

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zoologie a rybářství



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Paraziti invazního druhu sladkovodní želvy *Trachemys*

scripta elegans

Bakalářská práce

Katka Jindrová

Chov exotických zvířat

Ing. Jan Magdálek

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Paraziti invazního druhu sladkovodní želvy *Trachemys scripta elegans*" 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 neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 26.4.2024

Poděkování

Rád(a) bych touto cestou poděkoval(a) panu Ing. Janu Magdálkovi za jeho cenné rady a připomínky při zpracování této práce.

Paraziti invazního druhu sladkovodní želvy *Trachemys scripta elegans*

Souhrn

V posledních několika letech se množí informace o výskytu želvy nádherné v Evropě. Díky svému pestrému zbarvení a nenáročnosti chovu byla oblíbeným domácím mazlíčkem. S rostoucím věkem se však stává méně zajímavou a lidé ji vypustí do volné přírody. Jelikož je želva nádherná schopná v mírných podmínkách panujících v Evropě přežít, rozšířila se a to má vliv na původní druhy želv. Rozmnožování želvy nádherné má význam pro její šíření a přežití v nepůvodních oblastech. Úspěšná reprodukce probíhá rychleji v jižních státech, kde jsou teplejší přírodní podmínky. I v chladnějších státech, jako je například Německo, se úspěšně líhnou mláďata. Vzhledem k probíhajícím klimatickým změnám lze očekávat, že bude množství mláďat přibývat. Přítomnost želvy nádherné v Evropě ovlivňuje původní druhy želv nejen v soupeření o potravu, vyhřívací místa atp., ale i výskytem parazitů. Kromě toho, že spolu s želvou nádhernou, byli na nová území zavlečeni noví parazité, může být želva nádherná i hostitelem původních druhů parazitů a zvyšovat tak jejich prevalenci. Původní želvy, jako např. želva bahenní a želva maurská, jsou ohroženy výskytem zavlečených parazitů.

Klíčová slova: biologická invaze, parazit, želva, infekce, helmint

Gastrointestinal parasites of the invasive freshwater turtle

Trachemys scripta

Summary

In the last few years, information about the occurrence of the red-eared slider in Europe has been increasing. Thanks to its coloring and effortless breeding, it was a popular pet. However, with increasing age, it becomes less interesting and people release it into the wild. Because the red-eared slider is able to survive in the mild conditions prevailing in Europe, it has spread and this has an effect on the native turtle species. The reproduction of the red-eared slider is important for its spread and survival in non-native areas. Successful reproduction occurs faster in southern states where natural conditions are warmer. Even in colder countries, such as Germany, juveniles hatch successfully. Given the ongoing climate changes, it can be expected that the number of young will increase. The presence of the red-eared slider in Europe affects native species of turtles not only in competition for food, basking places etc., but also by the occurrence of parasites. In addition, along with the turtle new parasites have been introduced to new territories, but the red-eared slider can also host native species of parasites, increasing their prevalence. Native turtles, such as the European pond turtle and the Spanish pond turtle, are threatened by introduced parasites.

Keywords: biological invasion, parasite, turtle, infection, helminth

Obsah

1	Úvod	8
2	Cíl práce	9
3	Literární rešerše	10
3.1	Invazní druh	10
3.2	Parazitické koinvaze	11
4	Trachemys scripta elegans	12
4.1	Taxonomické zařazení	12
4.2	Biologie	13
4.2.1	Rozmnožování	14
4.3	Trachemys scripta elegans jako invazní druh	15
4.3.1	Dopady na původní druhy	17
5	Rozšíření a rozmnožování T. scripta elagans na nových lokalitách	18
5.1	V ČR	18
5.2	V státech sousedících s ČR	18
5.2.1	Německo	18
5.3	Ve státech EU	20
5.3.1	Francie	20
5.3.2	Španělsko	20
5.3.3	Itálie	20
5.3.4	Další země	21
6	Paraziti T. s. elegans	22
6.1	Protista	22
6.1.1	Apicomplexa	23
6.1.2	Coccidea	23
6.2	Platyhelminthes	25
6.2.1	Monogenea	25
6.2.2	Trematoda	27
6.3	Nematoda	29
6.3.1	Kathlaniidae	29
6.3.2	Ascarididae	30
6.3.3	Camallanidae	30
6.3.4	Gnathosomatidae	32
7	Monitoring parazitů želv	34
7.1	Odběr vzorků	34

7.2 Molekulární metody.....	35
8 Závěr	36
9 Literatura.....	37
10 Samostatné přílohy	I

1 Úvod

Vlivem dovozu želvy nádherné, *Trachemys scripta elegans* (Wied-Neuwied, 1836) do Evropy a celého světa, a jejího následného vypouštění do přírody došlo v minulosti k introdukci tohoto druhu do volné přírody v mnoha evropských státech (Demkowska-Kutrzepa et al. 2018). Globální databáze invazních druhů (GISD) ji považuje za jeden ze „100 nejhorších invazních druhů světa“ (Lowe et al. 2000). Její přítomnost v Evropě má vliv na původní druhy, jako je např. želva bahenní, želva maurská atd. Kromě soupeření o potravu a vyhřívací místa přenáší želva nádherná parazity v Evropě na původní i nepůvodní druhy, což může mít vliv na početnost parazitů u původních druhů (Demkowska-Kutrzepa et al. 2018).

Želva nádherná se vyskytuje v mnoha státech Evropy, např. Německo (Schradin 2020), Itálie (Luiselli et al. 1997), Francie (Arvy & Servan 1998) atd. K úspěšné reprodukci v současnosti dochází i v chladnějších podmínkách, kdy je schopnost přežití mláďat nižší (Schradin 2020). Vzhledem k tomu, že populace želvy nádherné v přírodě rostou, zvyšuje se i počet studií zabývajících se výskytem parazitů u želvy nádherné a její role jako zdroje infekce pro původní druhy. Tato práce bude obsahovat přehled o výsledcích studií dosud provedených na toto téma.

2 Cíl práce

Cílem této práce bude s pomocí vědecké literatury popsat aktuální rozšíření želvy nádherné na nepůvodních lokalitách v Evropě, vyhodnotit výskyt parazitů u tohoto druhu a posoudit riziko jejich přenosu na původní druhy sladkovodních želv.

3 Literární rešerše

3.1 Invazní druh

Lidé mají vliv na šíření druhů mimo jejich původní oblasti výskytu, ať už záměrně, nebo nezáměrně (Vitoušek et al. 1997). Masivní dovoz exotických zvířat do Evropy zapříčinil zvýšení počtu nepůvodních druhů nacházejících se v Evropě (Demkowska-Kutrzepa et al. 2018). Invazní druhy jsou nyní považovány za hlavní příčinu ztráty biodiverzity a souvisejících změn ve funkci ekosystému, což vede k biotické homogenizaci (viz níže), protože původní druhy jsou nahrazeny rozšířenými cizími druhy (Rahel 2002; Simberloff 2011). I přesto, že šíření druhů na nové lokality, je přirozené a dělo se i bez přičinění člověka, v dnešní době má na vznik invazních druhů z velké části podíl člověk (Vitoušek et al. 1997).

Introdukce je přesun nepůvodního druhu mimo jeho dřívější areál přímou nebo nepřímou lidskou činností. K introdukcím může docházet uvnitř i vně státních celků (Mlíkovský & Stýblo 2006). Je třeba rozlišovat mezi nepůvodními druhy a invazními druhy. Za nepůvodní považujeme druhy, které se v příslušné oblasti přirozeně nevyskytují a dostaly se tam s pomocí člověka z území svého původního výskytu (nebo již z jiných oblastí nepůvodního výskytu) a vytvářejí (alespoň krátkodobě) populace neřízené člověkem (nejméně jednu generaci) (Laštůvka & Šefrová 2020). Tudíž všechny invazní druhy jsou nepůvodní, ale ne všechny nepůvodní druhy mohou být invazní. Invazní druhy jsou cizorodé (nepůvodní) organismy, které byly zavlečeny do oblasti mimo jejich přirozený areál rozšíření, vytvořily se soběstačné populace a rozšířily se za hranice původního místa introdukce, se škodlivými dopady na životní prostředí, ekonomiku nebo lidské zdraví (Kolar & Lodge 2001).

Podle Blackburna et al. (2011) musí nepůvodní druh projít řadou bariér v novém prostředí. Prvním jsou geografické bariéry, dále bariéry přežití a rozmnožování. Invazním se stává poté, co překoná bariéru šíření.

Přestože není zaveden termín pro nepůvodní organismy, které nepříznivě ovlivňují životní prostředí, v praxi je termín invazní považován za negativní, jelikož invazní druhy obvykle narušují původní životní prostředí nebo mají negativní dopad na ekonomiku, popř. lidské zdraví (Falk-Petersen et al. 2006).

Biotickou homogenizací rozumíme zvyšování genetické, taxonomické či funkční podobnosti ekologických společenstev za jednotku času (Olden et al. 2016). Tato definice zahrnuje pouze důsledky invazí. Dnes chápeme biotickou homogenizaci široce jako jakékoliv zvyšování podobnosti druhového složení společenstev např. vnitrodruhovou hybridizací (Olden et al. 2016).

Podle Pergla et al. (2016) má ze všech nepůvodních druhů relativně malý podíl negativní vliv. Ostatní mají hospodářský nebo jiný užitek. Profesní a zájmové skupiny mohou vnímat nepůvodní druhy odlišně. Například u jelena siky byl dlouho negativní dopad uznáván jen malou skupinou biologů, s rostoucím problémem se však zvyšuje i počet názorů potvrzujících negativní vliv (Pergl et al. 2016).

Nepůvodní druhy můžeme rozdělit do tzv. černých (black lists), šedých (grey lists) a bílých (white lists) seznamů. Černé seznamy obsahují druhy, které jsou prioritní z hlediska managementu a likvidace. Černé seznamy jsou využívány nejčastěji a bývají základem právních regulací. Šedé seznamy obsahují druhy, jejichž vliv je malý, ovšem ne zanedbatelný. Druhy z šedého seznamu můžeme tolerovat a zasahovat proti nim. Odstraňujeme je například v ochránářsky cenných lokalitách. Třetím typem jsou bílé seznamy, které zahrnují druhy považované za bezpečné. Využívají se méně často (Pergl et al. 2016).

3.2 Parazitické koinvaze

Invazní druhy ovlivňují původní druhy různými způsoby. Mezi ně můžeme zařadit přímé vlivy, jako je predace nebo konkurence, a nepřímé, způsobené změnou stanoviště nebo změnou dynamiky onemocnění. Parazitární onemocnění mohou mít negativní dopad na původní hostitelské druhy, které nejsou na nové parazity adaptované. Může to mít i opačný dopad, kdy invazní hostitelské druhy nejsou adaptované na původní parazity. Zároveň parazité musí překonat stejné bariéry jako jejich hostitelé a být schopni se z nich přesunout na původní hostitelské druhy (Lymbery et al. 2014).

Spoluzavlečení parazité jsou nepůvodní druhy parazitů, kteří se dostali do nové oblasti s nepůvodním hostitelským druhem. Koinvazivní parazit je spolu zavlečený parazit, který v nové oblasti infikoval původní hostitelské druhy (Demkowska-Kutrzepa et al. 2018).

