

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra zoologie a rybářství**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Invazní helminti přežvýkavců v aktuálních klimatických  
podmínkách Evropy**

**Bakalářská práce**

**Veronika Haklová**

**Chov hospodářských zvířat**

**Vedoucí práce: doc. Ing. Jaroslav Vadlejch, Ph.D.**

**© 2024 ČZU v Praze**

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci " Invazní helminti přezvýkavců v aktuálních klimatických podmínkách Evropy " 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 26.04.2024

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala panu docentu Vadlejchovi za trpělivost, čas a cenné rady při vedení mé práce. Děkuji i své rodině a kamarádům především za psychickou podporu v tomto závěrečném školním období.

# Invazní helminti přežvýkavců v aktuálních klimatických podmínkách Evropy

## Souhrn

Expanze nepůvodních druhů živočichů do Evropy vyvolává řadu obav, protože mnohé z nich mají negativní vliv na biodiverzitu a funkčnost místních ekosystémů. Nekontrolovaný dovoz divoce žijících přežvýkavců s nimi přináší i řadu nepůvodních parazitů. Globální změny, včetně klimatických a environmentálních změn, pravděpodobně významně ovlivní výskyt parazitárních onemocnění u divoce žijících zvířat tím, že změní, kde a kdy tyto choroby vznikají a šíří se. To bude mít následky jak pro divokou zvěř, domácí zvířata, tak i pro lidi a celkovou stabilitu ekosystému.

Předpokládaný dopad klimatických změn na parazity infikující divokou zvěř bude stále zásadní pro řízení a ochranu ohrožených druhů a kontrolu nemocí, které se šíří mezi divoce žijícími zvířaty.

Motolice velká (*Fascioloides magna*) je exemplárním příkladem invazivního cizího druhu Evropském prostředí. Opakovaná introdukce do Evropy vedla k biogeografické expanzi parazita do regionu podél řeky Dunaje, což vyplývá z existence vhodných biotopů pro všechny hostitele zapojené do životního cyklu tohoto parazita.

Gastrointestinální hlístice *Ashworthius sidemi* je významným parazitem volně žijících přežvýkavců. Významná část životního cyklu *A. sidemi* je dokončena v prostředí mimo tělo hostitele. Je proto náchylná ke změnám klimatu a již existují důkazy o klimaticky podmíněných změnách ve fenologii *A. sidemi* a sezónním výskytu onemocnění.

Bakalářská práce se zaměřuje konkrétně na tyto dva druhy invazních helmintů, a jejich dopad na volně žijící přežvýkavce v Evropě. Hlavním cílem práce je vypracovat literární přehled, který bude zaměřený na rozšíření nepůvodních druhů parazitických helmintů především divoce žijících přežvýkavců na území Evropy, následně pak i na rizika, která jsou spojená s infekcemi, které tyto nepůvodní druhy způsobují. Pomocí odborné literatury bude přiblížen jak vliv klimatu na parazity, tak zároveň i vliv klimatu na hostitele. Celá práce bude zakončena zásadní oblastí, kterou je problematikou prevence a tlumení parazitóz, které jsou způsobeny námi zvolenými parazitickými helminty.

Hlavním úkolem, který si tato práce klade, je poukázat na problém velmi rychlé adaptace nepůvodních parazitických druhů jak na nové podmínky prostředí, tak i na různé typy hostitele. Zároveň chce práce vyzdvihnout možný problém přenosu parazitárních infekcí na domácí a hospodářská zvířata.

**Klíčová slova:** *Fascioloides magna*, *Ashworthius sidemi*, globální změny klimatu, epizitologie, risk assessment

# Invasive helminths in ruminants under recent climatic conditions of Europe

## Summary

The spread of non-native species into Europe is a cause for concern, as many of them have a negative impact on biodiversity and the functionality of local ecosystems. Uncontrolled imports of wild ruminants bring with them a number of non-native parasites. Global changes, including climate and environmental changes, are likely to significantly affect the incidence of parasitic diseases in wildlife by altering the location and timing of the emergence and spread of these diseases. This will have consequences for wildlife, domestic animals, humans and overall ecosystem stability.

The projected impact of climate change on wildlife-infecting parasites will remain critical to the management and conservation of endangered species and the control of diseases that spread among wildlife.

The great fluke (*Fascioloides magna*) is an exemplary example of an invasive alien species in the European environment. Repeated introductions into Europe have led to the biogeographical expansion of the parasite into the Danube region, which is due to the existence of suitable habitats for all hosts involved in the life cycle of this parasite.

The gastrointestinal nematode *Ashworthius sidemi* is an important parasite of wild ruminants. A significant part of the life cycle of *A. sidemi* is completed in an environment outside the host body. It is therefore susceptible to changes in climate and there is already evidence of climate-related changes in *A. sidemi* phenology and seasonal occurrence of disease.

The bachelor thesis focuses specifically on these two species of invasive helminths, and their impact on wild ruminants in Europe. The main aim of the thesis is to produce a literature review that will focus on the distribution of non-native parasitic helminth species, mainly of wild ruminants, in Europe, and subsequently on the risks associated with infections caused by these non-native species. The impact of climate on parasites and the impact of climate on hosts will be presented using literature. The whole thesis will conclude with the crucial area of prevention and control of parasitoses caused by our chosen parasitic helminths.

The main objective of this paper is to highlight the problem of very rapid adaptation of non-native parasitic species to new environmental conditions and to different host types. At the same time, the thesis wants to highlight the possible problem of transmission of parasitic infections to domestic and livestock animals.

**Keywords:** *Fascioloides magna*, *Ashworthius sidemi*, global climate change, epizootology, risk assessment

# Obsah

Úvod .....	7
Cíl práce .....	8
<b>1 Literární rešerše.....</b>	<b>9</b>
<b>1.1 Invaze nepůvodních druhů .....</b>	<b>9</b>
<b>1.2 Helminti.....</b>	<b>11</b>
1.2.1 Motolice.....	12
1.2.1.1 Fascioloides magna.....	12
1.2.2 Hlístice .....	24
1.2.2.1 Ashworthius sidemi .....	26
1.2.3 Přenos na domácí přežvýkavce.....	31
<b>2 Šíření v důsledku klimatických změn, prevence parazitóz .....</b>	<b>33</b>
<b>2.1 Vliv klimatu na parazity.....</b>	<b>33</b>
<b>2.2 Vliv klimatu na hostitele .....</b>	<b>34</b>
<b>2.3 Prevence a tlumení helmintóz .....</b>	<b>35</b>
<b>3 Závěr .....</b>	<b>36</b>
<b>4 Literatura.....</b>	<b>38</b>

## Úvod

Invaze nepůvodních druhů se v posledních letech ukazují být značným problémem. Expanze nepůvodních živočichů vyvolává řady obav, protože mnohé z nich mají negativní vliv na biodiverzitu a funkčnost místních ekosystémů. Nepůvodní druhy se do Evropy dostaly náhodou, především prostřednictvím mezinárodních obchodů. Všechny cizí organismy mají v novém prostředí potenciál stát se invazními. Šíření invazních druhů po Evropě je proto nezbytné hlídat. V roce 2015 vyšlo v platnost nařízení Evropské unie jak zacházet, chovat a pracovat s cizokrajnými druhy v zájmu ochrany přírody.

Nekontrolovaný dovoz nepůvodních druhů divokých přežvýkavců s nimi přivádí i řadu nepůvodních parazitů. Bakalářská práce uvádí dva velmi významné invazní druhy parazitů v Evropě. Jedná se o motolici velkou *Fascioloides magna* původem ze Severní Ameriky a trichostrongilidní hlístici *Ashworthius sidemi* zavlečenou z Dálného Východu. Oba jmenované druhy parazitů jsou na evropském kontinentu relativně noví a stále více se přizpůsobují jak místním hostitelům, tak klimatu mírného pásma. Každý z nich je typickým zástupcem svého druhu. Tito paraziti vyvolávají gastrointestinálních infekce volně žijících přežvýkavců. Společným sdílením pastvin divokých i domácích zvířat, tak roste hrozba přenosu i na hospodářská zvířata.

Adaptace na místní podmínky umožňuje parazitům se zdárně rozmnožovat. Jejich šíření je značně podmíněno nabídkou mezipositelů, hostitelů a podmínkami prostředí. Například nejnovější studie motolice velké parazitující u srnčí zvěře poukazuje na rychlé adaptace parazita na jiný typ hostitele. Srnčí zvěř, která doposud nějak významně nezasahovala do vývojových cyklů a šíření motolic, je momentálně předmětem zkoumání jako jeden z potenciálních faktorů přenosu. Tento fakt o srnčí zvěři je příkladem adaptací jak hostitelů, tak parazitů k novým podmínkám a možnostech parazitů se množit i v atypických hostitelích.

Infekce helminty působí zvířatům značné zdravotní problémy a v případě hospodářských druhů zvířat i značné ekonomické ztráty pro zemědělský průmysl.

K řešení endoparazitóz se stále častěji používají anthelmintické přípravky. V důsledku nesprávného a dlouhodobého podávání stejných druhů léčivých látek se parazité stávají odolnější vůči těmto preparátům a preventivní léčba je tak omezená nebo zcela neúspěšná. Je proto velice důležité navrhovat dlouhodobě udržitelné, cenově dostupné alternativy, které budou společně s použitím syntetických léčiv fungovat, například selekce zvířat na odolnost vůči parazitům.

Detekce, diagnostika a léčba infekcí na základě dostupných informací o parazitech a klimatických podmínkách se zdají být jediným možným řešením při tlumení parazitóz. Ve strategiích proti parazitárním infekcím je potřeba zohlednit faktory, které usnadňují jejich přenos a mají úzký vztah ke globálním klimatickým změnám.

## **Cíl práce**

Cílem této bakalářské práce je vypracovat literární přehled zaměřený na rozšíření nepůvodních druhů parazitických helmintů přezvýkavců na území Evropy a na rizika spojená s infekcemi, které vyvolávají.



# 1 Literární rešerše

## 1.1 Invaze nepůvodních druhů

Biologické invaze představují v současné době komplexní ekologický fenomén, který vážně ovlivňuje biodiverzitu, integritu a funkčnost místních ekosystémů. Studium tohoto globálního jevu poskytuje důležité informace o ekologických a ekonomických dopadech, které s sebou přináší (Cordeschi et al. 2022).

V průběhu mnoha staletí se Evropa stala centrem mezinárodního obchodu. To vedlo k usazení velkého množství nepůvodních druhů na jejím území. Tyto druhy zahrnují široké spektrum organismů od virů po bakterie, houby, rostliny i zvířata. Počet nepůvodních druhů v Evropě rapidně roste a je považován za hlavní faktor globální ztráty biodiverzity. Hybnou silou tohoto jevu je proces globalizace (Keller et al. 2011). Mezinárodní obchod, dopravní infrastruktura, využití půdy a změna klimatu jsou hlavními faktory (Tedeschi et al. 2022). Tyto faktory podporují úmyslný i neúmyslný přenos organismů mezi biotopy, což vede k usazení některých druhů mimo jejich původní areál.

Cesta a pohyb druhů z jedné oblasti do druhé je nejčastěji lidskou činností zprostředkovaný proces (Keller et al. 2011; Poulin 2017), který prochází několika fázemi (Lockwood et al. 2013). Nový druh musí nejprve přežít cestu a proniknout do cizího prostředí. Když se tento druh následně dostane do oblasti, která není jeho původním stanovištěm, nazýváme ho introdukovaným (Keller et al. 2011).

Lze identifikovat obecné postupy, prostřednictvím kterých se mohou nepůvodní druhy do nové oblasti dostat (Keller et al. 2011).

