

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zoologie a rybářství



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Drobní savci jako zdroj infekčních stádií parazitů šelem

Diplomová práce

Bc. Tereza Velechovská

Zájmové chovy zvířat

prof. Ing. Ivana Jankovská, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Drobní savci jako zdroj infekčních stádií parazitů šelem" 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 _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala paní prof. Ing. Ivaně Jankovské, Ph.D. za odborné vedení, vstřícný přístup, ochotu a za užitečné rady při psaní mé diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat paní Ing. Vladimíře Sedlákové, Ph.D. za pomoc při realizaci experimentální části práce.

Drobní savci jako zdroj infekčních stádií parazitů šelmy

Souhrn

Hlodavci představují významnou a početnou skupinu drobných až středně velkých savců. Hlodavci působí nejen jako užitečné organismy, ale rovněž jako škůdci a přenašeči patogenů. Obývají všechny části zemského povrchu, od tropů až po polární oblasti. Jsou považováni za rezervoáry a přenašeče různých infekčních chorob, které jsou přenášeny na šelmy i na lidi po celém světě. Hlodavci jsou zejména meziphostiteli řady gastrointestinálních parazitů, mezi něž patří početní zástupci helmintů. Psovité a kočkovité šelmy jsou považovány za rezervoáry pro širokou škálu zoonotických parazitů, jsou definitivními hostiteli několika druhů gastrointestinálních parazitů (např. *Toxoplasma gondii*, *Echinococcus multilocularis*, *Echinococcus granulosus* a další) a vylučují nezralá stadia vajíček výkaly, čímž kontaminují životní prostředí.

Hlodavci zkoumaní v této diplomové práci byli odchyceni v říjnu v roce 2019 v Krušných horách a podrobeni helmintologické pitvě. Jednalo se o druhy: norníka rudého (*Myodes glareolus*), myšice lesní (*Apodemus flavicollis*) a myšice křovinná (*Apodemus sylvaticus*). U parazitů byly zjišťovány bubele na játrech a v gastrointestinálním traktu (tenké střevo, tlusté střevo) z odchycených a usmrcených hlodavců. Na základě morfologických charakteristik helmintů došlo k diagnostice jednotlivých druhů parazitů a za pomoci mikroskopického vyšetření byli identifikováni.

Z celkového počtu 63 zkoumaných hlodavců bylo parazitologicky pozitivních 33,33 % (21/63). Z počtu pozitivních hlodavců bylo 28,57 % (6/21) jedinců parazitologicky pozitivních na nález na játrech a 66,67 % (14/21) jedinců pozitivních na nález na gastrointestinálním traktu. Jeden hlodavec byl pozitivní na játrech i na gastrointestinálním traktu a dosahoval tak 4,76 % (1/21). U vyšetřovaných hlodavců byla nalezena larvální stadia tasemnice *Hydatigera kamiyai* a u jednoho hlodavce byly nalezeny larvální stadia *Mesocestoides* volně v celé břišní dutině. V tenkém střevě se objevovaly nejčastěji krevsající hlístice skupiny Strongylida a hlístice rodu *Heligmosomoides*. V tlustém střevě bylo nejvíce zastoupených hlístic rodu *Trichuris* a *Syphacia*. Hlodavci, kteří jsou přirozeným rezervoárem mnoha rozmanitých zoonotických onemocnění, představují významnou hrozbu pro lidské zdraví. Z tohoto důvodu jsou hlodavci pro člověka značně ohrožení.

Klíčová slova: parazit, larvální stádium, myšice, hraboš, šelmy

Small mammals as a source of infectious stages of *Carnivora* parasites

Summary

Rodents are an important and numerous group of small to medium-sized mammals. Rodents act not only as beneficial organisms but also as pests and vectors of pathogens. They inhabit all parts of the Earth's surface, from the tropics to the polar regions. They are considered reservoirs and carriers of various infectious diseases that are transmitted to carnivores and humans worldwide. Rodents in particular are intermediate hosts for a number of gastrointestinal parasites, including numerous helminth representatives. Canids and felids are considered reservoirs for a wide range of zoonotic parasites, are definitive hosts for several species of gastrointestinal parasites (e.g. *Toxoplasma gondii*, *Echinococcus multilocularis*, *Echinococcus granulosus* and others) and shed immature egg stages in faeces, thereby contaminating the environment.

The rodents studied in this thesis were captured in October 2019 in the Ore Mountains and subjected to helminthological dissection. The species were: bank vole (*Myodes glareolus*), yellow-necked mouse (*Apodemus flavicollis*) and wood mouse (*Apodemus sylvaticus*). Parasites were found in the liver and gastrointestinal tract (small intestine, large intestine) of captured and killed rodents. The morphological characteristics of helminths were used to diagnose each parasite species and identify them by microscopic examination.

Of the 63 rodents examined, 33,33 % (21/63) were parasitologically positive. Of the positive rodents, 28,57 % (6/21) were parasitologically positive for liver and 66,67 % (14/21) were positive for gastrointestinal tract. One rodent was positive for both liver and gastrointestinal tract, accounting for 4,76 % (1/21). In the rodents examined, larval stages of the tapeworm *Hydatigera kamiyai* were found and in one rodent, larval stages of *Mesocestoides* were found loose throughout the abdominal cavity. In the small intestine, blood-sucking nematodes of the Strongylida group and nematodes of the genus *Heligmosomoides* were the most common. In the large intestine, the most abundant nematodes were of the genera *Trichuris* and *Syphacia*. Some species have zoonotic potential due to infection of humans by the larval stage. Rodents, which are the natural reservoir of many diverse zoonotic diseases, pose a significant threat to human health. For this reason, rodents pose a significant threat to humans.

Keywords: parasite, larval stage, mouse, vole, carnivores

Obsah

1 Úvod	7
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	8
3 Literární rešerše	9
3.1 Prvoci (Protozoa)	9
3.1.1 Coccidia	9
3.1.1.1 Kokcidie kočičí (<i>Toxoplasma gondii</i>).....	10
3.2 Tasemnice (Cestoda)	14
3.2.1 Rod <i>Echinococcus</i>	14
3.2.2 <i>Hydatigera kamiyai</i> (<i>Hydatigera taeniaeformis</i>).....	18
3.2.3 <i>Versteria mustelae</i>	18
3.3 Hlístice (Nematoda)	19
3.3.1 Škrkavky rodu <i>Toxocara</i>	19
3.3.2 Škrkavky rodu <i>Toxascaris</i>	23
3.3.2.1 <i>Toxascaris leonina</i>	23
3.4 Hlodavci jako meziphostitelé	24
3.4.1 Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	25
3.4.2 Myšice křovinná (<i>Apodemus sylvaticus</i>)	26
3.4.3 Norník rudý (<i>Myodes glareolus</i>)	26
3.4.4 Hraboš polní (<i>Microtus arvalis</i>)	27
3.4.5 Hryzec vodní (<i>Arvicola amphibius</i> , dříve <i>Arvicola terrestris</i>).....	27
3.4.6 Hrabošík iberský (<i>Microtus lusitanicus</i>).....	28
4 Metodika	29
4.1 Odchyt a uchování zvířat	29
4.2 Helmintologická pitva a diagnostika parazitů	29
4.3 Fixace vzorků	30
4.4 Mikroskopování parazitů	30
4.5 Použité pomůcky a chemikálie	30
5 Výsledky	31
5.1 Identifikace a fotodokumentace parazitů	34
5.2 Statistické šetření	38
6 Diskuze	40
7 Závěr	43
8 Literatura	44
9 Seznam použitých zkratk a symbolů	51
10 Samostatné přílohy	52

1 Úvod

Hlodavci jsou nejpočetnější skupinou savců na světě a jsou nejčastějšími nositeli velkého množství patogenů (Kay & Hoekstra 2008). Řád hlodavců (Rodentia) zahrnuje přes 2000 druhů představujících 40 % všech savců (Delaney et al. 2018). Vyskytují se na všech kontinentech kromě Antarktidy a ve všech biotopech (od vyprahlých pouští po arktickou tundru) kromě oceánu. Jejich ekologický úspěch byl z velké části připisován jejich široké škále stravy, malé velikosti a sklonu k rozmnožování (Kay & Hoekstra 2008).

Hlodavci jsou rezervoárem pro mnoho různých patogenů, častými hostiteli celé řady parazitů a původci některých zoonóz. Jelikož dochází k častému kontaktu mezi volně žijícími hlodavci a domácími zvířaty, je přenos těchto agens častý. Kočkovité a psovitě šelmy se stávají častými definitivními hostiteli parazitů právě díky potravním návykům, kdy pozrou napadeného hlodavce.

Hlodavci tvoří důležitou součást potravy mnoha masožravých druhů. Tento potravní řetězec predátor – kořist je využíván parazitickými helminty, jako jsou tasemnice, jejichž larvální stádia se vyvíjejí u hlodavců a poté dospívají do dospělého stádia u predátorů (masožravých savců i dravých ptáků). Úloha hlodavců jako mezihostitelů tasemnic využívajících tento způsob přenosu (zejména čeledi Taeniidae a Mesocestoididae) je proto nepostradatelná pro dokončení jejich životního cyklu (Bajer et al. 2020).

Je potřeba dbát na řádnou hygienu a prevenci, která může předejít vážným následkům nakažení právě těmito parazity. Ve spojitosti s tím si můžeme pokládat otázku, zdali se tomuto tématu věnuje dostačující pozornost. Tato diplomová práce se bude primárně zabývat nejčastějšími zástupci parazitů u drobných hlodavců – v praktické části především u norníka rudého, myšice lesní a myšice křovinné, kteří se obvykle vyskytují v blízkosti psovitých a kočkovitých šelem nejvíce. Ve studii Delaney et al. (2018) uvádějí, že zatímco byli hlodavci příčinou nebo se podíleli na přenosu nemocí, které vedly k lidským pandemiím, přispěli také geneticky modifikovaní hlodavci významně k pokroku v biomedicinském výzkumu.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cíl práce:

Cílem práce bylo zmapovat zatížení drobných savců ve vybrané lokalitě parazitickými helminty a jejich larválními stádii.

Hypotéza:

Drobní savci obsahují infekční stadia parazitů šelem.

3 Literární rešerše

Hlodavci tvoří nejhojnější a nejrozmanitější řád žijících savců, kteří představují asi 40 % z celkového počtu druhů savců (Huchon et al. 2002). Tento rozmanitý řád zahrnuje členy obývající všechny kontinenty, ať už přirozeně nebo člověkem vytvořeném prostředí. Hlodavci se podílejí na přenosu nemocí (Delaney et al. 2018) a jsou hostiteli největší rozmanitosti zoonotických patogenů ve srovnání s jinými savci. Je o nich známo, že přenášejí různé patogeny (Egan et al. 2024). Mnoho malých šelem zařazuje hlodavce do svého jídelníčku. Hlodavci jsou obecně považováni za škůdce a jejich význam pro společenstvo malých šelem je přehlížen. Přežití některých šelem je do značné míry závislé na hlodavcích (Mukherjee et al. 2004).

3.1 Prvoci (Protozoa)

3.1.1 Coccidia

Kokcidie jsou rozmanitou skupinou parazitických prvoků. Od svého prvního popisu v 19. století byly kokcidie nalezeny téměř u každého zkoumaného zvířete včetně člověka (Tenter et al. 2002). Kokcidie se běžně vyskytují ve střevním traktu. Prakticky všichni teplokrevní živočichové včetně člověka jsou běžně infikováni kokcidiemi. Až do objevu životního cyklu *T. gondii* v roce 1970 byly kokcidie považovány za hostitelsky specifické parazity s infekcí obecně omezenou na střeva. Kromě toho byly kokcidie psů a koček zařazeny do rodu *Isospora* a předpokládalo se, že mají malý nebo žádný biologický nebo klinický význam. Od roku 1970 bylo zkoumáno mnoho studií o biologickém významu psích a kočičích kokcidií a nyní jsou klasifikovány do několika odlišných rodů: *Toxoplasma*, *Neospora*, *Isospora*, *Hammondia*, *Besnoitia*, *Sarcocystis*, *Cryptosporidium* a *Cyclospora* (Dubey et al. 2009). Ačkoli kokcidiózní parazité jsou známi v kočičích a psích výkalech již více než sto let, až do roku 1970 bylo zjištěno jen málo o jejich klinickém významu nebo významu pro veřejné zdraví. Až do zprávy Wenyona (1923) se předpokládalo, že ve výkalech koček a psů je přítomen pouze jeden druh kokcidií. Wenyon (1923) jako první rozlišil, že u koček a psů existují nejméně tři druhy kokcidií a to na základě velikosti oocysty: velké oocysty, střední oocysty a malé oocysty. Pojmenoval kokcidie s velkými oocystami jako *Isospora felis* u koček a *Isospora canis* u psů. Až do objevu životního cyklu *Toxoplasma gondii* se mělo za to, že kokcidie mají přímý fekálně-orální cyklus (Dubey & Lindsay 2019).

Kokcidie mají pohlavní a nepohlavní cyklus, což vede k produkci ekologicky odolného stádia – oocysty. U některých rodů, jako je *Sarcocystis*, se nepohlavní a pohlavní cykly vyskytují u různých hostitelů, zatímco u *Isospora* se oba cykly mohou vyskytovat u stejného hostitele. Pouze nepohlavní cyklus se vyskytuje u nekočičích hostitelů – hlodavců. Hostitel, který vylučuje oocystu, se nazývá definitivní hostitel a hostitelé, ve kterých dochází pouze k nepohlavnímu cyklu, se nazývají mezihostitelé (Dubey et al. 2009).

Kokcidie jsou paraziti běžní u savců a ptáků parazitující na střevní stěně a způsobují enteritidu (zánět tenkého střeva), která může způsobit vážné ekonomické ztráty chovatelům kuřat, ovcí a skotu. Až dosud byly kokcidie považovány za parazity omezené na jednoho hostitele a přenášené pouze vejčitými oocystami vylučovanými stolicí. Na druhé straně *Toxoplasma*, u které bylo nedávno prokázáno, že má kokcidické vlastnosti, má širokou škálu

hostitelů. Frenkel & Dubey (1972) zjistili, že myši, krysy a křečci mohou sloužit jako přenašeči pro kokcidie *Isospora felis* a *Isospora rivolta* z domácích koček (Frenkel & Dubey 1972).

Voříšek et al. (1998) popsali kokcidie *Frenkelia*, u nichž byly specifikovány dva rody – *Frenkelia microti* a *Frenkelia glareoli*. Definitivním hostitelem jsou draví ptáci a mezihostitelem hlodavci (hraboš polní, norník rudý). Jejich vývoj je podobný jako u rodu *Sarcocystis*. Embryonovaná vajíčka obsahují nepohlavně se množící merozoity, které jsou infekční pro konečného hostitele. Po požití dravým ptákem napadají střevní epitel. Infekční oocysty jsou následně vylučovány výkaly a po požití mezihostitelem napadnou nejprve játra, nepohlavně se rozmnoží a poté migrují do mozku, kde se vyvinou embryonovaná vajíčka. Životní cyklus *Frenkelia* se liší od rodu *Sarcocystis* pouze tím, že se infekční embryonovaná vajíčka u mezihostitele vyvíjí v mozku, ale ne ve svalech (Voříšek et al. 1998).

Dalším rodem kokcidií jsou *Eimeria*, do kterých patří *Eimeria falciformis* – první kokcidie popsána u myši domácí a *Eimeria vermiformis* v roce 1971 (Jarquín-Díaz et al. 2019). Rod *Eimeria* z kmene Apicomplexa zahrnuje více než 1 800 druhů, z nichž každý infikuje odlišného hostitele. Tito parazité obvykle infikují střevní tkáň a dokončují celý svůj životní cyklus v jediném hostiteli (Huang et al. 2018). *E. falciformis* se vyvíjí ve slepém a tlustém střevě, zatímco *E. vermiformis* se nachází v tenkém střevě (Shibley et al. 1989).

3.1.1.1 Kokcidie kočičí (*Toxoplasma gondii*)

Toxoplasma gondii je střevní kokcidie (Dubey et al. 2009), jejichž hlavním hostitelem jsou kočkovité šelmy (House et al. 2011). Jedná se o intracelulárního parazita, který dokončuje svůj životní cyklus v tenkém střevě koček, kde podléhá pohlavnímu rozmnožování za vzniku oocyst. Tyto nesporulované oocysty se vylučují stolicí infikované kočky. Po vývoji v prostředí, nazývaném sporulace, jsou sporulované oocysty požitý mezihostitelem, následně uvolňují sporozoity, které infikují buňky střeva a lymfatických uzlin a transformují se do rychle se dělícího nepohlavního stádia nazývaného tachyzoit (Tong et al. 2021).

Toxoplasma gondii má složitý životní cyklus a specifická stádia (Saraf et al. 2017). Mezi tři stádia životního cyklu patří: 1) rychle se množící tachyzoity (Khan & Grigg 2017), které jsou zodpovědné za systémovou invazi během primární infekce, 2) pomalu rostoucí bradyzoit, spojený s chronickou infekcí (Saraf et al. 2017), přenosné stádium nalezené ve tkáních (Khan & Grigg 2017), 3) sporozoit, pohlavně produkovaný ve zralých oocystách (Saraf et al. 2017). Tachyzoity se šíří do dalších částí těla a jejich rychlé množení vede k akutní toxoplazmóze, která se vyznačuje mírnými až závažnými klinickými příznaky v závislosti na postiženém orgánovém systému a imunitním stavu hostitele. Po tomto akutním stádiu dochází k tvorbě tkáňových cyst obsahujících pomalu se množící stádium bradyzoitu. Tyto tkáňové cysty, které se typicky tvoří v mozku, játrech a svalech, mohou přetrvávat po celý život mezihostitele. Po požití kočkou se bradyzoity uvolňují z tkáňových cyst a podléhají nepohlavnímu rozmnožování v epitelu tenkého střeva kočky, po kterém následuje pohlavní rozmnožování a produkce oocyst. Pokud dojde k infekci během gravidity, mohou se tachyzoity přenést na plod mezihostitele. Mohou být spojeny se závažnými klinickými následky v závislosti na načasování infekce a zúčastněném mezihostitelském druhu (Tong et al. 2021).

K infikování myši lze použít všechna tři stádia, ale infekce různými formami může mít různé výsledky, pokud jde o virulenci. Vyšší patogenita oocyst je zřejmá i z jiných studií, ve kterých myši infikované orálně 10 oocystami zemřely do dvou týdnů, ale myši orálně infikované 10 tkáňovými cystami nezpůsobily žádnou infekci. Mezi třemi infekčními stádii parazita jsou oocysty obecně virulentnější. Kromě toho jsou oocysty odolné vůči životnímu prostředí vysoce infekční, a proto nebezpečné pro práci s nimi, zatímco tachyzoity a bradyzoity snadno uhynou i ve vodě (Saraf et al. 2017).