Zavlečení nepůvodní hostitelé mají často méně druhů parazitů a nižší prevalenci parazitů než původní hostitelé, což jim může poskytnout konkurenční výhodu. Jakmile dojde k zavlečení, může dojít k přenosu parazita z nativních hostitelů na nepůvodní hostitele, což vede ke zvýšení infekce původních hostitelů, pokud nepůvodní druhy zvýší přenos, nebo ke snížení infekce původních druhů, pokud se přenos sníží. Pokud nepůvodní hostitelé zavedou nové parazity, mohou být přeneseni na původní hostitele, což vede ke vzniku nových onemocnění u původních druhů (přelití nebo znečištění patogeny) (LyMBERY et al. 2014).

Ačkoli jsou koinvazní paraziti často považováni za příčiny vzniku onemocnění, produkující vysokou morbiditu a mortalitu u nativních hostitelů, míra koinrodukce a koinvaze a rozsah ohrožení původních druhů dosud nebyla dobře zdokumentována (LyMBERY et al. 2014). Jen několik studií potvrdilo přenos parazitů z amerických sladkovodních želv na původní evropské želvy. Často se spolu zavlečený parazit dostane do nové lokality s nepůvodním hostitelským druhem, ale na původní druhy na dané lokalitě se nepřenáší. U některých druhů hlístů nebyl pozorován přenos na původní druhy želv, ale nebylo vyloučeno, že by se tak mohlo stát v budoucnu (Demkowska-Kutrzepa et al. 2018).

4 *Trachemys scripta elegans*

4.1 Taxonomické zařazení

Želva nádherná, *Trachemys scripta elegans* (Wied-Neuwied, 1836), je poddruhem *Trachemys scripta* (Thunberg, Schoepff, 1792). Rod *Trachemys* řadíme do čeledi Emydidae, který náleží do řádu Testudines (viz Tabulka 1).

Všechny želvy můžeme rozdělit do dvou skupin Pleurodires (skrytohlavé) a Cryptodires (skrytohrdlé). Pleurodires zatahují hlavu do krunýře ohybem krku do strany a vyskytují se dnes pouze na jižní polokouli. Příkladem jsou zástupci rodu *Chelodina*. Většina želv patří do skupiny Cryptodires, které zatahují hlavu do krunýře tak, že krk skládají ve vertikální rovině. Do této skupiny patří i zástupci čeledi Emydidae, tudíž i želva nádherná (Szalay & Szalayová 1990).

Tabulka 1: Systematické zařazení želvy nádherné

Říše	Animalia
Kmen	Chordata
Třída	Reptilia
Podtřída	Anapsida
Řád	Testudines
Čeleď	Emydidae
Rod	<i>Trachemys</i>
Druh	<i>Trachemys scripta</i>
Poddruh	<i>Trachemys scripta elegans</i>

(Bonin et al. 2006)

4.2 Biologie

Rozšíření *T. scripta elegans* se přirozeně nachází v USA, od jihu Virginie k severu Floridy. V posledních desítkách let byla introdukována nejen do Evropy, ale i do Asie (Bonin et al. 2006).

V současné době rozlišujeme tři poddruhy: *T. s. scripta* (Schoepf, 1792), *T. s. elegans* a *T. s. troostii* (Holbrook, 1836). Poddruh *T. s. elegans* obýval původně největší území. Dnes je rozšířený, díky vypouštění chovateli, i do západních států USA (Bonin et al. 2006). Krunýř je oválný. Karapax má hnědou až olivovou barvu se žlutými skvrnami (Bonin et al. 2006). Na rozdíl od karapaxu má plastron žluté zbarvení s tmavými ornamenty. Na délku může mít až 280 mm. Kůže hlavy i končetin má hnědou až olivovou barvu a pokrývají ji žluté pruhy (Bonin et al. 2006). Za očima mají červené skvrny. Mláďata jsou pestřeji zbarvena. Karapax je zelený se žlutými a černými skvrnami (Szalay & Szalayová 1990). Samice jsou větší než samci, ale samci mají delší ocas a delší drápy na hrudních končetinách (Szalay & Szalayová 1990).

Preferují klidné vody s bahnitým dnem a hojnou vegetací. Jsou aktivní během dne. Zůstávají aktivní, i když teplota vody klesne k 10 stupňům Celsia. Přezimují pod vodou nebo ukryté v dutých pařezech. Populace žijící na jihu USA mohou být aktivní celý rok.

V některých případech estivují ve velmi horkých a suchých měsících, ale obecně jsou tolerantní vůči vysokým teplotám. Často se vyhřívají (Bonin et al. 2006).

Jsou všežravé. Potravu tvoří široké spektrum rostlinné i živočišné potravy. Živí se hlemýždi, larvami hmyzu, malými rybami, pulci, raky a vodní vegetací. Mladí jedinci jsou oproti dospělým více masožraví (Bonin et al. 2006).

4.2.1 Rozmnožování

U želvy nádherné byl pozorován specifický pářící rituál. Když sexuálně aktivní samec najde samici, snaží se ji zaujmout manévry, které mohou připomínat tanec. Samice často pokračuje dále v plavání vpřed, zatímco samec plave zpět. Jestliže samice svolí k páření, zastaví se a potopí se pomalu ke dnu. Samec ji sleduje a vyleze na její horní část těla. Drží se jejího krunýře všemi čtyřmi drápy a ohýbá svůj ocas směrem pod ní. Během této doby může samec samici i kousnout do krku. Po umístění se samec pouští samice svými předními končetinami a plave zpět až do doby, než je téměř ve svislé poloze. V této pozici dochází k páření, které trvá asi patnáct minut. Tři až čtyři dospělí samci se mohou ucházet současně o jednu samici. Během námluv jsou tyto dospělí samci někdy agresivní vůči sobě navzájem (Ernst & Barbour 1989).

Páří se od března do června v místě přirozeného výskytu. Samice kladou vejce v létě (1 až 3 snůšky). Jedna snůška může mít od 2 do 23 vajec (průměr je 10 vajec), podle zeměpisné šířky. Samice zahrabávají vejce do substrátu, jako u ostatních želv. Při teplotě mezi 25 až 30 °C se mláďata líhnou za 60–80 dní (Bonin et al. 2006). Teplota má vliv na vývoj pohlaví. Pro vylíhnutí samic je třeba inkubační teploty 30 °C, pro samce nižší teploty 22,5 až 27 °C (Ewert & Nelson 1991). Mláďata dospívají ve 2 až 8 letech. Samice dospívají později než samci (Tietz et al. 2023). Poprvé se rozmnožují přibližně okolo osmého roku života (Gibbons et al. 1981), kdy tělesná hmotnost nedosahuje hmotnosti dospělých jedinců (Kleewien 2015).

Vejce mají pružnou a porézní skořápku, na kterou má vliv vlhkost substrátu. Pokud je substrát sušší jsou mláďata menší a lehčí. Např. u mláďat narozených v Tallachu (Korutany) měla po vylíhnutí mezi 5 a 6 g, přičemž byl substrát suchý. V Severní Americe je průměrná hmotnost volně žijících mláďat po vylíhnutí 8,2 g. Vyšší vlhkost substrátu sice podporuje růst embryí, ale zároveň prodlužuje inkubační dobu a příliš vysoká vlhkost může embrya zabít (Kleewien 2015).

4.3 *Trachemys scripta elegans* jako invazní druh

Ze seznamu „100 nejhorších invazních druhů na světě“ jsou pouze dva druhy plazi, bojga hnědá neboli *Boiga irregularis* (Bechstein, 1802) z Austrálie a želva nádherná (*Trachemys scripta*) ze Severní Ameriky (Lowe et al. 2000). Ve srovnání s bezobratlými (26 ze 100 nejhorších invazních druhů) a malými savci (10 ze 100 nejhorších invazních druhů) plazi rostou, dospívají a množí se pomalu, což může být jedním z důvodů, proč je tak málo plazů invazních. Pomalá životní historie však také ztěžuje sledování a předpovídání dlouhodobých následků zavlečeného cizího druhu, tedy zda se usadí a stane se invazivním či nikoli. Želva nádherná je jedním z nejčastěji se vyskytujících nepůvodních druhů. Globální databáze invazních druhů (GISD) jej považuje za jeden ze „100 nejhorších invazních druhů světa“ (Lowe et al. 2000). Proto byl v roce 1997 zakázán dovoz a obchod s *T. scripta* v Evropské unii. Tyto želvy se dokážou úspěšně rozmnožit ve volné přírodě i v některých evropských zemích (Girondot et al. 2012; Kleewein 2014). Potenciálně invazní druh *T. scripta* byl vypuštěn po celém světě. Zatímco pomalá životní historie druhu by teoreticky měla umožnit včasnou reakci úřadů, bohužel se stal opak. Malé populace neobiota jsou často ignorovány a dlouhodobé monitorovací programy jsou zavedeny až mnoho let poté, co populace narostla do velikosti, která ztěžuje kontrolu populace. Zatímco *T. scripta* se stal invazivním v oblastech s tropickým, subtropickým a středomořským klimatem, důsledky v oblastech s mírným klimatem jsou nejasné (Schradin 2020).

Trachemys scripta má mnoho předpokladů pro to, aby se dokázala přizpůsobit různým podmínkám a stala se invazním druhem. Nejdůležitější je, že dokáže přežít nízké teploty, a i embrya jsou schopná inkubace při relativně nízkých teplotách (Schradin 2020).

IUCN Invasive Species Specialist Group (ISSG) ve snaze upozornit na dopady invazních druhů vytvořila seznam „100 nejhorších invazních cizích druhů na světě“. Jeho cílem je ilustrovat širokou škálu příkladů z mikroorganismů, hub, rostlin, bezobratlých a obratlovců (Lowe et al. 2000). Do tohoto seznamu je zařazena i želva nádherná, přestože želvy obecně patří mezi nejohroženější skupinou plazů na planetě a mají více než 60 % druhů uvedených jako ohrožené vyhynutím (Tietz et al. 2023).

Trachemys scripta sice původně pochází ze Severní Ameriky, ale dnes už ji můžeme nalézt na všech kontinentech kromě Antarktidy. Díky jejímu pestrému zbarvení

a nenáročnosti chovu se stala velmi oblíbeným domácím mazlíčkem. V 80. a 90. letech 20. století byly masivně dováženy do Evropy (Kraus 2007). Želvy rychle rostou a brzy ztrácejí svůj nápadný juvenilní barevný vzor, stávají se méně atraktivními a majitelé je často vypouštějí do volné přírody, aniž by zauvažovali nad potenciálními dopady na životní prostředí (Kraus 2007). V důsledku toho se divoké populace usazené v různých přírodních sladkovodních ekosystémech staly nejinvazivnějším druhem plazů na světě (Kraus 2007). Navíc nejméně tři další druhy sladkovodních želv mají značné riziko, že budou invazní (Bugter et al. 2011).

V roce 1997 Evropská unie zakázala dovoz *T. scripta elegans* (Nařízení Komise ES 338/1997). Prodej jedinců narozených v členských státech EU byl zakázán až v roce 2016 (Nařízení EU 1143/2014, o invazních druzích), které tehdy zahrnovalo všechny poddruhy *T. scripta*. V té době se už *T. scripta* vyskytovala ve vodních plochách po celé Evropě. Tyto předpisy zapříčinily, že jiné poddruhy, *T. scripta scripta* a *T. scripta troostii*, a další druhy želv (z rodů *Pelodiscus*, *Pseudemys*, *Graptemys* a *Chrysemys*) nahradily *T. scripta elegans* v obchodu a jsou vypouštěny do vodních ploch po celém světě (Tietz et al. 2023). V Evropě byly tyto želvy nalezeny ve Španělsku, Francii, Velké Británii, Německu, Dánsku, Švédsku, Polsku, Lotyšsku, Litvě, Rusku, Itálii, Řecku, Maďarsku a na Slovensku (Brejcha 2010).