Jednou z hlavních cest introdukce živočichů do Evropy je obchod se zvířaty (Tedeschi et al. 2022). Druhy jsou vybrány cíleně pro své přínosné vlastnosti a záměrně přeneseny mimo svůj původní areál pro potřeby člověka. Tato zvířata mohou být úmyslně vypouštěna do přírody například jako nové druhy zvěře pro komerční lov, nebo oživení druhového spektra živočichů. Dovezené druhy zvířat se mohou do volné přírody dostat i neúmyslně, útekem z obor nebo zoologických zahrad. Tato přivážená zvířata s sebou nevědomě přinášejí i nepůvodní druhy chorob a parazitů, které mohou uniknout a stát se invazními. Mechanismů introdukce nepůvodních druhů do Evropy je hned několik. Jedním z nich je bezpochyby obchod. Většina suchozemských obratlovců, byla úmyslně dovezena právě prostřednictvím obchodu jak s domácí, tak divokou zvěří, v rámci obchodu s živými potravinami, nebo jako zásoba pro obchod s kožešinovými zvířaty. I přesto, že některé z těchto obchodních cest byly omezeny s cílem snížit riziko invazí, mnohé zůstávají stále aktivní. Například obchod s domácími zvířaty je stále hlavní a dominantní cestou introdukce nových druhů zvířat do Evropy. Dalším principem šíření nepůvodních organismů je rozptýl samotnými druhy, buď pomocí uměle vytvořených infrastrukturních koridorů, nebo samovolně bez pomoci. Rozšíření po koridorech nastává, když se organismy pohybují podél kanálů, železnic či silnic vytvořených lidmi. Příkladem může být uměle vytvořený Suezský průplav. Šíření bez pomoci nastává, když se nepůvodní druh usadí v sousedním nebo blízkém ekosystému bez lidského zásahu. V obecné rovině je o neúmyslných introdukcích organismů mnohem méně informací, protože často nejsou dokumentovány, dokud se neprojeví (Keller et al. 2011).

Expanze nepůvodních živočichů, především savců na území Evropy, vyvolává řadu obav, neboť tyto druhy mohou sloužit i jako rezervoár zoonotických patogenů (Oreshkova et al. 2020). S tím souvisí závažná infekční onemocnění, která mohou představovat vážná ohrožení lidského zdraví (Tedeschi et al. 2022). V současné době nabývá problematika invazních druhů v Evropě velkého významu, neboť tyto druhy mají značný negativní dopad na původní faunu a flóru. Je nezbytné provádět regulaci, kontrolu chovu a zacházení se zvířaty s cílem minimalizovat škody, které mohou způsobit. Chov a držení některých alochtonních druhů, je předmětem zvláštního zájmu v ochraně přírody. V Evropské unii (EU) dne 1. ledna 2015 vstoupilo v platnost nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1143/2014 ze dne 22. října 2014 o prevenci a řízení zavlečení a šíření invazních cizokrajných druhů (Nehring & Skowronek 2023; Polce et al. 2023; Pietrzyk-Kaszyńska et al. 2024) a je přímo aplikovatelné v jednotlivých členských státech. S tímto nařízením EU o invazních druzích je k dispozici další důležitý evropský právní předpis pro ochranu biodiverzity, který bude mít v budoucnosti velký praktický význam. Nejdůležitějším nástrojem nového nařízení je právně závazný "Seznam invazních cizokrajných druhů unijního zájmu", který stanoví zákaz dovozu, chovu, množení, přepravy, prodeje, používání, výměny a uvolňování uvedených druhů. Navíc nařízení vyžaduje, aby členské státy identifikovali cesty zavlečení a šíření, zřídili monitorovací systémy, minimalizovaly dopady již rozšířených a vyhubili nově se vyskytující invazní druhy unijního zájmu (Nehring & Skowronek 2023). První seznam Unie vstoupil v platnost v roce 2016 s 37 druhy. Aktualizace z roku 2017 a 2019 přidaly dalších 12 a 17 na Unijní seznam invazních rostlinných a živočišných druhů (Polce et al. 2023). Dne 2. srpna 2022 bylo do unijního seznamu přidáno dalších 22 invazních druhů jako součást třetí aktualizace. V souladu s preventivním principem závisí úspěch evropského nařízení z velké části na účasti všech stran (obchod, doprava, úřady a veřejnost). Agentura pro přírodu se zaměřuje na poskytování informací o výskytu druhů na unijním seznamu, jejich vzhledu a možnostech záměny s podobnými druhy, stejně jako na obecné informace o odstranění a kontrolní opatření. (Nehring & Skowronek 2023). Je nezbytné zaměřit úsilí na identifikaci a kontrolu způsobů introdukce, eliminaci vetřelců v jejich raných stádiích a zastavení šíření již zavedených druhů. To vyžaduje provádění koordinovaných preventivních a řídicích opatření, která mají za cíl snížit riziko nových introdukcí a minimalizovat škody, které by mohly být způsobeny (Poulin et al. 2017; Cordeschi et al. 2022; Polce et al. 2023).

V nových prostředích se mnoho nepůvodních druhů nachází bez svých přirozených nepřátel nebo jiných faktorů, které by omezily jejich populaci. Těmito faktory jsou, nedostatek potravy, vhodného prostoru nebo konkurence s jinými druhy. To vytváří ideální podmínky pro jejich usazení a rychlé šíření. Bez přítomnosti těchto omezujících faktorů se cizí druhy mohou nekontrolovaně množit a šířit, což může mít závažné negativní dopady na biodiverzitu a funkci původních ekosystémů (Cordeschi et al. 2022; Polce et al. 2023; Keller et al. 2011; Seebens et al. 2021; Tedeschi et al. 2022). Alochtonní druh, který je schopen se rozmnožovat v novém prostředí a kolonizovat ho, je definován jako invazní druh (Sindičić et al. 2023).

Dle mezinárodních definic by se druhům nazývaným „invazní“ mělo říkat „invazivní“. Kratší označení je však v českých zemích užíváno častěji a co je myšleno jako „invazní druh“ (ohrožení přírody ap.), to je ve skutečnosti druh „invazivní“ (invasive alien species) (Prošek M. Český rozhlas Plzeň 2019).

Mnoho druhů zavlečených do nových regionů selže v založení udržitelných a soběstačných populací, zatímco jiné se stávají trvalými přírůstkem do místních ekosystémů (Cordeschi et al. 2022; Tedeschi et al. 2022). Introdukované invazní druhy neměly dostatek času k adaptaci na nové prostředí prostřednictvím dlouhodobých evolučních procesů. Jejich snaha o začlenění do nepoznaných oblastí vede k narušení místních přírodních společenstev (Poulin et al. 2017).

Dopady invaze lze pozorovat na úrovni jednotlivých organismů, populací, společenstev nebo celých ekosystémů. Invazní druhy mohou ovlivnit množství, rozšíření, strukturu nebo rychlost růstu populací původních druhů. V extrémních případech může dojít k vyhynutí některých z nich (Cordeschi et al. 2022). Kromě přímých účinků invazního organismu existuje také riziko spojené s kointrodukcí parazitických druhů. Tito invazní paraziti mohou mít zásadní vliv na úspěšnost biologické invaze a představují značné riziko pro přírodní společenstva a volně žijící zvířata v dané oblasti (Bojko et al. 2023).

Rizika spojená s vysazováním takových druhů byla rozsáhle zdokumentována a zákonem omezena (Sindičić et al. 2023). Nicméně výzkum parazitismu v kontextu biologických invazí však zaostává za výzkumem biologických invazí obecně (Poulin et al. 2017). Invaze nepůvodních druhů s sebou přináší do nových prostředí komplexní dynamiku parazitismu. Když se nepůvodní druhy dostanou do nových lokalit, mohou se v nich úspěšně šířit díky tomu, že se zbaví svých původních parazitů (Dunn 2009). V opačném případě mohou cizí druhy své původní parazity přenést do nových oblastí. Což představuje hrozbu pro druhy původní. Paraziti mohou také být zavlečeni do nových oblastí bez svých původních hostitelů, což vyvolává devastující účinky na původní hostitelské organismy, které nemají evoluční historii s těmito novými organismy (Poulin et al. 2017). Lze konstatovat, že studium vztahů mezi invazními druhy a parazity má zásadní význam pro pochopení komplexních biologických invazí a jejich dopadů na místní společenstva. Je nezbytné provádět detailní analýzy těchto procesů a vypracovávat strategie, které mohou přispět k ochraně biodiverzity a udržitelnosti ekosystémů (Poulin et al. 2017; Cordeschi et al. 2022).

## 1.2 Helminti

Gastrointestinální helminti představují rozmanitou skupinu střevních parazitů, která zahrnuje širokou škálu druhů hlístic, motolic a tasemnic. Tito paraziti jsou klíčovou selektivní silou ovlivňující populace divokých ale i domestikovaných zvířat. Životní cykly parazitických helmintů se mohou lišit, ale obecně zahrnují etapy, kdy parazit žije a živí se v těle hostitele a následně produkuje vajíčka nebo larvy do střevního traktu. Vajíčka nebo larvy jsou vylučovány do prostředí ve výkalech a hostitel tak slouží jako zdroj infekce pro další hostitele. Někdy může dojít k přenosu parazita na další hostitele prostřednictvím mezihostitelů, což dále komplikuje jejich životní cyklus (Albery et al. 2018).

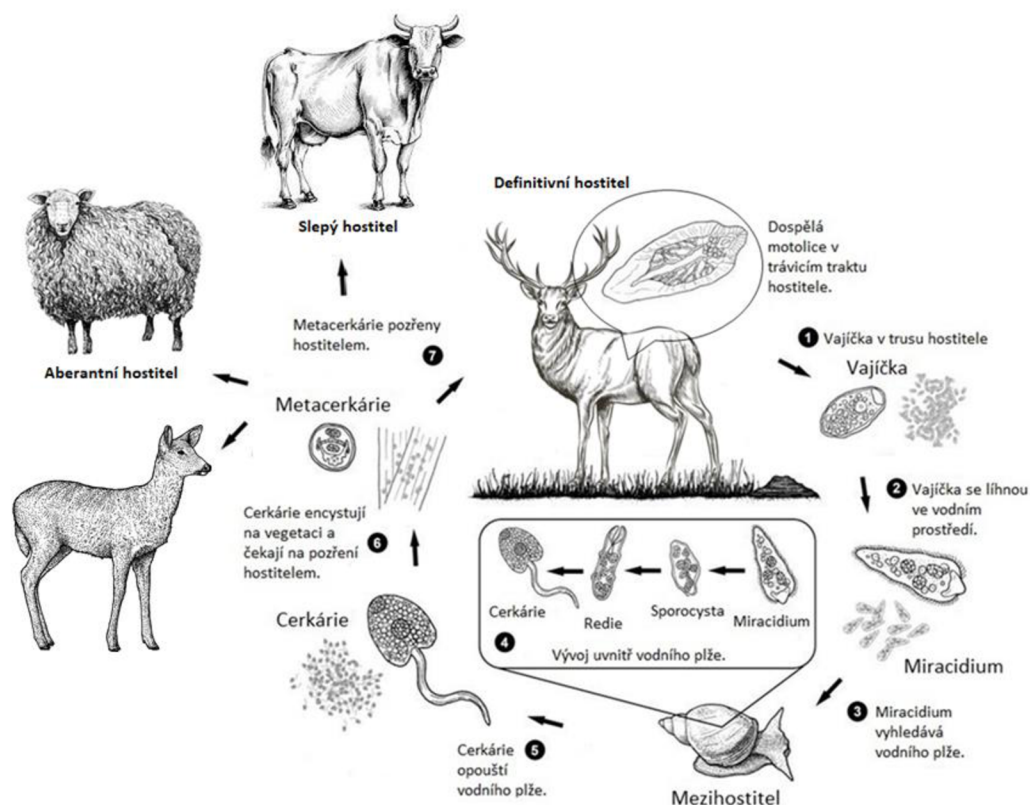
## 1.2.1 Motolice

### 1.2.1.1 *Fascioloides magna*

Původně vcelku dobře tolerovaný parazit severoamerických jelenovitých (Plötz et al. 2015), dnes známý jako motolice velká *Fascioloides magna*. Popis provedl Bassi v Itálii v roce 1875 (Sattmann et al. 2014) pod názvem *Distomum magnum* (Malcicka 2015). Tato práce byla založena na základě pitevniho nálezu lézí v játrech jelena wapiti z Královského parku La Mandria u Turína v Itálii (Konjević et al. 2021). V letech 1882 až 1892 byl tento parazit zaznamenán v různých oblastech Spojených států, kde ho různí autoři popsali pod různými názvy. Například *Distomum hepaticum* Curtice 1882, *Fasciola hepatica* Dinwiddie 1889), *Fasciola carnosa* Hassall 1891, *Fasciola americana* Hassall 1891, *Distomum texanicum* Francis 1891 a *Cladocoelium giganteum* Stossich 1892. Stiles v roce 1894 poukázal na to, že americké nálezy jsou totožné s druhy, které dříve popsal Bassi. Stiles také provádí úplný morfologický popis dospělé motolice a pojmenoval ji *Fasciola magna*. Nakonec v roce 1917 Ward založil nový rod zahrnující pouze jeden druh a to *Fascioloides magna*. Dnes se tento parazit běžně nazývá motolice velká (Malcicka 2015).

