygyrus*.

Hodnocenými charakteristikami byly prevalence, intenzita infekce a diverzita parazitů.

Rozdíly prevalence parazitů na lokalitách Příbramska (35 %-55 %) ani jednotlivých oblastí (Příbramsko 45 %, Mostecko 38 %, Sokolovsko 37 %) nebyly statisticky významné.

Intenzita infekce mezi jednotlivými lokalitami Příbramska (maximum 38-73, průměr 6-11,64) ukázala statisticky významný rozdíl (p=0,03), ale nepotvrdila vliv vzdálenosti od zdroje znečištění. Srovnání intenzity infekce mezi oblastmi (maximum 73; 427; 82, průměr 7,71; 35,73; 15,42) ukázalo statisticky významný rozdíl (p=0,0003), nejnižší intenzita infekce byla v oblasti Příbramsko.

Rozdíl v diverzitě parazitů na lokalitách Příbramska (maximum 3-4, průměr 1,27-1,64, p=0,2215) ani mezi oblastmi (maximum 4; 4; 3, průměr 1,38; 1,39; 1,30, p=0,7388) nebyl statisticky významný.

Provedené statistické vyhodnocení nepotvrdilo předpoklad, že by hodnocené charakteristiky společenstva gastrointestinálních hlístic drobných zemních savců na Příbramsku byly vyšší, než ve srovnávaných oblastech Mostecko a Sokolovsko.

Klíčová slova: Nematoda, prevalence, intenzita infekce, hlodavci, hmyzožravci

Gastrointestinal Nematoda parasitizing small terrestrial mammals in Pribram region

Summary

The main goal of this diploma thesis was to characterize the community of gastrointestinal nematodes of small terrestrial mammals in the Příbram region and to compare it with other regions of the Czech Republic.

In the area of the Příbram region, 5 localities were evaluated, in which a total of 226 small terrestrial mammals of 9 species were captured. In the compared areas, 266 animals of 9 species were evaluated from the Most region and 166 animals of 4 species from the Sokolov region. The animal captures were performed on meadows with a similar vegetation character.

A detailed determination of parasites from captured small mammals was performed for the Příbram region. 11 species of nematodes were found: *Trichuris arvicolae*, *Syphacia nigeriana, S. obvelata*, *S. stroma*, *S. vanderbrueli*, *Heligmosomum costellatum*, *Heligmosomoides laevis*, *Capillariamuris sylvatici*, *Capillaria* sp., *Boreostrongylus minutus*, *Heligmosomoides polygyrus.*

The evaluated characteristics were prevalence, abundance and diversity of parasites.

Differences in the prevalence of parasites in the localities of the Příbram region (35%-55%) and individual areas (Příbram region 45%, Most region 38%, Sokolov region 37%) were not statistically significant.

The abundance between individual localities of the Příbram region (maximum 38-73, average 6-11.64) proved a statistically significant difference ($p = 0.03$) but did not confirm the effect of distance from the source of pollution. Comparison of the abundance between areas (maximum 73;427; 82, average 7.71; 35.73; 15.42), showed a statistically significant difference ($p = 0.0003$), the lowest intensity of infection was in the Příbram region.

The difference in the diversity of parasites in the localities of the Příbram region (maximum 3-4, average 1.27-1.64, $p = 0.2215$) or between areas (maximum 4; 4; 3, average 1.38; 1.39; 1.30. $p = 0.7388$) was not statistically significant.

The performed statistical evaluation did not confirm the assumption that the evaluated characteristics of the gastrointestinal nematode community of small terrestrial mammals in the Příbram region would be higher than in the compared areas of Most and Sokolov region.

Keywords: Nematoda, prevalence, abundance, rodents, insectivores

Obsah

1 Úvod 11

2 Vědecká hypotéza a cíle práce 12

3 Literární rešerše 13

3.1 Zájmová oblast Příbramsko 13

3.1.1 Geografie a geologie 13

3.1.2 Životní prostředí 13

3.2 Drobní zemní savci 14

3.2.1 Hlodavci 14

3.2.1.1 Vybrané druhy hlodavců 15

3.2.2 Hmyzožravci 17

3.2.2.1 Vybrané druhy hmyzožravců 18

3.2.3 Drobní zemní savci jako bioindikátoři. 19

3.3 Praziti drobných zemních savců 20

3.3.1 Gastrointestinální paraziti drobných zemních savců 20

3.3.1.1 Cestoda 20

3.3.1.2 Nematoda 21

3.4 Charakteristiky společenstva gastrointestinálních helmintů 26

3.5 Těžké kovy ve vztahu hostitel-parazit 28

4 Metodika 29

4.1 Charakteristika odchytových lokalit 29

4.2 Metody odchytu a zpracování hostitelů 31

4.3 Získání a determinace gastrointestinálních parazitů 32

4.4 Zpracování výsledků a statistické vyhodnocení dat 33

5 Výsledky 34

5.1 Determinace parazitologického materiálu z oblasti Příbramsko 34

5.2 Prevalence 35

5.2.1 Srovnání prevalence jednotlivých lokalit Příbramska 36

5.2.2 Srovnání prevalence oblastí Příbramsko, Mostecko a Sokolovsko ... 37

5.3 Intenzita infekce 38

5.3.1 Srovnání intenzity infekce lokalit Příbramska 38

5.3.2 Srovnání intenzity infekce oblastí Příbramsko, Mostecko a Sokolovsko 40

5.4 Diverzita parazitů 42

5.4.1 Srovnání diverzity parazitů lokalit Příbramsko 42

5.4.2 Srovnání diverzity parazitů oblastí Příbramsko, Mostecko a Sokolovsko 44

6 Diskuze 46

7 Závěr.....50

8 Literatura 51

9 Samostatné přílohy I

1 Úvod

Kvalita životního prostředí je jedním z nejdiskutovanějších témat dneška. Těžební i kovozpracující průmysl se významnou měrou podílí na jeho znečišťování. Příbramsko je oblast která je s těžebním průmyslem spjata odpradávna. První zmínky o těžbě v této oblasti jsou již od 14. století. Velmi významná byla v této oblasti již ukončená těžba uranu. V současné době jsou zde Kovohutě Příbríbram a.s., které jsou dalším významným znečišťovatelem prostředí. Následkem toho je na Příbramsku půda kontaminovaná těžkými kovy.

Těžké kovy mohou ovlivňovat všechny organismy v prostředí, proto je důležité sledovat jejich vliv na společenstva rostlin i živočichů. Paraziti jsou běžnou součastí ekosystémů, ve kterých se vytváří paziticko hostitelské vztahy. Drobní savci jsou běžnými kosmopolitně rozšířenými druhy. Jejich populace bývají dostatečně početné a odchyty jsou snadné, je proto výhodné je využívat jako dostupný zdroj informací o složení společenstev parazitů. Další výhodou je, že díky jejich velikosti je možné sledovat změny společenstev hostitelů i parazitů na poměrně malé ploše.

Cílem této práce je podrobně determinovat jednotlivé druhy hlístic získaných z gastrointestinálního traktu drobných zemních savců odchycených na Příbramsku. Nasledně pak vyhodnotit v jaké míře jsou odchycení drobní savci parazitováni (prevalence), kolik druhů parazitů je u nich přítomno (druhová diverzita) a jak jsou početní (intenzita infekce). Srovnání těchto charakteristik na různých lokalitách Příbramska a srovnání Příbramska s dalšími oblastmi ČR by mohlo ukázat, zda kontaminace prostředí nějak ovlivňuje společenstvo hlístic.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cíle práce

Cílem práce je charakterizovat společenstva gastrointestinálních hlístic parazitujících u drobných zemních savců na Příbramsku

Vědecká hypotéza

Prevalence a intenzita infekce gastrointestinálních hlístic u drobných zemních savců v Příbramském regionu je vyšší, než v jiných oblastech České republiky

3 Literární rešerše

3.1 Zájmová oblast Příbramsko

3.1.1 Geografie a geologie

Příbramsko leží v jihozápadní části Středočeského kraje a je jeho největším okresem (Český statistický úřad 2020). Oblast je velmi dobře geologicky zmapovaná, v západní části se nachází sedimentární horniny barrandienu, ve východní pak horniny středočeského plutonického komplexu. Z hlediska vytěžených kovů je Příbramsko největším ložiskem stříbra a uranu. Dále se zde nachází rudní minerály, jako galenit, sfalerit, antimonit, či limonit a celkově je tato oblast světově mineralogicky proslulou lokalitou poskytující okolo 300 druhů minerálů (Škácha et al.2016).

3.1.2 Životní prostředí

Příbramsko patří mezi nejznečištěnější oblasti České republiky. Na kontaminaci životního prostředí se podílí antropogenní i přirozená geogenní činnost (Šichorová et al. 2004)

Antropogenní zatížení představuje především pro tuto oblast typický těžební průmysl. První zmínky o zpracování místních rud se objevují již r.1311 (Nováček et al. 2016). Současnou kontaminaci rizikovými prvky, které vznikají při zpracování olověných rud a výrobě olova, připisuje Šichorová et al. (2004) především atmosférické depozici. Rieuwerts et al. (1999) uvádí pro oblast Příbramska vysoké hodnoty kontaminace půdy olovem a zvyšené hodnoty půdní kontaminace zinkem, kadmiem, arsenem a antimonem.

Mimo znečistění však těžební činnost v oblasti Příbramska také umožnila vznik jedinečných biotopů. Vytěžené haldy suplují skalní a suťové biotopy, doly pak jeskyně. Odkaliště je atraktivním vodním biotopem pro ptáky (Škácha et al.2016).

3.2 Drobní zemní savci

Pojem drobní zemní savci není v literatuře přesně definován. Bourliére (1975) řadí mezi malé savce všechny druhy s váhou menší než 5 kg napříč většinou řádů savců. V jednotlivých studiích zabývajících se drobnými zemními savci záleží především na kritériích zvolených pro konkrétní výzkum. Významným faktorem je způsob detekování jednotlivých druhů prostřednictvím pobytových značek, nálezů kadáverů, nebo odchytu do různých typů a velikostí pastí (Anděra & Horáček 1982; Aulagnier et al. 2018; Anděra & Gaisler 2019). Např. Lučeničová a Řehák (2003) mapovali druhy hlodavců a hmyzožravců s velikostí těla bez ocasu nepřesahující 200 mm, zatímco Zbytovský a Anděra (2011) do své studie zahrnuli všechny druhy hlodavců a hmyzožravců, včetně větších druhů jako jsou ježci, či bobr. Bejček et al. (1998/1999) zahrnují mezi drobné zemní savce též lasici kolčavu, a např. Kutt et Gordon (2012) zabývající se drobnými savci v Austrálii studují výskyt myšovitých, ježurovitých a kunovcovitých. Není tedy možné přesně určit počet druhů drobných zemních savců, ani jejich systematické zařazení. Proto budou dále charakterizované druhy hlodavců a hmyzožravců podstatné pro tuto práci.

3.2.1 Hlodavci

Hlodavci jsou nejúspěšnějším řádem savců zahrnujícím 2277 druhů řazených do 33 čeledí (Carleton & Musser 2005, Aulagnier et al. 2018), což představuje 42 % z celkového počtu savčích druhů (Anděra & Gaisler 2019). Anděra a Gaisler (2019) uvádí, že České republice žije 24 druhů hlodavců patřících do 7 čeledí. Z nich dle vyhlášky 395/1992 Sb. patří 2druhy mezi kriticky ohrožené, 5 druhů mezi silně ohrožené a 2 druhy mezi ohrožené živočichy. Pojer et al. (2005) uvádí v oblasti Středních Brd, kam spadá i zájmová oblast Příbramsko, vyskyt 14 druhů hlodavců.

Hlodavci jsou velmi variabilní, co se týká vzhledu a velikosti. Nejmenší druhy váží jen několik gramů, největší pak až 50 kg. Typická je pro tento řád stavba chrupu. Ten je diprotodontní s trvale dorůstajícími řezáky. Řezáky jsou vždy dva v horní a dva v dolní čelisti, zepředu jsou pokryty tvrdou sklovinou, zatímco zadní část tvoří měkký dentin, což umožnuje obrušování do typického dlátovitého tvaru. Zbytek řezáků a špičáky chybí a v jejich místě vzniká mezera zvaná diastéma, která slouží k přenášení potravy a hnízdního materiálu. Za ní se nachází stoličky, případně u některých druhů i část premolárů. Některé druhy mají lícní torby. Přední končetiny jsou čtyřprsté, zadní pětiprsté (Zejda 2002).

Rozšíření hlodavců je kosmopolitní a obývají různé biotopy, ať už se jedná o druhy zemní, podzemní, stromové, či polovodní. Často se jedná o r-stratégy, gradační druhy s rychlým rozmnožováním a velkou populační dynamikou. Synantropní druhy žijí trvale v blízkosti člověka, kulturofilní druhy se přizpůsobily životu v člověkem uměle vytvořených produkčních systémech, jako jsou lesní monokultury, či agrocenózy. Hlodavci též působí jako škůdci zemědělských plodin a rezervoáry některých chorob. Významné je využití hlodavců jako laboratorních zvířat (Gaisler & Zima 2002).

3.2.1.1 Vybrané druhy hlodavců

3.2.1.1.1 Rod *Microtus*

Jedná se o malé až střední hraboše s válcovitým tělem a krátkym ocasem, který nepřesahuje 50 % délky těla. Oči i uši jsou malé, hmatové fousky krátké. Stoličky mají vysokou a hranatou korunku a nemají kořeny. Jedná se o dominantní druhy travnatých oblastí. Jejich vysoký reprodukční potenciál je často důvodem lokálního přemnožení (Aulagnier et al. 2018). Na území ČR žijí tři druhy tohoto rodu (Anděra & Gaisler 2019).

Hraboš polní *Microtus arvalis*, (Pallas, 1778)

Je to menší hraboš s hmotností 12-50 g rozšířený na celém uzemí ČR. Jeho původním biotopem byly step a lesostep potrostlé krátkostébelnými druhy trav (Zejda et al. 2002). V současné době je typickým druhem zemědělské krajiny, kde obývá pole, ekotonová stanoviště, jako úhory, meze, louky či travnaté příkopy. Obývá též ruderální plochy a rekultivovaná stanoviště (Anděra & Gaisler 2019). Jako optimální biotop Zejda et al. (2002) uvádí víceleté porosty pícnin, především vojtěšky, kde byly zjištěny až 3000 jedinců na hektar. Aktivní je ve dne i v noci v intervalech 2 až 3 hodiny střídavě aktivuje a odpočívá (Anděra & Gaisler 2019). Dle Zejda et al. (2002) jsou pro něj optimální životní podmínky ve výšce 200 až 600 m.n.m., ale byl např. Bryja et al. (2001) jej zdokumentovali ve výšce 1140 m.n.m. a Anděra a Gaisler (2019) uvádí výskyty hrabošů na Sněžce ve výši až 1600 m.n.m.

Hraboš polní je býložravec, potravu tvoří především svěží a jemné části rostlin, konzumuje však i silně celulozní stébla trav, kořeny, oddenky a cibule (Zejda ez al. 2002), příležitostně chytá hmyz a jiné bezobratlé, případně se přiživuje na kadaverech (Anděra & Gaisler 2019). V zimním období, kdy je nedostatek zelených částí rostlin, tvoří potravu především kořeny a kůra dřevin (Heroldová et al. 1998). Denní spotřeba potravy může představovat až 120 % hmotnosti těla (Anděra & Gaisler 2019).

Hraboš mokřadní *Microtus agrestis* (Linnaeus, 1761)

Je robustnější než hraboš polní, hmotnost se pohybuje mezi 28 a 51 g. Vyskytuje se na většině uzemí ČR, výskyt je však spíše mozaikovitý s ohledem na vlhkost biotopů. Je vázán na vlhčí místa s chladnějším mikroklimatem a hustějším porostem bylinné a travní vegetace. Ideální podmínky skýtají mokřady u stojatých i tekoucích vod, rašeliniště, bažiny a podmáčené louky. Aktivní je především za soumraku a v noci, v zimním období pak i přes den. Optimální životní pomínky nachází ve výskach 400 až 800 m.n.m., v horách však běžně žije na subalpínských loukách či kalamitních a imisních holinách (Anděra & Gaisler 2019).

Potravu tvoří převážně traviny, ostřice a jiná mokřadní vegetace, méně pak konzumuje borůvčí, lišejníky a mechy. Výjimečně konzumuje i živočišnou potravu, např. larvy dvoukřídlého hmyzu. V lesnictví pak působí škody okusem kůry a letorostů mladých stromků (Anděra & Gaisler 2019).

Norník rudý *Clethrionomy glareolus* (Schreber, 1780)

Malý druh hraboše s typickým červenavě rezavým zbarvením hřbetu a hmotností 15 až 35 g. Vyskytuje se jako běžný druh na celém území ČR. Jedná se o lesní druh s nejhojnějším výskytem v listnatých a smíšených lesích s bohatym bylinným patrem, kde je dominantním druhem společenstev drobných zemních savců. Mimo to se vyskytuje též v ostatních typech lesů, na březích vodních toků se se zarostlými břehy, rákosinách a rašeliništích i na okrajích městských aglomerací. Aktivní je ve dne i v noci v intervalech 2 až 4 hodiny střídavě aktivuje a odpočívá. Nadmořská výška jeho výskyt nijak neomezuje, ale optimum je 200 až 600 m.n.m. (Anděra & Gaisler 2019).

Norník se živí především semeny, plody a až třetinu potravy může tvořit živočišná složka, především členovci žijící v lesní hrabance, případně mršiny. Na jaře převažují zelené výhonky rostlin a semenáčky dřevin, později houby, bukvice žaludy a jiné lesní plody (Anděra & Gaisler 2019). Okusem kůry a pupenů pak způsobuje škody v lesnictví (Anděla & Horáček 2005).