Neznáme přesné dopady nepůvodních druhů sladkovodních želv na jejich příslušné ekosystémy. Studie se dosud zabývaly dopadem na původní druhy, např. na evropskou želvu bahenní *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758), která je předmětem zájmu ochrany v mnoha zemích Evropy. Byl proveden experiment, kdy byla nativní *E. orbicularis* držena společně s *T. scripta* a vykazovala ztrátu hmotnosti a vysokou mortalitu (Tietz et al. 2023). Další studie se zabývala konkurencí mezi želvou nádhernou a želvou maurskou, *Mauremys leprosa* (Schweigger, 1812). Semiochemické látky uvolňující se ze žláz invazních druhů by mohly nepříznivě ovlivnit chování *M. leprosa* (Meyer et al. 2015).

Zdá se, že větší nepůvodní druhy zabraňují menším druhům v přístupu k místům vyhřívání a ty trpí suboptimální termoregulací. Předmětem studií je možnost, že původní larvy obojživelníků nevnímají nepůvodní druhy želv jako predátory, takže ty mohou mít výhodu při lovení potravy (Tietz et al. 2023). Bylo také prokázáno, že *T. scripta* má fyziologické výhody, jako jsou rychlejší chemosenzorické reakce a vynikající termoregulace. Experimentální důkazy naznačují klíčovou roli sladkovodních želv ve

fungování ekosystému, například změnou akumulace sedimentu, rychlosti rozkladu opadu listů a množství bezobratlých živočichů (Lindsay et al. 2013), což může mít závažné dopady na ekosystém (Tietz et al. 2023). Před zkoumáním dopadů musíme zjistit, jestli už se *T. scripta* stala invazním druhem, tudíž je schopná reprodukce mimo svůj původní areál (Tietz et al. 2023).

Mezi lety 1998 až 2002 bylo z USA vyvezeno více než 23 600 000 želv do 75 zemí všech kontinentů kromě Antarktidy. Ve většině Evropy úspěšně přežívají zimu. V některých zemích jsou schopné reprodukce a dochází k tvorbě divokých populací (Demkowska-Kutrzepa et al. 2018).

4.3.1 Dopady na původní druhy

V Evropě se přirozeně vyskytují pouze dvě čeledi sladkovodních želv – Emydidae a Geoemydidae. Nejčastěji se setkáme s čeledí Emydidae, např. želvou bahenní. Želva bahenní neboli *Emys orbicularis* se přirozeně vyskytuje ve většině Evropy i v západní Africe. Dnes však populace želv bahenních ubývá, a proto jsou zařazeny mezi ohrožené druhy (Demkowska-Kutrzepa et al. 2018).

Dalšími potenciálně ohroženými želvami je želva sicilská, *Emys trinacris* (Joger & Wink, 2005), želva maurská, *Mauremys leprosa*, želva tmavobřichá, *Mauremys rivulata* (Valenciennes, 1833) a želvy kaspické, *Mauremys caspica* (Gmelin, 1774) (Demkowska-Kutrzepa et al. 2018).

T. s. elegans konkuruje s druhy *E. orbicularis* a *M. leprosa*. *T. s. elegans* má několik výhod, např. vyšší plodnost, efektivnější obranné chování. Pro želvy je vyhřívání velmi důležité pro regulaci tělesné teploty. *T. s. elegans* je více agresivní při vyhledávání vyhřívacích míst, a proto ovlivňuje přežití původních druhů. Přítomnost *T. s. elegans* může ovlivnit chování původních druhů, které jejím vlivem mohou emigrovat do méně vhodných podmínek, a tím se sníží jejich počty (Demkowska-Kutrzepa et al. 2018).

5 Rozšíření a rozmnožování *T. scripta elagans* na nových lokalitách

5.1 V ČR

Na území České republiky je želva nádherná příležitostný nepůvodní druh (casual species), který se zde pokouší o rozmnožování. Do České republiky se začala želva nádherná dovážet na přelomu 50. a 60. let. Nárůst dovozu nastal ale až v 70 letech. Zpočátku se chov příliš nedařil, ale když se lidé naučili zajistit želvám vhodné podmínky, začali dorůstat do větších rozměrů, než se očekávalo. To byl hlavní důvod, proč lidé začali želvy nádherné vypouštět do volné přírody. Dalším způsobem, kterým se *T. scripta* mohli dostat do volné přírody, je únik ze špatně zabezpečených chovů (Brejcha 2010).

Již během 50. a 60. let 20. století se mohla želva nádherná dostat do přírody. První byly pozorováni jedinci u Rumburku v roce 1968. V současné době se *T. s. elegans* vyskytuje převážně ve Středočeském kraji a navazujícím Polabí, jižní Moravě a Ostravsku (Moravec & Široký 2006).

V Hradci Králové byla pozorována snůška vylíhlých mláďat želvy nádherné. Přestože nebyly získány důkazy o životaschopných mláďatech, je pravděpodobné, že je *T. s. elegans* schopná se rozmnožovat v podmínkách ČR (Mikátová & Šandera 2015). To potvrzují i pozorování úspěšného rozmnožování v sousedních státech (v údolí Rýna v Německu a rakouských Korutanech) (Schradin 2020).

5.2 V státech sousedících s ČR

5.2.1 Německo

Nařízení (EU) č. 1143/2014 bylo zveřejněno Evropskou unií a vyhlašuje plán na zákaz dovozu, chovu a vypouštění invazních druhů, včetně *T. scripta*. Toto nařízení nutí členské státy přijmout opatření k zamezení šíření daných druhů. Vlivem odlišných podmínek prostředí mohou jednotlivé státy reagovat odlišně. V Německu mají navrhovaná opatření proti *T. scripta* zvýšit povědomí veřejnosti a umožnit nekomerční přesun jedinců, kteří jsou již chováni v zajetí (aby se zabránilo vypuštění těchto jedinců do volné

přírody), zatímco odstranění volně žijících jedinců se nepovažuje za proveditelné, protože by bylo neúčinné a velmi nákladné (Schradin 2020).

Schradin (2020) ve své studii, popisující stav populace v Kehlu v Německu, zjistila, že velikost tamní populace *Trachemys scripta* se nesnižuje, nejsou žádné známky vysoké úmrtnosti a pravidelně probíhá úspěšná reprodukce. I přesto, že v chladnějších podmínkách je invaze pomalejší, se populace *T. scripta* množí a přibývají.

Ve studii Tietze et al. (2023) se tito autoři zaměřili na zjištění příbuzenských vztahů mezi jedinci *Trachemys scripta* pomocí příbuzenské analýzy. Vzorky odebírali ze dvou studijních míst v Německu (u města Freiburg im Breisgau a Kehlu). Analýzy rodičovství potvrdily vztahy mezi jedinci, ať už rodičovské, nebo sourozenecké. Tyto populace můžeme již označit za zavedené, to znamená, že se jedná o populace bez vnějších vlivů (vypouštění nových jedinců), kdy nadmořská výška na sledovaných lokalitách byla přitom jen 139 m n. m až 240 m n. m. a průměrná roční teplota 10,3 °C. až 11,1 °C. Obě vodní plochy se nacházejí v městských parcích a jsou zcela obklopeny obytnými zónami. Během jejich terénní práce v roce 2020 odhalili četná mláďata na vyhřívacích lokalitách a během osmi dnů odchytili sedm vylíhnutých mláďat a 18 nedospělých jedinců. Populace na sledované lokalitě v jihozápadním Německu se za posledních přibližně 15 let evidentně zvýšila, což naznačuje, že je relativně mladá. I když k úspěšné reprodukci došlo v jihozápadním Německu, které je považováno za nejteplejší oblast, autoři studie nevyklučují, že k reprodukci došlo i v jiných regionech. Depozice vajíček *T. scripta* byla nedávno pozorována v severnějších oblastech Německa např. Essen/Ruhr (Rautenberg and Schlüpmann 2018) a Saarbrücken (Tietz et al. 2023), což může na některých stanovištích zasáhnout ohrožené druhy.

Množství nepůvodních cheloniů (nejenom *T. scripta*) by proto mohlo ohrozit přežití ohrožených původních populací *E. orbicularis* v severovýchodním Německu (Brandenburg), ale také v Evropě obecně. Nepůvodní želvy mohou navíc ohrozit probíhající úspěšné reintrodukční programy *E. orbicularis*. V Německu byly snahy o reintrodukci *E. orbicularis* vyvinuty ve spolkových zemích Hesensko a Rheinland-Pfalz ve stejných zeměpisných šířkách, kde byly pozorovány depozice vajíček *T. scripta* (Tietz et al. 2023).

Želvy nádherné mohou svojí všežravostí ohrožovat vzácné a ohrožené původní druhy flóry a fauny. Ovšem nejsou zatím známy přesné údaje o potravních preferencích *T. scripta* v Evropě (Tietz et al. 2023).

5.3 Ve státech EU

Úspěšné rozmnožování a soběstačné populace *Trachemys scripta* v Evropě jsou známy z oblastí Středomoří a mírného kontinentálního klimatického pásma Slovinska (Tietz et al. 2023).

5.3.1 Francie

Máme dostupné údaje o výskytu želvy nádherné ve Francii v 93 z 96 regionů, z toho se ve 36 regionech překrývá její rozšíření s původní želvou bahenní (*Emys orbicularis*, Linnaeus, 1758) a ve čtyřech regionech s původní želvou maurskou (*Mauremys leprosa*, Schweigger, 1812) (Arvy & Servan 1998). Na jihu Francie dochází k reprodukci a tvorbě populací schopných přežít v přírodě. Želva nádherná je naturalizovaná jen na jihu země, protože severněji nebylo pozorováno líhnutí mláďat (Prévot-Julliard et al. 2007).

U želv bahenních a želv nádherných dochází k překrývání nik a ke kompetici (Arvy & Servan 1998). Želva nádherná má vliv na možnosti slunění želv bahenních (Cadi & Joly 2003). Dochází k pronásledování samic želv bahenních samci želv nádherných (Cadi & Joly 2004).

5.3.2 Španělsko

Ve Španělsku byla zaznamenána želva nádherná, a i její reprodukce. Populace v teplých oblastech na jihu Španělska jsou již naturalizované. Jejich schopnost se rozmnožovat je díky vhodnému klimatu vysoká (Perez-Santigosa 2008).

5.3.3 Itálie

Dospělé želvy nádherné jsou schopné zimovat v okolí Říma, ale u mláďa je tato schopnost menší. V deltě řeky Pád byla pozorována úspěšná reprodukce (Luiselli et al.

1997). Podél této řeky dochází k šíření želvy nádherné. V Itálii ji můžeme považovat za invazní (Brejcha 2010).

5.3.4 Další země

Záznamy o výskytu želv nádherných jsou známy ze států severní Evropy (Bringsøe 2006), pobaltských států a Ruska (Pupins 2007) a dalších zemí.

Rozšíření želvy nádherné v Evropě v roce 2023 je zobrazeno v Příloze 3.