Přenos *T. gondii* je také usnadněn jeho schopností modifikovat chování svého hostitele. Někteří parazité mohou změnit chování hostitele ve svůj vlastní prospěch. Klasické příklady se týkají přenosu prostřednictvím potravního řetězce, kdy je parazit nezralý v mezihostiteli, který musí být pozřen predátorským definitivním hostitelem, než parazit může dosáhnout dospělosti a dokončit svůj životní cyklus (Webster 2007). Kočky se nakazí, když požrou infikovanou kořist. Parazit podléhá gametogenezi v kočičích střevech, což vede k případnému vylučování oocyst výkaly, které jsou pozřeny mezihostiteli (Vyas 2015). Parazit manipuluje s chováním svého mezihostitele tak, aby zvýšil svůj přenos na definitivního hostitele. *Toxoplasma gondii* je přesvědčivým příkladem takového manipulativního parazita. Jedinými definitivními hostiteli jsou zástupci čeledi kočkovitých (*Felidae*), v jejichž těle paraziti procházejí plnou gametogenezi a pářením ve střevním epitelu, což vyvrcholí tvorbou oocyst, které se vylučují kočičími výkaly (Webster 2007). Vstup do kočky je pro parazita důležitý, protože umožňuje vypouštění infekčních a odolných oocyst do životního prostředí (Vyas 2015). Tyto oocysty jsou vysoce infekční a extrémně stabilní v prostředí. Pokud jsou oocysty pozřeny mezihostitelem (hlodavec nebo jiný sekundární hostitel – člověk nebo domácí zvíře), parazit podléhá nepohlavnímu rozmnožování charakterizovanému rychle se dělicími tachyzoity a pomaleji se dělicími bradyzoity. Ty se mohou usazovat v mozku, srdci a v dalších tkáních, kde zůstávají potenciálně po celý život hostitele. K přenosu zpět na kočičího definitivního hostitele dochází, když kočka pozře tkáň infikovanou bradyzoity predací nebo konzumací kontaminovaného masa. Vzhledem k tomu, že pohlavní rozmnožování *T. gondii* může být provedeno pouze u kočkovitých šelem, existují silné selekční tlaky na parazita, aby si vyvinul mechanismy, které by zvýšily přenos z mezihostitele na definitivního kočičího hostitele a tím dokončily jeho životní cyklus. Záliba *T. gondii* usadit se v mozku jeho mezihostitele, ji staví do privilegované pozice pro vyvolání takové manipulace. Úrovně prevalence se značně liší v závislosti na expozici, ale u psů, králíků a mořských vyder mohou překročit 50 %, 60 % u myši, potkanů a volně žijících ptáků a 70 % u koček, medvědů, jelenů a lidí (Webster 2007).

Hlodavci usnadňují dokončení životního cyklu parazita jako kořisti pro kočky. Mohou ukrývat *T. gondii* v různých tělesných tkání, včetně svalové a mozkové tkáně. V mnoha rozvojových zemích jsou kočky často chovány v okolí domácností a statků tam, kde probíhá časté hubení hlodavců. V takových situacích se zvyšuje kontaminace prostředí oocystami, což usnadňuje infekci mezihostitele. Hlodavci mohou také přenášet *T. gondii* přímo na člověka, protože hlodavci jsou běžným zdrojem potravy pro kočky (Krijger et al. 2019). Není však jasné, zda je úlohou hlodavců poskytovat stálý rezervoár parazitární infekce pro kočky chované na farmách nebo zda hlodavci hrají přímou roli v přenosu parazita na prasata (Kijlstra et al. 2008).

Mezihostitelem může být člověk, hlodavec a další teplokrevná zvířata (House et al. 2011). Většina koček se nakazí pozřením mezihostitelů infikovaných tkáňovými cystami (Dubey et al. 2009). Hlodavci jsou považováni za mezihostitele různých patogenů a hrají roli

při přenosu několika infekčních chorob na zvířata a na lidi. Ve studii Kijlstra et al. (2008) bylo prokázáno, že hlodavci přenášejí infekční *T. gondii* na zvířata. Hlodavci mohou přenášet mnoho patogenů přímo a lze je považovat za jednu z hlavních cest přenosu *T. gondii* na šelmy a hospodářská zvířata. Některá zvířata mohou hlodavce náhodně pozřít. Mohou dokonce konzumovat mrtvé hlodavce a tím požírat tkáňové cysty. Míra přenosu v přirozené populaci hlodavců je 75 % (Meerburg et al. 2012). Je známo, že pouze kočky produkují oocysty *T. gondii*. Někteří obratlovci a bezobratlí však mohou být transportním hostitelem pro oocysty *T. gondii*. Psi mohou pozřít kočičí výkaly infikované oocystami *T. gondii* a tyto oocysty poté mohou projít psími výkaly. Kromě toho se psi mohou válet ve výkalech infikovaných koček a lidé se pak mohou nakazit mazlením s těmito psy (Dubey et al. 2009).

Kočkovité šelmy jsou definitivními hostiteli (Krijger et al. 2019) a jedinými známými hostiteli, u kterých dochází k pohlavnímu rozmnožování parazita, což má za následek šíření oocyst do prostředí defekací a hrají tak klíčovou roli při přenosu *T. gondii* (Saraf et al. 2017). Přítomnost vylučovaných oocyst v prostředí umožňuje příjem *T. gondii* četnými druhy teplokrevných živočichů, kteří působí jako mezihostitelé (Krijger et al. 2019). *Toxoplasma gondii* indukuje širokou škálu změn chování u infikovaných myší a potkanů, které jsou pro parazita prospěšné (Voříšek et al. 1998). *T. gondii* je také přenášena samčím ejakulátem u potkanů. Samci infikovaní toxoplasmou se stávají atraktivnějšími pro samice. Neinfikované samice tráví víc času v blízkosti infikovaných samců a umožňují jim lepší přístup k reprodukci. Tato pozorování naznačují druhou parazitickou manipulaci s chováním hostitele, kdy infikovaní jedinci vytváří větší možnosti pro přenos samotného parazita (Vyas 2015). *T. gondii* se nachází v ejakulátech potkanů a několika dalších druhů (ale ne u myší). *T. gondii* navíc zvyšuje syntézu testosteronu, který snižuje strach a úzkost (Tong et al. 2021).

Toxoplasma gondii je schopna infikovat kteréhokoli teplokrevného živočicha na celém světě. U lidí jsou infekce *T. gondii* celoživotní, chronicky se nakazí přibližně třetina světové populace. Ačkoli je infekce *T. gondii* normálně kontrolována imunitním systémem hostitele, ale přesto může vést k různým klinickým selháním u jedinců s narušeným nebo potlačeným imunitním systémem. Po proniknutí do střeva se paraziti rychle šíří po celém těle (Khan & Grigg 2017). U jedinců s oslabeným imunitním systémem jako jsou pacienti s AIDS, může reaktivace chronické infekce způsobit život ohrožující encefalitidu. *Toxoplasma gondii* je schopna infikovat extrémně širokou škálu savců a ptáků a způsobit potenciálně smrtelné onemocnění u lidí (Saraf et al. 2017). Chronická infekce snižuje averzi hlodavců vůči kočičím pachům, což pravděpodobně zvyšuje predaci definitivním kočkovitým hostitelem (Vyas 2015). Laboratorní myši jsou obecně citlivé na infekci *T. gondii* a často se používají jako preferovaný zvířecí model k určení virulence parazita. Myš domácí (*Mus musculus*) byla použita jako primární laboratorní zvířecí model pro stanovení virulence kmenů *T. gondii*. Epidemiologické důkazy také naznačují potenciální souvislost mezi virulencí u myší a závažností onemocnění u lidské toxoplazmózy. Měření virulence však může ovlivnit mnoho faktorů, včetně cesty infekce a životního stádia parazita. Virulence kmenů *T. gondii* u myší se liší v závislosti na genetickém pozadí parazitů. Některé genotypy *T. gondii* jsou smrtelné pro všechny kmeny myší bez ohledu na dávku podávaných parazitů, zatímco jiné genotypy jsou při nízké dávce očkování neletální a mohou u myší snadno vyvolat chronickou infekci. Genotypy převládající v Evropě, Severní Americe, severní Africe a Asii jsou pro myši při nízké infekční dávce neletální, zatímco velká část kmenů *T. gondii* identifikovaných v Jižní Americe je pro myši vysoce smrtelná. Odhaduje

se, že jedna třetina světové lidské populace je chronicky infikována tímto parazitem. Lidé se nakazí požitím oocyst z kontaminovaných potravin a vody, konzumací nedostatečně tepelně upraveného masa obsahujícího tkáňové cysty nebo přenosem z matky na plod. Primární infekce u jedinců je většinou asymptomatická, ale v některých případech může vést k oční toxoplazmóze (Saraf et al. 2017). Infekce může také nastat prostřednictvím infikovaných transplantací orgánů nebo prenatálně, pokud se matka během těhotenství nakazí toxoplazmózou. U zdravých osob je toxoplazmóza obvykle asymptomatická. Vrozené infekce mohou později v životě vést k neurologickým či očním problémům (Krijger et al. 2019).

T. gondii byla poprvé separovaná z tkání pouštního hlodavce podobného africkému křečkoví známého jako *Ctenodactylus gundi*, který byl použit jako zvířecí model ke studiu leishmanie v laboratoři Charlese Nicolleho v Tunisu. Ve stejné době objevil Splendore stejného parazita u králíka v Brazílii (Khan & Grigg 2017). Ve studii House et al. (2011) zkoumali vědci ze Stanfordovy univerzity infikované samce potkanů. Potkani stejně jako hlodavci prchají před pachem kočičí moče. Pokud jsou nakaženi *T. gondii*, ztrácejí strach z koček a jejich pach je naopak přitahuje. Kočkovitá šelma, která hlodavce uloví se následně infikuje. *Toxoplasma* se může pohlavně rozmnožovat jen v těle kočkovitých šelem.

Tong et al. (2021) také popsali výzkum na laboratorních potkanech. Pokud byl laboratorně odchovaný potkan umístěn do krabice s několika kapkami kočičí moči v jednom rohu, tak se tomuto rohu vyhnul. Potkani mají vrozený strach z náznaku, že je poblíž kočkovitá šelma, proto začal potkan vylučovat stresové hormony a zvýšil ostražitost. Pokud byl do stejné krabice umístěn potkan, který byl dříve infikován *T. gondii*, tak se rohu s kočičí močí nevyhýbal. Některé infikované potkany dokonce zápach přitahuje. Jinými slovy, *T. gondii* odstraňuje vrozený strach a přeměňuje ho alespoň u některých jedinců na přitažlivost. Vysvětlením je, že pro *T. gondii* je prospěšné, když kočkovitá šelma pozře nebojácného infikovaného potkana, protože poté tvoří v definitivním hostiteli – kočkovité šelmě gamety a vylučuje je stolicí ve formě oocyst. *Toxoplasma gondii* tedy manipuluje s chováním svého meziphostitele, aby zvýšila svůj přenos.

V Thajsku byla zjištěna prevalence nákazy 4,6 % z odebraných hlodavců. Jiné studie ukázaly, že infekce hlodavců mohou dosahovat až 73 % v závislosti na druzích hlodavců, zeměpisné oblasti a ročním období. Části jihovýchodní Asie jsou pro lidi oblastí s vysokou prevalencí. Ve studiích z roku 2002 se prevalence u těhotných žen z Asie pohybovala od 42 % do 49 %. Situace se v jednotlivých zemích liší, protože výzkum z Vietnamu uvádí prevalenci u těhotných žen 11,2 % a výzkum z roku 2012 uvádí prevalenci 10,3 % u japonských těhotných žen (Krijger et al. 2019).

3.2 Tasemnice (Cestoda)

3.2.1 Rod *Echinococcus*

Echinococcus je rod tasemnic, který zahrnuje devět druhů (Massolo et al. 2022). *Echinococcus granulosus* byl poprvé popsán Batschem v roce 1786 a *Echinococcus multilocularis* byl poprvé popsán Leuckartem v roce 1863 (Adolph & Peregrine 2021). V polovině 19. století popsal Rudolf Virchow morfologické znaky larválního stadia *E. multilocularis* u lidských pacientů. Od *E. granulosus* se liší vzhledem alveolárního koloidu, malými váčky obsahujícími gelovou strukturu a přítomností relativně malého počtu protoskolexů (Knapp et al. 2015). Dospělá stádia obou tasemnic jsou pouze několik milimetrů dlouhá (Adolph & Peregrine 2021) a žijí ve střevní dutině definitivního hostitele, kterým je masožravec (obvykle psovité šelma) (Martini et al. 2022).

E. multilocularis se vyskytuje na většině severní polokoule (Evropa, Asie a Severní Amerika) (Adolph & Peregrine 2021). V Evropě koluje *E. multilocularis* hlavně mezi liškou obecnou (*Vulpes vulpes*) jako definitivním hostitelem a jako mezihostitelem u několika druhů hrabošovitých (Arvicolinae) (Martini et al. 2022) a příležitostně i u zajícovitých (Knapp et al. 2015). Definitivními hostiteli *E. granulosus* jsou především psi a v menší míře divoké psovité šelmy, které vylučují infekční vajíčka do prostředí ve výkalech. *E. multilocularis* se vyskytuje především u divokých psovitých šelem (polární liška, kojot, psík mývalovitý, vlk) jako definitivním hostitelem (Adolph & Peregrine 2021). Bariselli et al. (2023) udávají, že mezi definitivní hostitelské druhy v Evropě patří liška obecná (*Vulpes Vulpes*), vlk obecný (*Canis lupus*), šakal obecný (*Canis aureus*), rys ostrovid (*Lynx lynx*), mýval severní (*Procyon lotor*), kuna skalní (*Martes foina*) a medvěd hnědý (*Ursus arctos*) (Bariselli et al. 2023).

Rozšíření *E. multilocularis* je omezeno přítomností hlodavců, kteří jsou pro tento druh důležitými mezihostiteli, protože mají holarktické rozšíření. Byla nalezena silná korelace mezi rozšířením *Microtus arvalis* a *E. multilocularis* v Evropě. Ve studii Massolo et al. (2022) bylo však prokázáno, že *E. multilocularis* provádí výměnu hostitelů a je známo mnoho kompetentních mezihostitelů. *E. multilocularis* je schopna infikovat širokou škálu mezihostitelů a definitivních hostitelů. Více než 40 druhů drobných savců bylo hlášeno jako mezihostitelé této tasemnice (Massolo et al. 2022). Bylo zjištěno, že vajíčka *Taenia* a *E. granulosus* mohou přežít mimo své hostitele v půdě až 250 dní, respektive 41 měsíců (Thevenet et al. 2010).

E. multilocularis je charakterizován převážně svým životním cyklem, který zahrnuje dva savčí hostitele: hlodavce jako mezihostitele a divoké šelmy jako definitivní hostitele (Knapp et al. 2015). Dospělci se pohlavně rozmnožují ve střevě masožravce a vajíčka jsou uvolňována s posledními proglotidy dospělých tasemnic do střev a následně do prostředí s výkaly (Massolo et al. 2022). Poslední článek plný vajíček se uvolňuje a regeneruje přibližně v týdenních intervalech (Saari et al. 2019). Náhodné pozření vajíček mezihostitelem vede k uvolnění onkosfér, které se dostanou do cílových orgánů (nejčastěji jater a plic) a vyvinou se do stadia metacestody, rozmnožující se nepohlavně až do dozrávání protoskolexů (Massolo et al. 2022). Santa et al. (2021) ve své studii uvádějí, že paraziti přenášeni prostřednictvím

predátor – kořist mohou měnit interakce mezi hostitelem. Paraziti mohou manipulovat s chováním meziphostitele (kořisti), čímž zvyšují jeho náchylnost k predaci a tím i pravděpodobnost, že se parazit dostane k definitivnímu hostiteli. Manipulace s hostitelem je běžnou strategií parazitů. V případě *E. multilocularis* neexistuje žádný přímý důkaz zvýšené náchylnosti vůči predaci u infikovaných meziphostitelů (Santa et al. 2021).

Volf & Horák (2007) popisují životní cyklus *E. multilocularis* tak, že začíná pozřením vajíček v infikovaném hlodavci a ve střevě se mu uvolní larva. Ta proniká střevní stěnou do krevního řečiště a putuje do jater. Zde vytvoří cystu (metacestodu). Její přítomnost je po několik desítek let asymptomatická, neboť cysta roste pomalu. Jelikož člověk není definitivním hostitelem parazita, larva nedozrává v dospělce, ale naopak stále roste a chová se jako maligní nádor – produkuje metastázy do dutiny břišní, plic, kostí a mozku.

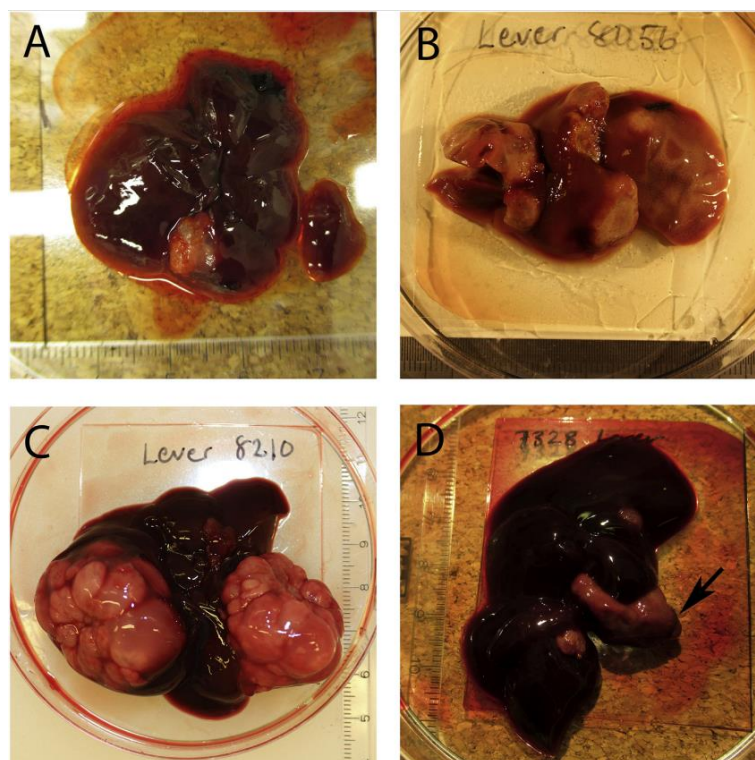


Obrázek 1: Životní cyklus *E. multilocularis* (Saari et al. 2019)

Některé druhy mají zoonotický potenciál (infekce člověka). Kromě detekce infekce v konečném hostiteli je pro stanovení potenciálního přenosu a managementu zoonóz důležitá také znalost role hlodavců v životním cyklu parazita a identifikace druhů parazitů. Několik druhů hrabošovitých (*Arvicolinae*) je považováno za nejdůležitějšího meziphostitele *E. multilocularis*, parazita, který způsobuje jednu z nejzávažnějších parazitárních infekcí u lidí (Miljević et al. 2023). Původcem lidské alveolární echinokokózy (AE) je měchožil bublinatý (*Echinococcus multilocularis*) a původce cystické echinokokózy (CE) je měchožil zhoubný (*Echinococcus granulosus*). Zoonotické přenosy cystické echinokokózy se týkají především domácích zvířat – psů jako definitivních hostitelů *E. granulosus*. Oproti tomu zoonotický přenos alveolární echinokokózy je připisován především zvýšeným kontaktem člověka s definitivním hostitelem (liška obecná, kojot, mýval) (Deplazes et al. 2019), a je u lidí bez léčby smrtelné onemocnění (Miller et al. 2016). Přestože *E. granulosus* proniká hluboko mezi klky tenkého střeva definitivního hostitele, nedochází k patogenním účinkům ani u zvířat s těžkou infekcí. Proto jsou infikovaní definitivní hostitelé typicky asymptomatickými přenašeči parazita. Diagnostika střevní infekce *E. granulosus* u žijících psů je obtížná, protože malé proglotidy vylučované

stolicí jsou obvykle přehlíženy a vajíčka detekovaná koproskopickými technikami nelze světelnou mikroskopií odlišit od vajíček jiných druhů *Echinococcus* nebo *Taenia*. ELISA pro detekci parazitárních antigenů ve stolici se v posledních letech používá ve specializovaných laboratořích. V poslední době byl vyvinut PCR test pro specifickou detekci DNA z vajíček *E. granulosus*. ELISA může být použita jako screeningový test pro jednotlivé psy nebo pro populace psů. Výhodou tohoto testu je, že jedna osoba může denně vyšetřit přibližně 200 vzorků. PCR test lze použít jako vysoce citlivý a specifický sekundární test pro potvrzení nebo vyloučení infekce *E. granulosus*. Prazikvantel je anthelmintikum a je lékem pro léčbu infikovaných psů (Eckert & Deplazes 2004). Má velmi vysokou a spolehlivou účinnost proti zralým a nezralým dospělým stádiím tasemnic ve střevě. Od roku 1977 se široce a úspěšně používá k odčervení psů a koček a v kampaních proti infekcím *E. multilocularis* a *E. granulosus* u psových šelem (Lightowers et al. 2021). Teplota a vlhkost prostředí ovlivňují přežití a infekčnost vajíček, ale neregulují populaci parazitů. Vajíčka *E. granulosus* mohou přežít ve vlhkých podmínkách několik týdnů nebo měsíců v oblastech s teplým i chladným podnebím, ale jsou citlivá na vysychání. Na šíření vajíček se podílí několik faktorů. V oblastech, kde se *E. granulosus* nevyskytuje nebo kde se parazit vyskytuje jen sporadicky, by měla být přijata opatření, aby se zabránilo zavlečení parazita definitivními nebo mezihostitelskými zvířaty (Eckert & Deplazes 2004).