3.2.1.1.2 Rod *Apodemus*

Malí hlodavci s dlouhým a tenkým ocasem, a poměrně dlouhýma zadníma nohama. Typické jsou velké uši a výrazné oči. Druhy tohoto rodu jsou hbité, některé dobře šplhají a skáčou. Přesto že se jedná o nejběžnější lesní myši, některé druhy se přizpůsobily životu v otevřených biotopech. V zimě nehibernují. Taxonomie rodu je neustálená s ohledem na podobnost a špatnou rozlišitelnost některých druhů (Aulagnier et al. 2018).

Myšice křovinná *Apodemus sylvaticus* (Linnaeus, 1758)

Drobný myšovitý hlodavec s hmotností 13 až 38 g rozšířený na celém území ČR. Jako euryekní druh obývá různá prostředí mimo hodně podmáčených lučních biotopů. Typickými stanovišti jsou ekotony otevřené a členité krajiny, např. křovinné stráně, meze, remízky, či okraje lesních porostů, Najdeme ji též na březích vod, v rákosinách, na polích, i hlouběji v lesních prostech. Běžná je také její přítomnost v oblasti lidských obydlí, a to i ve velkých městech, kdy v zimě se stěhuje i do lidských obydlí. Aktivní je v noci. Optimální pro její výskyt je výška 200 až 600 m.n.m., ale najdeme ji až do výše 1500 m.n.m. (Anděra & Gaisler 2019).

V závislosti na sezonních podmínkách se živí různými semeny, plody a drobnými živočichy. Semena tvoří hlavní část potravy v létě a na podzim. Podíl živočišné složky v potravě narůstá v ostatních obdobích a v chudém prostředí, např. smrkových monoklulturách (Anděra & Gaisler 2019; Eira et al. 2006).

Myšice lesní *Apodemus flavicollis* (Melchior, 1834)

S hmotností 18 až 45 g je největším druhem myšice v ČR a její výskyt je zdokumentován téměř na celém území naší republiky. Hlavním biotopem je lesní prostředí, nejčastěji osídluje lesy listnaté, nejméně pak smrkové a borové monokultury. Travnatým plochám se však nevyhýbá a na podzim se může stahovat do hospodářských budov apod. Aktivní je v noci.

Výborně šplhá a ve smíšených lesích ji v jarních měsících Adamik a Král (2009) nalézali i v ptačích budkách. Optimální nadmořská výška pro výskyt je průměrně o 50 m vyšší než u myšice křovinné (Anděra & Gaisler 2019).

Až třetinu potravy tvoří živočišná složka, např. pavouci, měkkýši, žížaly, larvy i dospělý hmyz. Díky tomu se při zvýšené konzumaci může podílet na regulaci hmyzích škudců. Převážnou část potravy tvoří semena, plody, houby, žaludy a další (Anděra & Gaisler 2019).

Myška drobná *Micromys minutus* (Pallas, 1771)

Nejmenší český i evropský hlodavec s hmotností 3,5 a 13 g. Vyskytuje se 77,7 % území ČR. Během vegentačního období žije na vlhkých a hustě zarostlých březích rybníků, potoků, řek a mokřin, kde je limitujícím faktorem výška porostu nad 20 cm. V kulturní krajině pak osídluje skládky, rekultivované výsypky, či odkliště. Na podzim se stahuje do porostů víceletých pícnin, větrolamů a netypicky též do lesních porostů. Výskyt v zemědělských budovách byl zaznamenán jen výjimečně. Aktivní je celoročně, především ve večerních a nočních hodinách. Optimální výška výskytu je 200 až 600 m.n.m., ale vyskytuje se až do výšky 1400 m.n.m. (Anděra & Gaisler 2019).

Až 70 % potravy tvoří živočišná složka, především larvy a kukly hmyzu. Rostlinnou složku tvoří semena trav, plevelů a obilovin (Anděra & Gaisler 2019), zelené váhonky plody a bobule (Aulagnier et al. 2018).

Myš domácí *Mus musculus* (Linnaeus, 1758)

Běžný synantropní hlodavec s hmotností 9 až 31 g vyskytující se na celém území ČR. Je vázaná na přítomnost člověka a komenzálně obývá všechny typy urbánního prostředí. Setkáme se s ní na vesnici i ve městě, v domácnostech, hospodářských budovách skladištích. Mimo budovy se zdržuje ve vegetačním období především na polích se zrajícími plodinami, vinicích, rekultivovaných výsypkách i remízcích a na mezích. Aktivní je především po setmění a před rozedněním. Nadmořská výška pro ni není limitní, běžně se vyskytuje ve staveních na hřebenech hor (Anděra & Gaisler 2019).

V polích tvoří 50 % potravy obilí a různá semena, 24 % kořínky a části rostlin, 26 % pak hmyz. V budovách konzumuje rostlinné i živočišné odpadky, ve skladištích obilniny, potraviny a další, čímž často působí hospodářské škody (Pelikán et al. 1979; Aulagnier et al. 2018).

3.2.2 Hmyzožravci

Hmyzožravci jsou drobní savci s váhou v rozmezí 2 g až 2 kg. Jejich zástupci patří mezi nejmenší savce. Aktivní jsou především za šera a v noci. Jejich potravu tvoří hlavně hmyz a další bezobratlí, drobní obratlovci, méně pak strava rostlinná jako ovoce, různé plody a semena. Jejich hlavními smysly jsou čich a hmat, některé druhy využívají i ultrazvuk a jednoduchou formu echolokace. Typické je pro ně rostrum přecházející v pohyblivý rypáček, chrup je úplný a chybí slepé střevo. Zvláštností je přítomnost jedové žlázy u některých druhů.

Mláďata jsou několik týdnů závislá na matce (altriciální) a rodí se ve větším počtu (Anděra & Gaisler 2019; Gaisler & Zima 2002).

Na území ČR uvádí Anděra a Gaisler (2019) výskyt deseti druhů ve třech čeledích a dle vyhlášky 395/1992 Sb. patří jeden druh mezi silně ohrožené a jeden druh mezi ohrožené druhy živočichů.

3.2.2.1 Vybrané druhy hmyzožravců

3.2.2.1.1 Čeleď Sorocidae

Zástupci této čeledi, pro kterou je typická vysoká úroveň metabolismu, vykazují aktivitu i v zimním období a jsou spojováni s pojmem Dehnelův fenomén, kdy u nich v chladném období dochází ke snižování výšky mozkovny a snižování hmotnosti některých orgánů i celkové tělesné hmotnosti (Gaisler & Zima 2002).

3.2.2.1.1.1 Rod *Sorex*

Malí až středně velcí rejsci s velmi malýma očima a špičatým pohyblivým čenichem. Ušní boltce nejsou viditelné a jsou překryté srstí. Chrup má 32 zubů s červenými špičkami. Zástupci tohoto rodu obývají vlhčí a chladnější stanoviště než rod *Crocidura*. Mají velmi rychlý metabolismus, aktivují především za soumraku, v noci a ráno, vycházejí i za dne a neupadají do strnulosti. Nejsou společenští, nesdílejí hnízda a netvoří karavany (Aulagnier et al. 2018).

Rejsek obecný *Sorex araneus* (Linnaeus, 1758)

Běžný rejsek střední velikosti s hmotností 4,5 až 13 g vyskytující se na celém území ČR. Přizpůsobivý druh bez vyhraněných nároků na prostředí. Vyskytuje se na všech typech stanovišť včetně těch, které jsou ovlivněné člověkem, jako agrocenózy, výsypky či ruderální plochy. Nejvyšší výskyt je na místech s dobře vytvořenou vrstvou humusu či hrabanky s vyvnutm bylinným patrem. Na vlhčích loukách, rašeliništích a v horských smrčinách dokonce patří k nejpočetnějšímu druhu společenstev drobných zemních savců. Aktivní je ve dne i v noci v přibližně dvouhodinových intervalech. Vyskytuje se ve výškách 140 až 1600 m.n.m. (Anděra & Gaisler 2019).

Živí se převážně půdními bezobratlými z hrabanky a povrchových vrstev půdy, např. hlísticemi, žížalami, vývojovými stádii hmyzu a slimáky. Příležitostně se živí i mršinami, semeny a lesními plody. Nevydrží hladovět déle než 2-3 hodiny a denně spotřebuje potravu o váze 60-90 % tělesné hmotnosti (Anděra & Gaisler 2019). U kojící samice pak denní spotřeba potravy dosahuje až 150 % tělesné hmotnosti (Anděra & Horáček 2005).

3.2.2.1.1.2 Rod *Crocidura*

Oči a uši větší než u rodu *Sorex*. Na těle a ocase mají dlouhé hmatové chlupy. Chrup má 28 zubů a hrbolky jsou na rozdíl od rejsků bílé. Ve srovnání s rodem *Sorex* obývají teplejší a sušší stanoviště, metabolismus je pomalejší a mohou upadat do strnulosti. Chování je pospolité, sdílí hnízda a tvoří typické karavany (Aulagnier et al. 2018).

Bělozubka šedá *Crocidura suaveolens* (Pallas, 1811)

S hmotností 3 až 11 g patří k malým hmyzožravcům. Její výskyt je zdokumentován na 74 % území ČR. Její výskyt vázaný na obytná stavení a hospodářské objekty jak na vesnicích, tak ve městech odpovídá synantropnímu druhu. Ve volné přírodě se vyskytuje na mezích, výsypkách či železničních náspech. Aktivní je ve dne i v noci s převažující noční aktivitou. Nejčastěji se vyskytuje do výšky 400 m.n.m. (Anděra & Gaisler 2019).

Není potravním specialistou a sezonně i místně se přizpůsobuje dostupnosti potravy. Převahu tvoří povrchová půdní fauna do velikosti 1,5 cm. Různá vývojová stádia hmyzu, korýši, pavouci, žížaly a další, malou část tvoří potrava rostlinného původu a jsou známy i případy koprofagie. V budovách konzumuje i zbytky potravin a krmiv (Anděra & Gaisler 2019).

3.2.3 Drobní zemní savci jako bioindikátoři.

Bioindikátory jsou využívány k získání informací o stavu zátěže různými kontaminanty v ekosystému na sledovaném území. V kombinaci s údaji o kontaminaci ovzduší, půdy a vody také mohou poskytovat informace o transportních mechanismech. Obecné předpoklady pro využití organismů jako bioindikátorů jsou trvalá přítomnost organismu na sledovaném území, jeho dostatečná rozšířenost a snadná dostupnost, a pro využití v dlouhodobém monitoringu by populace organismů měla být stabilní a homogenní. Za ideální jsou tedy považovány druhy přisedlé, nebo alespoň s teritoriálním, nemigračním výskytem. Odezva organismu, tedy obsah kontaminantu či stupeň poškození, by měla odrážet kontaminaci prostředí a data získaná analýzou sledovaného organismu by mělo být možné extrapolovat na ostatní organismy v systému (Kocourek at al. 2003). Právě drobní zemní savci, mohou splňovat takové předpoklady, a proto jsou využívání v různých studiích na kontaminovaných stanovištích (např. Wijnhoven et al. 2007; Kovalchuk at al. 2017). Dalším stupněm takového biomonitoringu pak je sledování obsahů a kumulací kontaminantů ve vztahu hostitel-parazit, jimiž se zabývali např. Baruš et al. (2003), Jankovská et al. (2008) a další.

3.3 Praziti drobných zemních savců

Mnoho studií se zabývá parazity drobných zemních savců. Jejich zameření je různé od studia jednoho druhu parazita u jednoho druhu hostitele, např. Janová et al. (2010) se zabývá pouze druhem *Heligmosomum costellatum* (Dujardin, 1845) u *M. arvalis*, po studie zabývající se celým spektrem parazitů přítomných v celém společenstvu hostitelů. Například Klimpel at al. (2007) i Ondriková et al. (2010) se zabývali parazity dvou druhů myšic rodu *Apodemus*, ovšem zatímco Ondriková et al. (2010) se věnovali jen endoparazitům-helmintům (Cestoda, Trematoda a Nematoda), Klimpel at al. (2007) sledovali nejen endoparazity, ale i ektoparazity (Insecta a Acari).

Některé studie jsou obohaceny o další rozměr a sledují strukturu společenstev drobných zemních savců a jejich parazitů s ohledem na některé faktory prostředí. Například studie Jankovské et al. (2005) se zabývá rozdílem společenstva helmintů u rejsků odchycených ze dvou oblastí, z nichž jedna byla kontaminovaná průmyslovými imisemi, zatímco druhá ne.

Význam takových studií můžeme hledat v rovině biologické, ekologické i medicínské. Z hlediska biologického a ekologického je to přítomnost jednotlivých druhů společenstva drobych zemních savců v různých prostředích stanovišť a struktura společenstva jejich parazitů a její změny, z hlediska medicinského pak přítomnost parazitů se zoonotickým potenciálem. Podle Stojcevick et al. (2004) hrají synantropní hodavci, žijící v úzkém vztahu k člověku, významnou roli ve zdravotnictví, a ekonomice. Uvádí je jako zdroj významných parazitických zoonóz, např. trichinelózy a kapilariózy, a zdůrazňuje význam jejich ektoparazitů jako zdroje pro člověka patogenních mikroorganismů. Traversa et al. (2011) považují synantropní myšovité a hrabošovité hlodavce za nejvýznamější zdroj celosvětově rozšířené zoonotické hlístice *Calodium hepaticum* (Bancroft, 1893). Drobní savci, především hlodavci, také hrají důležitou roli v přenosu nebezpečné lidské alveokokózy. Při tomto onemocnění se člověk stane mezihostitelem tasemnice *Echinococcus multilocularis* (Leuckart, 1863), jejímž definitivním hostitelem jsou psovité šelmy, ovšem hlodavci jako, typičtí mezihostitelé, zde hrají roli rezervoáru tohoto onemocnění (Eckert & Deplazes 2004).

3.3.1 Gastrointestinální paraziti drobných zemních savců

V trávícím traktu drobných zemních savců parazitují prvoci a helminti.

Z prvoků je významným druhem, který stojí za zmínku, *Cryptosporidium muris* (Tyzzer, 1907), parazitující u myší a potkanů a např. dle Hasajová et al. (2014) je přenosný na člověka.

3.3.1.1 Cestoda

Jsou to dorzoventrálně sploštělí helminti, patřící do kmene Platyhelmintes, tedy plochých červů. Jejich velikost je velmi variabilní od 0,6 mm až po 30 m. Tělo je složeno ze skolexu (hlavička) s háčky, přísavkami, nebo rýhami(botrie) k přichycení ve střevě hostitele, a strobily (článkovaného těla). Tělo je tvořeno proglotidy (články), jejichž počet se muže pohybovat od dvou po několik tisíc. Jsou to hermafroditi a kazdý článek obsahuje kompletní

sadu samčích i samičích reprodukčních organů. Zralé články na konci těla se oddělují a buď odcházejí z těla s exkrementy celé, nebo se rozpadají s do prostředí jsou vylučovány už pouze vajíčka. Trávící soustava chybí a živiny jsou vstřebávány prostřednictvím povrchu těla (tegumentu).

Životní cyklus zahrnuje vždy minimálně dva hostitele, jednoho mezihostitele a definitivního hostitele. Ve vajíčku se vyvíjí embryo tzv. onkosféra, která se po pozření mezihostitelem uvolní a vyvíjí se larva, nazývaná metacestoda. Definitivní hostitel se nakazí pozřením mezihostitele a vyvijí se u něj dospělé stádium tasemnice. K přenosu tasemnice tedy dochází v rámci potravního řetezce (Gregoriev et al. 2006).

Vaucher (1971) popsal u osmi druhů rejskovitých v Evropě celkem 28 druhů tasemnic, Genov (1984) v souhrnu dat z různých studii uvádí u hlodavců a hmyzožravců 41 druhů tasemnic.

V ČR uvádí Tenora (2004) u drobných savců výskyt tasemnic *Aprostatandrya macrocephala, Cladotaenia globifera, Dilepis undula, Paraplocephala dentata, Paranoplocephala omphalodes, Skrjabinotaenia lobata* a *Variolepis crenata.*

Pro rod *Sorex* sp. uvádí Morand et al. (2006) výskyt druhů *Vigisolepis spinulosa*, *Lineolepis scutigera*, *Neoskrjabinolepis schaldybini*, *Staphylocystis furcata*, *Urocystis prolifer*.

Zoonoticky významným druhem parazitujícím u hlodavců je tasemnice dětská (*Hymenolepis nana* syn. *Rodentolepis nana,* Siebold, 1852). Infekce touto tasemnicí je nejčastější cestodózou lidí, hlavně dětí. Mezihostitelem jsou členovci, často brouci rodu *Tribolium*, a k přenosu dochází prostřednictvím kontaminované mouky nebo cereálií. Zvláštností této tasemnice je schopnost vyvíjet se i bez mezihostitele. Dochází tak k infekci nebo reinfekci požitím vajíček, ze kterých se uvolní onkosféra, která pronikne do střevních klků a přibližně za 4 dny se z ní vyvine larvální cysticerkoid a následně dospělá tasemice. Mezihostitele nahrazují klky střevní stěny definitivního hostitele (Tompson 2015).

Významným druhem využívaným při studiu akumulace těžkých kovů (např. Sures et al. 2002; Al-Quarishy et al. 2014) a druhém s možným zoonotickým přenosem na člověka (Watwe & Dardi 2008) je tasemnice krysí (*Hymenolepis diminuta*, Rudolphi, 1819). Životní cyklus je nepřímý s mezihostitelem, kterým bývá hmyz (McKay 2010).

