

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zoologie a rybářství



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**Napadení myšovitých hlodavců v ČR střevními helminty a
jejich nebezpečí pro člověka a kvalitu potravin**

Diplomová práce

Bc. Lada Stiborová

Kvalita potravin a zpracování zemědělských produktů

prof. Ing. Ivana Jankovská Ph.D.

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Napadení myšovitých hlodavců v ČR střevními helminty a jejich nebezpečí pro člověka a kvalitu potravin" 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 neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 26.dubna 2021

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala paní prof. Ing. Ivaně Jankovské, Ph.D. za vedení práce, cenné rady, vstřícný přístup a čas, který mi věnovala. Dále bych ráda poděkovala paní konzultantce Ing. Veronice Karešové za nápomocnost během tvorby pokusu, Ing. Ladislavu Tichému, Ing. Janu Caltovi a Ing. Karolíně Machové za cenné rady, které mi během psaní diplomové práce poskytli. A v neposlední řadě patří velký dík za podporu mé rodině.

Napadení myšovitých hlodavců v ČR střevními helminty a jejich nebezpečí pro člověka a kvalitu potravin

Souhrn

Hlodavci jsou považováni především za škůdce v zemědělském a potravinářském sektoru. Jedná se ale také o přenašeče zoonotických onemocnění, která mohou mít pro lidskou populaci následky.

Tato diplomová práce se v teoretické části zaměřuje na rod myšice (*Apodemus*). Jsou zde popsány 4 druhy myšic, vyskytujících se na území České republiky, které do této skupiny patří. Kapitola charakterizuje jednotlivé zástupce a jejich typický způsob života. Další část práce popisuje skupiny gastrointestinálních helmintů parazitujících u myšic – hlístice, tasemnice a motolice. Zabývá se jejich životními cykly, způsobem života a podrobněji popisuje jednotlivé zástupce. Práce se mimo jiné zabývá prevencí před možnou kontaminací potravin a také způsoby, jak zamezit přístup hlodavců do míst se skladovanými potravinami.

Praktická část diplomové práce zahrnuje výzkum, ve kterém se autorka zabývá určením gastrointestinálních helmintů nalezených ve dvou druzích myšic, a to u myšice lesní (*Apodemus flavicollis*) a myšice křovinné (*Apodemus sylvaticus*). Oba druhy pocházely ze stejné oblasti – z nedaleké oblasti vodní nádrže Fláje z Krušných hor. Byla provedena helmintologická pitva, která prokázala, že ze vzorku 33 myšic bylo parazitologicky pozitivních 14 kusů. Z hlístic byly určeny 2 druhy - (5/33) *Heligmosomoides polygyrus* a (6/33) *Trichuris muris*. Tasemnice identifikovány jako *Hymenolepis*-spp. (6/33).

Naše výsledky potvrdily, že myšice slouží jako rezervoáry pro parazity. Mnohdy bývá problematika napadených myšovitých hlodavců gastrointestinálními helminty podceňovaná a může mít zdravotní následky nejen pro člověka, ale i pro domácí zvířata.

Klíčová slova: myšice, tasemnice, hlístice, napadení

Intestinal helminths infections in Muridae rodents in the CR and their danger for humans and food quality

Summary

Rodents are primarily considered a pest in agricultural and food industry. They are carriers of zoonotic diseases, which could have consequences for humankind.

The theoretical part of this thesis is focused on species of mice *Apodemus*. There are described 4 species of these mice, appearing in Czech republic. The chapter characterizes individual representatives and their typical way of life. Next part on this thesis describes group of gastrointestinal helminths parasitizing in mice- nematodes, cestodes and trematodes. It deals with their life cycles, ways of life and describes individual representatives in details. The thesis, among others, follows up with prevention possible contamination of foodstuffs and ways of disposing of the rodents.

Practical part of this thesis includes research, in which the author deals with determination of gastrointestinal helminths found in two species of mice, specially in *Apodemus flavicollis* and *Apodemus sylvaticus*. Both species came from the same region – nearby area of dam Fláje in Krušné hory. Helminthological autopsy was performed and proved, that in our sample of 33 mice, was 14 of them parasitologically positive. There were determined 2 species of nematodes – (5/33) *Heligmosomoides polygyrus* and (6/33) *Trichuris muris*. Tapeworms were identified as *Hymenolepis*-spp. (6/33)

Our results have confirmed, that mice serve as reservoirs for parasites. The issue of mouse rodents diseased by gastrointestinal helminths is often underestimated and could have negative effects on health not only for people, but for domestic animals as well.

Keywords: *Apodemus*, tapeworms, nematodes, infestation

Obsah

1 Úvod	7
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	8
3 Literární rešerše	9
3.1 Myšice (<i>Apodemus</i>)	9
3.1.1 Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	10
3.1.2 Myšice křovinná (<i>Apodemus sylvaticus</i>).....	10
3.1.3 Myšice malooká (<i>Apodemus uralensis/microps</i>).....	10
3.1.4 Myšice temnopásá (<i>Apodemus agrarius</i>).....	11
3.2 Paraziti a populační dynamika hostitele	11
3.3 Parazitičtí helminti u myšovitých	12
3.3.1 Hlístice	12
3.3.3 Tasemnice	18
3.3.4 Motolice.....	21
3.4 Myšovití a kvalita potravin	22
3.4.1 Prevence	22
3.4.2 Sanace a metody eliminace	23
4 Metodika	25
4.1 Původ a odchyt zvířat	25
4.2 Helmintologická pitva	25
4.3 Stanovení hypotéz a zvolení statistických postupů	25
5 Výsledky	27
5.1 Fotodokumentace nalezených parazitů	27
5.2 Grafické zhodnocení výsledků helmintologické pitvy	33
5.3 Statisticky zpracované výsledky nalezených parazitů	36
6 Diskuze	37
7 Závěr	39
8 Literatura	40
Seznam obrázků	44
Samostatné přílohy	45

1 Úvod

Hlodavci patří mezi důležitou část potravy mnoha masožravých druhů. Potravní řetězec dravců a kořistí využívají střevní helminti i k vývoji larválních stádií přímo v hlodavci.

Čeled' myšovitých je velmi obsáhlá a v současné době zahrnuje 301 rodů, které se seskupují do podčeledí - například pravé myši (Murinae), hrabošovité (Arvicolinae), pískomilové (Gerbillinae), křeččci praví (Cricetinae) a další (Schmid et al. 1993). Myšovití jsou považováni za škůdce, jelikož lidem často přímo konkurují a přijímají podobnou potravu. Celkově se může jednat až o 40 milionů tun úrody po celém světě. Závažným problémem je, když sklizenou úrodu kontaminují výkaly nebo močí. Takto se může člověk nakazit až 20 druhy patogenů, které způsobují závažné lidské nemoci. Studie Burnie (2002) a Yousefi et al. (2014) se především zabývají výskytem zoonotických druhů parazitů a patří sem například *Trichostrongylus*, *Hymenolepis diminuta*, *Taenia sp.* a další. Myšice, ačkoliv mohou pro člověka představovat nebezpečí, paradoxně umí být i užitečné, jakožto ničitelé plevelu a hmyzu (Burnie 2002).

Paraziti obývající gastrointestinální trakt myšic mají svůj nezastupitelný význam v ekosystému a mohou ovlivňovat chování svého hostitele (Behnke et al. 2001). Parazity, kteří napadají myšovitě, můžeme rozdělit na hlístice, tasemnice a motolice. V případě hlístic se jedná o oblé červy, kteří se nejčastěji vyskytují v trávicím traktu a také v urogenitální, dýchací nebo nervové soustavě (Volf & Horák 2007). Tasemnice jsou parazité, kteří využívají vícehostitelské životní cykly a dospělí jedinci se usídlují v trávicím traktu (nejčastěji v tenkém střevě) svého hostitele. Jejich délka může dosahovat až 6 m. Motolice spadají do kmene ploštěnců a vyznačují se nepřímým vývojem, kdy využívají až 3 meziphostitele (Rogan et al. 2007).

V zimních měsících nejen myšovití, ale i ostatní hlodavci migrují za potravou, tudíž poblíž lidských obydlí a skladů. V tomto období může dojít ke kontaminaci a znehodnocení potravin. Existují možnosti, jak tomuto předejít. Jedná se zejména o mechanické zábrany, které znemožní hlodavcům vstup do objektu s potravinami. Pokud se zvíře dostane do skladu, či místa, kde se skladují suroviny, je nezbytné zakročit jinými způsoby ochrany (mechanicky, biologicky, či chemicky), aby se zabránilo kontaminaci potravy a přenosu zejména zoonotických onemocnění způsobených parazity.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Hypotéza: Myšovití hlodavci (Murinae) jsou hostitelé parazitických helmintů, kteří mohou ovlivňovat kvalitu zemědělských produktů a potravin v ČR

Cíl: Cílem práce bude posoudit napadení střevními helminty u myšovitých v ČR

3 Literární rešerše

Hlodavci patří mezi nejrozšířenější volně žijící drobné savce po celém světě (Yousefi et al. 2014). Představují přibližně 40 % všech druhů savců. V životním prostředí mají nezastupitelnou roli. Nejen že jsou potravou predátorů, ale někteří loví drobné živočichy. Také kypří půdu a přispívají k šíření semen rostlin. Hlodavci se dále dají rozdělit na základě čelistní svaloviny na další 3 podřády a to na: hlodavci podobní veverkám (Sciuromorpha), myšovci, podobní myším (Myomorpha) a hlodavci podobní morčatům (Caviomorpha) (Burnie 2002).

Čeleď myšovité (Muridae) je největší a nejrozmanitější skupina hlodavců. Do této čeledi se řadí podčeď pravých myší (*Murinae*). V ČR se nejčastěji vyskytují tito zástupci – myška drobná, myšice lesní, myšice křovinná, myšice malooká, myšice temnopásá, potkan, krysa, myš západoevropská a myš domácí. Někteří zástupci mohou být menší než 5 centimetrů, ale někteří zástupci mohou měřit až 30 centimetrů. Typickým znakem pro myšovité je protáhlá hlava, velké a tenké ušní boltce, velké tmavé oči a dlouhý ocas. Historické biogeografické analýzy podporují teorii o paleotropickém původu myšovitých a jejich počátečním rozdělováním a migrací. Dle dostupných studií myšovité vznikli v průběhu brzkého miocénu, tzn. 23-16 milionu let před našim letopočtem, kolem 10 př.n.l. začali diverzifikovat (Aghová et al. 2018). Myšovité kolonizovali velmi odlišná stanoviště a přizpůsobovali se široké škále prostředí od chladných stanovišť, jako jsou například tundry, či vysokohorská pásma, až po teplá stanoviště, jakožto pouště i tropické lesy (Aghová et al. 2018). Jejich adaptabilita je značně vysoká a v závislosti na místě výskytu konzumují dostupnou potravu. S tím jim pomáhají silné čelistní svaly, které jim rostou během celého života. Myšovité hlodavci jsou většinou sociálně založení, množí se až čtyřikrát do roka a vrhy bývají velké. Znamená to, že vliv predátorů a hubení má na život této čeledi velmi malý efekt. Pro většinu druhů je typické, že mláďata se rodí bez srsti a slepá. Typickým znakem také je, že jedinci vylučují specificky páchnoucí, či vonící sekret, kterým zajišťují reprodukční vábení, až po výchovu mláďat. Tento feromon využívají samice přibližně 8 dní po porodu mláďat, aby se mláďata neodloučila od matky (Macdonald 1984; Burnie 2002).

3.1 Myšice (*Apodemus*)

Existují rozsáhlé výzkumy hodnocení morfologických kritérií, které umožňuje identifikaci druhů, ovšem druhy myšic si jsou značně podobné (Frynta et al. 2001). Myšice jsou rozšířeny především v palearktické oblasti mírného pásu (Frynta et al. 2001; Filippucci et al. 2002; Motokawa et al. 2018). Rod *Apodemus* v současné době obsahuje 20 druhů, které byly rozlišeny na základě podobných morfologických znaků, a to na skupiny: *Apododemus*, *Sylvaemus* a *Argenteus*. Skupiny *Apodemus* a *Argenteus* jsou rozšířeny především ve východní Asii, kdežto druhy v rámci skupiny *Sylvaemus* se hojně vyskytují až v oblasti Evropy (Motokawa et al. 2018).

Oproti myši domácí jsou myšice téměř dvakrát větší, kdy tělo měří asi 8-13 cm a ocas je dlouhý až 13,5 cm. V ČR jsou rozšířeny 4 druhy myšic: myšice lesní, myšice křovinná, myšice

malooká a myšice temnopásá. Tyto druhy mají podobné ekologické preference, tudíž je možné, že se vyskytují v podobných oblastech, jakožto například listnaté, smíšené i jehličnaté lesy, či horské oblasti (Michaux et al. 2001).

3.1.1 Myšice lesní (*Apodemus flavicollis*)

Myšice lesní (*Apodemus flavicollis*; Melchior, 1834) patří mezi velmi hojně rozšířené myšovitě hlodavce. Populace tohoto druhu se zdají být stabilní a hustota populací myšic lesních přesahuje 100 jedinců na hektar. Tento druh se vyhýbá oblastem, kde je obdělána půda (Amori et al. 2016). Váží okolo 18-50 gramů, a tím se řadí mezi poměrně velké myšice. Její žlutá skvrna na krku, která kontrastuje s hnědou svrchní částí těla a bílým břichem přispěla k tomu, že se jí dříve nazývalo myšice žlutohrdlá. Velké uši a oči značí, že je aktivní při soumraku a v noci. Umí šplhat až do výšky 20 metrů a skákat do překvapující vzdálenosti, v čemž jí pomáhají dlouhé zadní nohy. Živí se semeny, bobulemi, housenkami a dalšími drobnými živočichy. Hnízdí především v dutinách stromů, mezi kořeny a také si staví hnízda vysoko v kmeni stromu. Svá hnízda si agresivně brání před jinými myšicemi, včetně podobné, myšici křovinné (Burnie 2002).

