

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zoologie a rybářství



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Kardiopulmonární paraziti psů a jejich šíření
ve střední Evropě**

Bakalářská práce

Klára Švidroňová

Chov zájmových zvířat – Kynologie

Ing. Jan Magdálek, Ph. D.

© 2023/2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Kardiopulmonární paraziti psů a jejich šíření ve střední Evropě" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 28.4.2024

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Janu Magdálkovi, Ph. D. za odborné vedení, jeho cenné rady, podněty a připomínky.

Kardiopulmonární paraziti psů a jejich šíření ve střední Evropě

Souhrn

Bakalářská práce se zabývá problematikou kardiopulmonárních hlístic u psů. Konkrétně druhy *Angiostrongylus vasorum*, *Crenosoma vulpis*, *Dirofilaria immitis* a jejich šíření ve střední Evropě s důrazem na situaci v České republice. Na základě dostupné literatury byla vypracována literární rešerše popisující vývojový cyklus a morfologie jednotlivých parazitů. Dále jsou popsána onemocnění vyvolaná těmito parazity u psů a v některých případech i u lidí. Důraz je také kladen na správnou diagnostiku a včasné léčení infekce zopůsobenou hlísticemi. Kardiopulmonární hlístice obecně představují významné riziko pro psy i lidské zdraví, jelikož postihují životně důležité orgány, jako jsou plíce a srdce. Infekce nemusí být hned zřetelná, a proto může docházet až k fatálním následkům. Na základě dostupných údajů z jednotlivých zemí je popsána historie, a i nejaktuálnější prevalence výskytu parazitů. Klimatické změny, šíření kompetentních vektorů, transport domácích zvířat a podmínky chovu patří mezi klíčové faktory ovlivňující šíření těchto parazitů. Kompetentní mezihostitelé kardiopulmonárních hlístic se běžně vyskytují na území České republiky. Analýza výskytu a faktorů ovlivňujících epidemiologii těchto hlístic poskytuje hlubší vhled do jejich šíření. Import zvířat a lidská aktivita jsou dalšími faktory, které mohou podpořit šíření parazitů mezi různými oblastmi. V posledních letech dochází k nárůstu prevalence kardiopulmonárních hlístic ve střední Evropě, včetně České republiky. Aktuálně hlístice nevykazují velké riziko pro Českou republiku, avšak je nezbytné sledovat a monitorovat situaci pravidelně z důvodu rostoucí prevalence v sousedních zemích a dopadů globálního oteplování.

Klíčová slova: pes, hlístice, plíce, srdce, infekce, vektor

Cardiopulmonary parasites of dogs and their spread in Central Europe

Summary

The bachelor thesis deals with the issue of cardiopulmonary helminths in dogs. Specifically, the species *Angiostrongylus vasorum*, *Crenosoma vulpis*, *Dirofilaria immitis* and their spread in Central Europe with emphasis on the situation in the Czech Republic. On the basis of available literature, a literature search describing the developmental cycle and morphology of individual parasites was conducted. Furthermore, the diseases caused by these parasites in dogs and in some cases in humans are described. Emphasis is also placed on the correct diagnosis and early treatment of helminth infection. Cardiopulmonary helminths in general pose a significant risk to canine and human health, as they affect vital organs such as the lungs and heart. The infection may not be immediately apparent and can therefore be fatal. Based on available data from individual countries, the history and most recent prevalence of parasites is described. Climate change, the spread of competent vectors, transport of domestic animals and husbandry conditions are among the key factors influencing the spread of these parasites. Competent intermediate hosts of cardiopulmonary helminths are commonly found in the Czech Republic. Prevalence analysis and factors influencing the epidemiology of these helminths provides a deeper insight into their spread. Animal importation and human activity are other factors that may promote the spread of parasites between different areas. In recent years, there has been an increase in the prevalence of cardiopulmonary helminths in Central Europe, including the Czech Republic. Currently, helminths do not show a high risk of for the Czech Republic, but it is necessary to monitor the situation regularly because of the increasing prevalence in neighbouring countries and the effects of global warming.

Keywords: dog, nematodes, lungs, heart, infection, vector

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Cíl práce	9
3	Literární rešerše	10
3.1	Kardiopulmonární hlístice	10
3.2	Vybrané druhy parazitů	11
3.2.1	<i>Angiostrongylus vasorum</i>	11
3.2.1.1	Vývojový cyklus	11
3.2.1.2	Morfologie	12
3.2.2	<i>Crenosoma vulpis</i>	14
3.2.2.1	Vývojový cyklus	14
3.2.2.2	Morfologie	15
3.2.3	<i>Dirofilaria immitis</i>	16
3.2.3.1	Vývojový cyklus	16
3.2.3.2	Morfologie	17
3.3	Onemocnění způsobená kardiopulmonárními hlísticemi psů.....	18
3.3.1	Angiostrongylóza u psů	18
3.3.2	Diagnostika	19
3.3.3	Crenosomóza u psů.....	20
3.3.3.1	Diagnostika	20
3.3.4	Dirofilarióza u psů	21
3.3.4.1	Diagnostika	22
3.4	Zoonotický potenciál plicních a srdečních hlístic psů.....	23
3.5	Šíření plicních a srdečních hlístic ve střední Evropě	25
3.5.1	Šíření <i>Angiostrongylus vasorum</i>	26
3.5.1.1	Maďarsko	26
3.5.1.2	Německo	26
3.5.1.3	Polsko.....	27
3.5.1.4	Rakousko.....	27
3.5.1.5	Slovensko	28
3.5.1.6	Slovinsko.....	29
3.5.1.7	Švýcarsko.....	29
3.5.2	Šíření <i>Crenosoma vulpis</i>	29
3.5.2.1	Maďarsko	29
3.5.2.2	Německo	30

3.5.2.3	Rakousko.....	30
3.5.2.4	Slovensko.....	30
3.5.2.5	Švýcarsko.....	31
3.5.3	Šíření <i>Dirofilaria immitis</i>	31
3.5.3.1	Maďarsko	32
3.5.3.2	Německo	32
3.5.3.3	Polsko.....	33
3.5.3.4	Rakousko.....	33
3.5.3.5	Slovensko.....	34
3.5.3.6	Slovinsko.....	34
3.5.3.7	Švýcarsko.....	35
3.6	Šíření v České republice	36
3.6.1	<i>Angiostrongylus vasorum</i> v ČR.....	36
3.6.2	<i>Crenosoma vulpis</i> v ČR.....	36
3.6.3	<i>Dirofilaria immitis</i> v ČR.....	37
4	Závěr	39
5	Literatura.....	40
6	Samostatné přílohy.....	50
6.1	Seznam použitých zkratk a symbolů	50
6.2	Slovník pojmů.....	50
6.3	Seznam obrázků	51
6.4	Seznam tabulek.....	51

1 Úvod

Kardiopulmonární hlístice, jako jsou *Angiostrongylus vasorum*, *Dirofilaria immitis* a *Crenosoma vulpis* představují pro psy ve střední Evropě významné riziko. Vzbuzují velké obavy kvůli své patogenitě a zoonotickému potenciálu (Morchón et al. 2022). Člověk se může nakazit hlísticemi rodu *Angiostrongylus* a *Dirofilaria*, přičemž v některých případech onemocnění vede k vážným zdravotním problémům (Simón et al. 2012).

Klíčovými faktory ovlivňující šíření těchto parazitů jsou klimatické změny, šíření kompetentních vektorů, transport domácích zvířat a podmínky chovu psů. Teplota, vlhkost a dostupnost vody hrají důležitou roli ve vývoji a přežívání kompetentních mezipřenositelů, jako jsou plži, komáři a žába jako paratenický hostitel (Blashki et al. 2007; Traversa et al. 2010).

Angiostrongylus vasorum známý také jako francouzský srdeční červ je hlístice, která dokáže u psů způsobit potenciálně smrtelné onemocnění. U infikovaných psů se objevují příznaky onemocnění dýchacích cest, poruchy krvácení a neurologické problémy. Všudypřítomní plži jsou nejvíce vyhovující mezipřenositelé pro *A. vasorum* (Koch & Willesen 2009; Ferdushy & Hasan 2010; Rinaldi et al. 2014). *Dirofilaria immitis*, původce dirofilariózy psů, je závažné a potenciálně život ohrožující onemocnění. Dospělí červi se usazují v srdci a plicních tepnách, což vede k selhání srdce, onemocnění plic a dalším závažným komplikacím. Přenáší se komáři a ve střední Evropě se šíří do nových oblastí (Morchón et al. 2012; Sonnberger et al. 2021a). *Crenosoma vulpis* způsobuje u psů respirační příznaky jako je kašel, sípání a dýchací potíže. Infekce je méně závažná než u ostatních dvou parazitů, ale i přesto může způsobit značné potíže a zdravotní problémy. Tento parazit se přenáší pozřením infikovaných plžů (Chitwood et al. 1969; Traversa et al. 2010; Estévez-Sánchez et al. 2022; Bourgoin et al. 2022).

Práce se zaměřuje na konkrétní druhy hlístic a jejich šíření v různých regionech ve střední Evropě, včetně České republiky. V posledních letech se prevalence výskytu ve střední Evropě zvyšuje. Dosavadní studie naznačují potřebu dalšího monitorování a osvěty mezi majiteli zvířat a veterinárními lékaři, aby se předešlo možnému nárůstu případů infekcí, zlepšila se prevence, diagnostika a minimalizovalo se riziko zoonotického přenosu (Sassnau et al. 2014; Hajnalová et al. 2017).

2 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce bude formou literární rešerše shrnout poznatky o aktuálním výskytu plicních a srdečních hlístic u psů ve střední Evropě s ohledem na jejich epizootologii a zoonotický potenciál.

3 Literární rešerše

3.1 Kardiopulmonární hlístice

Kardiopulmonální parazitární onemocnění u psů a koček jsou stále více v popředí zájmu veterinární praxe, zejména vzhledem k nedávnému nárůstu srdečních a plicních červů u domácích zvířat po celé Evropě. Geografické rozšíření parazitických hlístic se rozšiřuje, a v oblastech, kde byly dříve vzácné, se vytvářejí nová endemická ohniska. To vede k výraznému nárůstu hlášení o infekcích kardiopulmonárními hlísticemi u psů (Blashki et al. 2007). Platí to zejména pro zástupce nadčeledi metastrongyloidea obsahující druhy, jako jsou *Aelurostrongylus abstrusus*, *Angiostrongylus vasorum* a *Crenosoma vulpis*, filarioidní hlístice rodu *Dirofilaria* a trichuroidní *Eucoleus aerophilus*. Význam infekce plicními parazity (*A. abstrusus*, *E. aerophilus* a *C. vulpis*) a srdečními parazity (*D. immitis* a *A. vasorum*) u zvířat v chovech se stává zřejmějším vzhledem k jejich patogennímu potenciálu a obtížím spojeným s jejich diagnostikou, v některých případech také kvůli jejich zoonotickému potenciálu (Traversa et al. 2010; Bourgoin et al. 2022). U *A. vasorum* existují jasné důkazy nárůstu počtu případů hlášených v rámci známých endemických oblastí (např. Dánsko, Francie a Velká Británie), ale i výskyt nových ohnisek v několika regionech, kde se infekce dříve nevyskytovala (Helm et al. 2010; Rinaldi et al. 2014).

Napadají dýchací systém a srdce různých definitivních hostitelů, včetně psů, koček a volně žijících masožravců. Tito parazité mohou u domácích zvířat způsobovat závažná onemocnění, což vyvolává obavy vědecké a veterinární komunity. U psů mohou kardiopulmonární hlístice vést k onemocněním, jako je angiostrongylóza a dirofilarióza, což jsou život ohrožující onemocnění a endemická v mnoha částech světa. Důležitým faktorem je správná a včasná diagnostika infekce, aby byla nastavená správná léčba. Klíčová je informovanost veterinářů, vědců a diagnostických laboratoří nejen ohledně klinických příznaků infekce, ale i obecné povědomí o kardiopulmonárních hlísticích a zdokonalit diagnostické postupy a kontrolní opatření (McGarry & Morgan 2009; Helm et al. 2010).

Příčiny nárůstu hlístic jsou stále málo definované, avšak je zde řada faktorů, které mohou hrát roli. Klimatické změny, šíření kompetentních vektorů, transport domácích zvířat a podmínky chovu psů, jsou jen některé z faktorů, které mohou ovlivňovat šíření parazitů. Teplota, vlhkost a dostupnost vody ovlivňuje vývoj a přežívání plžů a hmyzích přenašečů (Blashki et al. 2007). Je potřeba větší počet studií pro objasnění faktorů, ať už v rámci globálního oteplování, klíčové biologické vlastnosti hlístic, vliv klimatických faktorů pro vývoj a přenos v prostředí, kde se může hlístice vyskytovat. Výskyt srdečních a plicních hlístic u zvířat je silně ovlivněn dostupností vhodných meziphostitelů, jako jsou určité druhy plžů, komárů i žab (Genchi et al. 2009; Tolnai et al. 2015).

Vhodné klima je klíčovým faktorem v přenosu *D. immitis* komáry. Infekce hlísticemi rodu *Dirofilaria* v Evropě mají sezónní charakter přenosu s největší aktivitou v letních měsících a teplé podnebí usnadňuje vývoj larev v meziphostitelích. Proto je pravděpodobné, že změny klimatu budou mít významný vliv na vývoj, distribuci a způsoby přenosu parazitů (Genchi et al. 2009). *D. immitis* je rozšířen v mírných, tropických a subtropických oblastech světa (Fuehrer et al. 2016). Vyšší zoonotický potenciál má *D. repens* s porovnáním *D. immitis* (Capelli et al. 2018).

3.2 Vybrané druhy parazitů

3.2.1 *Angiostrongylus vasorum*

Kmen: Hlístice (Nematoda)

Třída: Chromadorea

Řád: Rhabdida

Čeleď: Angiostrongylidae

Rod: *Angiostrongylus*

Parazitická hlístice tzv. francouzský srdeční červ *Angiostrongylus vasorum* (Baillet, 1866), je přenášen měkkýši a napadá srdce a plicní tepny psů a volně žijících psovitých šelem. Má kosmopolitní rozšíření v Evropě, Severní a Jižní Americe a v Africe. Angiostrongylóza u psů může být fatální a její klinický průběh je různý a nepředvídatelný, protože může být chronický, subklinický, akutní nebo hyperakutní. Příznaky mohou být nepovšimnuty až několik měsíců (Koch & Willesen 2009; Fuehrer et al. 2020a).

3.2.1.1 Vývojový cyklus

Dospělí jedinci *A. vasorum* se vyskytují v plicních tepnách a srdci definitivních hostitelů, tj. psi a jiné povité šelmy. Při pitvě se může parazit vyskytnout v dalších částech těla, jako je mozek, lumen močového měchýře nebo v ledvinách, kde dokáže vyvolat rozsáhlé granulomatózní záněty (Cury & Lima 1996; Elsheikha et al. 2014).

Široká škála suchozemských plžů, jako *Arion ater*, *A. rufus*, *A. lusitanicus*, *A. fulica*, *A. distinctus*, *A. hortensis*, *Limax maximus*, *Helix aspersa* a *Tandonia sowebyi*, slouží jako mezihostitelé (Ferdushy et al. 2009; Helm et al. 2010; Lange et al. 2017).

Životní cyklus je nepřímý. Dospělá samice vyprodukuje vajíčka, z nichž se vylíhnou larvy prvního stádia L1. Larvy L1 pronikají do plicních sklípků a následně migrují do ústní dutiny a poté jsou spolknuty a vyloučeny ve stolici. Larvy L1 jsou následně pozřeny mezihostitelem jako je plž (Bolt et al. 1993; Bourque et al. 2002; Koch & Willesen 2009). Žába může působit jako paratenický hostitel po pozření infikovaných plžů (Bolt et al. 1993). V mezihostiteli pokračuje vývoj infekčních larev až do třetího stádia L3. K tomu za optimálních podmínek dochází během 10–16 dnů (Morgan et al. 2005). *Angiostrongylus vasorum* infikuje psa (*Canis familiaris*) přímo, infikovaných plžem nebo potravou kontaminovanou výměškem plže obsahující larvy L3, nebo paratenickým hostitelem. Larvy L3 se přes střešní stěnu dostávají do břišních lymfatických uzlin, kde se transformují na larvy L4. Tyto larvy následně vstupují do portálního oběhu a migrují jaterním parenchymem, až nakonec se dostávají do pravé komory srdce a plicních tepen, kde larvy dospívají do dospělých jedinců (Morgan et al. 2005; Ferdushy & Hasan 2010; Elsheikha et al. 2014). Prepatentní období, což je časový úsek od infekce definitivního hostitele po dobu, kdy jsou larvy detekovatelné ve výkalech, trvá obvykle 38–58 dní (Bolt et al. 1994).

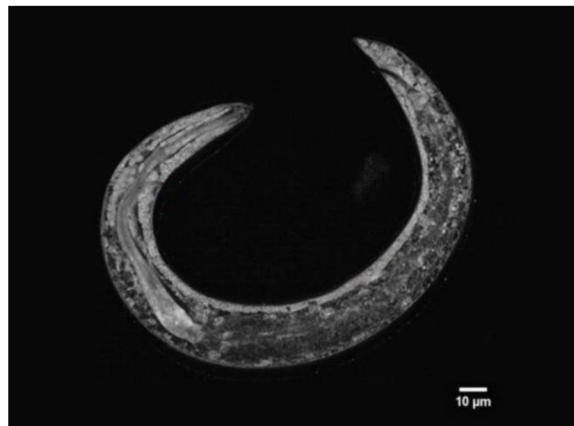
3.2.1.2 Morfologie

Angiostrongylus vasorum má v různých fázích svého vývoje charakteristické morfologické znaky. Larvy prvního stádia L1 (obr. 1), které se nacházejí v mezihostitelích, dosahují délky přibližně 335 μm a šířky 11 μm (Mahjoub et al. 2022). Při popisu larvy popisujeme přední konec, který je zaoblený, ocas má tvar přívěsku a obsahuje ústní otvor, nervový prstenec, jícen, střevo a anální otvor. Tyto larvy jsou tenké a průsvitné, ale lze je odlišit od jiných larev L1 hlístic z čeledi Metastrongylidae díky jejich charakteristickému tvaru konce ocasu (Rinaldi et al. 2014).