3.3.1.2 Nematoda

Jsou starodávnou a biologicky velmi rozmanitou skupinou živočichu. Nejmenší dosahují velikosti jen 0,02 mm, největší až 6 m. Obývají většinu suchozemských i vodních biotopů a mnohé druhy jsou paraziti živočichů i rostlin (Blaxter & Denver 2012).

V současné době kmen Nematoda zahrnuje více než 25 000 druhů z toho je asi 10 000 volně žijících v mořském i suchozemském prostředí, přibližně 3 500 druhů parazituje

u bezobratlých živočichů a okolo 12 000 druhů představují paraziti obratlovců (Poulin & Moramd 2000; Hugot et al. 2001).

Některé druhy hlístic mají vysoký zoonotický potenciál. Fuehrer (2014) uvádí tři druhy z čeledi Capillaridae jako zoonoticky významné, a to *Paracapillaria philippinensis* (syn. *Capillaria philippinensis*), *Eucoleus aerophila* (syn. *Capillaria aerophila*), *Calodium hepaticum* (syn. *Capillaria hepatica*). Hlístice *Angiostrongylus cantonensis* (Chen, 1935) je původcem eozinofilní meningoencefalitidy, zoonotického onemocnění endemicky se vyskytujícího v některých asijských zemích, které se v poslední době rozšiřuje do Afriky, Severní Ameriky a na Karibské ostrovy (Prociv et al. 2000).

Parazitické entomopatogenní druhy se využívají k biologické ochraně rostlin (Nermuť et al. 2012).

Většina zástupců kmene Nematoda jsou gonochoristé, přičemž samci bývají menší než samice, s přímými i nepřímými vývojovými cykly. Vývoj zahrnuje vajíčko, čtyři larvální stádia a dospělce. Ve vajíčku se mohou vyvíjet jedna nebo dvě larvy. V případě parazitických hlístic jsou infekčním larvy třetího stádia (L3). Nejčastějšími mezihostiteli jsou různí bezobratli, především měkkýši, korýši, kroužkovci i hmyz, v některých případech pak dochází k přenosu prostřednictvím paratenického či fakultativního hostitele. U savců dochází také přenosu transplacentárnímu (Anderson 2000), u některých druhů hlístic dochází k přenosu prostřednictvím allogroomingu a autogroomingu (Morand et al. 2006)

Morand et al. (2006) uvádí že u hlodavců parazituje 141 rodů hlístic zařazených do 36 čeledí a u hmyzožravců 6 rodů hlístic zařazených do 6 čeledí.

3.3.1.2.1 Čeleď Oxyuridae

Rod *Syphacia*

Hlístice rodu *Syphacia* jsou zdokumentovány jako paraziti tlustého střeva hlodavců a zajícovců. Jedná se o druhy hostitelsky specifické. U zajíce afrického (*Lepus capensis*) parazituje druh *Syphacia caudibandata* (Ghazi et al. 2005), u hlodavců pak *Syphacia obvelata* parazituje u myší, *Syphacia stroma, S. frederici* a *S. agraria* u myšic, *S. nigeriana* u hrabošů atd. Celkově na území ČR a Maďarska popsali Tenora a Meszaros (1975) 8 druhů tohoto rodu parazitujících u drobných hlodavců. Weaver et al. (2016) u myšovitých uzemí Austrálie popsali druhů 17.

Typickým pro druhy rodu *Syphacia* je velký velikostní rozdíl mezi samcem a samicí. Např. u druhu *S. nigeriana* je velikost samce 1,5 až 1,6 mm, zatímco u samice 3 až 5,5 mm (Tenora & Meszaros 1975).

Už v roce 1957 Hussey popisuje dva rozdílné druhy parazitující u myší a potkanů, přičemž k jejich rozlišení využívá velikost vajíčka, umístění exkrečních porů a vulvy u samice a umístění exkrečních porů a délku ocasu u samce. Tenora et Meszaros (1975) ve svém přehledu uvádí

typické rozlišovací znaky pro uvedené druhy. Z nich můžeme zmínit napr. délku a šířku těla samce i samice, délku, šířku a tvar vajíčka, délku jícnu, či vzdálenost exkrečních pórů od konce ocasu. Baruš et al. (1979) se pro identifikaci jednotlivých druhů rodu *Syphacia* věnovali morfologii a základním charakteristikám vajíček pro účely determinace druhů.

U rodu *Syphacia* nedochází k vylučování vajíček do prostředí spolu s výkaly, ale samice je kladou do perianální oblasti (Sürsal et al. 2014).

Stahl (1963) sledoval životní cyklus *S. obvelata*. Již 24 hodin po získání pohlavně nediferencovaných larev docházelo k prvnímu svlékání. Po 72 dvou hodinách byla patrná sexualní diferenciace a po 96 hodinách bylo podle tmavé zátky ve vulvě některých samic zjevné, že došlo ke kopulaci. Vajíčka bylo vidět po 120 hodinách a po 144 hodinách byla vajíčka patrná u většiny samic. Po 182 hodinách samice kladly vajíčka a docházelo k reinfekci. V průběhu tohoto vývoje bylo ze 180 hlístic jen 6 samců.

Životní cyklus *Syphacií* je přímý bez mezihostitele, k nákaze dochází požitím infekčním vajíček z perianální oblasti, nebo z kontaminovaných materiálů v prostředí. Vajíčka obsahují plně infekční larvy (Stahl 1963).

Ve studii Kisielewské a Zubczewské (1973) je *Syphacia* uváděna jako dominantví druh přítomný u mladých *M. arvalis*.

3.3.1.2.2 Čeleď Heteroxynematidae

Rod Aspiculuris

Vývojový cyklus je přímý. Vajíčka jsou do prostředí uvolňovaná s exkrementy. K nákaze hostitele dochází pozřením infekčního vajíčka. Larvy se z vajíček uvolňují ve slepém střevě, odkud migrují do tlustého střeva, kde se vyvíjí a dospívají (Chan 1955).

V ČR se u hostitelů rodu Apodemus vyskytuje druh *Aspiculuris tetraptera* (Tenora 2004).

3.3.1.2.3 Čeleď Heligmosomidae

Rod *Heligmosomoides*

Heligmosomoides polygyrus (Dujardin, 1845) je parazitem tenkého střeva myší, myšic a jiných volně žijících hlodavců v Evropě a Severní Americe. Dospělé hlístice jsou tmavě červené a pevně svinuté. Životní cyklus je přímý. Vajíčka jsou hostitelem vylučována s exkrementy, larvy L1 se líhnou za 24 hodin. Larvy se živí půdními mikroorganismy, prochází stádiem L2 a L3, které je infekční pro hotitele. Po pozření hostitelem prochází larválním stádiem L4 a následně se mění v dospělce (Marchiondo et al. 2019).

Behnke et Harris (2010) zmiňují existenci dvou druhů *Heligmosomoides polygyrus* a *H. bakeri*. Jako morfologické rozdíly uvádí délku těla, rozdílné podélné kutikulární rýhy, a především délku spikul u samců a rozdíly ve tvaru bursy copulatrix. Na základě těchto odlišností byl druh denterminovaný v této diplomové práci určen jako *Heligmosomoides polygyrus*.

Behnke et al. (1991) uvádí jako hostitele *H. polygyrus* myšice rodu *Apodemus* sp., *Clethrionomys glareolus, Mus musculus* a *Peromyscus maniculatus*. Biserkov (1998) však pro norníka *Clethrionomys glareolus* uvádí samostatný druh *Heligmosomoides glareoli* (Baylis, 1928). Tenora (2004) pro rod *Microtus* uvádí také druh *Heligmosomoides laevis* (Dujardin, 1845).

Rod *Heligmosomum*

Jsou to parazitické hlístice v dospělosti žijící v tenkém střevě hostitele. Vajíčka jsou z těla vylučována s exkrementy a larvy L1 až L3 žijí volně (Brown et al. 1994).

U hrabošů parazituje druh *Heligmosomum costellatum* a je nečastějším gastrointestinálním helmintem *M. arvalis*. *Heligmosomum mixtum* (Schulz, 1929) je parazitem *C. glareolus* (Prokopič a Hulínská 1983).

Kisielewska a Zubczewska (1973) uvádí hlístice *Helogmosomum* sp. jako dominantní druh dospělých *M. arvalis*.

3.3.1.2.4 Čeleď Trichuridae

Rod *Trichuris*

Tento rod zahrnuje více než 60 druhů parazitujících u savců mnoha řádů. Byli identifokováni u člověka, primátů, šelem, hlodavců, zajícovců a dalších (Anderson 2000). Počet druhů tohoto rodu se navyšuje díky identifikaci nových druhů na základě genetických analýz. Pravděpodobně nejnovějším druhem je *Trichuris guanacastei* n sp (Fálcon-Ordaz et al. 2020). Až do roku 2000 byl u drobných zemních savců popisován jen druh *Trichuris muris* (Schrank, 1788). Následně Feliu et al. (2000) na základě morfologické a genetické analýzy oddělili a popsali nový druh *Trichuris arvicolae* parazitující u hrabošů.

Životní cyklus *T. muris* začíná pozřením vajíčka, ze kterého se již 90 minut po infekci líhne larva L1. Larva se postupně svléká do dalších stádií, 9. až 11. den do stádia L2, 17. den do stádia L3, 22. den do stádia L4 a po 32 dnech jsou již ve střevě hostitele přítomna dospělá stádia. Vajíčka jsou vylučována s trusem a ve vnějším prostředí dozrávají přibližně 2 měsíce, než se stanou infekčními. Životní cyklus tohoto parazita se užívá jako model životního cyklu a infekce lidského *T. trichiura* (Klementowicz et al. 2012).

Infekce hrabošů tenkohlavci může mít vliv na kondici a fitness hostitele, Deter et al. (2007) uvádí, že samice hrabošů infikované *T. arvicolae* mají menší počet mláďat s menší porodní hmotností, a zároveň v organismu hostitele dochází k mezidruhovým interakcím, kdy např. Behnke et al. (2001) uvádí že prevalence a intenzita infekce *T. muris* může být negativně ovlivněna přítomností hlístice *Syphacia nigeriana*.

3.3.1.2.5 Čeled Capillaridae

Rod *Capillaria*

Z rodu *Capillaria* parazitují v ČR u drobných savcu druhy *Capillaria annulosa*, *Capillaria murissylvatici*, *Capillaria bacillata* (Tenora 2004).

Významným zonotickým druhem této čeledi je *Calodium hepaticum* (syn. *Capillaria hepatica*), který vykazuje velmi nízkou hostitelskou specifitu a známými hostiteli tohoto parazita je více než 90 druhů nejméně 44 rodů nadčeledi Muroidea (podčeledi: pravé myši Murinae, hrabošovití Arvicolinae, Neotominae, křečci Cricetinae, křečci američtí Sigmodontinae, pískomilové Gerbillinae, a křečkokrysy Cricetomyinae). Z toho víc než 55 druhů je z podčeledi pravé myši Murinae, včetně potkana (*Rattus norvegicus*), krysy obecné (*Rattus rattus*) a myši domácí (*Mus musculus*). Prevalence nad 50 % je uváděna u potkana (*R. norvegicus*) a *Rattus tanezumi*, zřídka u myši domácí (*Mus musculus*), myšice křovinné (*Apodemus sylvaticus*), ondatry pižmové (*Ondartra zibethicus*) a norníka rudého (*Myodes glareolus*; Fuehrer, 2014). Tato hlístice však neparazituje v trávícím traktu hostitele, ale v játrech. Infekční jsou vajíčka s vyvinutou larvou, která se do prostředí dostanou až po smrti hostitele (Juncker-Voss et al. 2000).

Dřívější čeleď Capillaridae byla na základě molekulárních studií oddělena od čeledi Trichuridae. Komplexní skupina druhů rodu *Capillaria,* zahrnující i prazity hlodavců, byla rozdělena do rodů *Calodium*, *Eucoleus*, *Capillaria*, *Paracapillaria*, *Pearsonema* a *Aonchotheca* (Guardone et al. 2013).

Moravec et al. (1982) uvádí pro rody *Baruscapillaria, Pseudocapillaria, Calodium, Pseudocapillaroides*, částečně také *Capillaria, Eucoleus* a *Aonchotheca* životní cyklus monoxenní (jednohostitelsky).

3.3.1.2.6 Čeleď Heterakidae

Rod Heterakis

Vývojový cyklus je přímý. Vajíčka jsou uvolňována s exkrementy hostitele do prostředí a k nákaze hostitele dochází pozřením vajíček. Larvy se vyvíjí a dospívají v tlustém a slepém střevě. Prepatentní perioda je 26 až 47 dní (Smith 1953).

Typickým druhem tohoto rodu parazitujícím především u hostitelů rodu *Rattus* sp. *Heterakis spumosa* (Schneider, 1866), byl však nalezen i hostitelů rodu *Aopdemus* sp. (Zaleśny et al. 2010).

3.4 Charakteristiky společenstva gastrointestinálních helmintů

Základními charakteristikami společenstva gastrointestinálních helmitů jsou prevalence, diverzita společenstva parazitů a intenzita infekce. Tyto charakteristiky společenstev parazitů je sice možné jednotlivě určit a vypočítat podle počtu pozitivních hostitelů, počtu parazitů a druhů parazitů v hostiteli a společenstvu hostitelů, nicméně faktory ovlivnující tyto charakteristiky jsou často společné.

Begon et al. (1997) charkterizuje hostitele jako živý biotop pro parazity. Paraziti jsou společenstvema působí zde vnitrodruhové i mezirduhové interakce, které ovlivňují početnost druhů i jedinců ve společenství. Tyto interakce tedy budou faktorem ovlivnujícím jak diverzitu společenstva parazitů, tak intenzitu infekce.

Infrakomunita parazitů je společenství parazitů v hostiteli, na kterou můžeme vztáhnout diverzitu a intenzitu infekce. V infrakomunitě parazitů dochází k mezidruhovým i vnitrodruhovým interakcím. Druhy zde můžou koexistovat a vzájemně reagovat způsoby, které druhům prospívají, nebo si vzájemně konkurují. Intra i interspecifická konkukerence vede k regulaci počtu helmintů a změně realizace ekologické niky, případně až k vyloučení druhu z infrakomunity (Randhawa 2012).

Pro intenzitu infekce, tedy počet parazitů v hostiteli, je nejvýznamějším faktorem citlivost hostitele. Imunitní systém hostitele v dobrém fyzickém stavu se bude bránit infekci daleko lépe než fyzicky slabší hostitel, u kterého u kterého infekce propukne ve větší intenzitě (Boldemico & Begon 2010).

Významným faktorem jak pro intenzitu infekce, tak pro prevalenci je také hustota populace hostitele. Především u parazitů s přenosem bez mezihostitele, čím početnější je populace hostitele, tím pravděpodobnější je, že se hostitel nakazí (Arneberg et al. 1998). Početnost populace je také spojena s výživovým stavem hostitele, kdy vnitrodruhová a mezidruhová konkurence o zdroje ovlivnuje výživový stav hostitele a také stres vyvolaný konkurenci. To pak může napomáhat k přenosu parazita (Lin & Batzli, 2001).
Vliv mezidruhové konkurence na intenzitu infekce ukazuje studie Kisielewské a Zubczewské (1973), které sledovaly společný výskyt druhů *Heligmosomum* sp. a *Syphacia obvelata* u *M. arvalis*. U mláďat se objevovla prvotní nákaza *S. obvelata* ve 4 týdnech věku a její početnost v jedinci prudce narůstala. Od 6 týdnů se objevovala nákaza *Heligmosomum* sp., po začátku jejího prudkého nárustu začala klesat populace *S. obvelata* až do věku 44 týdnů, kdy byla intenzita infekce druhem S. obvelata minimální, zatímco intenzita infekce druhem *Heligmosomum* sp. byla vysoká.

Prevalenci, tedy procento nakažených zvířat v populaci, u volně žijících zvířat ovlinují jak vnější, tak vnitřní faktory. Mezi vnější faktory mohou patřit napr. sezona a lokalita, mezi vnitřní věk a pohlaví hostitele (Behnke et al. 2005). Dle Hildenbranda (2008) je prevalence ovlivněna sezonní aktivitou hlodavců a v létě a na podzim je prevalence vyšší, zároveň však nepotvrdil

vliv pohlaví hostitele. Oproti tomu Eira et al. (2006) dává pohlaví hostitele do souvislosti s velikostí domovských okrsků samců v období rozmnožování, což muže zvyšovat riziko nákazy. Na snížení míry prevalence a intenzity infekce může mít vliv chemické zneščištění antropogenně zatíženého prostředí (Lane et al. 2011), což odpovída např. studii Borkovcové et al. (2020) kdy vysoký obsah kadmia snížil až eliminoval přítomnost parazitů. Poulin et Morand (2000) uvádí jako důležité determinanty jak pro přenos parazitů, tak pro jejich diverzitu velikost domovských okrsků a mobilitu hostitele. Dle Borders et al. (2009) můžou mensí domovské okrsky znamenat intenzivnější využívání habitatu hostitelem a tím častejší kontakt hostitele s infekčními stádii parazita. Zároveň dávají menší domovský okrsek do souvislosti s vyšší diverzitou parazitů.

Morand et Poulin (1998) považují za důležitý faktor prevalence hustotu populace hostitele, kdy vyšší hustota populace poskytuje parazitovi více příležitostí hostitele infikovat.

Izhar et al. (2015) zjistili, že mladí jedinci jsou měně odolní vůči expozici parazitem, zatímco u starších jedinců docházelo k infekci méně často, což dávají do souvislosti s vývojem specifické imunity v průběhu života hostitele.