Psi mohou být příležitostně náhodnými mezihostiteli, u kterých se vyvinou metacestody. Po požití vajíček *E. multilocularis* hlodavci se metacestodické stádium vyvíjí nejčastěji v játrech, chová se jako invazivní nádor a vyvolává alveolární echinokokózu (AE) (Adolph & Peregrine 2021). Alveolární echinokokóza je zoonóza způsobená larválním stádiem tasemnice *E. multilocularis* (Saari et al. 2019). Zootonický přenos alveolární echinokokózy je připisován především zvýšeným kontaktem člověka s definitivním hostitelem (liška obecná, kojot, mýval) (Deplazes et al. 2019). Infekce echinokokem v trávicím traktu psa je asymptomatická. Ani mezihostitelé nevykazují žádné známky, zatímco cysty postupně rostou. V určitém okamžiku má infekce za následek selhání jater u mezihostitele, což z něj udělá snadnou kořist pro predátory. Infekce se často zjistí až při pitvě (Saari et al. 2019). AE je považováno za jedno z nejsmrtelnějších parazitárních onemocnění (Martini et al. 2022). Požití vajíček náhodnými hostiteli (např. lidmi, psy) má také za následek nežádoucí účinky. Psi tak mohou být jak definitivními, tak náhodnými mezihostiteli *E. multilocularis*. U psů, koček a divokých psových šelem se po požití hlodavců infikovaných metacestody vyvinou střevní infekce. Klinické příznaky zahrnují bolest břicha, letargii, anorexii a zvracení (Adolph & Peregrine 2021).



Obrázek 2: Makroskopické fotografie jater hlodavců obsahující metacestody *E. multilocularis*. (A) játra z hraboše mokřadního (*Microtus agrestis*) s jednou cystou; (B) játra z hryzce vodního (*Arvicola amphibius*) s mnohočetnými cystami, které neobsahovaly protoskolexy; (C) játra *Arvicola amphibius*, které obsahovaly protoskolexy; (D) játra *Arvicola amphibius* – šipka ukazuje na jedinou cystu vyšetřenou na protokolexy, které chyběly (Miller et al. 2016)

V letech 2013 až 2023 bylo v Srbsku odchyceno celkem 856 drobných savců ze 45 různých lokalit. Morfologicky bylo identifikováno deset různých druhů drobných savců: myšice lesní (*Apodemus flavicollis*) (odchyceno celkem 520), myšice temnopásá (*Apodemus agrarius*) (odchyceno 152), myšice křovinná (*Apodemus sylvaticus*) (odchyceno 34), hraboš polní (*Microtus arvalis*) (odchyceno 48), *Microtus subterraneus* (odchyceno 17), norník rudý (*Myodes glareolus*) (odchyceno 52), krysa obecná (*Rattus rattus*) (odchyceno 10), bělozubka šedá (*Crocidura suaveolens*) (odchyceno 13), bělozubka bělobřichá (*Crocidura leucodon*) (odchyceno 7) a rejsek obecný (*Sorex araneus*) (odchyceno 3). Zvířata byla odchycena pomocí pastí obsahující suché seno a pšeničná zrna v hnízdní budce a byla na ně nastražena návnada v podobě směsi ovesných vloček a sardinek. Nastražené pasti byly brzy ráno zkontrolovány a odchycená zvířata byla ve vhodných klecích převezena do laboratoře. Následně byla odchycená zvířata usmrcena a během pitvy vizuálně vyšetřena na cysty a viditelné léze v orgánech, břišní a hrudní dutině. Všechny tkáňové léze byly uchovávány při teplotě $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ pro další molekulární studie. Miljević et al. (2023) uvádějí, že viditelné léze a cysty byly zjištěny u 57 zvířat (6,7 %). Boubele se vyskytovaly převážně v játrech (75,4 %), což z nich činí nejčastější místo napadení. Po játrech byl druhý nejvyšší výskyt v dutině hrudní (19,3 %). Menší podíl případů se týkal mezenteria a břišní stěny (5,3 %). Všechny pozorované patologické změny vykazovaly charakteristickou morfologii klasických metacestod (Miljević et al. 2023).

E. multilocularis byla nalezena a identifikována ve Švédsku u lišky obecné (*Vulpes vulpes*) zastřelené v prosinci 2010 v obci Uddevalla. Zvýšený celostátní monitoring v průběhu roku 2011 identifikoval tři infikované oblasti ve Švédsku a prevalence u lišek na úrovni jednotlivých zemí byla odhadnuta na přibližně 0,1 %. Tato nízká prevalence zůstala a je zajímavá, protože ve velkých částech Švédska jsou podmínky pro existenci parazita považovány za příznivé. Mezi tyto podmínky patří přítomnost lišky obecné, chladné a vlhké prostředí ideální pro přežití vajíček tasemnic. Nicméně absence nejdůležitějších evropských mezipřenositelů by mohla být limitujícím faktorem pro přítomnost parazita ve švédském prostředí (Miller et al. 2016).

3.2.2 *Hydatigera kamiyai* (*Hydatigera taeniaeformis*)

V poslední době došlo také k dalším změnám, například k popisu nového druhu *Hydatigera kamiyai*, záhadné entity v rámci komplexu druhu *Hydatigera taeniaeformis* (Miljević et al. 2023). Tasemnice patřící do rodu *Hydatigera* jsou střevní parazité, především kočkovitých šelem (Mello et al. 2018). *Hydatigera taeniaeformis* využívá kočkovité šelmy jako definitivní hostitele a hlodavce jako mezipřenositele. Jeho larvální stádium neboli metacestoda infikuje širokou škálu druhů hlodavců a vyvíjí se v jaterním parenchymu do embryonovaných vajíček (Gomez-Puerta et al. 2023). Rod *Hydatigera* se skládá ze čtyř druhů – *H. kamiyai*, *H. taeniaeformis*, *H. krepkogorski* a *H. parva* (Miljević et al. 2023). *Hydatigera taeniaeformis* je rozšířena po celém světě a jeho larvální stádium bylo popsáno u několika druhů hlodavců (Mello et al. 2018). Je rozšířena běžně napříč Evropou až po západní Sibiř a ojediněle byl zaznamenán výskyt i v Japonsku. Pravděpodobně pochází z Asie, ale rozšířila se do celého světa (Miljević et al. 2023). Infekce *Hydatigera taeniaeformis* je rozšířena u volně žijících hlodavců (potkanů, hrabošů a myší) a koček jako hlavní definitivní hostitel (Miljević et al. 2023).

3.2.3 *Versteria mustelae*

Versteria mustelae je tasemnice nově vytvořeného rodu *Versteria* parazitující ve střevech lasicovitých šelem. Mezipřenositelem jsou volně žijící hlodavci, např. hraboš mokřadní či hryzec vodní. Tento druh se vyskytuje v Evropě, Asii a Severní Americe. Vzhledem k tomu, že byl zdokumentován atypický případ infekce u orangutana v jedné zoo v Severní Americe, spekuluje se, zda by druh nemohl mít zoonotický potenciál podobně jako *E. multilocularis* (Lee et al. 2016).

Pomocí morfologické a molekulární analýzy popisují Bagnato et al. (2022) nový rod tasemnice z Argentiny – *Versteria* parazitující u grizonů malých (*Galictis cuja*). Jedná se o první zprávu o rodu *Versteria* v Argentině a o domorodém lasicovitém zvířeti (Bagnato et al. 2022). Psovité a lasicovité šelmy jsou definitivními hostiteli *Taenia* a *Versteria*. Jako mezipřenositelé *Versteria mustelae* byla v Evropě a Asii identifikována řada hlodavců (Deplazes et al. 2019). *Versteria* se skládá ze dvou druhů – *Versteria mustelae* a *Versteria brachyacantha*.

Morfologicky se *Versteria* odlišuje od *Taenia* především menšími rozměry diagnostických znaků – velikostí scolexu, přísavek, počtem, velikostí a tvarem rostelových háčků a počtem varlat (Bagnato et al. 2022). *Versteria mustelae* je až 10 cm dlouhá tasemnice parazitující převážně u lasicovitých šelem. V Evropě byly jako definitivní hostitelé popsáni lasice (*Mustela*), kuna skalní (*Martes foina*), kuna lesní (*Martes martes*) a v USA kuna americká – skalní (*Martes americana*), lasice hranostaj (*Mustela hermine*) a norek americký (*Neovison vison*). Jako mezihostitelé *Versteria mustelae* byla v Evropě a v Asii identifikována řada hlodavců. Ve východním Švýcarsku se *V. mustelae* vyskytovala ve velmi nízké prevalenci u myšice křovinné (*Apodemus sylvaticus*), u norníka rudého (*Myodes glareolus*), u hraboše polního (*Microtus arvalis*), u hraboše mokřadního (*Microtus agrestis*) a u myšice lesní (*Apodemus flavicollis*). Ve Finsku byly jako mezihostitelé *V. mustelae* identifikovány norník rudý (*Myodes glareolus*), hraboš tajgový (*Clethrionomys rutilus*), hraboš mokřadní (*Microtus agrestis*), hraboš hospodárný (*Microtus oeconomus*) a myšice lesní (*Apodemus flavicollis*). Vzácně mohou larvální stádia těchto parazitů způsobit závažné zoonózy (Deplazes et al. 2019).

3.3 Hlístice (Nematoda)

3.3.1 Škrkavky rodu *Toxocara*

Rod *Toxocara* zahrnuje až 26 druhů (Maciag et al. 2022) z nichž dva hlavní druhy jsou uznávány jako zoonotické – *Toxocara canis* a *Toxocara cati* (Holland 2023). *Toxocara canis* a *Toxocara cati* jsou obvykle gastrointestinální helminti psovitých a kočkovitých šelem (Strube et al. 2013). Samci dosahují délky 10 cm, samice až 18 cm (Saari et al. 2019) a mohou produkovat až 200 000 vajíček, která se vylučují do životního prostředí a zvyšují potenciální riziko infekce (Strube et al. 2013). V závislosti na podmínkách prostředí se vajíčka stávají infekčními během 2–6 týdnů nebo několika měsíců (Chidumayo 2020). *Toxocara canis* infikuje především psovitě šelmy (psy, lišky a vlky), zatímco *Toxocara cati* infikuje kočkovité šelmy (Winders & Menkin-Smith 2023). Největší epidemiologický význam mají škrkavky psí a kočičí, jejichž vajíčka jsou na vyšetřovaných lokalitách nejčastěji pozorována. Psi a kočky v zájmovém chovu hrají důležitou roli v přenosu mnoha zoonóz, přičemž *Toxocara* stále přetrvává ve velkých endemických oblastech, a to navzdory dostupnosti vysoce účinných anthelmintik (Gawor & Borecka 2017).

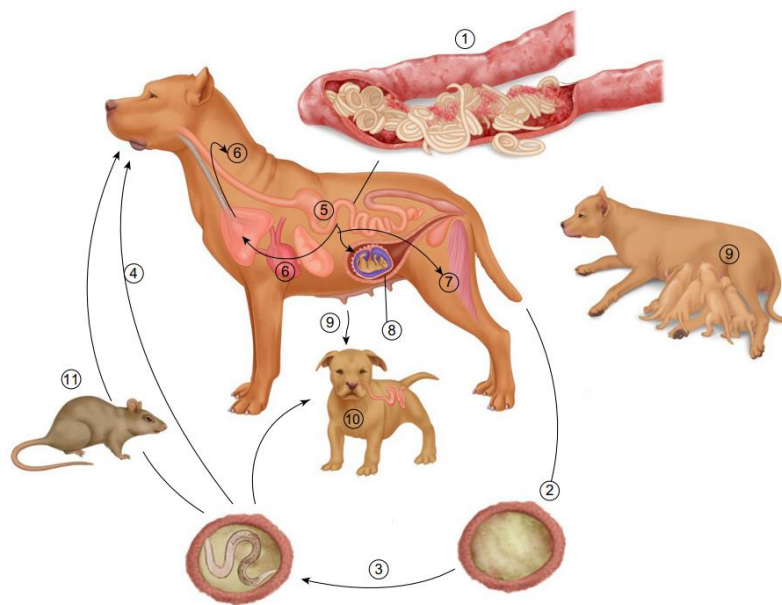
Zoonotické škrkavky *Toxocara canis* a *Toxocara cati* se vyskytují po celém světě. Často se vyskytují i u jiných živočišných druhů, včetně člověka. U těchto paratenických hostitelů se larvy nevyvíjejí do dospělého stádia, ale migrují somatickou tkání a přetrvávají jako infekční stádium po dlouhou dobu (Strube et al. 2013). Jsou dobře přizpůsobeny imunitnímu systému svého hostitele. Ačkoli mohou příležitostně způsobit mírné alergické reakce u svých hostitelů během larválního stádia (období migrace), až do dospělého stádia není pravděpodobné, že by vyvolali závažné patologické změny v tkáních svého definitivního hostitele (Lee et al. 2008). Naproti tomu Strube et al. 2013 ve své studii uvádějí, že tyto larvy mohou způsobovat závažné zánětlivé reakce a následné patologické a klinické projevy. Infikovaní parateničtí hostitelé však také představují potenciální zdroj infekce pro definitivní hostitele nebo lidi, kteří mohou také fungovat jako parateničtí hostitelé (Strube et al. 2013).

I když jsou psi a kočky definitivním hostitelem, larvy mohou také přetrvávat nebo dokonce způsobit závažné onemocnění u různých druhů paratenických hostitelů. Líhnoucí se larvy se chovají v paratenickém hostiteli podobně jako v definitivním hostiteli, nedochází však k vývoji do dospělého stadia a infekční larvy třetího stadia přetrvávají ve tkáních jako vývojově zastavené stádium (Strube et al. 2013). Vajíčka přežívají měsíce bez vývoje larvy i v mrazivých podmínkách a po vývoji larvy zůstávají životaschopná po dobu nejméně 4 týdnů (Maciag et al. 2022). Prevalence v obou hostitelích závisí na prostředí a hygienických podmínkách v okolí. Když jsou vajíčka vylučována do prostředí definitivním hostitelem, nejsou infekční a trvá asi 3–6 týdnů, než se infekčními stanou (Strube et al. 2013). Infikovaní definitivní hostitelé vylučují vajíčka do výkalů, která pak kontaminují prostředí, kde za vhodných podmínek (vlhkost a teplota) zůstávají infekční po několik měsíců nebo dokonce let (Nicoletti 2020). Riziko infekce se zvyšuje s geofagií nebo požíváním půdy a také se špatnou hygienou (Strube et al. 2013). Mezi další způsoby přenosu patří požití orgánů z infikovaných paratenických hostitelů, například hovězích jater nebo přenos vajíček z náčiní kontaminované půdy (Holland 2023). Konzumace syrové zahradní zeleniny může také vést k infekci, pokud došlo ke kontaminaci výkaly definitivním hostitelem (Strube et al. 2013). V poslední době se jako potenciální zdroj infekce uvádí přítomnost embryonovaných vajíček na srsti psů i koček. Na základě dostupných důkazů však existuje nízké riziko přenosu spojené s velmi nízkým počtem embryonovaných vajíček nalezených na srsti (Holland 2023).

Dospělci *Toxocara* žijí v tenkém střevě divokých nebo domácích definitivních hostitelích. Vajíčka obsahující infekční larvy třetího stadia jsou náhodně požitá lidmi z kontaminované syrové zeleniny, z kontaminované půdy, z konzumace nedostatečně tepelně upraveného nebo syrového masa infikovaných paratenických hostitelů a přímým kontaktem s domácími zvířaty. Z požitých vajíček se vyvinou mladé larvy, které procházejí tenkým střevem a migrují do jakéhokoli orgánu oběhovým systémem, což vede k multisystémové zánětlivé tkáňové reakci. Viscerální larva migrans (VLM) a oční larva migrans (OLM) jsou nejčastějšími klinickými projevy, i když většina infekcí zůstává nediodagnostikována kvůli asymptomatické, mírné nebo nespecifické klinické povaze infekce (Nicoletti 2020). V definitivních hostitelích larvy dospívají tehdy, když migrují z gastrointestinálního traktu tkáněmi (obvykle hepatózní plicní cestou) a nakonec se vrací zpět do střev. *Toxocara* také infikuje pestrá škála paratenických hostitelů, ve kterých se z infekčních vajíček vyvinou migrující larvy sídlící v různých tkáních, obvykle v mozku, svalech a játrech a následně infikují nové definitivní hostitele. Malí savci jako jsou krysy a myši jsou vysoce náchylní a jsou schopni hostit parazita (Maciag et al. 2022). Larvy *Toxocara* mohou napadat centrální nervový systém, což vede k neurotoxokaróze. Neurotoxokaróza byla poprvé popsána Beautymanem a Woolfovou v roce 1951 v pitevní studii u dítěte, u kterého byla nalezena larva v levém thalamu. Poté několik pitevních studií popsalo přítomnost *T. canis* v šedé a v bílé hmotě mozku, mozečku a míše (Nicoletti 2020).

Dospělé škrkavky žijí v tenkém střevě psa a samice produkují vajíčka, která se vylučují do prostředí ve výkalech. Během následujících týdnů se uvnitř vajíčka vyvinou infekční larvální formy, infekční vajíčka se dostanou do zažívacího traktu psových šelem a v žaludku se uvolní larva. U štěňat larvy putují přes játra, srdce a dýchací orgány do hltanu, kde je štěně spolkně do trávicího traktu. U psů starších 16 týdnů larvy obvykle neproniknou do dýchacích orgánů, místo toho se rozptýlí do různých částí těla a usadí se na různých místech. Infekce škrkavkou

může přecházet z březí feny na plod již před porodem transplacentárně, jakmile se larvy aktivují blízko konce březosti. K infekci může také dojít, když larvy, které se aktivovaly po porodu, migrují z mléčné žlázy feny do mléka. Transplacentárně získané larvální formy čekají na porod v plicích štěněte a po porodu se vykašlávají a polykají do střeva, aby dozrály. Fena může být reinfikována při čištění štěňat. Infekční vajíčka se mohou dostat do těla meziphostitele také z prostředí. Infekce v něm zůstává a může se dále přenést na definitivního hostitele, když pozře tkáň meziphostitele (Saari et al. 2019).



Obrázek 3: Životní cyklus *Toxocara canis* (Saari et al. 2019)

Mezi jednoznačné hostitele patří kočky, psi, lišky, kojoti a vlci. Tito hostitelé mají hlístice ve střevech a vylučují vajíčka ve svých výkalech. Tato embryonovaná vajíčka zůstávají infekční po celá léta mimo definitivního hostitele. Ten ve volné přírodě pozře embryonovaná vajíčka, která se líhnou a migrují do různých svalů a orgánů hostitele. Ve volné přírodě masožravá zvířata, jako jsou kočky a psi, konzumují infikované maso (nebo půdu obsahující vajíčka) a parazit zůstává v jejich střevech (Winders & Menkin-Smith 2023).