#### 1.2.1.1.1 Vývojový cyklus

Jaterní motolice *F. magna* je endoparazit patřící do podtřídy Digenea třídy Trematoda (Csivincsik et al. 2023). Životní cyklus je nepřímý. Zahrnuje dva hostitele, vodní plže jako mezihostitele a přežvýkavce jako definitivní hostitele (Leontovyč et al. 2014). Dospělé motolice mají charakteristický listovitý tvar. Dosahují délky přibližně 2,5 cm (Csivincsik et al. 2023) a šířky 2–3 cm (Popovici et al. 2024). Maximální délka dospělých jedinců může být až 10 cm, což je nápadný znak, který z této motolice dělá jednoho z největších parazitů hepatobiliárního systému savců (Juhász & Stothard 2023). Hermafroditní povaha tohoto parazita umožňuje produkci obou pohlavních buněk. Schopnost mít obě pohlaví umožňuje různé způsoby rozmnožování a často zvyšuje šanci úspěšné reprodukce v hostitelském prostředí. Na rozdíl od druhů *Fasciola hepatica*, *Fasciola gigantica* nebo *Fasciolopsis buski* nebyl u *F. magna* prokázán zoonotický potenciál (Csivincsik et al. 2023).



Obr. č. 1 Vývojový cyklus *Fascioloides magna* (upraveno podle Madison Mayfield dostupné z: <https://wormboss.com.au/about-worms/worm-life-cycles-and-life-stages/fluke-life-cycle/>).

Vývojový cyklus *F. magna* (viz. obr. č. 2) začíná uvolňováním vajíček dospělými motolicemi, která jsou vylučována společně s výkaly hostitele (Šimonji et al. 2022). Jediná motolice má schopnost denně produkovat přibližně 25 000 vajíček (Stuen & Ersdal 2022). Vajíčka ve vnějším prostředí, chráněna vlhkostí a teplotou fekálního materiálu, začínají zrát a vyvíjet se po uplynutí 35 dnů. Pokud je teplota nižší než její optimum (24–28 °C), tento proces se prodlužuje (Csivincsik et al. 2023). V případě, že jsou vajíčka vystavena teplotám v rozmezí 0 až 10 °C, mohou si zachovat životaschopnost až po dobu dvou let. Pokud jsou vajíčka vystavena teplotám nižším než -5 °C po dobu delší než dva týdny, dojde k jejich zničení (Stuen & Ersdal 2022). Z vajíček se líhnou plovoucí stadia obrvených larev, miracidium (Šimonji et al. 2022). Miracidium aktivně vyhledávají mezihostitele, konkrétně sladkovodní plže z čeledi Lymnaeidae (Stuen & Ersdal 2022; Csivincsik et al. 2023), uvnitř kterých pokračují ve svém vývoji (Csivincsik et al. 2023). Mezihostitelé hrají důležitou roli v životním cyklu motolic. Mezi hlavní mezihostitele pro motolice v Evropě patří plž plovatka malá *Galba truncatula*. I když je tento plž obvykle spojen s vodou, dokáže přežít i v obdobích sucha. Často se nachází u břehů příkopů, toků a okrajů menších rybníků. Po silných deštích nebo záplavách může přechodně obývat i jiná místa, jako jsou vozidly vyjeté koleje a dešťové tůně.

Rozšíření tohoto parazita je tedy vázáno především na prostředí sladkovodních oblastí, kde se tyto mezihostitelé vyskytují (Stuen & Ersdal 2022). Ve vývojové fázi parazita u mezihostitelů, redií, se nejprve vyvinou matčiny redie a poté dceřiné redie (Csivincsik et al. 2023). Dceřiné redie jsou schopné vytvořit až stovky cercárií, volně plovoucí vývojová stádia, která samovolně opouští tělo plže (Stuen & Ersdal 2022). Cercárie hledají stinné prostředí, většinou povrch vodních rostlin, na kterých se zachytí a prochází encystací. Vytváří kolem sebe ochranné pouzdro-cystu, která brání před vysycháním a nepříznivými vlivy prostředí. Vzniká tak podoba metacerkarie. Přilepená k vodním rostlinám čekají na konečné hostitele, kteří je požíjí při spásání infikovaných rostlin (Stuen & Ersdal 2022; Csivincsik et al. 2023). Za optimálních podmínek mohou přežít až rok, ale mnoho z nich zahyne kvůli vyschnutí nebo mrazu (Stuen & Ersdal 2022). K infekci dochází po pozření metacerkárií definitivním hostitelem (Sattmannet et al. 2014).

Larvy v prostředí dvanáctníku opouští své ochranné obaly a začínají svůj aktivní život. Vyvíjejí se mladé motolice, které následně pronikají střevní sliznicí. Po průchodu břišní dutinou se dostanou do jater. Během migrace jaterním parenchymem se postupně dostanou do žlučových cest, kde pohlavně dospějí a stanou se dospělými motolicemi. Produkování vajíček začíná přibližně 10–12 týdnů po počáteční infekci. Dospělé motolice mohou v žlučových cestách přežít mnoho let. Jsou producenti tisíců vajíček, což představuje vážný zdravotní problém pro hostitele (Stuen & Ersdal 2022). *F. magna* se ukázala jako středně až těžce patogenní v závislosti na intenzitě infekce a hostitelském druhu. U lidí se zatím ciliivost k *F. magna* neprokázala (Sattmannet et al. 2014).

#### 1.2.1.1.2 Mezihostitelé

Mezihostitelé *F. magna* jsou plži patřící do podřádu Basommatophora, který zahrnuje více než 300 druhů. Přes 90 % druhů v rámci tohoto taxonu jsou zástupci z čeledí Lymnaeidae, Planorbidae a Physidae (Malcicka 2015; Csivincsik et al. 2023).

V Severní Americe bylo identifikováno šest druhů plžů vhodných jako mezihostitelé pro motolici velikou. Tyto druhy zahrnují (*Lymnaea modicella*, *Lymnaea caperata*, *Galba bulimoides*, *Fossaria parva*, *Stagnicola palustris nuttalliana* a *Pseudosuccinea columella*). V Evropě byly dosud potvrzeny pouze dva druhy (*Galba truncatula* a *Radix labiatalperegrea*), které jsou schopné se infikovat a produkovat životaschopné cercárie v přirozeném prostředí (Kasny et al. 2012; Leontovyč et al. 2014; Csivincsik et al. 2023). Spektrum mezihostitelů v Severní Americe je širší, protože *F. magna* je zde původním druhem. Měla tak dostatek času se adaptovat na místní populace plžů. Lze tedy předpokládat, že v Evropě by se v průběhu času mohla motolice přizpůsobit dalším plžům z čeledi Lymnaeidae (Malcicka 2015).

V Evropě jsou tři trvalá ohniska fasciolidózy. V přírodním parku La Mandria v Itálii, v jižní a střední části Čech a na území lužních lesů Dunaje. V těchto oblastech byly zaznamenány oba dva přirozeně infikované druhy plžů *G. truncatula* a *R. labiata* (Malcicka 2015). Druhy rodu *Galba* jsou převážně omezeny do oblastí kolem pramenů na svazích kopců, břehů řek, rybníků a odvodňovacích příkopů. Tito plži jsou hermafrodité, což znamená, že se mohou rozmnožovat jak samooplozením, tak křížením s jinými jedinci. Nejvyšší hustoty těchto plžů jsou pozorovány v období mezi prosincem a březnem, kdy je obvykle chladněji. Naopak nejnižší hustoty jsou zaznamenány v období mezi červnem a

zářím, kdy teploty stoupají. Plži z podzimní generace mohou přezimovat a rozmnožovat se na jaře následujícího roku. Obvykle ale umírají v květnu nebo červnu, kdy mokřadní prostředí ustupuje vlivem sucha. Na druhou stranu plži z jarní generace mohou přezimovat a klást vajíčka na podzim. Ti pak hynou na konci roku.

Miracidium, larvální stadia jaterní motolice, mohou infikovat plže s odlišnou úspěšností. Prostředí, ve kterém se miracidium s plži setkávají je, důležité a může ovlivnit úspěšnost infekce a rozvoj parazita uvnitř plže. Studie dokazují, že miracidia mají větší šanci při pronikání do těla plžů žijících v mělkých a teplejších vodách. V takových podmínkách jsou plži více dostupní a citliví k infekci. Naopak v chladných a hlubokých vodách je pro miracidium obtížnější do plže proniknout. I výživa samotných plžů je důležitým aspektem pro náchylnost k infekci. Plži, kteří jsou dobře živeni, mají vyšší pravděpodobnost nákazy. Jsou výživnější schránkou pro parazitické larvy motolic než ti, kteří mají omezený přísun potravy. *G. truncatula* je plž, který je společným mezihostitelem několika druhům motolic, například *Fasciola hepatica*, která má zoonotickou povahu, a tím pádem je nebezpečná nejen zvířatům ale i lidem (Malcicka 2015).

Identifikace náchylných druhů mezihostitelů je obtížná. Mnoho nových pojmenování je založeno spíše na fyzické podobnosti než na evolučních a fylogenetických kritériích. Například u rodu *Radix* bylo složitou genetickou analýzou zjištěno, že *R. peregra* a *R. labiata* jsou ve skutečnosti jedním druhem (Leontovyč et al. 2014; Csivincsik et al. 2023). Některé druhy plžů, které jsou známy jako mezihostitelé v Severní Americe, jako například *Lymnaea modicella* a *Fossaria parva*, jsou podezřelé z toho, že by mohly odpovídat druhu *G. truncatula* (Csivincsik et al. 2023). Nové technologické pokroky v oblasti molekulárních metod umožňují výzkumníkům přesněji rozlišit mezi různými druhy plžů (Malcicka 2015; Csivincsik et al. 2023), kteří mohou sloužit jako mezihostitelé pro *F. magna*. Celkově je důležité porozumět identitě a rozšíření těchto plžů, což má klíčový význam pro epizootologii a tlumení *F. magna* (Csivincsik et al. 2023).

#### 1.2.1.1.3 Hostitelé

Mezihostitelé jsou pro parazita *F. magna* klíčoví stejně jako definitivní hostitel. Pokud by byl přenosový řetězec pro oba tyto typy hostitelů přerušen, nemohly by motolice úspěšně dokončit svůj vývojový cyklus (Malcicka 2015). Patologické změny, klinické příznaky a výsledek infekce *F. magna* závisí na typu definitivních hostitelů a jejich toleranci vůči infekci (Kuleš et al. 2021; Šimonji et al. 2022). Tato zvířata lze podle toho obecně rozdělit do tří skupin: definitivní, aberantní a slepé hostitele (Leontovyč et al. 2014; Šimonji et al. 2022; Csivincsik et al. 2023). Úspěšné dokončení životního cyklu *F. magna* je umožněno u definitivních hostitelů jako jsou jeleni (*Cervus*) a daňci (*Dama*) (Leontovyč et al. 2014).