6 Paraziti *T. s. elegans*

Živočichové žijí v rozmanitých společenstvech. Společné soužití vytváří různé vztahy, např. predace, mutualismus, parazitismus. Parazitismus je typ soužití, při kterém má jeden organismus ze soužití prospěch a druhý škodu. Jinými slovy za parazita považujeme organismus, který získává živiny z jednoho/více hostitelů, kterým škodí, ale nemusí je zabít (Volf & Horák 2007).

Jak už bylo zmíněno výše, želva nádherná má v nepůvodních oblastech výskytu vliv na původní druhy. Dále se tato práce bude zabývat parazity *T. s. elegans* a přenosem na původní populace želv.

Bylo prokázáno, že dochází k přenosu parazitů z původních želv na *T. s. elegans* a přenos parazitů z želvy nádherné na původní druhy byl pozorován rovněž, v divokých populacích i v zajetí (Meyer et al. 2015).

Někteří z nepůvodních helmintů nejsou schopni dokončit životní cyklus na nových lokalitách, proto nemohou infikovat původní želvy. Pokud dokončí svůj životní cyklus, mohou vykazovat vyšší virulenci vůči novému hostiteli. Jelikož neprobíhala evoluce nepůvodních parazitů a původních druhů želv současně a želvy na ně nejsou adaptované, jsou náchylnější na koinvazivní parazity. Zároveň jsou nepůvodní želvy náchylnější k nativním parazitům (Demkowska-Kutrzepa et al. 2018).

Existuje mnoho druhů helmintů, kteří parazitují na *T. s. elegans* v jejím přirozeném prostředí. V nepůvodních oblastech byly nalezeny 4 druhy helmintů, které přirozeně parazitují na *T. s. elegans*, parazitujících na původních želvách – *Emys orbicularis*, *Mauremys leprosa*. Mezi nalezenými parazity byla trematoda *Spirochis elegans* (Stunkard, 1923) (Španělsko), nematoda *Spiroxys contortus* (Rudolphi, 1819) (Bulharsko, Rumunsko), monnogenea *Neoepolystoma orbiculare* (Stunkard 1916), *Polystomoides oris* (Paul 1938) (Francie, Španělsko) (Demkowska-Kutrzepa et al. 2018).

Druhy parazitů, kteří byli zaznamenáni u *T. s. elegans*, jsou zahrnuty v Příloze 1.

6.1 Protista

Mezi Protista řadíme všechna jednobuněčná eukaryota. Společným znakem je, že buňka plní funkci organismu (Volf & Horák 2007).

6.1.1 Apicomplexa

Výtrusovci neboli Apicomplexa je skupina obligátních intracelulárních (minimálně v jednom stadiu parazitují uvnitř buněk) parazitických organismů (Maričić et al. 2023). Počtem zástupců je to jeden z největších kmenů parazitických Protist. Jsou adaptováni na život uvnitř, výjimečně vně, buňky. Název je odvozen od apikálního komplexu, což je soubor několika organel sloužících k průniku do hostitelské buňky. Buňka dále obsahuje buněčné organely, jádro, apikoplast. Apikoplast je zbytkem fotosyntetického organismu. Mají životní cykly se třemi fázemi – merogonie, gametogonie a sporogonie a odehrávají se v jednom nebo více hostitelích. Sporozoit vnikne do hostitelské buňky a stává se merontem. Dochází k merogonii, kdy se meront dělí na merozoity a ty vnikají do dalších buněk. Při gamogonii dochází k tvorbě samičích makrogamet a samčích mikrogamet. Při sporogonii dochází ke kopulaci gamet. Vzniká oocysta a z ní následně sporozoit. Apicomplexa dělíme na třídy: *Gregarinea*, *Cryptosporidea*, *Coccidea*, *Hematozoa* (Volf & Horák 2007). Apicomplexa jsou nejčastější parazité plazů (Maričić et al. 2023).

6.1.2 Coccidea

Mezi *Coccidea* patří čeleď *Hemogregarinidae* (Volf & Horák 2007).

6.1.2.1 *Haemogregarinidae*

Jsou celosvětově nejrozšířenějšími krevními parazity želv (Javanbakht & Sharifi 2014). Z nich 19 druhů parazituje na sladkovodních želvách, kdy jsou želvy mezihostitelem a pijavice finálním hostitelem. Haemogregariny se vyskytují i u obratlovců vystavených pijavicím, např. ryby. U *T. s. elegans* byly zjištěny infekce haemogregarinami. V USA jsou infekce v zajetí vzácné. Tudíž u zavlečených želv dochází k infekcím parazitů z původních želv (Maričić et al. 2023).

První haemogregarinou popsanou u plazů byla *Haemogregarina stepanowi* (Danilewsky, 1885), která parazituje u *Emys orbicularis*. Finálním hostitelem *H. stepanowi* je pijavice

chobotnatka želví neboli *Placobdella costata* (Müller 1846), která je považována za jedinou pijavici živící se krví plazů v Evropě. Vyskytuje se v oblasti od západní Evropy do Ruska (Verneau et al. 2023). U sladkovodních želv není hostitelsky specifická (Maričić et al. 2023).

H. stepanowi je rozšířena u želvy bahenní od Sýrie a Íránu po Alžírsko, Bulharsko a Sicílii. Vyskytuje se i u *Emys trinacris*, *Mauremys leprosa*, *Mauremys caspica* a *Mauremys rivulata*, ale u *M. leprosa* a u *M. caspiace* byly nalezeny dvě geneticky odlišné formy. V místech, kde se vyskytuje více forem, jsou smíšené infekce. Při těchto infekcích dochází ke snížení hematokritu, který se u jedinců infikovaných jednou linií nevyskytuje. *H. stepanowi* může vyvolat erytrocytární změny, které dávají jádru zploštělý vzhled (Maričić et al. 2023).

Vývojový cyklus zahrnuje sporogonii, po které následuje merogonie a migrace merozoitů do slinných žláz pijavice před infikováním dalších hostitelů. Je to společné pro všechny haemogregariny, jejichž definitivním hostitelem jsou pijavice. Když se infikovaná pijavice přisaje na plazech, vstříkne merozoity do krevního oběhu. Začíná merogonie v plicích, játrech a slezině, ze které vznikne přibližně 18 merozoitů. Sekundární merogonie probíhá v erytrocytech, kde vznikají různá stadia vývoje (Özvegy et al. 2015).

Cyklus parazita způsobuje zkázu infikovaných erytrocytů, což vede k regeneraci krve. U infikovaných želv dochází ke změnám erytrocytů, kdy jsou protáhlé, zakřivené, mají hruškovitý tvar se zploštělým jádrem (Özvegy et al. 2015; Maričić et al. 2023).

Podle studie Özvegy et al. (2015) byla u *E. orbicularis*, z karantény v zoo Belgrade, nalezena *H. stepanowi* u 100 % jedinců. Všechny tyto želvy trpěly nekrózou krunýře a masivním kožním krvácením, převážně v tříselné oblasti. Ovšem Mihalca et al. (2008) zjistil prevalenci *H. stepanowi* u 100 % testovaných želv, které neměly žádné příznaky infekce.

Znečištění vody má značný vliv na onemocnění krunýře a kůže *E. orbicularis*. Vlhké prostředí pomáhá bakteriím v průniku přes léze na krunýři. Změny hematokritu, počtu erytrocytů a koncentrace hemoglobinu lze považovat za typické pro želvy trpící chronickými infekcemi, podvýživou a chronickým stresem. Nižší prevalence u druhů, které se vyhřívají, by mohla být způsobena nižším vystavením pijavicím, tudíž mají zvýšenou imunitní reakci (Özvegy et al. 2015).

Infikované želvy mají horší zdravotní stav, jsou méně pohyblivé a podvyživené (Özvegy et al. 2015). Obecně platí, že větší želvy jsou častěji napadeny pijavicemi, jelikož mají větší povrch vhodný pro přísátí (Javanbakht & Sharifi 2014).

Nebyly zjištěny významnější rozdíly ve stavu želv neinfikovaných, infikovaných jednou nebo smíšenou linií. Želvy se smíšenou infekcí měly nízké hodnoty hematokritu a zvýšenou imunitní odpověď (Maričić et al. 2023).

6.2 Platyhelminthes

6.2.1 Monogenea

Jsou kosmopolitně rozšířeny. Zástupci třídy jednorodí (Monogenea) obvykle dosahují malých rozměrů, mezi 0,03 až 20 mm. Typická je pro ně vysoká specifita k druhu hostitele a orgánová lokalizace. Především parazitují na rybách, ale specializují se i na jiné obratlovce a některé bezobratlé. Nejčastěji to bývají parazité kůže a žaber (Volf & Horák 2007).

Dospělí jedinci mají opisthaptor, přichycovací orgán, který se mezi jednotlivými taxony liší. Hlavovou část nazýváme prohaptor, na kterém ústí hlavové žlázy. Sekrety hlavových žláz pomáhají přichycení na hostitele. Trávicí soustavu tvoří ústní otvor, hltan, jícn a vlastní střevo. Potravou je hlen, epiteliární buňky hostitele a často krev. Jsou hermafrodité, samčí kopulační aparát může být sklerotizován, toho se využívá v taxonomii. Mají přímý vývoj (Volf & Horák 2007).

Polystomy infikující sladkovodní želvy se živí hlenem a epiteliálními buňkami, čímž se liší od ostatních polystomů, kteří se živí krví. Pravděpodobně je to způsobené tím, že v orgánech, kde parazitují, se nenachází dostatek krevních cév. (Allen & Tinsley 1989) Po kopulaci jsou tvořena vajíčka. Ve vnějším prostředí se z nich uvolňují onkomiracidia. Při kontaktu s hostitelem dochází k odvržení ciliárních součástí povrchu a přeměně v dospělce (Volf & Horák 2007).

Monogenea dělíme na podtřídy *Polygonchinea* a *Heteronchoinea* (Volf & Horák 2007).

Příkladem Monogeneí parazitujících na *T. s. elegnas* jsou Polystomatidae, kteří patří do Heteronchoinea. Jsou to endoparaziti, kteří nejčastěji napadají žáby a sladkovodní želvy. V dospělosti se nacházejí v močovém měchýři, kloace, hltanové dutině a spojivkových

vacích sladkovodních želv. Mají přímý životní cyklus s volně plovoucími larvami (oncomiracidia) (Meyer et al. 2015).

Obecně lze na polystomy pohlížet jako na hostitelsky specifické, ovšem některé druhy parazitují u příbuzných druhů zvířat. Například *Polystomoides coronatum* (Leydi, 1888) byl nalezen v Severní a Jižní Americe u želvy uruguayské, *Trachemys dorbigni* (Duméril & Bibron, 1835), želvy mramorované, *Actinemys marmorata* (Baird and Girard 1852), *Trachemys scripta* (Héritier 2018).

Monogenea *Neopolystoma orbiculare*, *Polystomoides oris* (Francie, Španělsko) vykazují nízkou hostitelskou specifitu (Demkovska-Kutzrepa et al. 2018).

Například u želvy amboinské, *Cuora amboinensis* (Daudin, 1802) parazituje *Neopolystoma liewi* (Du Preez and Lim, 2000) ve spojivkových vacích, *Polystomoides asiaticus* (Rohde, 1965) v hltanové dutině, *Polystomoidella mayesi* (Richardson and Brooks, 1987) a *Polystomoides malayi* (Rohde, 1963) v močovém měchýři. Zajímavá je poměrně vysoká diverzita polystomů parazitujících u sladkovodních želv (50 druhů) vzhledem k množství druhů sladkovodních želv (200 druhů) (Meyer et al. 2015).