Velké množství vajíček je produkováno dospělými škrkavkami *T. canis* a *T. cati* žijících ve střevech jejich příslušných psích a kočičích definitivních hostitelů, kteří se pak ve velké míře hromadí v životním prostředí prostřednictvím výkalů, zejména v půdě a písku. (Maciag et al. 2022). Předpokládá se, že *T. cati* častěji způsobuje závažná onemocnění u lidí (Winders & Menkin-Smith 2023). Vajíčka *Toxocara canis* se většinou nacházejí ve veřejných parcích, zatímco vajíčka *T. cati* se běžně vyskytují v pískovištích. Parky a dětská hřiště jsou potenciálním rizikem infekce pro přenos vajíček v důsledku kontaminace lidmi, kteří v těchto oblastech běžně venčí své domácí mazlíčky. Kromě toho mohou ke kontaminaci přispívat také toulavé kočky a psi, stejně jako populace lišek v městských a venkovských oblastech (Strube

et al. 2013). Děti jsou náchylnější k infekci fekálně-orální cestou, protože je pravděpodobnější, že zkonsumují vajíčka *Toxocara* požitím půdy. Epidemiologické studie zjistily, že veřejné parky s komunitními pískovišti mají obzvláště vysokou zátěž vajíček, což ohrožuje děti, které tyto oblasti navštěvují (Winders & Menkin-Smith 2023). Není jasné, zda *T. cati* vykazuje stejné zoonotické riziko jako *T. canis*, protože většina infekcí zjištěných u lidí je považována za způsobenou hlísticí *T. canis* (Strube et al. 2013).

Vzhledem k tomu, že vajíčka z prostředí mohou přijímat nejen lidé, ale i řada dalších živočichů, riziko infekce stoupá. I když parateničtí hostitelé nevylučují vajíčka do prostředí, mohou být kořisti definitivních hostitelů, ve kterých jsou zastavené larvy reaktivovány a pokračují ve vývoji v dospělce kladoucí vajíčka (Strube et al. 2013). Zdravotní dopady jsou velmi variabilní, od asymptomatické infekce až po závažné poškození tkáně způsobené migrací larev (Maciag et al. 2022). Klinické onemocnění je způsobeno migrací larev tkáněmi parazitických hlístic. Příznaky a symptomy se liší v závislosti na postiženém orgánu a zánětlivě reakci hostitele. Existují čtyři typy onemocnění: oční larva migrans (OLM), viscerální larva migrans (VLM), neurotoxokaróza a toxokaróza (Winders & Menkin-Smith 2023).

Nicoletti (2020) uvádí, že toxokaróza je jednou z nejrozšířenějších zoonóz na světě, i když parazit má tendenci převládat v tropickém prostředí s prevalencí, která dosahuje až 80–90 %, zatímco v západních zemích s prevalencí pohybující od 35 % do 42 % ve venkovských oblastech a od 2 % do 5 % v městských oblastech. Maciag et al. 2022 uvádějí celosvětovou prevalenci u lidí, která se odhaduje na 19 % a nejvyšší prevalence je v africké oblasti (35 %) a nejnižší v oblasti východního Středomoří (8,2 %). Míra infekce v Evropě se pohybuje od 3,5 % do 34 % u psů infikovaných *T. canis* z různých prostředí (např. domácí mazlíčci, psi z útulků nebo toulaví psi) a od 8 % do 76 % u koček infikovaných *T. cati*.

Hlášená míra infekce *T. canis* v západní Evropě se dle studie Gawor & Borecka (2017) pohybuje od 3,5 % do 34 % u psů z různých prostředí (domácí mazlíčci, útlukovní psi, toulaví psi, venkovští psi) a míra infekce *T. cati* se pohybuje od 8 % do 76 % u koček. Výzkum ve studii Gawor & Borecka (2017) ukázal, že 34,2 % - 72,7 % mladých psů ve vesnicích bylo infikováno *Toxocarou* a 18,2 – 36 % psů a koček bylo infikováno ve městech. Psi z venkovských oblastí byli také nalezeni infikováni *Toxascaris leonina*, *Trichuris vulpis* a tasemnicemi *Taenia* spp. masožravci, zejména vysoká populace městských a venkovských lišek, představují rezervoár střevních parazitů pro lidi a populaci psů v zájmovém chovu. Divoké lišky zvyšují kontaminaci životního prostředí a riziko infekce *Toxocara canis* a *Echinococcus multilocularis* (Gawor & Borecka 2017).

Strube et al. (2013) popisují, že prevalence člověka se v evropských zemích, konkrétně ve Francii, České republice a Rakousku, pohybuje od 2 % do 44 %, přičemž vyšší hodnoty jsou ve venkovských oblastech. V tropických zemích se prevalence pohybuje od 63 % na Bali v Indonésii do téměř 93 % na Réunionu ve Francii, což zdůrazňuje potřebu prevence přenosu.

McTier et al. 2000 ve své studii udávají, že téměř 100 % štěňat má během prvních tří týdnů života infekci a průzkumy ukázaly, že 50 % čtyřměsíčních štěňat může vylučovat vajíčka škrkavky. Pokud nejsou mláďata léčena, mohou pokračovat ve vylučování vajíček *T. canis* až do věku přibližně šesti měsíců, kdy jsou dospělé hlístice vyloučeny z těla. To je často označováno jako samoléčba, i když to nemusí být zcela správné, protože některé larvy mohou zůstat v tkáních zvířete. Infekce způsobené *T. canis* jsou však u dospělých zvířat méně časté. Naproti tomu infekce způsobené *T. leonina* se častěji vyskytují u dospělých psů. Vzhledem

k vysoké prevalenci infekce *T. canis* u mladých psů se doporučuje podávat anthelmintika (léčiva působící proti parazitickým helmintům) během prvních 4–6 měsíců života štěněte. Léčba škrkavkovitých infekcí až do 80. let 20. století zahrnovala podávání jednorázových přípravků, jako je piperazin, pyrantel, nitroscanát, fenbendazol nebo febantel. V USA jsou škrkavkovité infekce často kontrolovány celoročním podáváním denních nebo měsíčních přípravků, které se podávají jako prevence (McTier et al. 2000).

3.3.2 Škrkavky rodu *Toxascaris*

3.3.2.1 *Toxascaris leonina*

Toxascaris leonina je jedním z druhů škrkavek, které parazitují ve střevech psovitých a kočkovitých šelem (Bauer et al. 2024). *T. leonina* je běžný parazit i u lišek (Cho et al. 2009). Na rozdíl od rodu *Toxocara* je *T. leonina* považována z veterinárního a zoonotického hlediska za zanedbatelného parazita (Bauer et al. 2024). Má velmi jednoduchý životní cyklus, který se liší od ostatních škrkavek (Lee et al. 2008). Dospělé škrkavky žijí v gastrointestinálním traktu a uvolňují vajíčka, která se do prostředí dostávají fekální cestou. Infekční stádium je vajíčko obsahující larvu druhého stádia. Tohoto stádia se za optimálních podmínek mimo hostitele dosáhne za tři až šest dní. Embryonovaná vajíčka jsou infekční. Pokud jsou pozřena novým hostitelem, po vylíhnutí se larvy druhého stádia dostanou do stěny střeva (Cho et al. 2009). Embryonovaná vajíčka mohou zůstat životaschopná v prostředí po několik let. Jejich vývoj a životaschopnost závisí na vlhkosti a teplotě oblasti (Paquet-Durand et al. 2007). Ve střevě škrkavky absorbují živiny z potravy zvířete, narušují trávení a mohou poškodit výstelku střeva (Lee et al. 2008). V definitivním hostiteli mohou larvy dospět v dospělého červa ve sliznici střeva bez tracheální migrace, což je velmi častý znak u většiny škrkavek. *T. leonina* může infikovat jiného nespecifického hostitele, včetně myši a lidí. U zvířat jsou larvy třetího stádia rozšířeny v mnoha tkáních, zejména v játrech, plicích a mezižeberním svalu. Pokud se člověk nakazí larvami těchto hlístic, může to vyvolat těžký zánět a mechanické poškození orgánů (Cho et al. 2009). Psi a kočky s mírným napadením *T. leonina* nemusí vykazovat žádné příznaky onemocnění (to platí ve většině případů) (Lee et al. 2008). Mezi příznaky tohoto onemocnění patří zvětšená játra, horečka, ztráta hmotnosti a chuti k jídlu a přetrvávající kašel, astma nebo zápal plic (Cho et al. 2009). Zvířata se závažnějším napadením mohou být pohublá, mohou mít matnou srst a může se u nich vyvinout břichatý vzhled. Jiní živočichové, včetně lidí, mohou fungovat jako parateničtí hostitelé *T. leonina* (Lee et al. 2008). *T. leonina* ovlivňuje i tělesnou hmotnost a kvalitu srsti u silně infikovaných polárních lišek (*Vulpes lagopus*) (Bauer et al. 2024). Infekce způsobené *T. leonina* se častěji vyskytují u dospělých psů (McTier et al. 2000). Tento parazit nemá téměř žádný zoonotický význam, ale vyskytuje se po celém světě (Bauer et al. 2024).

3.4 Hlodavci jako mezihostitelé

Hlodavci jsou nejrozmanitějším řádem žijících savců na světě a představují více než 40 % všech druhů savců (Hardgrove et al. 2021). Většina druhů je široce rozšířena od chladného až po mírné pásmo po celém světě. Mnoho druhů obývá půdu, která nemá žádnou užitnou hodnotu pro zemědělství nebo která neprošla kolísáním v důsledku lidského osídlení (Okada & Kageyama 2019).

Hlodavci tvoří důležitou součást potravy mnoha masožravých druhů. Tento potravní řetězec predátor – kořist je využíván parazity helmintů, jako jsou tasemnice, jejichž larvální stádia se vyvíjejí u hlodavců a poté dospívají do dospělého stádia u predátorů (masožravých savců i dravých ptáků). Úloha hlodavců jako mezihostitelů tasemnic využívajících tento způsob přenosu (čeledi Taeniidae a Mesocestoididae) je proto nepostradatelná pro dokončení jejich životního cyklu (Bajer et al. 2020). Paraziti mohou mít negativní vliv na kondici hostitele (Adalid et al. 2021). Hraboš polní (*Microtus arvalis*) a hryzec horský (*Arvicola scherman*) jsou často považováni za nejdůležitější druhy mezihostitelů v mírném pásmu Evropy (Martini et al. 2022). V poslední době se mezi druhy masožravců, kterým se daří na antropogenních stanovištích, řadí liška obecná (*Vulpes vulpes*), kojoti (*Canis latrans*, v kanadských městech), mývalové (*Procyon lotor*, v Severní Americe a střední Evropě) a jezevci (*Meles meles*, v Evropě) (Deplazes et al. 2019).

Hlodavci jsou schopni přímo i nepřímo přenášet širokou škálu patogenů, včetně působení jako definitivní hostitel a mezihostitel ektoparazitů a endoparazitů. Jejich potenciál přenosu představuje riziko pro veřejné zdraví, neboť hlodavci jsou schopni přenášet zoonózy. Přenášejí nejméně 85 původců zoonóz a zahrnují větší počet zoonotických hostitelů, než kterýkoliv jiný řád savců (Hardgrove et al. 2021). Přenos parazitů v hostitelských populacích je ovlivněn mnoha různými zdroji hostitele, od genetiky, fyziologie a chování až po prostorové a časové faktory. Důsledkem je, že několik hostitelů je obecně zodpovědných za většinu přenosu parazitů a tím i za přetrvávání parazitů v hostitelských populacích (Sanchez et al. 2011). Jakmile se metacestoda uchytlí, zůstává v hlodavci po zbytek jeho života, což znamená, že starší zvířata s větší pravděpodobností ukrývají parazita nebo jeho léze a cysty (Woolsey et al. 2015). Infekční agens může být přenesen na člověka buď přímým kontaktem se zvířetem, jeho močí nebo výkaly (Klimpel et al. 2007) nebo se nakazí v důsledku konzumací potravin a vody kontaminované výkaly hlodavců. Nemoci přenášené hlodavci se přenášejí kousnutím nebo vdechnutím choroboplodných zárodků ve výkalech (Rabiee et al. 2018). Ve studii Yi et al. (2023) popisují, že v posledních letech přibývá různých nově se objevujících infekčních onemocnění, z nichž více než 60 % tvoří zoonotická onemocnění. To představuje vážnou hrozbu pro celosvětové zdraví a sociální rozvoj, což má za následek více než 1 miliardu onemocnění a miliony úmrtí ročně. Riziko přenosu zoonotických virů může ovlivnit více faktorů, včetně hustoty populace zvířat, problémů s využíváním půdy, dostupnosti živin a dalších faktorů.

Larvy tasemnice čeledi Taeniidae, Cyclophyllidea a Cestoda vyžadují, aby lidi nebo býložraví savci (např. hlodavci) sloužili jako mezihostitelé během jejich larválního stádia. I když existuje mnoho hlodavců i lidí nakažených parazity bez vážnějších příznaků, larvy tasemnic mohou způsobit závažné patologické změny ve vnitřnostech a tkáních a dokonce i

smrt hostitele. Zatímco lidé a další býložraví savci jsou často využíváni jako definitivní hostitelé, podzemní hlodavci nejsou vhodnými životaschopnými hostiteli. Většina jejich hlavních činností – shánění potravy, páření atd., se odehrává v podzemním prostředí. V důsledku toho mají tito hlodavci ojedinělý kontakt s predátory a vzniká tak výrazně menší pravděpodobnost, že se setkají s potravou kontaminovanou vajíčky tasemnic (Zhao et al. 2014).

V zoologických institucích je dopad hlodavců na onemocnění mnohostranný, protože mohou být přítomni jako sběrná, volně žijící nebo krmná zvířata. Soužití druhů, vysoká hustota krmení a interakce návštěvníků, personálu, sběrných zvířat a volně žijících hlodavců mohou zoologické zahrady vystavit vyššímu riziku šíření nemocí přenášených hlodavci. Velikost rizika může záviset na standardech, které musí zoologické zahrady splňovat, aby získaly akreditaci v různých geografických regionech. Přenos nemocí a jejich propuknutí v zoologických zahradách má potenciál ovlivnit zdraví zvířat, zdraví ošetřovatelů a celkovou ekonomiku zoologických zahrad. Ačkoli význam hlodavců jako přenašečů nemocí v zoologických zahradách byl uznán, dosud nebyl systematicky charakterizován (Hardgrove et al. 2021).

Ačkoli se hostitelské druhy v celém světě liší, vhodnými mezihostiteli v Evropě jsou druhy hlodavců především v rámci podčeledi *Arvicolinae*. Význam konkrétního druhu hlodavce jako mezihostitele pro přenos *E. multilocularis* závisí na fyziologických a ekologických faktorech, jako je četnost druhů a preference predátorů. Ve střední Evropě jsou za nejvýznamnější mezihostitele považováni hraboš polní (*Microtus arvalis*) a hryzec vodní (*Arvicola terrestris*), méně významný je norník rudý (*Myodes glareolus*). V endemických oblastech ve Švýcarsku byla hlášena prevalence u hryzců vodních až 39 % (11/28) jedinců a 23 % (12/52) hrabošů polních (Miller et al. 2016).

3.4.1 Myšice lesní (*Apodemus flavicollis*)

Myšice lesní (*Apodemus flavicollis*) je typickým zástupcem fauny evropských hlodavců (Zykov & Izvarin 2020) a je charakteristická pro mnoho druhů lesů, zejména bučin. V bučinách je nejdominantnějším druhem myši a dosahuje nejvyšších hustot. Populační dynamika myšice lesní je dána několika důležitými faktory: strukturou stanoviště, dostupností potravy, hmotností živočichů a vlhkostí povrchu půdy (Bock & Salski 1998). Hlavní část areálu výskytu myšice lesní se nachází ve střední a východní Evropě a je omezena na pásmo listnatých lesů (Zykov & Izvarin 2020). Ve střední a severní Evropě jsou snadno rozpoznatelné podle plného žlutého límce kolem krku (Cerezo et al. 2020). Buesching et al. (2008) ve své studii uvádějí, že běžné lesní druhy rodu *Apodemus* spp. a *Myodes* spp. jsou schopné šplhat. Myšice lesní se vyskytuje ve výškách až 23 m a využívá ptačí hnízda a budky.

Ve studii Axtner & Sommer (2011) zkoumali 64 volně žijících myšic lesních (*A. flavicollis*) a identifikovali z nich tyto hlístice: *Trichuris muris*, *Syphacia stroma* a *Heligmosomoides polygyrus*. Největší prevalence vykazovala *H. polygyrus* a *S. stroma*, obě s více než 40 % a *T. muris* byla nalezena u 28 % myšic lesních.

3.4.2 Myšice křovinná (*Apodemus sylvaticus*)

Myšice křovinná (*Apodemus sylvaticus*) je převážně noční drobný hlodavec pocházející z Evropy a severozápadní Afriky (Kipar et al. 2020). Je široce rozšířena v Evropě a např. ve Francii se vyskytuje na celém území, včetně ostrovů (Tête et al. 2014). Ve volné přírodě je její průměrná délka života 1 rok (Kipar et al. 2020). Druh myšice křovinné je všežravý, hojný a všudypřítomný (Tête et al. 2014). Myšice lesní (*Apodemus flavicollis*) a myšice křovinná (*Apodemus sylvaticus*) jsou morfologicky podobné druhy s převážně se překrývajícími geografickými oblastmi (Bugarski-Stanojević et al. 2013).

Apodemus sylvaticus a norník rudý (*Myodes glareolus*) patří mezi nejběžnější evropské lesní savce, jejich stromovou povahu zkoumaly pouze dvě studie ve smrkovo–dubovém porostu v České republice a v listnatém lese ve Woodchester parku v Anglii. Oba druhy zauímají podobné ekologické niky. Váží mezi 15 a 25 g, rozmnožují se převážně mezi dubnem a říjnem a jsou preferovanou kořistí mnoha lesních predátorů. Jejich strategie přežití se však liší. Zatímco převážně býložravý norník rudý (*M. glareolus*) se spoléhá na ochranu hustého podrostu na zemi, *A. sylvaticus* má ostře vyvinuté smysly a je charakteristická značnou hbitostí, což umožňuje útěk před predátory. *M. glareolus* je aktivní především ve dne i v noci, zatímco myši lesní jsou převážně noční hlodavci (Buesching et al. 2008).

Ve studii Behnke et al. (2009) popsali nejčastěji vyskytující se hlístice u *A. sylvaticus* – *H. polygrus*, *T. muris*, vzácně *S. stroma* a zjistili průměrnou prevalenci 68,5 % ve třech sledovaných populacích *A. sylvaticus*, blízce příbuzného druhu *A. flavicollis* (Axtner & Sommer 2011). *H. polygrus* a *T. muris* byly jediné dva druhy, které se vyskytovaly u více než 10 % zvířat (Behnke et al. 2009).