V přirozeném prostředí Severní Ameriky je hlavním druhem definitivních hostitelů jelenec běloocasý (*Odocoileus virginianus*) (Malcicka 2015; Csivincsik et al. 2023). V Evropě jsou nejvýznamnější skupinou hostitelů pro *F. magna* losi evropští (*Alces alces*), jeleni běloocasí (*O. virginianus*) a daňci skvrnití (*D. dama*) (Šimonji et al. 2022; Popovici et al. 2024). U tohoto typu hostitele juvenilní motolice migrují (Malcicka 2015, Csivincsik et al. 2023), aby se dostaly k cílovému orgánu, kterým jsou játra. Na povrchu jater pak lze pozorovat různé průměry migračních tunelů. Parazitická činnost motolice *F. magna*

vyvolává poškození jaterních buněk a způsobuje, že fibroblasty, buňky zodpovědné za tvorbu pojivové tkáně, začnou růst. Tato nadměrná tvorba pojivové tkáně v játrech vede k vytváření tlustých stěn kolem parazitů, pseudocyst (Csivincsik et al. 2023). Pseudocysta chrání parazita před imunitním systémem hostitele a umožňuje mu klidné dospívání (Konjević et al. 2021). Uvnitř jater se nachází rozvětvená síť nitrojaterních žlučových cest, některé z nich jsou začleněny do pseudocyst. To umožňuje zralým, dospělým motolicím odvod jejich vajíček do trávicího traktu hostitele. V pokročilých stádiích infekce dochází k rozsáhlému poškození celého jaterního parenchymu, což způsobuje deformaci orgánu (Csivincsik et al. 2023). U konečných hostitelů může infekce probíhat bez výrazných projevů nemoci (Malcicka 2015), když je parazit ve stádiu před začátkem produkce infekčních stádií. Toto období může trvat i více než 30 týdnů. Motolice mohou žít až 5 let (Csivincsik et al. 2023). Hostitelé přispívají k udržení a šíření *F. magna* v přírodě tím, že vylučují vajíčka s výkaly a mají velký potenciál k šíření parazitů (Šimonji et al. 2022).

Za slepé hostitele jsou považováni velcí kopytníci, jako je los evropský (*Alces alces*), zubr evropský (*Bison bonasus*), jelen sika (*Cervus nippon*), lama krotká (*Lama glama*), prase divoké (*Sus scrofa*), kůň domácí (*Equus ferus caballus*), prase domácí (*Sus domesticus*) a tur domácí (*Bos taurus*) (Popovici et al. 2024). Jejich tělo reaguje na parazity jinak než u definitivních hostitelů. U slepých hostitelů se parazit dostane do jater, ale jen zřídka dospěje (Sindičić et al. 2023). Motolice svou činností vytvoří pseudocystu, která není spojená se žlučovody. Parazité jsou v těchto hostitelích slepě uvězněni (Šimonji et al. 2022; Csivincsik et al. 2023). Vajíčka, pokud jsou vyprodukována, se nevylučují do prostředí trávicího traktu a vývojový cyklus je tak ukončen. Nakažení jedinci většinou nemají žádné zdravotní následky (Sindičić et al. 2023). Vajíčka mohou být slepými hostiteli uvolňována do okolního prostředí jen v ojedinělých případech, kdy dochází k mechanickému narušení pseudocyst. To umožňuje průnik vajíček do žlučových cest a dále do střeva a s výkaly ven z organismu (Leontovyč et al. 2014; Csivincsik et al. 2023).

Mezi domácími zvířaty mohou roli slepých hostitelů hrát skot, prasata a koně. V Americe, v oblastech s vysokým výskytem infekce se pozoruje vysoká míra infikovaných jater v masných závodech u pastevně chovaného dobytka (Csivincsik et al. 2023). V Evropě konkrétně v České republice, byl popsán nález *F. magna* ve smíšené infekci s *F. hepatica* u dvou býků horského skotu pocházejících z jihočeské biofarmy. Díky systému chovu lze vyloučit zásah anthelmintiky. Lze zohlednit pouze vhodnost podmínek prostředí pro vývoj motolic, včetně ideálních vlhkých stanovišť pro mezihostitelské plže. Mimo jiné se zde v oblasti Sedlice na jihu Čech poprvé objevil další potencionální mezihostitel *R. labilata*, který nesl nákazu v menší míře než *G. truncatula*. Nepřítomností vajíček v trusu prokázala, že skot stále patří do skupiny slepých hostitelů, přesto, že játra obsahovala pseudocysty plné vajíček a byla protkaná cestičkami mladých migrujících motolic. Zatímco přítomnost vajíček *F. hepatica*, byla nalezená ve žlučovodech, střevech a následně i ve zvířecích výkalech (Leontovyč et al. 2014).

Je třeba poznamenat, že stanovení prevalence fasciolidózy u skotu je omezeno pouze vizuální inspekcí masa v masných závodech. Léze v játrech, kde se pravděpodobně jedná o abscesy, nejsou otevírány, aby se předešlo možné kontaminaci masa. Proto mohou být léze pocházející od *F. magna* v tělech skotu podrobených pouze rutinní inspekci masa



nedostatečně detekovány (Csivincsik et al. 2023). U slepých hostitelů menšího vzrůstu jako je koza nebo ovce může infekce způsobit smrt (Malcicka 2015).

Třetí kategorie zahrnuje netypické, aberantní hostitele (Leontovyč et al. 2014). U aberantních hostitelů motolice v játrech nevytvářejí pseudocysty (Malcicka 2015), což vede k neustálé migraci juvenilních motolic (Filip-Hutsch et al. 2022). Neomezená migrace mladých motolic k játrům přes dutinu břišní způsobuje nadměrné poškození tkání, vážné krvácení a selhání orgánů. Výsledkem je vysoká úmrtnost těchto zvířat (Králová-Hromadová et al. 2016; Konjević et al. 2017; Šimonji et al. 2022; Csivincsik et al. 2023). Příkladem aberantních hostitelů jsou: muflon evropský (*Ovis musimon*), ovce domácí (*Ovis aries*), koza domácí (*Capra hircus*), králík divoký (*Oryctolagus cuniculus*), morče domácí (*Cavia porcellus*) a srnec obecný (*Capreolus capreolus*) (Popovici et al. 2024).

V poslední době došlo ke změně pohledu na význam srnce obecného v životním cyklu motolice *Fascioloides magna*. Původně byl srnec obecný považován za aberantního hostitele, neboť infekce *F. magna* se vyznačovala vážnými a často fatálními průběhy, aniž by byly zjištěny v pseudocysty v játrech či vajíčka motolic v trusu. Nicméně v současnosti se stále častěji objevují případy, které naznačují možný začátek adaptačních procesů u srnčí zvěře. U postmortálních vyšetření jater srnců jsou čím dál častěji nalézány pseudocysty a je potvrzena produkce vajíček dospělými motolicemi i jejich vylučování hostitelem do vnějšího prostředí (Demiaszkiewicz et al. 2015; Houszka et al. 2016; Filip-Hutsch et al. 2022; Halász et al. 2023). Avšak ve srovnání s jinými zástupci jelenovitých jsou zatím zaznamenány výrazně nižší počty dospělých motolic nalezených u srnčí zvěře (Konjević et al. 2017).

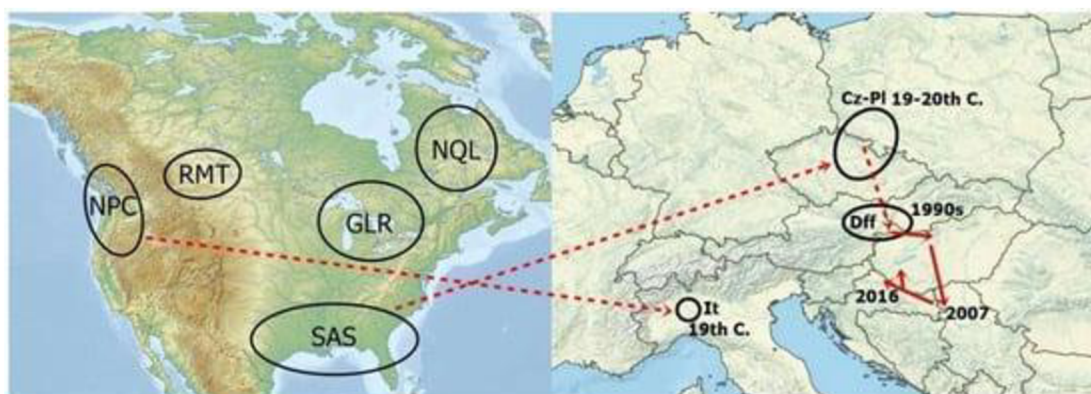
Srnčí zvěř patřící do čeledi jelenovitých (*Cervidae*), typicky dosahuje hmotnosti okolo 25 kg a historicky patřila mezi nejběžnější druhy zvěře v Evropě. V posledních desetiletích byl zaznamenán dramatický pokles populace, za kterým stojí pravděpodobně kombinace více faktorů. Mezi tyto faktory patří i infekce způsobené parazitem *F. magna*, který je považován za významné riziko pro jejich přežití (Konjević et al. 2021). Aby motolice v hostiteli přežila, dosáhla dospělosti a začala klást vajíčka, je nutné, aby si kolem sebe vytvořila pseudocystu (Šimonji et al. 2022, Csivincsik et al. 2023). Největším problémem u těchto hostitelů je selhání právě v tvorbě pseudocyst, což může vést k úmrtí jak hostitele, tak i parazita (Konjević et al. 2021). Srnčí zvěř je v Evropě kategorizována jako aberantní hostitel pro parazita *F. magna*, což ji odlišuje od ostatních jelenovitých v této skupině hostitelů. U aberantních hostitelů nedochází k tvorbě pseudocyst v játrech, což má za následek neustálou migraci mladých stadií motolice játrami. Tento proces způsobuje značné poškození jaterních tkání a intenzivní krvácení, které může vést k úhynu zvířete (Králová-Hromadová et al. 2016). Masivní poškození tkání, často pozorovaná také v plicích a slezině, jsou způsobena i při nízké míře infekce (Králová-Hromadová et al. 2016; Konjević et al. 2021). Nedávný výzkum prováděný Konjevićem a kol. (2021) poskytl podstatné poznatky o infekci *F. magna* u srnčí zvěře, kde u nejméně poloviny zkoumaných jedinců byla zjištěna tvorba pseudocyst. Tyto nálezy naznačují, že pseudocysty hrají klíčovou roli v přežití srnců při infekci tímto parazitem a mohou signalizovat začátek adaptačních procesů, které mění akutní a potenciálně smrtelný průběh nemoci na chronický stav, čímž se zvýší šance na přežití infikovaných jedinců. Zajímavým zjištěním bylo, že u některých zvířat pseudocysty obsahovaly pohlavně zralé motolice a v játrech bylo možné nalézt množství vajíček, což naznačuje schopnost motolic dospívat i u aberantních hostitelů. Tento nálezní ukazuje na potenciální adaptaci jak hostitelů,

tak parazitů k novým podmínkám a možnost reprodukce parazita i v atypických hostitelích. Nicméně z výkalů infikovaných srnců nebyla získána žádná vajíčka *F. magna* (Konjević et al. 2021; Sindičić et al. 2023). Přesto by měl být srnec také považován za potenciálního účastníka přenosu *F. magna* (Filip-Hutsch et al. 2022). Tato fakta naznačují, že potenciální adaptace hostitele na relativně nového parazita, může být rychlejší, než se obecně očekává (Konjević et al. 2021; Sindičić et al. 2023).