Prevence infekcí mohou být koupele (např. slabé roztoky amoniaku, formaldehydu, trichlorofonu, chloridu sodného atd.) a úprava krmení, aby nedošlo k introdukci vajíček. Dále je vhodné kontrolovat nové jedince (Volf & Horák 2007).

U *M. leprosa* bylo popsáno 8 druhů. Čtyři z nich parazitují v močovém měchýři, *Neopolystoma euzeti* (Combes and Ktari, 1976), *N. orbiculare* a dva nepojmenováni. Tři další druhy v hltanové dutině, *Polystomoides tunisiensis* (Gonzales a Mishra 1977), *P. oris* a nepopsaný druh. Poslední ze spojivkových vaků, také nepojmenován (Meyer et al. 2015).

U želvy *E. orbicularis* byl nalezen *Polystomoides ocellatum* v hltanové dutině (Meyer et al., 2015). *Neopolystoma sp3* je nepopsaný druh, který napadá močový měchýř *T. s. elegans* (Meyer et al. 2015).

Ve Francii byly nalezeny dva druhy polystomů, *N. orbiculare* a *Polystomoides sp1*, u *M. leprosa*, *T. s. elegans* a *E. orbicularis*. *Neopolystoma orbiculare* zahrnuje šest různých haplotypů (H9, H10, H19, H20, H37 a H81). Ve Francii se vyskytují u želvy *M. leprosa*, *E. orbicularis* a *T. s. elegans*. Konkrétně byly nalezeny v okolí řek Orlina, Têt a Fosseille (Meyer et al. 2015).

Meyer et al. (2015) předpokládají, že *T. s. elegans* slouží jako přenašeč parazitů *N. orbiculare* a přenáší je na původní želvy v přirozeném prostředí. Nepůvodní druhy polystomů jsou schopné infikovat velké množství druhů želv. *Polystomoides sp1* je nepopsaný druh, předpokládá se, že není původní u *M. leprosa*. Nebyl pozorován u divokých amerických želv v přirozeném prostředí. Jelikož byla *T. s. elegans* běžná v zajetí a dostávala se do kontaktu s jinými druhy želv, předpokládá se, že byla infikovaná *Polystomoides sp1*, který přenáší i po vypuštění do volné přírody.

Dva druhy polystomů byly zjištěny u *M. leprosa* v Tunisku, tj. *Neopolystoma euzeti* z močového měchýře a *Polystomoides tunisiensis* z dutiny hltanu (Meyer et al. 2015).

V Japonsku byl pozorován přenos původních zástupců třídy monogenea z palearktické oblasti – *Neopolystoma exhamatum* (Ozaki, 1935), *Polystomoides japonicum* (Ozaki, 1935) a trematoda *Telorchis clemmydis* na *T. s. elegans* (Oi et al. 2012).

Littlewood et al. (1997) ve své studii zjistili, že druhy, které infikují stejnou oblast v různých hostitelích, si jsou více příbuzné než druhy, které infikují jiné oblasti ve stejném hostiteli. *Neopolystoma liewi* produkuje 1,5 vajíčka na červa a den.

6.2.2 Trematoda

Trematoda neboli motolice jsou převážně endoparazité obratlovců. Typické jsou pro ně složité vývojové cykly. Dosahují velikosti od desetin milimetrů do několika centimetrů, výjimečně i několika metrů. Mohou mít jednu až dvě přísavky s převážně přichycovací funkcí. Převažuje hermafroditismus, ale v menší míře se vyskytuje i gonochorismus, například u krevniček rodu *Schistosoma*. Povrch těla tvoří syncytiální tegument. Aktivně přijímají potravu, kterou zpracovává trávicí soustava. Část živin přijímají i tegumentem. Pohlavní soustavu u hermafroditů tvoří samčí i samičí pohlavní orgány. Obvykle se vyskytují dvě varlata, ale některé druhy jich mohou mít až stovky. Vajíčka jsou často oválná s víčkem (Volf & Horák 2007).

Například životní cyklus motolic obvykle zahrnuje mezihostitele měkkýše (typicky hlemýžď), druhého mezihostitele (typicky bezobratlý nebo ryba) a definitivního hostitele (obratlovec) (Shea et al. 2012).

6.2.2.1 *Spirorchiidae*

Spirorchiidae je čeleď patřící do třídy trematoda neboli motolic (Schönbächler et al. 2022). Spirorchidy potřebují k dokončení životního cyklu mezihostitele, kterými jsou bezobratlí (Innis et al. 1999), konkrétně plži a mnohoštětinatci (Schönbächler et al. 2022). U sladkovodních druhů jsou mezihostitelem plži *Planorbella trivolvis* (Say, 1817) a *Helisoma anceps* (Menke, 1830) (Innis et al. 1999). V definitivním hostiteli, kterým jsou sladkovodní želvy, parazitují v aortě, srdci a centrálním nervovém systému (Schönbächler et al. 2022).

Životní cyklus zahrnuje miracidia, která jsou pozřena mezihostitelem, kde se dále vyvíjejí v cercarie. Cercarie infikují želvu buď přes vodní prostředí, kdy proniknou přes oči, nos, ústa nebo kloaku, nebo při pozření infikovaného mezihostitele. Uvnitř želvy se dále vyvíjejí v spirorchidy a začínají produkovat vajíčka, která se přes krevní oběh a stěnu střeva dostávají z těla s výkaly (Innis et al. 1999).

Vajíčka spirorchid způsobují granulomy, např. v slezině, plicích, játrech, žaludku, tenkém střevě, mozku a v jícnu (Innis et al. 1999). Klinické příznaky pozorované u infikovaných želv mohou zahrnovat letargii, anorexii, netečnost, paralýzu, neurologické příznaky a náhlou smrt (Innis et al. 1999; Schönbächler et al. 2022).

Spirorchis spp. se vyskytuje v Severní Americe u *Chysemys picta* (Schneider, 1783), *Trachemys scripta elegans*, *Graptemys spp.* (Agassiz, 1857), *Terrapene Carolina* (Linnaeus, 1758) a *Pseudemys concinna* (Le Conte, 1830). Mezi lety 2014 a 2021 byly zaznamenány ve Švýcarsku u *Emys orbicularis* v zajetí. *Spirorchis spp.* Byl původně nalezen u *Graptemys ernsti* (Lovich & McCoy, 1992) v USA (Schönbächler et al. 2022).

V roce 2015 propukla ve Španělsku epidemie spirorchid u *E. orbicularis*. Analýza prokázala infekci *Spirorchis elegans*, které se běžně vyskytuje u sladkovodních želv v Severní Americe, zejména *T. s. elegans*. Předpokládá se, že želva nádherná zavlekla *Spirorchis elegans* do Evropy (Schönbächler et al. 2022).

U *E. orbicularis* parazituje *Spirhapalum polesianum* (Ejsmont, 1927). Případy infekce jsou známy z Polska, Ruska, Ukrajiny, Německa a Rumunska (Schönbächler et al. 2022).

6.3 Nematoda

Patří mezi nejpočetnější skupiny živočichů. Parazitují u rostlin i živočichů, některé žijí volným způsobem života. Tělo bývá protáhlé s kruhovitým průřezem. Povrch těla tvoří kutikula. Živí se tráveninou z trávicího traktu, krví či jinými tělními tekutinami. Převážně patří mezi gonochoristy. Vyskytuje se u nich i pohlavní dimorfismus. Vývoj probíhá přes larvální stádia – L1 až L4 (Volf & Horák 2007).

Hlístice rozdělujeme na třídy Adenophorea a Secernentea (Volf & Horák 2007).

Byly popsány 4 druhy háďátek parazitujících na *T. s. elegans* v Evropě, tj. *Serpinema microcephalus* (Dujardin, 1845), *Falcaustra donanaensis* (Hidalgo-Vila et al., 2006), *Falcaustra sp.* (Lane, 1915) a *Physaloptera sp.* (Rudolphi, 1819). Zatímco v její původní oblasti bylo pro tohoto hostitele hlášeno 17 druhů helmintů (Zalesný et al. 2009).

6.3.1 Kathlaniidae

6.3.1.1 *Falcaustra donanaensis*

Jde o hlístici, která parazituje u želvy maurské v tlustém střevě. V Evropě došlo k přenosu na *T. s. elegans*. Má válcovité tělo zužující se dozadu a kutikulu s pravidelnými rýhami. Velikost se pohybuje mezi 7–20 mm, přičemž samice dorůstají větších velikostí. Ústa jsou trojúhelníkovitá, obklopená třemi velkými pysky. Vylučovací pór je před isthmem (místo zúžení). Ocas štíhlý, jemně zašpičatělý u obou pohlaví, bez pseudopřísavky. *Falcaustra donanaensis* lze rozpoznat uspořádáním samčí kaudální papily a délkou spikuly (Hidalgo-Vila et al. 2006).

K životnímu cyklu *F. donanaensis* není mnoho informací. Lze předpokládat, že vývoj probíhá přes larvální stádia – L1 až L4. Roli mezihostitele při infekcích želv mohou hrát ryby (Moravec et al. 1995).

6.3.2 Ascarididae

6.3.2.1 *Angusticaecum holopterum*

A. holopterum (Rudolphi, 1819) parazituje v Evropě u *E. orbicularis* a želv rodu *Testudo* (Demkovska-Kutzrepa et al. 2018), ale bylo dvakrát hlášeno v Polsku u *T. s. elegans*, u jedinců z chovu v lidské péči. (Buńkowska et al. 2011). K přenosu na želvu nádhernou mohlo dojít kontaktem s jinými druhy želv v chovu (Demkovska-Kutzrepa et al. 2018; Zalesny et al. 2009), jelikož v Polsku u volně žijících druhů nebylo pozorováno (Demkovska-Kutzrepa et al. 2018).

Délka těla se pohybuje mezi 13–17 cm, délka jícnu 6,51–7,79 mm. Samice jsou větší než samci. Vajíčka mají třívrstvou skořápku a lepkavou vnější vrstvu, díky které jsou velmi přilnavá k povrchu a odolná vůči běžně používaným dezinfekčním prostředkům (Ceylan et al. 2020).

Životní cyklus zahrnuje migraci larev a vývoj v orgánech a je spojený s anorexií a hubnutím. Vajíčko je vyloučeno s výkaly, larva se vyvíjí ve vnějším prostředí do L3. Po pozření hostitelem se larvy ve střevě uvolní z vaječných obalů a penetrují stěnu střeva. Migrují krevním oběhem do jater a dále přes srdce do plic. Z plic vylézají dýchacími cestami do ústní dutiny, kde jsou spolknuty. Ve střevě se mění na L4 a poté v dospělce (Hallinger et al. 2018; Ceylan et al. 2020; Volf & Horák 2007).