3.1.2 Myšice křovinná (*Apodemus sylvaticus*)

Dlouhou dobu se myšice křovinná (*Apodemus sylvaticus*; Linnaeus, 1758) považovala za menšího jedince myšice lesní. Její váha bývá přibližně 30 g. Na rozdíl od myšice lesní jí zcela chybí žlutá skvrna na hrdle, případně je velmi málo znatelná a její zbarvení kožichu je spíše šedohnědé. Myšice křovinná se vyskytuje nejen v lesích všeho druhu a polích, ale nebojí se ani přiblížit lidským obydlím. Svá hnízda si staví ve stromové dutině, dělá si nory, a často se na podzim stěhuje do budov, kde zimuje. O své obydlí se taktéž jako myšice lesní nerada dělí a s vetřelci bojuje. Myšice křovinná je aktivní hlavně za soumraku a v noci. Bývá velmi častou kořistí lasiček, lišek a sov (Reichholf & Wendler 1996; Burnie 2002).

3.1.3 Myšice malooká (*Apodemus uralensis/microps*)

V případě myšice malooké (*Apodemus uralensis/microps*; Pallas, 1811) se jedná o drobného hlodavce, který má šedohnědé tělo a břišní část světlejší barvy, která ale je bez hrdelní skvrny. Obývá především nížiny ve východní Evropě a Asii. Druhový název „*uralensis*“ byl odvozen od pohoří Ural, kde byla myšice malooká, roku 1811, popsána. Druhý název „*microps*“ poukazuje na drobnou hlavovou část (Juškaitis 1999).

Tento druh myšice vyhledává svou potravu především na polích, kde se živí především semeny řepky olejky, plevelem a také výdrolem (jedná se o vydrolená semena, která před sklizní nebo během ní vypadla z rostlin do půdy a zaklíčila) (Heroldová et al. 2004). Oproti

ostatním myšicím se myšice malooká pohybuje zejména po zemi a velmi zřídka kdy šplhá a její životní styl je velmi podobný myšici křovinné.

3.1.4 Myšice temnopásá (*Apodemus agrarius*)

Myšice temnopásá (*Apodemus agrarius*; Pallas 1771) má nejlépe rozpoznatelné znaky k identifikaci a tím je černý úhořovitě táhnoucí se pruh přes celá záda. Snadno se tento druh myšice může zaměnit s myšivkou, která je ale menší a má oproti tělu delší ocas. V létě se srst myšici zbarví do srnčí hnědi a v zimě se barví spíše do šedohněda. Kožich na břiše mívá zpravidla světlou barvu. Ocas má kratší, než tělo a je tvořen přibližně 120-140 kroužky. Kůže na ocase se snadno stahuje a praská (Reichholf & Wendler 1996).

Obývá lesy, louky s křovinami a otevřená prostranství ve střední a východní Evropě. Naopak se vyhýbá suchým lokalitám a vysokohorským lokalitám. V ČR se vyskytuje především v severních Čechách, kam proniká z Německa a Polska. V současné době se vyskytuje především v Porýní. Tento druh myšice se dobře přizpůsobil životu poblíž člověka a mnohdy i vytlačil původní druhy myšic. Oproti ostatním druhům myšic je tato myšice klidnější a je aktivní jak ve dne, tak v noci. Je dobrým lezcem v nižších křovinách a houštích. Tento hlodavec se živí semeny, drobným hmyzem, žížalami, výhonky rostlin, či pupeny. Na zimu si ve svých podzemních chodbách zakládá zásobárnu s potravou. Rozmnožování této myšice probíhá od března až října a rodí 3 až 4 vrhy až po 9 mládětech, která otevírají oči po 9 dnech a po 3 týdnech kojení matkou jsou samostatná. Po 7 až 8 týdnech jsou schopna se dále rozmnožovat. Dožívají se stáří 2 až 4 let (Reichholf & Wendler 1996).

3.2 Paraziti a populační dynamika hostitele

Gastrointestinální infekce způsobeny helminty jsou všudypřítomné. Infekce způsobené parazity jsou v současné době stále více uznávány jako důležitý faktor, který ovlivňuje nejen chování napadených hostitelů, ale také jejich fyzický stav. Jsou mnohdy spojeny s řadou klinických nemocí, včetně zakrnělého vývoje, produktivity/plodnosti a celkově ovlivněnou dynamikou populace (Sweeny et al. 2021). Fragmentace životního prostředí, ať už se jedná o pohoří, či jezera, nebo lidskou činností (silnice, města, zemědělství atd.) může vést k izolování některých populací a tím se tvoří tzv. subpopulace. Právě tyto subpopulace mohou významně ovlivňovat nejen dynamiku celé populace, ale také tato skutečnost může komplikovat zemědělskou produkci. V Evropě byly prozkoumány populace helmintů (červů), kde mají zásadní roli vnitřní faktory, tzn. věk hostitele a pohlaví (Behnke et al. 2001).

Jeden z problémů, se kterým je možné se setkat při práci s volně žijícími hlodavci je, že se data mohou od skutečnosti lišit. Údaje mohou být mnohdy odebrány od jedinců, kteří byli účelně vybráni, a to může vést ke zkreslení výsledků (například se může jednat o sběr neproduktivních jedinců). V případě zvolení malého vzorku může vést k podhodnocení středně významných parazitů. Nejvhodnější způsob, jak určit parazitární zátěž je zvolit si

terénní experiment. V případě dynamiky populací u hlodavců lze tvrdit, že parazité mohou mít nejen regulační, ale také destabilizační účinky. Parazité mohou ovlivnit reprodukci a chování svého hostitele, ale je obtížné určit, do jaké míry mohou mít vliv na populaci (Irvine 2006).

3.3 Parazitičtí helminti u myšovitých

Pojem parazitismus neboli cizopasnictví je známý biologický jev, který je v živočišné říši velmi rozšířený. V tomto vztahu má vždy jeden z partnerů prospěch z toho druhého a druhý škodu. V současné době je velmi rozšířen názor, že v případě parazitického vztahu se parazitický organismus živí ze svého hostitele, buď na povrchu těla a v případě helmintů uvnitř těla hostitele. Obvykle parazit nemusí svého hostitele zabít (Volf & Horák 2007). Parazité obývají především volně žijící zvířata. Právě divoká zvířata jsou využívána jako mezihostitelé, či definitivní hostitelé. Některé komunity parazitních druhů spolu mohou komunikovat a měnit jak náchylnost hostitele, tak přenos parazitů. Helminti způsobují vážná onemocnění. Mechanicky poškozují tkáň hostitele, zejména když pronikají pomocí háčků, výstupků a přísavek do tkání hostitele. Parazitologové zjistili, že důležitou roli při napadení hostitele infekcí hraje nejen stanoviště, sezónnost, klima, ale i věk hostitele a pohlaví více viz kapitola 3.2 Paraziti a populační dynamika. Vnitřní faktory hrají velmi důležitou úlohu při určování druhové rozmanitosti, prevalence a hojnosti helmintů (Behnke et al. 1999). Studie v laboratorních podmínkách prokázaly silné parazitické interakce, kdy spolu s nimi byly také popsány molekulární mechanismy. Tyto experimenty se obvykle provádí s vysokým počtem parazitů v hostiteli, a proto v konečném důsledku nemusí být nálezy v laboratorních podmínkách relevantní (Ferrari et al. 2009).

Myšice bývají hostitelé široké škály parazitů a v parazitofauně různých druhů myšic jsou zahrnuty stejné druhy parazitů. V Příloze (Tabulka 2) jsou uvedeni nejčastěji se vyskytující parazité-hlístice, tasemnice a motolice u myšic (Ryžikov 1978, 1979).

3.3.1 Hlístice

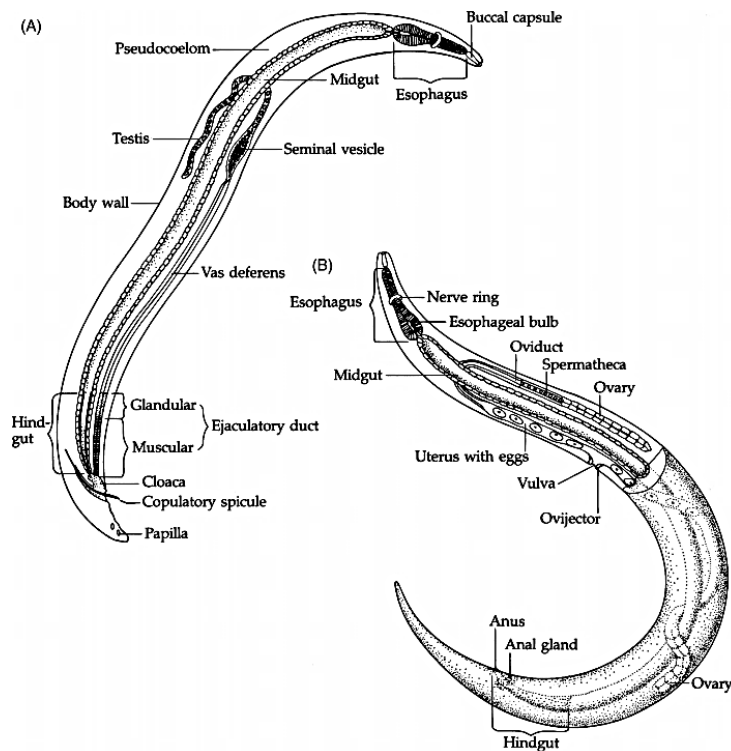
Hlístice patří mezi starodávné, rozmanité a hojné parazitické druhy (Blaxter et al. 1998). Studie, které studovaly historii původu hlístic podpořily názor, že parazitické druhy hlístic se vyvíjely postupně v čase z volně žijících půdních forem. Tyto hlístice využívali své hostitele pouze pro transport nebo pro ochranu (Bogitsh et al. 2019). Většina parazitických forem které se mohou přenést na člověka jsou zoonotického původu a v některých případech, jako je například *Trichostrongylus*, mohou lidé sloužit jako rezervoáry (Pozio 2015).

Většina suchozemských rostlin a větších živočichů jsou hostitelem alespoň jednoho druhu parazitického helminta. Většina lidské populace zažívá napadení helminty během života (Blaxter & Koutsovoulos 2015). Hlodavci mají důležitý význam v lékařském a veterinárním oboru, jakožto hostitelé helmintů, které na nich parazitují, ale mohou také přenášet

onemocnění, jako je například leishmanióza, toxoplazmóza, giardiáza, toxokariáza a kryptosporidióza (Yousefi et al. 2014).

Hlístice u myšovitých nemusí mít vždy negativní neboli antagonistickou interakci. Synergický účinek nastává v případě, že parazit zvyšuje životaschopnost hostitele nebo reprodukční výkon v důsledku své přítomnosti. Naopak antagonistické interakce vedou ke snížení kondice ostatních parazitů nebo svého hostitele (Ferrari et al. 2009).

Velikost hlístic, které napadají myšovitě hlodavce může být od 0,2 mm až po několik centimetrů. Tělo mají nesegmentované, protáhlé a oba konce těla se zužují. Povrch těla je pokryt kutikulou, která jej chrání a pod touto vrstvou se nachází pseudocoelní dutina. Díky kutikule a pseudocoelní dutině je jejich tělo velmi odolné a pružné. Ústa mají vybavena kutikulárními zuby, kterými mohou aktivně narušit tkáň svého hostitele. Pohlavní dimorfismus je u těchto organismů zřejmý. Samce lze snadno rozeznat od samice, protože bývají zpravidla menší a na zadním zakřiveném konci nachází kopulační orgán viz Obrázek 1 (Bogitsh et al. 2019; Saari et al. 2019a).



Obrázek 1: Morfologie hlístic (A-samec, B-samice) (Bogitsch et al., 2019)

V následujících podkapitolách jsou popsáni důležití zástupci hlístic, kteří se nejčastěji vyskytují u myšovitých.

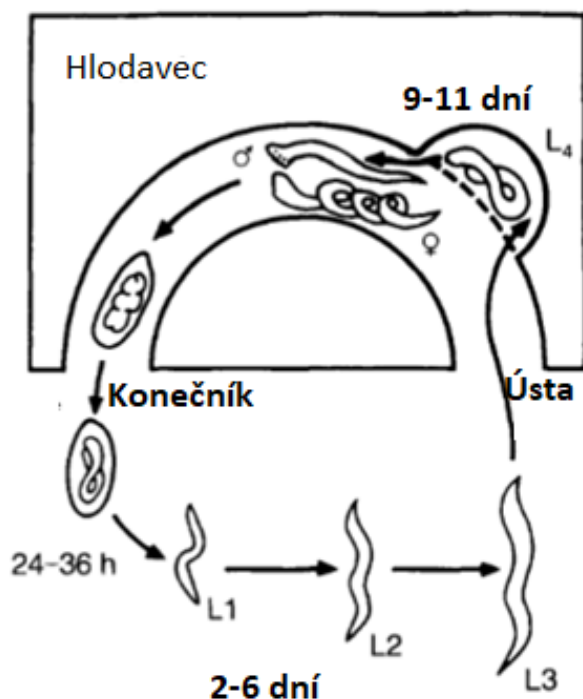
***Heligmosomoides polygyrus* (dříve *Nematospiroides dubius*)**

Gastrointestinální hlístic u myšovitých je *Heligmosomoides polygyrus* (Dujardin, 1845) který se vyskytuje v tenkém střevě a dorůstá do délky až 12 mm. *H. polygyrus* byl již od roku 1943 až po nynější dobu využíván jako modelový organismus pro studie hostitelské

imunologie, toxikologie, farmakologie a také epidemiologie gastrointestinálního parazitismu (Monroy & Enriquez 1992). Jedná se o jednu z nejčastěji vyskytujících se hlístic. Přibližně u 80 % divokých myšic je pravděpodobné, že se infikují (parazitní zátěž na jednu myš udává 10-25 červů)(Gregory et al. 1992).