#### 1.2.1.1.4 Šíření

Na severoamerickém kontinentu má *F. magna* pět hlavních ohnisek (viz obr. č. 5A) 1. oblast Velkých jezer, 2. pobřeží Mexického zálivu, dolní Mississippi a jižního pobřeží Atlantiku, 3. severní pobřeží Tichého oceánu, 4. příkop Skalnatých hor a 5. severní Quebec a Labrador (Pybus et al. 2001; Králová-Hromadová et al. 2011; Malcicka 2015; Cshivincsik et al. 2023).

V druhé polovině 19. století se parazit *F. magna* dostal do Evropy díky opakovaným dovozům divoké zvěře (Kasný et al. 2012). V té době byl mezinárodní obchod se zvěří (Leontovyč et al. 2014) díky myslivosti velmi populární a měl tendenci zvyšovat biodiverzitu zvěře v místních honitbách (Králová-Hromadová et al. 2011; Bazsalovicsová et al. 2015). Pravděpodobně s jelenci běloocasými (*O. virginianus*) a wapiti (*Cervus canadensis*) byl jejich jaterní parazit neúmyslně rozšiřován do evropských parků, zoologických zahrad a rezervací (Králová-Hromadová et al. 2011). Parazit přešel na evropské druhy jelenů bez problémů, pravděpodobně díky fylogenetické blízkosti předchozích a nových hostitelů (Leontovyč et al. 2014; Cshivincsik et al. 2023).

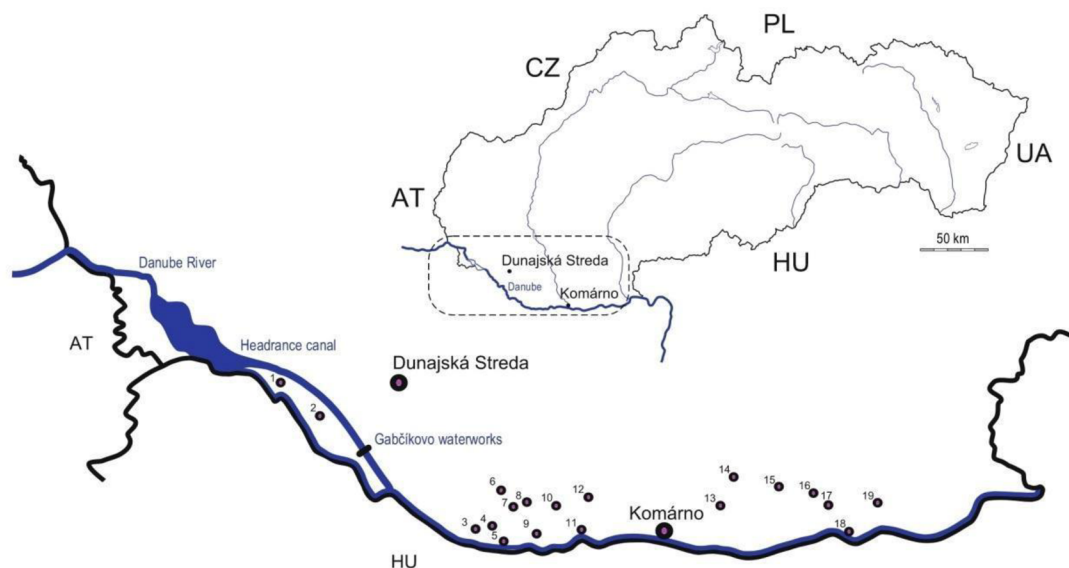


Obr. č. 2 Přirozené (severní Amerika, vlevo) a získané (Evropa, vpravo) oblasti *F. magna* s časem nejpravděpodobnějšího výskytu parazita. Nepřerušované šipky = přirozené rozšíření; Čárkovaná šipka = nelze vyloučit lidsky mediální šíření. NPC: Severní pacifické pobřeží, RMT: Skalnatý hřeben, NQL: Severní Québec a Labrador, GLR: Velká jezerní oblast, SAS: Jižní atlantické pobřeží (upraveno podle Cshivincsik et al. 2023).

*F. magna* je parazit, který byl do Evropy zavlečen v 19. století s dovezenými zvířaty. Od té doby se stal parazitem veterinárního významu, který se rozšířil na různé druhy divoké i domácí přežvýkavce v několika evropských zemích (Filip-Hutsch et al. 2022). *F. magna* vytvořila tři trvalá ohniska: regionální park La Mandria v severní Itálii, lesy v oblasti Dunaje, včetně Rakouska, Slovenska, Maďarska, Chorvatska a Srbska, a nakonec Českou republiku a jihozápadní Polsko (Houszka et al. 2016).

V první polovině 20. století se objevila v části České republiky (Malcicka 2015). Králová-Hromadová et al. (2011) ve své publikaci uvádí, že zdroj *F. magna* v České republice a v oblasti Dunaje zůstává neznámý, protože neexistují důkazy o zavedení lovné zvěře do těchto oblastí ani ze Severní Ameriky, ani z enzootických oblastí v Evropě. Tuto informaci postupně vyvracejí studie z pozdějších let, kdy už několik autorů poukazuje na odlišnosti linií *F. magna* (viz. obr. č. 2). Na základě genetických dat s využitím mitochondriální DNA bylo prokázáno, že *F. magna* má v Evropě dva původy. Dvě fylogeneticky nezávislé linie, které jsou zcela odlišné od populace, která byla nalezena v Itálii, v místě prvního výskytu motolice na Evropském kontinentu. Toto je důkaz toho, že invaze *F. magna* v Evropě se nešíří jen z Itálie, ba naopak to potvrzuje mnohonásobné zavlečení parazitů na Evropský kontinent i jinými cestami (Sattmann et al. 2014). Bazsalovicsová et al. (2015) ve své publikaci potvrzuje, že původ evropských populací *F. magna* a následný průběh kolonizace a migračních tras tohoto v Evropě nepůvodního parazita byl objasněn. Fylogenetické analýzy odhalily dvě geneticky odlišné skupiny *F. magna* v Evropě. Italská populace představovala jednu fylogenetickou skupinu. Druhá skupina zahrnuje populace z českého ohniska a dunajských lužních lesů. Výsledky jasně ukázaly, že *F. magna* byla zavlečena ze Severní Ameriky do Evropy nejméně dvakrát. Nejprve do Itálie a samostatně do České republiky. Celková analýza severoamerických a evropských populací motolice velké jasně potvrdila západoamerický původ italské populace. Tyto motolice se shodovaly se vzorky z Kanady a Oregonu v USA. Na druhé straně zástupci České republiky a dunajských lužních lesů vykazovali úzké genetické vztahy s parazity z jihovýchodu USA.

Motolice velká se úspěšně šíří podél řeky Dunaje (Malcicka 2015). Molekulární studie ukázaly, že český typ motolice je geneticky shodný s tím, který byl nalezen v dalších zemích poblíž Dunaje. To je důkazem toho, že parazit byl přenesen z České republiky do dalších států, jako jsou Maďarsko, Rakousko a Chorvatsko. Další studie v České republice ukázaly šíření ohnisek *F. magna* nejen na jihozápadní části země, ale také na západě v blízkosti německé hranice, a na severu, poblíž polské hranice. Nedávný molekulární výzkum jihozápadního Polska na základě mitochondriálních markerů odhalil genetickou jednotnost vzorků *F. magna* z Polska se vzorky z českého přirozeného ohniska (Houszka et al. 2016). První objev *F. magna* v dunajských lužních lesích se datuje do roku 1988 (Králová-Hromadová et al. 2011), kdy byl detekován u jelena lesního na jihozápadním Slovensku. Brzy nato se tento parazit objevil i za slovensko-maďarskou hranicí v oblasti Szigetköz na severozápadě Maďarska. Kromě těchto lokalit byl *F. magna* pozorován i na dalších územích podél toku řeky Dunaj, jak proti proudu směrem k Rakousku a Chorvatsku, tak po proudu (Králová-Hromadová et al. 2011, Bazsalovicsová et al. 2015).



Obr. č. 3 Mapa, devatenácti oblastí výskytu infekce *F. magna* podél řeky Dunaj v oblastech okresů Komárno a Dunajská streda u volně žijících přežvýkavců jelena evropský (*Cervus elaphus*) a srnce obecný (*Capreolus capreolus*) (upraveno podle Bazsalovicsová et al. 2016).

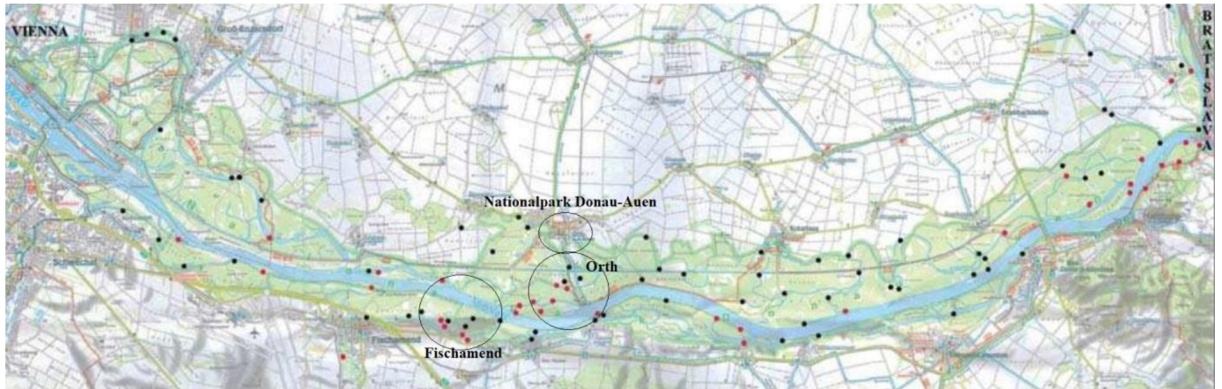
Intenzita infekce může být ovlivněna několika faktory. Zásadním faktorem, který přispívá k šíření infekce, je tendence jelenů k překonávání dlouhých vzdáleností a tím šíření vajíček motolic (Houszka et al. 2016).

Migrace zvířat je situace, kdy se jednotlivci nebo skupiny pravidelně přesunují z jedné části svého životního prostoru do jiné. Přesuny mohou být spojeny s hledáním potravy, reprodukčními potřebami, nebo se změnami klimatu (Bazsalovicsová et al. 2015). Typickou formou migrace je pohyb mezi letními a zimními oblastmi. Během teplých, suchých měsíců mohou migrovat do chladnějších oblastí nebo do míst s bohatou vegetací. Naopak v chladných obdobích se přesouvají do nižších poloh, kde je méně sněhu a lepší dostupnost potravy. Migrace zvířat může být ovlivněna i dalšími faktory, jako je hrozba predátorů, dostupnost vody apod.

Výzkumy zaměřené na populace kopytníků často zkoumají interakce migračních strategií s parazitismem. Bylo zjištěno, že různé způsoby pohybu kopytníků, jsou spojeny s rozdílným výskytem parazitů mezi skupinami těchto zvířat. Migranti mohou snížit infekci parazity tím, že uniknou kontaminovaným oblastem před vrcholem infekčního období, kdy jsou podmínky pro přenos parazitů nejlepší. Naopak se předpokládá, že migranti mohou mít vyšší infekce parazity, protože přicházejí do kontaktu s novým prostředím. Zvyšuje se tak šance na vystavení novým infekcím nebo patogenům, které mohou být přítomny v nových geografických oblastech, kudy migrují (Normandeau et al. 2020).

Intenzitu infekce ovlivňují i faktory prostředí (Houszka et al. 2016; Csivincsik et al. 2023). Nebezpečné oblasti pro divokou zvěř jsou často zaplavené a bažinaté biotopy s pomalu tekoucí vodou, protože infekce jsou obvykle omezeny na tato území. Role infikovaných plžů s rozvíjejícími se larválními stádii, které migrují podél vodních toků a přenášejí infekce, byla zjevně podceněna. Bylo zjištěno, že řeka Dunaj je hlavní trasou přenosu této druhu motolice v Evropě (Houszka et al. 2016).