Chaisiri et al. (2012) charakterizují diverzitu jako celkový počet druhů parazitů nalezených u každého druhu hostitele v určitém habitatu a Chaisiri et al. (2010) uvádí, že roste s mírou antropizace prostředí, ve kterém hostitel žije. Dle jejich provedené studie vykazovalí nejnižší diverzitu parazitů hostitelé z lesního prostředí, následovaly zemědělské oblasti a nejvyšší míru diverzity vykazovali hostitelé z oblasti lidských sídel. To vysvětluje delším přetrváváním infekčních stádií parazitů v narušeném prostředí a tím delší expozici hostitelů. Navíc mohou být hostitelé v narušeném prostředí náchylnější k parazitárním infekcím v důsledku snižené imunity způsobené znečíštěním prostředí. V souvislosti s tímto tvrzením je možné uvést studii Lehman et al. (2011), kteří uvádí, že některé těžké kovy ovlivnují imunitní systém v závislostna na konkrétním kovu, jeho koncentraci a době expozice organismu, což muže vést ke zhosršení imunity a zvyšuje riziko napadení patogeny. Anderson et Beaudoin (1966) uvádí, že snadno dostupné zdroje potravy mohou vést ke snížení diverzity parazitů, prevalence i intenzity infekce v důsledku lepší výživy a zkrácení doby vyhledávání potravy, za kterou nemusí hostitel putovat do větší vzdálenosti, a tím se snižuje riziko nákazy v prostředí.

3.5 Těžké kovy ve vztahu hostitel-parazit

Těžké kovy jsou látky obecně známé jako kontaminanty životního prostředí, které mají negativní vliv na organismy. Vstupují také do vztahu parazit hostitel. I přesto, že paraziti i těžké kovy mají negativní dopad na organismus hostitele, jejich synergické působení nemusí dopadat na hostitele vždy negativně. Studie Sanchez et al. (2016) ukázala sníženou mortalitu hostitele infikovaného parazitem vystaveného vyšším koncentracím arsenu v testech akutní toxicity. Na infekci hostitel reagoval zvýšením aktivity katalázy a glutathion reduktázy, antioxidačních enzymů s velmi důležitou rolí v ochraně před oxidačním stresem. Dle studie Dvorožňákové et al. (2016) můžou různé kontaminanty vyvolat odlišné odpovědi organismu. Zatímco chronická intoxikace olovem vedla k intenzivnějšímu rozvoji parazitární infekce, kadmium naopak k jejímu snížení. Intoxikace se projevila odlišnou imunitní odpovědí organismu hostitele. Podobně i Borkovcová et al. (2020) zaznamenali, že s rostoucím obsahem kadmia v těle hostitele klesá počet přítomných parazitů až na nulu. Bichet et al. (2013) dává přítomnost olova v organismu do souvislosti se silně urbanizovaným prostředím, zatímco lesním oblastem připisuje zvýšenou kontaminaci organismu kadmiem a zinkem, s tím, že vyšší koncentrace olova byly spojeny s vyšší prevalencí infekce. Uvedené studie ukazují, že ovlivnění charakteristik společenstev parazitů přítomností těžkých kovů v prostředí může být různé, a bude záležet především na konkrétním kontaminantu. Kontaminované prostředí může prevalenci i intenzitu infekce jak snížit, tak zvýšit.

4 Metodika

Zadáním práce bylo vyhodnocení parazitologického materiálu získaného odchytem drobných zemních savců v oblasti Příbramska v letech 2014,2015 a 2016, jeho determinace a následné statistické vyhodnocení prevalence, intenzity infekce a diverzity gastrointestinálních hlístic a srovnání s daty z jiných lokalit České republiky. Ke srovnání byly využity data z odchytů v roce 2017 v oblasti Mostecka a z let 2017 a 2018 v oblasti Sokolovska.

4.1 Charakteristika odchytových lokalit

Příbramsko

Odchyt drobných zemních savců proběhl v letech 2014, 2015 a 2016 na pěti lokalitách Příbramska. Jednalo se luční biotopy s přibližně stejnou charakteristikou porostu tvořenou bylinným patrem bez souvislých porostů keřů a stromů. Z nich byly čtyři(tab.1) zvoleny jako lokality kontaminované, pátá jako „čistá“ Kontrolní (tab.2).

Tabulka1. Kontaminované lokality oblasti Příbramsko.

Lokalita	GPS souřadnice
Odkaliště Lokalita přímo u továrny Kovohutě Příbram, a. s.	49.7050000 N; 13.9830000 E
Halda Lokalita 0,4 km od továrny Kovohutě Příbram, a. s. na břehu řeky Litávky po jejím proudu. Louka u navezeného odpadu.	49.7100000 N; 13.9890000 E
Mlýn Lokalita 4 km od továrny Kovohutě Příbram, a. s. na břehu řeky Litávky po jejím proudu nedaleko obce Trhové Dušníky	49.7190000 N; 14.0140000 E
Stadion Lokalita 6 km od továrny Kovohutě Příbram, a. s. na břehu řeky Litávky po jejím proudu. Louka vedle stadionu FK Příbram	49.6780000 N; 13.9740000 E

Tabulka 2. Kontrolní lokalita oblasti Příbramsko.

Lokalita	GPS souřadnice
Jince Lokalita 14 km od továrny Kovohutě Příbram, a. s. na břehu řeky Litávky proti proudu.	49.7850000 N; 13.9870000 E

Mostecko

Odchyt drobných zemních savců proběhl v roce 2017 na dvacetitřech lokalitách v oblasti Mostecka, z toho třináct lokalit představovaly biotopy luční (tab. 3) a deset lokalit biotopy polní (tab. 4).

Tabulka 3. Lokality s lučním biotopem oblast Mostecko.

Lokalita	GPS souřadnice
Hora Svaté Kateřiny	50.597882 N; 13.456709 E
Klíny	50.640137 N; 13.552312 E
Český Jiřetín	50.709396 N; 13.560576 E
Fláje	50.6991164 N; 13.6275172 E
Moldava	50.722689 N; 13.637175 E
Nové Město u Mikulova	50.693050 N; 13.700266 E
Dlouhá Louka	50.647703 N; 13.658291 E
Hamr u Litvínova	50.589503 N; 13.574303 E
Horní Jiřetín	50.567999 N; 13.532540 E
Dolní Jiřetín	50.54433 N; 13.567144 E
Konobrže	50.556164 N; 13.65059 E
Most I	50.523750 N; 13.663665 E
Světec I	50.573653 N; 13.820009 E

Tabulka 4. Lokality s polním biotopem oblast Mostecko.

Lokalita	GPS souřadnice
Světec II	50.570181 N; 13.806834 E
Bílina	50.557504 N; 13.791073 E
Braňany	50.537544 N; 13.690650 E
Most II	50.239724 N; 13.689958 E
Souš	50.530777 N; 13.609595 E
Mariánské Radčice	50.586682 N; 13.650997 E
Lom u Mostu	50.584341 N; 13.667311 E
Ledvice	50.587545 N; 13.780655 E
Duchcov	50.602690 N; 13.737560 E
Osek u Duchcova	50.618445 N; 13.711382 E

Sokolovsko

Odchyt drobných zemních savců proběhl v letech 2017 a 2018 na sedmi lokalitách Sokolovska s lučním biotopem (tab. 6).

Tabulka 6. Lokality s lučním biotopem oblast Sokolovsko.

Lokalita	GPS souřadnice
Sokolov	50.2236031 N; 12.7299411 E
Dolní Chodov	50.2459117 N; 12.7195822 E
Chranišov	50.2233967 N; 12.7297008 E
Nové sedlo u Lokte	50.1990717 N; 12.7316389 E
Lomnice u Sokolova	50.2076892 N; 12.6156575 E
Lomnice-VPV	50.2190861 N; 12.6163442 E
Panské-VPV	50.2396903 N; 12.6896864 E

4.2 Metody odchytu a zpracování hostitelů

K odchytům drobných zemních savců byly použity živolovné a sklapovací pasti. Celkem bylo odchyceno a determinováno 228 drobných zemních savců v oblasti Příbramska, 266 drobných zemních savců v oblasti Mostecka a 121 drobných zemních savců v oblasti Sokolovska. K získání parazitologického materiálu a dalšímu statistickému vyhodnocení hostitelů z oblasti Příbramska bylo použito 226 jedinců, 1 byl ponechán živý a 1 byl nalezen jako torzo. Z oblasti Sokolovsko bylo ponecháno živých 5 jedinců a k hodnocení použito 116 jedinců.

U každého odchyceného jedince byl na základě morfologických znaků určen druh, pohlaví, věk (juvenilní/ subadultní/adultní jedinec) a hmotnost. Druhy a počty odchycených drobných savců v tabulce 7.

Tabulka 7. Přehled odchycených hostitelů v jednotlivých oblastech

Hostitel	**Příbramsko**	**Mostecko**	**Sokolovsko**
bělozubka šedá *Crocidura suaveolens*	1	2	-
hraboš mokřadní *Microtus agrestis*	3	3	3
hraboš polní *Microtus arvalis*	165+2	107	94+3
hryzec vodní *Arvicola amphibius*	-	2	-
myš domácí *Mus musculus musculus*	2	-	-
myšice křovinná *Apodemus sylvaticus*	25	62	16+2
myšice lesní *Apodemus flavicolis*	6	77	-
myšice malooká *Apodemus uralensis*	-	5	-
myška drobná *Micromys minutus*	6	-	-
norník rudý *Clethrionomys glareolus*	3	4	-
rejsek obecný *Sorex araneus*	15	4	2
Celkem	226+2	266	116+5

4.3 Získání a determinace gastrointestinálních parazitů

Parazitologický materiál byl získán standardní parazitologickou pitvou. Všichni paraziti byli vybraní z gastrointestinálního traktu s použitím binokulární lupy Olympus SZ61 a preparačních jehel, a uloženy do mikrozkumavek Eppendorf se 70% etylalkoholem. Odděleně byly fixovány Cestoda a Nematoda, pro vyhodnocení dat pro tuto práci byly dále zpracovány pouze Nematoda.

K podrobné determinaci parazitologického materiálu byl použit mikroskop Olympus BX51 vybavený fázovým kontrastem a záznamovým zařízením (digitální kamera Micra Olympus).

Měření morfologických znaků potřebných k determinaci jednotlivých druhů parazitů bylo provedeno v programu QuickPHOTO MICRO 3.1 od firmy PROMICRA. Následná determinace druhů byla provedena za pomocí určovacího klíče, který publikovali Tenora et Meszaros (1975), a publikace autorů Ryzhikov et al. (1978) a Genov (1984).

Determinace byla provedena na základě měření délky a šířky těla, u samců délky spikul, u samic délky a šířky vajíčka a jeho tvaru, případně vzdálenosti vyústění vulvy. U obou pohlaví pak délka a tvar ocasu a dalších struktur uvedených v použitých klíčích dle konkrétních druhů.

4.4 Zpracování výsledků a statistické vyhodnocení dat

Získaná data byla zpracována v programech Excel 365 a STATISTICA 12.

V programu Excel byly vytvořeny tabulky s potřebnými daty pro vyhodnocení vybraných charakteristik společenstev gastrointestinálních helmintů (prevalence, intenzita infekce, diverzita) a tato data byla následně statisticky vyhodnocena v programu Statistice 12. Ke grafickému znázornění dat byly použity oba výše uvedené programy.

Prevalence

Výpočet prevalence představuje procentuální podíl pozitivních jedinců ze všech odchycených. Statistické vyhodnocení bylo, vzhledem ke kvalitativním datům, provedeno kontingenční tabulkou.

Intenzita infekce

Výpočet intenzity infekce představuje vyhodnocení celkového počtu všech hlístic v jednotlivých hostitelích. Výsledky zahrnují stanovení základních statistických charakteristik (minimum, maximum, průměr a směrodatná odchylka) a statistické vyhodnocení prostřednictvím neparametrického Kruskal-Wallisova testu.

Diverzita parazitů

Výpočet diverzity parazitů představuje vyhodnocení počtu druhů hlístic v jednotlivých hostitelích. Výsledky zahrnují stanovení základních statistických charakteristik (minimum, maximum, průměr a směrodatná odchylka) a statistické vyhodnocení prostřednictvím neparametrického Kruskal-Wallisova testu.

5 Výsledky

5.1 Determinace parazitologického materiálu z oblasti Příbramsko

Tabulka 8 představuje přehled druhů parazitů kmene Nematoda identifikovaných u jednotlivých hostitelů odchycených na lokalitách Příbramska. Autoři a roky popisu determinovaných druhů parazitů jsou uvedeny v příloze Tabulka 22. Determinace obrázky 1 až 3 v příloze.

Tabulka 8. Přehled druhů parazitů u jednotlivých druhů drobných zemních savců.

Druh hostitel	**Druh parazit**
hraboš polní *Microtus arvalis*	*Boreostrongylus minutus* *Capillaria muris sylvatici* *Heligmosomoides laevis* *Heligmosomum costellatum* *Syphacia nigeriana* *Trichuris arvicolae*
hraboš mokřadní *Microtus agrestis*	*Syphacia nigeriana*
myšice lesní *Apodemus flavicolis*	*Heligmosomoides polygyrus* *Syphacia stroma*
myšice křovinná *Apodemus sylvaticus*	*Capillaria muris sylvatici* *Capillaria* sp. *Heligmosomoides polygyrus* *Heligmosomum costellatum* *Syphacia stroma*
myška drobná *Micromys minutus*	*Syphacia vanderbrueli*
myš domácí *Mus musculus musculus*	*Heligmosomum costellatum* *Syphacia obvelata*
norník rudý *Clethrionomys glareolus*	x
bělozubka šedá *Crocidura suaveolens*	x
rejsek obecný *Sorex araneus*	*Capillaria* sp.

5.2 Prevalence

Přehled drobných zemních savců odchycených na jednotlivých lokalitách Příbramska

Tabulka 9 je přehledem počtu negativních a pozitivních jedinců jednotlivých druhů zemních savců odchycených na lokalitách v oblasti Příbramsko. Výpočty prevalence byly provedeny ze všech odchycených jedinců. Výpočty intenzity infekce a diverzity parazitů ze všech pozitivních odchycených jedinců.

Tabulka 9**.** Přehled negativních a pozitivních drobných zemních savců (DZS) odchycených na lokalitách Příbramska.

Druh DZS	**Lokalita**	**Odkaliště**	**Halda**	**Mlýn**	**Stadion**	**Jince**
hraboš polní *Microtus arvalis*	negativní/ pozitivní	16/15	19/15	11/10	1/4	32/42
hraboš mokřadní *Microtus agrestis*	negativní/ pozitivní	0/0	1/0	1/0	0/1	0/0
myšice lesní *Apodemus flavicolis*	negativní/ pozitivní	2/0	0/0	2/0	0/1	0/1
myšice křovinná *Apodemus sylvaticus*	negativní/ pozitivní	0/0	11/2	2/4	4/1	1/0
myška drobná *Micromys minutus*	negativní/ pozitivní	0/0	0/0	0/0	3/3	0/0
myš domácí *Mus musculus musculus*	negativní/ pozitivní	0/0	0/1	0/0	0/0	0/1
norník rudý *Clethrionomys glareolus*	negativní/ pozitivní	1/0	0/0	2/0	0/0	0/0
bělozubka šedá *Crocidura suaveolens*	negativní/ pozitivní	0/0	0/0	1/0	0/0	0/0
rejsek obecný *Sorex araneus*	negativní/ pozitivní	0/0	3/0	4/0	4/1	3/0

5.2.1 Srovnání prevalence jednotlivých lokalit Příbramska

Prevalence představuje procento pozitivních hostitelů z celkově odchycených a vyšetřených. Tabulka 10 ukazuje počty negativních a pozitivních hostitelů, a procentuální prevalenci na jednotlivých lokalitách Příbramska

Tabulka 10. Přehled negativních a pozitivních odchycených hostitelů a prevalence v procentech na jednotlivých lokalitách Příbramska.

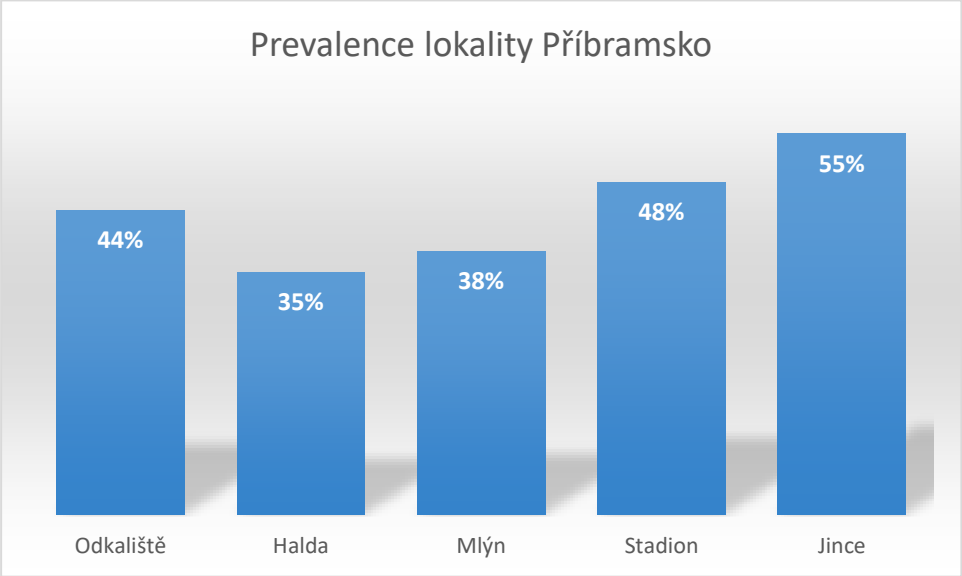
Lokalita	Odkaliště	Halda	Mlýn	Stadion	Jince
negativní/pozitivní	19/15	34/18	23/14	12/11	36/44
Prevalence	44 %	35 %	38 %	48 %	55 %

Vzhledem k hodnocení kvalitativních dat negativní/pozitivní byla pro výpočet zvolena kontingenční tabulka. Hladina významnosti byla stanovena α=0,05. Výsledná hodnota p=0,174831(tab. 11) se nachází nad hladinou významnosti, díky tomu nezamítáme nulovou hypotézu, že není statisticky významný rozdíl mezi prevalencí jednotlivých lokalit Příbramska.