Jeho životní cyklus je přímý a trvá přibližně 13-15 dní. Infikované výkaly obsahují vajíčka o velikosti 70 až 84 mikrometrů. Z vajíček se nejdříve po 36 hodinách od doby, kdy vyjdou z hostitele začnou líhnout v larvy. Larvy L1 měří kolem 600 mikrometrů. Po 2-3 dnech se z L1 larev stanou larvy L2, které se živí bakteriemi z okolí. Kutikula z Larvy L1 zůstává přichycena na L2 larvě a stává se z ní vnější plášť. Z larvy L2 se zhruba za 2 dny líhne larva L3, která už nemá plášť a stává se infekční. Dospělého jedince *H. polygyrus* myšice spolknou právě ve stádiu L3 a po 18 hodinách v hostiteli se přichytí k lumenu tenkého střeva. Za 9-11 dní od napadení tenkého střeva se zralí jedinci stejného druhu spáří a samice začne produkovat vajíčka, která jsou obsažena ve stolici (Obrázek 2) (Monroy & Enriquez 1992).

H. polygyrus má schopnost regulovat hojnost hostitelských populací a mnohdy sám parazit je schopen přežít svého hostitele (Scott 1987). Laboratorní studie prokázaly, že nezralá infekční stadia příbuzných druhů *Heligmosomoides* vyvolávají ochrannou imunitu, kdežto dospělá stadia snižují humorální imunitní odpověď a můžou způsobovat chronické infekce. Tato imunosupresivní reakce umožňuje přežít a dále se reprodukovat parazitům, ale také usnadňuje možné infekce od jiných druhů parazitů - především červů (Ferrari et al. 2009). Infekci *Heligmosomoides polygyrus* mohou výrazně ovlivnit faktory, jakožto věk jedince, pohlaví, či genetické pozadí hostitele. Náchylnější k infekci jsou především mladá zvířata a spíše samci, než samice (Monroy & Enriquez 1992).

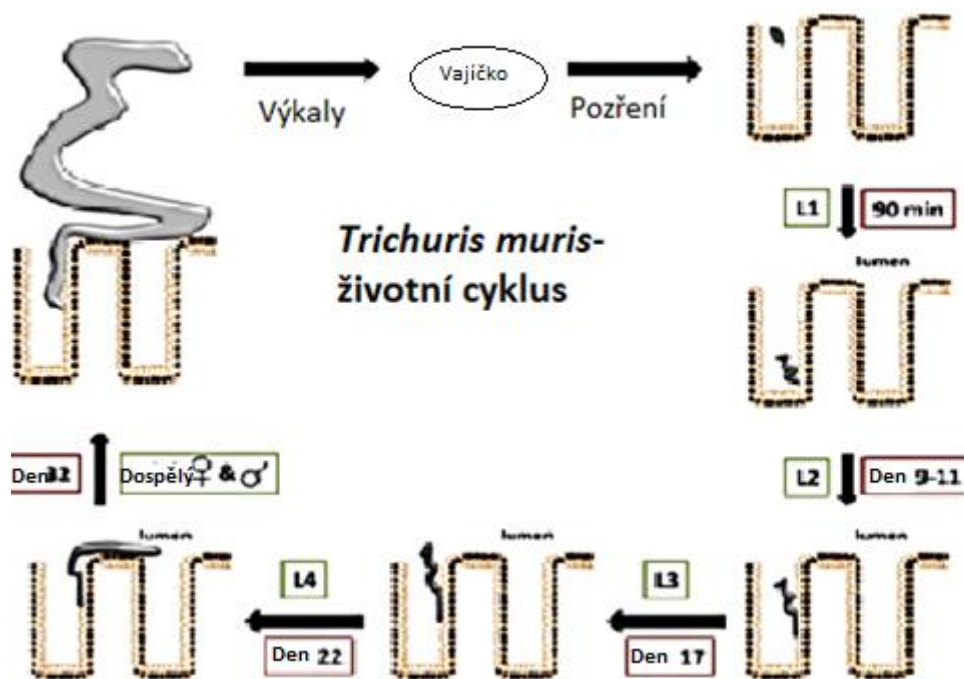


Obrázek 2: Životní cyklus *Heligmosomoides polygyrus* převzato od (Monroy & Enriquez, 1992)

Trichuris muris

Téměř 800 milionů lidí po celém světě je infikováno tenkohlavcem lidským (*Trichuris trichura*; Linnaeus, 1771). Ve většině případů se jedná o napadení dětí, které vykazují známky podvýživy, zpomaleného růstu, intelektuální retardace nebo deficitu ve vzdělání. Kromě toho infekce během těhotenství zvyšuje riziko mateřské anémie, snižuje porodní hmotnost dítěte a šanci přežít. Proto by se mělo zvýšit naše chápání, jak tato infekce v lidském těle probíhá, aby se mohla vyvinout nová terapie. Právě v rozvoji znalostí o složkách imunitních odpovědí, zodpovědných za rezistenci, či náchylnost k infekci, přispěl gastrointestinální parazit *T. muris* (Schrank, 1788). Výzkum provedený na *T. muris* přinesl vysvětlení, jak imunitní systém indukuje vypuzení parazitů a to by mohlo vést k užití při vývoji léčby (Klementowicz et al. 2012). Blízký příbuzný *Trichuris muris* je *Trichuris arvicolae*, jedná se o makroparazita, který má méně vrhů a také rodí méně mláďat s nižší hmotností. Svým hostitelům způsobuje obdobné komplikace, jako *T. muris* (Deter et al. 2008).

Infekce *T. muris* nastává po požití infekčních vajíček, které se hromadí ve slepém střevě viz Obrázek 3. Přibližně 90 minut od nakažení se z vajíček líhnou larvy. Interakce mezi vajíčkou a bakteriální mikroflórou střeva je důležitá pro líhnutí těchto parazitů. Po vylíhnutí larev ve slepém střevě se část dostává i do tlustého střeva, kde přebývají v epiteliální vrstvě. Larvy musí podstoupit další 3 stádia, které přibližně trvají 22 dní. Ve 32. dni jsou již červi dospělí. Samčí i samičí formy *T. muris* se zavrtávají do epitelu, což způsobuje prasknutí okolních buněk. Vrcholové i bazální povrchy buněk zůstávají nedotčeny a vede to k tvorbě tunelů, ve kterých paraziti přebývají. Infekční vajíčka opouštějí hostitelský organismus s výkaly a mají přibližně 2 měsíce, aby nakazila hostitele (Klementowicz et al. 2012).

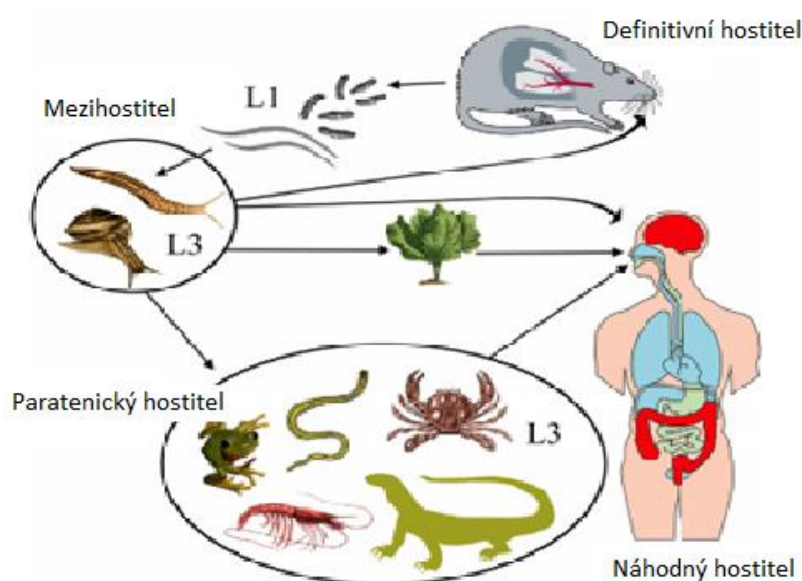


Obrázek 3: Životní cyklus *Trichuris muris* (Klementowicz et al., 2012)

Angiostrongylus dujardini

Angiostrongylus dujardini (Drozd & Doby, 1970) neboli *Parastrongylus dujardini*, byl poprvé popsán u hlodavců z Francie. Tento druh je známý především tím, že se vyskytuje pouze v určitých geografických oblastech, jako je například zmíněná Francie, Portugalsko nebo Španělsko. Svým hostitelům může způsobit závažné obtíže, nemusí se jednat pouze o anorexii, či malátnost, ale může způsobit změny chování a smrt. Dle Eleni et al. (2016) se nejedná o střevního helminta, jedná se spíše o parazita plic, který se vyskytuje v srdečních komorách, ale larvy vždy procházejí trávicím traktem svého hostitele a jsou vylučovány stolicí (Obrázek 4). Následně napadají vodní i suchozemské plže a definitivní hostitel se infikuje požitím plže nebo infikovaným slizem. Infekční larvy mohou kontaminovat zeleninu, jako je například salát. V případě této hlístice se lidé mohou stát náhodným hostitelem. Infekce se může objevit také po požití syrového masa paratenických hostitelů (Spratt 2015; Eleni et al. 2016).

V případě malé dávky, do 20 infekčních larev, jsou tyto hlístice hostitelem tolerovány. Větší počet (50-1500 kusů) infekčních larev se u nakažených jedinců neobjevuje velmi často, avšak pokud se takto infikovaný jedinec najde, má výrazné klinické příznaky. Projevují se příznaky ztuhlého krku, zvracení, dýchací obtíže nebo ochrnutí končetin (Spratt 2015).



Obrázek 4: Životní cyklus *Angiostrongylus* (Spratt, 2015)

Strongyloides ratti

Rod *Strongyloides* obsahuje kolem 60 druhů, kteří infikují širokou škálu živočichů, od savců, ptáků, až po obojživelníky. Hlavním zástupcem, který infikuje myšovitě je *Strongyloides ratti* (Sandground, 1925). Tento zástupce byl poprvé popsán u krys a potkanů odchycených v USA (Baltimore) (Viney & Kikuchi 2017). *Strongyloides ratti* se řadí mezi velmi hojně se

vyskytující parazity gastrointestinálního traktu. Dospělí červi osidlují zejména tenké střevo hostitele. Důležitým morfoloogickým znakem samic je, že vaječníky leží rovnoběžně se střevem, kdežto u velmi podobného druhu (*Strongyloides venezuelensis*) jsou vaječníky a střevo propleteny (Viney & Kikuchi 2017). Hlístice *S. ratti* způsobují obtíže nejen u myšovitých, ale také se často přenáší na přežvýkavce a lidi, u kterých vyvolávají parazitické gastroenteritidy (Dulovic et al. 2016).

Experimentální manipulace s některými endoparazity bývá obtížná z důvodu vývojové fáze v hostiteli, nicméně rod *Strongyloides* může tvořit volně žijící generace v laboratorních podmínkách (Roeber et al. 2013). Bylo dokázáno, že většina larev (až 70 %) je schopna do svého hostitele proniknout skrz jeho kůži už za 5 minut. Jednou z možných cest, jak se larvy dostávají ke střevu hostitele je přes naso-čelní část hlavy. Další možností je, že se larvy aktivně odkloní do mléčné žlázy, když samice kojí (Viney & Kikuchi 2017).

Roupi (*Oxyura*)

Důležitý laboratorní organismus z kmene hlístic jsou roupi. Tito oblí červi se běžně nacházejí v tlustém střevě svého hostitele. Životní cyklus roupa je jednoduchý a přímý. U myši se nejčastěji vyskytují tzv. myší roupi *Syphacia obvelata* (Rudolphi, 1802) a *Aspicularis tetraptera* (Nitzsch, 1821) (Taffs 1976).

Syphacia obvelata je malý, bílý, oblý červ, který se vyskytuje nejen u myši, ale i křečků potkanů a krys. Samice migrují ze slepého střeva až ke konečníku, kde ukládají svá vajíčka. Ta jsou zploštělá a konce jsou špičaté. Infekční jsou po dobu 5-20 hodin. Hostitel se může nakazit přímým požitím z perianální oblasti nebo nepřímo z kontaminovaného materiálu v prostředí. Po požití infekčního vajíčka se přibližně za 2 hodiny rodí larvy, které migrují do slepého střeva, kde dozrávají a páří se. Samci dosahují sexuální zralosti již za 4 dny a samice bývají oplodněny již 5. den. Celkový životní cyklus je dokončen za 11-15 dní (Whary et al. 2015).