V roce 2000 se poprvé objevily informace o výskytu *F. magna* v oblasti Fischamendu na jihovýchodě od Vídně. Následně bylo zaznamenáno několik případů v okolí řeky Dunaj mezi Vídní a Bratislavou. Na tomto základě byl proveden celoroční průzkum pro posouzení rozšíření a prevalence mezihostitele *G. truncatula*.



Obr. č. 4 Tečky vyjadřují zkoumané oblasti, modrá barva zkoumaná místa, červená barva místa s pozitivním nálezem *G. truncatula* (upraveno podle Hörweg et al. 2011).

Průzkum v okolí řeky Dunaj mezi Vídní v Rakousku a Bratislavou na Slovensku zjistil 38 ze 109 lokalit s výskytem *G. truncatula*. Nejvíce zamořené populace měkkýšů motolicemi se našly v oblastech poblíž města Fischamend a části národního parku Ort (viz Obr. 4) s více jak 8000 pozitivními měkkýši na *F. magna*. Zhruba 200 jedinců na metr čtvereční. Při vyšších srážkách se dočasně zaplavuje louka v oblasti Fischamendu, která je poblíž zimního krmiště jelenů. Toto místo je stává ideálním pro snadný přenos parazitů. Mezi další významná místa pro přenos infekcí, jsou napajedla, kam divoká zvěř chodí pravidelně pít (Hörweg et al. 2011).

V rakouských biotopech se ukázalo, že lokality s kamennou půdou a omezenou vegetací vykazují nízkou hustotu výskytu plžů i nižší míru infekce. Vědci zjistili, že infekce dosahuje vrcholu v červnu a červenci, kdy je teplota vody mezi 20,6 a 20,8 °C, i když optimální teplota pro miracidium k infekci plžů je 22–25 °C. Při velmi vysokých letních teplotách plži usínají, snižují svůj metabolismus, aby se vyhnuli vyschnutí. Proto v horkém počasí klesá i hustota plžů. V důsledku toho se plži narození na jaře začínají rozmnožovat během podzimu. Jejich potomci přezimují a rozmnožují se v květnu a červnu (Csivincsik et al. 2023).

Každoročně se v důsledku intenzivních dešťů a následných záplav v místech lužních lesů na cestách podél řeky Dunaj vytvářejí dočasné kaluže. V těchto specifických polopřirozených prostředích se pravidelně vyskytuje plž druhu *G. truncatula*. Překvapivě, ačkoli je *G. truncatula* považován za vzácný druh na březích říčních ramen a jezer v lesích, je v těchto bahenních loužích nacházen pravidelně a v hojném počtu. V těchto oblastech se vyskytují i divoce žijící přežvýkavci jako jsou jeleni, definitivní hostitelé motolic. Zanechávají své výkaly v těchto kalužích, což vytváří vhodné podmínky pro setkání plžů s miracidii *F. magna*. Mezi roztroušenými loužemi neexistuje přímé spojení, což naznačuje, že jeleni a divočáci pravděpodobně opakovaně zanášejí plže do těchto lokalit náhodou. Jejich

srst zřejmě slouží jako nástroj přenosu, když se válejí v bahně. Tento zajímavý způsob přepravy plžů zdá se být podporován prostředím, které tyto hostitele vytvářejí pro své válení a kde pravděpodobně probíhá postupné vytváření míst vhodných pro kolonizaci *G. truncatula*. Tento proces, jak ukazuje provedená studie (Juhász et al. 2023), zvyšuje pravděpodobnost, že motolice *F. magna* infikuje oba hostitele, což představuje fascinující aspekt ekologické interakce v daném prostředí (Csivincsik et al. 2023).

I geografické rozšíření potenciálních mezihostitelů plžů může ovlivnit výskyt motolic. Proto je znalost environmentálních nároků pro epizootologický výzkum nezbytná. Požadavky lymnaeidních plžů se nezměnily od doby křídy-paleogénu 66 milionů let před naším letopočtem. Tito plži preferují stojaté nebo pomalu tekoucí sladkovodní prostředí s mělkými břehy, kde se voda snadno ohřívá. Nicméně některé členy z této skupiny, jako například *G. truncatula* a *R. labiata*, lze nalézt i v alpských oblastech. Plži preferují zvýšenou dostupnost živin. Kyselé pH snáší obtížně, zejména při pH nižším než 6, které narušuje vývoj ulity. Plži se vyhýbají nadměrnému znečištění vody s vysokými koncentracemi těžkých kovů. Rychlost průtoku vody hraje klíčovou roli ve vhodnosti prostředí. Jakýkoli faktor, který zpomaluje tok vody v tekoucím sladkovodním prostředí, může ovlivnit velikost populace plžů. Takový problém byl shledán na Slovensku a v Maďarsku v souvislosti se stavbou hydroelektrárny Gabčíkovo-Nagymaros, po níž se *F. magna* objevila v nejméně postiženém úseku řeky. Stavby přehrad neovlivňují pouze tok vody, ale mohou vytvářet umělé bariéry v cestě migrace vodní fauny, což také může přispět k posílení systémů hostitel-parazit. Zemědělské obhospodařování, zejména rozsáhlé používání zavlažovacích kanálů, zvyšuje hladinu živin ve sladkovodních biotopech, a k tomu ještě klimatická změna zesiluje tento nevýhodný vliv zemědělství (Csivincsik et al. 2023).

Vzhledem k rostoucímu obchodu s akvaristickými rostlinami a globálnímu oteplování existuje potenciál pro přenos druhů plžů náchylných k *F. magna* ze skleníků na venkovní prostředí. Například podél břehů řeky Lot na jihozápadě Francie objevil Pointier et al. (2007) *Pseudosuccinea columella*, lymnaeidního plže, který byl dříve nalezen v Evropě pouze ve sklenicích botanických zahrad a který byl laboratorně prokázán jako náchylný mezihostitel pro *F. magna*.

V poslední době se v České republice objevil značně problematický jev spojený s rozšířením vodního plže *G. truncatula*, který slouží jako mezihostitel nejen pro *F. magna*. Motolice bachorová (*Calicophoron daubneyi*) představuje nový problém v chovech masného skotu. Tato situace vyvolává vážné obavy v souvislosti s invazí parazita, který v posledních letech začal postihovat česká hospodářství. *C. daubneyi* je parazitický helmint, který se dříve v České republice nevyskytoval a dnes se plošně rozšířil v drtivé většině chovů masného skotu. Dostal se sem dovozem masného skotu z Evropy a masivně se rozšířil, protože ho nikdo nehledal a nevěděl o něm. Vývojový cyklus je obdobný jako u motolice *F. hepatica* a *F. magna*. Vajíčka jsou vylučována do vnějšího prostředí, kde dochází k infekci známého druhu *G. truncatula*, který uvolňuje infekční stádia do okolí.

Rozsáhlé rozšíření *C. daubneyi* koreluje s obecným výskytem druhu *G. truncatula*, zejména na pastvinách. Vzhledem k běžnému výskytu *G. truncatula* na většině pastvin lze tento druh využít jako bioindikátor přítomnosti motolic. *C. daubneyi* není zdaleka tak patogenní pro dobytek jako například *F. hepatica*. Vyskytuje se na většině pastvin v České republice, což naznačuje, že tyto pastviny jsou potenciálně náchylné k přenosu dalších druhů

motolic, za předpokladu, že se na ně dostanou. Neuvědomělý masivní pohyb zvířat může způsobit šíření parazitů, a proto je klíčové pravidelně monitorovat a kontrolovat alespoň domácí druhy (Atcheson et al. 2020).

#### 1.2.1.1.5 Tlumení a prevence fascioloidózy

Tlumení fascioloidózy u hospodářských zvířat či u zvěře chované v oborách nebo na farmách je mnohem snadnější a účinnější, než u volně žijící zvěře. To je z důvodu, že manipulace se zvěří je v uzavřených prostorách jednodušší a snadněji se hlídá a přizpůsobuje preventivní opatření než v rozsáhlých lesních areálech u divoké zvěře. K léčbě fascioloidózy se u naprosté většiny přežvýkavců využívají širokospektrální anthelmintika podávaná v krmivu (Novobilský & Koudela 2005). Pro ověření přítomnosti motolice *F. magna* by každému terapeutickému zásahu měla vždy předcházet kontrola pro zjištění aktuálního parazitárního zatížení. Nejčastěji používaná koprologická analýza, popřípadě přímé vyšetření jater zvířat, která byla ulovena nebo poražena (Juhász & Stothard 2023).

Pro léčbu fascioloidózy se využívá řada různých chemických látek (Novobilský & Koudela 2005). Mezi nejčastěji používané léky proti fascioloidóze patří triklabendazol, který je účinný jak proti larválním stádiím, tak proti dospělým jedincům motolice *F. magna* (Konjević et al. 2018; Fairweather & Boray 1999).

Hlavním problémem, zejména u divoce žijících přežvýkavců, je dosažení správné dávky léčiva pro každého jedince, tak aby byla zajištěna úspěšná léčba. Jednou z možností je smíchání léčiva s krmnou solí, což minimalizuje riziko předávkování dominantních samců a zajišťuje rovnoměrné dávkování všem zvířatům. I přes to tlumení výskytu *F. magna* u divoce žijících přežvýkavců nedosahuje velkých úspěchů. Následně je třeba zvážit, zda je vhodné používat anthelmintika pouze k dočasnému a částečnému potlačení infekce a zaplavovat rezidui léčiv těla zvěře i prostředí (Slavica et al. 2006; Konjević et al. 2018).

V posledních letech se v populacích *F. magna* začala šířit rezistence na podávaná anthelmintika. Léčebná terapie tak selhává a přestává fungovat. Tento fakt je způsoben nesprávným používáním anthelmintik. Jedná se zejména o preventivní plošné aplikace všem jedincům ve stádě, včetně jedinců, která léčbu nepotřebují (Morgan et al. 2013).

Vývoj nových látek pro léčbu fascioloidózy, je zdouhavý a finančně náročný. Z tohoto důvodu hrají hlavní roli především preventivní opatření. Jedním z nich by mohla být vakcinace, a to zejména u hospodářských přežvýkavců nebo divokých přežvýkavců chovaných na farmách či v oborách (Zafra et al. 2021; Cwiklinski et al. 2023). Dosud však stále neexistuje účinná vakcína proti fasciolidním motolicím (Turner et al. 2016).

Důležitým preventivním krokem je také regulace hustoty stád a lovem snižovat věkovou hranici zvěře. Je prokázáno, že šíření parazita bývá rychlejší v populacích s vyššími počty jedinců, a slabá a nemocná zvířata významně přispívají ke kontaminaci prostředí a šíření parazitů (Konjević et al. 2021; Reiss 2021). Z tohoto pohledu mohou hrát významnou roli i přirození predátoři divokých přežvýkavců. Pozitivní efekt tak může mít návrat velkých šelem do naší krajiny, jako například vlka. V neposlední řadě k základním preventivním opatřením patří také pravidelná kontrola výskytu motolice *F. magna*, především v populacích divoce žijících přežvýkavců, kteří mají schopnost kontaminovat prostředí velkým množstvím vajíček parazitů (Slavica et al. 2006; Juhász & Stothard, 2023).

V případě uzavřených chovů lze předcházet zavlečení nákazy *F. magna* důkladnou veterinární kontrolou zahrnující především opakované vyšetření výkalů a případné odčervení všech transportovaných zvířat. Zároveň je vhodné dodržovat u těchto importovaných zvířat minimálně třicetidenní karanténu před jejich zařazením do základního stáda. Co se týká prevence u volně žijících druhů zvířete, je situace poněkud složitější (Konjević et al. 2018; Novobilský & Koudela 2005).