Obrázek 1 - Larva prvního stádia L1 (Rinaldi et al., 2014)

Larvy druhého stádia L2 (obr. 2) se vyvíjejí ve stejných mezihostitelích a ve srovnání s L1 vykazují větší průměrnou délku, která činí přibližně 420 μm a 12 μm na šířku. Ve střevních buňkách jsou přítomné granule, které dávají larvám L2 nahnědlou barvu. Obsahují jícen, nervový kroužek, střevo, genitální primordium a anální otvor (Ferdushy & Hasan 2010; Pereira et al. 2020).



Obrázek 2 – Larva druhého stádia L2 (Pereira et al. 2020)

Larvy třetího stádia L3 (obr. 3), které infikují definitivní hostitele, mají průměrnou délku 485 μm . Uvnitř v těle kolem hltanu mají výrazný nervový prstenec umístěný 64 μm od předního konce spolu s chitinovými tyčinkami, jícnem, střevem, genitálním primordiem a análním otvorem. Chitinové tyčinky dosahují plného vývoje v tomto stádiu. V kaudální části ocasu byly pozorovány buňky, které se zdají být zárodečnými strukturami pro další vývoj v definitivním hostiteli. Jedná se o nejaktivnější larvální stádium (Di Cesare et al. 2015; Pereira et al. 2020).

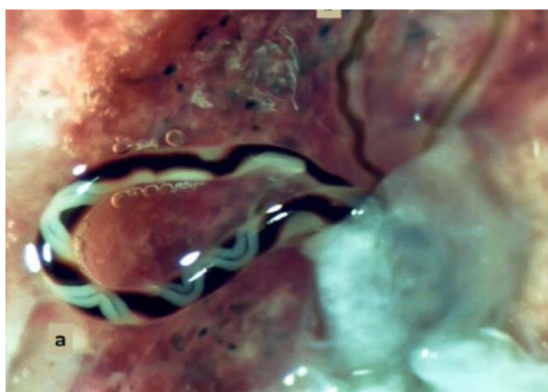


Obrázek 3 – Larva třetího stádia L3 (Pereira et al. 2020).

Dospělí červi mají válcovitý tvar, narůžovělou barvu a jsou tencí. Oba konce červů se zužují. Samci měří okolo 14 až 16 milimetrů a samice 18 až 25 milimetrů (Elsheikha et al. 2014). Samci červů se vyznačují tím, že mají kopulační burzu, spikuly a bursální paprsky (obr. 4). Paprsky jsou krátké s koncovými větvemi. Samice mají hrubou břišní stěnu a vzhled „holičské tyče“. Jsou výrazné, což je dáno červenou barvou jejich střeva kontrastující s bílou barvou jejich rozmnožovací soustavy (obr. 5). Vaječníky s vulvou, které jsou umístěny v zadní části těla, jsou ovinuté kolem střeva (Rosen et al. 1970; Ferdushy & Hasan 2010; Elsheikha et al. 2014).



Obrázek 4 – zadní konec samce – kopulační burza a spikuly (Demiaszkiewicz et al. 2014).



Obrázek 5 - samice *A. vasorum* – kontrastující střeva s rozmnožovací soustavou (Hurníková et al. 2013).

3.2.2 *Crenosoma vulpis*

Kmen: Hlístice (Nematoda)

Třída: Secernentea

Řád: Rhabditida

Čeleď: Crenosomatidae

Rod: Plicnivka (*Crenosoma*)

Crenosoma vulpis (Rudolphi, 1819) také známá jako plicnivka liščí, metastrongylidní hlístice, která infikuje průdušky, průdušinky a průdušnice domácích psovitých šelem (Chitwood et al. 1969). Její výskyt je všeobecně známý od 70. let 20. století, a to zejména u lišek (Hajnalová et al. 2018). Hlavním definitivním hostitelem *Crenosoma vulpis* je liška obecná (*Vulpes vulpes*). Lišky fungují ve volné přírodě jako hlavní rezervoár, ale také byl zaznamenán u mývalů, vlků a kojotů (Schug et al. 2018; Nonnis et al. 2023). Hojně se vyskytuje v několika evropských zemích a severovýchodní oblasti Severní Ameriky (Conboy 2004; Mahjoub et al. 2024). Infekce u psů je zřídka smrtelná. Klinické příznaky infekce zahrnují kašel, dýchací potíže, výtok z nosu a dávení (Caron et al. 2014).

3.2.2.1 Vývojový cyklus

Crenosoma vulpis má nepřímý životní cyklus zahrnující jak definitivní hostitele, tak mezihostitele (Latrofa et al. 2015). Dospělé samice žijí v průduškách a průdušnici definitivních hostitelů (lišky, psi). Parazit je tzv. vejcoživorodý, tj. larvy prvního stádia L1 se vyvíjejí rychle v tenké vaječné skořápce a líhnutí probíhá v průduškách hostitele, kde také způsobují podráždění a zánět. Larvy jsou zavinuté uvnitř vajíček, které jsou vylučovány z oblasti vulvy červa. Po vylíhnutí larvy dráždí průdušky, což vede k jejich vykašlání spolu s hlenem, který je následně spolknut, a tak se dostanou do trávicího traktu. Poté vycházejí z těla hostitele spolu s výkaly. Larva L1 pronikne do měkkýše – slimáka nebo hlemýždě, který pozřel výkaly (Bihl & Conboy 1999; Unterer et al. 2002). Larvy jsou přítomny ve vnitřních orgánech a noze plže, kde se dvakrát svlékají, aby se z nich stala infekční stádia L3. Doba svlékání jsou přibližně 3 týdny. Jakmile je mezihostitel pozřen liškou nebo psem, dochází k trávení měkkýše a uvolní se larvy L3. Ty se přes játra, lymfatické žlázy a plicní sklípky dostanou do průdušek. Parazit se následně dvakrát svléká do dospělého stádia (Robbins et al. 2021). Jako vhodný mezihostitel pro *C. vulpis* byl popsán plž zahradní (*Cornu aspersum*), larvy se nacházely v jeho vnitřnostech (Colella et al. 2016).

3.2.2.2 Morfologie

Dospělí samci hlístice mají specifické kutikulární záhyby v přední části hlístice (obr. 6). Na délku měří 3,5 až 8 mm. Samice jsou delší a měří 12 mm až 16 mm, maximální šíře těla je 437 μm . Ocas samice je 128 μm dlouhý a má kuželovitý tvar se zaoblenou špičkou. Vulva se nachází 7 milimetrů od zadního konce (Latrofa et al. 2015).

Samci mají v zadní části kopulační burzu a spikuly. Kutikulární záhyby dávají červům (jak samcům, tak samicím) jejich charakteristický vzhled (Mechouk et al. 2023).



Obrázek 6 - přední část s kutikulárními záhyby (Mechouk et al. 2023a).

Larvy *Crenosoma vulpis* (obr. 7) mají charakteristický tvar písmene „C“, jsou dlouhé v rozmezí 253–280 μm (průměrně 274 μm) a široké 12–14 μm . Mají zakřivené tělo s postranními výběžky, které se táhnou od oblasti hlavy až k zadní třetině ocasu. Přední konec je trojúhelníkový se zaobleným vrcholem, nachází se zde i postranní alae neboli kutikulární výběžky. Zadní konec dosahuje délky 31–34 μm (průměrně 33 μm), bývá rovný nebo mírně ohnutý nahoru s výrazným zužením směrem k zadnímu konci (Colella et al. 2016).



Obrázek 7 - larva *C. vulpis* (Traversa et al. 2010).

3.2.3 *Dirofilaria immitis*

Kmen: Hlístice (Nematoda)

Třída: Secernentea

Řád: Spirury (Spirurida)

Nadčeleď: Filaroidea

Čeleď: Onchocercidae

Rod: *Dirofilaria*

Dirofilaria immitis (Leidy, 1856) neboli Vlasovec psi, často popisován jako srdeční červ je parazitická hlístice. Hlavním rezervoárem infekce jsou domácí psi i některé volně žijící psovité šelmy. Nicméně i jiní, méně vhodní hostitelé, jako jsou kočky a fretky, nesou občas nízkou intenzitu přechodných mikrofilárií, které v nich nedokončují vývoj, ale fungují jako zdroj infekce pro komáry. Bylo prokázáno, že komáři, kteří se živili mikrofilarémovou krví kočky produkovali infekční larvy třetího stádia L3, které se po následném přenosu na psa vyvinuli v plně reprodukční dospělé červy (Fuehrer et al. 2021).

Tento parazit způsobuje onemocnění známé jako srdeční červivost nebo dirofilarióza. Jeho přítomnost v plicních tepnách může vést k poruchám cév a zvýšenému tlaku v plicích. Navíc cirkulující mikrofilárie v krvi způsobují záněty v plicích a dalších orgánech. Pokud není onemocnění léčeno, může se vyvinout až do srdečního selhání. Přenos na člověka je možný, ale případy infekce jsou zřídka a často probíhají asymptomaticky (Hoch & Strickland 2008).

3.2.3.1 Vývojový cyklus

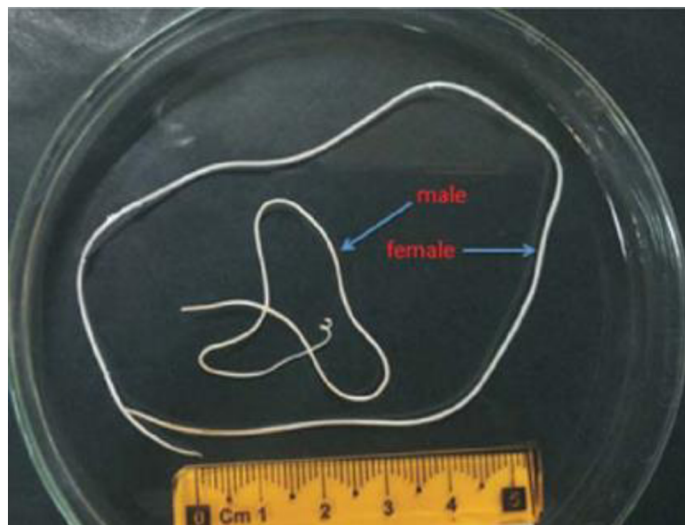
Dirofilaria immitis má pět larválních stádií. Dospělí červi žijí v plicních tepnách, ale při infekcích mohou napadnout i pravou srdeční síň, pravou komoru a kaudální dutou žílu (McCall et al. 2008).

Samičky uvolňují mikrofilárie (L1) do krevního oběhu hostitele, kde je pozřou krmící se komáři. V komárech se larvy prvního stádia L1 s nasátou krví dostávají na povrch střední části trávicího traktu komára a později migrují do malpighických tubic, kde se vyvíjejí do infekčních larev L3 (Younes et al. 2021). Dvakrát se svlékají (z L1 na L2 a poté na L3) v průběhu 8 až 17 dnů. Doba je závislá na teplotě. Jestliže není teplota dostatečná (tj. alespoň 14° C) po dostatečný počet dní během života komára, k přeměně na stadium L3 nedojde (Bowman & Atkins 2009). Stádium L3 tzv. infekční stadium dirofilárie, se přenáší na nového hostitele, když se komár nakrmí. Larvy L3 se přeměňují do stádia L4 v tukové, podkožní a kosterní svalové tkáni hostitele 1 až 12 dní po infekci. 50 až 68 dní po počáteční infekci dochází ke svlékání ze stádia L4 do L5 nezralého dospělého jedince (McCall et al. 2008).

Nezralí dospělci z cévního systému migrují do srdce a plicních tepen, kde během následujících 99 až 152 dní dozrávají v dospělé dirofilárie. V ideálních podmínkách trvá životní cyklus 184 až 210 dní. Dospělí srdeční červy u psů žijí většinou až 5 let, mikrofilárie mohou žít až 30 měsíců. Pouze dospělí jedinci jsou schopni reprodukce a psi se obvykle stávají mikrofilaremičkami 6 až 8 měsíců po první infekci (Hoch & Strickland 2008).

3.2.3.2 Morfologie

Dospělý jedinec se vyznačuje válcovitým tvarem, je to tenký bílý červ s příčně pruhovanou kutikulou složenou ze tří hlavních vnějších vrstev obsahujících kolagen a další sloučeniny. Za významný znak pro identifikaci je považováno podélné kroužkování podél těla parazita viditelné z boku. Ústní otvor je kruhový, bez pysků a obklopený hlavovými papily a amfidami. Mezi spojením jícnu a nervovým prstencem jsou malé laterální párové papily s vláknitou strukturou (Furtado et al. 2010). Vnější vrstvy jsou nebuněčné a jsou vylučovány pokožkou, která chrání hlístice při pronikání do trávicího traktu zvířat. Samci bývají menší než samice (obr. 8) (Sharifdini et al. 2022).



Obrázek 8 - porovnání velikosti samce a samice *C. vulpis* (Heidari et al. 2015).

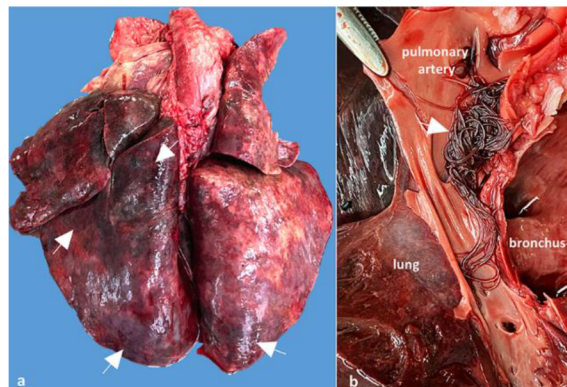
Samci dosahují délky až 15 cm a samice 30 cm, viditelní jsou pouhým okem. Samci *D. immitis* mají navíc spirálovitě stočený zadní konec, zatímco samice mají oba konce rovné. Samci červů mají specifické struktury, jako jsou spikuly a preanální papily, což jsou charakteristické znaky, které je pomáhají odlišit od samic hlístic (Heidari et al. 2015; Khanmohammadi et al. 2020). Samice mají vulvu umístěnou vedle předního konce s elipsovitým a příčným vulvárním otvorem, ohraničeným jemnými pysky (Furtado et al. 2010).

Mikrofilárie *D. immitis* jsou pohyblivější a početnější ve srovnání s blízkými příbuznými druhy, jako je *D. reconditum*. Dlouhé jsou přibližně 300 až 325 μm se zuženým předním koncem a rovným zadním koncem. Jsou široké 6,7 – 7,1 μm (McCall et al. 2008).

3.3 Onemocnění způsobená kardiopulmonárními hlísticemi psů

3.3.1 Angiostrongylóza u psů

Infekce se nejčastěji vyskytuje u psů s nízkým věkem, psů z útulků nebo u zanedbaných psů s nedostatkem potravy. Předchozí podání antihelmintik, klimatické období především podzimní/zimní také ovlivňuje infekci. Další faktory, jako je například plemeno psa, jsou méně jasné (Morgan et al. 2021). K nakažení dochází nejčastěji neúmyslnou konzumací prostřednictvím kontaminované potravy nebo žvýkáním trávy a mrchožroutstvím. Méně časté je úmyslné pozření plžů a paratenických hostitelů, jako jsou žáby. Larvy ve třetím stádiu vývoje L3, uvolněné z plžů do vodního prostředí, představují infekční riziko. Z tohoto důvodu se mohou psi a další definitivní hostitelé nakazit konzumací vody či potravy kontaminované těmito larvami (Bolt et al. 1993; Mozzer & Lima 2015). *A. vasorum* způsobuje u psů těžké klinické případy, tak i mírnější nebo žádné příznaky. Dospělci především parazitují v plicních tepnách (obr. 9) a pravé části srdce (Schnyder et al. 2010). V nejhorších případech dochází i o život ohrožující klinické projevy. Infekce se projevuje nespecifickými příznaky, např. hubnutí, zvracení, průjem, a to způsobuje nesprávné vyhodnocení nemoci a nesprávné nastavení léčby (Oborina et al. 2021). Mezi nejčastější kardiopulmonární příznaky patří dávení, kašel, tachypnoe, vykašlávání krve, zánět plic, vysoký krevní tlak anebo dušnost. V závažných případech se může jednat o abnormální plicní nálezy, jako jsou slyšitelné praskliny v plicích a vznik zduřelých ploch s nekrózami a krvácením (obr. 9) (Taulescu et al. 2023). Podle doby trvání infekce a podle typu závažnosti se může objevit plicní hypertenze a plicní krvácení. Důsledkem toho může být i porucha struktury nebo funkce pravé komory srdce (Nicolle et al. 2006; Morgan et al. 2010). Všichni psi s nevysvětlenou koagulopatií by měli být vyšetřeni na *A. vasorum*. Koagulopatie neboli porucha srážlivosti krve může být jediným příznakem, ale také se může vyskytovat ve spojení s dalšími příznaky, např. modřiny, krvácení ze spojivek, krvácení po operaci, krvácení do CNS, krvácení z nosu, meléna. Nejčastější příčinou u neurologických příznaků je krvácení do centrálního nervového systému, které způsobuje záchvaty, parézu, paralýzu, ataxii (Howell 2008). Neobvyklé klinické případy mohou vzniknout v důsledku migrací larev L1, zejména v ledvinách a svalovině srdce, a dokonce i vývojem dospělců, například v oku (Morgan et al. 2021).



Obrázek 9 – A) šipky znázorňují zduřelé plochy s krvácením B) dospělec *A. vasorum* v plicní tepně (Taulescu et al. 2023).

3.3.2 Diagnostika

Mnohočetné klinické příznaky ztěžují možnost diagnostikovat infekci způsobenou *A. vasorum*. Příznaky jako je kašel, dušnost, hubnutí a další příznaky spojené s infekcí jsou často obdobné nebo dokonce i stejné jako jiné parazitární i neparazitární onemocnění (Olivieri et al. 2017).

Je doporučeno provádět preventivní diagnostiku u mladých psů do jednoho roku, převážně u jedinců, kteří nebyli odčerveni a žijí v oblastech s vysokým výskytem parazitů (Schnyder et al. 2014). První larvální stádium *A. vasorum* lze detekovat ve stolici pomocí kopromikroskopie a přímým stěrem stolice, flotací a Baermannovou migrační metodou (Di Cesare & Traversa 2014). Nejběžnější metoda je Baermannova metoda, která spočívá v separaci prvního larválního stádia vylučovaného trusem psů a následovanou mikroskopickou identifikací larev. Tato technika má vysokou míru falešně negativních výsledků. Časté příčiny zahrnují nedostatečný počet dospělců nebo zpoždění doručení vzorků do laboratoře, což může vést k úhynu larev. Morfologické odlišení larev *A. vasorum* od larev jiných plicních červů, jako jsou *Crenosoma vulpis* a *Filaroides spp.*, je potřeba zkušený personál laboratoře (McGarry & Morgan 2009; Svobodová 2014).