6.3.3 Camallanidae

Camallanidae patří do třídy Secernentea. Jsou rozšířeni po celém světě. Parazitují v rybách a obojživelnících. Jejich mezihostiteli jsou korýši (Martins et al. 2007). Rod *Serpinema*, kterým se budeme zabývat, patří do nadčeledi háďátek Camallanoidea. Camallanidní háďátka jsou paraziti žaludku a střevního traktu (Martínez-Silvestre 2015). Helminti rodu *Serpinema* jsou heteroxenní (k dokončení cyklu potřebují mezihostitele) parazité. Larvy L1 se líhnou v děloze, dostávají se do vody buď s fekáliemi, nebo prasknutím březí samice. Další vývoj do larev L3 dochází v mezihostiteli (např. klanonožec nebo jiný korýš). Po pozření infikovaného mezihostitele definitivním hostitelem dochází k dokončení vývoje. Parazit se uchytí ve střevech (Martínez-Silvestre 2015).

Napadají želvy z palearktické oblasti, i *T. s. elegans*. Konkrétně *S. contortus* a *S. elegans* byly nalezeny u *T. s. elegans* v Evropě a Asii. Vliv na tento přenos může mít přítomnost nového meziphostitele, který je evolučně blízký meziphostiteli z původní oblasti (Demkovska-Kutzrepa et al. 2018).

6.3.3.1 *Serpinema microcephalus*

Serpinema microcephalus je hlístice z čeledi Camallanidae, která se vyznačuje cefalickou strukturou s vyvýšeninami v bukálních chlopních (viz Příloha 2) (Baker 1979).

Má nepřímý životní cyklus. Vyskytuje se běžně v palearktické oblasti (Demkovska-Kutzrepa et al. 2018). Parazituje v tenkém střevě a také ve slinivce břišní. (Hidalgo-Vila et al. 2011) Vyskytuje se přirozeně u původních evropských želv, ale rozšířila se i na invazní druhy želv (Martínez-Silvestre 2015). Želva *M. leprosa* je definitivním hostitelem *S. microcephalus*, u které se může vyskytovat ve vysokých počtech, aniž by způsoboval klinické příznaky onemocnění. Kromě *M. leprosa* byla *S. microcephalus* přirozeně hlášena i u želvy bahenní (Martínez-Silvestre 2015).

U invazních želv způsobuje enteritidu, zánět tenkého střeva (Martínez-Silvestre 2015), a pankreatitidu, zánět slinivky (Hidalgo-Vila et al. 2011). U původních želv nedochází k zánětlivým reakcím (Hidalgo-Vila et al. 2011; Martínez-Silvestre 2015).

Mikroskopické změny ve slinivce jsou spojené s migrací parazitů a jsou charakterizovány nekrotizujícími oblastmi obklopenými leukocyty, které vedou k destrukci exokrinní tkáně. Migrace nebo pokud jsou helminti doprovázeni dalšími patogenními mikroorganismy vede k zánětlivé reakci slinivky. U jedné ze zkoumaných želv byla zjištěna eozinofilie a hyperglykemie, které jsou běžné u helmintických infekcí a poruch slinivky břišní (Hidalgo-Vila et al. 2011).

Hlístice nalezeny ve střevní sliznici duodena a jejuna způsobují enteritidu a sekundární krvácení v okolí parazitizovaných oblastí (Martínez-Silvestre 2015).

Ve svém přirozeném prostředí je *T. scripta* parazitováno hlísticí *Serpinema trispinosus* (Leidy, 1852). V oblastech introdukce parazituje na *T. scripta* *S. microcephalus*, který zaujímá podobnou niku jako *S. trispinosus* (Demkovska-Kutzrepa et al. 2018; Hidalgo-Vila et al. 2011). I když má *S. trispinosus* podobnou prevalenci ve svém přirozeném

prostředí jako *S. microcephalus*, v původních místech výskytu nebyla u želvynádherné v souvislosti s tímto parazitem pozorována pankreatitida (Hidalgo-Vila et al. 2011).

Zatím nebylo zjištěno, že by *S. trispinosus* infikovalo původní evropské želvy i když se vyskytuje u *T. s. elegans*. Může to být způsobeno vyšší hostitelskou specifičností *S. trispinosum*. U *S. trispinosus* patří mezi klinické příznaky infekce úbytek hmotnosti, anorexie a krví zbarvené výkaly (Hidalgo-Vila et al. 2009).

Serpinema trispinosus se vyznačuje relativně štíhlými, dlouhými hřebeny v bukálních chlopních, které jsou odděleny do dorzální a ventrální skupiny řadou krátkých hrotovitých středních hřebenů, zatímco u *S. microcephalus* jsou dlouhé hřbetní a ventrální hřebeny relativně silné a oddělené množstvím nenápadných knoflíkovitých středních hřebenů (Hidalgo-Vila et al. 2009).

V původních oblastech je *T. s. elegans* parazitováno nejčastěji helminty *Serpinema trispinosum* a *Neoechinorhynchus*, ani jeden z nich nebyl nalezen u invazních želv ve Španělsku. To by mohlo být způsobeno tím, že želvy dovážené do Evropy pocházejí z farem a nepřišly do kontaktu s přírodními stanovišti (Hidalgo-Vila et al. 2009).

Byl popsán případ přenosu háďátek *Serpinema microcephalus* (syn. *Camallanus microcephalus*) a *Falcaustra donanaensis* z původních želv na *T. s. elegans* ve Španělsku (Hidalgo Villa et al. 2009; Demkovska-Kutzrepa et al. 2018).

S. microcephalus má nižší prevalenci u *E. orbicularis*, *M. leprosa* než u *T. s. elegans* ve Španělsku. V Asii byla prevalence *S. microcephalus* u *E. orbicularis* nižší. *S. tripinosonum* má u *T. s. elegans* nižší prevalenci než *S. microcephalus* u *E. orbicularis* a *M. leprosa*. Stejný trend byl pozorován u *S. contortus*, který parazituje na *T. s. elegans* (Demkovska-Kutzrepa et al. 2018).

6.3.4 Gnahthosomatidae

6.3.4.1 Spiroxys contortus

Spiroxys contortus (Rudolphi, 1803) je spiruridní hlístice žijící v žaludeční sliznici želv. Tento druh byl nalezen také v jícnu, tenkém a tlustém střevě. Vyskytuje se u sladkovodních želv. Má dva mezihostitele, prvním jsou buchanky, druhým pulci, obojživelníci nebo ryby (Stoian et al. 2014; Demkovska-Kutzrepa et al. 2018). Je hojně

rozšířen mezi želvami v Severní a Jižní Americe, kde parazituje na mnoha druzích sladkovodních želv, např. *Trachemys scripta*, *Trachemys dorbigni* atd. (Demkovska-Kutzrepa et al. 2018). V Evropě byl hlášen výskyt tohoto parazita u *E. orbicularis* například v Bulharsku (Kirin 2001), Rumunsku (Mihalca et al. 2007), České republice (Moravec & Vojtková 1970), Slovensku (Moravec & Vojtková 1970) a Turecku (Yildirimhan & Sahin 2005).

Tyto hlístice jsou štíhlé a poloprůhledné. Ústní otvor je obklopený dvěma trojlaločnými pysky. Ocas je zakončený ostrým kuželovitým hrotem. Druhy *Spiroxys* lze od sebe odlišit počtem a distribucí samčích kaudálních papil, postavením vylučovacího póru a cervikální papily a přítomností nebo nepřítomností gubernacula (Palumbo et al. 2016).

Vajíčka se dostávají s výkaly z těla. Infikují buchanky, ve kterých pokračují svůj vývoj. Buchanka je pozřena druhým mezihostitelem. Až po pozření definitivním hostitelem dokončují vývoj (Stoian et al. 2014).

Slunečnice pestrá (*Lepomis gibbosus*) a hlavačkovec Glenův, *Perccottus glenii* (Dybowski, 1877), kteří patří ve střední Evropě k invazním druhům, obsahovaly larvy háďátka *S. contortus*. Bylo zjištěno, že hlavačkovec Glenův, je kořistí *E. orbicularis*, což může způsobit infekci *S. contortus* (Demkovska-Kutzrepa et al. 2018).

7 Monitoring parazitů želv

7.1 Odběr vzorků

Odchyt želv v přírodě může probíhat ručně, ponornou sítí, lapací pastí bez návnady a pastmi s návnadou (Maričić et al. 2023; Meyer et al. 2015; Tietz et al. 2023). Jako návnadu lze použít kuřecí srdce, kuřecí játra, hovězí maso, vepřová játra nebo směsi ryb a krmiva pro kočky (Meyer et al. 2015; Tietz et al. 2023). Pasti byly umístěny do řek, potoků a rybníků, kde byly želvy nádherné pozorovány nebo kde by se mohly vyskytovat (Meyer et al. 2015). Tietz et al. (2023) umístili pasti v mělkých oblastech a přivázaly je k vegetaci nebo bójím, aby se pasti nemohly ponořit. Pasti se na daných lokalitách mohou ponechat přes noc (Meyer et al. 2015).

Odchycené želvy mohou být vyšetřeny intravitálně, například autoři Meyer et al. (2015) odchycené želvy odvezli do experimentálního zařízení, kde byly drženy jednotlivě při pokojové teplotě v plastový boxech s vodou dosahující výšky 3 cm. Pokud byly infikovány dospělými polystomy, uvolňovala se vajíčka parazitů do vody, vymytím z míst infekce (např. hltanové dutiny) nebo se uvolnila z moči. Voda byla filtrována přes dvě síta. První 500 μm síto zachytávalo nečistoty a druhé 100 μm zachytávalo vajíčka, načež bylo propláchnuto do Petriho misky, z níž byla vajíčka sbírána k uchování v 70% ethanolu. Po odběru vzorků byly želvy vypuštěny v místě odchyty.

Pro přesnější stanovení druhového spektra parazitů je možné použít postmortální metody vyšetření, například parazitologickou pitvu. Jedinci *T. s. elegans* ve studii autorů Meyer et al. (2015) byli usmrceni srdeční injekcí 10% pentobarbitonu sodného. Nalezení parazité se fixují v 70% ethanolu (Martínez-Silvestre et al. 2015). Během parazitologické pitvy mohou být rovněž odebrány vzorky tkáně střev, případně dalších sledovaných orgánů (např. jater, slinivky, plic atd.). Mohou být vytvořeny tkáňové řezy (0,5–1 cm široké), které se fixují (např. v 10% neutrálním pufrovaném formalínu) a zalijí do voskového parafínu. Dále se vzorky řezají na 3 μm a upevňují se na sklíčka k vyšetření pod mikroskopem.

Vzorky krve lze odebrat injekčními stříkačkami z různých míst, zatímco například autoři Tietz et al. (2023) odebírali krev z prostoru mezi krkem a karapxem. Schönbacher et al. (2022) k odběru krve využili dorzální kostrční žílu (*Venae coccygealis dorsalis*).

K uchování ve zkumavkách se vzorky ředí 96% ethanolem (Maričić et al. 2023). Vzorky krve lze využít například pro *Haemogregarinidae*.

Iglesias et al. (2015) ve své studii odebírali vzorky spirochid u mrtvých jedinců. Spirochidy byly odebírány propláchnutím srdce a přilehlého cévního systému fyziologickým roztokem. Následně se zafixovaly na podložním sklíčku, obarvily a vyčistily.

7.2 Molekulární metody

PCR neboli polymerázová řetězová reakce umožňuje provádět selektivní amplifikaci z komplexních genomů. Enzymatická amplifikace DNA může být provedena in vitro z malého množství materiálu. Výhodou PCR je specifita a vysoká citlivost k detekci některých parazitů (Tavares et al. 2011).