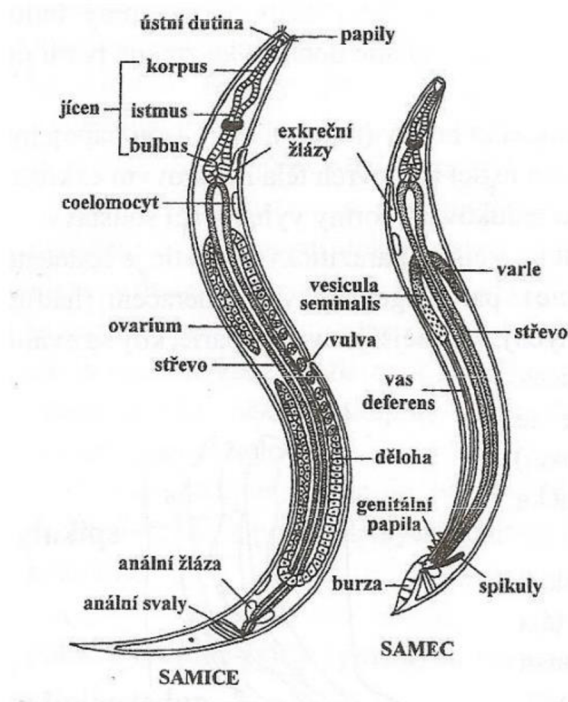
Vzhledem k tomu, že vývoj motolice *F. magna* je úzce spjat s vodním prostředím, je účinné provádět preventivní opatření na těchto místech. Například odvádění vody a vysoušení pastvin, oplocování mokřadů či pravidelné kosení nebo pálení vegetace kolem potoků a vodních zdrojů (Novobilský & Koudela 2005; Trailović et al. 2016). Případně je doporučováno se na těchto plochách vyhnout pastvě zvířat minimálně v nejrizikovějších obdobích roku. Vhodné podmínky pro plže a s tím související šíření motolic bývá ještě posíleno zemědělskou činností a krajinnému hospodaření s vodou (Grabner et al. 2014). Dochází k vytváření zavlažovacích kanálů a umělým vodním zdrojům v podobě nádrží, přehrad, vodních elektráren apod., kde se právě plžům, kteří slouží jako mezihostitelé motolic, velice daří. Příkladem je výstavba soustavy vodních děl Gabčíkovo na Dunaji, pro které se toto místo stalo nejvíce promořenou oblastí motolicí *F. magna* (Králová-Hromadová et al. 2011). Byly navrhovány i přístupy směřující k eliminaci plžů. Například vysazování jejich přirozených predátorů, jako jsou kachny a husy do ohnisek výskytu motolic (Ndlela & Chimbari 2000). Další možností tlumení parazitózy, může být snížení populace plžů metodou trvalého vymýcení jejich stanovišť, pomocí moluskocidů. Tento zásah není však vhodný, kvůli nepříznivým účinkům na životní prostředí (Stuen & Ersdal 2022).

Odvodňování, oplocování či regulace vegetace kolem potoků a vodních zdrojů nejsou ve volně přístupných lesních i nelesních biotopech proveditelné. Stejně tak eliminace plžů není v rozsáhlých areálech možná. Snížit riziko nákazy zvířete by mohly pomoci změny v organizaci doplňkového krmení. Například umístění krmných míst do větší vzdálenosti od břehů a zaplavovaných luk (Reiss 2021).

### 1.2.2 Hlístice

Hlístice, jsou považovány za nejrozšířenější organismy na Zemi. Nacházejí se v různých typech prostředí, včetně souše, sladkých vod a moří. Jsou schopné se přizpůsobit extrémním podmínkám polárních oblastí nebo vysokým teplotám pouští. Parazitismus a predace jsou běžnou součástí jejich životního stylu. Hlístice jsou schopné parazitovat na rostlinách, živočiších i lidech. Díky své dlouhé evoluční historii mají hlístice jedinečnou schopnost adaptace na různorodá biologická prostředí a mohou se stát klíčovými parazity ve svých hostitelských organismech (Mendoza-de Gives 2022).





Obr. č. 5 Morfologie hlístice (upraveno podle Roberts a Janovy 2009).

Hlístice jsou paraziti s nesegmentovaným válcovitým tělem. Jsou odděleného pohlaví, kde samci jsou viditelně menší a na kaudálním koci mají výrazné kopulační ústrojí (viz. obr. č. 5) (Charlier 2020; Mendoza-de Gives 2022).

Kmen Nematoda zahrnuje mnoho parazitů, kteří mají ekonomický význam, protože jsou spojeny s finančními ztrátami v chovech dobytka, především v produkčních systémech přežvýkavců (Roerber et al. 2013; Lehrter et al. 2016).

Pastevně chovaná zvířata jsou většinou napadena více druhy hlístic najednou. Tyto smíšené infekce způsobují nemoc známou jako parazitární gastroenteritida (PGE). V závislosti na míře zátěže hlísticemi, jsou běžnými příznaky PGE nechutenství, průjem, nižší přírůstky hmotnosti, snížená produkce. Z tohoto důvodu je znalost jednotlivých druhů hlístic a jejich přítomnost v určité geografické oblasti pro tlumení příznaků PGE u přežvýkavců důležitá (Roerber et al. 2013).

Mezi nebezpečné a veterinárně velmi významné patří hlístice z podčeledi Haemonchinae. Mezi Haemonchinae v Evropě je jedním z nejvíce studovaných druhů vlasovka slezová (*Haemonchus contortus*). Stejně jako všichni zástupci tohoto rodu, jsou tyto krev sající parazitické hlístice lokalizované ve slezu přežvýkavců (Lehrter et al. 2016). *H. contortus* je jedním z neplodnějších druhů hlístic. Samičky jsou schopné produkovat tisíce vajíček denně, což může vést k rychlé kontaminaci pastvin larvami. U ovcí je prepatentní doba *H. contortus* 18–21 dní. Dospělí jedinci žijí relativně krátce. Přežívají ve svých hostitelích pouze několik měsíců. Hlavní patogenní účinky způsobují larvy L4 a dospělí jedinci, kteří se živí krví, způsobující vážnou anémii, která obvykle nastává po dvou týdnech infekce. Akutní onemocnění je obvykle závislé na intenzitě infekce a je spojeno s nadměrnou ztrátou krve. V případech chronického onemocnění je nejčastěji pozorován snížený příjem potravy a s tím spojený úbytek hmotnosti. Na rozdíl od mnoha jiných gastrointestinálních

parazitů infekce *H. contortus* není příčinou průjmu a jeho přítomnost u zvířat je hůře detekovatelná (Roeber et al. 2013).

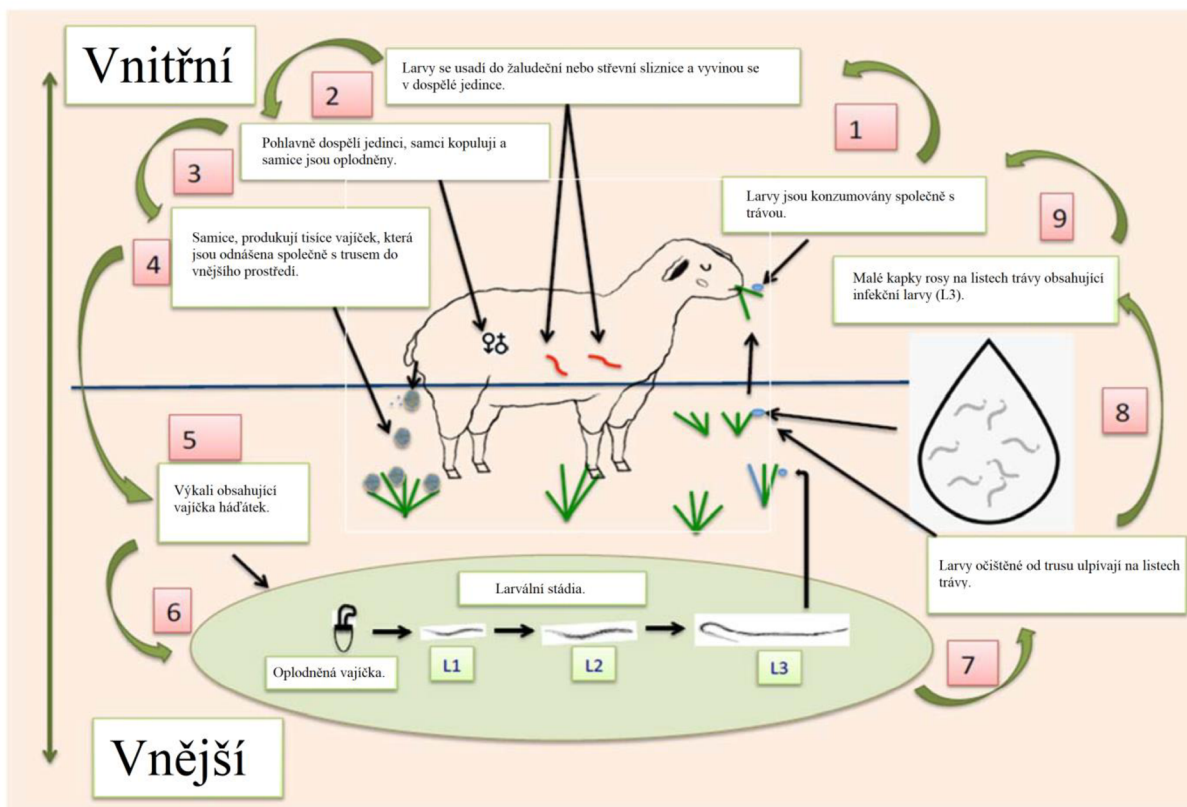
V posledních letech se stále zvyšuje výskyt hlístice *Ashworthius sidemi*, nalezené více méně náhodou ve smíšené infekci právě s výše zmiňovaným *H. contortus* zejména u jelenovitých a volně žijících divokých kopytníků, jako je zubr evropský i přestože je *H. contortus* považován za specifický pro malé domácí přežvýkavce. Z epizootologického hlediska je důležité oba parazity rozlišit, aby bylo možné správně monitorovat jejich výskyt a šíření. Tento rozlišovací proces umožňuje analyzovat intenzitu infekce a prevalenci. Zároveň je klíčové porozumět mechanismům přenosu a udržení parazita v daném prostředí (Lehrter et al. 2016; Magdálek et al. 2022).

#### 1.2.2.1 *Ashworthius sidemi*

*A. sidemi*, stejně jako ostatní zástupci nadčeledi Trichostrongyloidea, patří mezi geohelmintry, tedy parazity, jejichž vývoj probíhá bez mezihostitele (Johnstone 1998). Vývojový cyklus hlístic přežvýkavců lze rozdělit do dvou fází (viz. obr. č. 6). Vnější fáze (exogenní) která se odehrává mimo tělo zvířat, kde jsou vajíčka a volně žijící infekční larvy ve výkalech, půdě nebo na vegetaci (Mendoza-de Gives 2022).

##### 1.2.2.1.1 Vývojový cyklus

Vnitřní fáze (endogenní), kde jsou infekční larvy společně s kontaminovanou vegetací zvířaty spaseny. Vývoj v exogenní fázi zahrnuje dobu, kdy se inkubují a líhnou vajíčka, a kdy larvy dospívají až do infekčního stádia L3. Tento proces probíhá ve výkalech volně na pastvině, proto jsou teplota a vlhkost v této fázi nejdůležitějšími faktory. Vajíčka opouští hostitele společně s výkaly, které jim do začátku poskytnou potřebnou vlhkost a zdroj potravy. Při vhodných okolních podmínkách může vývojový cyklus odstartovat (Mendoza-de Gives 2022).



Obr. č. 6. Schéma vývojového cyklu gastrointestinálních hlístic parazitujících u přežvýkavců (upraveno podle Mendoza-de Gives 2022).