Byl vyvinut rychlý diagnostický test Angio Detect TM test, založený na principu koloidního zlata. Umožňuje rychlou detekci antigenů produkovaných dospělými jedinci. Tento test má vysokou specifitu (98,8 %) a sensitivitu (98,1 %) ve srovnání s Baermannovou metodou. K provedení Angio Detect TM testu je potřeba pouze malé množství krevního séra nebo plazmy. Výsledek je zjištěn po několika málo minutách, uvádí se kolem 10–15 minut. Výsledek testu není ovlivněn hemolýzou nebo hladinou lipidů v krvi (Svobodová 2014).

Dále se k diagnostice využívá ELISA (angl. zkratka enzyme-linked immunosorbent assay) test (Clark et al. 1986). Představují účinný a cenově dostupný nástroj pro diagnostiku jak u jednotlivců, tak u populačních stádiích (Guardone et al. 2013). Funguje na principu detekci cirkulujících antigenů a diagnostikuje specifické protilátky proti *A. vasorum*. K testování je potřeba jeden vzorek séra (Míterpáková et al. 2015). Protilátky v hostiteli přetrvávají v hostiteli po prodělané infekci, a proto detekce protilátek dokazuje, že zvíře bylo napadeno *A. vasorum*, ale ne že se jedná o aktivní infekci (Di Cesare & Traversa 2014).

PCR (polymerázová řetězová reakce) je efektivní technika amplifikace DNA fragmentů, založená na procesu replikace nukleových kyselin. Je vhodná pro identifikaci parazita *A. vasorum* a identifikaci larev u mezipřenositelů. Doporučuje se kombinovat s izolací larev proséváním, což zlepšuje detekci infekce v dané oblasti (Ferdushy et al. 2010). Molekulární test je schopen detekovat L1 parazita ve vzorcích krve a výkalů, s nižší citlivostí než tradiční Baermannova metoda. PCR lze použít i při diagnostice onemocnění ze vzorků výkalů a plic (Di Cesare & Traversa 2014).

3.3.3 Crenosomóza u psů

Crenosoma vulpis, parazitický plicní červ způsobuje klinické příznaky, které negativně ovlivňují dýchací systém nakažených zvířat (Mortier et al. 2018). Klinické příznaky jsou způsobeny přímým účinkem dospělého parazita na průdušky, průdušinky nebo příležitostně na průdušnici nebo zánětem způsobeným přítomností červa (Hoff 1993; Maksimov et al. 2017). Parazit v plicích zjizvují parenchym a způsobují chronickou bronchitidu. Kašel může být chronický, suchý nebo vlhký, hlenový a často se zhoršuje při fyzické aktivitě. Psi trpí různými stupni dýchacích potíží, které zahrnují časté a intenzivní dýchání, zrychlené dýchání nebo obtížnost při dýchání. Přetrvávající kašel je jedním z hlavních příznaků infekce. Během dýchání se objevují sípavé zvuky, což je známkou ztíženého průchodu vzduchu v dýchacích cestách nebo zánětem. Infikovaní psi mohou projevovat celkovou letargii, slabost a sníženou aktivitu. Chronická infekce vede ke ztrátě hmotnosti. Parazit může omezit jejich schopnost přijímat potravu. U některých psů se vyskytuje přítomnost výtoků z nosu, který může být čirý, hlenovitý nebo dokonce i krvavý (Bihl & Conboy 1999; Pohly et al. 2022).

Při těžkých infekcích dochází k bronchopneumonii a respirační insuficienci, v důsledku toho mohou způsobit i smrt (Ilić et al. 2017). Nedostatek specifických klinických příznaků a obtíže při diagnostice mohou vést k opožděné léčbě. Nejčastěji se milně diagnostikuje jako alergický pes (Rinaldi et al. 2007).

3.3.3.1 Diagnostika

Nejefektivnějším a nejkvalitnějším způsobem pro diagnostiku infekce způsobené *C. vulpis* je vyšetření vzorků trusu pomocí Baermannovy techniky. Slouží k detekci larev prvního stádia ve vzorcích trusu. Tento postup zahrnuje oddělení parazitů pomocí odstředivé flotace ve speciálním roztoku obsahujícím síran zinečnatý, považuje se za nejpřesnější metodu (Traversa et al. 2010; Ilić et al. 2017). Tradiční metody, které se využívají na veterinárních klinikách, ne vždy dokážou spolehlivě identifikovat larvy L1, ale lze je izolovat při vyšetření tracheálního výplachu zvířat podezřelých z infekce (Traversa & Guglielmini 2008).

Metody jako přímý stěr trusu a flotační technika jsou méně spolehlivé, protože rozdíly v osmotickém tlaku mohou způsobit deformace larvální struktury. V případě, že se v trusu nacházejí larvy, je nezbytné provést podrobnou morfometrickou a morfologickou identifikaci. Tento proces vyžaduje pečlivé rozlišení mezi jednotlivými larválními formami, včetně larválního stádia plicní hlístice, pijavek a larvy neparazitických hlístic nebo hlístic z rostlin, které se mohou omylem odebrat na poli spolu s trusem (Conboy 2009).

Identifikace larválního stádia L1 druhu *C. vulpis* je založena na morfologických charakteristikách a velikosti. Pro hodnocení morfologických vlastností se obvykle aplikuje Lugolův jodový roztok na krycí sklíčko, což fixuje a zbarvuje larvy. Vajíčka *C. vulpis* získaná z tracheálního výplachu mají tenké stěny s rozměry 72x43 μm a obsahují plně vyvinutou L1 (Shaw et al. 1996; Ilić et al. 2017).

Metody molekulární diagnostiky pro detekci infekce způsobené *C. vulpis* dosud nedosáhly dostatečného pokroku, avšak výzkum v oblasti molekulární biologie a genetiky pokračuje s cílem identifikovat mitochondriální genetické markery tohoto parazita. Identifikace

těchto genetických markerů je klíčová pro přesnou morfologickou identifikaci *C. vulpis* a může tak vést k pokroku v oblasti molekulární diagnostiky (Ilić et al. 2017).

3.3.4 Dirofilarióza u psů

Srdeční červivost je potenciálně smrtelná parazitární infekce, způsobená hlavně dospělými formami *D. immitis* nebo i mikrofiláriemi. Při počáteční infekci jsou paraziti v plicních tepnách a plicích (Fuehrer et al. 2021).

V posledním stádiu infekce a při infekcích s vysokým počtem parazitů postihují červi srdeční komory (obr. 10). Obvykle se dirofilarióza u psů projevuje jako chronické onemocnění. Většina infikovaných psů nemá žádné symptomy po dobu několika měsíců až let, přičemž doba trvání závisí na intenzitě infekce červy, individuální aktivitě a celkové fyzické kondici psa. Poškození tepen je vážnější u psů s vysokou úrovní fyzické aktivity než u těch, kteří jsou méně aktivní (Mircean et al. 2017; Rocha et al. 2024).

Symptomy onemocnění se rozvíjejí postupně, začínají chronickým kašlem, který může postupovat ke středně silnému kašli až těžké dušnosti a slabosti. Během toho mohou být slyšet neobvyklé abnormální zvuky v plicích, zejména v kaudálních plicích lalocích a rozdělení srdečního zvuku může vést k chrčení v plicích. V pokročilém stádiu rozvoje pravostranného srdečního selhání se objevuje otok břicha a někdy i končetin, způsobený hromaděním tekutin, spolu s nechutenstvím, úbytkem hmotnosti a dehydratací. Srdeční šelest na pravé straně hrudníku jsou častým příznakem, a to kvůli nedostatečnosti triskupidální chlopně a nepravidelné srdeční činnosti, často spojené s fibrilací síní (Hoch & Strickland 2008; McCall et al. 2008).

V průběhu chronického onemocnění se vyskytují i akutní komplikace. Dochází k náhlému vzniku život ohrožující dušnosti a krvácení do plic způsobené velkým množstvím parazitů (Polizopoulou et al. 2000). U malých psů je častým jevem migrace dospělých červů z plicních tepen do pravé srdeční komory v důsledku vysokého tlaku v plicním oběhu a náhlého poklesu pravého srdečního výdeje. Tento jev je známý jako „kavální syndrom“ a může vyvolat akutní hemodynamické změny, projevující se jako klinický syndrom, charakterizovaný dušností, triskupidálním srdečním šelestem a akutní hemolýzou. Pokud není proveden okamžitý chirurgický zákrok na odstranění červů, tak dochází k fatálnímu výsledku. Náhlá úmrtí jsou vzácná, přičemž psi obvykle umírají v důsledku respirační nedostatečnosti nebo vyčerpání organismu (Carretón et al. 2011; Bendas et al. n.d.).



Obrázek 10 - dospělec *D. immitis* v srdci (Santoro et al. 2019).

3.3.4.1 Diagnostika

Infekci dospělých srdečních červů u psů je možné detekovat s využitím krevních testů, které slouží k detekci cirkulujících mikrofilárií nebo antigenů dospělých jedinců. Tyto testy poskytují důležitý první krok při diagnostikování onemocnění. Vyšetření vzorků krve na přítomnost mikrofilárií se provádí po koncentraci za pomoci modifikovaného Knottova testu (Knott, 1939). Avšak pro komplexní posouzení závažnosti infekce a rozhodnutí o vhodné léčbě je nezbytné provést další diagnostické postupy a vyšetření. Zásadní je morfologické odlišení mikrofilárií *D. immitis* od jiných druhů filarioidních parazitů, kteří uvolňují mikrofilárie do krve, především v zemích, kde se může u psů vyskytovat několik druhů těchto parazitů. Mikrofilárie rozlišujeme na základě morfologie, histochemického barvení nebo molekulárních metod. Až 30 % infikovaných psů nemá v krvi mikrofilárie, přestože se u nich vyskytují dospělí červi. To může být způsobeno věkem dospělých červů, jelikož mladí dospělci před dosažením plného vývoje nebo starší samice červů s nízkou plodností ovlivňují přítomnost mikrofilárií v krvi. Dále mohou hrát roli rozdílné imunitní reakce hostitele proti dospělým jedincům a mikrofiláriím (McCall et al. 2008). Metody ELISA a imunochromatografie/ barvení bočním tokem jsou považovány za vysoce specifické k identifikaci antigenů dospělých samic dirofilárií (Venco et al. 2004). Poskytují důležité informace o zatížení organismu červy. Nicméně falešně negativní výsledky se mohou objevit u infekcí trvajících méně než 5 měsíců, lehkých infekcí nebo pokud jsou přítomni pouze samci červů (McCall et al. 2008).

PCR (polymerázová řetězová reakce) je precizní a citlivou metodou pro rozlišení mikrofilárií od různých druhů filarioidních červů, kteří mohou infikovat psy. Existuje několik PCR metod, které využívají specifické primery. Použití je vhodné v případě morfologických abnormalit mikrofilárií, u psů léčených nepřesnými preventivními léky nebo u mnohočetné infekce více než jedním druhem filarioidního červa (Casiraghi et al. 2006).

V pokročilých stádiích onemocnění se využívají rentgenové snímky hrudníku. Ukazují zvětšené plicní tepny a v případě těžkých forem onemocnění i plicní krvácení a zvětšení pravé srdeční komory (pravostrannou kardiomegálii). Pokud se vyskytuje srdeční selhání, je také důležité provést vyšetření peritoneální a pleurální dutiny (McCall et al. 2008). Rentgenová diagnostika je užitečná pro hodnocení rozsahu poškození plic, ale není vhodná pro posouzení zátěže červy (Venco et al. 2004). Elektrokardiogramy zachycují elektrickou aktivitu srdce. Odchylky jako je změna elektrické osy doprava nebo fibrilace síní jsou často zjišťovány až v pokročilém stádiu onemocnění, kdy jsou srdeční komory vážně poškozeny (McCall et al. 2008). U psů se také provádí echokardiografie, kdy klinický a rentgenologický náález naznačuje závažné onemocnění. Ultrazvuk srdce může zlepšit přesnost stanovení stádia onemocnění a odhad zátěže červů, což jsou důležité informace ovlivňující léčebný plán i prognózu (McCall et al. 2008).

3.4 Zoonotický potenciál plicních a srdečních hlístic psů

Angiostrongylus vasorum u lidí

U člověka se běžně nevyskytuje, a pokud se parazitem infikuje, může způsobit závažné onemocnění trávicího traktu nebo centrálního nervového systému. V současné době neexistují žádné důkazy o tom, že by *A. vasorum* představoval přímé zdravotní riziko pro člověka. K nákaze člověka teoreticky může dojít pozřením larev třetího stádia L3, a to buď úmyslně, nebo neúmyslně, pozřením infikovaných syrových plžů. Příznaky infekce *A. vasorum* u lidí jsou vzácné, ale některé případy byly zaznamenány. Tyto případy se obvykle projevují jako eozinofilní meningitida, která má podobné příznaky jako infekce *Angiostrongylus cantonensis*. Projevuje se ztuhlostí šíje, bolestí hlavy, nevolností, zvracením a silnou bolestí hlavy. Takové případy jsou vzácné a obvykle spontánně odezní bez nutnosti specifické léčby, protože parazit není schopen v lidském těle delší dobu přežít (Morgan et al. 2021).

Nejznámějším zoonotickým druhem *Angiostrongylidae* je *Angiostrongylus costaricensis*. Způsobuje závažné až smrtelné zoonózy v Evropě a Americe. Mezi definitivní hostitele patří hlodavci, především krysy, a pes domácí (Alfaro-Alarcón et al. 2015). Případy lidské angiostrongylózy byly hlášeny nejen u dospělých lidí, ale i u dětí (Romero-Alegria et al. 2014).

Crenosoma vulpis u lidí

U člověka doposud nebyly hlášeny žádné případy infekce. Klinické příznaky a symptomy v lidském těle po infekci *Crenosoma vulpis* nejsou známy. Celkově v současné době *C. vulpis* není považován za nebezpečný pro lidské zdraví (Bihl & Conboy 1999).

Dirofilaria immitis u lidí

V současné době není plno informací o lidské infekci *D. immitis*. Člověk je méně vhodný hostitel a parazit obvykle není schopen dokončit svůj životní cyklus a parazitická infekce zřídka dosahuje projevu (McCall et al. 2008). Tkáně lidských organismů napadají infekční larvy zoonotických filárií a vyvolají malou nebo žádnou reakci hostitele během infekce v průběhu svého vývoje. Pokud parazit uhynie v tkáních, vyvolá to zánětlivou reakci hostitele. Dosud není jisté, zda je parazit již mrtvý a hostitel reaguje na jeho úhyn, nebo jestli hostitel sám vyvolá zánětlivý proces (Orihel & Eberhard 1998; Fuehrer et al. 2016). V oblastech, kde se vyskytují srdeční červi u psů jsou lidé ohroženi přítomností infikovaných komárů, kteří mohou přenést parazita během sání krve. Mnoho infekčních larev je eliminováno imunitním systémem lidského hostitele (Simón et al. 2005). I přesto může jeden nebo více červů pokračovat v migraci skrze pojivové tkáně do žilního oběhu a do pravé části srdce, případně i do jiných částí srdce, a nakonec se dosáhnout plicních tepen. Zde pokračuje vývoj v malých až středně velkých větvících se plicních tepnách. Hlístice vyvolá vaskulitidu, a nakonec je usmrcena, odumře v důsledku zánětlivé reakce (Theis 2005). Mrtvý červ je poté začleněn do granulomu, který je rozpoznán jako solitární léze popisována jako „coin lesion“ na rentgenovém snímku hrudníku nebo CT scanu. Většina případů je v době pozorování léze asymptomatická. U některých pacientů se může vyskytnout kašel nebo některé příznaky pneumonie ještě před diagnózou (Bielański et al. 2001; Alsarraf et al. 2021).

V Evropě převažuje druh *D. repens* u lidí. V posledních 30 letech se dohromady zjistilo 30 případů *D. immitis* oproti *D. repens* s 4000 případy. Roku 2020 v lednu se 66letá žena dostavila na ambulanci ve Slovensku s bolestí na hrudi, kašlem a dušením. Po roce v květnu lékaři provedli histologické vyšetření tkáně, kde odhalili ohraničenou nekrotickou uzlinu obsahující malé nepravidelné tvarované tubulární útvary postižené degenerativními změnami. Okraje uzliny tvořily nespecifické fibrotické a zánětlivé granulace. Konečná patologická zpráva naznačila přítomnost rozsáhlých degenerovaných fragmentů neživého parazita s následným potvrzením *Dirofilaria immitis*. Tento případ byl zaznamenán jako autochtonní (Miterpáková et al. 2022).

V Rakousku byly dosud zaznamenány tři případy podezření na plicní dirofilariózu u lidí způsobeno *D. immitis*, přičemž pacienti vykazovali plicní symptomy a byli pozitivní na *D. immitis* v sérologickém vyšetření. Kvůli lokalizaci v plicích nebyla provedena invazivní biopsie k potvrzení přítomnosti parazita (Auer & Susani 2008).

3.5 Šíření plicních a srdečních hlístic ve střední Evropě

Tabulka 1 - Přehled výskytu parazitů ve střední Evropě.