Tabulka 11. Výsledek vyhodnocení kontingenční tabulky prevalence.

	Pearsonův χ2	Sv	p hodnota
Kontingenční tabulka	6,3084	df=4	0,174831

Graf 1 prevalence ukazuje, že i přesto, že není statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými lokalitami, kontrolní lokalita Jince vykazuje nejvyšší hodnotu prevalence 55 % a nepotvrdil se původní předpoklad, že na kontaminovaných lokalitách bude prevalence vyšší než na lokalitě kontrolní.



Graf 1. Prevalence na jednotlivých lokalitách Příbramska v procentech.

5.2.2 Srovnání prevalence oblastí Příbramsko, Mostecko a Sokolovsko

Prevalence představuje procento pozitivních hostitelů z celkově odchycených a vyšetřených. Tabulka 12 ukazuje počty negativních a pozitivních hostitelů, a procentuální prevalenci oblastí Příbramsko, Mostecko a Sokolovsko.

Tabulka 12. Přehled negativních a pozitivních odchycených hostitelů a prevalence v procentech oblastí Příbramsko, Mostecko a Sokolovsko.

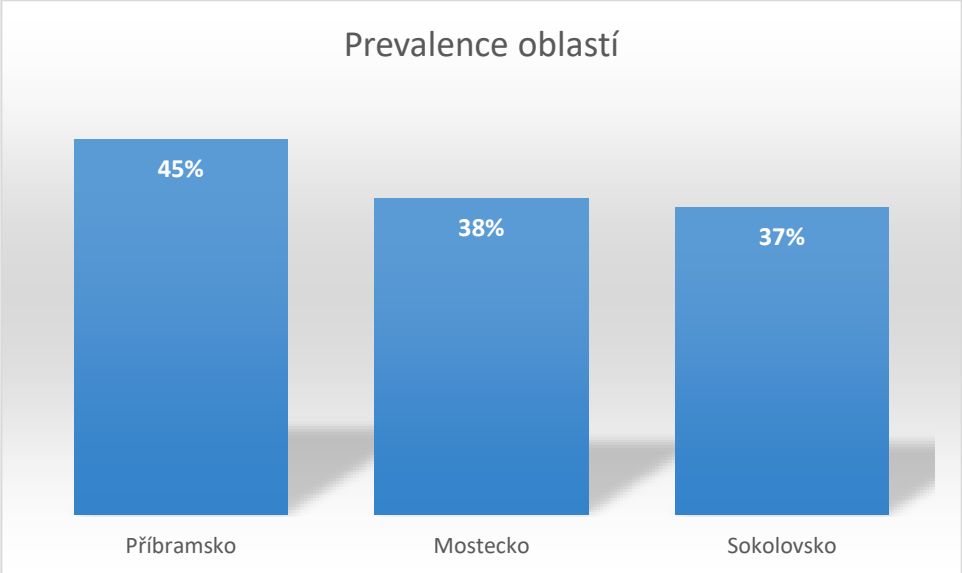
	Příbramsko	Mostecko	Sokolovsko
Negativní/pozitivní	124/102	166/100	73/43
prevalence	45 %	38 %	37 %

Vzhledem k hodnocení kvalitativních dat negativní/pozitivní byla pro výpočet zvolena kontingenční tabulka. Hladina významnosti byla stanovena α=0,05. Výsledná hodnota p=0,173173 (tab. 13) je vyšší než stanovená hladina významnosti, nezamítáme nulovou hypotézu a můžeme tvrdit, že není statisticky významný rozdíl prevalence mezi jednotlivými oblastmi.

Tabulka 13. Výsledek vyhodnocení prevalence oblastí Příbramsko, Mostecko a Sokolovsko.

	Pearsonův χ2	Sv	p hodnota
Kontingenční tabulka	3,50693	df=2	0,173173

Graf 2. prevalence všech druhů pro jednotlivé oblasti ukazuje, že Příbramsko má očekávanou vyšší prevalenci, která však není statisticky významná.



Graf 2. Prevalence oblastí Příbramsko, Mostecko a Sokolvsko v procentech.

5.3 Intenzita infekce

5.3.1 Srovnání intenzity infekce lokalit Příbramska

Pro srovnání intenzity infekce jednotlivých lokalit Příbramska byly využity počty všech hlístic přítomných u všech pozitivních hostitelů. Základní statistické charakteristiky, jako počty pozitivních hostitelů, minimální a maximální počty hlístic a průměrné hodnoty intenzity infekce jsou uvedeny v tabulce 14.

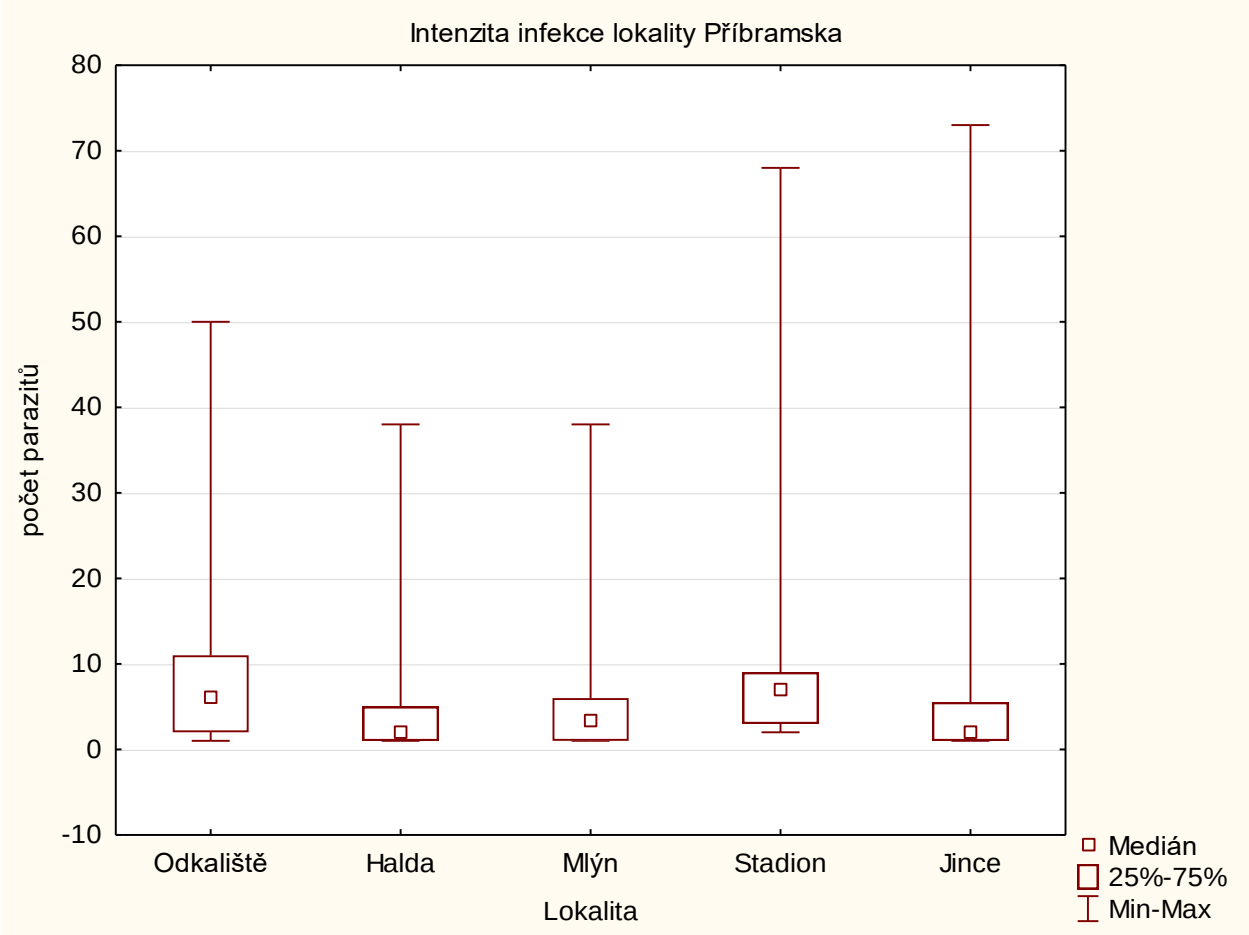
Tabulka 14. Základní statistické charakteristiky intenzity infekce pro jednotlivé lokality Příbramska.

Lokalita	N platných	Minimum	Maximum	Průměr	Směrodatná odchylka
Halda	18	1	38	6	9,24
Jince	44	1	73	6,43	12,18
Mlýn	14	1	38	7,86	12,12
Odkaliště	15	1	50	10,53	12,99
Stadion	11	2	68	11,64	19,03

Pro ověření nulové hypotézy, že neexistuje statisticky významný rozdíl intenzity infekce mezi jednotlivými lokalitami Příbramska, bylo nejprve provedeno ověření normality dat pomocí Shapiro-Wilkova testu a Q-Q plot grafu. Vzhledem k tomu, že dle provedených testů data nepochází z normálního rozdělení, byl pro statistické vyhodnocení zvolen neparametrický Kruskal-Wallis test. Jeho p-hodnota 0,0301 (tab. 15), která se nachází pod hladinou významnosti α=0,05 vede k zamítnutí nulové hypotézy a můžeme tvrdit, že existuje statistický významný rozdíl mezi intenzitou infekce jednotlivých lokalit Příbramska.

Tabuka 15. Výsledky Kruskal-Wallis test pro srovnání intenzity infekce jednotlivých lokalit Příbramska.

	H	Sv	N	p-hodnota
Kruskal-Wallis test	10,70473	df=4	102	0,0301



Graf3. Intenzita infekce jednotlivých lokalit Příbramska.

Výsledek Kruskal-Wallisova testu ukazuje statisticky významný rozdíl intenzity infekce mezi jednotlivými lokalitami Příbramska, nicméně, na základě vyhodnocení Vícenásobného porovnání p hodnot a grafu 3 pro intenzitu infekce jednotlivých lokalit Příbramska není možné tvrdit, že vyšší intenzitu infekce mají kontaminované lokality Halda, Mlýn, Odkaliště a Stadion ve srovnání s kontrolní lokalitou Jince. Vyhodnocení dat ukazuje, že na kontrolní lokalitě Jince je nejvyšší počet hlístic v hostiteli, ale zároveň druhý nejnižší průměr počtu hlístic v hostiteli.

Lokality v grafu 3 jsou seřazeny dle vzdálenosti od Kovohutí Příbram a.s. Nejvyšší hodnoty vidíme u nejvzdálenější kontaminované lokality Stadion a kontrolní lokality Jince. Nejvyšší průměrnou intenzitu infekce pak vidíme na nejvzdálenější kontaminované lokalitě Stadion a nejbližší kontaminované lokalitě Odkaliště.

5.3.2 Srovnání intenzity infekce oblastí Příbramsko, Mostecko a Sokolovsko

Pro srovnání intenzity infekce jednotlivých oblastí byly využity počty všech hlístic přítomných u všech pozitivních hostitelů. Základní statistické charakteristiky, jako počty pozitivních hostitelů, minimální a maximální počty hlístic a průměrné hodnoty intenzity infekce jsou uvedeny v tabulce 16.

Tabulka 16. Základní statistické charakteristiky intenzity infekce pro jednotlivé oblasti.

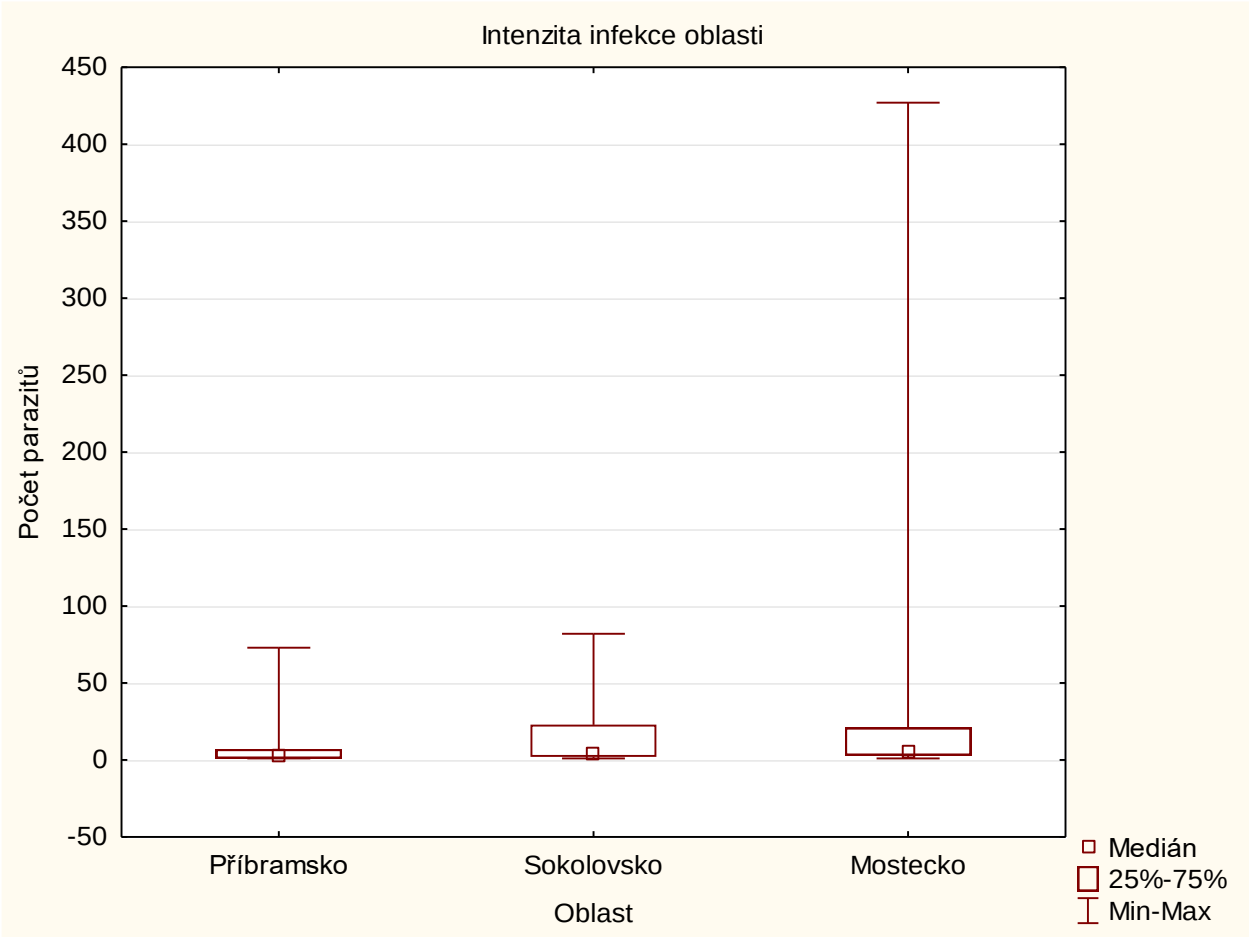
Oblast	N platných	Minimum	Maximum	Průměr	Směrodatná odchylka
Příbramsko	102	1	73	7,71	12,64
Mostecko	100	1	427	35,73	78,05
Sokolovsko	43	1	82	15,42	22,50

Pro ověření nulové hypotézy, že neexistuje statisticky významný rozdíl mezi intenzitou infekce mezi jednotlivými oblastmi, bylo nejprve provedeno ověření normality dat pomocí Shapiro-Wilkova testu a Q-Q plot grafu. Vzhledem k tomu, že dle provedených testů data nepochází z normálního rozdělení, byl pro statistické vyhodnocení zvolen neparametrický Kruskal-Wallis test. Jeho p-hodnota 0,0003 (tab. 17), která se nachází pod hladinou významnosti α=0,05 vede k zamítnutí nulové hypotézy a můžeme tvrdit, že existuje statistický významný rozdíl mezi intenzitou infekce jednotlivých oblastí.

Tabulka 17. Výsledky Kruskal-Wallis test pro srovnání intenzity infekce jednotlivých oblastí.

	H	Sv	N	p-hodnota
Kruskal-Wallis test	16,56887	df=2	245	0,0003

Graf 4 intenzity infekce jednotlivých oblastí a výsledek vícenásobného porovnání p hodnot 0,000160 pro oblast Mostecka a Příbramska ukazují významný statisticky rozdíl mezi oblastmi Příbramsko Mostecko.



Graf 4. Intenzita infekce oblastí Příbramsko, Mostecko a Sokolovsko

Na základě statistického hodnocení prostřednictvím Kruskal-Wallis testu můžeme tvrdit, že existuje statisticky významný rozdíl mezi intenzitou infekce mezi jednotlivými oblastmi, nicméně nebyl potvrzen předpoklad, že intenzita infekce v oblasti Příbramska bude vyšší než v jiných oblastech, naopak, proti srovnávaným oblastem je intenzita infekce v oblasti Příbramska nižší.