3.4.3 Norník rudý (*Myodes glareolus*)

Norník rudý (*Myodes glareolus*), dříve známý jako *Clethrionomys glareolus*, je malý (Milon et al. 2019), velmi rozšířený hlodavec (Kotlík et al. 2022) vyskytující se v Evropě a střední Asii (Milon et al. 2019). Je indikátorem zalesněného prostředí a obývá všechny druhy lesů, preferuje hustě porostlé mýtiny, okraje lesů a břehy řek a potoků v lesích (Lenardić 2014). Vyskytuje se na různých křovinatých stanovištích (Kotlík et al. 2022) a preferuje také širokou škálu stanovišť jako jsou jehličnaté lesy, křovinaté lesy, živé ploty, břehy a bažiny (Milon et al. 2019). Çolak et al. (2013) uvádějí, že tento druh upřednostňuje především listnaté a bukové lesy v oblasti Černého moře (Çolak et al. 2013). Ve střední Evropě je popisován jako potencionální mezihostitel, ale jeho epidemiologická role pro udržování parazitického cyklu zůstává nejasná (Beerli et al. 2017). Chybí ve velmi suchých oblastech, jako je jižní Pyrenejský poloostrov a také na středomořských ostrovech (Lenardić 2014).

Na rozdíl od hraboše polního a hryzce vodního není norník rudý silnou kořistí lišek a prevalence *E. multilocularis* u *M. glareolus* je obvykle nízká i ve vysoko položených endemických oblastech (Miller et al. 2016). Jejich aktivita je denní i noční. Jsou všežraví i býložraví. Sociální systém norníků je charakterizován hierarchií dominance, kdy samice jsou dominantní, zejména v období rozmnožování. Mláďata se rodí slepá v podzemním hnízdě vystlaném trávou, přičemž samice je jediným poskytovatelem rodičovské péče. Hnízdí od konce dubna do září (Milon et al. 2019).

Ve studiích Bajer et al. (2020) ze severovýchodního Polska zkoumali larvální tasemnice přítomné v různých tělních dutinách a v játrech. Larvální stádia několika druhů tasemnic byla rozpoznána u norníka rudého (*Myodes glareolus*) podle morfologických znaků, včetně rodu *Mesocestoides*, *Cladotaenia globifera*, *Taenia martis*, *Taenia mustelae* a *Hydatigera taeniaeformis*.

3.4.4 Hraboš polní (*Microtus arvalis*)

Hraboš polní (*Microtus arvalis*) patří mezi drobné savce, se vyskytuje ve většině evropských krajin. Spolu s hryzcem vodním (*Arvicola amphibius*) jsou považováni za klíčový druh pro udržení parazitického cyklu v Evropě (Woolsey et al. 2015). Hraboš polní je součástí agroekosystémů a obývá především zemědělské oblasti. Může být hlavním škůdcem v zemědělství (Jacob et al. 2014). *M. arvalis* se nevyskytuje ve Švédsku (Miller et al. 2016). Tyto druhy vykazují vysokou schopnost rozmnožování, která má za následek jejich vysoký počet napříč kontinentem. Délka života *M. arvalis* se pohybuje od několika měsíců do 1 roku a vzhledem k omezené reprodukci během zimy se předpokládá, že nejnižší populační hustota se vyskytuje na jaře před rozmnožováním, kde jsou populace většinou tvořeny staršími zvířaty (Woolsey et al. 2015).

Ve studii Frührer et al. (2010) bylo mezi zářím a prosincem 2004 ve Vorarlbersku (Rakouská spolková země) odchyceno celkem 411 hrabošů (318 hrabošů polních a 93 hryzců vodních), kteří byli vyšetřeni za účelem zjištění přítomnosti helmintů. U hraboše polního byly zjištěny následující druhy helmintů: *Taenia taeniaeformis*, *Calodium hepaticum* a *Echinococcus multilocularis* a u hryzce vodního: *Taenia taeniaeformis*, *Calodium hepaticum* a *Taenia crassiceps*.

3.4.5 Hryzec vodní (*Arvicola amphibius*, dříve *Arvicola terrestris*)

Hryzec vodní (*Arvicola amphibius*) je malý hlodavec patřící do čeledi Cricetidae, fylogeneticky blízký hrabošům rodu *Microtus* (Meillour et al. 2019). Hryzec vodní osidluje především středohorské louky a sady, kde se projevuje převážně podzemním způsobem života. Vyhrabává rozsáhlé sítě chodeb, které slouží k hledání a skladování potravy, zejména na podzim a v zimě a staví hnízda (Poissenot et al. 2021). Žije ve středních nadmořských výškách, kde kolonizuje préríjní ekosystémy. Během období proliferace trvajících 5–6 let mohou populace dosáhnout až 500 jedinců na akr, což vede k významným škodám v ekosystémech travních porostů a k ekonomickým ztrátám, které mají pro zemědělce značný význam (Grignard et al. 2007). Rozlišujeme mimo jiné dva ekologické typy – obojživelný typ, který kolonizuje břehy rybníků, břehy řek a jezer a hrabavý typ, který si vyhrabává podzemní chodby a hnízdí na loukách, pastvinách a plodinách. Hryzec vodní je v Anglii chráněn jako ohrožený druh, avšak na evropském kontinentu je považován za zemědělského škůdce, kde jeho přemnožení způsobuje rozsáhlé škody na úrodě a vážné ekonomické ztráty. Období rozmnožování trvá od března do října (Meillour et al. 2019), s průměrem tří vrhů ročně (Poissenot et al. 2021), každé po 4–5 mládřatech (Meillour et al. 2019).

Kromě škod, které hryzec vodní způsobuje plodinám, je zároveň přenašečem tasemnic včetně *Echinococcus*, zodpovědných za lidskou nemoc echinokokózu (Meillour et al. 2019). Hraboš polní a hryzec vodní jsou důležitou kořistí lišky obecné (*Vulpes vulpes*), která je nejčastějším definitivním hostitelem *E. multilocularis* ve střední Evropě. Během výskytu *A. terrestris* se liška obecná může živit výhradně tímto druhem. Ačkoli se jedná o predátora, některé studie ukázaly, že liška obecná se raději živí *Microtus* spp. (Miller et al. 2016). Mezihostitelé, kteří s největší pravděpodobností udržují životní cyklus *E. multilocularis* ve Švédsku jsou *A. amphibius*, *Microtus agrestis* a *M. glareolus* (Miller et al. 2016)

3.4.6 Hrabošík iberský (*Microtus lusitanicus*)

Hrabošík iberský je endemický hlodavec Pyrenejského poloostrova. Tento hlodavec je poměrně malý (délka těla: 77,5 – 105 mm, tělesná hmotnost: 14 – 19 g), má velkou hlavu, malé oči a válcovité tělo. Má hrabavé chování a preferuje život pod zemí. Nory hrabošíků zůstávají otevřené jako malé otvory v zemi s povrchovými chodbami sloužícími ke krmení a úniku a s hlubokými chodbami sloužícími k ukládání potravy a hnízdění. Živí se kůrou a kořeny a způsobuje vážné škody na stromech. *Microtus lusitanicus* může způsobit vážné poškození ovocných stromů, mrkve nebo brambor. V Asturii (severozápadní Španělsko) je tento druh hlodavce spolu s hryzcem horským (*Arvicola scherman*) považován za škůdce, který způsobuje ekonomické ztráty a je jednou z hlavních příčin hospodářských ztrát v jabloňových sadech (Adalid et al. 2021).

Adalid et al. (2021) uvádějí nález na několika lokalitách Pyrenejského poloostrova – celkem 14 druhů helmintů: 1 motolice, 7 tasemnic a 6 hlístic u hrabošíka iberského. Dále bylo také zjištěno, že faktory prostředí, jako je teplota a srážky, stejně jako vnitřní faktory – věk hostitele a pohlaví, ovlivňují helminty u *M. lusitanicus*. Paraziti mohou mít negativní vliv na kondici hostitele a mohou hrát dvě role v ochraně proti hlodavcům – rodenticid nebo imunitní antikoncepce způsobující sterilitu infikovaným zvířatům.

4 Metodika

4.1 Odchyt a uchování zvířat

Aby byl zjištěn výskyt parazitických helmintů, byla použita helmintologická pitva. Paraziti byli zjišťováni z orgánů – konkrétně z jater a z gastrointestinálního traktu (tenké střevo, tlusté střevo) z odchycených a usmrcených hlodavců. Na základě morfologických charakteristik helmintů byly diagnostikovány jednotlivé druhy parazitů. Vyšetřování hlodavců, kteří byli použiti v této diplomové práci, byli odchyceni v Krušných horách (severozápadní Čechy) v období října 2019. Pro odchyt hlodavců byly použity klasické sklapovací dřevěné pasti s pružinovým mechanismem, kterým byli hlodavci ihned usmrceni. Dřevěné pasti byly umístěny cca 10 metrů od sebe a jako návnady se použily knoty z petrolejových lamp, které byly nasáknuty směsí mouky a tuku. Odchycení a usmrcení hlodavci byli uloženi do uzavíratelných sáčků a následně převezeni do laboratoře České zemědělské univerzity v Praze – Suchdole. Hlodavci byli uloženi do mrazícího zařízení po dobu několika dnů při teplotě -20°C. Před helmintologickou pitvou byl tento biologický materiál rozmrazen při teplotě 24°C. Následně byl u každého hlodavce určen druh a pohlaví, u samic případně i gravidita a poté došlo k vlastní pitvě.

4.2 Helmintologická pitva a diagnostika parazitů

Nejprve byli analyzováni jedinci prohlédnutí, zda nemají na těle nějaké ektoparazity. Pokud měli, byl zapsán nález do protokolu. U všech jedinců byla provedena helmintologická pitva. Byl proveden řez střední linií těla od krku až po sponu stydkou. Následně byla rozevřena břišní dutina a určeno pohlaví jedince (obr. 5), popřípadě gravidita samice. Poté byl zkontrolován stav břišní dutiny a bylo zjištěno, zda se v břišní dutině a na orgánech nevyskytují další paraziti, popř. jejich larvální stádia (boubele tasemnic apod.). Po kontrole břišní dutiny byly vyjmuty orgány. Z břišní dutiny byl vyjmut celý GIT (gastrointestinální trakt), játra, ledviny a slezina, dále byly vyjmuty plíce a varlata u samců. Všechny odebrané orgány byly důkladně prohlédnuty a vše, co se vymykalo normálu, bylo zapsáno (cysta na játrech, útvary na plicích apod.). Následně byla oddělená střeva a žaludek za použití nůžek nebo skalpelu, každý orgán byl vložen do samostatné Petriho misky a zalit vodou. Byly připravené igelitové samouzavírací pytlíky, které byly popsány a do jednoho byla vložena játra a ledviny (analýza Hg) a do druhého plíce a slezina (přítomnost dalších parazitů zejména „plicivky“) a byly uloženy do mrazícího boxu.

Do Petriho misky zalité vodou byl umístěn žaludek a tenké a tlusté střevo určené k helmintologické prohlídce. Připravil se parazitologický háček, pinzeta, čisté Petriho misky na případné parazity, epruvety, voda, kapátka a ethanol. Žaludek byl rozříznut a jeho obsah vypláchnut do Petriho misky. Poté byl dán pod mikroskop k důkladné prohlídce. Následně se vzalo tenké střevo a podélně se rozstříhlo (nejlépe po částech, aby nebyli porušeni případní parazité), dále bylo vypláchnuto tenké střevo a poté parazitologickým háčkem vyčištěno. Celý

obsah byl prozkoumán makroskopicky, paraziti byli odebráni do Petriho misky a následně se fixovaly vzorky. Zbýlý obsah tenkého střeva byl zkontrolován pod mikroskopem. Stejný postup byl i u tlustého střeva.

4.3 Fixace vzorků

Odebrání parazitů (helmiti) byli nejprve promyti ve fyziologickém roztoku. Po omytí bylo možné helminty determinovat, změřit a vyfotografovat ještě před vložením do fixačního média. Na každého jedince byla použita čistě popsaná epruveta, fixační médium (ethanol 70–96%). Pokud bychom chtěli helminty podrobit analýze DNA, bylo by nutné použít čistý etanol, pokud analýza DNA nebyla potřeba, bylo možné zejména pro tasemnice využít také 4% formaldehyd. Pro analýzy těžkých kovů je známo, že nalezené helminty je nejlepší zmrazit bez použití fixačního média.

4.4 Mikroskopování parazitů

Nejprve bylo připraveno podložní sklíčko, voda, kapátko a prosvěcovací médium. Na podložní sklo byla nakapána voda, do ní vložen nález a celek byl upevněn na stůl mikroskopu. Každý vzorek byl mikroskopován od nejmenšího zvětšení po největší. Pokud byl parazit moc silný/tmavý, byl vložen na nové podložní sklíčko a zakápnut prosvěcovacím médiem.

4.5 Použité pomůcky a chemikálie

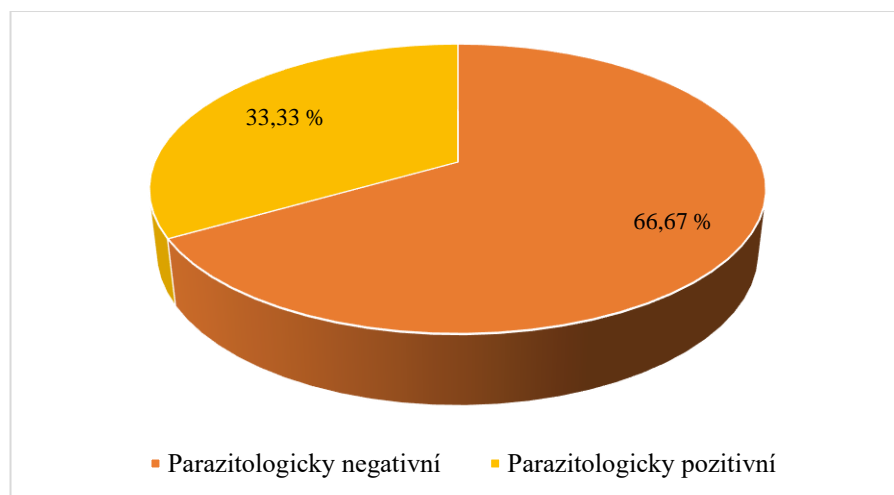
Pomůcky: nůžky, skalpel, pinzeta, parazitologický háček, Petriho misky, igelitové samouzavírací pytlíky, epruvety (zkumavky), plastová kapátka, nádoba na vodu, papírové utěrky, rukavice

Chemikálie: destilovaná voda, Formaldehyd 4%, Ethanol 96%, prosvětlovací médium (fenol)

5 Výsledky

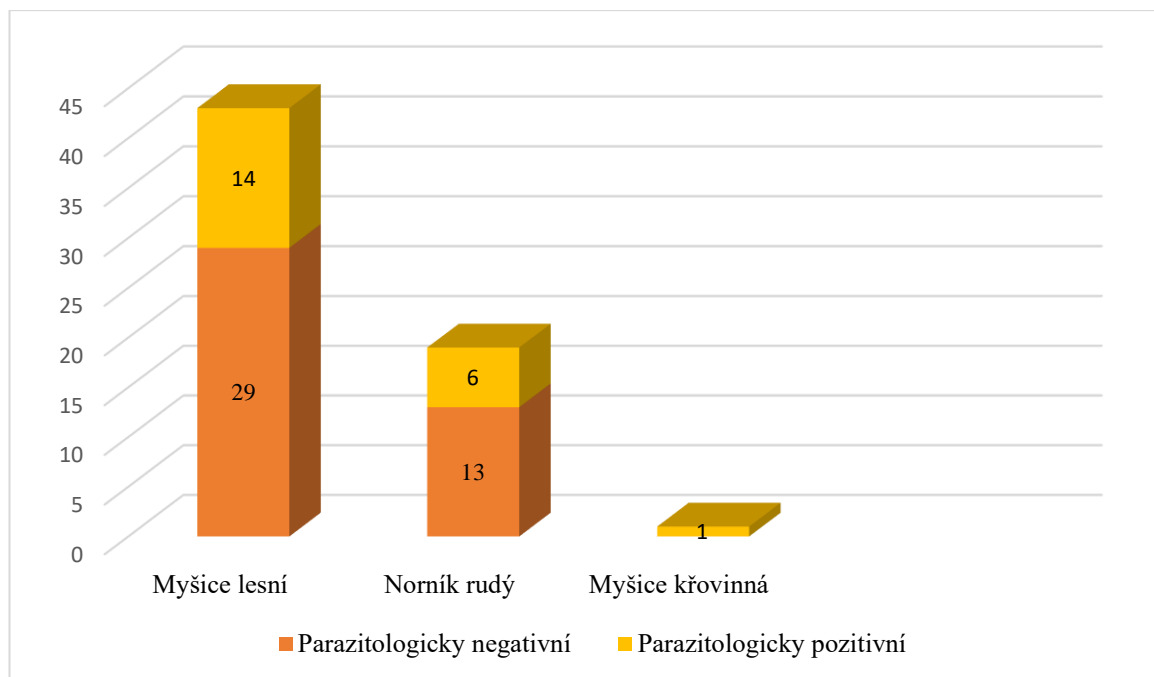
Pomocí helmintologické pitvy bylo zkoumáno napadení parazitickými helminty u hlodavců v České republice. V rámci této diplomové práce bylo odchyceno a následně vyšetřeno celkem 63 hlodavců. Odchycení a vyšetřování hlodavci byli zařazeni do podčeledi myšovití (Murinae) a hrabošoví (Arvicolinae). Na základě morfologických znaků byly rozpoznány tři druhy, přesněji se jednalo o myšici lesní (*Apodemus flavicollis*) – 68,25 % (43/63) jedinců, o norníka rudého (*Myodes glareolus*) 30,15 % (19/63) jedinců a o myšici křovinnou (*Apodemus sylvaticus*) 1,58 % (1/63). Z celkového počtu 63 zkoumaných hlodavců bylo parazitologicky pozitivních 33,33 % (21/63). U 66,67 % (42/63) zkoumaných jedinců nebylo nalezeno žádné parazitologické napadení, tudíž byli označeni jako negativní. Z celkového počtu pozitivních hlodavců bylo 28,57 % (6/21) pozitivních na nález na játrech a 66,67 % (14/21) pozitivních na nález na gastrointestinálním traktu. Jeden hlodavec byl pozitivní na játrech i na gastrointestinálním traktu a tvořil tak 4,76 % (1/21).

Graf 1 uvádí celkové napadení zkoumaných hlodavců, ve kterém je 33,33 % (21/63) pozitivních jedinců a 66,67 % (42/63) negativních jedinců.



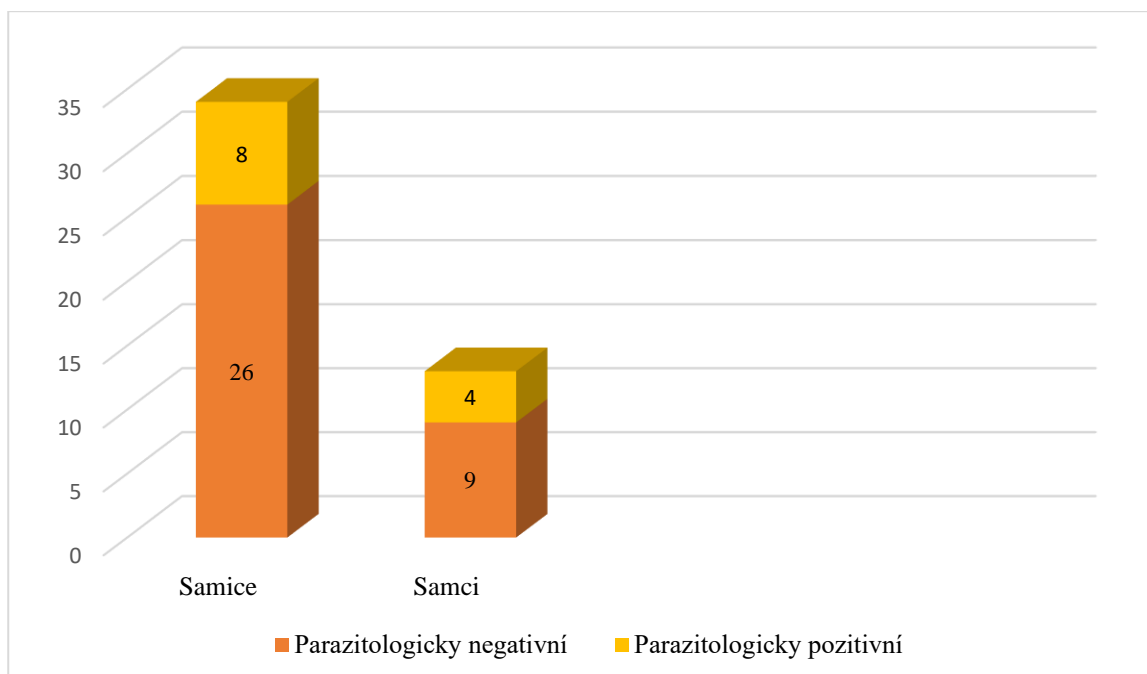
Graf 1: Celkové napadení zkoumaných hlodavců

Graf 2 znázorňuje počet pozitivních napadení, rozdělené na druhy – 32,56 % (14/43) pozitivních myšic lesních, 31,58 % (6/19) pozitivních norníků rudých a jednu myšici křovinnou (1/1).