Druh parazita	Země	Původ infekce	Autoři
<i>Angiostrongylus vasorum</i>	Maďarsko	a) Autochtonní b) Alochtonní	a) Majoros et al. 2010 b) Schnyder et al. 2015
	Německo	a) Autochtonní b) Alochtonní	a) Schiefer & Etreby 1965, Staebler et al. 2005, Barutzki & Schaper 2009 b) Staebler et al. 2005
	Polsko	Autochtonní	Szczepaniak et al. 2014
	Rakousko	Autochtonní	Reifinger & Greszl 1994, Schnyder et al. 2015
	Slovensko	Autochtonní	Hurníková et al. 2013, Miterpáková et al. 2014, Miterpáková et al. 2015, Cabanova et al. 2018, Hurníková et al. 2019
	Slovinsko	Alochtonní	Fuehrer et al. 2021
	Švýcarsko	a) Autochtonní b) neuvedeno	a) Staebler et al. 2005 b) Fuehrer 2021
<i>Crenosoma vulpis</i>	Německo	Autochtonní	Maksimov et al. 2017, Csokai et al. 2024
	Rakousko	Anonymní vzorky ze země	Hinney et al. 2017
	Slovensko	Autochtonní	Cabanova et al. 2018
	Švýcarsko	Autochtonní	Unterer et al. 2002
<i>Dirofilaria immitis</i>	Maďarsko	a) Autochtonní b) Alochtonní c) Neuvedeno	a) Jacsó et al. 2009 b) Voros et al. 2020 c) Farkas et al. 2020
	Německo	Alochtonní	Zahler et al. 1997, Morchón et al. 2012, Schäfer et al. 2019
	Polsko	Autochtonní	Swiatalska & Demiaszkiewicz 2012
	Rakousko	a) Autochtonní b) Alochtonní	a) Duscher et al. 2009 b) Hinaidy et al. 1987, Fuehrer et al. 2016, Leschnik et al. 2008, Sonnberger et al. 2020
	Slovensko	a) Autochtonní b) Alochtonní	a) Svobodova et al. 2005, Miterpáková et al. 2008, Miterpáková et al. 2018, Miterpáková et al. 2020 b) Miterpáková et al. 2008, Miterpáková et al. 2018
	Slovinsko	Autochtonní	Morchón et al. 2012
	Švýcarsko	Alochtonní	Guardone et al 2013 p. 20

3.5.1 Šíření *Angiostrongylus vasorum*

V Evropě se historicky největší pozornosti dostává rodu *Angiostrongylus*. Během prvních 150 let od objevení *A. vasorum* v Evropě byl pozorován jeho výskyt převážně v omezených oblastech, následované pozoruhodným nárůstem počtu případů po celém kontinentu (Morgan et al. 2021). *A. vasorum* má nepravidelné rozšíření v oblastech, kde je vysoká prevalence, obklopené oblastmi vykazující nízkou prevalenci. Nové rozšíření parazita v různých částech Evropy, dokazuje, že veterináři potřebují být více informováni. V absenci dokumentace výskytu parazita v určitých oblastech je příčinou nedostatek přesných informací. Přemístění psů z oblastí, kde je *A. vasorum* endemický, do oblastí neendemických může vést k novým ohniskům nákazy a zavlečení parazita do nových oblastí (Olivieri et al. 2017; Drake & Parrish 2020). Výskyt ve střední a severní Evropě je důsledkem migrací volně žijících zvířat do městských oblastí, zvýšený pohyb domácích psů a menší vliv klimatických změn. *A. vasorum* je závislý na rezervoárech volně žijících zvířat pro své šíření. Teplotní zimní bariéra pro infekci se uvádí průměrně kolem 4 °C (Koch & Willeesen 2009).

U volně žijících psovitých šelem v Evropě, především lišek obecných a zlatých šakalů, kteří slouží jako přirozený rezervoár parazita, je výskyt *A. vasorum* regionálně vysoký. Lišky červené jsou rozšířené a často se pohybují v okolí městských oblastí, kde interagují s domácími psy. Jsou vystaveny opakovaným infekcím *A. vasorum*, kde může dojít k vysoké zátěži červy, v důsledku oslabené imunity. Dlouhodobý kontakt s parazitem způsobuje, že lišky se stávají trvalým zdrojem kontaminace prostředí a podporuje tím infekci mezihostitelů, jako jsou plži (Deplazes et al. 2004; Gillis-Germitsch et al. 2020).

Rostoucí rozšíření může být ovlivněno klimatickými změnami, neboť zvýšení teploty prostředí pozitivně ovlivňuje vývoj L1 do L3 uvnitř plže a zvyšuje pravděpodobnost jejich šíření. Dostupnost vody má významný vliv na biologii mezihostitelů (Di Cesare et al. 2013; Morelli et al. 2021). Larvy L3 uvolněné z plžů do vody jsou infekční, proto psi se mohou nakazit pozřením vody (Robbins et al. 2021).

3.5.1.1 Maďarsko

Dva asymptomatické psi, chováni poblíž chorvatských hranic, představovali první případy infekce *A. vasorum*. V jejich okolí bylo nalezeno pět slimáků *Arion lusitanicus* obsahující larvy tohoto parazita. Infekce byly klasifikovány jako autochtonní, neboť oba psi se narodili a vyrůstali stále ve stejném místě, aniž by opustili své vesnice. Jeden ze psů byl nakažen konzumací žab (Majoros et al. 2010). První rozsáhlý sérologický průzkum provedený na 1247 domácích psech odhalil, že 1,4 % z nich bylo pozitivních na *A. vasorum* pomocí dvou ELISA metod. Značný počet případů byl zaznamenán zejména v Budapešti a na jižních území přiléhajících k Chorvatsku. Výsledky tohoto rozsáhlého sérologického průzkumu jednoznačně potvrdily endemický výskyt *A. vasorum* u psů v různých částech Maďarska (Schnyder et al. 2015).

3.5.1.2 Německo

První záznam o angiostrongylóze v Německu popisuje fagocytózu parazita obrovskými buňkami v histologickém průřezu pětiletého královského pudla. Pudl trpěl pneumonií

způsobenou *A. vasorum* a byl podroben nekropsii v roce 1964. Téhož roku byla u čtyřletého jezevčíka diagnostikována angiostrongylóza, který byl v roce 1965 utracen kvůli nevléčitelnému poškození srdce (Schiefer & Etreby 1965; Fuehrer et al. 2021). V roce 2003, se objevil případ angiostrongylózy u dvouletého skotského teriéra žijícího na jihu Německa poblíž švýcarských hranic. Pes měl kašel a tachypnoi. Na základě anamnézy, autoři zvažovali možnost autochtonní infekce, zatímco následné publikované případy uvádí import z Francie, Itálie nebo Portugalska (Staebler et al. 2005). Od roku 2006–2007 odebrali vědci vzorky od 810 psů s příznaky respiračního (kašel, dušnost) oběhového onemocnění, poruchou krvácení a úbytkem hmotností, zvracení, průjem. Jednalo se o psy, kteří nebyli v posledních třech měsících v zahraničí předtím, než se objevily klinické příznaky infekce. V 33 pozitivních vyšetřených vzorců byl přítomen *A. vasorum*. U 4 psů se našla koinfekce *A. vasorum* s *C. vulpis*. Především u mladých zvířat bylo více pozitivních případů na plicní červivost ve srovnání se staršími zvířaty. Četnost diagnózy vykazuje rostoucí počet pozitivních psů na *A. vasorum* (Barutzki & Schaper 2009).

3.5.1.3 Polsko

Roku 2014 byl zaznamenán první klinický případ u psa ve východním Polsku v Lublinu. Jednalo se o rok a půl starou fenku dalmatina. Majitelka fenky popisovala příznaky jako přetrvávající kašel, zvracení s příměsí krve. Při vyšetření poslechu plic byl slyšet mírně zesílený dechový šelest (Szczepaniak et al. 2014). První nález *A. vasorum* v Polsku byl popsán u lišek v roce 2013, kde byly nalezeny dospělé hlístice u 4/76 lišek (5,0 %) (Demiaszkiewicz et al. 2014). Výzkum proveden v roce 2013 zahrnoval testování séra 3345 zdravých psů z různých veterinárních klinik v celé zemi. Specifické protilátky proti *A. vasorum* se našly u 60 (1,8 %) psů a 43 (1,3 %) psů vykazovalo přítomnost parazitárních antigenů. Pozitivní vzorky na antigen i protilátek se vyskytovaly po celém území země (Schnyder et al. 2015). V jiné studii byly larvy L1 v 7 % z 58 vzorků trusu vlků šedých z Bieszczad v jihovýchodním Polsku, larvy byly zjištěny pomocí mikroskopických metod (Szcześna et al. 2007).

3.5.1.4 Rakousko

V Rakousku byly poprvé zaznamenány případy angiostrongylózy u psů, které pocházely z endemické oblasti ve Francii (Reifinger & Greszl 1994; Maier et al. 2010).

V rámci retrospektivní analýzy bylo podrobena zkoumání 1040 vzorků trusu rakouských psů pomocí Baermanovy metody. Z tohoto rozboru vyplývá pozitivita 1,3 % psů na L1 larvy *A. vasorum* pocházejících z Vorarlberska, Štýrska, Dolního Rakouska a Vídně. Dále 1,2 % z 1279 psů bylo pozitivních na specifické antigeny a 1,5 % na specifické protilátky během sérologických testů. Tato pozitivita byla zaznamenána u psů ze všech rakouských spolkových zemí zahrnující Dolní Rakousko, Horní Rakousko, Vídeň, Štýrsko, Korutany, Salcbursko a Tyrolsko s výjimkou Burgenlandu. Navzdory skutečnosti, že byly protilátky a antigeny helminta L1 zaznamenány na různých místech, tak i přesto údaje ukazují na velmi nízkou prevalenci *A. vasorum* u psů v Rakousku (Globokar et al. 2021).

3.5.1.5 Slovensko

Roku 2013 byly zaznamenány první dva autochtonní případy angiostrongylózy u psů. V Košicích na jihovýchodě Slovenska, byla nalezena infekce u maltézského pinče ve věku sedmi měsíců. Při fyzikálním vyšetření nebyly zjištěné žádné výrazné klinické příznaky (Hurníková et al. 2013). Ve stejném městě byl diagnostikován *A. vasorum* u osmnáctiměsíčního bernského salašnického psa. Pes trpěl závažnými klinickými příznaky, které vedly téměř k fatálnímu průběhu. Počáteční příznaky se projevily jako mírný přerušovaný kašel, především po fyzické námaze a po čtyřech měsících se zdravotní stav psa rapidně zhoršil. Pes měl silný dráždivý kašel, dušnost, byl malátný, tělo držel shrbené a měl namáhavou chůzi. Trpěl nechutenstvím, které mělo za následek úbytek hmotnosti až o 14 kg. Dvakrát došlo k akutnímu fyzickému kolapsu. Dále majitelka psa hlásila krvavé průjmy, zvracení, intenzivní slinění, potíže s močením a hematurie. Infikovaný pes vylučoval velké množství larev prvního stádia. Pomocí diagnostické Baermannovy techniky se odhalila přítomnost morfologicky charakteristických larev *A. vasorum*. V 10 g trusu se napočítalo více než 800 L1 (Miterpáková et al. 2014). V dalším výzkumu zaměřeném na šíření *A. vasorum* v populaci psů na Slovensku bylo testováno sérum 225 psů z 22 různých okresů pomocí ELISA metody. Výsledky naznačovaly, 14 jedinců (6,2 %) pozitivních alespoň v jednom testu ELISA. Sedm psů (3,1 %) projevilo pozitivitu pouze na protilátky, 4 psi (1,8 %) pouze na cirkulující antigen *A. vasorum* a 3 jedinci (1,3 %) byli pozitivní v obou typech ELISA testů. Séropozitivní jedinci byli zaznamenáni v různých oblastech, přičemž nejvyšší koncentrace případů byla zjištěna na jihozápadě Slovenska. Tři jedinci z Bratislavského kraje na hranicích s Rakouskem vykázali pozitivitu jak na cirkulující antigen, tak na specifické protilátky (Miterpáková et al. 2015).

Další průzkum provedený pomocí Baermannovy techniky a modifikované flotační metody odhalil 14 ze 339 vyšetřených psů (4,1 %) byli infikováni *A. vasorum* (Cabanova et al. 2018). V roce 2019 byl zaznamenán vzácný případ angiostrongylózy u psa, kdy byl *A. vasorum* zjištěn v přední komoře pravého oka (Obr. 11) 18měsíčního bigla ze severovýchodní části Slovenska.



Obrázek 11 - dospělec *A. vasorum* v přední komoře pravého oka (Hurníková et al. 2019).

Majitel choval psa ve městě a obvykle psa venčil v blízkosti řeky a nikdy se nepohyboval mimo region. Trus byl vyšetřen Baermannovou technikou a nevykazoval přítomnost L1, nicméně konečná diagnóza byla potvrzena analýzou DNA a sekventováním (Hurníková et al. 2019). Východoslovenské nížiny mají místní klima, ekologické podmínky odpovídající požadavkům pro vývoj, přežívání, rozmnožování a cirkulaci parazita, ale i pro mnoho přenašečů parazita,

jako jsou komáři a plži. Většinu území pokrývají lesy, louky a bažiny, zimy jsou zde mírné a často bez sněhu. Průměrná teplota patří k nejvyšším na Slovensku (Hurníková et al. 2013; Miterpáková et al. 2014).

3.5.1.6 Slovinsko

Do Ústavu mikrobiologie a parazitologie Veterinární fakulty Univerzity v Lublani bylo zasíláno několik desítek vzorků za účelem diagnostiky plicních červů. Z těchto vzorků byla *A. vasorum* diagnostikována pouze v jednom případě u loveckého psa, který byl dovezen z Maďarska. Tento případ byl spojen s angiostrongylózou a vedl k úmrtí psa. Tyto informace nebyly dosud publikovány (Fuehrer et al. 2021).

3.5.1.7 Švýcarsko

První případy *A. vasorum* ve Švýcarsku byly zaznamenány v chovné stanici psů v Curychu v roce 1968 (Staebler et al. 2005). V letech 1999 až 2004 bylo zjištěno pět případů nákazy *A. vasorum* u psů v severní části země a tři případy u psů z jižního Ticino (Fuehrer et al. 2021). První epidemiologická studie s 4000 séry provedená pomocí sérologických testů vykazovala celkovou séroprevalenci 1 %, 2,8 % a 3,1 % u psů pozitivních v obou typech ELISA testů, v případě antigenu ELISA a protilátek ELISA. Prostorová analýza odhalila 31 pozitivních psů rozmístěných na rozsáhlých územích Švýcarska a byl identifikován shluk protilátek u pozitivních psů v severní oblasti Švýcarska blízko německých hranic (Lurati et al. 2015).

3.5.2 Šíření *Crenosoma vulpis*

Faktory ovlivňující výskyt a usídlení *Crenosoma vulpis* zahrnují různé biotické a abiotické prvky. Biotické faktory, jako je přítomnost vhodných mezihostitelů, např. běžného zahradního plže *Cornu aspersum*, hrají v životním cyklu *C. vulpis* zásadní roli. Například mezihostitel *C. aspersum* může potenciálně infikovat definitivní hostitele brzy po přezimování, jelikož larvy L3 jsou schopny delší dobu zůstat v mezihostiteli. Kromě toho může mít na úspěšnost infekce vliv vrozená imunita mezihostitelů. Abiotické faktory, jako jsou podmínky prostředí, např. přítomnost mokřadů, mohou rovněž ovlivnit rozšíření a početnost *C. vulpis*. Kromě toho může výběr stanoviště hostitelských druhů, jako jsou lišky obecné (*Vulpes vulpes*), ovlivnit získávání infekcí, což zdůrazňuje význam pochopení vztahu mezi výběrem stanoviště hostitele a zatížením parazitem. Nadmořská výška, věk hostitele a roční období rovněž ovlivňují dynamiku infekce (Colella et al. 2016; Deak et al. 2020). Znalost morfologie larev je důležitá pro zkoumání biologie *C. vulpis* (McGarry & Morgan 2009).

3.5.2.1 Maďarsko

Ve výzkumu na environmentální faktory ovlivňující rozšíření *A. vasorum*, *C. vulpis* a *E. aerophilus* v Maďarsku byla zaznamenána vysoká prevalence infekce *Crenosoma vulpis*, která činila 24,6 % u 937 zkoumaných lišek (Tolnai et al. 2015).

3.5.2.2 Německo

Infekce *Crenosoma vulpis* je v Německu rozšířenější. Ve studii provedené v letech 2003–2015 byly zjištěny larvy v 2,25 % z 12682 vzorků trusu psů. Infekce se vyskytuje v populaci psů v celém Německu, ačkoli mohou existovat územní rozdíly ve výskytu, kdy nejvyšší podíl infikovaných psů byl zaznamenán ve východním/jihovýchodním Německu. Ve studii vědci potvrdily zvýšení *C. vulpis* od roku 2003–2015. V té souvislosti mohla zvýšená informovanost lékařů a majitelů psů způsobit nárůst případů nákazy (Maksimov et al. 2017). Nejnovější studie, ve které vědci zkoumají retrospektivně vzorky z roku 2019. Prokázali podobné výsledky jako v předchozích studiích (Elze et al. 2014; Raue et al. 2017). Pomocí Baermannovy metody vyšetřili 1330 vzorků trusu psů, kde našli 0,3 % larev *Crenosoma vulpis*. Za pomoci mikroskopického vyšetření flotační metodou a technikou SAFC (koncentrace octanu sodného a kyseliny octové s formalínem) vyšetřili 29 190 vzorků a potvrdili přítomnost 0,1 % larev *C. vulpis* (Csokai et al. 2024).

3.5.2.3 Rakousko

Crenosoma vulpis se vyskytuje enzooticky v populacích lišek a byla zjištěna i v populacích mezihostitelů, jako jsou plži. Růst populace lišek v Rakousku může přispívat ke zjevnému výskytu psích metastrongyloidů, včetně *C. vulpis*, v zemi. Při odebraných plžů v oblastech pro výběhy psů na okraji Vídně byl *C. vulpis* zaznamenán u 5 (0,4 %) plžů. Podle výsledků studie se Rakousko v současné době jeví jako oblast s nízkou enzootickou aktivitou pro respirační metastrongyloidy v domácím chovu zvířat. Pro *C. vulpis* je vyšší výskyt u plžů během podzimu (Lange et al. 2018; Fuehrer et al. 2020a). Ve výzkumu vědci analyzovali vzorky z Vídně a jejího okolí. Měli k dispozici 1001 anonymních vzorků trusu psů, které zkoumali na přítomnost endoparazitů. Z těchto vzorků se ukázala 0,9 % přítomnost *C. vulpis* (Hinney et al. 2017).

3.5.2.4 Slovensko

Podle výsledků rešerše v roce 2014 a 2016 existují důkazy o výskytu *Crenosoma vulpis* u lišek na Slovensku. Studie zjistila poměrně vysokou prevalenci *C. vulpis* 17,51 % z 571 vzorků trusu (Čabanová et al. 2018).

Případ na Slovensku týkající se infekce *C. vulpis* se zároveň týká prvního autochtonního případu crenosomózy. Nakaženým psem byl německý krátkosrstý ohař z východní oblasti země, konkrétně z Košického kraje. Případ byl zaznamenán v roce 2013. Pes byl pravidelně využíván k lovu a neměl v anamnéze žádné cesty do zahraničí, což naznačuje, že k nákaze došlo na místě, kde pes pobýval. Pes projevil infekci kašlem. V trusu psa byly morfologicky identifikovány larvy, které se vyznačovaly digitiformním ocasem a tělem ve tvaru písmene „C“. V této studii je zmíněn i druhý pes u kterého byla neznámá cestovní historie a věk, tak nemůžeme usoudit, zda se jedná o případ autochtonní. Jednalo se o fenu křížence, která byla adoptovaná z útulku. Fenka trpěla anorexií a kašlem. Jako v předchozím případě u německého krátkosrstého ohaře se *C. vulpis* diagnostikoval pomocí morfologie larev v trusu (Cabanova et al. 2018).