5.4 Diverzita parazitů

5.4.1 Srovnání diverzity parazitů lokalit Příbramsko

Pro srovnání diverzity parazitů jednotlivých lokalit Příbramska byly hodnoceny všechny druhy hlístic přítomné u všech pozitivních hostitelů. Základní statistické charakteristiky, tedy počty pozitivních hostitelů, minimální a maximální počty druhů a průměrné hodnoty diverzity parazitů jsou uvedeny v tabulce 18.

Tabulka 18. Základní statistické charakteristiky diverzity parazitů pro jednotlivé lokality Příbramska

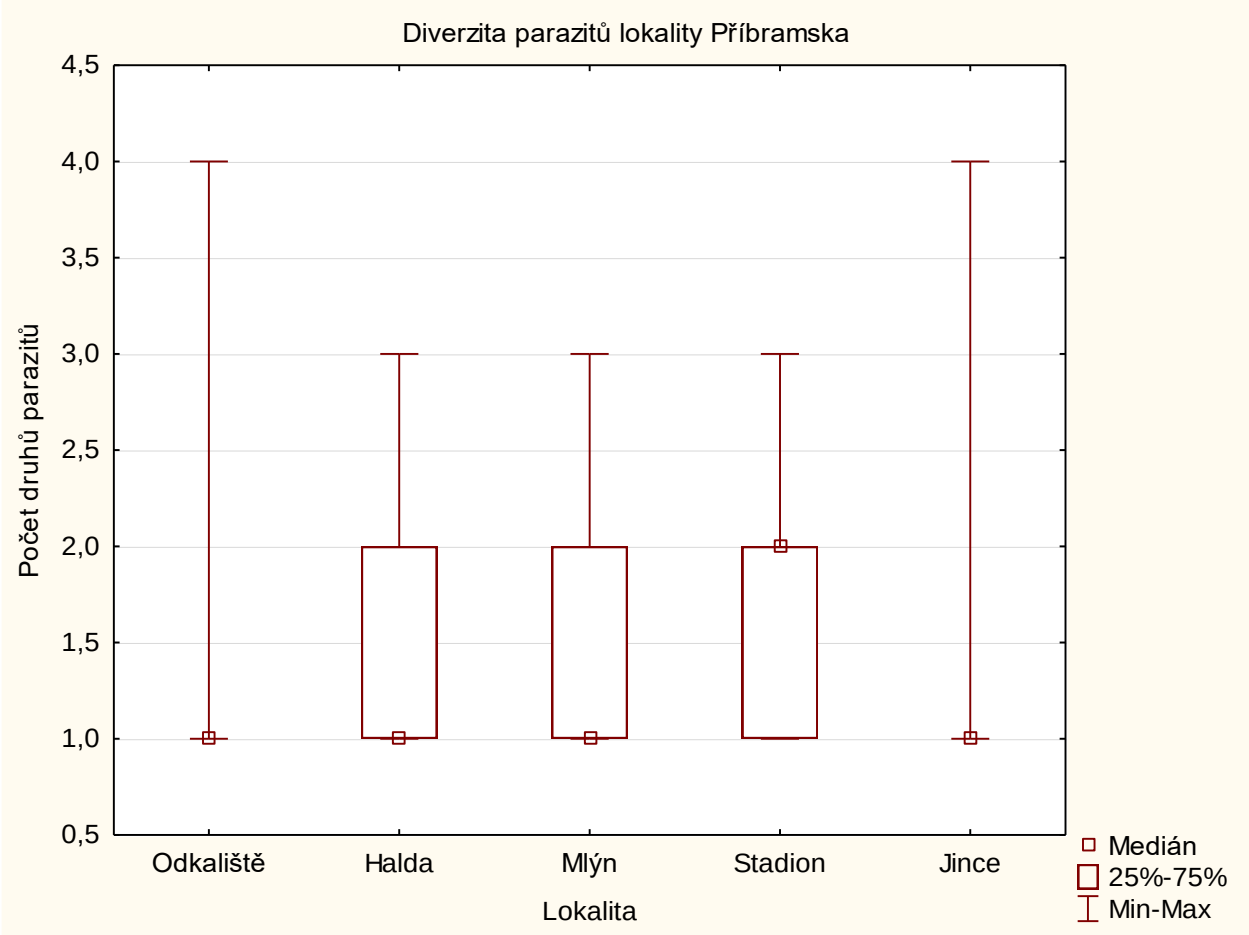
	N platných	Minimum	Maximum	Průměr	Směrodatná odchylka
Halda	18	1	3	1,39	0,61
Jince	44	1	4	1,27	0,62
Mlýn	14	1	3	1,57	0,85
Odkaliště	15	1	4	1,33	0,82
Stadion	11	1	3	1,64	0,67

.

Pro ověření nulové hypotézy, že neexistuje statisticky významný rozdíl diverzity parazitů mezi jednotlivými lokalitami Příbramska, bylo nejprve provedeno ověření normality dat pomocí Shapiro-Wilkova testu a Q-Q plot grafu. Vzhledem k tomu, že dle provedených testů data nepochází z normálního rozdělení, byl pro statistické vyhodnocení zvolen neparametrický Kruskal-Wallis test. Jeho p-hodnota 0,2215 (tab.19) se nachází nad hladinou významnosti α=0,05, nezamítáme tedy nulovou hypotézu a můžeme tvrdit, že neexistuje statisticky významný rozdíl druhové diverzity mezi jednotlivými lokalitami Příbramska.

Tabulka 19. Výsledky Kruskal-Wallis test pro srovnání diverzity parazitů jednotlivých lokalit Příbramska

	H	Sv	N	p-hodnota
Kruskal-Wallis test	5,714376	df=4	102	0,2215



Graf 5. Diverzita parazitů na jednotlivých lokalitách Příbramska

Na základě výsledku Kruskal-Wallisova testu pro lokality Příbramska nezamítáme nulovou hypotézu a nepotvrdil se tedy předpoklad vyšší diverzity parazitů na kontaminovaných lokalitách Odkaliště, Halda, Mlýn a Stadion ve srovnání s kontrolní lokalitou Jince. Grafické znázornění diverzity parazitů na jednotlivých lokalitách představuje graf 5.

5.4.2 Srovnání diverzity parazitů oblastí Příbramsko, Mostecko a Sokolovsko

Pro srovnání diverzity parazitů jednotlivých lokalit Příbramska byly hodnoceny všechny druhy hlístic přítomné u všech pozitivních hostitelů. Základní statistické charakteristiky, tedy počty pozitivních hostitelů, minimální a maximální počty druhů a průměrné hodnoty diverzity parazitů jsou uvedeny v tabulce 20.

Tabulka 20. Základní statistické charakteristiky diverzity parazitů pro jednotlivé oblasti.

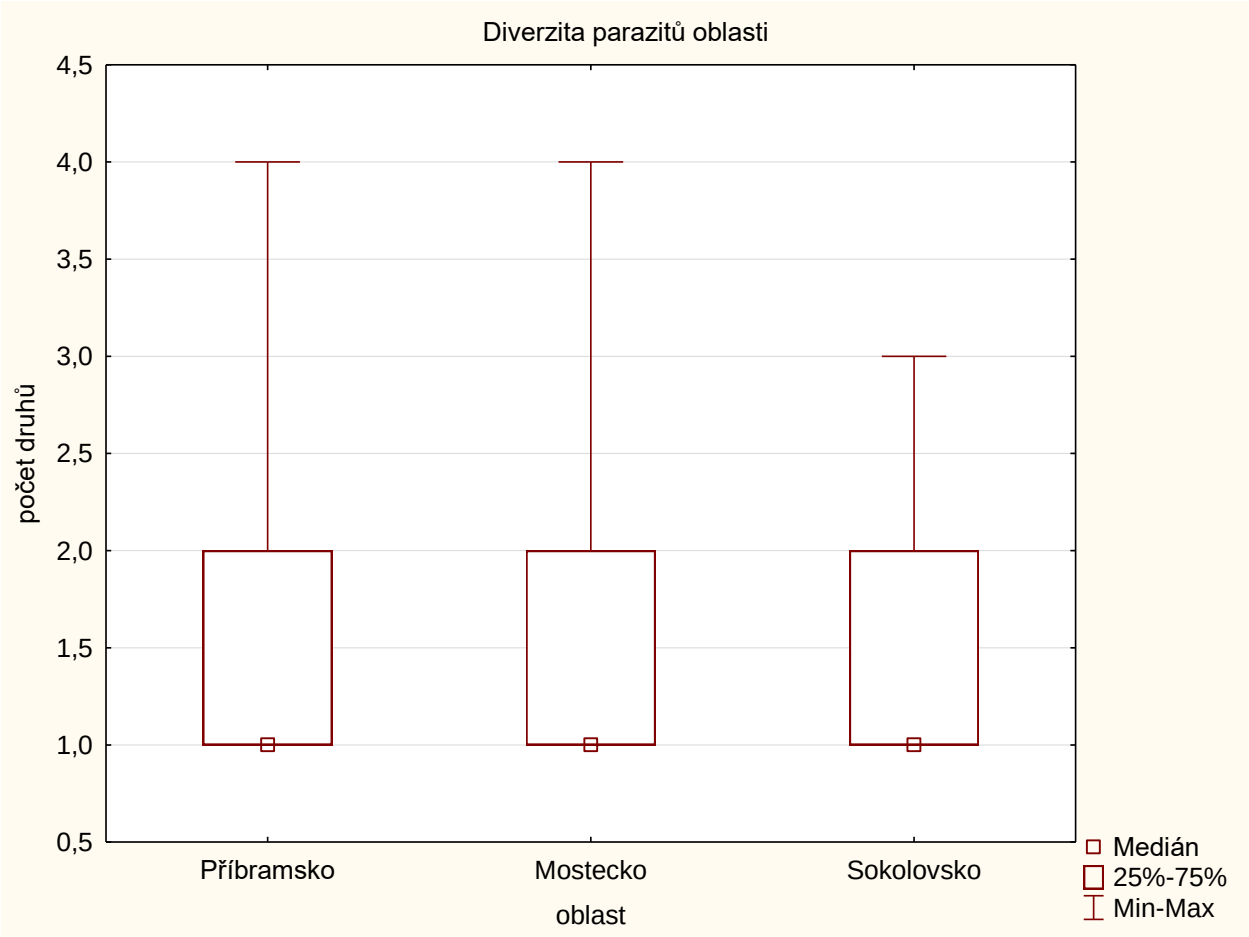
Oblast	N platných	Minimum	Maximum	Průměr	Směrodatná odchylka
Příbramsko	102	1	4	1,38	0,69
Mostecko	100	1	4	1,39	0,63
Sokolovsko	43	1	3	1,30	0,56

Pro ověření nulové hypotézy, že neexistuje statisticky významný rozdíl diverzity parazitů mezi oblastmi Příbramsko, Mostecko a Sokolovsko, bylo nejprve provedeno ověření normality dat pomocí Shapiro-Wilkova testu a Q-Q plot grafu. Vzhledem k tomu, že dle provedených testů data nepochází z normálního rozdělení, byl pro statistické vyhodnocení zvolen neparametrický Kruskal-Wallis test. Jeho p-hodnota 0,7388 (tab. 21) se nachází nad hladinou významnosti α=0,05, nezamítáme tedy nulovou hypotézu a můžeme tvrdit, že neexistuje statisticky významný rozdíl druhové diverzity mezi jednotlivými lokalitami Příbramska.

Tabulka 21. Výsledky Kruskal-Wallis test pro srovnání diverzity parazitů jednotlivých oblastí.

	H	Sv	N	p-hodnota
Kruskal-Wallis test	0,6054765	df=2	254	0,7388

Na základě výsledku Kruskal-Wallisova testu pro oblasti Příbramsko, Mostecko a Sokolovsko nezamítáme nulovou hypotézu a nepotvrdil se tedy předpoklad vyšší diverzity parazitů v oblasti Příbramska ve srovnání s lokalitami Mostecko a Sokolovsko. Grafické znázornění diverzity parazitů jednotlivých oblastí představuje graf 6.



Graf 6. Diverzita parazitů v oblastech Příbramsko, Mostecko a Sokolovsko.

6 Diskuze

Cílem této diplomové práce bylo determinovat parazitologický materiál z oblasti Příbramska, vyhodnotit, zda vybrané charakteristiky (prevalence, intenzita infekce a diverzita) společenstva gastrointestinálních helmintů kmene Nematoda budou vyšší na kontaminovaných lokalitách ve srovnání s lokalitou kontrolní, a následně zda tyto charakteristiky budou vyšší ve srovnání oblasti Příbramska s jinými oblastmi. Příbramsko je oblastí s vysokou antropogenní zátěží díky těžbě nerostných surovin, již ukončené těžbě uranové rudy a přítomnosti Kovohutí Příbram a. s. Pro odchyt drobných zemních savců byly vybrány čtyři lokality v blízkosti Kovohutí a jedna vzdálená kontrolní. Pro srovnání byly vybrány oblasti Mostecko a Sokolovsko.

Společenstvo drobných zemních savců odchycených pro účely diplomové práce na lokalitách Příbramska představovalo celkem 228 jedinců (9 druhů), z nichž jeden byl nalezen jako torzo a jeden ponechán živý pro další chov. K vyhodnocení dat bylo tedy využito jen 226 jedinců. Nejpočetnějšími odchycenými druhy byly *Mictotus arvalis* (165 jedinců) *a Apodemus sylvaticus* (25 jedinců). Méně početné druhy pak byly *Sorex araneus* (15 jedinců), *Apodemus flavicolis* (6 jedinců) *Micromys minutus* (6 jedinců*), Microtus agrestis* (3 jedinci), *Clethrionomys glareolus* (3 jedinci), a nejméně početné druhy byly *Mus musculus musculus* (2 jedinci) a *Crocidura suaveolens* (1 jedinec). Z těchto druhů pak *Crocidura suaveolens* a *Clethrionomys glareolus* byly parazitů prosté. Druh *Microtus arvalis* byl nejpočetnějším druhem na všech lokalitách Příbramska s výjimkou lokality Stadion, kde byl nejpočetnější druh *Micromys minutus. Microtus arvalis* byl též nejpočetnějším druhem srovnávaných lokalit Mostecko a Sokolovsko. Složení společenstva odchyceného na Příbramských lokalitách početním a druhovým složením nejlépe koresponduje se studií společenstev orchidejových luk Cudlína et al. (2009), kde na čtyřech ze šesti sledovaných lokalit byl též dominantním druhem *Microtus arvalis*. Oproti tomu na polních biotopech uvádí Heroldová et al. (2007) dominantní druhy rodu *Apodemus*, jen v porostu vojtěšky *Microtus arvalis*, v lesních biotopech pak Suchomel et al. (2012) uvádí výskyt druhu *Microtus arvalis* jen 6 % z celkového společenstva drobných zemních savců. Příbramské společenstvo tedy velmi dobře odpovídá typickému společenstvu lučního biotopu.

Jednotlivé druhy parazitů byly identifikovány na základě klíčů a odborných článků. Většina parazitologického materiálu byla bez problémů zařazena do druhu, pouze u dvou hostitelů byly zařazeny jen do rodu. V obou případech se jednalo o rod *Capillaria*, kdy paraziti byli nedospělí jedinci samičího pohlaví s neodpovídající velikostí a absencí vajíček.

Hostitelé druhů *S. araneus*, *M. musculus musculus*, *M. minutus* a *M. agrestis* byli parazitování vždy jen jedním druhem hlístice, *A. flavicolis* a *A. sylvaticus* jedním, nebo dvěma druhy hlístic a *M. arvalis* jedním až čtyřmi druhy hlístic.

Pro rod *Apodemus* uvádí Tenora (2004) možný výskyt 23 druhů hlístic kmene Nematoda, z nich 4 druhy byly přítomny u hostitelů tohoto rodu z Příbramska. Infikováno bylo 5 hostitelů druhem *Heligmosomoides polygyrus*, 4 hostitelé druhem *Syphacia stroma*, 1 hostitel pak připadá na druhy *Capillaria murissylvatici* a *Heligmosomum costelatum*. Druhy *H. polygyrus* a *S. stroma* uvádí jako dominantní ve své studii též Ondriková et al. (2010) a *H. polygyrus* pak Klimpel et al. (2007).

U druhu *Microtus arvalis* byl nejpočetnějším druhem *Heligmosomum costellatum,* a to jak samostatně, tak v kombinaci s dalšími druhy. Následován byl druhy *Syphacia nigeriana* a *Trichuris arvicolae*. Nejpočetnějším společným výskytem pak byly druhy *Heligmosomum costellatum* a *Trichuris arvicolae.* Nejpočetnější druhy korespondují se studií Tenora et al. (1973), která uvádí rody *Heligmosomum* a *Syphacia* jako dominantní. Janová et al. (2010) na jižní Moravě uvádí prevalenci druhu *H. costellatum* ve výši 27,6 %. Mészáros (1977) ve své studii v Maďarsku uvádí 6 druhů hlístic *Heligmosomum costellatum, H. mixtum, Heligmosomoides laevis, Boreostrongylus minutus, Syphacia nigeriana, Trichuris muris.* Z těchto druhů chyběl u hostitelů z Příbramska *H. mixtum*, Druh *Trichuris muris* nahrazuje *Trichuris arvicolae* nově popsaný v roce 2000 Feliu et al., a naopak navíc se zde vyskytoval druh *Capillaria murissylvatici*.