Aspicularis tetraptera je podobný *Syphacia obvelata*, ovšem má své poznávací znaky, kterými se dají tyto dva druhy rozeznat. Jedním rozdílem je, že samice se pohybuje z proximální části tlustého střeva do spodní části střeva. Snášení vajíček není souvislé a ani není ovlivněno denním rytmem. Liší se i délkou životního cyklu. *A. tetraptera* má až o 12 dní delší životní cyklus a objevuje se z pravidla u starších hostitelů (Taffs 1976; Whary et al. 2015).

Laboratorní myši napadené roupy nevykazovaly žádné závažné příznaky, avšak bylo u nich zaznamenán stav rektálního výhřezu, střevní obtíže, enteritidy a další. Bylo dokázáno, že dochází k interakce mezi červy. V případě výskytu roupu vykazovaly myši nízkou náchylnost k výskytu *Trichuris muris* (Taffs 1976).

3.3.3 Tasemnice

Tasemnice se řadí mezi endoparazity, kteří se v dospělosti vyskytují ve střevech svého hostitele. Kromě několika výjimek se jedná o hermafrodity. Tělo je složeno z hlavičky (scolex), krku a článkovaného těla (proglotid neboli segment). Na scolexu se objevují struktury, které umožňují se tasemnici přichytit ke střešní stěně svého definitivního hostitele. Tyto struktury mohou zahrnovat háčky, sací drážky nebo přísavky. V identifikaci tasemnic se využívá odlišností v hlavové části. Každý proglotid obsahuje svalová vlákna, nervový systém a osmoregulační systém. Trávicí trakt tasemnicím chybí a místo toho absorbují živiny ze střev hostitele, prostřednictvím vnějšího povrchu a tegumentu. Nové segmenty se tvoří v krční části. Původní články, ve kterých jsou obsažena vajíčka se uvolňují a odcházejí spolu s výkaly z hostitele (Volf & Horák 2007; Saari et al. 2019b).

Role hlodavců je při vývoji tasemnic nezastupitelná. Především tasemnice z čeledi Mesocestoididae a Taeniida využívají myšovitě hlodavce jako paratenické hostitele nebo nezbytné mezihostitele k dokončení jejich životního cyklu. Studie o parazitních komunitách hlodavců prokázaly přítomnost larválních stádií tasemnic v rozdílných tělesných dutinách a v játrech. V posledních letech molekulární studie zjistily, že některé druhy tasemnic dosud nebyly objeveny a v těchto případech je potřeba provést morfologické vyšetření. Zařazení neznámých druhů bylo nezbytné a provádělo se na základě genetických podobností (Bajer et al. 2020).

Tasemnice rodu *Mesocestoides* (Cyclophyllidea, Mesocestoididae) využívají domácí masožravce a ptáky jako definitivního hostitele. Nicméně larvy (tetrathyridia) byly nalezeny především u hlodavců (Bajer et al. 2020).

Níže popsání zástupci, tasemnice dětská (*Hymenolepis nana*) a tasemnice krysí (*Hymenolepis diminuta*), se u myšovitých hlodavců vyskytují jako dospělá stádia. Kdežto zástupci jako měchožil bublinatý (*Echinococcus multilocularis*) a tasemnice kočičí (*Taenia taeniaeformis*), využívají myšovitě především jako své mezihostitele a ke svému definitivnímu se dostávají později.

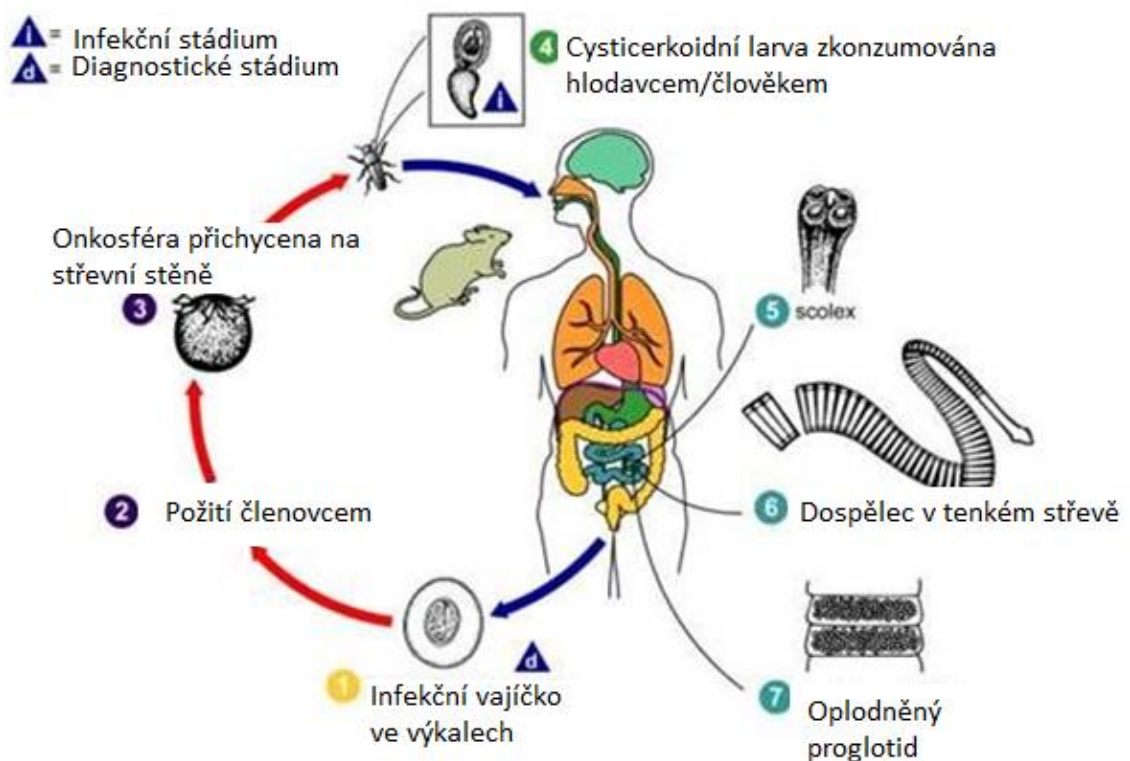
Tasemnice krysí (*Hymenolepis diminuta*)

Tasemnice krysí (*Hymenolepis diminuta*; Rudolphi, 1819) se řadí mezi nejčastější parazity hlodavců. Zřídka infikuje lidskou populaci, ale pokud dojde k napadení tímto druhem tasemnice, je to z důvodu, že lidé pozřou infikované blechy nebo brouky. U většiny nakažených lidí probíhá infekce asymptomaticky, ale ve výjimečných případech se mohou projevit bolesti hlavy, průjem nebo neurčité gastrointestinální obtíže (Kalaivani et al. 2014). Bylo prokázáno, že tasemnice krysí (*H. diminuta*) je schopna zmírnit projevy zánětu a nebo například zmírnila neurologické projevy stresu (Williamson et al. 2016). Tato tasemnice patří mezi nejvíce studované organismy, jelikož svým životním cyklem se snadno udržuje v laboratorních podmínkách (Bogitsh et al. 2013).

Tělo tasemnice *H. diminuta* je složeno z 800 až 1000 článků a může měřit až 60 centimetrů na délku a až 4 milimetry na šířku. Morfologie tasemnice krysí (*H. diminuta*) je výrazně

podobná tasemnici dětské. Šířka každého článku je větší než jeho délka. Vajíčka mají žlutohnědou barvu a kulovitý tvar (Kalaivani et al. 2014).

Životní cyklus (viz Obrázek 5) je vždy nepřímý a začíná, když se oplodněné segmenty oddělí od proglotidů. Infekční vajíčka neboli onkosféry, putují se stolicí pryč ze svého hostitele, kterým bývá členovec, jako jsou blechy, mouční červi nebo mýry. Onkosféry jsou požitы středně pokročilým hostitelem a migrují do gastrointestinálního traktu, kde se přichytí a vyvíjí se v larvu. Definitivní hostitel se nakazí po pozření infikovaného členovce. Larva se zbaví obalů a scolex se uchytlí na střešní sliznici, kde se vyvine za 19 až 21 dní v dospělého červa (Baker 2006).



Obrázek 5: Životní cyklus *Hymenolepis diminuta* (CDC, 2017)

Tasemnice dětská (*Hymenolepis nana*)

Tasemnice dětská (*Hymenolepis nana*; Siebold, 1852) je také známá jako trpasličí tasemnice myši a lidí. Jedná se o jednoho z nejrozšířenějších druhů tasemnic na světě. K přenosu tohoto parazita dochází požitím kontaminovaných potravin, ačkoliv bývá vzácný z důvodu citlivosti vajíček na teplotu a vlhkost. Jedná se o parazita, který může vyvolat závažné onemocnění, zvané hymenolepióza. Nejčastěji se vyskytuje u dětí v rozvojových zemích, jelikož v těchto oblastech nejsou mnohdy dodržována základní hygienická pravidla (Montgomery & Richards 2018). Infekce také může být získána náhodným požitím nakaženým hmyzem. U mladých nakažených jedinců dochází k úbytku hmotnosti a menšímu vzrůstu (Baker 2006). Tasemnice dětská dorůstá délky až 5 centimetrů a je složena až z 200 článků. Na hlavičce má zatahovací rostellum s jedním kruhem malých háčků. Zralý článek je na výšku přibližně čtyřikrát delší než

na šířku. Každý článek obsahuje samičí i samčí reprodukční orgány (Bogitsh et al. 2013).

Životní cyklus je typický v tom, že parazit potřebuje jednoho hostitele, aby dokončil svůj vývoj. Nejčastějším hostitelem, kromě lidí, jsou zejména myšovití hlodavci. Na oplodněném článku se vytvoří vakovitý útvar až s 200 vajíčky, která se uvolní a putují do střeva hostitele a výkaly ven z těla. Po požití novým hostitelem putují zapouzdřená vajíčka do tenkého střeva, kde se ve střevních klkách vyvíjejí do stádia cysticerkoidní larvy. Po 4 dnech se larva dostává do lumenu tenkého střeva a přilne ke sliznici, kde se vyvíjí až do zralého a dospělého jedince (Baker 2006; Bogitsh et al. 2013).

Hymenolepis (Rodentolepis) microstoma

Dospělá tasemnice *Hymenolepis microstoma* (Dujardin, 1945) se často vyskytuje u myšovitých ve žlučovodu a dorůstá až 35 centimetrů (Macnish et al. 2003). Vajíčka mají velmi podobný vzhled jako vajíčka tasemnice dětské, jen s rozdílem, že jsou větší (Pritchett-Corning & Clifford 2012). Životní cyklus je stejně jako u *H. diminuta* většinou nepřímý a mezihostitelé bývají mûry, blechy nebo mouční červi. *Hymenolepis microstoma* využívá dvou hostitelský cyklus, ale parazit je schopen dokončit vývoj z vajíčka na dospělé tasemnici přímo v definitivním hostiteli (savci) (Andreassen et al. 2004).

Tasemnice kočičí (*Taenia taeniaeformis*)

Tasemnice kočičí (*Taenia taeniaeformis*; Batsch, 1786) patří do čeledi Taeniidae a definitivním hostitelem bývá kočkovitá šelma. Mezi nejčastěji využívané mezihostitele patří myšovití hlodavci. Tasemnice je hermafroditní a každý proglotid obsahuje samčí i samičí pohlaví orgán, ale k reprodukci jsou obvykle zapotřebí 2 tasemnice (Pritchett-Corning & Clifford 2012). Hlodavec se infikuje po pozření infekčních vajíček, která jsou obsažena ve výkalech. Onkosféry se usídlí v tenkém střevě nebo v játrech, kde se rychle vyvinou do fáze boubele. Tento proces probíhá přibližně 30 dnů od usídlení a do 42. dne se scolex evaginuje, propojí se s močovým měchýřem segmentovou strobilací a začne mít podobu tasemnice. Přenos na definitivního hostitele nastává po požití infikovaných jater mezihostitele. Po požití se strobilus i močový měchýř larvy tráví pryč. Scolex se uchytí ke stěně tenkého střeva a dále pokračuje ve strobilaci. Dospělí červi mohou přežít v těle hostitelů až 3 roky (Baker 2006).

Měchožil bublinatý (*Echinococcus multilocularis*)

Další významný zástupce tasemnic je měchožil bublinatý (*Echinococcus multilocularis*; Leuckart, 1863), který využívá hlodavce jako své mezihostitele. Dospělý jedinec měchožila bublinatého využívá jako definitivního hostitele především masožravce, nejčastěji lišku

obecnou, či psa domácího (Craig 2003). Je několik milimetrů dlouhý a štíhlý. Na scolexu se nacházejí 2 přísavky a tělo je složeno ze 3 až 5 proglotidů, kdy zadní segment je největší (viz Obrázek 6). Měchožil bublinatý (*E.multilocularis*) je zoonotický parazit a patří mezi nejvíce patogenní.



Obrázek 6: Měchožil bublinatý-tělo parazita (Wheeler, 2019)

Náhodné pozření infekčního vajíčka může vést u lidí k závažnému chronickému onemocnění jater, zvanému alveolární echinokokóza, která může mít fatální následky (Wheeler 2019; Young et al. 2020). Přenos na člověka může proběhnout přes pozření infekčních vajíček špatně omytou potravou, vodou, stolicí, která je vyloučena definitivním hostitelem, nebo přes psího mazlíčka (Craig 2003). Charakteristické pro toto onemocnění je asymptomatické období, při kterém dochází k růstu metacestody v játrech. Postupně vytváří útvar, velmi podobný nádoru. V případě, že toto onemocnění není včas odhaleno, může dojít k selhání jater a léze se mohou rozšířit do většiny orgánů. Pokud je nemoc odhalena včas a léčba okamžitě zahájena (nejčastěji se jedná o chirurgické odstranění napadené tkáně jater, transplantaci nebo chemoterapii), bývá prognóza celkem dobrá (Woolsey & Miller 2020).