Dochází k denuraci templátu dvouvláknové genomové DNA pomocí tepla. Dále se teplota sníží a primery mohou nasednout na své komplementární sekvence do templátu. Prodloužený templát DNA tedy následuje v obou směrech od místa primeru pomocí enzymatické katalýzy termostabilní DNA polymerázou, čímž se vytvářejí dvouvláknové produkty (Tavares et al. 2011).

K detekci parazitů ve vzorku může být použita izolovaná mitochondriální, mt, DNA, například autoři Maričić et al. (2023) použili pro určení parazitů r. *Haemogregarina* do druhu úsek COI (Cytochrom c oxidáza I). Tento úsek byl amplifikován pomocí PCR, dále byl vzorek sekvenován a zjištěné sekvence byly porovnávány s databází GenBank. Metodu PCR lze využít i pro určení zástupců dalších skupin parazitujících u želv, jako jsou monogenea (Meyer et al. 2015), nebo hlístice (Demkowska-Kutrzepa et al. 2021).

8 Závěr

Jedním z cílů této práce bylo popsat aktuální rozšíření želvy nádherné. Želva nádherná se vyskytuje ve státech Evropy, kde ji přírodní podmínky umožňují přežít a případně se i úspěšně rozmnožit. Dospělé želvy jsou schopné přežít zimu i v našich podmínkách. Pokud se v ČR vylíhnou mláďata, je vysoce pravděpodobné, že nepřežijí zimu, ale byly zaznamenány i výjimky (Mikátová & Šandera 2015). I v sousedním Německu byly pozorovány případy, kdy došlo k líhnutí mláďat ve volné přírodě (Schradin 2020). V jižních státech Evropy je naopak úspěšná reprodukce častá a mláďata přežívají mírnější zimy, což vede k tomu, že populace volně žijících želv nádherných rostou. Můžeme předpokládat, že bude docházet k větší konkurenci s původními druhy želv než doposud a vyššímu riziku přenosu nových parazitů z želvy nádherné na původní druhy.

Přenos parazitů probíhá častěji z původních druhů na želvu nádhernou, která snáší hůře některé infekce. To zapříčiňuje pravděpodobně rozdílné evoluční adaptace obou hostitelských druhů. Tito parazité mohou způsobovat větší zdravotní problémy u *T. s. elegans* než u původních druhů, např. r. *Serpinema* (Hidalgo-Vila et al. 2011; Martínez-Silvestre 2015). Někteří parazité ovšem nemusí způsobovat viditelné zdravotní problémy.

Lze předpokládat, že s rostoucím počtem jedinců *T. s. elegans* se bude zvyšovat prevalence parazitických infekcí původních i nepůvodních druhů parazitů. Přenos parazitů z původních druhů na želvu nádhernou může mít negativní dopad na původní druhy, jelikož se *T. s. elegans* může stát rezervoárem infekcí těchto parazitů. Monitoringem populací želv a získáním více dat o parazitických infekcích u sladkovodních želv v ČR by vedlo k podrobnějším poznatkům dané problematiky.

9 Literatura

1. Allen KM, Tinsley RC. 1989. The diet and gastrodermal ultrastructure of polystomatid monogeneans infecting chelonians. *Parasitology* **98**(2):265-273.
2. Arvy CH., Servan J. 1998. Imminent competition between *Trachemys scripta* and *Emys orbicularis* in France. Proceedings of the EMYS Symposium Dresden 96 - Mertensiella **10**:33-40.
3. Baker MR. 1979. *Serpinema spp.* (Nematoda: Camallanidae) from turtles of North America and Europe. *Canadian Journal of Zoology* **57**(4).
4. Blackburn TM, Pyšek P, Bacher S, Carlton JT, Duncan RP, Jarošík V, Wilson JRU, Richardson DM. 2011. A proposed unified framework for biological invasions. *Trends in Ecology and Evolution* **27**(7): 333-339.
5. Brejcha J. 2010. Rozšíření a invazivnost *Trachemys scripta* v České republice [Bakalářská práce]. Univerzita Karlova, Praha.
6. Bringsøe H. 2006. NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet-*Trachemys scripta*. Database of the North European and Baltic Network on Invasive Alien Species. Available from: www.nobanis.org (accessed July 2014).
7. Bugter RJF, Ottburg FGWA, Roessink I, Jansman HAH, van der Grift EA, Griffioen AJ. 2011. Invasion of the turtles? Exotic turtles in the netherlands: a risk assessment. Altera report 2186, Wageningen.
8. Buńkowska K, Okulewicz A, Perec-Matysiak A, Hildebran J. 2011. Preliminary coproscopic examination of tortoises in the City Zoological Garden in Wroclaw, Poland. *Wiadomoœci Parazytologiczne* **57**(4): 249–251.
9. Cadi A, Joly P. 2003. Competition for basking places between the endangered European pond turtle (*Emys orbicularis galloitalica*) and the introduced red-eared slider (*Trachemys scripta elegans*). *Canadian Journal of Zoology* **81**:1392-1398.
10. Cadi A, Joly P. 2004. Impact of the introduction of the red-eared slider (*Trachemys scripta elegans*) on survival rates of the European pond turtle (*Emys orbicularis*). *Biodiversity and Conservation* **13**:2511-2518.

11. Ceylan C, Dik B, Ceylan O. 2020. A Case of *Angusticaecum Holopterum* (Rudolphi, 1819) in a Turtle (*Testudo Graeca*). *Türkiye Parazitolojii Dergisi* 44(1):64-67
Publicly Available Content Database. DOI 10.4274/tpd.galenos.2019.6598.
12. Demkowska-Kutrzepa M, Studzinska M, Roczen-Karczmarz M, Tomczuk K, Abbas Z, Rózański P. 2018. A review of the helminths co-introduced with *Trachemys scripta elegans* – a threat to European native turtle health. *Amphibia-Reptilia* 39:177-189.
13. Du Preez LH, Lim LHS. 2000. *Neopolystoma liewi* sp. n. (Monogenea: Polystomatidae) from the eye of the Malayan box turtle (*Cuora amboinensis*). *Folia Parasitologica* 47: 11-16.
14. Ernst CH, Barbour RW, Altenburg RGM. 1989. *Turtles of the World*. Smithsonian Institution Press, Washington DC.
15. Ewert MA, Nelson CE. 1991. Sex Determination in Turtles: Diverse Patterns and Some Possible Adaptive Values. *Copeia* 1991(1):50–69.
16. Falk-Petersen J, Bøhn T, Sandlund OT. 2006. On the Numerous Concepts in Invasion Biology. *Biological Invasions* 8:1409–1424.
17. GBIF Secretariat. 2023. *Trachemys scripta* subsp. *Elegans*. GBIF Backbone Taxonomy. Available from <https://www.gbif.org/species/6157026> (accessed April 2024).
18. Gibbons JW, Semlitsch RD, Greene JL, Schubauer JP. 1981. Variation in Age and Size at Maturity of the Slider Turtle (*Pseudemys scripta*). *The American Naturalist* 117(5):841-845.
19. Guillon J, Guéry L, Hulin V, Girondot M. 2012. A large phylogeny of turtles (Testudines) using molecular data. *Contributions to Zoology* 81(3):147-158.
20. Hallinger M, Taubert A, Hermosilla C, Mutschmann F. 2018. Occurrence of health-compromising protozoan and helminth infections in tortoises kept as pet animals in Germany. *Parasites Vectors* 11:352. DOI: 10.1186/s13071-018-2936-z.
21. Héritier L, Verneau O, Smith KG, Coetzer C, Du Preez LH. 2018. Demonstrating the value and importance of combining DNA barcodes and discriminant morphological characters for polystome taxonomy (Platyhelminthes, Monogenea). *Parasitology International* 67:38-46.

22. Hidalgo-Vila J, Díaz-Paniagua C, Ribas A, Florencio M, Pérez-Santigosa N, Casanova JC. 2009. Helminth communities of the exotic introduced turtle, *Trachemys scripta elegans* in southwestern Spain: Transmission from native turtles. *Research in Veterinary Science* **86**(3):463-465.
23. Hidalgo-Vila J, Martíñez-Silvestre A, Ribas A, Casanova JC, Pérez-Santigosa N, Díaz-Paniagua C. 2011. Pancreatitis Associated with the Helminth *Serpinema microcephalus* (Nematoda: Camallanidae) in Exotic Red-Eared Slider Turtles (*Trachemys scripta elegans*). *J Wildl Dis* **47** (1): 201–205.
24. Hidalgo-Vila, J, Ribas, A, Florencio M, Pérez-Santigosa N, Casanova JC. 2006. *Falcaustra donanaensis* sp. nov. (Nematoda: Kathlaniidae) a parasite of *Mauremys leprosa* (Testudines, Bataguridae) in Spain. *Parasitol Res* **99**:410–413.
25. Iglesias R, García-Estévez JM, Ayres C, Acuña A, Cordero-Rivera A. 2015. First reported outbreak of severe spirorchidiasis in *Emys orbicularis*, probably resulting from a parasite spillover event. *Diseases of Aquatic Organisms* **113**: 75–80. doi: 10.3354/dao02812
26. Innis CJ, Kincaid AL. 1999. Bilateral Calcium Phosphate Ureteroliths and Spirorchid Trematode Infection in a Red-eared Slider Turtle, *Trachemys scripta elegans*, with a Review of the Pathology of Spirorchiasis. *Bulletin of the Association of Reptilian and Amphibian Veterinarian* **9**(3):32-35.
27. Javanbakht H, Sharifi M. 2014. Prevalence and intensity of *Haemogregarina stepanowi* (Apicomplexa: Haemogregarinidae) in two species of freshwater turtles (*Mauremys caspica* and *Emys orbicularis*) in Iran. *Journal of Entomology and Zoology Studies* **2**(4):155-158.
28. Kirin DA. 2001. New data on the helminth fauna of *Emys orbicularis* L (1758) reptilia, (Emydidae) in South Bulgaria. *C. R. Acad. Bulg. Sci.* **54** (2): 95–98.
29. Klewein A. 2015. Investigating temperature tolerance in wild broods of *Trachemys scripta elegans* (Reptilia: Testudines: Emydidae) in Austria. *Hyla* **1**:28-35.
30. Kolar CS, Lodge DM. 2001. Progress in invasion biology: predicting invaders. Elsevier Inc **16**(4):199-204.
31. Kraus F. 2007. Using pathway analysis to inform prevention strategies for alien reptiles and amphibians. *Managing Vertebrate Invasive Species* **94**:103.