Prevalence parazitů se u jednotlivých oblastí Příbramska pohybovala od 35 % do 55 %, s tím, že nejvyšší prevalence byla na kontrolní lokalitě Jince. Původní předpoklad byl, že kontaminované lokality budou mít prevalenci vyšší než lokalita kontrolní, což se nepotvrdilo. Prevalence se ani nesnižovala se vzdáleností od Kovohutí Příbram a.s., na nejbližší kontaminované lokalitě byla prevalence 44 %, na nejvzdálenější 48 %, lokalita s nejnižší prevalencí byla druhá nejbližší ke Kovohuti. Celková prevalence oblasti Příbramska byla 45 %, prevalence oblasti Mostecko 38 % a Sokolovsko 37 %. Zde se potvrdil předpoklad, že prevalence Příbramska bude vyšší, statistické vyhodnocení však ukázalo, že se nejedná o rozdíl statisticky významný. Většina studií parazitů drobných zemních savců zahrnuje též prevalenci. Eira et al. (2006) ve studii parazitů u druhu *A. sylvaticus* v Portugalsku uvádí prevalenci 80,3 %. Ondrikova et al. (2010) u druhů *A. sylvaticus* a *A. flavicolis* na Slovensku zaznamenala prevalenci jednotlivých druhů parazitů až 92,7 % a Klimpel et al. (2007) uvádí v Německu u stejných druhů hostitele prevalenci jedním druhem parazita až 85,2 %, kdy u obou studií je druhem s vysokou prevalencí *H. polygyrus*. Dá se předpokládat, že takto vysoká prevalence jednoho druhu by zasáhla do výšky prevalence celého společenstva. Hildebrandt (2008) ve studii parazitů u sedmi druhů hlodavců v Polsku uvádí prevalenci 73,8 %. Všechny zmíněné studie uvádí vysoké hodnoty prevalence parazitů, které jsou mnohem vyšší než prevalence oblasti Příbramska. Ovšem vzhledem k tomu, že se jedná o studie zahrnující pouze hlodavce, je otázkou, do jaké míry je prevalence ovlivněna přítomností hmyzožravců ve společenstvu drobných zemních savců, protože ze všech odchycených hmyzožravců (2 druhy, 16 jedinců) byly hlístice přítomny pouze u jednoho. Mimo složení
a hustoty společenstva můžeme očekávat též vliv doby odchytu, zdrojů potravy a dalších

faktorů, které mohou ovlivnit prevalenci. Lane et al. (2011) uvádí, že chemické znčištění může snižovat intenzitu infekce i prevalenci, což by bylo možné považovat za jeden z důvodů, proč se očekávaná vyšší prevalence na lokalitách blíže zdroji znečištění neprojevila, a naopak byla nevyšší prevalence na nejvzdálenější kontrolní lokalitě.

Intenzita infekce na lokalitách Příbramska se pohybovala od 1 do 73 parazitů v jednom hostiteli, přičemž maxima i průměry jsou poměrně vyrovnané a nebyl mezi nimi zjištěn statisticky významný rozdíl. Kontrolní lokalita Jince měla nejvyšší počet parazitů v jednom hostiteli, ale druhý nejnižší průměr intenzity infekce. Na rozdíl od prevalence tedy v tomto případě není možné vyhodnotit, zda je na tom kontrolní lokalita lépe nebo hůře než lokality kontaminované a nepotvrdil se předpoklad vyšší intenzity infekce na kontaminovaných lokalitách ve srovnání s lokalitou kontrolní. Jiná je situace při srovnání oblasti Příbramska s Mosteckem a Sokolovskem. Nejvyšší počet parazitů (73) je srovnatelný s nejvyšším počtem parazitů Sokolovska (82), průměr intenzity infekce Příbramska (7,71) už je znatelně nižší, než u Sokolovska (15,42), přesto mezi nimi není statisticky významný rozdíl. Rozdíl mezi Příbramskem a Mosteckem je mnohem vetší, maximální počet parazitů (427) a průměrná intenzita infekce (35,73) je mnohonásobně vyšší a byla vyhodnocena jako statisticky významná. Nepotvrdil se tedy předpoklad, že intenzita infekce oblasti Příbramska bude vyšší než oblastí Mostecko a Sokolovsko, a naopak je ve srovnání s těmito lokalitami nižší. Arneberg et al. (1998) dávají intenzitu infekce i prevalenci do souvislosti s hustotou populace a věkem hostitele, zmiňují též vyšší intenzitu infekce u blízce příbuzných druhů hostitelů. Na Příbramsku dosáhli nejvyššího počtu parazitů dospělá samice *M. musculus musculus* (73) a juvenilní samec *M. agrestis* (68), kdy oba druhy byly odchyceny jen ojediněle a nemůžeme tedy brát v potaz hustotu populace, nicméně u dospělé *M. musculus musculus* může hrát roli věk a u *M. agrestis* blízká příbuznost a výskyt stejných druhů parazitů s vysoce početným *M. arvalis*. Mabbot (2018) uvádí, že dlouhodobá přítomnost helmintů v organismu je důvodem narušení metabolického profilu gastrointestinálního traktu, dalších koinfekcí bakteriemi a reaktivaci latentních virových infekcí. To může vest k domněnce, že i tyto faktory se mohly podílet na nejvyšší intenzitě infekce u dospělé samice *M. musculus musculus*, zároveň se však nedá předpokládat, že by tyto faktory vedly vysoké mu počtu parazitů u mladého samce *M. agrestis*. Jankovská et al. (2008) publikovali studii srovnávající obsah těžkých kovů v těle hostitele v antropogenně zatížené oblasti Krušných hor. Výsledkem této studie bylo zjištění, že hostitelé parazitovaní hlísticemi mají v těle vyšší koncentraci těžkých kovů než hostitelé parazitovaní tasemnicemi. S ohledem na tuto studii a kontaminaci půdy v oblasti Příbramska, můžeme předpokládat podobnou akumulaci těžkých kovů také v těle hostitelů hodnocených v naši práci a domnívat se, že tato akumulace může mít vliv též na intenzitu infekce i diverzitu parazitů a prevalenci. Tuto domněnku můžeme podpořit tvrzením Lehmann et al. (2011), že těžké kovy ovlivňují imunitní systém v závislosti na konkrétním kovu, jeho koncentraci, biologické dostupnosti a době expozice, zvyšují tak riziko napadení organismu patogeny.

Při hodnocení diverzity parazitu na jednotlivých lokalitách Příbramska byly zaznamenány nejvyšší počty tři a čtyři druhy, přičemž čtyřmi druhy byli parazitování hostitelé na nejbližší kontaminované lokalitě Odkaliště a na kontrolní lokalitě Jince. Průměrná diverzita se pohybovala 1,27 až 1,64 druhů parazitů v jedinci a tyto hodnoty nebyly vyhodnoceny jako statisticky významné. Nejnižší průměrná diverzita byla na kontrolní lokalitě Jince, nejvyšší pak na lokalitě Stadion, která byla nejvzdálenější kontaminovanou lokalitou od Kovohutí. Oproti tomu Kovohutím nejbližší lokalita Odkaliště vykazovala druhou nejnižší průměrnou diverzitu. Tyto hodnoty nepotvrdily původní předpoklad, že diverzita parazitů bude na kontaminovaných lokalitách vyšší ve srovnání s lokalitou kontrolní. Při srovnání oblastí pak hostitelé z Příbramska a Mostecka byli parazitování maximálně čtyřmi druhy, na Sokolovsku třemi druhy. Průměrná diverzita byla mezi oblastmi velmi podobná a hodnota oblasti Příbramska (1,38) byla vyšší než diverzita Sokolovska (1,30) a zároveň nižší než diverzita Mostecka (1,39), statistické hodnocení neprokázalo významný rozdíl mezi lokalitami, a zároveň se nepotvrdil předpoklad vyšší diverzity v oblasti Příbramska ve srovnání s oblastmi Mostecko a Sokolovsko. Morand et Poulin (1998) uvádí pozitivní korelaci většího počtu druhů parazitů s vyšší hustotou populace hostitelů, to je v souladu s tím, že nevyšší počet druhů parazitů v rámci této práce byl identifikován u *M. arvalis* s nejpočetnějším odchytem. Jankovská et al. (2005) uvádí vyšší prevalenci i větší počet druhů helmintů u oblasti zasažené průmyslovými emisemi ve srovnání s nezasaženou oblastí při studiu rejsků v ČR, toto se však v případě kontaminovaných lokalit Příbramska ve srovnání s kontrolní lokalitou a ani při srovnání oblastí nepotvrdilo.

Srovnávání intenzity infekce a druhové diverzity s jinými studiemi by bylo obtížné s ohledem na to, že provedené studie, mimo hlístice sledované v této práci, zahrnují též další helminty, např. tasemnice (Cestoda), případně i ektoparazity z třídy hmyzu (Insecta) (Odríková et al. 2010, Hildebrandt 2008, Klimpel et al. 2007 a další), nebo se věnují pouze jednomu druhu (Janovské et al. 2010).

Všechny hodnocené charakteristiky společenstva gastrointestinálních helmintů drobných zemních savců byly sledovány pouze pro všechny odchycené jedince všech druhů. Vzhledem k nízkým odchytům hmyzožravců nebyly provedeny srovnání mezi jednotlivými potravními ani věkovými skupinami. Různá období odchytu (Příbramsko květen, červen, červenec a září, Mostecko a Sokolovsko červenec a srpen) pak neumožnily srovnání mezi obdobími roku a tomuto srovnání nepřály ani různé roky odchytu v jednotlivých oblastech.

7 Závěr

Cílem této práce bylo charakterizovat společenstva gastrointestinálních hlístic parazitujících u drobných zemních savců na Příbramsku.

Byla provedena podrobná determinace hlístic, získaných z trávícího traktu odchycených hostitelů a nasledně vyhodnocena prevalence, intenzita infekce a druhová diverzita parazitů. Tyto vybrane charakteristiky byly statisticky vyhodnoceny pro jednotlivé lokality Příbramska a následně srovnány se stejnými charakteristikami oblastí Mostecka a Sokolovska. Předpokládaná hypotéza byla, že hodnocené charakteristiky budou vyšší na kontaminovaných lokalitách ve srovnání s lokalitou kontrolní na Příbramsku a stejné charakteristiky pro celou oblast Příbramska budou vyšší ve srovnání s oblastmi Mostecka a Sokolovska. Výsledky ukázaly že prevalence parazitů na kontaminovaných lokalitách byla naopak nižší než na lokalitě kontrolní, a ve srovnání oblastí byla pravalence jen o málo vyšší. Stejně tak se nepotvrdila ani vyšší intenzita infekce a diverzita parazitů byla ve všech oblastech srovnatelná. Původně předpokládané vyšší hodnoty charakteristik se tedy neprojevily.

Podobné charakteristiky společenstev všech srovnávaných oblastí mohly být dány tím, že všechny jsou díky těžbě nerostných surovin antropogenně ovlivněné. Vyšší hodnoty sledovaných charakteristik byly očekávané s ohledem na to, že Příbramský region je zatížen těžkými kovy, jejich hodnoty však v této práci nebyly sledovány.

Rozdíly mezi oblastmi v intenzitě infekce mohly vzniknout zařazením polních biotopů v oblasti Mostecka, kde byli někteří jedinci infikovaní vysokým počtem parazitů, zatímco na Příbramsku byly sledovány pouze luční biotopy.

V případě příbramských lokalit bylo očekáváno, že se hodnoty charakteristik budou měnit se vzdáleností od zdroje kontaminace Kovohutí Příbram a.s., nicméně prevalence i intenzita infekce byla nejvyšší na nejvzdálenější kontrolní lokalitě. Se vzdáleností od zdroje kontaminace se neukázal stoupající ani klesající trend, dá se tedy předpokládat, že sledované charakteristiky byly ovlivněny více faktory.

Při početnějších odchytech by mohlo být zajímavé srovnání jednotlivých charakteristik u potravních či věkových skupin hostitelů. Přínosné by také mohly být odchyty realizované ve stejných obdobích roku, které by mohly ukázat změny prevalence v průběhu roku. Pro samotný region Příbramska by pak mohlo být velice zajímavé sledování stejných charakteristik, jako byly v této práci, ve spojení se sledováním hodnot kontaminace v odchytových lokalitách.

8 Literatura

Adamík P, Král J. 2009. K jarnímu výskytu Myšice lesní (*Apodemus flavicolis*, Melchior 1834) v ptačích budkách. Zprávy Vlastivědného muzea v Olomouci č. **297**:45-49.

Al-Quraishy S, Gewik MM, Abdel-Baki AAS. 2014. The intestinal cestode *Hymenolepis diminuta* as a lead sink for its rat host in the industrial areas of Riyadh, Saudi Arabia. Saudi journal of biological sciences, **21**(4): 387-390.

Anderson RC. 2000. Nematode Parasites of Vertebrates. Their Development and Transmission. 2nd edition. CABI Publishing Wallingford UK.

Anderson DR, Beaudoin RL. 1966. Host habitat and age as factors in the prevalence of intestinal parasites of the muskrat. Bulletin of the Wildlife Disease Association. **2** (3): 70-77.

Anděra M, Gaisler J. 2019. Savci české republiky. Academia. Praha

Anděra M, Horáček I. 1982. Poznáváme naše savce. Mladá fronta. Praha

Anděra M, Horáček I. 2005. Poznáváme naše savce. Sobotáles. Praha.

Arneberg P, Skorping A, Grenfell B, Read AF. 1998. Host densities as determinants of abundance in parasite communities. Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences, **265**(1403): 1283-1289.

Aulagnier S, Mitchel-Jones AJ, Haffner P, Moutou F, Zima J, Chevallier J, Norwood J, Varela Simo J. 2018. Savci Evropy, severní Afriky a Bízkého východu. Ševčík. Plzeň.

Baruš V, Tenora F, Šumbera R. 2003. Relative concentrations of four heavy metals in the parasites *Protospirura muricola* (Nematoda) and *Inermicapsifer arvicanthidis* (Cestoda) in their definitive host silvery mole-rat (Heliophobius argenteocinereus: Rodentia). Helminthologia, **40**(4): 227-232.

Baruš V, Tenora F, Wiger R. 1979. Scanning electron microscopy of eggs of European species of the genus *Syphacia* Seurat 1916 (Nematoda). Folia parasitologica (Praha) **26**:21-26.

Begon M, Harper JL, Townsend CR. 1997. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc.

Behnke JM, Bajer A, Sinski E, Wakelin D. 2001. Interactions involving intestinal nematodes of rodents: experimental and field studies. Parasitology. **122**: 39–49.

Behnke JM, Gilbert FS, Abu-Madi MA, Lewis JW. 2005. Do the helminth parasites of wood mice interact?. Journal of Animal Ecology. **74** (5): 982-993.

Behnke J, Harris PD. 2010. *Heligmosomoides bakeri*: a new name for an old worm?. Trends in parasitology, **26**(11): 524-529.

Behnke JM, Keymer AE, Lewis JW. 1991. Heligmosomoides polygyrus or *Nematospiroides dubius*?. Parasitology Today. **7** (7): 177-179.

Bejček V, Sedláček F, Štastný K, Zima J. 1998/1999. Faunistický přehled drobných zemních savců ulovných v mostecké a teplické části Krušných hor v letech 1986-1998. Sborník Okresního muzea v Mostě, řada přírodovědná, 1998/1999,**20/21**: 91-102.

Bichet C, Scheifler R, Coeurdassier M, Julliard R, Sorci G, Loiseau C. 2013. Urbanization, trace metal pollution, and malaria prevalence in the house sparrow. PloS one, **8**(1): e53855.

Biserkov VY. 1998. *Heligmosomoides glareoli* Baylis, 1928 (Nematoda: Heligmosomidae): redescription and synonymy. Systematic Parasitology, **41**(3): 179-186.

Blaxter M, Denver DR. 2012. The worm in the world and the world in the worm. BMC biology, **10**(1): 1-3.

Bordes F, Morand S, Kelt DA, Van Vuren DH. 2009. Home range and parasite diversity in mammals. The American Naturalist. **173** (4): 467-474.

Borkovcova M, Fiser V, Bednarova M, Havlicek Z, Adámková A, Mlcek J, Jurikova T, Balla S, Adámek M. 2020. Effect of Accumulation of Heavy Metals in the Red Fox Intestine on the Prevalence of Its Intestinal Parasites. Animals, **10**(2): 343.

Bryja J, Heroldová M, Zejda J. 2001. Drobní zemní savci (Insectivora, Rodentia) vrcholových partií Moravskoslezských Beskyd. Časopis Slezského zemského muzea **50**(2): 105-112

Bryja J, Řehák Z. 1998. Community of small terrestrial mammals (Insectivora, Rodentia) in dominant habitats of the Protected Lanscape area Poodří (Czech Republic). Folia Zoologica **47**(4): 249-260

Beldomenico PM, Begon M. 2010. Disease spread, susceptibility and infection intensity: vicious circles?. Trends in Ecology & Evolution, **25** (1): 21-27.

Bouliere F. 1975. Mammals, small and large: the ecological implications of size. Pages 1-8 in Golley FB, Petrusewicz K, Ryszowski L. editors. Small mammals: their productivity and population dynamics. 1. edition. Cambridge University Press. Cambridge.

Brown ED, Macdonald DW, Tew TE, Todd IA. 1994. *Apodemus sylvaticus* infected with Heligmosomoides polygyrus (Nematoda) in an arable ecosystem: epidemiology and effects of infection on the movements of male mice. Journal of Zoology **234**:623–640.

Carleton MD, Musser GG. 2005. Order Rodentia. Pages 745-752 in Mammal specis of the world. Wilson DE, Reeder DM. editors. The Johns Hopkins University Press. Baltimore.

Cudlín O, Sedláček F, Haisová M, Vejsadová H. 2009. Potravní preference hrabošů a biodiverzita drobných zemních savců na vlhkých orchidejových loukách (Rodentia: Arvicolinae). Lynx. **40**: 15-27.