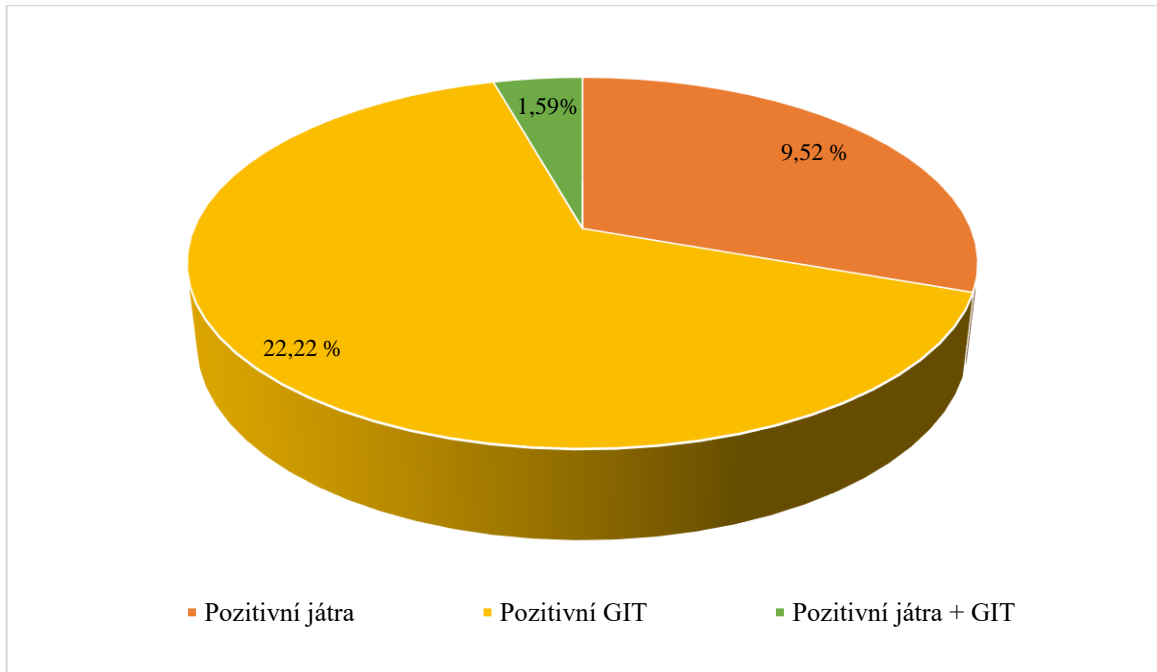
Graf 2: Přehled pozitivního či negativního parazitologického napadení myšic lesních, myšice křovinné a norníků rudých

Z celkového počtu uvedených pozitivních pohlaví u hlodavců tvořilo 23,53 % (8/34) samic a 30,77 % samců (4/13), což znázorňuje graf 3.



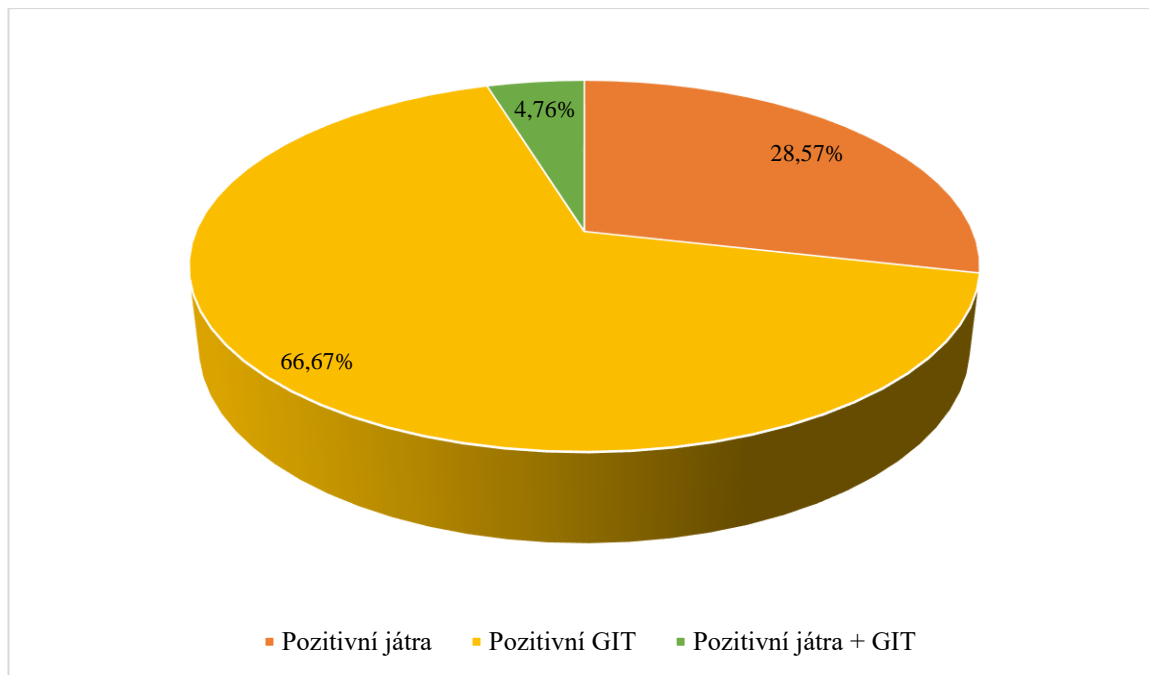
Graf 3: Přehled parazitologicky pozitivních či negativních samic a samců

Graf 4 znázorňuje celkový přehled parazitologicky pozitivních napadení rozdělených na játra, ve kterém bylo z celkového počtu zkoumaných hlodavců 9,52 % (6/63) pozitivních jedinců. Na gastrointestinálním traktu (GIT) bylo 22,22 % (14/63) pozitivních jedinců. Pouze jeden hlodavec byl pozitivní na játrech i na gastrointestinálním traktu a tvořil tak 1,59 % (1/63).



Graf 4: Přehled parazitologicky pozitivních napadení z celkového počtu zkoumaných hlodavců na játrech a na gastrointestinálním traktu (GIT)

Graf 5 znázorňuje přehled parazitologicky pozitivních napadení rozdělených na játra, ve kterém bylo z vyzkoumaného počtu pozitivně napadených hlodavců 28,57 % (6/21) pozitivních jedinců a v gastrointestinálním traktu bylo 66,67 % (14/21) jedinců. Jeden hlodavec byl pozitivní na játrech i na GIT a činil tak 4,76 % (1/21).



Graf 5: Přehled parazitologicky pozitivních napadení z počtu zkoumaných pozitivních hlodavců na játrech a na gastrointestinálním traktu (GIT)

5.1 Identifikace a fotodokumentace parazitů

Z tabulky 1 je zřejmé, že častěji bylo napadené tenké a tlusté střevo oproti napadení na játrech, kde byla nalezena larvální stádia tasemnice *Hydatigera kamiyai*. U myšice lesní s označením D 78 bylo nalezeno cca 100 kusů larválních stádií *Mesocestoides* v břišní dutině (viz Příloha 1). V tenkém střevě se nejvíce objevovala krevsající hlístice skupiny Strongylida, která byla zaznamenána celkem u 23,81 % (5/21) jedinců a hlístice rodu *Heligmosomoides* – 9,52 % (2/21). V tlustém střevě bylo nejvíce zastoupených hlístic rodu *Trichuris* – 19,05 % (4/21) a *Syphacia* – 14,29 % (3/21). Při helmintologické pitvě nebylo nalezeno žádné parazitologické napadení na jiných orgánech či jakékoliv jiné patologické změny. U jednoho hlodavce, konkrétně se jednalo o myšici lesní (*Apodemus flavicollis*), která měla parazitologický nález negativní na játrech i na gastrointestinálním traktu, bylo nalezeno klíště obecné (*Ixodes ricinus*) (viz. Příloha 1).

Tabulka 1: Vzorčky vyšetřené na přítomnost helmintů, identifikace jednotlivých parazitů

Označení hlodavce	Pohlaví	Druh zvířete	Tenké střevo	Tlusté střevo	Játra
C 58	F	<i>Myodes glareolus</i>	krevsající hlístice Strongylida	<i>Syphacia</i>	X
B 78	M	<i>Apodemus flavicollis</i>	X	2x ♂ <i>Trichuris</i>	X
SB 605	M	<i>Apodemus flavicollis</i>	X	2x ♀ <i>Trichuris</i>	X
SD 659	X	<i>Apodemus flavicollis</i>	X	X	boubel (<i>H. kamiyai</i>)
SD 634	F	<i>Myodes glareolus</i>	1cm Nematoda	X	X
SD 642	F	<i>Apodemus flavicollis</i>	X	50-100ks <i>Syphacia</i>	X
SD 639	F	<i>Apodemus flavicollis</i>	X	X	X
SA 514	M	<i>Myodes glareolus</i>	X	♀ <i>Trichuris</i>	X
SA 517	X	<i>Myodes glareolus</i>	krevsající hlístice Strongylida	X	X
SD 645	X	<i>Apodemus flavicollis</i>	krevsající hlístice Strongylida	<i>Syphacia</i>	X
SD X	X	<i>Apodemus flavicollis</i>	2x <i>Heligmosomoides</i>	X	X
SE 784	X	<i>Apodemus flavicollis</i>	X	1x ♂ + 1x ♀ <i>Trichuris</i>	X
SD 662	X	<i>Apodemus sylvaticus</i>	<i>Heligmosomoides</i>	X	X
C 105	X	<i>Myodes glareolus</i>	X	X	boubel (<i>H. kamiyai</i>)
B 65	X	<i>Apodemus flavicollis</i>	X	X	boubel (<i>H. kamiyai</i>)
SA 512	X	<i>Apodemus flavicollis</i>	krevsající hlístice Strongylida	X	X
SA X	F	<i>Myodes glareolus</i>	♀ krevsající hlístice Strongylida	X	X
SB X	F	<i>Apodemus flavicollis</i>	X	X	boubel (<i>H. kamiyai</i>)
SD 734	F	<i>Apodemus flavicollis</i>	X	X	boubel (<i>H. kamiyai</i>)
SE 830	F	<i>Apodemus flavicollis</i>	X	X	boubel (<i>H. kamiyai</i>)



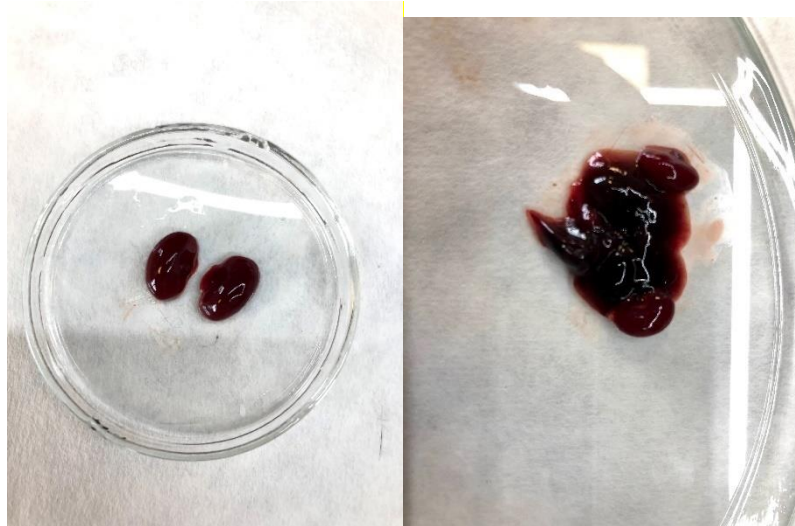
Obrázek 4: hlodavci odchycení při biomonitoringových studiích (archiv KZR)



Obrázek 5: myšice lesní (*Apodemus flavicollis*) – odběr tkání a kontrola napadení helminty pro následnou analýzu koncentrace sledovaného prvku (archiv KZR)



Obrázek 6: GIT (gastrointestinální trakt) (archiv KZR)



Obrázek 7: ledviny a játra odebrané při pitvě z těla myšice lesní (archiv KZR)



Obrázek 8: tasemnice *Paranoplocephala* spp. z tenkého střeva hraboše (archiv KZR)

5.2 Statistické šetření

Ve statistickém šetření bylo provedeno vyhodnocení závislosti mezi druhem a pozitivitou. Druhé statistické šetření bylo provedeno mezi pohlavím a pozitivitou, protože pouze u těchto dvou zvolených kategorií splňoval počet pozorování minimální hodnotu 5 jedinců v každé kategorii (5 pozorování). Šetření bylo provedeno Pearsonovým chí-kvadrát testem se zvolenou hladinou významnosti $\alpha=0,05$.

Hypotézy (nulová H_0 a alternativní H_1) byly stanoveny pro tento test následovně:

Testování 1:

H_0 = Neexistuje statisticky významná závislost mezi parazitologickým napadením a druhem jedince (Parazitologické napadení nezávisí na druhu jedince).

H_1 = Existuje statisticky významná závislost mezi parazitologickým napadením a druhem jedince (Parazitologické napadení závisí na druhu jedince).

Testování 2:

H_0 = Neexistuje statisticky významná závislost mezi parazitologickým napadením a pohlavím jedince (Parazitologické napadení nezávisí na pohlaví jedince).

H_1 = Existuje statisticky významná závislost mezi parazitologickým napadením a pohlavím jedince (Parazitologické napadení závisí na pohlaví jedince).

Testování 1:

Výsledky vyhodnocené programem STATISTICA verze 12 (Dell, USA) ukazují, že hodnota p (hodnota parametru) je větší než námi zvolená hladina významnosti ($p= 0,94 > \alpha=0,05$), což znamená, že nelze zamítnout H_0 a tudíž neexistuje statisticky významná závislost mezi druhem a parazitologickým napadením (pozitivitou). Jinými slovy pro parazita nehraje roli výběr druhu hlodavce, tudíž mezi proměnnými neexistuje statisticky průkazná závislost.

Tabulka 2: Tabulka četností pro vyhodnocení závislosti mezi parazitologickým napadením a druhem

Kontingenční tabulka (dp STATISTIKA mysice normik) Četnost označených buněk > 5 (Marginální součty nejsou označeny)			
druh	pozitivita ANO	pozitivita NE	Řádk. součty
myšice lesní	14	29	43
normík rudý	6	13	19
Vš.skup.	20	42	62

Tabulka 3: Pearsonův chí-kvadrát pro závislost mezi parazitologickým napadením a druhem

Statist.	Statist. : druh(2) x pozitivita(2) (dp :		
	Chí-kvadr.	sv	p
Pearsonův chí-kv.	,0057819	df=1	p=,93939
M-V chí-kvadr.	,0057940	df=1	p=,93932
Fí pro tabulky 2 x 2	,0096569		
Tetrachorická korelace	,0165555		
Kontingenční koeficient	,0096565		

Testování 2:

Vzhledem k tomu, že dle výsledků v testování 1 neexistuje závislost mezi druhem a parazitologickým napadením, byly výsledky obou druhů sloučeny dohromady a závislost mezi pohlavím a parazitologickým napadením byla hodnocena bez ohledu na druh. Jinými slovy parazit nepreferuje pohlaví. Ve druhém statistickém šetření je hodnota p opět větší, než zvolená hladina významnosti ($p=0,28 > \alpha=0,05$), tudíž opět nelze zamítnout H_0 a neexistuje proto statisticky významná závislost mezi pohlavím hlodavců a pozitivitou.

Tabulka 4: Tabulka četnosti pro vyhodnocení závislosti mezi parazitologickým napadením a pohlavím

Kontingenční tabulka (dp STATISTIKA mysice normik)			
Četnost označených buněk > 5			
(Marginální součty nejsou označeny)			
pohlaví	pozitivita ANO	pozitivita NE	Řádk. součty
samec	5	8	13
samice	8	27	35
Vš. skup.	13	35	48

Tabulka 5: Pearsonův chí-kvadrát pro závislost mezi parazitologickým napadením a pohlavím

Statist.	Statist. : pohlaví(2) x pozitivita(2) (d		
	Chí-kvadr.	sv	p
Pearsonův chí-kv.	1,168786	df=1	p=,27965
M-V chí-kvadr.	1,120901	df=1	p=,28972
Fí pro tabulky 2 x 2	,1560440		
Tetrachorická korelace	,2660192		
Kontingenční koeficient	,1541781		

6 Diskuze

V této diplomové práci byla zkoumána souvislost mezi hlodavci a přítomností endoparazitů – helmintů. Práce se zabývala hlodavci, kteří byli zařazeni do podčeledi myšovité (Murinae) a hrabošovité (Arvicolinae). Hlodavci byli odchyceni v říjnu 2019 v Krušných horách, které jsou součástí Ústeckého kraje. Byly určeny tři druhy odchycených hlodavců: norník rudý (*Myodes glareolus*), myšice lesní (*Apodemus flavicollis*) a myšice křovinná (*Apodemus sylvaticus*). Celkem bylo odchyceno 63 hlodavců, z toho bylo 68,25 % (43/63) myšic lesních, 30,15 % (19/63) norníků rudých a 1,58 % (1/63) myšic křovinných. Identifikováni byli tyto helminti nalezení v gastrointestinálním traktu (GIT): krevsající hlístice skupiny Strongylida a rody: *Heligmosomoides*, *Syphacia* a *Trichuris*; celkový počet pozitivních hlodavců v GIT tak činil 23,81 % (15/63). Nález na játrech činil 11,11 % (7/63) a jednalo se o nálezy larválního stádia tasemnice *Hydatigera kamiyai*.

Nález na játrech v této diplomové práci byl detekován u 11,11 % (7/63) hlodavců, což je v souladu s výsledky Miller et al. (2016). V jejich studii provedené ve Švédsku byl pozitivní nález na játrech uveden u 10,34 % (6/58) norníků rudých. V další studii Hannosset et al. (2008) ve střední Evropě byla prevalence ještě nižší, udávají 2,41 % (2/83). Důvody rozdílných hodnot v prevalenci mohou být ovlivněny klimatickými podmínkami, životním prostředím, ročním obdobím nebo rozdílnou fází populačního cyklu hlodavců. Při vyšší hustotě hlodavců na jednom určitém místě je totiž vyšší pravděpodobnost přenosu nákazy.

Parazitologické napadení gastrointestinálního traktu bylo celkem detekováno u 23,81 % (15/63) jedinců, z toho bylo celkem 33,33 % (5/15) norníků rudých, což není úplně v souladu s výzkumem Klimpel et al. (2007). Ve studii, která byla provedena v Německu byli endoparazité gastrointestinálního traktu zjištěni u 68,97 % (20/29) norníků rudých. Nejčastěji vyskytujícím se parazitem v gastrointestinálním traktu byly krevsající hlístice skupiny Strongylida, které se vyskytly u pěti hlodavců – jak u norníka rudého (*M. glareolus*), tak u myšice lesní (*A. flavicollis*).