3.3.4 Motolice

Motolice jsou několik centimetrů velcí endoparazité obratlovců, kteří jsou schopni parazitovat ve všech orgánových soustavách, ale především se vyskytují v soustavě trávicí, dýchací nebo oběhové. Jejich tělo je nečlánkované. Ve většině případů jsou motolice proteandričtí hermafrodité (samčí buňky dozrávají dříve a tím pádem nemohou být samičí buňky oplodněny vlastními spermii), kteří se vyvíjejí ve velmi složitých cyklech a často využívají více hostitelů.

Motolice se nejčastěji živí tkání svého hostitele, krví anebo střevním obsahem. Parazitický způsob života vedl k tomu, že smyslové orgány a pohybové ústrojí bylo potlačeno. Naopak ochrana těla (kutikula a přísavky) a pohlavní ústrojí byli vyvinuty velice výkonně (Volf & Horák 2007). Pohlavní orgány zaplňují téměř celé tělo motolice. Obecně mají motolice jedno až dvě varlata, která mohou být rozvětvená. Vaječník bývá jeden nepárový, děloha je malá,

podlouhlá a smyčkovitá. Většinou mají tvar podobný kopinatému listu a v hlavové části mají svalnaté ústní přísavky, kterými přilnou ke svému hostiteli.

3.4 Myšovití a kvalita potravin

Myšovití hlodavci hrají velkou roli při soužití s člověkem a mnohdy způsobují nepříjemné komplikace, jako je například přenos nemocí, či znehodnocení úrody. S nástupem chladných měsíců dochází k migraci myšovitých do skladů, či domovů, kde mají dostatek potravin k přežití. V posledních letech dochází k pronikání nejen myšic, ale také ostatních hlodavců, jako jsou hraboši, krysy, potkani a ostatní.

Standardně se jako kvalita potravin označuje jakostní charakteristika potravin, která je pro spotřebitele přijatelná. Ovšem tento pojem zahrnuje i další charakteristické body, které by měly být dodržovány (Ruprich 2002).

Jedná se o:

- Senzorické vlastnosti, jako je chuť, vzhled a struktura
- Charakteristiky definované legislativou - značení, bezpečnostní a nutriční parametry
- Specifické normativní požadavky
- Požadavky na dodržování hygieny
- Religiózní a společenské požadavky

Při kontaktu hlodavce s potravinou/surovinou může dojít k porušení jednoho nebo více z výše vypsanych bodů a následně se může jednat o nekvalitní a nebezpečné zboží, které by se nemělo dále distribuovat.

Bezpečnosti potravin považuje myšovité hlodavce za rizikový faktor, zejména pro vznik alimentárních onemocnění, mikrobiálním narušením, ale i možného mechanického znehodnocení potravin. Z epidemiologického hlediska jsou myšovití hlodavci považováni za přenašeče patogenních zárodků, parazitů a jejich těla slouží jako rezervoáry. Přenášejí nemoci, kterými ohrožují nejen člověka, ale také domácí zvířata. Nezpracované suroviny i hotové výrobky mohou být znehodnoceny nejen konzumací a okusem, ale také exkrementy, nebo porušeným ochranným obalem.

3.4.1 Prevence

Prevenčí před znehodnocením může být právě vhodně zvolený obal, který může potravinu ochránit, jelikož hlodavci dávají přednost volně uložené, nezabalené potravě. Důležitou vlastností je mechanická pevnost obalového materiálu a propustnost pachů skrz obal. Spolehlivou ochranou před hlodavci je obal na bázi celulózy a obaly ze syntetických materiálů. Další stupeň, jak ochránit potraviny před znehodnocením je zábrana v podobě utěsnění štěrbin, vložení sítí do odvětrávacích šachet a další. V případě eliminace hlodavců je

vhodné použít deratizační staničky a pasti pro okamžité usmrcení. Dále je vhodné dodržovat základní pravidla hygieny, zejména při styku s hlodavci, včetně domácích mazlíčků a jimi kontaminovanými věcmi nebo prostředím. Při pobytu ve volné přírodě je vhodné se vyvarovat kontaktu s divokými zvířaty a také s vodou z přírodních zdrojů. Při pohybu v rizikových oblastech se doporučuje využívat ochranné pomůcky, jako jsou například rukavice anebo dýchací masky.

3.4.2 Sanace a metody eliminace

V potravinářském a zemědělském průmyslu by se sklady a místa s naskladněným zbožím měli sanitovat již před dodáním nových surovin. Tato opatření eliminují možná rizika kontaminace nových surovin. V případě zjištění výskytu hlodavců (trusu, stop, či vytvořených chodeb), by se měl vyhodnotit stav napadení prostoru a zvážit odbornou pomoc při eliminaci hlodavců. Metody ochrany můžeme rozlišit na biologické, mechanické a chemické.

Biologická ochrana

Biologická ochrana se vyznačuje tím, že se škůdci likvidují pomocí jiných živočichů. Nejčastěji se využívají dravci, jako jsou káně lesní, poštolka obecná, luňák hnědý, ale také savci (tchoř, lasice, kuna, liška obecná) a sovy (kalous ušatý, sýček obecný, pušтік obecný). Jedná se o ochranu, která vznikla díky laické veřejnosti, které se nelíbily chemické zásahy (Zejda et al. 2002). Tato metoda je nejpřirozenější a nejšetrnější k životnímu prostředí a všem živočichům včetně člověka.

Mechanická ochrana

Mechanická ochrana využívá nástrahy a pasti, které by hlodavce měly usmrtit velmi rychle a bezbolestně, což se bohužel ne vždy podaří a zvíře různě dlouhou dobu trpí. Mezi povolené metody hubení patří sklapovací a pérové pasti. Naopak je zakázáno použití lepových nebo čelistových nástrah, kdy při lapení hlodavce do pasti dochází k pomalé a velmi bolestivé smrti. V současnosti se mechanická ochrana využívá nejčastěji (Stejskal et al. 1993).

Chemická ochrana

Poslední možností, jak se bránit hlodavcům je využití chemické ochrany. První zmínky o vývoji chemického průmyslu jsou z dob druhé světové války. Po pár letech využívání se začaly projevovat problémy, například rezistence organismů, vůči účinným látkám v pesticidech. (Bartoš & Verner 1979). Tyto deratizační chemické prostředky se nazývají rodenticidy. Jedná se o přípravky, které jsou zapsány v seznamu přípravků na ochranu rostlin a biocidních přípravků. Dříve se tyto chemické prostředky dělily na chronické a akutní, kdy u chronických rodenticidů se účinek projeví až se zpožděním, kdežto akutní účinkují okamžitě. V dnešní době se dělí rodenticidy na látky, které obsahují antikoagulanty a které nikoliv. Správnou aplikací chemické ochrany lze dosáhnout 80 až 90% úspěšnosti (Zejda et al. 2002). Rodenticidy se staly

důležitým pomocníkem při hubení hlodavců. Jejich použití v potravinářství je ale velmi riskantní, z důvodu možného otrávení potravin. Jejich další nevýhodou je nešetrnost k životnímu prostředí, tudíž je vhodné nejprve zvážit předchozí 2 zmíněné druhy ochrany.

4 Metodika

4.1 Původ a odchyt zvířat

Ke zkoumání bylo připraveno celkem 33 kusů myšic. 6 kusů myšice křovinné (*Apodemus sylvaticus*) a 27 kusů myšice lesní (*Apodemus flavicollis*). Všechny myšice byly odchyceny na území Krušných hor, v oblasti vodní nádrže Fláje, od 7. do 9. června roku 2020.

Krušné hory se vyskytují na severozápadě Čech a tvoří souvislé horské pásmo na pomezí s německou hranicí o délce asi 130 kilometrů a průměrné šířce 40 kilometrů. Vodní nádrž Fláje má rozlohu 153 ha a přesné geografické souřadnice jsou 50° 41' 12'' severní šířky a 13°34'56'' východní délky.

Odchyt myšic probíhal do dřevěných sklapovacích pastí, kdy byly okamžitě tímto způsobem usmrčeny. Následně došlo k identifikaci druhu myšice, buď myšice lesní nebo myšice křovinná. Po identifikaci se myšice uložily do mrazícího boxu, aby nedošlo k rozkladu materiálu určeného k další analýze. Těsně před helmintologickou pitvou byly myšice vyjmuty z mrazícího boxu, aby se rozmrazily při pokojové teplotě a byly následně dále analyzovány.

4.2 Helmintologická pitva

Před samotnou pitvou si bylo potřeba připravit pitevní nástroje, laboratorní náčiní (skalpel, pinzeta, preparační jehla, pipeta, Petriho misky, zkumavky) a vodu. V břišní oblasti se provedl nástřih kůže, abychom vedli řez od močového ústrojí až k výběžku dutiny břišní. Následně byla vyjmuta střeva spolu s žaludkem, slezinou, játry a ledvinami. Do předem připravených Petriho misek se oddělil žaludek od střev a střevo se také oddělilo na 2 částiténké a tlusté. Po odseparování se tyto vnitřnosti za pomoci vody a pipety navlhčily, promývaly a zřeďovaly. Preparační jehlou a pinzetou se oddělil obsah vnitřností od tkáně a stále se vzorek udržoval vlhký. V případě nálezu parazita se použila zkumavka, naplněná 4% roztokem formaldehydu nebo 96 % etanolem, do které se parazit uschoval k pozdějšímu mikroskopování a determinaci. K důkladnému prozkoumání parazitů jsme použili mikroskop Olympus BX 51, na který byl připojen fotoaparát PROMICRA. Po zachycení snímku, jsme dále využili program na úpravu fotek QuickPHOTO MICRO 3.1.

4.3 Stanovení hypotéz a zvolení statistických postupů

Stanovili jsme si nulovou hypotézu H_0 : Není statisticky významný rozdíl mezi prevalencí výskytu parazitů u myšice lesní (*Apodemus flavicollis*) a myšice křovinné (*Apodemus sylvaticus*).

Výsledky byly zpracovány v programu Statistica 6.1. Bylo zhodnoceno, zda jsou rozdíly mezi druhem hostitele. Data byla vyhodnocena neparametrickým testem χ^2 za využití

Yatesovy korekce. Yatesova korekce se využívá v případě nesplnění podmínek dobré aproximace nezbytné pro použití χ^2 , tzn., že máme velmi nízké očekávané četnosti. Efektem této korekce je snížit pozorované hodnoty testovaného kritéria a tím pádem je obtížnější zamítnout nulovou hypotézu.

Data byla upravena tak, aby první druh, v našem případě myšice lesní (*A. flavicollis*), byl seřazen jako všichni napadení jedinci a níže všichni nenapadení. Další druh – myšice křovinná (*A. sylvaticus*) byl seřazen stejně.

V programu Statistica 6.1. jsme zvolili neparametrickou statickou 2x2 tabulku. V tabulce jsme porovnávali myšice napadené/nenapadené u obou druhů. V tomto případě se jedná o 14 napadených a 13 nenapadených myšic lesních (*A. flavicollis*) a 0 napadených a 6 nenapadených myšic křovinných (*A. sylvaticus*). Po zadání těchto dat jsme získali tabulku, která potvrdí/vyvrátí námi zvolenou hypotézu.

5 Výsledky

5.1 Fotodokumentace nalezených parazitů

Na Obrázek 7 až 17 jsou zachyceny námi nalezené parazité.