3.5.2.5 Švýcarsko

Studie publikovaná ve Swiss Archives of Veterinary Medicine uvádí diagnózu infekce *C. vulpis* u 10 psů ve věku od půl roku do 12 let během čtyř let. U všech infikovaných psů byl hlavním klinickým příznakem chronický kašel, a u některých se projevíly i hematologické abnormality, jako je eozinofilie a bazofilie. Někteří psi vykazovali symptomy jako kašel s hlenem, zvracení, kýchání a hlenovitý výtok z nosu. U některých z nich byla také zaznamenána vysoká rektální teplota, dosahující až 40 °C. Studie naznačuje, že infekce *C. vulpis* může být ve Švýcarsku častější, než se předpokládalo, a měla by být zvažována u psů jakéhokoli věku, kteří se projevují kašlem neznámého původu (Unterer et al. 2002).

3.5.3 Šíření *Dirofilaria immitis*

Dirofilaria immitis i *Dirofilaria repens* jsou nejčastěji endemické v jižní a východní Evropě, ale v poslední době byl u obou hlístic zaznamenán nárůst ve střední a severní Evropě a v přilehlých oblastech (Capelli et al. 2018; Alsarraf et al. 2021). Rozšíření hlístic *D. immitis* a *D. repens* závisí nejen na kvalitě chovu psů a jejich transportu, ale i na klimatických podmínkách, dostupnosti komářích přenašečů v dané oblasti a vývoj larev. Kvalita chovu psů má zásadní vliv na vznik populací těchto hlístic. Psi, zůstávající přes noc venku jsou vystaveni vyššímu riziku nakažení komáry, než psi chováni vevnitř. Více než 30 % psů ve střední Evropě zůstává přes noc venku. Noční komáři *Cx. pipiens* jsou kompetentními přenašeči *D. immitis* a *D. repens* a vyskytují se v blízkosti člověka ve velkém počtu. *D. immitis* a *D. repens* jsou často importovány do neendemických zemí z endemických zemí. Ve střední Evropě jsou méně častí toulaví psi a kočky, kteří hrají také zásadní roli při rozšíření (Anderson et al. 2007; Sonnberger et al. 2021a).

Je známo více než 60 druhů komárů, kteří jsou přenašeči, přičemž každý druh má odlišné podmínky pro život. Druhy rodu *Aedes*, *Culex* a *Anopheles* jsou prokázány jako kompetentní přenašeči (Ahid et al. 2000; Cancrini & Gabrielli 2007; Simón et al. 2012). V poslední době došlo k zavlečení několika potenciálně invazivních druhů komárů do Evropy, také díky obchodní dopravě, například prostřednictvím použitých pneumatik. Mezi tyto druhy patří asijský komár tigrováný *Aedes albopictus*, který se zejména v jižní Evropě rychle usadil a nyní se šíří i do severnějších oblastí a je kompetentním přenašečem *D. immitis* a *D. repens* (Medlock et al. 2012; Fuehrer et al. 2020b). Rozšíření populace asijského komára by mohlo zvýšit riziko přenosu mikrofilárií na psy, zejména vzhledem k jeho aktivitě během dne (Pietrobelli 2008; Giangaspero et al. 2013).

Klimatické podmínky jsou klíčové v mnoha aspektech. Delší teplé období v roce umožňuje větší počet generací parazitů a jejich přenašečů. Vyšší teploty urychlují vývoj komárů (Genchi et al. 2011). Vývoj mikrofilárií u komárů je ovlivněn teplotou, přičemž pro jejich vývoj na stupeň L3 je potřeba 22 °C po dobu 16–20 dní. Ve střední Evropě se období přenosu *D. immitis* odhaduje na tři až čtyři měsíce. Klimatické změny mohou prodloužit toto období a umožnit šíření do regionů, které dosud nepovažujeme za příznivé pro parazity a některé jejich přenašeče (Simón et al. 2012).

3.5.3.1 Maďarsko

Koncem 90.let 20.století byla popsána první autochtonní infekce *D. repens* u psů a první autochtonní infekce *D. immitis* byla zjištěna u maďarského psa ve východní části země (Jacsó et al. 2009). V jižní části země byl zaznamenán významný výskyt mikrofilárií u psů, přičemž *D. repens* dominoval mezi filarioidními parazity nalezenými v komárech. Tato veterinární data jednoznačně potvrzují přítomnost tohoto druhu hlístic u místních psů a naznačují trvalé riziko infekce lidí v různých oblastech Maďarska (Kemenesi et al. 2015; Farkas et al. 2020). Do roku 2000 byla infekce *D. immitis* diagnostikována pouze u psů dovezených z USA (Voros et al. 2000). *D. immitis* byl do Maďarska zavlečen nedávno, protože jeho mikrofilárie ani dospělí červi nebyli dříve diagnostikováni u místních psů ani u lišek (Sréter et al. 2003). Ve studii provedené v Maďarsku se prevalence potvrdila u 39 (11, 3 %) případů *D. immitis* z 344 náhodně vybraných psů starších 1 roku. Smíšené infekce dirofiláriemi byly zjištěny u 11 (3,2 %) případů. Tato studie naznačila rostoucí prevalenci srdeční červivosti v zemi. Výskyt a rozšíření obou druhů filárií v Maďarsku není překvapivé, jelikož místní klima a hojnost komárů v okolí poskytují ideální podmínky pro jejich vývoj a šíření. Zvláště vysoké riziko v epidemiologii obou dirofilarióz představují toulaví psi a psi adoptovaní z útulků, protože tato zvířata pravděpodobně neprošla dostatečným vyšetřením a prevencí (Farkas et al. 2020; Fuehrer et al. 2021).

3.5.3.2 Německo

Koncem minulého století se začaly objevovat první zprávy o importovaných infekcích *Dirofilaria spp.* v Německu. Vědci Leutere a Gothe identifikovali v letech 1991-1993 infekce *D. repens* a *D. immitis* u dvanácti psů, kteří byli importováni z endemických oblastí nebo do nich cestovali. V následujících letech se infekce rozrůstala a v 1993-1996 bylo celkem 80 importovaných psů diagnostikováno a 45 bylo s filarioidními infekcemi (Zahler et al. 1997; Morchón et al. 2012). První autochtonní případ infekce *D. repens* byl popsán v roce 2004, u psa v oblasti jihozápadního Německa (Svobodová et al. 2006). Autochtonní infekce *D. repens* získaly pozornost a podnítily výzkumy komářích vektorů. V roce 2011 byla DNA *D. repens* zjištěna u komára *Caliseta annulata*, v roce 2012 ve dvou jedincích *A. Maculipenniss* a po jedné *Anopheles deciae* a *Aedes vexans* a následně v roce v jednom *Anopheles messeae* (Fuehrer et al. 2021). Oba parazité, jak *D. repens*, tak *D. immitis*, byli objeveni u komárů z jihozápadního a severovýchodního Německa, konkrétně jako Bádensko-Württembersko, Berlín a Braniborsko. Z těchto oblastí také pocházejí hlášené případy autochtonní infekce *D. repens* u psů (Fuehrer et al. 2021). Mezi lety 2007 a 2015 byla u 178 testovaných psů dovezených do země zjištěna prevalence infekce 7,3 %. Z těchto 13 pozitivních případů byla u osmi z nich diagnostikována *D. immitis*, u tří *D. repens*, u jednoho *D. reconditium* a u jednoho psa nebylo možné rozlišit typ infekce (Schäfer et al. 2019). Ze 133 německých psů cestujících do endemických oblastí v období 2007-2018 se jediný pes nakazil *D. immitis* (Schäfer et al. 2019).

Obecně, lze konstatovat, že kvůli příznivému klimatu pro výskyt dirofilariózy u komárů, je důležité pečlivě monitorovat a v případě pozitivního nálezu infekce vhodně léčit importovaná

i cestující domácí zvířata. Tímto způsobem lze předejít autochtonizaci *D. immitis* a endemizaci *D. repens* v Německu (Sassnau et al. 2014).

3.5.3.3 Polsko

V letech 2009-2011 byly hlášeny první autochtonní infekce u psů *D. repens* ve středním Polsku, Mazovsku. Počet nahlášených případů se od té doby zvyšuje (Demiaszkiewicz et al. 2009; Demiaszkiewicz & Polanczyk 2010; Masny et al. 2011).

Roku 2012 byl zaznamenán první případ autochtonní infekce u psa *D. immitis* v Gdyni na severu Polska. Jednalo se o fenu německého ovčáka ve věku 8 let. Fena byla oslabená a apatická bez dalších zjevných klinických příznaků. Za pomoci mikroskopického vyšetření Knottova tesu se potvrdila přítomnost mikrofilárií *D. immitis*. (Swiatalska & Demiaszkiewicz 2012). Od toho okamžiku nebyly zaznamenány žádné další případy této infekce, ať už importované nebo autochtonní (Demiaszkiewicz 2014).

Na přítomnost *Dirofilaria spp.* v roce 2020 podstoupilo testování celkem 160 psů z východní části Polska (pomocí PCR a rychlého diagnostického zařízení). Psi byli vybíráni na základě určitých kritérií, jako jsou život venku, absence preventivní péče proti ektoparazitům a příznaky, které naznačovaly možnost infekce *D. immitis* (např. obtíže s pohybem, kašel). V 20 případech byly pomocí PCR zjištěny mikrofilárie *D. repens* (prevalence 12 %), ale žádný vzorek nevykázal pozitivitu na *D. immitis* (Fuehrer et al. 2021).

3.5.3.4 Rakousko

První případy importované infekce *Dirofilaria immitis* u psů v Rakousku byly zaznamenány v letech 1987 a 1988 (Hinaidy et al. 1987; Fuehrer et al. 2016). Mezi lety 2000 a 2007 bylo potvrzeno celkem šest infekcí *D. immitis* a čtyři infekce *D. repens* u dovezených psů (Leschnik et al. 2008). V roce 2008 byl proveden místní průzkum ve východním Rakousku, během kterého bylo z 98 krevních vzorků psů testováno 7 na přítomnost *D. repens* pomocí PCR. U dvou z těchto psů nebyl hlášen žádný pobyt v zahraničí, což naznačuje možnost první autochtonní infekce (Duscher et al. 2009).

V následujících letech do roku 2014 bylo zaznamenáno celkem 37 případů infekce *D. repens* (včetně sedmi pravděpodobně autochtonních) a 25 případů infekce *D. immitis* u psů v Rakousku, což představuje celkem 62 případů během 18 let (Fuehrer et al. 2016).

Mezi lety 2014 a 2018 bylo dokumentováno dalších 84 případů, převážně infekcí *D. immitis* u dovezených psů a 10 případů koinfekce *D. repens* a *D. immitis* (Sonnberger et al. 2020). Vědci z nejnovějších průzkumů v Rakousku zkoumali riziko vzniku nových ohnisek dirofilariózy u psů a komárů v útulcích a možnost nákazy vojenských psů. V letech 2018 a 2019 bylo vyšetřeno 115 psů z 14 útulků v pěti různých spolkových zemích Rakouska. Z těchto psů pocházelo 91 % ze zemí s endemickým výskytem dirofilariózy. Jedenáct psů (9,6 %) všichni z Maďarska, byli pozitivní na *D. immitis*. Všichni komáři, chyceni poblíž útulku, byli testováni pomocí PCR a byli negativní na *Dirofilaria spp.*. Z těchto komárů patřilo 98,5 % k druhům, u kterých bylo prokázáno i podezření, že přenášejí *Dirofilaria spp.* (Sonnberger et al. 2021b). Ve vojenském výcvikovém středisku ve východním Rakousku byli dva z 96 psů

pozitivně testováni na *D. repens* – jeden z Maďarska a jeden původem z Rakouska (Sonnberger et al. 2021a).

3.5.3.5 Slovensko

První zaznamenaná autochtonní dirofilarióza psů v roce 2005, kde *D. repens* byla nalezena u 13 psů a *D. immitis* u dalších dvou psů z hlavního města Slovenska Bratislavy a z Komárna, nacházející se v jihozápadní části státu na hranicích s Rakouskem a Maďarskem. Všichni infikovaní psi byli bez příznaků (Svobodova et al. 2005). V únoru 2007 proběhl první monitoring ve dvou oblastech jihozápadního a jihovýchodního Slovenska. Monitorovalo se 287 psů různého věku, pohlaví, plemen a mikrofilárie se odhalila u 99 psů. U všech pozitivních psů byla zjištěna přítomnost *D. repens*, přičemž z šesti z nich byla potvrzena koinfekce *D. immitis*. U sedmi psů byla potvrzena cestovní historie (Rakousko, Česká republika, Maďarsko, Polsko a Irsko) a zbytek byl potvrzen jako autochtonní. Tato studie ukázala, že způsob chování a využití psů je důležitým faktorem rizika pro infekci. Ve srovnání s domácími psy byla infekce častější u policejních, hlídacích a loveckých psů, kde míra výskytu dosahovala 51,1 %, 50 % a 40 %. Na základě této studie byly na území Slovenska identifikovány oblasti s vysokou endemicitou *D. repens* (Miterpáková et al. 2008).

Po roce 2015 se na Slovensku začal projevovat zjevný vzestup případů *D. immitis*. První výskyt dirofilariózy byl zaznamenán v zařízení pro chov psů v okrese Dunajská Streda v Trnavském kraji, poblíž hranic s Maďarskem. Z 25 zkoumaných psů byla dirofilarióza diagnostikována u 18 zvířat, pomocí různých diagnostických metod (Knottův test, analýza DNA, histochemické barvení). U deseti infikovaných psů detekována *D. immitis*, u dvou *D. repens* a u šesti psů byla potvrzena smíšená infekce. U šesti psů byla zaznamenána skrytá infekce *D. immitis* bez cirkulujících mikrofilárií. Žádný z psů neprojevoval klinické příznaky dirofilariózy. Autochtonní infekce byla potvrzena u sedmi jedinců a jedenáct jedinců pobývalo nějakou část svého života mimo zem. Jednalo se o Evropské země včetně České republiky, Maďarska, Francie, Srbska a Nizozemska (Miterpáková et al. 2018).

První úmrtí spojené s dirofilariózou psů bylo zaznamenáno v roce 2019. U dvou sedmiletých tibetských mastifů ze slovenského Košického kraje na jihovýchodě země byla potvrzena *D. immitis* chovaná ve stejné domácnosti. Psi neopustili svoji zemi, a proto se případy potvrdily jako autochtonní. Průběh infekce u obou psů byl rozdílný. Zatímco fena neprojevovala žádné známky onemocnění, pes trpěl závažnými klinickými příznaky, jako je zvýšená hladina kreatinu a močoviny, zvýšená hyperechogenita jater (na ultrazvukovém snímku je světlejší barva jater než okolní tkáň) a zvětšení jater. Pes uhynul pět dní po hospitalizaci. Při pitvě veterináři našli dospělé červy *D. immitis* v pravé srdeční komoře (Miterpáková et al. 2020).

3.5.3.6 Slovinsko

V roce 1986 byl na území Slovinska zaznamenán první autochtonní případ *D. immitis*. U jednoho z vyšetřovaných psů byl nalezen shluk parazitických hlístic v pravé srdeční komoře a plicní tepně. Autoři studie uvádějí, že šíření dirofilariózy ve Slovinsku může být důsledkem

dovozu psů z Itálie a turismu s domácími zvířaty, což může vést ke zvýšení počtu infikovaných psů (Morchón et al. 2012).

S ohledem na přítomnost *D. repens* v sousední Itálii lze předpokládat, že se infekce může rozšířit i ve Slovinsku. Například během vyšetření importovaných psů na filarioidní infekce prováděných v Německu v letech 2008-2010 byla u psa, importovaného ze Slovinska, zjištěna hlístice *D. repens* (Pantchev et al. 2011).

3.5.3.7 Švýcarsko

Koncem 80. let 20. století byly v Parazitickém ústavu Curyšské univerzity diagnostikovány první importované případy dirofilariózy psů. U sibiřského huskyho byl diagnostikován první klinický případ dirofilariózy ve zvířecí klinice veterinární fakulty v Curychu. Husky žijící ve stejném chovu byl negativní na *D. immitis*, ale pozitivní na mikrofilárie *D. repens*. Tímto představoval první diagnostikovaný a importovaný případ kožní dirofilariózy u psa ve Švýcarsku. Navzdory výskytu vhodných vektorů v jižním Švýcarsku je zaznamenán pouze omezený počet případů onemocnění. Tento region je považován za hranici endemické oblasti pro *Dirofilaria immitis* a *Dirofilaria repens*. Proto byla doporučena opatření ke snížení rizika, která se v současné době provádějí. Mezi opatření patří léčba infikovaných psů mikrofiláriemi, s cílem minimalizovat možnost dalšího přenosu. Doposud nebyl zaznamenán žádný autochtonní případ dirofilariózy severně od Alp. Většina případů má jasnou anamnézu importu nebo cestování (Guardone et al. 2013 p. 20).

3.6 Šíření v České republice

Tabulka 2 - přehled výskytu parazitů v České republice

Druh parazita	Původ infekce	Autoři
<i>Angiostrongylus vasorum</i>	Neuvedeno	Hajnalová et al. 2017
<i>Crenosoma vulpis</i>	Autochtonní	Husník et al. 2011
<i>Dirofilaria immitis</i>	a) Autochtonní b) Alochtonní	a) Svobodová et al. 2006 b) Miterpáková et al. 2020

3.6.1 *Angiostrongylus vasorum* v ČR

Na základě hodnocení veterinárních lékařů není *A. vasorum* aktuálně vnímán jako výrazný problém, avšak existuje široká možnost přenosu. Infekce jsou občas detekovány u pitvaných lišek, ale systematický výzkum není prováděn (Fuehrer et al. 2021).