Schopnost hlodavců přenášet patogeny v městských částech či travních porostech byla charakterizována jako významná. V prostředí zoologických zahrad, které jsou jedinečné vzhledem k překrývání volně žijících hlodavců a hlodavců použitých jako potrava, je schopnost přenášet patogeny překvapivě podobná. Ve výzkumu Hardgrove et al. (2021), který se zabýval přenosem patogenů přenášených hlodavci v zoologických zahradách, bylo z 87 zjištěných parazitů celkem 24,14 % (21/87) ektoparazitických členovců, 57,47 % (50/87) helmintů a 18,39 % (16/87) prvoků. Nejčastějšími identifikovanými rody byly *Toxoplasma*, *Giardia*, *Echinococcus*, *Taenia*, *Syphacia* a *Strongyloides*. Tato vyhodnocená data nekorelují s daty zjištěnými v této práci. V zoologických zahradách by měla být uvážena kontrola zvířat a krmiva používaného pro masožravce, aby se zabránilo přenosu parazitů. Zavedení programů kontroly hlodavců by mohlo být účinným opatřením k minimalizaci jejich působení v zoologických zahradách. Vzhledem k významu pro zdraví zvířat a veřejnému zdraví, stejně jako pro ochranu přírody, by měly být programy dozoru zavedeny jak u druhů chovaných v zajetí, tak u volně žijících hlodavců v zoologických zahradách po celém světě. *Toxoplasma* tam byla nejčastějším patogenem hlášeným u hlodavců (Hardgrove et al. 2021). Kromě toho, že *Toxoplasma* představuje riziko pro personál, je v zoologických zahradách nebezpečná, neboť může mít za následek poruchy reprodukce nebo úhyn zvířat.

Ve studii Eckert & Deplazes (2004) bylo popsáno, že hraboš polní (*Microtus arvalis*) představuje hlavní kořist lišek. Prevalence metacestodů *Echinococcus multilocularis* u těchto hrabošů se zvyšuje s věkem a může dosáhnout přibližně 40 %. Na ostrově Svatého Vavřince na Aljašce je epidemiologická situace charakterizována poměrně jednotnými biotopovými podmínkami. Lišky polární jsou tam jedinými definitivními hostiteli *E. multilocularis* a celková prevalence je vysoká a činí přibližně 77 %. Ve vesnicích jsou polární lišky nahrazeny domácími psy jako definitivními hostiteli. V předchozích letech bylo ve vesnicích chováno velké množství psů, kteří měli přístup k hrabošům žijícím v těchto synantropních biotopech. Až u 83 % hrabošů a 12 % psů byla zjištěna infekce *E. multilocularis*. Tento synantropní cyklus představoval hlavní rizikový faktor pro člověka. Domácí psi a kočky byli infikováni *E. multilocularis* v několika evropských zemích. Ve Francii bylo 5,56 % (2/36) psů a v Německu 11,65 % (58/498) identifikováno pitvou jako přenašeči *E. multilocularis*. Ve východním Švýcarsku byla průměrná prevalence u lišek přibližně 33 %, u psů 0,30 % a 0,38 % u koček. Údaje byly vztaženy k velikosti populace těchto hostitelů v dané oblasti (Kanton Curych) a bylo odhadnuto, že 1551 lišek, 145 psů a 552 koček mohlo být hypoteticky přenašeči parazita *E. multilocularis*. Kromě prevalence a velikosti populace je třeba při posuzování rizik, která představují různí definitivní hostitelé, vzít v úvahu další faktory. Mezi ně patří doba trvání infekce *E. multilocularis*, zátěž helminty, produkce vajíček, působiště, chování hostitelů a jejich vztah s člověkem. V subarktických oblastech Severní Ameriky a Eurasie je situace složitější než v arktické tundře. Krajinné rázy, biotopy a klimatické podmínky jsou rozmanitější, populace drobných savců se často skládají z několika druhů náchylných k *E. multilocularis*. Studie ve Francii ukázaly, že prevalence *E. multilocularis* u lišek je vyšší v oblastech se střední nadmořskou výškou (600-900 m), kde jsou trvalé travní porosty. V těchto oblastech hraboš polní (*M. arvalis*) a hryzec vodní (*Arvicola terrestris*), dva nejvýznamnější mezihostitelé ve střední Evropě, podléhají víceletým cyklickým populačním přemnožením, která vedou k vysoké populační hustotě. Dalším faktorem je, že mladé šelmy jsou častěji nebo intenzivněji infikovány než šelmy dospělé. Tato zjištění naznačují, že starší lišky získávají částečnou imunitu za podmínek vysoké endemity.

Data ve studii Eckert & Deplazes (2004), kdy bylo potvrzeno 83 % pozitivních hrabošů na *E. multilocularis* na Aljašce, jsou v rozporu s daty v této diplomové práci, kde parazitologický nález na játrech se vyskytl u 11,11 % jedinců. Ve střední Evropě je prevalence metacestodů *E. multilocularis* u hlodavců obecně nízká. Byla zaznamenána prevalence hryzce vodního (*A. terrestris*) ve Švýcarsku, která byla mezi 21 % a 39 %. Ve Francii byla prevalence 12 % - 14 % zaznamenána u hraboše polního (*M. arvalis*), což koreluje s daty v této diplomové práci. Odůvodnění rozdílu dat mezi hryzcem vodním ve Švýcarsku a hrabošem polním ve Francii uvádějí, že tyto údaje svědčí o nerovnoměrném prostorovém rozložení infikovaných hlodavců. Druhy se liší náchylností a citlivostí k metacestodnímu stádiu *E. multilocularis* a prevalence u hlodavců se obvykle zvyšuje věkem.

Ve studii Ferrari et al. (2004) bylo odchyceno mezi únorem a zářím celkem 143 myšic lesních (73 samců a 70 samic). Byla provedena gastrointestinální analýza u 111 jedinců a nebyly zjištěny žádné významné rozdíly v prevalenci a parazitologickém napadením mezi pohlavími. Prevalence u samců byla 35,2 % a prevalence u samic byla 29,8 %, což je velmi podobné s výsledky v této práci, protože prevalence u samců vyšla 30,77 % a 23,53 % u samic. Tudíž lze potvrdit hypotézu, že neexistuje statisticky významná závislost mezi

parazitologickým napadením a pohlavím jedince. Jinými slovy parazitologické napadení nezávisí na pohlaví jedince.

Ve studii Ferrari et al. (2007) zkoumali, zdali je přenos helminta *Heligmosomoides polygyrus* v hostiteli *Apodemus flavicollis* ovlivněn pohlavím hlodavce. Ve studii bylo zjištěno, že samci *A. flavicollis* řídí infekci *H. polygyrus*, zatímco samice hrají malou roli v perzistenci parazita. Pohlavní rozdíly mohou ovlivnit rychlost líhnutí vajíček parazita nebo přežití infekčních stádií. I když mají samci a samice stejný počet parazitů a vylučují stejný počet vajíček helmintů, velkou roli hraje imunita jedince. Samci se sníženou imunitou vyvolanou testosteronem mohou úspěšněji šířit infekční stádia. Studie se zabývala biologickými mechanismy, které by to mohly způsobit. Ve volné přírodě mohou být různé důležité aspekty – odlišná délka života, úmrtnost hostitele vyvolaná parazity nebo rozdíly podílu larev. V této studii však nebyly zahrnuty další důležité biologické aspekty jako sezónnost nebo produkce hostitele. Předpokladem, proč jsou samci více náchylnější na přenos helmintů, než samice je, že samci *Apodemus sylvaticus* mají tendenci mít více překrývajících se teritorií s ostatními hlodavci než samice. Samci by tedy byli efektivnější při přenosu parazitů, pokud by infekční stádia, která produkují, byla vystavena většímu počtu hostitelů. Další předpoklad je, že samice mohou mít více hygienických návyků a mají tendenci vyprazdňovat výkaly mimo hnízdiště nebo komunikovat pouze s malým počtem samců.

Výsledek studie Ferrari et al. (2007) byl založen na několika předpokladech, které určovaly vyšší prevalenci samců. Tyto předpoklady mohou fungovat, jak uvádějí sami autoři, pouze za určitých podmínek. Podmínky této diplomové práce byly zcela rozdílné, a proto i výsledky se s touto studií úplně neshodují. Výzkum této diplomové práce naopak potvrdil, že pohlaví mezihostitelů nehraje prakticky žádnou roli v míře nakažení parazitem. Tento závěr, že na pohlaví mezihostitele – hlodavce nezáleží, potvrzují i výsledky statistického šetření v testování 2. Zde bylo prokázáno, že neexistuje statisticky významná závislost mezi parazitologickým napadením a pohlavím jedince, jinými slovy parazit nepreferuje pohlaví.

Studie této diplomové práce dále potvrdila druhou hypotézu (testování 1) – cíl této práce a sice, že drobní savci bez ohledu na jejich druh, obsahují infekční stádia parazitů. Jinými slovy se dá říci, že parazit nepreferuje druh hlodavce.

7 Závěr

Tato diplomová práce se zabývala parazitickými helminty a jejich působením na mezihostitele a definitivního hostitele. V rámci této diplomové práce byla zkoumána prevalence parazitů u drobných savců. Pomocí helmintologické pitvy bylo zkoumáno napadení parazitickými helminty u hlodavců z Krušných hor. Celkem bylo odchyceno a následně vyšetřeno 63 hlodavců. Hlodavci byli na základě morfologických znaků rozpoznáni a rozřazeni na tři druhy, jednalo se o myšici lesní (*Apodemus flavicollis*) – 68,25 % (43/63) jedinců, o norníka rudého (*Myodes glareolus*) 30,15 % (19/63) jedinců a o myšici křovinnou (*Apodemus sylvaticus*) 1,58 % (1/63). Po provedení helmintologické pitvy bylo z celkového počtu zkoumaných jedinců rozpoznáno 33,33 % (21/63) pozitivních hlodavců. Z tohoto počtu pozitivních jedinců bylo 28,57 % (6/21) pozitivních na nález na játrech, 66,67 % (14/21) pozitivních jedinců na nález na gastrointestinálním traktu a pouze jeden hlodavec byl pozitivní na játrech i na gastrointestinálním traktu a tvořil tak 4,76 % (1/21). Zjištěné početnosti parazitů z vyšetřovaných norníků rudých (*Myodes glareolus*), myšic lesních (*Apodemus flavicollis*) a myšice křovinné (*Apodemus sylvaticus*) byly následující: krevsající hlístice skupiny Strongylida 23,81 % (5/21), hlístice z rodu *Trichuris* – 19,05 % (4/21), *Syphacia* – 14,29 % (3/21) a *Heligmosomoides* 9,52 % (2/21). U 28,57 % (6/21) byla nalezena larvální stádia tasemnice *Hydatigera kamiyai* na játrech. Jedna myšice lesní měla larvální stádia *Mesocestoides* v břišní dutině.

Prevence proti přenosu parazitických nemocí je složitá, neboť vyšetření volně žijících zvířat a jejich případné očkování je obtížné, spíše však nemožné. Jediným účinným opatřením tak zůstává prevence v podobě dodržování základních hygienických návyků jako je pravidelné mytí rukou, ovoce, zeleniny apod. Dalším možným a hojně využívaným opatřením je instalace návnad obsahujících účinnou látku proti nemocem přenášenými hlodavci.

8 Literatura

- Adalid R, Feliu C, Somoano A, Miñarro M, Ventura J, Torres J, Miquel J, Fuentes VM. 2021. Ecological analysis of the helminth community of *Microtus lusitanicus* (Gerbe, 1879) (Rodentia) in Asturias (NW Spain). *Animals* **11**:3055
- Adolph CB, Peregrine AS. 2021. 115 – Tapeworms. *Greene's Infectious Diseases of the Dog and Cat (Fifth Edition)* 1455-1484
- Axtner J, Sommer S. 2011. *Heligmosomoides polygyrus* infection is associated with lower MHC class II gene expression in *Apodemus flavicollis*: Indication for immune suppression? *Infection, Genetics and Evolution* **11**:2063-2071
- Bajer A, Alsarraf M, Dwużnik D, Mierzejewska JE, Kołodziej-Sobocińska M, Behnke-Borowczyk J, Banasiak Ł, Grzybek M, Tołkacz K, Kartawik N, Stańczak Ł, Opalińska P, Krokowska-Paluszak M, Górecki G, Alsarraf M, Behnke JM. 2020. Rodents as intermediate hosts of cestode parasites of mammalia carnivores and birds of prey in Poland, with the first data on the life-cycle of *Mesocestoides melesi*. *Parasites & Vectors* **13**:95
- Bagnato E, Gilardoni C, Martin GM, Digiani MC. 2022. A new species of *Versteria* (Cestoda: Taeniidae) parasitizing *Galictis cuja* (Carnivora: Mustelidae) from Patagonia, Argentina: Morphological and molecular characterization. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife* **19**:68-77
- Bariselli S, Maioli G, Pupilo G, Calzolari M, Torri D, Cirasella L, Luppi A, Torreggiani C, Garbarino CH, Barsi F, Rugna G, Dottori M. 2023. Identification and phylogenetic analysis of *Taenia* spp. parasites found in wildlife in the Emilia-Romagna region, northern Italy (2017–2022). *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife* **22**:20-27
- Bauer Ch, Lider LA, Ussenbayev AE, Seitkamzina DM, Zhanabayev AA, Maksimov P, Knaus M. 2024. *Toxascaris leonina* in dogs – A nematode species of high prevalence in some regions of Eurasia. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports* **48**:100986
- Beerli O, Guerra D, Baltrunaite L, Deplazes P, Hegglin D. 2017. *Microtus arvalis* and *Arvicola scherman*: Key Players in the *Echinococcus multilocularis* Life Cycle. *Frontiers in Veterinary Science* **4**:216
- Behnke JM, Eira C, Rogan M, Gilbert FS, Torres J, Miquel J, Lewis JW. 2009. Helminth species richness in wild wood mice, *Apodemus sylvaticus*, is enhanced by the presence of the intestinal nematode *Heligmosomoides polygyrus* **136**:793-804
- Bock W, Salski A. 1998. A fuzzy knowledge-based model of population dynamics of the Yellow-necked mouse (*Apodemus flavicollis*) in a beech forest. *Ecological Modelling* **108**:155-161
- Buesching ChD, Rwell ChNR, Macdonald DW. 2008. Reasons for arboreality in wood mice *Apodemus sylvaticus* and Bank voles *Myodes glareolus* Dreidimensionale Habitatnutzung bei Waldmäusen und Rötelmäusen. *Mammalian Biology* **73**:318-324

- Bugarski-Stanojević V, Blagojević J, Adnadević T, Jovanović V, Vujošević M. 2013. Identification of the sibling species *Apodemus sylvaticus* and *Apodemus flavicollis* (Rodentia, Muridae) – Comparison of molecular methods. *Zoologischer Anzeiger* **252**:579-587
- Cerezo MLM, Kucka M, Zub K, Chan YF, Bryk J. 2020. Population structure of *Apodemus flavicollis* and comparison to *Apodemus sylvaticus* in northern Poland based on RAD-seq. *BMC Genomics* **21**:241
- Çolak R, Kandemir I, Karacan GO, Kankılıç T, Çolak E, Yiğit N, Özkurt ŞÖ. 2013. Allozyme variation in bank vole, *Myodes glareolus* (Mammalia: Rodentia) in Northern Anatolia. *Biochemical Systematics and Ecology* **50**:304-309
- Delaney MA, Treuting PM, Rothenburger JL. 2018. Chapter 20 – Rodentia. *Pathology of Wildlife and Zoo Animals* 499-515
- Deplazes P, Eichenberger RM, Grimm F. 2019. Wildlife-transmitted *Taenia* and *Versteria* cysticercosis and coenurosis in humans and other primates. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife* **9**:342-358
- Dubey JP, Lindsay DS. 2019. Coccidiosis in dogs-100 years of progress. *Veterinary Parasitology* **266**:34-55
- Dubey JP, Lindsay DS, Lappin MR. 2009. Toxoplasmosis and Other Intestinal Coccidial Infections in Cats and Dogs. *Animal Practice* **39**:1009-1034
- Eckert J, Deplazes P. 2004. Biological, Epidemiological, and Clinical Aspects of Echinococcosis, a Zoonosis of Increasing Concern. *Clinical Microbiology Reviews* **17**:107-135
- Egan S, Barbosa AD, Feng Y, Xiao L, Ryan U. 2024. Critters and contamination: Zoonotic protozoans in urban rodents and water quality. *Water Research* **251**:121165
- Ferrari N, Cattadori IM, Nespereira J, Rizzoli A, Hudson PJ. 2004. The role of host sex in parasite dynamics: field experiments on the yellow-necked mouse *Apodemus flavicollis*. *Ecology Letters* **7**:88-94
- Ferrari N, Rosà R, Pugliese A, Hudson PJ. 2007. The role of sex in parasite dynamics: Model simulations on transmission of *Heligmosomoides polygyrus* in populations of yellow-necked mice, *Apodemus flavicollis*. *International Journal for Parasitology* **37**:341-349
- Frenkel JK, Dubey JP. 1972. Rodents as Vectors for Feline Coccidia, *Isospora felis* and *Isospora rivolta*. *The Journal of Infectious Diseases* **125**:69-72
- Frühner HP, Schneider R, Walochnik J, Auer H. 2010. Extraintestinal helminths of the common vole (*Microtus arvalis*) and the water vole (*Arvicola terrestris*) in Western Austria (Vorarlberg). *Parasitology Research* **106**:1001-1004
- Gawor J, Borecka A. 2017. Quantifying the risk of zoonotic geohelminth infections for rural household inhabitants in Central Poland. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* **24**:44-48

Gomez-Puerta LA, Vargas-Calla A, Garcia-Leandro M, Jara-Vila J, Rojas-Anticona W, Pacheco JI, Angulo-Tisoc JM, Silva W, Gonzalez AE. 2023. Identification of wild rodents as intermediate hosts for *Hydatigera taeniaeformis* in Peru. *Parasitology Research* **122**:1915-1921

Grignard E, Cadet R, Saez F, Drevet JR. 2007. Identification of sperm antigens as a first step towards the generation of a contraceptive vaccine to decrease fossorial water vole *Arvicola terrestris* *Scherman* proliferations. *Theriogenology* **68**:779-795

Hanosset R, Saegerman C, Adant S, Massart L, Losson B. 2008. *Echinococcus multilocularis* in Belgium: Prevalence in red foxes (*Vulpes vulpes*) and in different species of potential intermediate hosts. *Veterinary Parasitology* **151**:212-217

Hardgrove E, Zimmerman DM, Fricken ME, Deem S. 2021. A scoping review of rodent-borne pathogen presence, exposure, and transmission at zoological institutions. *Preventive Veterinary Medicine* **193**:105345

Holland CV. 2023. A walk on the wild side: A review of the epidemiology of *Toxocara canis* and *Toxocara cati* in wild hosts. *International Journal of Parasitology: Parasites and Wildlife* **22**:216-228

House PK, Vyas A, Sapolsky R. 2011. Predator Cat Odors Activate Sexual Arousal Pathways in Brains of *Toxoplasma gondii* Infected Rats. *Plos One* **6**:23277

Huang G, Zhang S, Zhou Ch, Tang X, Li Ch, Wang Ch, Tang X, Suo J, Jia Y, El-Ashram S, Yu Z, Cai J, Gupta N, Suo N, Liu X. 2018. Influence of *Eimeria falciformis* Infection on Gut Microbiota and Metabolic Pathways in Mice. *Infection and Immunity* **86**:00073-18