Obrázek 7: Hlístice *Trichuris muris* (hostitel č. 1)



Obrázek 8: Hlístice *Trichuris muris* (hostitel č. 1) – hlavový a kaudální konec těla samice



Obrázek 9: *Hymenolepis diminuta* (hostitel č. 7)



Obrázek 10: Detail článkovaného těla *Hymenolepis* spp. (hostitel č. 7)



Obrázek 11: Hlístice *Trichuris muris* (hostitel č. 10) - samec



Obrázek 12: Hlístice *Trichuris muris* (hostitel č. 10) hlavový konec



Obrázek 13: Detail hlístic *Heligmosomoides polygyrus* +- 20 ks (hostitel č. 11)



Obrázek 14: Hlístice *Heligmosomoides polygyrus* +- 50 kusů (hostitel č. 17)



Obrázek 15: Hlístice *Trichuris muris*-samice (hostitel č. 18)



Obrázek 16: Hlístice *Trichuris muris* - samice (hostitel č. 24)

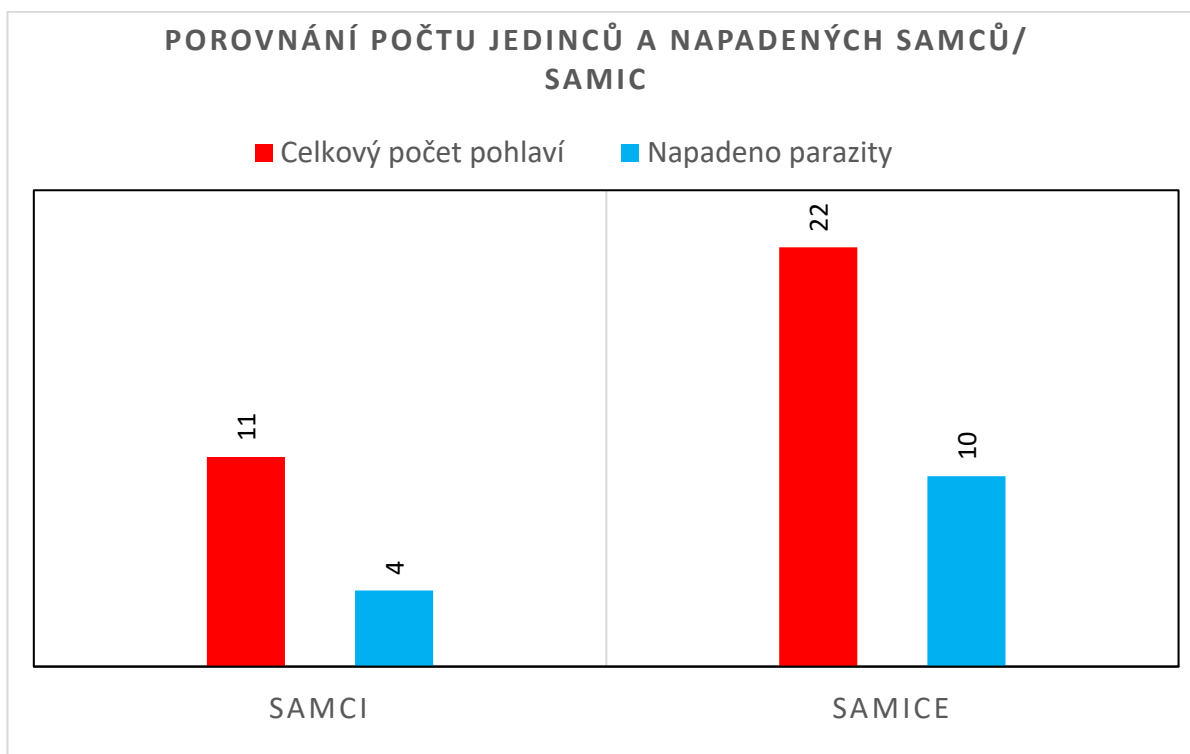


Obrázek 17: *Hlístice Heligmosomoides polygyrus* (hostitel č. 29)

5.2 Grafické zhodnocení výsledků helmintologické pitvy

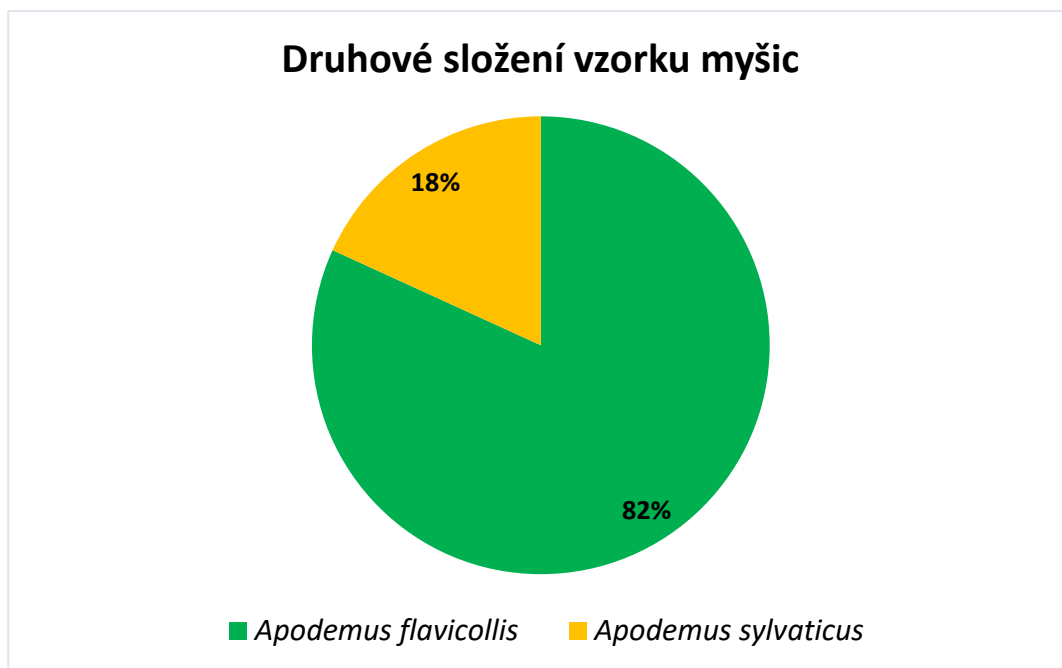
Byla vytvořena tabulka s výsledky z helmintologické pitvy viz Příloha-Tabulka 3. Po vyhodnocení jsme zjistili, že z celkového počtu 33 kusů myšic bylo parazitologicky pozitivních 14 jedinců, což je 42,4 %. Z 33 myšic bylo 22 samic a 11 samců.

V Grafu 1 je červeně vyobrazen celkový počet samců/samic a k porovnání je zde modře zobrazen počet napadených samic/samců parazity. Z grafu lze vyčíst, že parazitologicky pozitivních bylo 10/22 samic a u samců pouze 4/11.



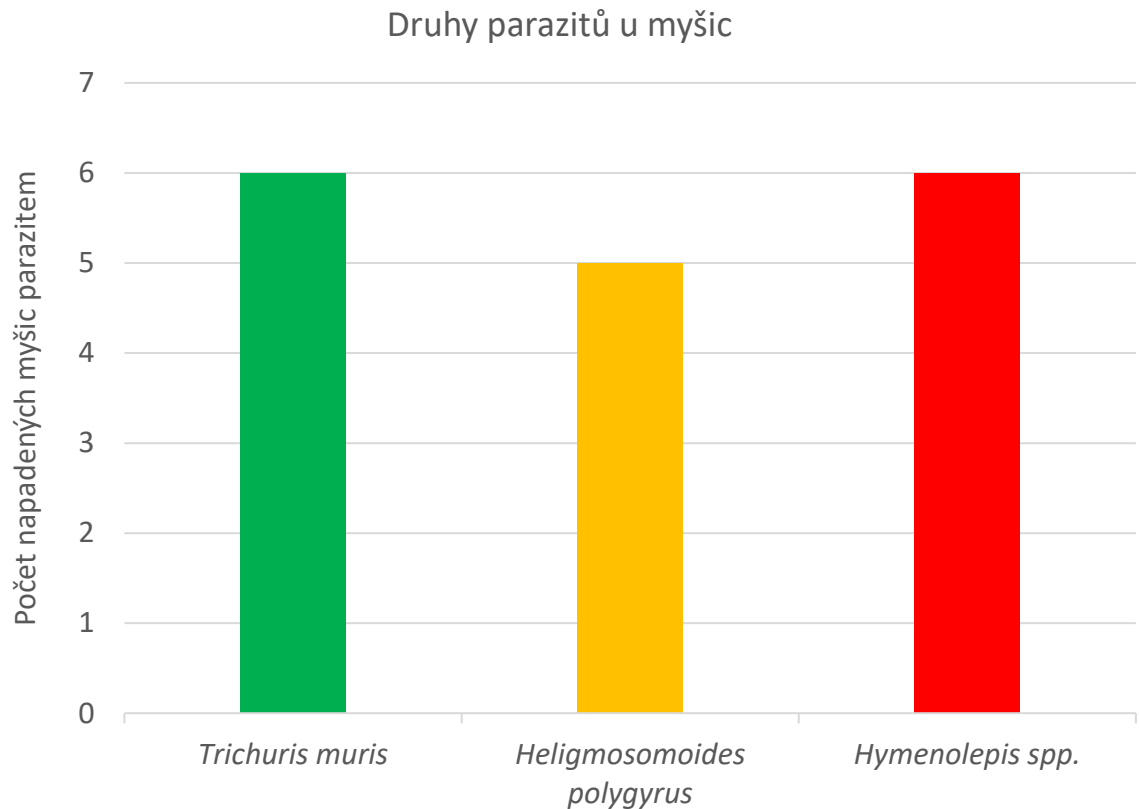
Graf 1: Porovnání počtu pohlaví a počtu napadených samců a samic myšic – červeně je vyznačen celkový počet myšic samčího/samičího pohlaví a modře je znázorněn počet napadených

V Grafu 2 je znázorněna skladba druhů našeho vzorku odchycených myšic-z celkového počtu 33 jedinců bylo odchyceno 27 myšic lesních (*Apodemus flavicollis*) a 6 myšic křovinných (*Apodemus sylvaticus*), což je 82 % myšic lesních a 18 % myšic křovinných.



Graf 2: Druhé složení vzorku sledovaných myšic

V našem vzorku 33 myšic byly nalezeny pouze 4 druhy střevních helmintů (viz Graf 3). Někteří těla myšic obsahovala více druhů parazitů. U 6 myšic (6/14 parazitologicky pozitivních) se vyskytla hlístice *Trichuris muris*. Druhým nejzastoupenějším parazitem byl *Heligmosomoides polygyrus*, který byl nalezen u 5 myšic ze 14 napadených gastrointestinálními parazity. V počtu 6/14 se v myšicích vyskytla tasemnice rodu *Hymenolepis-spp.*



Graf 3: Výskyt druhů parazitů u myšic

5.3 Statisticky zpracované výsledky nalezených parazitů

Pro potvrzení, či vyvrácení nulové hypotézy (H_0 : Není statisticky významný rozdíl mezi prevalencí parazitickým napadením u myšice lesní (*Apodemus flavicollis*) a myšice křovinná (*Apodemus sylvaticus*) byl zvolen neparametrický Yatesův korigovaný χ^2 test. Z Tabulky 1 je zřejmé, že u druhu myšice lesní (*A. flavicollis*) bylo napadeno parazity 14 jedinců a zdravých jedinců bylo 13. Všech 6 jedinců druhu myšice křovinné (*A. sylvaticus*) bylo zdravých.

V řádku Yatesův korigovaný χ^2 kvadrát byla porovnána p-hodnota, která vychází 0,062, s hladinou významnosti α . Hodnota α se pro přírodní vědy stanovuje na 0,05. Yatesův korigovaný χ^2 kvadrát jsme vybrali z důvodu, abychom test ošetřili vůči velmi nízkým očekávaným četnostem, které vycházejí pro myšice křovinné (*A. sylvaticus*) a proto si χ^2 zpřísníme, abychom záměrně snížili chybu prvního řádu a zvýšili si chybu druhého řádu.

Hodnota p 0,062 je větší, než hladina významnosti α , a proto nemůžeme zamítnout nulovou hypotézu, že neexistuje závislost mezi druhem a stupněm napadení. Jelikož nám nevyšla závislost, nelze testovat míru závislosti.

Tabulka 1: Statistické zpracování dat

Tabulka 2x2			
	Napadení	Nenapadení	Řádek (celkem)
Počet, <i>Apodemus flavicollis</i>	14	13	27
Procent z celku	42,42 %	39,39 %	81,82 %
Počet, <i>Apodemus sylvaticus</i>	0	6	6
Procent z celku	0,00 %	18,18 %	18,18 %
Sloupec celkem	14	19	33
Procent z celku	42,42 %	57,58 %	
Chí-kvadrát	5,4	p= 0,02	
Yatesův korigovaný chí-kv.	3,49	p=0,062	

6 Diskuze

Myši rodu *Apodemus* jsou nejrozšířenějšími malými hlodavci přírodních stanovišť, především v listnatých lesích a polích v palearktické oblasti mírného pásu. Myšovití bývají především závislí na lesních zdrojích, jako jsou například žaludy, hmyz a další malí bezobratlí, ale v zimních měsících často migrují k lidským obydlím, kde využívají lidská obydlí, sila nebo sklady pro nalezení potravy.

Druhy myšic vykazují jistá specifická omezení, kdy 2 nebo více druhů obývají stejné stanoviště. Jedním příkladem je myšice lesní (*Apodemus flavicollis*) a myšice temnopásá (*Apodemus agrarius*), kteří spolu koexistují. Tyto druhy se mnohdy vyskytují i s dalšími druhy hlodavců, zejména s norníkem rudým (*Myodes glareolus*), ačkoliv se v některých ohledech liší jejich preference o stanoviště (Ondříková et al. 2010).

Výzkum Ondříková et al. (2010) provedený na jihovýchodě Slovenska, poblíž Košic (nedaleko se nachází karpatské pohoří), zkoumal myšovité hlodavce myšice lesní (*A. flavicollis*) a myšice temnopásé (*A. agrarius*). Celý vzorek se sestával ze 147 myšic, a z toho bylo 96 kusů myšic temnopásých (*A. agrarius*) a 51 myšic lesních (*A. flavicollis*). Celkem se u myšic našlo 12 druhů střevních parazitů. Z 96 jedinců myšic temnopásých (*A. agrarius*) bylo napadeno 92 myšic, alespoň jedním parazitem, což celkem představuje 95,8 % napadených myšic temnopásých (*A. agrarius*). U myšic lesních (*A. flavicollis*) se jednalo o 72,5 %. U druhu myšice temnopásé (*A. agrarius*) byl nalezen pouze jeden druh motolice a to představuje 0,6 % ze všech nalezených helmintů. Dále bylo nalezeno 5 druhů tasemnic a 3 druhy hlístic. Z těchto 9 druhů nalezených u myšice temnopásé (*A. agrarius*) jednoznačně dominoval výskyt *Heligmosomoides polygyrus* (92,7 %), *Rodentolepis fraterna* (19,8 %) a *S. stroma* (17,7 %). Tyto 3 druhy parazitů představovaly 82,8 % ze všech nalezených parazitů u myšice temnopásé (*A. agrarius*). Další významné druhy, které parazitovaly v myšici temnopásé (*A. agrarius*) byly tasemnice rodu *Hymenolepis*, především *H. diminuta* (9,4 %). V myšici lesní (*A. flavicollis*) bylo nalezeno 5 druhů tasemnic a 4 druhy hlístic. Nejhojněji vyskytující se parazité byli *S. stroma* (39,2 %), *H. diminuta* (25,5 %) a *H. polygyrus* (15,7 %) (Ondříková et al. 2010). Z porovnání výzkumu Ondříkové et al. (2010) a našich výsledků, lze vyvodit, že nejčastěji vyskytující se gastrointestinální parazité- *H. polygyrus* a *H. diminuta*, se vyskytují ve významné míře v obou zkoumaných lokalitách. V našem výzkumu jsme nenašli žádné roupy, ale ve výzkumu Ondříkové et al. (2010) značně parazitovali u obou druhů myšic.