Výzkumný článek publikovaný v roce 2017 se zaměřil na studium výskytu plicního červa *A. vasorum* u psů v České republice. Cílem bylo provést analýzu trusu a sérologické testy s cílem identifikovat přítomnost parazita a posoudit rozsah jeho výskytu v dané populaci psů. Byly odebrány vzorky trusu od 253 psů, které byly analyzovány pomocí Baermannovy metody. Současně bylo odebráno 193 vzorků séra, které byly podrobeny sérologickým testům ELISA. Výsledky ukázaly 9 psů (4,7 %) pozitivních na cirkulující antigen *A. vasorum* a 7 psů (3,6 %) vykazovalo přítomnost specifických protilátek proti parazitu. Z výsledků vyplývá celkově 13 psů (6,7 %) pozitivních na sérologické testy. Kopromikroskopické analýzy trusu odhalily přítomnost larválního stádia *A. vasorum* u jednoho psa (0,4 %). Studie ukazuje na rozšíření plicních červů a naznačuje potřebu dalšího monitorování a osvěty mezi majiteli zvířat a veterinárními lékaři. Nové zprávy o nálezech *A. vasorum* u psů a lišek v sousedních zemích České republiky, jako je Německo, Polsko a Slovensko, naznačují možnost, že tato parazitární infekce by mohla být v České republice přítomna již nějakou dobu (Hajnalová et al. 2017).

Několik druhů suchozemských plžů, kteří fungují jako mezipřenositelé pro *A. vasorum* se vyskytují na území České republiky. *Arion ater*, známý jako slimák černý, je suchozemským druhem slimáka původem z Evropy. V České republice patří mezi běžně vyskytující se druhy. Další druhy v této oblasti jsou *Arion lusitanicus* známý také jako slimák španělský, *Arion hortensis* tzv. slimák zahradní a *Limax maximus* nazývaný plž velký šedý. Vysoká přítomnost v ČR těchto plžů je klíčová pro možnost budoucího šíření *A. vasorum* v České republice (Dvořák 2005; Honek & Martinkova 2011; Hajnalová et al. 2017; Reise et al. 2020).

3.6.2 *Crenosoma vulpis* v ČR

Infekce v České republice byla zaznamenána pouze v jednom případě u roční fenky plemene shetlandský ovčák s chronickým kašlem. Ve studii autoři potvrdili, že se jedná o první autochtonní případ. Fenka vykazovala tachypnoe a vlhký kašel, bronchoskopické vyšetření odhalilo hyperemickou průdušnici a hlenový exsudát postihující průdušnici. Mikroskopické vyšetření prokázalo přítomnost infekce *C. vulpis*, larvy L1 byly nalezeny v průběhu vyšetření koproskopií (Husník et al. 2011). Od té doby se pomocí studie roku 2017 prokázala přítomnost

C. vulpis. Za pomoci Baermannovy metody se 5 psů (2 %) z 253 psů prokázaly na přítomnost larválního stádia *C. vulpis*. Výsledky studie naznačují, že prevalence v zemi vzrostla (Hajnalová et al. 2017).

Vzhledem k nedávným výskytům *C. vulpis* v okolních zemích České republiky je třeba zvážit možnost této infekce u psů projevující příznaky respiračních onemocnění ve střední Evropě. Důležité je zahrnout larvoskopii do diagnostického procesu. Příčinou výskytu *C. vulpis* v České republice jsou pravděpodobně způsobeny přítomností mezipřenositelů, jako jsou plži např. *Cornu aspersa*, běžně se vyskytující plž v ČR (Juříčková & Kapounek 2009), a nebo migrací parazita ze sousedních zemí, kde se infekce vyskytuje. Riziko budoucího výskytu je pravděpodobné i nadále a je potřeba zvyšovat povědomí o plicních červech (Husník et al. 2011; Hajnalová et al. 2017).

3.6.3 *Dirofilaria immitis* v ČR

Česká republika je považována za endemickou zemi pro *D. immitis* a *D. repens*. *Dirofilaria repens* je mezi veterinárními lékaři na jižní Moravě dobře známá a byla také prokázána přítomnost tohoto parazita u komárů (Rudolf et al. 2014). Kompetentní mezipřenositelé komárů rodu *Aedes*, *Anopheles* a *Culex* se běžně vyskytují na území České republiky. *Aedes japonicus* se často nachází v umělých nádobách, jako jsou pneumatiky, láhve nebo kýmle. *Culex pipines* se vyskytuje na vodní hladině a *Anopheles plumbeus* v malých rybníčcích. Tyto druhy jsou aktivní v České republice (Cancrini & Gabrielli 2007; Schaffner et al. 2012; Radrova et al. 2013; Vojtišek et al. 2022). Zatímco případy *D. repens* jsou běžně hlášeny u psů na jižní Moravě, o *D. immitis* není k dispozici žádná aktuální zpráva o výskytu. Pouze jedna studie provedená od listopadu 2005 do února na 77 psech (51 psů a 26 fen). Vzorky plné krve, krevního séra, 2 čerstvé krevní nátěry se odebírali od loveckých psů pocházející z oblasti mezi jižní Moravou a Slovenskem, poblíž soutoku řek Moravy a Dyje. V této oblasti se vyskytuje vysoký počet komárů a průměrná teplota od června do září je nad 18 °C. U psů se neprojevovaly klinické příznaky a neměli v anamnéze žádné cesty do zahraničí. K diagnostice se použil Knottův test na dekety mikrofilárií, PCR a ELISA test. Pět odebraných vzorků séra bylo pozitivních na ELISA cirkulující antigeny *D. immitis*. Sedm psů bylo mikrofilaremických a ve všech vzorcích se pomocí PCR identifikoval druh *D. repens* (Svobodová et al. 2006). V populaci domácích psů se *D. repens* hojně vyskytuje v nížinných krajinách podél toků řek Dyje a Moravy, až do oblastí severně směrem ke Kroměřížsku (Matějů et al. 2016; Gebauer et al. 2021).

Ve výzkumu byla z 429 zkoumaných psů zjištěna koinfekce *D. repens* a *D. immitis* pouze u jednoho jedince. Tento pes byl importován z Maďarska a žil v Příbrami, což naznačuje, že tento případ není pravděpodobně autochtonní. Navíc u sedmi psů byla prokázána přítomnost *D. repens*. Tito psi pocházeli z Moravy sousedící se Slovenskem. Tři z těchto psů měli cestovní anamnézu do Rakouska, Slovinska, Německa a jeden z nich pocházel z Ukrajiny. Psi nevykazovali žádné příznaky infekce. S ohledem na podobné společenské a politické zázemí České republiky a Slovenska, a na základě zkušeností vědců v oblasti veterinární medicíny lze konstatovat, že preventivní opatření a povědomí praktických veterinárních lékařů jsou v obou zemích srovnatelné. Výsledky z dotazníku provedené v této studii naznačují, že podíl psů léčených antiparazitárními přípravky v obou zemích

přibližně stejný (Miterpáková et al. 2020). Autoři nedávných studií se pokusili prokázat *D. immitis* ve velkých souborech psů pomocí rychlých diagnostických testů a PCR, ale nebyl zaznamenán žádný výskyt. Importované případy jsou sporadické a obvykle souvisejí s dovozem psů z endemických oblastí jižní Evropy. Nicméně soukromí veterinární lékaři obvykle systematicky neposkytují hlášení o těchto případech (Miterpakova et al. 2021). Česká republika a Slovensko sousedí se zeměmi s velmi odlišnou epidemiologickou úrovní dirofilaridiózy u psů, což může být také příčinou pozorovaného rozdílu. Konkrétně v Německu a Rakousku (sousedící země ČR) se autochtonní případy nákazy vyskytují zřídka, přičemž většina případů je importována se psy ze zahraničí. Na základě této studie se může potvrdit, že dlouhodobě evidovaný nízký počet případů není způsoben nedostatečným monitoringem, ale skutečně nízkou prevalencí v této oblasti (Vrhovec et al. 2017; Sonnberger et al. 2020).

4 Závěr

Analýza studií zaměřených na šíření kardiopulmonárních hlístic *Angiostrongylus vasorum*, *Crenosoma vulpis* a *Dirofilaria immitis*, ve střední Evropě s ohledem na situaci v České republice, poskytuje hlubší vhled do faktorů ovlivňujících epidemiologii těchto parazitů.

Je nezbytné zdůraznit závažnost potencionálního ohrožení zdraví, které kardiopulmonární hlístice představují pro psy v celé Evropě. Závažná onemocnění jako jsou plicní a srdeční problémy, které mohou vést k trvalým poškozením nebo dokonce ke smrti. Ignorování této problematiky, by mělo závažné důsledky nejen pro zvířecí populaci, ale i pro lidské zdraví. Tento fakt by se neměl opomíjet a zvýšená edukace, ohledně klinických příznaků způsobených parazity a morfologie parazitů může zvýšit procento správně diagnostikovaných parazitů a tím i správná léčba infikovaných jedinců. *Angiostrongylus* a *Dirofilaria* jsou zoonotickými jedinci, tím pádem při nesprávném léčení a monitorování infikovaných psů, zvyšují riziko infekce u lidí.

Jedním z klíčových faktorů pro budoucí výskyt případů je import zvířat, který může přispět k přenosu parazitů mezi různými oblastmi a zvyšovat riziko jejich šíření. Import zvířat se momentálně zvyšuje a vzhledem k tomu, že počáteční příznaky infekce mohou být skryté může snadno dojít k nechtěnému importu infikovaného psa do jiné země. Lidská aktivita, tak může podporovat šíření parazitů především transportu psů a vytvářet nová ohniska infekce. Soušasně je důležité brát v úvahu klimatické podmínky, které výrazně ovlivňují přežívání a vývojové cykly parazitů i jejich vektorů. V rámci biotických faktorů hraje důležitou roli přítomnost vhodných mezipositelů, jako jsou plži a komáři, kteří se vyskytují všude po celé Evropě.

V současné době nejsou kardiopulmonární hlístice v České republice považovány za výraznou hrozbu, ale s ohledem na rostoucí případy v sousedních zemích a globálního oteplování je nutné sledovat a monitorovat situaci pravidelně. To zahrnuje posilování informovanosti veterinárních lékařů a majitelů zvířat o možných rizicích spojených s kardiopulmonárními parazity a provádění preventivních opatření, jako je pravidelná antiparazitární léčba psů.

5 Literatura

- Ahid SMM, Vasconcelos PS da S, Lourenço-de-Oliveira R. 2000. Vector competence of *Culex quinquefasciatus* say from different regions of Brazil to *Dirofilaria immitis*. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* **95**:769–775. Instituto Oswaldo Cruz, Ministério da Saúde.
- Alfaro-Alarcón A et al. 2015. First report of a naturally patent infection of *Angiostrongylus costaricensis* in a dog. *Veterinary Parasitology* **212**:431–434.
- Alsarraf M, Levytska V, Mierzejewska EJ, Poliukhovych V, Rodo A, Alsarraf M, Kavalevich D, Dwużnik-Szarek D, Behnke JM, Bajer A. 2021. Emerging risk of *Dirofilaria* spp. infection in Northeastern Europe: high prevalence of *Dirofilaria repens* in sled dog kennels from the Baltic countries. *Scientific Reports* **11**:1068. Nature Publishing Group.
- Anderson JF, Main AJ, Ferrandino FJ, Andreadis TG. 2007. Nocturnal Activity of Mosquitoes (Diptera: Culicidae) in a West Nile Virus Focus in Connecticut. *Journal of Medical Entomology* **44**:1102–1108.
- Auer H, Susani M. 2008. Der erste autochthone Fall einer subkutanen *Dirofilariose* in Österreich. *Wiener klinische Wochenschrift* **120**:104–106.
- Barutzki D, Schaper R. 2009. Natural Infections of *Angiostrongylus vasorum* and *Crenosoma vulpis* in Dogs in Germany (2007–2009). *Parasitology Research* **105**:39–48.
- Bendas AJR, Alberigi B, Galardo S, Labarthe N, Mendes-de-Almeida F. (n.d.). Clinical and blood count findings in dogs naturally infected with *Dirofilaria immitis*. *Brazilian Journal of Veterinary Medicine* **44**:e001922.
- Bielawski BC, Harrington D, Joseph E. 2001. A solitary pulmonary nodule with zoonotic implications. *Chest* **119**:1250–1252.
- Bihr T, Conboy GA. 1999. Lungworm (*Crenosoma vulpis*) infection in dogs on Prince Edward Island. *The Canadian Veterinary Journal = La Revue Veterinaire Canadienne* **40**:555–559.
- Blashki G, McMichael T, Karoly DJ. 2007. Climate change and primary health care. *Australian Family Physician* **36**:986–989.
- Bolt G, Monrad J, Frandsen F, Henriksen P, Dietz HH. 1993. The common frog (*Rana temporaria*) as a potential paratenic and intermediate host for *Angiostrongylus vasorum*. *Parasitology Research* **79**:428–430.
- Bolt G, Monrad J, Koch J, Jensen AL. 1994. Canine angiostrongylosis: a review. *The Veterinary Record* **135**:447–452.
- Bourgoin G, Callait-Cardinal M-P, Bouhsira E, Polack B, Bourdeau P, Roussel Ariza C, Carassou L, Lienard E, Drake J. 2022. Prevalence of major digestive and respiratory helminths in dogs and cats in France: results of a multicenter study. *Parasites & Vectors* **15**:314.
- Bourque A, Conboy G, Miller L, Whitney H, Ralhan S. 2002. *Angiostrongylus vasorum* infection in 2 dogs from Newfoundland. *The Canadian Veterinary Journal* **43**:876–879.
- Bowman DD, Atkins CE. 2009. Heartworm Biology, Treatment, and Control. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice* **39**:1127–1158.
- Cabanova V, Hurnikova Z, Miterpakova M, Dirbakova K, Bendova A, Kocak P. 2018. Lungworm infections in dogs from Central Europe. *Veterinární medicína* **63**:367–372. *Veterinární medicína*.
- Čabanová V, Miterpáková M, Druga M, Hurníková Z, Valentová D. 2018. GIS-based environmental analysis of fox and canine lungworm distribution: an epidemiological study of *Angiostrongylus vasorum* and *Crenosoma vulpis* in red foxes from Slovakia. *Parasitology Research* **117**:521–530.

- Cancrini G, Gabrielli S. 2007. Vectors of *Dirofilaria* nematodes: Biology, behaviour and host/parasite relationships. *Mappe Parassitologiche*:47–58.
- Capelli G et al. 2018. Recent advances on *Dirofilaria repens* in dogs and humans in Europe. *Parasites & Vectors* **11**:663.
- Caron Y, Merveille A-C, Losson B, Billen F. 2014. *Crenosoma vulpis* infection in two young dogs in Belgium. *Veterinary Record Case Reports* **2**:e000098.
- Carretón E, Corbera JA, Juste MC, Morchón R, Simón F, Montoya-Alonso JA. 2011. *Dirofilaria immitis* infection in dogs: Cardiopulmonary biomarker levels. *Veterinary Parasitology* **176**:313–316.
- Casiraghi M, Bazzocchi C, Mortarino M, Ottina E, Genchi C. 2006. A simple molecular method for discriminating common filarial nematodes of dogs (*Canis familiaris*). *Veterinary Parasitology* **141**:368–372.
- Chitwood MB, Kates KC, Levine ND. 1969. Nematode Parasites of Domestic Animals and Man. *The Journal of Parasitology* **55**:1084.
- Clark MF, Lister RM, Bar-Joseph M. 1986. ELISA techniques. Pages 742–766 *Methods in Enzymology*. Academic Press. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0076687986181146> (accessed April 24, 2024).
- Colella V, Mutafchiev Y, Cavalera MA, Giannelli A, Lia RP, Dantas-Torres F, Otranto D. 2016. Development of *Crenosoma vulpis* in the common garden snail *Cornu aspersum*: implications for epidemiological studies. *Parasites & Vectors* **9**:208.
- Conboy G. 2004. Natural infections of *Crenosoma vulpis* and *Angiostrongylus vasorum* in dogs in Atlantic Canada and their treatment with milbemycin oxime. *The Veterinary Record* **155**:16–18.
- Conboy G. 2009. Helminth parasites of the canine and feline respiratory tract. *The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice* **39**:1109–1126, vii.
- Csokai J, Heusinger A, Müller E. 2024. Outcome of parasitological examinations in dogs in Germany: a retrospective survey. *Parasitology Research* **123**:160.
- Cury MC, Lima WS. 1996. Rupture of femoral artery in a dog infected with *Angiostrongylus vasorum*. *Veterinary Parasitology* **65**:313–315.
- Deak G, Gherman CM, Ionică AM, Péter Á, Sándor DA, Mihalca AD. 2020. Biotic and abiotic factors influencing the prevalence, intensity and distribution of *Eucoleus aerophilus* and *Crenosoma vulpis* in red foxes, *Vulpes vulpes* from Romania. *International Journal for Parasitology. Parasites and Wildlife* **12**:121–125.
- Demiaszkiewicz AW. 2014. *Dirofilaria repens* Railliet et Henry, 1911--a new parasite acclimatized in Poland. *Annals of Parasitology* **60**:31–35.
- Demiaszkiewicz AW, Polanczyk G. 2010. Pierwszy w Polsce przypadek inwazji *Dirofilaria repens* u psa. *Magazyn Weterynaryjny* **19**:254–256. -.
- Demiaszkiewicz AW, Polańczyk G, Pyziel AM, Kuligowska I, Lachowicz J. 2009. Pierwsze ogniska dirofilariozy psów wywołanej przez *Dirofilaria repens* Railliet et Henry, 1911 w centralnej Polsce. *Wiadomości Parazytologiczne* **55**:367–370.
- Demiaszkiewicz AW, Pyziel AM, Kuligowska I, Lachowicz J. 2014. The first report of *Angiostrongylus vasorum* (Nematoda; Metastrongyloidea) in Poland, in red foxes (*Vulpes vulpes*). *Acta Parasitologica* **59**:758–762.
- Deplazes P, Hegglin D, Gloor S, Romig T. 2004. Wilderness in the city: the urbanization of *Echinococcus multilocularis*. *Trends in Parasitology* **20**:77–84. Elsevier.
- Di Cesare A, Crisi PE, Bartolini R, Iorio R, Talone T, Filippi L, Traversa D. 2015. Larval development of *Angiostrongylus vasorum* in the land snail *Helix aspersa*. *Parasitology Research* **114**:3649–3655.