Huchon D, Madsen O, Sibbald MJJB, Ament K, Stanhope MJ, Catzeflis F, Jong WW, Douzery EJP. 2002. Rodent phylogeny and a timescale for the evolution of Glires: evidence from an extensive taxon sampling using three nuclear genes. *Molecular Biology and Evolution* **19**:1053-1065

Chidumayo NN. 2020. Chapter Thirty-Nine - Prevalence of *Toxocara* in dogs and cats in Africa. *Advances in Parasitology* **109**:861-871

Cho MK, Lee KH, Lee SJ, Kang SW, Ock MS, Hong YCh, Lee YS, Yu HS. 2009. Identification of host immune regulation candidate genes of *Toxascaris leonina* by expression sequenced tags (ESTs) analysis. *Veterinary Parasitology* **164**:242-247

Jacob J, Manson P, Barfknecht R, Fredricks T. 2014. Common vole (*Microtus arvalis*) ecology and management: implications for risk assessment of plant protection products. *Pest Management Science* **70**:869-878

Jarquín-Díaz VH, Balard A, Jost J, Kraft J, Dikmen MN, Kvičerová J, Heitlinger E. 2019. Detection and quantification of house mouse *Eimeria* at the species level – Challenges and solutions for the assessment of coccidia in wildlife. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife* **10**:29-40

Kay EH, Hoekstra H. 2008. Rodents. *Current Biology* **18**:406-410

- Khan A, Grigg ME. 2017. *Toxoplasma gondii*: Laboratory maintenance and growth. *Current Protocols in Microbiology* **44**:1-20
- Kijlstra A, Meerburg B, Cornelissen J, Craeye SD, Vereijken P, Jongert E. 2008. The role of rodents and shrews in the transmission of *Toxoplasma gondii* to pigs. *Veterinary Parasitology* **156**:183-190
- Kipar A, Kitz S, Zraggen R, Bennett M, Stewart J, Pellegrini G. 2020. Ageing Wood Mice (*Apodemus sylvaticus*) are Prone to Adrenal Neoplasms. *Journal of Comparative Pathology* **174**:186
- Klimpel S, Förster M, Schmabi G. 2007. Parasite fauna of the bank vole (*Clethrionomys glareolus*) in an urban region of Germany: reservoir host of zoonotic metazoan parasites? *Parasitol Res* **102**:69-75
- Knapp J, Gottstein B, Saarma U, Millon L. 2015. Taxonomy, phylogeny and molecular epidemiology of *Echinococcus multilocularis*: From fundamental knowledge to health ecology. *Veterinary Parasitology* **213**:85-91
- Kotlík P, Marková S, Horníková M, Escalante MA, Searle JB. 2022. The Bank Vole (*Clethrionomys glareolus*) as a Model System for Adaptive Phylogeography in the European Theater. *Frontiers in Veterinary Science* **10**
- Krijger IM, Cornelissen JBWJ, Belmain SR, Shafali RB, Meerburg BG. 2019. Evidence of *Toxoplasma gondii* in Rodents from Bangladesh. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases* **19**:884-888
- Lee KH, Park HK, Jeong HJ, Park SK, Lee SJ, Choi SH, Cho MK, Ock MS, Hong YCh, Yu HS. 2008. Immunization of proteins from *Toxascaris leonina* adult worm inhibits allergic specific Th2 response. *Veterinary Parasitology* **156**:216-225
- Lee LM, Wallace RS, Clyde VL, Gendron-Fitzpatrick A, Sibley SD, Stuchin M, Lauck M, O'Connor DH, Nakao M, Lavikainen A, Hoberg EP, Goldberg TL. 2016. Definitive Hosts of *Versteria* Tapeworms (Cestoda: Taeniidae) Causing Fatal Infection in North America. *Emerging Infectious Diseases* **22**:707-710
- Lenardić JM. 2014. Bank vole *Myodes* (= *Clethrionomys*) *glareolus* (Schreber, 1780): Rare species in the Late Pleistocene fauna of Croatia. *Quaternary International* **328-329**:167-178
- Lightowlers MW, Gasser RB, Hemphill A, Romig T, Tamarozzi F, Deplazes P, Torgerson PR, Garcia HH, Kern P. 2021. Advances in the treatment, diagnosis, control and scientific understanding of taeniid cestode parasite infections over the past 50 years. *International Journal for Parasitology* **51**:1167-1192
- Maciag L, Morgan ER, Holland C. 2022. *Toxocara*: time to let cats 'out of the bag'. *Trends in Parasitology* **38**:280-289
- Martini M, Dumendiak S, Gagliardo A, Ragazzini F, La Rosa L, Giunchi D, Thielen F, Romig T, Massolo A, Wassermann M. 2022. *Echinococcus multilocularis* and Other Taeniid

Metacestodes of Muskrats in Luxembourg: Prevalence, Risk Factors, Parasite Reproduction, and Genetic Diversity. *Pathogens* **11**:1414

Massolo A, Simoncini A, Romig T. 2022. The 'bridge effect' by intermediate hosts may explain differential distributions of *Echinococcus* species. *Trends in Parasitology* **38**:501-512

McTier TL, Siedek EM, Clemence RG, Wren JA, Bowman DD, Hellmann K, Holbert MS, Murphy MG, Young DR, Cruthers LR, Smith DG, Shanks DJ, Rowan TG, Jernigan AD. 2000. Efficacy of selamectin against experimentally induced and naturally acquired ascarid (*Toxocara canis* and *Toxascaris leonina*) infections in dogs. *Veterinary Parasitology* **91**:333-345

Meerburg BG, Craeye SD, Dierick K, Kijlstra A. 2012. *Neospora caninum* and *Toxoplasma gondii* in brain tissue of feral rodents and insectivores caught on farms in the Netherlands. *Veterinary Parasitology* **184**:317-320

Meillour PNL, Descamps A, Danvic ChL, Grandmougin M, Saliou JM, Klopp Ch, Milhes M, Bompard C, Chesneau D, Poissenot K, Keller M. 2019. Identification of potential chemosignals in the European water vole *Arvicola terrestris*. *Scientific Reports* **9**:18378

Mello ÉM, Furtado LFV, Rabelo ÉML, Pinto HA. 2018. DNA barcoding of metacestodes found in the *Guerlinguetus ingrami* (Rodentia: Sciuridae) reveals the occurrence of *Hydatigera taeniaeformis* sensu stricto (Cyclophyllidea: Taeniidae) in the Americas. *Parasitology International* **67**:115-118

Miljević M, Rajičić M, Umhang G, Bajić B, Čabrilo OB, Budinski I, Blagojević J. 2023. Cryptic species *Hydatigera kamiyai* and other taeniid metacestodes in the populations of small mammals in Serbia. *Parasites & Vectors* **16**:250

Miller AL, Olsson GE, Walburg MR, Sollenberg S, Skarin M, Ley C, Wahlström H, Höglund J. 2016. First identification of *Echinococcus multilocularis* in rodent intermediate hosts in Sweden. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife* **5**:56-63

Milon A, Pawlicki P, Rak A, Mlyczynska E, Plachno BJ, Tworzydło W, Gorowska-Wojtowicz E, Bilinska B, Kotula-Balak M. 2019. Telocytes are localized to testis of the bank vole (*Myodes glareolus*) and are affected by lighting conditions and G-coupled membrane estrogen receptor (GPER) signaling. *General and Comparative Endocrinology* **271**:39-48

Mukherjee S, Goyal SP, Johnsingh AJT, Leite Pitman MRP. 2004. The importance of rodents in the diet of jungle cat (*Felis chaus*), caracal (*Caracal caracal*) and golden jackal (*Canis aureus*) in Sariska Tiger Reserve, Rajasthan, India. *Journal of Zoology* **262**

Nicoletti A. 2020. Chapter Eleven – Neurotoxocariasis. *Advances in Parasitology* **109**:219-231

Okada K, Kageyama A. 2019. Assisted reproductive technologies in *Microtus* genus. *Reproductive Medicine and Biology* **18**:121-127

Paquet-Durand I, Hernández J, Dolz G, Romero Zuñiga JJ, Schnieder T, Epe C. 2007. Prevalence of *Toxocara* spp., *Toxascaris leonina* and ancylostomidae in public parks and beaches in different climate zones of Costa Rica. *Acta Tropica* **104**:30-37

- Poissenot K, Moussu Ch, Chesneau D, Ramadier E, Khalil RA, Chorfa A, Chemineau P, Michelin Y, Saez F, Drevet J, Benoit E, Lattard V, Pinot A, Dardente H, Keller M. 2021. Field study reveals morphological and neuroendocrine correlates of seasonal breeding in female water voles, *Arvicola terrestris*. *General and Comparative Endocrinology* **311**:113853
- Rabiee MH, Mahmoudi A, Siahsarvie R, Kryštufek B, Mostafavi E. 2018. Rodent-borne diseases and their public health importance in Iran. *Plos Neglected Tropical Diseases* **12**
- Saari S, Näreaho A, Nikander S. 2019. Chapter 4 – Cestoda (Tapeworms). *Canine Parasites and Parasitic Diseases* 55-81
- Sanchez A, Devevey G, Bize P. 2011. Female-biased infection and transmission of the gastrointestinal nematode *Trichuris arvicolae* infecting the common vole, *Microtus arvalis*. *International Journal for Parasitology* **41**:1397-1402
- Santa MA, Musiani M, Ruckstuhl KE, Massolo A. 2021. A review on invasions by parasites with complex life cycles: the European strain of *Echinococcus multilocularis* in North America as a model. *Parasitology* **148**:1532-1544
- Saraf P, Shwab EK, Dubey JP, Su Ch. 2017. On the determination of *Toxoplasma gondii* virulence in mice. *Experimental Parasitology* **174**:25-30
- Shibley PR, Chobotar B, Entzeroth R. 1989. A scanning electron microscope study of the colon of the mouse (*Mus musculus*) infected with *Eimeria ferrisi* (Protozoa, Apicomplexa, Coccidia). *European Journal of Parasitology* **24**:119-124
- Strube Ch, Heuer L, Janecek E. 2013. *Toxocara* spp. infections in paratenic hosts. *Veterinary Parasitology* **193**:375-389
- Tenter AM, Barta JR, Beveridge I, Duszynski DW, Mehlhorn H, Morrison DA, Thompson RCA, Conrad PA. 2002. The conceptual basis for a new classification of the coccidia. *International Journal for Parasitology* **32**:595-616
- Tête N, Séverine Drouhot EANC, Renaud Scheifler ASP. 2014. Hair as a noninvasive tool for risk assessment: do the concentrations of cadmium and lead in the hair of wood mice (*Apodemus sylvaticus*) reflect internal concentrations? *Ecotoxicology and Environmental Safety* **108**:233-241
- Thevenet PS, Basualdo JA, Alvarez HM. 2010. A descriptive study of the occurrence and significance of lipids in *Taenia hydatigena* eggs. *Veterinary Parasitology* **169**:111-116
- Tong WH, Pavey Ch, O’Handley R, Vyas A. 2021. Behavioral biology of *Toxoplasma gondii* infection. *Parasites & Vectors* **14**:77
- Volf P, Horák P. 2007. *Paraziti a jejich biologie*. Triton, Praha.
- Voříšek P, Votýpka J, Zvára K, Svobodová M. 1998. Heteroxenous coccidia increase the predation risk of parasitized rodents. *Parasitology* **117**:521-524

Vyas A. 2015. Mechanisms of Host Behavioral Change in *Toxoplasma gondii* Rodent Association. *Plos Pathogens* **11**:1004935

Webster JP. 2007. The effect of *Toxoplasma gondii* on animal behavior: playing cat and mouse. *Schizophrenia Bulletin* **33**:752-756

Winders WT, Menkin-Smith L. 2023. *Toxocara Canis*. *StatPearls*.

Woolsey ID, Jensen PM, Deplazes P, Kapel ChMO. 2015. Establishment and development of *Echinococcus multilocularis* metacestodes in the common vole (*Microtus arvalis*) after oral inoculation with parasite eggs. *Parasitology International* **64**:571-575

Yi B, Deng Q, Guo Ch, Li Y, Wu Q, Zha R, Wang X, Lu J. Evaluating the zoonotic potential of RNA viromes of rodents provides new insight into rodent-borne zoonotic pathogens in Guangdong, China. 2023. *One Health* **17**:100631

Zhao F, Zhang MX, Ma JY, Cai HX, Su JP, Hou ZB, Zhang TZ, Lin GH. 2014. Molecular identification of *Taenia mustelae* cysts in subterranean rodent plateau zokors (*Eospalax baileyi*). *Zoological Research* **35**:313-318

Zykov S, Izvarin E. 2020. Variations in dental morphologies of yellow-necked mouse (*Apodemus flavicollis* Melchior, 1834) from Nizhneirginsky Grotto sediments (Middle Urals) in a phylogeographical context. *Quaternary International* **546**:152-159

9 Seznam použitých zkratek a symbolů

AE – alveolární echinokokóza

CE – cystická echinokokóza

DNA –deoxyribonukleová kyselina

ELISA – Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay, imunochemická metoda

F – samice

M – samec

OLM – oční larva migrans

PCR – polymerázová řetězová reakce

VLM – viscerální larva migrans

USA –Spojené státy americké

10 Samostatné přílohy

Příloha 1: Přehled odchyty hlodavců, označení zvířete, identifikace pohlaví a parazitologický nález

Pořadí	Označení zvířete	Myši KH 2019	Pohlaví	Napadení JÁTRA	Napadení GIT	Poznámky
1.	B 81	Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	F	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
2.	SC 558	Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	F	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
3.	B 20	Norník rudý (<i>Myodes glareolus</i>)	M	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
4.	B 119	Norník rudý (<i>Myodes glareolus</i>)	F	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
5.	C 86	Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	M	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
6.	SD 646	Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	F	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
7.	C 58	Norník rudý (<i>Myodes glareolus</i>)	F	NEGATIVNÍ	POZITIVNÍ	Tenké střevo – hlístice (<i>Strongylida</i>) ; tlusté + slepé střevo – roupi
8.	B 78	Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	M	POZITIVNÍ	POZITIVNÍ	Tlusté střevo – tenkohlavec (<i>Trichuris</i>) – 2x samec
9.	S 0663	Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	F	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
10.	B 118	Norník rudý (<i>Myodes glareolus</i>)	F	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
11.	SB 605	Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	M	NEGATIVNÍ	POZITIVNÍ	Tlusté střevo – tenkohlavec (<i>Trichuris</i>) – 2x samice

12.	KOM 8/21	Norník rudý (<i>Myodes glareolus</i>)	F	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
13.	SC 561	Norník rudý (<i>Myodes glareolus</i>)	F	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
14.	D 78	Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	-	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	Mesocestoide s v břišní dutině cca 100ks larval. stádií
15.	B 52	Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	F	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
16.	SD 659	Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	-	POZITIVNÍ	NEGATIVNÍ	Cysty na játrech – boubel; <i>Versteria mustelae</i> 3x (průměr 3-5mm)
17.	SB 598	Norník rudý (<i>Myodes glareolus</i>)		NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
18.	SA 520	Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	F	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
19.	D 89	Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	F	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
20.	SE 779	Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	M	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
21.	SD 634	Norník rudý (<i>Myodes glareolus</i>)	F	NEGATIVNÍ	POZITIVNÍ	Tenké střevo – hlístice 1cm
22.	C 76	Norník rudý (<i>Myodes glareolus</i>)	F	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
23.	SD 642	Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	F	NEGATIVNÍ	POZITIVNÍ	Tlusté střevo – roup (<i>Syphacia</i>) cca 50 -100ks
24.	B 15	Myšice lesní	M	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-

		<i>(Apodemus flavicollis)</i>				
25.	SCx	Norník rudý <i>(Myodes glareolus)</i>	M	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
26.	B 27	Myšice lesní <i>(Apodemus flavicollis)</i>	F	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
27.	SD 639	Myšice lesní <i>(Apodemus flavicollis)</i>	F	NEGATIVNÍ	POZITIVNÍ	Tasemnice – dospělec
28.	B 86	Myšice lesní <i>(Apodemus flavicollis)</i>	F	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
29.	SD 633	Myšice lesní <i>(Apodemus flavicollis)</i>	M	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
30.	SA 514	Norník rudý <i>(Myodes glareolus)</i>	M	NEGATIVNÍ	POZITIVNÍ	Tenkohlavec <i>(Trichuris)</i> – samice, pod 1cm tlustá část, nad 2cm tenká část
31.	SA 517	Norník rudý <i>(Myodes glareolus)</i>	-	NEGATIVNÍ	POZITIVNÍ	Tenké střevo – krvesající hlístice <i>(Strongylida)</i>
32.	SD 645	Myšice lesní <i>(Apodemus flavicollis)</i>	-	NEGATIVNÍ	POZITIVNÍ	Tenké střevo – krvesající hlístice <i>(Strongylida)</i> ; tlusté střevo – roupi
33.	B 116	Myšice lesní <i>(Apodemus flavicollis)</i>	-	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
34.	SD 648	Myšice lesní <i>(Apodemus flavicollis)</i>	-	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
35.	C 119	Myšice lesní <i>(Apodemus flavicollis)</i>	-	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-

36.	SAX	Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	-	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	Nalezeno klíště
37.	SD 640	Norník rudý (<i>Myodes glareolus</i>)	-	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
38.	SDx	Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	-	NEGATIVNÍ	POZITIVNÍ	Tenké + tlusté střevo – 2x <i>Heligmosomo ides</i> – zatočený 1mm
39.	SE 784	Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	-	NEGATIVNÍ	POZITIVNÍ	Tlusté střevo – 1x samec + 1x samice tenkohlavec (<i>Trichuris</i>)
40.	SD 662	Myšice křovinná (<i>Apodemus sylvaticus</i>)	-	NEGATIVNÍ	POZITIVNÍ	Tenké střevo – <i>Heligmosomo ides</i>
41.	B 103	Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	F	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
42.	C 105	Norník rudý (<i>Myodes glareolus</i>)	-	POZITIVNÍ	NEGATIVNÍ	Játra – tasemnice – boubel
43.	B 65	Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	-	POZITIVNÍ	NEGATIVNÍ	Játra – boubel
44.	SA 512	Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	-	NEGATIVNÍ	POZITIVNÍ	Tenké střevo – krvesající hlístice (<i>Strongylida</i>)
45.	SCx	Norník rudý (<i>Myodes glareolus</i>)	F	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
46.	SCx	Norník rudý (<i>Myodes glareolus</i>)	F	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
47.	C 96	Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	M	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-

48.	SAx	Norník rudý (<i>Myodes glareolus</i>)	F	NEGATIVNÍ	POZITIVNÍ	Tenké střevo – krvesající hlístice (<i>Strongylida</i>) (samice – délka 1,5cm; šířka 0,5mm)
49.	SBx	Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	F	POZITIVNÍ	NEGATIVNÍ	Játra – boubel
50.	SA 515	Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	F	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
51.	SCx	Norník rudý (<i>Myodes glareolus</i>)	M	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
52.	SB 607	Norník rudý (<i>Myodes glareolus</i>)	F	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
53.	B 101	Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	F	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
54.	B 36	Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	F	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
55.	SD 734	Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	F	POZITIVNÍ	NEGATIVNÍ	Játra – boubel
56.	SD 735	Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	M	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
57.	SD 732	Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	F	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
58.	SD 731	Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	M	NEGATIVNÍ	POZITIVNÍ	-
59.	SD 733	Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	F	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-

60.	SE 832	Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	F	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
61.	SE 829	Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	F	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-
62.	SE 830	Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	F	POZITIVNÍ	NEGATIVNÍ	Játra – boubel
63.	SE 831	Myšice lesní (<i>Apodemus flavicollis</i>)	F	NEGATIVNÍ	NEGATIVNÍ	-