Deter J, Chaval Y, Galan M, Berthier K, Salvador AR, Garcia JCC, Charbonnel N. 2007. Linking demography and host dispersal to *Trichuris arvicolae* distribution in a cyclic vole species. International journal for parasitology. **37** (7): 813-824.

Dvorožňáková E, Dvorožňáková M, Šoltys J. 2016. Heavy metal intoxication compromises the host cytokine response in Ascaris Suum model infection. Helminthologia, **53**(1): 14-23.

Eckert J, Deplazes P. 2004. Biological, epidemiological, and clinical aspects of echinococcosis, a zoonosis of increasing concern. Clinical microbiology reviews. **17**(1): 107-135.

Eira C, Torres J, Vingada J, Miquel J. 2006. Ecological aspects influencing the helminth community of the wood mouse *Apodemus sylvaticus* in Dunas de Mira, Portugal. Acta Parasitologica. **51** (4): 300-308.

Falcón-Ordaz J, Monzalvo-López RJ., García-Prieto L. 2020. New species of *Trichuris* (Nematoda: Trichuridae) parasitizing *Heteromys salvini* (Rodentia: Heteromyidae) from Costa Rica, with a key to *Trichuris* species described from Heteromyidae. Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária, **29**(2).

Feliu C, Spakulova M, Casanova JC, Renaud F, Morand S, Hugot JP, Santalla F, Durand P. 2000. Genetic and morphological heterogeneity in small rodent whipworms in southwestern Europe: Characterization of *Trichuris muris* and description of *Trichuris arvicolae* n. sp (Nematoda: Trichuridae). J. Parasitol. **86**: 442–449.

Fuehrer HP. 2014. An overview of the host spectrum and distribution of *Calodium hepaticum* (syn. *Capillaria hepatica*): part 1 - Muroidea. Parasitology research. **113**(2): 619-640.

Gaisler J. Zima J. 2007. Zoologie obratlovců. Academia. Praha.

Ghazi RR, Khatoon N, Bilqees FM, Rathore SM. 2005. *Syphacia caudibandata* sp. N (Nematoda: Oxyuridae) from a Lagomorph host *Lepus capensis* Linn in Karachi, Sindh, Pakistan. Turkiye parazitolojii dergisi, ***29***(2): 131-134.

Genov T. 1984. Helminths of insectivorous mammals and rodents in Bulgaria (in Bulgarian). Publishing house of the Bulgarian Academy of Sciences. Sofia.

Georgiev BB, Bray RA, Timothy D, Littlewood J. 2006. Cestodes of small mammals: taxonomy and life cycles. Pages 29-62 in Micromammals and Macroparasites. Springer, Tokyo.

Guardone L, Deplazes P, Macchioni F, Magi M, Mathis A. 2013. Ribosomal and mitochondrial DNA analysis of Trichuridae nematodes of carnivores and small mammals. Veterinary parasitology. **197**(1): 364-369.

Hasajová A, Valenčáková A, Malčeková B, Danišová O, Halán M, Goldová M, Halánová M. 2014. Significantly higher occurrence of Cryptosporidium infection in Roma children compared with non-Roma children in Slovakia. European journal of clinical microbiology and infectious diseases. **33**(8): 1401-1406.

Heroldová M, Bryja J, Zejda J, Tkadlec E. 2007. Structure and diversity of small mammal communities in agriculture landscape. Agriculture, ecosystems & environment, **120** (2-4): 206-210.

Heroldová M, Zejda J, Homolka M. 1998. Struktura společenstev savců v okolí jaderné elektrárny Dukovany [The Structure of Mammal Communities in the Vicinity of the Dukovany Nuclear Power Plant]. Přírodovědný Sborník Západomoravského Muzea v Třebíči. **36**: 1-15.

Hildebrand J. 2008. The helminth fauna structure of wild rodents from differential sites of Wrocław area. Wiadomosci parazytologiczne. **54** (3): 249-250.

Hugot JP, Baujard P, Morand S. 2001. Biodiversity in helminths and nematodes as a field of study: an overview. Nematology, **3**(3): 199-208.

Hussey KL. 1957. *Syphacia muris* vs. *S. obvelata* in laboratory rats and mice. The Journal of parasitology, **43**(5): 555-559.

Chaisiri K, Chaeychomsri W, Siruntawineti J, Bordes F, Herbreteau V, Morand S. 2010. Human-dominated habitats and helminth parasitism in Southeast Asian murids. Parasitology research. **107** (4): 931-937.

Chaisiri K, Chaeychomsri W, Siruntawineti J, Ribas A, Herbreteau V, Morand S. 2012. Diversity of gastrointestinal helminths among murid rodents from northern and northeastern Thailand. Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health. **43** (1) 21.

Chan KF. 1955. The distribution of larval stages of *Aspiculuris tetraptera* in the intestine of mice. Journal of Parasitology. **41** (5): 529-532.

Izhar R, Routtu J, Ben-Ami F. 2015. Host age modulates within-host parasite competition. Biology letters, **11**(5): 20150131.

Jankovska I, Langrova I, Bejcek V, Vadlejch J, Borovsky M. 2005. Comparision of helminth fauna of shrew (*Sorex araneus* and *Sorex minutus*) in ecosystems affected and non-affected by industrial immissions. Helminthologia, **42**(2): 77.

Jankovská I, Langrová I, Bejček V, Miholová D, Vadlejch, J, Petrtyl M. 2008. Heavy metal accumulation in small terrestrial rodents infected by cestodes or nematodes. Parasite, **15**(4): 581-588.

Janova E, Skoric M, Heroldova M, Tenora F, Fictum P, Pavlik I. 2010. Determinants of the prevalence of *Heligmosomum costellatum* (Heligmosomidae: Trichostrongyloidea) in a common vole population in southern Moravia, Czech Republic. Journal of helminthology, **84**(4): 410.

Juncker-Voss M, Prosl H, Lussy H, Enzenberg U, Auer H, Nowotny N. 2000. Serological detection of *Capillaria hepatica* by indirect immunofluorescence assay. Journal of clinical microbiology. **38**(1): 431-433.

Kisielewska K, Zubczewska Z. 1973. Intestinal helminths as indexes of reproduction dynamics in the host population–common vole. Acta Theriologica, **18**(13): 241-246.

Klementowicz JE, Travis MA, Grencis RK. (2012, November). *Trichuris muris*: a model of gastrointestinal parasite infection. In Seminars in immunopathology **34**(6): 815-828.

Klimpel S, Förster M, Schmahl G. 2007. Parasites of two abundant sympatric rodent species in relation to host phylogeny and ecology. Parasitology Research, **100**(4): 867-875.

Kocourek V, Hajšlová J, Tomaniová M. 2003. Přehled imisní zátěže agrárního ekosystému vybranými prioritními organickými polutanty. Projekt VVF: PROJ/2002/10/deklas, Praha.

Kovalchuk LA, Mikshevich NV, Chernaya LV. 2014. Accumulation of heavy metal by small mammal the background and polluted territories of the Urals. Vestnik zoologii, **51**(4): 325–334

Kutt AS, Gordon IJ. 2012. Variation in terrestrial mammal abundance on pastoral and conservation land tenures in north-eastern A ustralian tropical savannas. Animal Conservation, **15(4)**: 416-425.

Lane KE, Holley C, Hollocher H, Fuentes A. 2011. The anthropogenic environment lessens the intensity and prevalence of gastrointestinal parasites in Balinese long-tailed macaques (*Macaca fascicularis*). Primates. **52** (2): 117-128.

Lehmann I, Sack U, Lehmann J. 2011. Metal ions affecting the immune system. Met Ions Life Sci. **8**:157-85.

Lin YTK, Batzli GO. 2001. The influence of habitat quality on dispersal, demography, and population dynamics of voles. Ecological Monographs. **71** (2): 245-275.

Lučeničová Š, Řehák Z. 2003. Výskyt drobných savců na území Biosférické rezervace Dolní Morava (rozšířená Biosférická rezervace Pálava). Část I. Hmyzožravci a hlodavci-Insectivora et Rodentia. Lynx (Praha)n.s. **34**: 65-78.

Mabbott NA. 2018. The influence of parasite infections on host immunity to co-infection with other pathogens. Frontiers in immunology, **9**: 2579.

Marchiondo AA, Cruthers LR, Reinemeyer CR. 2019. Strogyloidea. Page 135-156 in Parasiticide screening, In vitro and in vivio tests with relevant parasite rearingand host infection/nfection methods, Volume 2. Marchindo AA, Cruthers LR, Fourie JJ. Academic press, London

McKay DM. 2010. The immune response to and immunomodulation by *Hymenolepis diminuta*. Parasitology. **137**(3): 385–394.

Mészáros F. 1977. Parasitic nematodes of *Microtus arvalis* (Rodentia) in Hungary. Parasitologia hungarica. **10**: 67-83.

Morand S, Poulin R. 1998. Density, body mass and parasite species richness of terrestrial mammals. Evolutionary ecology, **12**(6): 717-727.

Moravec F. 1982. Proposal of a new systematic arrangement of nematodes of the family Capillariidae. Folia Parasitologica. **29**(2): 119-132.

Nermuť J, Půža V, Mráček Z. 2012. Entomopatogenní a moluskoparazitické hlístice–neviditelní půdní zabijáci (Entomopathogenic and mollusc–parasitic nematodes–The invisible soil killers). Živa, **1**: 10-13.

Nováček K, Pátková H, Škácha P. 2016. Založení města a jeho počátky. Pages 39-68 in Smolová V. editors. Příbram. NLN, s. r. o. Praha

Ondríková J, Miklisová D, Ribas A, Stanko M. 2010. The helminth parasites of two sympatric species of the genus *Apodemus* (Rodentia, Muridae) from south-eastern Slovakia. Acta Parasitologica, **55**(4): 369-378.

Pelikán J, Gaisler J, Rodl P. 1979. Naši savci. Academia. Praha.

Pojer F, Absolon K, Anděra M, Bobek M, Bufka L, Červený J, Fischer D, Fischerová J, Fuchs R, Hlaváč J, Homolka P, Jícha V, Ložek V, Macek J, Pavlíčko A, Peške L, Rigert J, Sedláček O, Šimek J, Švátora M, Urban S. 2005. Fauna. Pages 120-141 in Středná Brdy. Cílek V. editor. Ministerstvo zemědělství ČR, Ministerstvo životního prostředí, ČSOP Příbram a Kancelář pro otázky ochrany přírody a krajiny Příbram. Příbram.

Poulin R, Morand S. 2000. The diversity of parasites. The quarterly review of biology, **75**(3): 277-293.

Prociv P, Spratt DM, Carlisle MS. 2000. Neuro-angiostrongyliasis: unresolved issues. International journal for parasitology. **30**(12): 1295-1303.

Prokopič J, Hulínská D.1983. Scanning electron microscopy study on the superficial cuticule of the nematodes *Heligmosomum costellatum* (Dujardin,1845) and *H. mixtum* Schulz, 1954. Folia parasitologica (Praha). **30**: 27-29.

Randhawa HS. 2012. Numerical and functional responses of intestinal helminths in three rajid skates: evidence for competition between parasites?. Parasitology-Cambridge, **139**(13): 1784.

Rieuwerts JS, Farago M, Cikrt M. Bencko V. 1999. Heavy Metal Concentrations in and Around Households Near a Secondary Lead Smelter. Environ Monit Assess **58**: 317–335.

Sánchez MI, Pon I, Martínez-Haro M, Taggart MA, Lenormand T, Green AJ. 2016. When parasites are good for health: Cestode parasitism increases resistance to arsenic in brine shrimps. PLoS pathogens, **12**(3): e1005459.

Smith PE. 1953. Life history and host-parasite relations of *Heterakis spumosa,* a nematode parasite in the colon of the rat. American journal of hygiene. **57** (2): 194-221.

Stahl W. 1963. Studies on the life cycle of *Syphacia muris*, the rat pinworm. The Keio journal of medicine, **12**(2): 55-60.

Stojcevic D, Mihaljevic Z, Marinculic A. 2004. Parasitological survey of rats in rural regions of Croatia. Veterinarni Medicina. **49** (3): 19-34.

Suchomel J, Purchart L, Čepelka L. 2012. Structure and diversity of small-mammal communities of lowland forests in the rural central European landscape. European Journal of Forest Research, **131**(6): 1933-1941.

Sures B, Grube K, Taraschewski H. 2002. Experimental studies on the lead accumulation in the cestode *Hymenolepis diminuta* and its final host, *Rattus norvegicus*. Ecotoxicology, **11**(5): 365-368.

Sürsal N, Gökpinar S, Yildiz K. 2014. Prevalence of intestinal parasites in hamsters and rabbits in some pet shops of Turkey. Türkiye Parazitolojii Dergisi. **38** (2): 102.

Šichorová K, Tlustoš P, Száková J, Kořínek K, Balík J. 2004. Horizontal and certical variability of heavy metals in the soil af a polluted area. Plant, Soil and Environment. **50**: 525-534.

Škácha P, Hláváček R, Fischer D, Sedláček O. 2016. Krajina a příroda Příbramska. Pages 13-24 in Smolová V. editors. Příbram. NLN, s. r. o. Praha

Tenora F. 2004. Corrections in the taxonomic position in the helminth-fauna of *Apodemus* spp. (Rodentia) in the Czech Republic. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun. LII, No. **2**: 7-14.

Tenora F, Meszaros F. 1975. Nematodes of the genus *Syphacia* Seurat, 1916 (Nematoda) - parasites of rodents (Rodentia) in Czechoslovakia and Hungary. Acta Universitatis Agriculturae. **23** (3): 537-554.

Tenora F, Murai É, Mészáros F. 1973. Quantitative and qualitative analysis of helminth fauna of *Microtus arvalis* (Rodentia, Microtinae) in Europe. Parasit. hung. **6**: 131-146.

Thompson RCA. 2015. Neglected zoonotic helminths: *Hymenolepis nana*, *Echinococcus canadensis* and *Ancylostoma ceylanicum*. Clinical Microbiology and Infection, **21**(5): 426-432.

Traversa D, Di Cesare A, Lia RP, Castagna G, Meloni S, Heine J, Schaper R. 2011. New insights into morphological and biological features of *Capillaria aerophila* (Trichocephalida, Trichuridae). Parasitology research. **109**(1): 97-104.

Vaucher C. 1971. Parasitic Cestoda in Soricidae in Europe. Anatomical study, taxonomic review and biology. Revue suisse de zoologie; annales de la Societe zoologique suisse et du Museum d'histoire naturelle de Geneve, **78**(1): 1-113.

Watwe S, Dardi CK. 2008. *Hymenolepis diminuta* in a child from rural area. Indian Journal of Pathology and Microbiology. **51**(1): 149.

Weaver HJ, Monks S, Gardner SL. (2016). Phylogeny and biogeography of species of *Syphacia* Seurat, 1916 (Nemata: Oxyurida: Oxyuridae) from the Australian bioregion. Australian Journal of Zoology, **64**(2): 81-90.

Wijnhoven S, Leuven RSEW., van der Velde G, Jungheim G, Koelemij EI, De Vries FT, Eijsackers HJP, Smits AJM. 2007. Heavy-metal concentrations in small mammals from a diffusely polluted floodplain: importance of species-and location-specific characteristics. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, **52**(4): 603-613.

Zaleśny G, Hildebrand J, Popiolek M. 2010. Molecular identification of *Heterakis spumosa* Schneider, 1866 (Nematoda: Ascaridida: Heterakidae) with comparative analysis of its occurrence in two mice species. Annales zoologici. **60** (4): 647-655.

Zbytovský P, Anděra M. 2011. Drobní zemní savci severní části Českomoravské vrchoviny (Eulipotyphla, Rodentia). Lynx, ns **42**: 197-266.

Zejda J. 2002, Hlodavci. Pages 9-15 in Zejda J, Zapletal M, Pikula J, Obdržálková D, Heroldová M, Hubálek Z. Agrospoj. Praha

Zejda J, Heroldová M, Obdržálková D. 2002. Pages 34-84 in Zejda J, Zapletal M, Pikula J, Obdržálková D, Heroldová M, Hubálek Z. Agrospoj. Praha.

Legislativní dokumenty:

Ministerstvo životního prostředí České republiky. 1992. 395/1992 Sb. VYHLÁŠKA ministerstva životního prostředí České republiky ze dne 11. června 1992, kterou se provádějí některá ustanovení zákona České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.

Internetove zdroje:

Čeký statistický úřad. 2020. Charakteristika okresu Příbram. Available from https://www.czso.cz/csu/xs/charakteristika_okresu_pribram (accessed April 2021).

9 Samostatné přílohy

Tabulka 22. Přehled determinovaných druhů parazitů na Příbramsku

Determinovaný druh parazita	**Autor a rok popisu**
Boreostrongylus minutus	Dujardin, 1845
Capillaria murissylvatici	Diesing, 1851
Heligmosomoides laevis	Dujardin, 1845
Heligmosomoides polygyrus	Dujardin, 1845
Heligmosomum costellatum	Dujardin, 1845
Syphacia nigeriana	Baylis, 1928
Syphacia obvelata	Rudolphi, 1802
Syphacia stroma	Linstov, 1884
Syphacia vanderbrueli	Bernard, 1966
Trichuris arvicolae	Feliu et al. 2000

Seznam obrázků:

Obrázek 1. *Boreostrongylus minutus* Měření délky a šířky těla
Obrázek 2. *Heligmosomum costellatum*, samec měření spikuly
Obrázek 3. *Heligmosomum costellatum*, přední část

Obrázek 1. *Boreostrongylus minutus* Měření délky a šířky těla

Obrázek 2. *Heligmosomum costellatum*, samec měření spikuly

Obrázek 3. *Heligmosomum costellatum*, přední část