- Di Cesare A, Crisi PE, Di Giulio E, Veronesi F, Frangipane di Regalbono A, Talone T, Traversa D. 2013. Larval development of the feline lungworm *Aelurostrongylus abstrusus* in *Helix aspersa*. *Parasitology Research* **112**:3101–3108.
- Di Cesare A, Traversa D. 2014. Canine angiostrongylosis: recent advances in diagnosis, prevention, and treatment. *Veterinary Medicine: Research and Reports* **5**:181–192. Dove Medical Press.
- Donahoe JMR. 1975. Experimental Infection of Cats with *Dirofilaria immitis*. *The Journal of Parasitology* **61**:599–605. [The American Society of Parasitologists, Allen Press].
- Drake J, Parrish R. 2020. Dog importation and changes in canine intestinal nematode prevalence in Colorado, USA, 2013–2017. *Parasites & Vectors* **13**:404.
- Duscher G, Feiler A, Wille-Piazzai W, Bakonyi T, Leschnik M, Míterpáková M, Kolodziejek J, Nowotny N, Joachim A. 2009. [Detection of *Dirofilaria* in Austrian dogs]. *Berliner Und Munchener Tierarztliche Wochenschrift* **122**:199–203.
- Dvořák L. 2005. Gastropods in subterranean shelters of the Czech Republic. *Malacologica Bohemoslovaca* **4**:10–16. Department of Botany and Zoology, Faculty of Science, Masaryk University.
- Elsheikha HM, Holmes SA, Wright I, Morgan ER, Lacher DW. 2014. Recent advances in the epidemiology, clinical and diagnostic features, and control of canine cardio-pulmonary angiostrongylosis. *Veterinary Research* **45**:92.
- Elze J, Müller E, Heusinger A. 2014. Prevalences of various endoparasites in faecal samples from dogs, cats and exotic pets. *Praktische Tierarzt* **95**:206–212.
- Estévez-Sánchez E, Checa R, Montoya A, Barrera JP, López-Beceiro AM, Fidalgo LE, Miró G. 2022. A High Prevalence of Cardiopulmonary Worms Detected in the Iberian Wolf (*Canis lupus*): A Threat for Wild and Domestic Canids. *Animals* **12**:2289. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
- Farkas R, Mag V, Gyurkovszky M, Takács N, Vörös K, Solymosi N. 2020. The current situation of canine dirofilariosis in Hungary. *Parasitology Research* **119**:129–135.
- Ferdushy T, Hasan MT. 2010. *Angiostrongylus vasorum*: the ‘French Heartworm.’ *Parasitology Research* **107**:765–771.
- Ferdushy T, Kapel CMO, Webster P, Al-Sabi MNS, Grønvold J. 2009. The occurrence of *Angiostrongylus vasorum* in terrestrial slugs from forests and parks in the Copenhagen area, Denmark. *Journal of Helminthology* **83**:379–383.
- Ferdushy T, Kapel CMO, Webster P, Al-Sabi MNS, Grønvold JR. 2010. The effect of temperature and host age on the infectivity and development of *Angiostrongylus vasorum* in the slug *Arion lusitanicus*. *Parasitology Research* **107**:147–151.
- Fuehrer H-P et al. 2020a. Detection of *Crenosoma* spp., *Angiostrongylus vasorum* and *Aelurostrongylus abstrusus* in Gastropods in Eastern Austria. *Pathogens (Basel, Switzerland)* **9**:1046.
- Fuehrer H-P et al. 2021. *Dirofilaria* spp. and *Angiostrongylus vasorum*: Current Risk of Spreading in Central and Northern Europe. *Pathogens* **10**:1268. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
- Fuehrer H-P, Auer H, Leschnik M, Silbermayr K, Duscher G, Joachim A. 2016. *Dirofilaria* in Humans, Dogs, and Vectors in Austria (1978–2014)—From Imported Pathogens to the Endemicity of *Dirofilaria repens*. *PLOS Neglected Tropical Diseases* **10**:e0004547. Public Library of Science.
- Fuehrer H-P, Schoener E, Weiler S, Barogh BS, Zित्रa C, Walder G. 2020b. Monitoring of alien mosquitoes in Western Austria (Tyrol, Austria, 2018). *PLOS Neglected Tropical Diseases* **14**:e0008433. Public Library of Science.
- Furtado AP, Melo FTV, Giese EG, dos Santos JN. 2010. Morphological redescription of *Dirofilaria immitis*. *The Journal of Parasitology* **96**:499–504.

- Gebauer J, Ondruš J, Kulich P, Novotný L, Sałamatin R, Husa P, Novobilský A. 2021. The first case of periorbital human dirofilariasis in the Czech Republic. *Parasitology Research* **120**:739–742.
- Genchi C, Mortarino M, Rinaldi L, Cringoli G, Traldi G, Genchi M. 2011. Changing climate and changing vector-borne disease distribution: The example of *Dirofilaria* in Europe. *Veterinary Parasitology* **176**:295–299.
- Genchi C, Rinaldi L, Mortarino M, Genchi M, Cringoli G. 2009. Climate and *Dirofilaria* infection in Europe. *Veterinary Parasitology* **163**:286–292.
- Giangaspero A, Marangi M, Latrofa MS, Martinelli D, Traversa D, Otranto D, Genchi C. 2013. Evidences of increasing risk of dirofilarioses in southern Italy. *Parasitology Research* **112**:1357–1361.
- Gillis-Germitsch N, Tritten L, Hegglin D, Deplazes P, Schnyder M. 2020. Conquering Switzerland: the emergence of *Angiostrongylus vasorum* in foxes over three decades and its rapid regional increase in prevalence contrast with the stable occurrence of lungworms. *Parasitology* **147**:1071–1079.
- Globokar M, Pantchev N, Hinney B, Leschnik M, Peschke R, Schaper R, Schnyder M. 2021. Serological and faecal detection of *Angiostrongylus vasorum* in dogs from Austria. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports* **26**:100641.
- Guardone L, Schnyder M, Macchioni F, Deplazes P, Magi M. 2013. Serological detection of circulating *Angiostrongylus vasorum* antigen and specific antibodies in dogs from central and northern Italy. *Veterinary Parasitology* **192**:192–198.
- Hajnalová M, Svobodová V, Schnyder M, Schaper R, Svoboda M. 2017. Faecal detection of the lungworms *Crenosoma vulpis* and *Angiostrongylus vasorum* and serological detection of *A. vasorum* in dogs from the Czech Republic. *Acta Veterinaria Brno* **86**:393–398.
- Hajnalová M, Svobodová V, Schnyder M, Schaper R, Svoboda M. 2018. Faecal detection of the lungworms *Crenosoma vulpis* and *Angiostrongylus vasorum* and serological detection of *A. vasorum* in dogs from the Czech Republic. *Acta Veterinaria Brno* **86**:393–398. University of Veterinary Sciences Brno.
- Heidari Z, Kia EB, Arzamani K, Sharifdini M, Mobedi I, Zarei Z, Kamranrashani B. 2015. Morphological and molecular identification of *Dirofilaria immitis* from Jackal (*Canis aureus*) in North Khorasan, northeast Iran. *Journal of Vector Borne Diseases* **52**:329.
- Helm JR, Morgan ER, Jackson MW, Wotton P, Bell R. 2010. Canine angiostrongylosis: an emerging disease in Europe. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care (San Antonio, Tex.: 2001)* **20**:98–109.
- Hinaidy HK, Bacowsky H, Hinterdorfer F. 1987. Einschleppung der Hunde-Filarien *Dirofilaria immitis* und *Dipetalonema reconditum* nach Österreich. *Journal of Veterinary Medicine, Series B* **34**:326–332.
- Hinney B, Gottwald M, Moser J, Reicher B, Schäfer BJ, Schaper R, Joachim A, Künzel F. 2017. Examination of anonymous canine faecal samples provides data on endoparasite prevalence rates in dogs for comparative studies. *Veterinary Parasitology* **245**:106–115.
- Hoch H, Strickland K. 2008. Canine and Feline *Dirofilariasis*: Life Cycle, Pathophysiology, and Diagnosis.
- Hoff B. 1993. Ontario. Lungworm (*Crenosoma vulpis*) infection in dogs. *The Canadian Veterinary Journal* **34**:123–124.
- Honek A, Martinkova Z. 2011. Body size and the colonisation of cereal crops by the invasive slug *Arion lusitanicus*. *Annals of Applied Biology* **158**:79–86.
- Howell J. 2008. What's new in parasitology? *Veterinary Nursing Journal* **23**:19–24. Taylor & Francis.

- Hurníková Z, Čabanová V, Karpjak P, Kasenčák M, Miterpáková M. 2019. Rare case of intraocular infestation in an asymptomatic dog. *Helminthologia* **56**:319–322.
- Hurníková Z, Miterpáková M, Mandelík R. 2013. First autochthonous case of canine *Angiostrongylus vasorum* in Slovakia. *Parasitology Research* **112**:3505–3508.
- Husník R, Sloboda M, Kovaříková S, Koudela B. 2011. Infection with *Crenosoma vulpis* lungworm in a dog in the Czech Republic. *Helminthologia* **48**:56–58.
- Ilić T, Stepanović P, Mandić M, Obrenović S, Dimitrijević S. 2017. The cardiopulmonary metastrongylidosis of dogs and cats contribution to diagnose. *Veterinarski Glasnik* **71**:69–86.
- Jacsó O, Mándoki M, Majoros G, Pétsch M, Mortarino M, Genchi C, Fok É. 2009. First autochthonous *Dirofilaria immitis* (Leidy, 1856) infection in a dog in Hungary. *Helminthologia* **46**:159–161.
- Juříčková L, Kapounek F. 2009. *Helix* (Cornu) *aspersa* (O.F. Müller, 1774) (Gastropoda: Helicidae) in the Czech Republic. *Malacologica Bohemoslovaca* **8**:53–55.
- Kemenesi G, Kurucz K, Kepner A, Dallos B, Oldal M, Herczeg R, Vajdovics P, Bányai K, Jakab F. 2015. Circulation of *Dirofilaria repens*, *Setaria tundra*, and *Onchocercidae* species in Hungary during the period 2011–2013. *Veterinary Parasitology* **214**:108–113.
- Khanmohammadi M, Akhlaghi L, Razmjou E, Falak R, Zolfaghari Emameh R, Mokhtarian K, Arshadi M, Tasbihi M, Meamar AR. 2020. Morphological Description, Phylogenetic and Molecular Analysis of *Dirofilaria immitis* Isolated from Dogs in the Northwest of Iran. *Iranian Journal of Parasitology* **15**:57–66.
- Knott J. 1939. A method for making microfilarial surveys on day blood. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* **33**:191–196.
- Koch J, Willelsen JL. 2009. Canine pulmonary angiostrongylosis: An update. *The Veterinary Journal* **179**:348–359.
- Lange MK, Penagos-Tabares F, Hirzmann J, Failing K, Schaper R, Van Bourgonie YR, Backeljau T, Hermosilla C, Taubert A. 2018. Prevalence of *Angiostrongylus vasorum*, *Aelurostrongylus abstrusus* and *Crenosoma vulpis* larvae in native slug populations in Germany. *Veterinary Parasitology* **254**:120–130.
- Lange MK, Penagos-Tabares F, Muñoz-Caro T, Gärtner U, Mejer H, Schaper R, Hermosilla C, Taubert A. 2017. Gastropod-derived haemocyte extracellular traps entrap metastrongyloid larval stages of *Angiostrongylus vasorum*, *Aelurostrongylus abstrusus* and *Troglostrongylus brevior*. *Parasites & Vectors* **10**:50.
- Latrofa MS et al. 2015. *Crenosoma vulpis* in wild and domestic carnivores from Italy: a morphological and molecular study. *Parasitology Research* **114**:3611–3617.
- Leschnik M, Löwenstein M, Edelhofer R, Kirtz G. 2008. Imported non-endemic, arthropod-borne and parasitic infectious diseases in Austrian dogs. *Wiener klinische Wochenschrift* **120**:59–62.
- Lurati L, Deplazes P, Hegglin D, Schnyder M. 2015. Seroepidemiological survey and spatial analysis of the occurrence of *Angiostrongylus vasorum* in Swiss dogs in relation to biogeographic aspects. *Veterinary Parasitology* **212**:219–226.
- Mahjoub HA, Bedenice D, Stryhn H, Yu J, Greenwood SJ, Conboy GA. 2024. An in vitro larval motility assay characterizes anthelmintic efficacy against *Crenosoma vulpis*, *Angiostrongylus vasorum*, and *Aelurostrongylus abstrusus*. *American Journal of Veterinary Research* **85**. American Veterinary Medical Association. Available from <https://avmajournals.avma.org/view/journals/ajvr/85/2/ajvr.23.06.0123.xml> (accessed March 19, 2024).
- Mahjoub HA, Robbins WT, Galeuzzi O, Graham KF, Jones MEB, Buote MA, Greenwood SJ, Conboy GA. 2022. First report of *Angiostrongylus vasorum* (French heartworm) in red

- foxes (*Vulpes vulpes*) on Prince Edward Island. *The Canadian Veterinary Journal* **63**:637–640.
- Maier K, Löwenstein M, Duscher G, Leschnik M, Joachim A. 2010. *Angiostrongylus vasorum*, the French Heartworm: Also a problem in Austria? *Wiener Tierärztliche Monatsschrift* **97**:171–180.
- Majoros G, Fukár O, Farkas R. 2010. Autochthonous infection of dogs and slugs with *Angiostrongylus vasorum* in Hungary. *Veterinary Parasitology* **174**:351–354.
- Maksimov P, Hermosilla C, Taubert A, Staubach C, Sauter-Louis C, Conraths FJ, Vrhovec MG, Pantchev N. 2017. GIS-supported epidemiological analysis on canine *Angiostrongylus vasorum* and *Crenosoma vulpis* infections in Germany. *Parasites & Vectors* **10**:108.
- Masny A, Lewin T, Salamatin R, Golab E. 2011. Autochthonous canine *Dirofilaria repens* in the vicinity of Warsaw. *Polish Journal of Veterinary Sciences* **14**:659–661.
- Matějů J, Chanová M, Modrý D, Mitková B, Hrazdilová K, Žampachová V, Kolářová L. 2016. *Dirofilaria repens*: emergence of autochthonous human infections in the Czech Republic (case reports). *BMC Infectious Diseases* **16**:171.
- McCall JW, Genchi C, Kramer LH, Guerrero J, Venco L. 2008. Heartworm disease in animals and humans. *Advances in Parasitology* **66**:193–285.
- McGarry JW, Morgan ER. 2009. Identification of first-stage larvae of metastrongyles from dogs. *The Veterinary Record* **165**:258–261.
- Mechouk N, Deak G, Ionică AM, Toma CG, Bouzlama Z, Daniel Mihalca A. 2023. First report of *Crenosoma vulpis* in Africa and *Eucoleus aerophilus* in Algeria. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife* **20**:187–191.
- Medlock JM, Hansford KM, Schaffner F, Versteirt V, Hendrickx G, Zeller H, Bortel WV. 2012. A Review of the Invasive Mosquitoes in Europe: Ecology, Public Health Risks, and Control Options. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases* **12**:435–447. Mary Ann Liebert, Inc., publishers.
- Mircean M, Ionică AM, Mircean V, Györke A, Codea AR, Tăbăran FA, Taulescu M, Dumitrache MO. 2017. Clinical and pathological effects of *Dirofilaria repens* and *Dirofilaria immitis* in a dog with a natural co-infection. *Parasitology International* **66**:331–334.
- Miterpáková M, Antolová D, Hurníková Z, Dubinský P. 2008. *Dirofilaria immitis* in Slovakia - a new endemic area in Central Europe. *Helminthologia* **45**:20–23.
- Miterpáková M, Antolová D, Rampalová J, Undesser M, Krajčovič T, Vichová B. 2022. *Dirofilaria immitis* Pulmonary *Dirofilaria immitis*, Slovakia. *Emerging Infectious Diseases* **28**:482–485.
- Miterpakova M, Hurnikova Z, Daniela V, Lenka B. 2021. Different epidemiological pattern of canine *dirofilariosis* in two neighboring countries in Central Europe—the Czech Republic and Slovakia. *Parasitology Research* **120**.
- Miterpáková M, Hurníková Z, Zalewski A. 2014. The first clinically manifested case of *angiostrongylosis* in a dog in Slovakia. *Acta Parasitologica* **59**:661–665. De Gruyter.
- Miterpáková M, Schnyder M, Schaper R, Hurníková Z, Čabanová V. 2015. Serological survey for canine *angiostrongylosis* in Slovakia. *Helminthologia* **52**:205–210.
- Miterpáková M, Valentová D, Čabanová V, Berešíková L. 2018. Heartworm on the rise—new insights into *Dirofilaria immitis* epidemiology. *Parasitology Research* **117**:2347–2350.
- Miterpáková M, Zborovská H, Bielik B, Halán M. 2020. The Fatal Case of an Autochthonous Heartworm Disease in a Dog from a Non-endemic Region of South-eastern Slovakia. *Helminthologia* **57**:154–157.