Ve španělském regionálním parku Sierra Espuña byl proveden výzkum na 74 jedincích myšice křovinné (*A. sylvaticus*). Tento park má nerovnoměrnou topografii a nalezneme zde hory stoupající i nad 1500 metrů nad mořem. Napadených bylo 55 myšic, což představuje 74,3 % parazitologicky pozitivních. Ve studii Fuentes et al. (2004) se vyskytly 4 druhy tasemnic, 1 motolice a 8 hlístic, kdežto v našem vzorku myšic, jsme objevili jen 2 druhy hlístic a tasemnici rodu *Hymenolepis*- spp.

Výzkum provedený v západním Iránu porovnával helmintologické napadení myši domácí (*Mus musculus*) a myšice křovinné (*A. sylvaticus*). Jednalo se o lokalitu poblíž Hamadan City, která se vyznačuje nížinami a oblastmi bohatých na zemědělskou půdu. Autoři si zvolili vzorek myšovitých hlodavců z let 2010 až 2012, který obsahoval 72 jedinců myši domácí (*Mus*

musculus) a 60 jedinců myšice křovinné (*A.sylvaticus*). Autoři objevili celkem 11 druhů parazitů. 3 druhy z nalezených parazitů byly identifikovány na území Iránu poprvé – tuto skutečnost lze vysvětlit migrací zvířat. Z 11 nalezených druhů parazitů bylo 5 potenciálně nebezpečných pro zdraví lidí a zvířat. Myšice křovinné obsahovaly zejména roupi – *Syphacia fredrici* (v prevalenci 26,67 %), ale také se objevily u 2 myšic larvální stádia tasemnice kočičí (*Taenia taeniformis*). Myši domácí (*Mus musculus*) obsahovaly 2 druhy tasemnic: tasemnici dětskou (*Hymenolepis nana*), tasemnici krysí (*H. diminuta*) a také 2 druhy roupů *S. obvelata* a *S. obtarom*. Myšovití byli napadeni 4 druhy zoonotickými parazity- *S.obvelata*, tasemnici dětskou (*H. nana*), tasemnici krysí (*H.diminuta*) a *Plagiorchis muris*. Výzkum Yousefi et al. (2014) prokázal, že myšice křovinné a myši domácí obsahují zoonotické parazity. V porovnání s výsledky této diplomové práce bylo v Iránu nalezeno více druhů zoonotických parazitů a pokud vezmeme v úvahu, že některé oblasti jsou méně civilizované a je zde zanedbána hygiena, může tato skutečnost vést k častějším infekcím místních obyvatel.

Výskyt motolic parazitujících v myšicích jsme v této diplomové práci nemohli potvrdit, ale existuje výzkum z Velké Británie (severní Yorkshire), který trval po dobu 13 let. Z 248 odchycených myšic bylo 42 jedinců napadeno motolicí *Plagiorchis muris*. Bylo prokázáno, že vyšší prevalence výskytu motolice během studovaného období byla spojena s roky, kdy byly v jarních a letních měsících vysoké srážky (Rogan et al. 2007). Myšice byly odchyceny v červnu. Nejednalo se o období s častými srážkami, tudíž je možné, že tento abiotický faktor ovlivnil parazitní napadení myšic v této diplomové práci.

Je velmi pravděpodobné, že paraziti, jako jsou například *Trichuris muris*, nebo *Heligmosomoides polygyrus* mohou člověku pomoci regulovat počet myšovitých a částečně tím zabránit znehodnocení potravin (Abu-Madi et al. 1998; Behnke et al. 1999; Ondříková et al. 2010; Klementowicz et al. 2012). Tímto tvrzením můžeme potvrdit naši hypotézu, ve které jsme se domnívali, že myšovití hlodavci (Murinae) v ČR jsou hostitelé parazitických helmintů, které mohou ovlivňovat kvalitu zemědělských produktů a potravin.

V této diplomové práci bylo zjištěno, že ve vzorku 33 myšic byly nalezeny 2 druhy hlístic a tasemnice rodu *Hymenolepis*. U 2 tasemnic jsme nedokázali zcela přesně určit druh, jelikož během pitvy došlo k poškození parazitů a u dalších 4 tasemnic by byla třeba udělat důkladnější analýza. Zřejmě se jednalo o zoonotického parazita, *H. diminuta*, který může mít závažné následky pro člověka.

7 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo posoudit napadení střevními helminty u myšovitých v ČR. Sledovali jsme napadení myšic lesních (*Apodemus flavicollis*) a myšic křovinných (*Apodemus sylvaticus*) gastrointestinálními helminty. Z 33 námi zkoumaných myšic bylo napadeno 14 jedinců gastrointestinálními helminty.

Myšice byly napadeny pouze 2-4 druhy parazitů. Nejčastěji se vyskytovala střevní hlístice *Trichuris muris* (6/14). Dále se v těle myšic objevovala hlístice *Heligmosomoides polygyrus* (5/14) a také tasemnice rodu *Hymenolepis spp.* (6/14). Přesnější určení tasemnic nebylo možné, jelikož by bylo potřeba provést genetické testy na které s ohledem na vládní opatření nezbyl čas. Domníváme se, že se jednalo o zoonotický druh *Hymenolepis diminuta*.

Předpokládali jsme, že myšovití hlodavci budou ovlivňovat množství vypěstovaných plodin, či surovin a také budou mít vliv na senzorycké vlastnosti potravin. V porovnání se zahraničními studii jsme našli mnohem méně druhů parazitů, nicméně dle dostupných zdrojů a informací můžeme hypotézu potvrdit. Parazitičtí helminti u myšovitých mohou ovlivnit kvalitu zemědělských produktů.

Jak již bylo zmíněno v kapitole Úvod, myšovití hlodavci jsou schopni zkonzumovat až 40 tun lidmi vypěstované úrody. Nejen že tito hlodavci mohou ovlivnit kvalitu potravin, ale také mohou potravinu infikovat patogenními zárodky. Následné pozření lidmi/zvířaty může vést k závažným onemocněním, zvláště pokud jsou zkonzumovány špatně omyté nebo nedostatečně opracované potraviny. Je nezbytně nutné, aby zejména potravinářské podniky dbaly na zajištění prostorů a prevenci. Také je nutné zajistit přístupové cesty, které zabrání vstupu hlodavců. Tyto kroky jsou dle autorčina názoru mnohdy podceňovány a je vždy lepší dbát na prevenci, než volit chemické prostředky-jedy a také mechanické pasti.

8 Literatura

- Abu-Madi MA, Behnke JM, Lewis JW, Gilbert FS. 1998. Descriptive epidemiology of *Heligmosomoides polygyrus* in *Apodemus sylvaticus* from three contrasting habitats in south-east England. *Journal of Helminthology* **72**:93–100.
- Aghová T, Kimura Y, Bryja J, Dobigny G, Granjon L, Kergoat GJ. 2018. Fossils know it best: Using a new set of fossil calibrations to improve the temporal phylogenetic framework of murid rodents (Rodentia: Muridae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* **128**:98–111. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1055790317306656>.
- Amori G, Hutterer R, Kryštufek B, Yigit N, Mitsain G, Palomo LJ. 2016. *Apodemus flavicollis* (errata version published in 2017). The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T1892A115058023. **8235**:8. Available from <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T20010A22247615.en>.
- Andreassen J, Ito A, Ito M, Nakao M, Nakaya K. 2004. *Hymenolepis microstoma* : direct life cycle in immunodeficient mice . *Journal of Helminthology* **78**:1–5.
- Bajer A et al. 2020. Rodents as intermediate hosts of cestode parasites of mammalian carnivores and birds of prey in Poland, with the first data on the life-cycle of *Mesocestoides melesi*. *Parasites and Vectors* **13**:1–10. BioMed Central. Available from <https://doi.org/10.1186/s13071-020-3961-2>.
- Baker DG. 2006. Chapter 13 - Parasitic Diseases. Pages 453–478 in M. A. Suckow, S. H. Weisbroth, and C. L. B. T.-T. L. R. (Second E. Franklin, editors. *American College of Laboratory Animal Medicine*. Academic Press, Burlington. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780120749034500169>.
- Bartoš J, Verner PH. 1979. *Ochrana proti skladištním škůdcům a chorobám*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Behnke JM, Barnard CJ, Bajer A, Bray D, Dinmore J, Frake K, Osmond J, Race T, Sinski E. 2001. Variation in the helminth community structure in bank voles (*Clethrionomys glareolus*) from three comparable localities in the mazury lake istrict region of Poland. *Parasitology* **123**:401–414.
- Behnke JM, Lewis JW, Zain SNM, Gilbert FS. 1999. Helminth infections in *Apodemus sylvaticus* in southern England: Interactive effects of host age, sex and year on the prevalence and abundance of infections. *Journal of Helminthology* **73**:31–44.
- Blaxter M, Koutsovoulos G. 2015. The evolution of parasitism in Nematoda. *Parasitology* **142**:S26–S39.
- Blaxter ML et al. 1998. A molecular evolutionary framework for the phylum Nematoda. *Nature* **392**:71–75. England.
- Bogitsh BJ, Carter CE, Oeltmann TN. 2013. Intestinal Tapeworms. *Human Parasitology*:237–249.
- Bogitsh BJ, Carter CE, Oeltmann TN. 2019. Chapter 15 - General Characteristics of the Nematoda. Pages 257–276 in B. J. Bogitsh, C. E. Carter, and T. N. B. T.-H. P. (Fifth E. Oeltmann, editors. *Academic Press*. Available from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128137123000151>.

- Burnie D. 2002. Zvíře. Knižní klub, Praha.
- CDC. 2017. PDx - Laboratory Identification of Parasites of Public Health Concern. Atlanta.
- Craig P. 2003. Echinococcus multilocularis. Current opinion in infectious diseases **16**:437–444.
- Deter J, Charbonnel N, Cosson JF, Morand S. 2008. Regulation of vole populations by the nematode *Trichuris arvicolae*: Insights from modelling. European Journal of Wildlife Research **54**:60–70.
- Dulovic A, Puller V, Streit A. 2016. Optimizing culture conditions for free-living stages of the nematode parasite *Strongyloides ratti*. Experimental Parasitology **168**:25–30. Elsevier Inc. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.exppara.2016.06.005>.
- Eleni C, Di Cesare A, Cavicchio P, Tonnicchia MC, Meoli R, di Regalbono AF, Paoletti B, Pietrobelli M, De Liberato C. 2016. Fatal *Angiostrongylus dujardini* infection in callitrichid monkeys and suricates in an Italian zoological garden. Parasitology International **65**:333–335. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1383576916300654>.
- Ferrari N, Cattadori IM, Rizzoli A, Hudson PJ. 2009. *Heligmosomoides polygyrus* reduces infestation of *Ixodes ricinus* in free-living yellow-necked mice, *Apodemus flavicollis*. Parasitology **136**:305–316.
- Filippucci MG, Macholán M, Michaux JR. 2002. Genetic variation and evolution in the genus *Apodemus* (Muridae: Rodentia). Biological Journal of the Linnean Society **75**:395–419.
- Frynta D, Mikulová P, Suchomelová E, Sádlová J, Suchomelová E, Sádlová J. 2001. Discriminant Analysis of Morphometric Characters in Four Species of *Apodemus* (Muridae: Rodentia) From Eastern Turkey and Iran. Israel Journal of Zoology **47**:243–258.
- Fuentes MV, Fuentes MV, Sáez S, Trelis M, Galán-Puchades MT, Esteban JG. 2004. The helminth community of the wood mouse, *Apodemus sylvaticus*, in the Sierra Espuña, Murcia, Spain. Journal of Helminthology **78**:219–223.
- Gregory RD, Montgomery SSJ, Montgomery WI. 1992. Population Biology of *Heligmosomoides polygyrus* (Nematoda) in the Wood Mouse. Journal of Animal Ecology **61**:749–757. [Wiley, British Ecological Society]. Available from <http://www.jstor.org/stable/5628>.
- Heroldová M, Zejda J, Zapletal M, Obdržálková D, Jánová E, Bryja J, Tkadlec E. 2004. Importance of winter rape for small rodents. Plant, Soil and Environment **50**:175–181.
- Irvine R. 2006. Parasites and the dynamics of wild mammal populations. Animal Science **82**:775–781.
- Juškaitis R. 1999. Pygmy Field Mouse (*Apodemus Uralensis* Pallas): A New Mammal Species in Lithuania. Acta Zoologica Lituanica **9**:118–119. Taylor & Francis.
- Kalaivani R, Nandhini L, Seetha KS. 2014. *Hymenolepis diminuta* infection in a school-going child: A rare case report. Australasian Medical Journal **7**:379–381.
- Klementowicz JE, Travis MA, Grecis RK. 2012. *Trichuris muris*: A model of gastrointestinal parasite infection. Seminars in Immunopathology **34**:815–828.
- Macdonald DW. 1984. The Encyclopedia of mammals. Page The Encyclopedia of mammals3. New York: Fact of files.
- Macnish MG, Ryan UM, Behnke JM, Thompson RCA. 2003. Detection of the rodent tapeworm