32. Lindsay MK, Zhang Y, Forstner MR, Hahn D. 2013. Effects of the freshwater turtle *Trachemys scripta elegans* on ecosystem functioning: an approach in experimental ponds. *Amphibia-Reptilia* **34**(1):75-84.
33. Littlewood DTJ, Rrohde K, Clough KA. 1997. Parasite speciation within or between host species? Phylogenetic evidence from site-specific polystome monogeneans. *Int. J. Parasitol.* **27**: 1289-1297.
34. Lowe S, Browne M, Boudjelas S, De Poorter M. 2000. 100 of the World's Worst Invasive Alien Species A selection from the Global Invasive Species Database. The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN), Auckland.
35. Luiselli L, Capula M, Capizzi D, Filippi E, Trujillo JV, Anibaldi C. 1992. Problems for Conservation of Pond Turtles (*Emys orbicularis*) in Central Italy: is the Introduced Red-Eared Turtle (*Trachemys scripta*) a Serious Threat? *Chelonian Conservation and Biology* **2**(3): 417-419.
36. Lymbery AJ, Morine M, Gholipour Kanani H, Beatty SJ, Morgan DL. 2014. Co-invaders: The effects of alien parasites on native hosts. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife* **3**:171-177.
37. Maričić M, Danon G, Faria JF, Harris DJ. 2023. Molecular Screening of Haemogregarine Hemoparasites (Apicomplexa: Adeleorina: Haemogregarinidae) in Populations of Native and Introduced Pond Turtles in Eastern Europe. *Microorganisms* **11** DOI: 10.3390/microorganisms11041063
38. Martínez-Silvestre A, Guinea D, Pantchev N. 2015. Parasitic Enteritis Associated with the Camallanid Nematode *Serpinema microcephalus* in Wild Invasive Turtles (*Trachemys*, *Pseudemys*, *Graptemys*, and *Ocadia*) in Spain. *Journal of Herpetological Medicine and Surgery* **25**(1-2): 48–52.
39. Martins ML, Ghiraldelli L, Garcia F, Onaka EM, Fujimoto RY. 2007. Experimental infection in *Notodiptomus sp.* (Crustacea: Calanoida) with larvae of *Camallanus sp.* (Nematoda: Camallanidae). *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec* **59**(2):382-386.
40. Meyer L, Du Preez L, Bonneau E, Héritier L, Franch Quintana M, Valdeón A, Sadaoui A, Kechemir-Issad N, Palacios C, Verneau O. 2015. Parasite host-switching from the invasive American red-eared slider, *Trachemys scripta*

- elegans*, to the native Mediterranean pond turtle, *Mauremys leprosa*, in natural environments. *Aquatic Invasions* **10**(1):79-91.
41. Mihalca AD, Gherman C, Ghira I, Cozma V. 2007. Helminth parasites of reptiles in Romania. *Parasitol. Res.* 101: 491–492.
 42. Mihalca AD, Racka K, Gherman C, Ionescu DT. 2008. Prevalence and intensity of blood apicomplexan infections in reptiles from Romania. *Parasitol Res* **102**:1081-1083.
 43. Mikátová B, Šandera M. 2015. První rozmnožování volně žijící želvy nádherné (*Trachemys scripta*) na území České republiky. *Herpeta* **1**:5–6.
 44. Mlíkovský J, Stýblo P. 2006. *Nepůvodní druhy fauny a flóry české republiky*. Praha, ČSOP.
 45. Moravec F, Huffman DG, Swim DJ. 1995. The First Record of Fish as Paratenic Hosts of *Falcaustra* spp. (Nematoda: Kathlaniidae). *The Journal of Parasitology*, 81(5): 809–812. DOI: 10.2307/3283986.
 46. Moravec F, Vojtkova L. 1970. The first record of the nematode *Spiroxys contortus* (Rudolphi, 1819) in Czechoslovakia. *Folia Parasitol* 17 (4): 298.
 47. Moravec J, Široký P, Mlíkovský J, Stýblo P. 2006. *Trachemys scripta* (Schoepff, 1792) –želva nádherná. *Nepůvodní druhy fauny a flóry české republiky*. ČSOP, Praha.
 48. Oi M, Araki J, Matsumoto J, Nogami S. 2012. Helminth fauna of a turtle species introduced in Japan, the red-eared slider turtle (*Trachemys scripta elegans*). *Research in Veterinary Science* **93**(2):826-830.
 49. Olden, Julian D; Comte, Lise; Giam, Xingli. 2016. *Biotic Homogenisation*. In: eLS. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester DOI: 10.1002/9780470015902.a0020471.pub2
 50. Özvegy J, Marinković D, Vučićević M, Gajić B, Stevanović J, Krnjaić D, Aleksić-Kovačević S. 2015. Cytological and molecular identification of *Haemogregarina stepanowi* in blood samples of the european pond turtle (*Emys orbicularis*) from quarantine at Belgrade zoo. *Acta Veterinaria-Beograd* **65**(4): 443-453.
 51. Palumbo E, Capasso S, Cassano MJ, Alcalde L, Diaz JI. 2016. *Spiroxys contortus* (Rudolphi, 1819) and *Hedruris orestiae* (Moniez, 1889) in Argentine turtles. *Notes on Geographic Distribution* **12**(6).

52. Perez-Santigosa N, Díaz-Panaigua C, Hildago-Vila J. 2008. The reproductive ecology of exotic *Trachemys scripta elegans* in an invaded area of southern Europe. *Aquatic conservation. Marine and Freshwater Ecosystems* **18**:1302-1310.
53. Pergl J, Sádlo J, Petrusek A, Laštůvka Z, Musil J, Perglová I, Šanda R, Šefrová H, Šíma J, Vohralík V, Pyšek P. 2016. Black, Grey and Watch Lists of alien species in the Czech Republic based on environmental impacts and management strategy. *NeoBiota* **28**: 1–37.
54. Prévot-Julliard AC, Gousset E, Archinard CH, Cadi A., Girondot M. 2007. Pets and invasion risks: is the Slider turtle strictly carnivorous? *Amphibia-Reptilia* **28**:139–143.
55. Pupins M. 2007. First report on recording of the invasive species *Trachemys scripta elegans*, a potential competitor of *Emys orbicularis* in Latvia. *Acta Universitatis Latviensis, Biology* **723**: 37-46.
56. Rahel FJ. 2002. Homogenization of Freshwater Faunas. *Annual review of ecology, evolution and systematics* **33**:291-315.
57. Rautenberg T, Schlüpmann M. 2018. Eiablage und Gelege einer Gelbwangen-Schmuckschildkröte (*Trachemys scripta scripta*) in Essen/Ruhr (Nordrhein-Westfalen). *RANA* **19**:136–144.
58. Shea J, Kersten GJ, Puccia CHM, Stanton AT, Stiso SN, Helgeson ES, Back EJ. 2012. The use of parasites as indicators of ecosystem health as compared to insects in freshwater lakes of the Inland Northwest. *Ecological Indicators* **13**(1): 184-188.
59. Schönbacher K, Olias P, Richard OK, Origi FC, Dervas E, Hoby S, Basso W, Berenguer Veiga I. 2022. Fatal spirorchiidosis in European pond turtles (*Emys orbicularis*) in Switzerland. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife* **17**:144-151.
60. Schradin C. 2020. Successful reproduction of *Trachemys scripta* in the Altrhein of Kehl (Germany) and simultaneous increase in population estimate. *Herpetological Bulletin* **154**:1-7.
61. Simberloff D. 2011. How common are invasion-induced ecosystem impacts? *Biol Invasions* **13**:1255–1268.

62. Stoian AC, Predoi G, Rizac RI, Ioniğă M, Brăslaùu DE, Ciobotaru E. 2014. Spiroxys contortus parasitism associated with dog bite trauma in captive red-eared slider (trachemys scripta elegans) – a case report. Scientific Works. Series C. Veterinary Medicine 60(1): 99-104.
63. Szalay F, Szalayová H. 1990. Źelvy. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
64. Tavares RG, Staggemeier R, Borges ALP, Rodrigues MT, Castelan LA, Vasconcelos J, Anschau ME, Spalding SM. 2011. Molecular techniques for the study and diagnosis of parasite infection. Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases 17(3).
65. Tietz B, Penner J, Vamberger M. 2023. Chelonian challenge: three alien species from North America are moving their reproductive boundaries in Central Europe. NeoBiota 82:1-21.
66. Verneau O, Melliti S, Kimdil L, El Mouden EH, Achouri MS, Rouag R. Molecular Phylogenies of Leeches and Haemoparasites Infecting Freshwater Turtles in Aquatic Ecosystems of Northern Africa Suggest Phylogenetic Congruence between *Placobdella costata* Sensu Lato and *Haemogregarina stepanowi* Sensu Lato. Microorganisms 11 (1584) DOI: 10.3390/microorganisms11061584.
67. Vitousek PM, D'Antonio CM, Loope LL, Rejmánek M, Westbrooks R. 1997. Introduced species: A significant component of human-caused global change. New Zeland journal of ecology 21: 1-16.
68. Volf P, Horák P. 2007. Paraziti a jejich biologie. Triton, Praha.
69. Yildirimhan HS, Sahin R. 2005. The helminth fauna of Emys orbicularis (european pond turtle) (Linnaeus, 1758) living in freshwater. Turkiye Parazitolojii Dergisi 29(1):56-62.
70. Zaleśny G, Popiołek M, Jarnecki H, Łuczyński T. 2009. *Angusticaecum holopterum* (Rudolphi, 1819) (Nematoda, Ascaridoidea): potential alien invasive species in polish nematofauna. Biologia I hodowla zwierząt 58:179-184.

10 Samostatné přílohy

Příloha 1: Přehled druhů parazitů v porovnání s druhy želv, u kterých byl nalezen.

Parazit	Skupina	Lokalizace	Druhy želv	Výskyt	Reference
<i>Angusticaecum holopterum</i>	Ascarididae	Tenké střevo	<i>E. orbicularis</i> , <i>T. s. elegans</i> , <i>Testudo sp.</i>	Evropa	Demkowska & Kutzrepa et al. 2018
<i>Falcaustra donanaensis</i>	Kathaliniidae	Tlusté střevo	<i>M. leprosa</i> , <i>T. s. elegans</i>	Evropa	Hildago-Vila et al. 2006
<i>Haemogregarina stepanowi</i>	Haemogregariny	Krev	<i>E. orbicularis</i> , <i>Emys trinacris</i> , <i>Mauremys leprosa</i> , <i>Mauremys caspica</i> , <i>Mauremys rivulata</i> <i>T. s. elegans</i>	Evropa	Maričić et al. 2023; Özvegy et al. 2015
<i>Neopolystoma orbiculare</i>	Monogenea	Močový měchýř	<i>M. leprosa</i> , <i>T. s. elegans</i> , <i>E. orbicularis</i>	Evropa	Meyer et al. 2015
<i>Neopolystoma sp3</i>	Monogenea	Močový měchýř	<i>T. s. elegans</i>	Amerika	Meyer et al. 2015
<i>Polystomoides sp1</i>	Monogenea	Hltanová dutina	<i>M. leprosa</i> , <i>T. s. elegans</i> , <i>E. orbicularis</i>	Amerika	Meyer et al. 2015
<i>Serpinema microcephalus</i>	Camallanidae	Tenké střevo Slinivka	<i>M. leprosa</i> , <i>E. orbicularis</i> ,	Evropa	<i>T. s. elegans</i> Hidalgo-Vila et al. 2011; Martínez-Silvestre 2015
<i>Spiroxys contortus</i>	Gnathosomatidae	Žaludek	<i>Trachemys scripta</i> , <i>Trachemys dorbigni</i>	Amerika	Demkowska & Kutzrepa et al. 2018
<i>Spirorchis spp.</i>	Trematoda	Kardiovaskulární systém	<i>Chysemys picta</i> , <i>Trachemys scripta elegans</i> , <i>Graptemys spp.</i> , <i>Terrapene Carolina</i> , <i>Pseudemys cocinna</i> , <i>E. orbicularis</i>	Amerika	Innis et al. 1999; Schönbächler et al. 2022



Příloha 2: Bukální chlopně hlístice *Serpinema microcephalus* (Martínez-Silvestre et al. 2015).



Příloha 3: Rozšíření *T. s. elegans* v Evropě v roce 2023 (GBIF Secretariat 2023).