- Morchón R, Carretón E, González-Miguel J, Mellado-Hernández I. 2012. Heartworm Disease (*Dirofilaria immitis*) and Their Vectors in Europe – New Distribution Trends. *Frontiers in Physiology* **3**:196.
- Morchón R, Montoya-Alonso JA, Rodríguez-Escolar I, Carretón E. 2022. What Has Happened to Heartworm Disease in Europe in the Last 10 Years? *Pathogens* **11**:1042. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
- Morelli S, Colombo M, Diakou A, Traversa D, Grillini M, Frangipane di Regalbono A, Di Cesare A. 2021. The Influence of Temperature on the Larval Development of *Aelurostrongylus abstrusus* in the Land Snail *Cornu aspersum*. *Pathogens* **10**:960. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
- Morgan ER, Jefferies R, van Otterdijk L, McEniry RB, Allen F, Bakewell M, Shaw SE. 2010. *Angiostrongylus vasorum* infection in dogs: Presentation and risk factors. *Veterinary Parasitology* **173**:255–261.
- Morgan ER, Modry D, Paredes-Esquivel C, Foronda P, Traversa D. 2021. Angiostrongylosis in Animals and Humans in Europe. *Pathogens* **10**:1236. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
- Morgan ER, Shaw SE, Brennan SF, De Waal TD, Jones BR, Mulcahy G. 2005. *Angiostrongylus vasorum*: a real heartbreaker. *Trends in Parasitology* **21**:49–51.
- Mortier JR, Fina CJ, Edery E, White CL, Dhumeaux MP. 2018. Computed tomographic findings in three dogs naturally infected with *Crenosoma vulpis*. *Veterinary Radiology & Ultrasound* **59**:27–31.
- Mozzer LR, Lima WS. 2015. *Gallus gallus domesticus*: paratenic host of *Angiostrongylus vasorum*. *Veterinary Parasitology* **207**:81–84.
- Nicolle AP, Chetboul V, Tessier-Vetzel D, Carlos Sampedrano C, Aletti E, Pouchelon J-L. 2006. Severe pulmonary arterial hypertension due to *Angiostrongylus vasorum* in a dog. *The Canadian Veterinary Journal = La Revue Veterinaire Canadienne* **47**:792–795.
- Nonnis F, Tamponi C, Tosciri G, Manconi M, Pudda F, Cabras P, Dessi G, Scala A, Varcasia A. 2023. Cardio-pulmonary nematodes of the red fox (*Vulpes vulpes*) of Sardinia, Italy. *Parasitology Research* **122**:1685–1688.
- Oborina V, Möttus M, Jokelainen P. 2021. *Angiostrongylus vasorum* in Estonia: Multi-center study in dogs with clinical signs suggestive of canine angiostrongylosis, survey of potential risk behaviors among the dogs, and questionnaire survey of knowledge about the parasite among veterinarians. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports* **26**:100642.
- Olivieri E et al. 2017. *Angiostrongylus vasorum* infection in dogs from a cardiopulmonary dirofilariosis endemic area of Northwestern Italy: a case study and a retrospective data analysis. *BMC Veterinary Research* **13**:165.
- Orihel TC, Eberhard ML. 1998. Zoonotic Filariasis. *Clinical Microbiology Reviews* **11**:366. American Society for Microbiology (ASM).
- Pantchev N, Etzold M, Dauschies A, Dyachenko V. 2011. Diagnosis of Imported Canine Filarial Infections in Germany 2008 – 2010. *Parasitology Research* **109**:61–76.
- Pereira CA de J, Coaglio AL, Capettini LS, Becattini R, Ferreira APPN, Costa A, Soares LM, Oliveira LL, Lima WDS. 2020. New approaches to studying morphological details of intramolluscan stages of *Angiostrongylus vasorum*. *Revista Brasileira De Parasitologia Veterinaria = Brazilian Journal of Veterinary Parasitology: Orgao Oficial Do Colegio Brasileiro De Parasitologia Veterinaria* **29**:e000420.
- Pietrobelli M. 2008. Importance of *Aedes albopictus* in veterinary medicine. *Parassitologia* **50**:113–115.
- Pohly AG, Nijveldt EA, Stone MS, Walden HDS, Ossiboff RJ, Conrado FO. 2022. Infection with the fox lungworm (*Crenosoma vulpis*) in two dogs from New England – Two

- clinical reports and updated geographic distribution in North America. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports* **30**:100714.
- Polizopoulou ZS, Koutinas AF, Saridomichelakis MN, Patsikas MN, Desiris AK, Roubies NA, Leontidis LS. 2000. Clinical and laboratory observations in 91 dogs infected with *Dirofilaria immitis* in northern Greece. *Veterinary Record* **146**:466–469.
- Radrova J, Seblova V, Votypka J. 2013. Feeding Behavior and Spatial Distribution of *Culex* Mosquitoes (Diptera: Culicidae) in Wetland Areas of the Czech Republic. *Journal of Medical Entomology* **50**:1097–1104.
- Raue K, Heuer L, Böhm C, Wolken S, Epe C, Strube C. 2017. 10-year parasitological examination results (2003 to 2012) of faecal samples from horses, ruminants, pigs, dogs, cats, rabbits and hedgehogs. *Parasitology Research* **116**:3315–3330.
- Reifinger M, Greszl J. 1994. Pulmonale Angiostrongylose mit systemischer Ausbreitung und zentralnervaler Manifestation bei einem Hund. *Journal of Veterinary Medicine, Series B* **41**:391–398.
- Reise H, Schwarzer A-K, Hutchinson JMC, Schlitt B. 2020. Genital morphology differentiates three subspecies of the terrestrial slug *Arion ater* (Linnæus, 1758) s.l. and reveals a continuum of intermediates with the invasive *A. vulgaris* Moquin-Tandon, 1855. *Folia Malacologica* **28**:1–34. The Association of Polish Malacologists.
- Rinaldi L, Calabria G, Carbone S, Carrella A, Cringoli G. 2007. *Crenosoma vulpis* in dog: first case report in Italy and use of the FLOTAC technique for copromicroscopic diagnosis. *Parasitology Research* **101**:1681–1684.
- Rinaldi L, Cortese L, Meomartino L, Pagano TB, Pepe P, Cringoli G, Papparella S. 2014. *Angiostrongylus vasorum*: epidemiological, clinical and histopathological insights. *BMC Veterinary Research* **10**:236.
- Robbins W, Conboy G, Greenwood S, Schaper R. 2021. Infectivity of gastropod-shed third-stage larvae of *Angiostrongylus vasorum* and *Crenosoma vulpis* to dogs. *Parasites & Vectors* **14**:307.
- Rocha DO do N, Macedo LO, Oliveira JCP de, Silva SS, Cleveland HPK, Ramos CA do N, Marques AS, Alves LC, de Carvalho GA, Ramos RAN. 2024. Filarial Nematodes in Dogs from the Northeast Region of Brazil. *Acta Parasitologica* DOI: 10.1007/s11686-024-00834-x. Available from <https://doi.org/10.1007/s11686-024-00834-x> (accessed April 11, 2024).
- Romero-Alegria A, Belhassen-García M, Velasco-Tirado V, Garcia-Mingo A, Alvela-Suárez L, Pardo-Lledias J, Sánchez MC. 2014. *Angiostrongylus costaricensis*: Systematic Review of Case Reports. *Advances in Infectious Diseases* **4**:36–41. Scientific Research Publishing.
- Rosen L, Ash LR, Wallace GD. 1970. Life history of the canine lungworm *Angiostrongylus vasorum* (Baillet). *American Journal of Veterinary Research* **31**:131–143.
- Rudolf I, Šebesta O, Mendel J, Betášová L, Bocková E, Jedličková P, Venclíková K, Blažejová H, Šikutová S, Hubálek Z. 2014. Zoonotic *Dirofilaria repens* (Nematoda: Filarioidea) in *Aedes vexans* mosquitoes, Czech Republic. *Parasitology Research* **113**:4663–4667.
- Sassnau R, Czajka C, Kronefeld M, Werner D, Genchi C, Tannich E, Kampen H. 2014. *Dirofilaria repens* and *Dirofilaria immitis* DNA findings in mosquitoes in Germany: temperature data allow autochthonous extrinsic development. *Parasitology Research* **113**:3057–3061.
- Schäfer I, Volkmann M, Beelitz P, Merle R, Müller E, Kohn B. 2019. Retrospective evaluation of vector-borne infections in dogs imported from the Mediterranean region and southeastern Europe (2007–2015). *Parasites & Vectors* **12**:30.

- Schaffner F, Thiéry I, Kaufmann C, Zettor A, Lengeler C, Mathis A, Bourgoïn C. 2012. *Anopheles plumbeus* (Diptera: Culicidae) in Europe: a mere nuisance mosquito or potential malaria vector? *Malaria Journal* **11**:393.
- Schiefer B, Etreby MFE. 1965. Zur Frage der sogenannten Riesenzellpneumonie und Riesenzellbronchitis bei Tieren. *Pathologia veterinaria* **2**:20–36. SAGE Publications.
- Schnyder M, Fahrion A, Riond B, Ossent P, Webster P, Kranjc A, Glaus T, Deplazes P. 2010. Clinical, laboratory and pathological findings in dogs experimentally infected with *Angiostrongylus vasorum*. *Parasitology Research* **107**:1471–1480.
- Schnyder M, Schaper R, Lukács Z, Hornok S, Farkas R. 2015. Combined Serological Detection of Circulating *Angiostrongylus vasorum* Antigen and Parasite-specific Antibodies in Dogs from Hungary. *Parasitology Research* **114**:145–154.
- Schnyder M, Stebler K, Naucke TJ, Lorentz S, Deplazes P. 2014. Evaluation of a rapid device for serological in-clinic diagnosis of canine angiostrongylosis. *Parasites & Vectors* **7**:72.
- Schug K, Krämer F, Schaper R, Hirzmann J, Failing K, Hermosilla C, Taubert A. 2018. Prevalence survey on lungworm (*Angiostrongylus vasorum*, *Crenosoma vulpis*, *Eucoleus aerophilus*) infections of wild red foxes (*Vulpes vulpes*) in central Germany. *Parasites & Vectors* **11**:85.
- Sharifdini M, Karimi M, Ashrafi K, Soleimani M, Mirjalali H. 2022. Prevalence and molecular characterization of *Dirofilaria immitis* in road killed canids of northern Iran. *BMC Veterinary Research* **18**:161.
- Shaw DH, Conboy GA, Hogan PM, Horney BS. 1996. Eosinophilic bronchitis caused by *Crenosoma vulpis* infection in dogs. *The Canadian Veterinary Journal* **37**:361–363.
- Simón F, López-Belmonte J, Marcos-Atxutegi C, Morchón R, Martín-Pacho JR. 2005. What is happening outside North America regarding human dirofilariasis? *Veterinary Parasitology* **133**:181–189.
- Simón F, Siles-Lucas M, Morchón R, González-Miguel J, Mellado I, Carretón E, Montoya-Alonso JA. 2012. Human and Animal *Dirofilariasis*: the Emergence of a Zoonotic Mosaic. *Clinical Microbiology Reviews* **25**:507–544. American Society for Microbiology.
- Sonnberger BW, Graf B, Straubinger RK, Rackl D, Obwaller AG, Peschke R, Shahi Barogh B, Joachim A, Fuehrer H-P. 2021a. Vector-borne pathogens in clinically healthy military working dogs in eastern Austria. *Parasitology International* **84**:102410.
- Sonnberger K, Duscher GG, Fuehrer H-P, Leschnik M. 2020. Current trends in canine dirofilariosis in Austria—do we face a pre-endemic status? *Parasitology Research* **119**:1001–1009.
- Sonnberger K, Fuehrer H-P, Sonnberger BW, Leschnik M. 2021b. The Incidence of *Dirofilaria immitis* in Shelter Dogs and Mosquitoes in Austria. *Pathogens* **10**:550. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
- Sréter T, Széll Z, Marucci G, Pozio E, Varga I. 2003. Extraintestinal nematode infections of red foxes (*Vulpes vulpes*) in Hungary. *Veterinary Parasitology* **115**:329–334.
- Staebler S, Ochs H, Steffen F, Naegeli F, Borel N, Sieber-Ruckstuhl N, Deplazes P. 2005. Autochthone Infektionen mit *Angiostrongylus vasorum* bei Hunden in der Schweiz und Deutschland. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde* **147**:121–127. Hogrefe AG.
- Svobodova V, Svobodova Z, Beladicova V, Valentova D. 2005. First cases of canine dirofilariosis in Slovakia: a case report. *Veterinárni medicína* **50**:510–512. Veterinárni medicína.
- Svobodová Z, Svobodová V, Genchi C, Forejtek P. 2006. The first report of autochthonous dirofilariosis in dogs in the Czech Republic. *Helminthologia* **43**:242–245.
- Swiatalska A, Demiaszkiewicz AW. 2012. Pierwszy w Polsce rodzimy przypadek inwazji nicieni *Dirofilaria immitis* u psa. *Życie Weterynaryjne* **87**. -. Available from

- <http://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.agro-996a4a93-db76-4494-ab11-093f4c998503> (accessed February 29, 2024).
- Szczepaniak K, Tomczuk K, Buczek K, Komsta R, Lojszczyk-Szczepaniak A, Staniec M, Winiarczyk S. 2014. Pierwszy rozpoznany bezpośrednio, kliniczny przypadek angiostrongylozy u psa w Polsce. *Medycyna Weterynaryjna* **04**. Available from <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.agro-c5dba003-9de2-4122-83fb-5ccb03ad846c> (accessed April 21, 2024).
- Szczęsna J, Popiołek M, Śmietana W. 2007. A study on the helminthfauna of wolves (*Canis lupus* L.) in the Bieszczady Mountains (south Poland)-preliminary results.
- Taulescu MA et al. 2023. Is the *Angiostrongylus vasorum* infection in domestic dogs underestimated or misdiagnosed? A comprehensive presentation of four lethal cases. *Frontiers in Veterinary Science* **10**. Frontiers. Available from <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2023.1146713> (accessed April 25, 2024).
- Theis JH. 2005. Public health aspects of dirofilariasis in the United States. *Veterinary Parasitology* **133**:157–180.
- Tolnai Z, Széll Z, Sréter T. 2015. Environmental determinants of the spatial distribution of *Angiostrongylus vasorum*, *Crenosoma vulpis* and *Eucoleus aerophilus* in Hungary. *Veterinary Parasitology* **207**:355–358.
- Traversa D, Di Cesare A, Conboy G. 2010. Canine and feline cardiopulmonary parasitic nematodes in Europe: emerging and underestimated. *Parasites & Vectors* **3**:62.
- Traversa D, Guglielmini C. 2008. Feline aelurostrongylosis and canine angiostrongylosis: a challenging diagnosis for two emerging verminous pneumonia infections. *Veterinary Parasitology* **157**:163–174.
- Unterer S, Deplazes P, Arnold P, Flückiger M, Reusch CE, Glaus TM. 2002. Spontaneous *Crenosoma vulpis* infection in 10 dogs: laboratory, radiographic and endoscopic findings. *Schweizer Archiv Fur Tierheilkunde* **144**:174–179.
- Venco L, McCall JW, Guerrero J, Genchi C. 2004. Efficacy of long-term monthly administration of ivermectin on the progress of naturally acquired heartworm infections in dogs. *Veterinary Parasitology* **124**:259–268.
- Vojtíšek J, Janssen N, Šikutová S, Šebesta O, Kampen H, Rudolf I. 2022. Emergence of the invasive Asian bush mosquito *Aedes (Hulecoeteomyia) japonicus* (Theobald, 1901) in the Czech Republic. *Parasites & Vectors* **15**:250.
- Voros K, Kiss G, Ferenc B, Bagdi N, Szell Z. 2000. Canine heartworm disease. Review article and case report. *Magyar Allatorvosok Lapja* **122**:707–716.
- Vrhovec MG, Pantchev N, Failing K, Bauer C, Travers-Martin N, Zahner H. 2017. Retrospective Analysis of Canine Vector-borne Diseases (CVBD) in Germany with Emphasis on the Endemicity and Risk Factors of Leishmaniosis. *Parasitology Research* **116**:131–144.
- Younes L, Barré-Cardi H, Bedjaoui S, Ayhan N, Varloud M, Mediannikov O, Otranto D, Davoust B. 2021. *Dirofilaria immitis* and *Dirofilaria repens* in mosquitoes from Corsica Island, France. *Parasites & Vectors* **14**:427.
- Zahler M, Glaser B, Gothe R. 1997. [Imported parasites in dogs: *Dirofilaria repens* and *Dipetalonema reconditum*]. *Tierärztliche Praxis* **25**:388–392.

6 Samostatné přílohy

6.1 Seznam použitých zkratk a symbolů

ELISA = angl. zkratka enzyme – linked immune sorbent assay

PCR = angl. zkratka polymerase chain reaction – polymerázová řetězová reakce

6.2 Slovník pojmů

Alochtonní = pocházející odjinud, vyskytující se mimo lokalitu svého původního a přirozeného rozšíření

Asymptomatický = bez příznaků

Autochtonní = vyskytující se v místech původu

Bronchopneumonie = lalůčkový zánět (zápal) plic, šířící se z malých průdušek a postihující nepravidelné jejich okolí

Bronchoskopické vyšetření = používá se bronchoskop (tenká, pružná trubice s kamerou na konci) k prohlídce průdušek a plicní tkáně, zavede se do těla ústy nebo nosem a postupuje přes hltan až do průdušek

Enzootie = nákaza zvířat místního rozsahu

Filaroidní hlístice = filárie – vlasovci

Hemolýza = rozpad červených krvinek provázený uvolněním krevního barviva

Hyperemická průdušnice = dochází k zvýšenému přísunu krve do průdušnice

Letargie = je duševní stav, který se vyznačuje sníženým zájmem o osoby nebo předměty v okolí, zpomalenými reakcemi, abnormální ospalostí až apatii

Morfometrická = měření tvarů

Paralýza = ztráta motorických funkcí tzn. neschopnost pohybovat určité části těla

Paratenický hostitel = organismus, který parazita přenáší, ale nedochází v něm k vývoji

Paréza = částečné ochrnutí, obrna

Peritoneální tekutina = čirá, slámově žlutá tekutina v dutině břišní

Pleurální dutina = pohrudniční dutina je uzavřený prostor obklopující plíce a pohrudnice – tenká blána, která vystýla hrudní dutinu

Prepatentní období = doba od vstupu infekčního stádia do organismu hostitele až do prvních příznaků infekce

Prevalence = poměr počtu všech existujících případů daného onemocnění k počtu v dané lokalitě

Prognóza = pravděpodobný průběh onemocnění a jeho vyústění

Respirační insuficience = selhávání dechových funkcí, při němž dýchací ústrojí není schopno zabezpečit dostatečnou výměnu plynů

Senzitivita = statistický údaj, citlivost testu a vyjadřuje úspěšnost

Specifita = statistický údaj, který udává schopnost testu rozpoznat, že test bude negativní

Tachypnoe = zrychlené dýchání

Triskuspidiální srdeční šelest = vzácná chlopenní vada

Vaskulitida = zánět krevních cév

Zoonóza = onemocnění nebo infekce, které se mohou přenášet mezi zvířaty a lidmi

6.3 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Larva prvního stádia L1 (Rinaldi et al., 2014).....	12
Obrázek 2 – Larva druhého stádia L2 (Pereira et al. 2020).....	12
Obrázek 3 – Larva třetího stádia L3 (Pereira et al. 2020).....	13
Obrázek 4 – zadní konec samce – kopulační burza a spikuly (Demiaszkiewicz et al. 2014).....	13
Obrázek 5 - samice <i>A. vasorum</i> – kontrastující střeva s rozmnožovací soustavou (Hurníková et al. 2013).....	13
Obrázek 6 - přední část s kutikulárními záhyby (Mechouk et al. 2023a).....	15
Obrázek 7 - larva <i>C. vulpis</i> (Traversa et al. 2010).....	15
Obrázek 8 - porovnání velikosti samce a samice <i>C. vulpis</i> (Heidari et al. 2015).....	17
Obrázek 9 – A) šipky znázorňují zduřelé plochy s krvácením B) dospělec <i>A. vasorum</i> v plicní tepně (Tulescu et al. 2023).....	18
Obrázek 10 - dospělec <i>D. immitis</i> v srdci (Santoro et al. 2019).....	21
Obrázek 11 - dospělec <i>A. vasorum</i> v přední komoře pravého oka (Hurníková et al. 2019).....	28

6.4 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Přehled výskytu parazitů ve střední Evropě.....	25
Tabulka 2 - přehled výskytu parazitů v České republice.....	36