- Rodentolepis (=Hymenolepis) microstoma in humans. A new zoonosis? *International Journal for Parasitology* **33**:1079–1085.
- Michaux JR, Kinet S, Filippucci MG, Libois R, Besnard A, Catzefflis F. 2001. Molecular identification of three sympatric species of wood mice (*Apodemus sylvaticus*, *A. flavicollis*, *A. alpicola*) in western Europe (Muridae: Rodentia). *Molecular Ecology Notes* **1**:260–263.
- Monroy FG, Enriquez FJ. 1992. *Heligmosomoides polygyrus*: A model for chronic gastrointestinal helminthiasis. *Parasitology Today* **8**:49–54.
- Montgomery SP, Richards FO. 2018. 279 - *Diphyllobothrium*, *Dipylidium*, and *Hymenolepis* Species. Pages 1394-1397.e1 in S. S. Long, C. G. Prober, and M. B. T.-P. and P. of P. I. D. (Fifth E. Fischer, editors. Elsevier. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323401814002796>.
- Motokawa M, Wu Y, Harada M, Shintaku Y, Jiang XL, Li YC. 2018. Karyotypes of field mice of the genus *Apodemus* (Mammalia: Rodentia) from China. *Zoological research* **39**:348–355.
- Ondříková 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**:369–378.
- Pozio E. 2015. Foodborne nematodes. Page *Foodborne Parasites in the Food Supply Web: Occurrence and Control*. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/B978-1-78242-332-4.00008-4>.
- Pritchett-Corning KR, Clifford CB. 2012. Parasitic Infections of Laboratory Mice. Page *The Laboratory Mouse*. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-382008-2.00021-0>.
- Reichholf J, Wendler F. 1996. *Savci*. Knižní klub, Praha.
- Roeber F, Jex AR, Gasser RB. 2013. Next-Generation Molecular-Diagnostic Tools for Gastrointestinal Nematodes of Livestock, with an Emphasis on Small Ruminants. A Turning Point? Page *Advances in Parasitology*, 1st edition. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-407705-8.00004-5>.
- Rogan MT, Craig PS, Hide G, Heath S, Pickles A, Storey DM. 2007. The occurrence of the trematode *Plagiorchis muris* in the wood mouse *Apodemus sylvaticus* in North Yorkshire, UK. *Journal of Helminthology* **81**:57–62.
- Ruprich J. 2002. *Co je kvalita potravin a dvojí kvalita potravin*. Brno. Available from <http://www.szu.cz/tema/bezpecnost-potravin/co-je-kvalita-potravin-a-dvoji-kvalita-potravin%5C#article>.
- Ryžikov KM. 1978. *Opredelitel gelmintov gryzunov fauny SSSR*. Izdatelstvo „Nauka“, SSSR.
- Ryžikov KM. 1979. *Opredelitel gelmintov gryzunov fauny SSSR*. Izdatelstvo „Nauka“, SSSR.
- Saari S, Näreaho A, Nikander S. 2019a. Nematoda (Roundworms). Page *Canine Parasites and Parasitic Diseases*.
- Saari S, Näreaho A, Nikander S. 2019b. Cestoda (Tapeworms). *Canine Parasites and Parasitic Diseases*:55–81.
- Schmid R, Wilson DE, Reeder DM. 1993. *Mammal Species of the World: A Taxonomic and*

- Geographic Reference. Taxon **42**:512.
- Scott ME. 1987. Regulation of mouse colony abundance by *Heligmosomoides polygyrus*. *Parasitology* **95**:111–124.
- Spratt DM. 2015. Species of *Angiostrongylus* (Nematoda: Metastrongyloidea) in wildlife: A review. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife* **4**:178–189. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijppaw.2015.02.006>.
- Stejskal V, Tolar V, Verner P. 1993. Ochrana před hlodavci a šváby.
- Sweeny AR, Clerc M, Pontifes PA, Venkatesan S, Babayan SA, Pedersen AB. 2021. Supplemented nutrition decreases helminth burden and increases drug efficacy in a natural host-helminth system. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **288**.
- Taffs LF. 1976. Pinworm infections in laboratory rodents: A review. *Laboratory Animals* **10**:1–13.
- Viney M, Kikuchi T. 2017. *Strongyloides ratti* and *S. venezuelensis* - Rodent models of *Strongyloides* infection. *Parasitology* **144**:285–294.
- Volf P, Horák P. 2007. Paraziti a jejich biologie Vyd. 1. Triton, Praha.
- Whary MT, Baumgarth N, Fox JG, Barthold SW. 2015. Chapter 3 - Biology and Diseases of Mice. Page Laboratory Animal Medicine: Third Edition.
- Wheeler L. 2019. Monster hunter's guide to: veterinary parasitology. Available from <https://www.veterinaryparasitology.com/>.
- Williamson LL, McKenney EA, Holzknicht ZE, Belliveau C, Rawls JF, Poulton S, Parker W, Bilbo SD. 2016. Got worms? Perinatal exposure to helminths prevents persistent immune sensitization and cognitive dysfunction induced by early-life infection. *Brain, Behavior, and Immunity* **51**:14–28. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889159115002408>.
- Woolsey ID, Miller AL. 2020. *Echinococcus granulosus sensu lato* and *Echinococcus multilocularis*: A review. *Research in Veterinary Science*. Elsevier Ltd. Available from <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.11.010>.
- Young CA, Cratchley AL, Lewthwaite P, Chiodini P, Wyatt JI. 2020. *Echinococcus multilocularis* infection presenting clinically as cholangiocarcinoma. *Diagnostic Histopathology* **26**:581–583. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1756231720301754>.
- Yousefi A, Eslami A, Mobedi I, Rahbari S, Ronaghi H. 2014. Helminth infections of house mouse (*Mus musculus*) and wood mouse (*Apodemus sylvaticus*) from the suburban areas of Hamadan City, Western Iran. *Iranian Journal of Parasitology* **9**:511–518.
- Zejda J, Zapletal M, Pikula J, Obdržálková D, Heroldová M, Hubálek Z. 2002. Hlodavci v zemědělské a lesnické praxi. [Rodents in agricultural and forestal praxis.].

Seznam obrázků

Obrázek 1: Morfologie hlístic (A-samec, B-samice) (Bogitsch et al., 2019).....	13
Obrázek 2: Životní cyklus <i>Heligmosomoides polygyrus</i> převzato od (Monroy & Enriquez, 1992).....	14
Obrázek 3: Životní cyklus <i>Trichuris muris</i> (Klementowicz et al., 2012).....	15
Obrázek 4: Životní cyklus <i>Angiostrongylus</i> (Spratt, 2015).....	16
Obrázek 5: Životní cyklus <i>Hymenolepis diminuta</i> (CDC, 2017).....	19
Obrázek 6: Měchožil bublinatý-tělo parazita (Wheeler, 2019).....	21
Obrázek 7: Hlístice <i>Trichuris muris</i> (hostitel č. 1).....	27
Obrázek 8: Hlístice <i>Trichuris muris</i> (hostitel č. 1) – hlavový a kaudální konec těla samice.....	27
Obrázek 9: <i>Hymenolepis diminuta</i> (hostitel č. 7).....	28
Obrázek 10: Detail článkovaného těla <i>Hymenolepis</i> spp. (hostitel č. 7).....	28
Obrázek 11: Hlístice <i>Trichuris muris</i> (hostitel č. 10) - samec.....	29
Obrázek 12: Hlístice <i>Trichuris muris</i> (hostitel č. 10) hlavový konec.....	29
Obrázek 13: Detail hlístic <i>Heligmosomoides polygyrus</i> +- 20 ks (hostitel č. 11).....	30
Obrázek 14: Hlístice <i>Heligmosomoides polygyrus</i> +- 50 kusů (hostitel č. 17).....	30
Obrázek 15: Hlístice <i>Trichuris muris</i> -samice (hostitel č. 18).....	31
Obrázek 16:Hlístice <i>Trichuris muris</i> - samice (hostitel č. 24).....	31
Obrázek 17: Hlístice <i>Heligmosomoides polygyrus</i> (hostitel č. 29).....	32

Samostatné přílohy

Tabulka 2: Přehled parazitů myšic (Ryžikov 1978, 1979)

<i>HLÍSTICE</i>	<i>TASEMNICE</i>	<i>MOTOLICE</i>
<i>Armocapillaria sadovskajae</i>	<i>Aprostotandrya macrocephala</i>	<i>Brachylaemus globifera</i>
<i>Capillaria annulosa</i>	<i>Catenotaenia pusilla</i>	<i>Corrigia vitta</i>
<i>Hepaticola hepatica</i>	<i>Skrjabinotaenia lobata</i>	<i>Platynosomum muris</i>
<i>Trichocephalus muris</i>	<i>Hymenolepis diminuta</i>	<i>Allasogonoporus sp.</i>
<i>Trichinella spiralis</i>	<i>Rodentolepis microstoma</i>	<i>Plagiorchis elegans</i>
<i>Strongyloides ratti</i>	<i>R. straminea</i>	<i>P. muris</i>
<i>Heligmosomoides laevi</i>	<i>Taenia hydatigena</i>	<i>Skrjabinoplagiorchis dogielli</i>
<i>H. polygyrus</i>	<i>T. mustelae</i>	<i>Echinostoma revolutum</i>
<i>Heligmosomum costellatum</i>	<i>Taenia sp.</i>	
<i>Longistriata minuta</i>	<i>Hydatigera taeniaeformis</i>	
<i>Trichostrongylus retortaeformis</i>	<i>Cladotaenia globifera</i>	
<i>Ganguleterakis spumosa</i>	<i>Mesocestoides lineatus</i>	
<i>Aspicularis dinniki</i>		
<i>A. schulzi</i>		
<i>A. tetraptera</i>		
<i>Symphacia frederici</i>		
<i>S. obvelata</i>		
<i>S. strom</i>		
<i>Gongylonema neoplasticum</i>		
<i>Physaloptera myotis</i>		

Tabulka 3: Přehled odchycených myšic

Označ.	Hostitel	Pohlaví/ věk	Paraziti
1	<i>Apodemus flavicollis</i>	F, A	tlusté střevo: 2x <i>Trichuris muris</i>
2	<i>Apodemus flavicollis</i>	F, A gravidní	negativní
3	<i>Apodemus flavicollis</i>	F, A	negativní
4	<i>Apodemus flavicollis</i>	M, A	negativní
5	<i>Apodemus flavicollis</i>	M, A	negativní
6	<i>Apodemus flavicollis</i>	F, A	negativní
7	<i>Apodemus flavicollis</i>	F, A	tenké střevo: <i>Hymenolepis</i>
8	<i>Apodemus flavicollis</i>	F, A	negativní
9	<i>Apodemus sylvaticus</i>	F, A	negativní
10	<i>Apodemus flavicollis</i>	M, A	tlusté střevo: 1x <i>Trichuris muris</i>
11	<i>Apodemus flavicollis</i>	M, A	tenké střevo: +-20 <i>Heligmosomoides polygyrus</i>
12	<i>Apodemus flavicollis</i>	F, A	negativní
13	<i>Apodemus flavicollis</i>	F, A	negativní
14	<i>Apodemus sylvaticus</i>	M, A	negativní
15	<i>Apodemus sylvaticus</i>	M, A	negativní
16	<i>Apodemus flavicollis</i>	F, A	tenké střevo:3x <i>Heligmosomoides polygyrus</i>
17	<i>Apodemus flavicollis</i>	M, A	tenké střevo: 50x <i>Heligmosomoides polygyrus</i>
18	<i>Apodemus flavicollis</i>	F, A gravidní	tlusté střevo: 4x <i>Trichuris muris</i>
19	<i>Apodemus flavicollis</i>	M, A	negativní
20	<i>Apodemus flavicollis</i>	F, A gravidní	tenké střevo: 5x <i>Hymenolepis</i>

21	<i>Apodemus flavicollis</i>	F, A gravidní	tl.střevo: 3x <i>Trichuris muris</i>
22	<i>Apodemus flavicollis</i>	F, A gravidní	tenké střevo: 4x <i>Hymenolepis</i>
23	<i>Apodemus flavicollis</i>	M, A	negativní
24	<i>Apodemus flavicollis</i>	F, A gravidní	tenké střevo: 3x <i>Hymenolepis</i> ; tl.střevo: 1x <i>Trichuris muris</i>
25	<i>Apodemus sylvaticus</i>	F, A	negativní
26	<i>Apodemus flavicollis</i>	M, A	negativní
27	<i>Apodemus flavicollis</i>	F, A gravidní	tenké střevo: 2x <i>Hymenolepis</i> , 1x <i>Heligmosomoides polygyrus</i> ; tl.střevo: 1x <i>Trichuris muris</i>
28	<i>Apodemus flavicollis</i>	F, A	negativní
29	<i>Apodemus flavicollis</i>	M, A	tenké střevo: 5x <i>Heligmosomoides polygyrus</i>
30	<i>Apodemus sylvaticus</i>	F, A	negativní
31	<i>Apodemus sylvaticus</i>	F, A	negativní
32	<i>Apodemus flavicollis</i>	F, A	negativní
33	<i>Apodemus flavicollis</i>	F, A	tenké střevo: 9x <i>Hymenolepis</i> játra: boubel