Vnější prostředí je variabilní a ne vždy příznivé. Problémem se mohou stát dlouhodobější sucha s prudkým slunečním zářením, které výkaly vysuší a působí tak letálně pro dosavadní stádia vývoje. Každý živočich ve snaze přežít využívá různé strategie pro svou ochranu, stejně tak i hlístice. Přechodným úkrytem pro infekční larvy (L3) se může stát půda, do které se zavrtají a čekají na vhodnější podmínky. To dokazuje, že půda může fungovat jako rezervoár infekčních larev za nepříznivého období. Jejich závěrečná cesta na vrcholky vegetace je značně podmíněna vlhkostí. Nejideálnější je proto období po dešti. Výzkumy dokládají, že více L3 larev se vyskytovalo na polích zavlažovaných postřikem. Naopak velké promáčení půdy vodou při dlouhodobějších srážkách nutí L3 zaujmout ochrannou pozici a opět migrovat do půdy. Půda se stává významným útočištěm pro přežití parazitů. Jednou možností omezení helmintóz v extenzivních chovech hospodářských zvířat by mohla být strategie pastvy na základě informací o odhadu míry infekce podle klimatických podmínek (Charlier et al. 2020).

Po vylíhnutí se larvy živí bakteriemi a postupně svlékají obaly. Kutikuly, které je chrání před podmínkami prostředí až do doby než se vyvinou do infekčního stádia L3. Infekce hostitele nastává po požití L3. Během svého průchodu slezem, ztrácí stádium L3 svůj ochranný obal (Roeber et al. 2013). Jakmile larvy vstoupí do trávicího traktu, cílového hostitele, migrují trávicím traktem, tak aby se nakonec usadily v příslušných orgánech, ve slezu, tenkém nebo tlustém střevě. Jakmile jsou L3 v abomasu nebo ve střevě, pronikají do žaludeční sliznice, kde mají dvě možnosti vývoje. Za nevhodných podmínek mohou zůstat na místě a zahájit zastavenou neaktivní fázi vývoje, nazývanou hypobióza (Roeber et al. 2013;

Mendoza-de Gives 2022). Tu můžeme považovat za ochrannou strategii některých druhů hlístic při nepříznivých podmínkách. Mladé larvy jsou schopné dočasně pozastavit svůj vývoj, aby si zajistily ochranu před nevhodnými podmínkami prostředí. Problém může nastat v jejich probuzení, kdy náhlá hromadná aktivita zatíží organismus natolik, že způsobí akutní poškození tkání a tím závažné onemocnění zvířete (Van Dijk et al. 2010). Nebo mohou pokračovat ve svých následujících fázích vývoje, včetně histotropních larev. Histotropní larvy jsou larvální formy parazitických hlístic, které se během vývoje živí tkáněmi nebo buňkami svého hostitele. Po vniknutí do zažívacího traktu svlékají svou kutikulu a dochází k invazi mukózy, kde se dále vyvíjí do stadia larvy L4. To larvální stadium, má vyvinutou malou dutinu na svém hlavovém konci, vybavenou výraznou jehlovitou strukturou nazývanou "ústní lanceta", která je speciálně navržena k sání krve ze slezu nebo střevních žil. Dospělí samci a samice žijí v trávicím traktu, kde dochází k oplodnění a gravidní samice produkují denně velké množství vajíček. Vajíčka parazitů jsou vylučována do vnějšího prostředí fekální cestou. Tato vajíčka podstupují několik fází vývoje, než se stávají schopnými infikovat dalšího hostitele (Johnstone 1998; Mendoza-de Gives 2022). Pokud je teplota a vlhkost vhodná pro vývoj vajíček, začnou se vyvíjet larvy prvního stadia L1. Tyto larvy postupně rostou, zbavují se své vnější kutikuly a transformují se do druhého larválního stadia L2. Tento proces se opakuje s larvami druhého stadia L2, dokud se nakonec nevyvinou do dalšího larválního stadia, kterým je L3 (Drózd et al. 2000; Mendoza-de Gives 2022).

#### 1.2.2.1.2 Hrozba pro ohrožené druhy

*A. sidemi* (Schulz 1933) je krev sající hlístice z čeledi Trichostrongylidae, která se šíří v Evropě od druhé poloviny 20. století. První popis této hlístice byl proveden u jelenů sika (*Cervus nippon*) na Dálném východě. (Moskva et al. 2014; Kuznetsov et al. 2018). Během posledního desetiletí byl tento druh hlístic nalezen také jako sočást helminthofauny divokých přežvýkavců, včetně jelení zvěře, srnčí zvěře, daňčí zvěře i losa (Moskwa et al. 2015; Lehrter et al. 2016)

Přirozená migrace jelenů je pravděpodobně jedním z faktorů, které přispívají k širokému rozšíření parazita. Byly sledovány migrační trasy o délce 80-160 km (Kornacka et al. 2020). Srnčí zvěř pak může hrát klíčovou roli v místním šíření parazita díky své vysoké populaci (Magdálek 2022). Postupem času se invazní hlístice *A. sidemi* rozmáhá po celém evropském kontinentu. Patogenní působení *A. sidemi* představuje hlavní hrozbu pro druhy zvířat, které nebyly historicky vystaveny této nemoci. Tato riziková skupina zahrnuje zejména menší populace zvířat. Tento jev je zvláště významný tam, kde dochází ke kontaktu zvířat na společných pastvinách, což zvyšuje pravděpodobnost přenosu parazitů mezi různými druhy. Tato situace může mít vážné důsledky pro ekosystém a hospodářské aktivity jako je chov dobytka (Brown et al. 2022).

Zubr evropský (*Bison bonasus*) je největším suchozemským, býložravým savcem, který obývá lesnaté oblasti střední a východní Evropy. Dospělí býci mohou vážit až 1000 kg. Toto impozantní zvíře má klíčovou roli v ekosystémech, kde přispívá k rozmanitosti vegetace a podporuje biodiverzitu (Herskind et al 2023). Ashworthióza je jedním z hlavních zdravotních problémů, kterým v současnosti může zubr evropský čelit. *A. sidemi* je parazit,

který, napadá slez hostitele a může mu způsobit vážné zdravotní komplikace. Infikovaní zubři mohou trpět různými příznaky, jako jsou zažívací potíže, hubnutí, slabost a dokonce i úhyn.

Populace zubrů výrazně poklesla během počátku 20. století v důsledku fragmentace přirozeného prostředí a nadměrného lovu. Poslední nížinní zubři v Białowiežském pralesu zemřeli před koncem první světové války. Poslední divoký jedinec kavkazského zuba byl zabit v roce 1927 v Kavkazu (Moskwa et al. 2014, Herskind et al 2023). S obnovou stáda zahájenou v roce 1929 v zajetí přežilo jen několik málo kusů zvířat. V roce 1952 byli první chovaní zubři evropské vypuštěni do Białowiežského pralesa v Polsku. V důsledku reintrodukčních programů a dlouhodobého managementu ochrany dnes žije v divočině kolem 6800 zubrů evropských. V roce 2020 hodnotitelé Červeného seznamu IUCN přeradili zuba evropského z ohroženého na téměř ohroženého. Nicméně zubr evropský je stále ohrožený a získání znalostí o jeho ekologii a biologii je důležité pro ochranu druhu (Herskind et al 2023; Kołodziej-Sobocińska et al 2023). Současná populace zubrů pochází pouze ze 12 jedinců, kteří přežili v zajetí. Bohužel u takto malého základu v důsledku příbuzenské plemenitby rychle klesá genetická variabilita (Radwan et al. 2010; Herskind et al 2023), což může vést ke snížení přizpůsobivosti skupiny vůči svému okolí. Zvířata jsou téměř identická i k vnímavosti patogenů a chorob. Při zasažením infekcí by tento fakt mohl představovat velké zdravotní riziko nejen pro jednotlivce, nýbrž pro celé stádo. Proto je důležité u takto málopočetného druhu sledovat parazitární zátěž, aby se zabránilo šíření a přenosům na další jedince. Úspěšný záchranný program dnes umožňuje navrácení zubrů zpět do volné přírody v mnoha Evropských zemích (Filip-Hutsch et al. 2022).

Většina zubrů evropských žije v Polsku. Největší jednotlivá populace, tvořená několika sty kusy, obývá Białowiežský prales, poslední starobylý prales v Evropě. Toto stádo hraje důležitou roli v restitučním a ochranném programu druhu. V posledním desetiletí bylo mnoho zubrů přemístěno z Białowieży do dalších lokalit v Polsku a také do jiných evropských zemí, včetně Španělska, Dánska, Německa a Švédska, aby vytvořili nová stáda jak žijící v ohradách, tak ve volné přírodě. Jelikož jsou zubři pastevní zvířata, jejich zdraví je často ohroženo infekcí způsobenou střevními helminty (Moskwa et al. 2014). Fauna parazitů zuba evropského je dobře popsána. Nejpočetnější skupinou jsou gastrointestinální helminti, kteří způsobují vážné zdravotní komplikace a tím ohrožují reintrodukcí zvířat ve volné přírodě. Kromě člověka je jednou z nejobávanějších hrozeb pro populaci zubrů krev sající hlístice *A. sidemi*. Hlístice jsou původci těžkých infekcí, v jejichž důsledku mohou být zvířata náchylnější i k jiným nemocem (Vadlejch et al. 2017; Filip-Hutsch et al. 2022).

V České republice je největší stádo zubrů v oboře Židlov na území bývalého vojenského prostoru Ralsko. Průzkumy v této oblasti dokazují, že zubr evropský je k *A. sidemi* velice vnímavý. Prevalence tohoto parazita postupně stoupá a představuje vážné zdravotní riziko pro divokou populaci zubrů. V rámci sdílení pastvin s dalšími býložravými zvířaty, především se srncí a jelení zvěří, se infekce šíří (Vadlejch et al. 2017; Magdálek et al. 2022).

Prevence a tlumení infekce *A. sidemi* jsou klíčové pro ochranu zdraví a vitality populací zubrů. To může zahrnovat pravidelné monitorování zdraví zvířat, implementaci opatření k minimalizaci kontaktu s infikovanými jedinci a podporu výzkumu zaměřeného na léčbu a prevenci této parazitární infekce (Magdálek et al. 2022).

V oblastech chráněných národních parků Polska a Slovenska, konkrétně ve Vysokých, Belianských a Západních tatrách, nalezneme Kamzíka tatranského. Kamzík tatranský (*Rupicapra rupicapra tatrica*) je mezinárodní unií pro ochranu přírody (IUCN) označen jako celosvětově ohrožený druh vyžadující ochrannářskou péči. Skupina kamzíků tatranských byla uměle vysazena do Nízkých Tater na Slovensku, kde se kříží s kamzíky alpskými. Cílem je udržet rezervní populaci kamzíků tatranských. V Nízkých Tatrách, na rozdíl od vyšších nadmořských výšek, dochází k intenzivnějšímu výskytu divoce žijící jelení a srnčí zvěře. U zmíněných druhů zvěře v těchto oblastech byla zaznamenána významná prevalence hlístic *A. sidemi*. Kontaktem kamzíků s divoce žijícími přežvýkavci zde existuje reálná možnost přenosu této parazitární infekce mezi skupinami zvířat. To může mít negativní vliv na zdravotní stav a stabilitu nově zavedené populace kamzíků v dané lokalitě (Nosal et al. 2021). Ve svém výzkumu Nosal et al. (2021) potvrdil skutečnost, že infekce hlísticemi *A. sidemi* už byla zjištěna i u kamzíků z oblasti Nízkých Tater. Vzhledem k existenci infekce hlísticemi *A. sidemi* u kamzíků a jelenovitých zvířat v nižších polohách hor, kde se mimo jiné nacházejí krmiště pro zvířata, se zvyšuje riziko přenosu této infekce na čistou populaci kamzíků tatranských žijících ve vyšších nadmořských výškách. Tato příkrmová místa slouží jako shromaždiště různých druhů zvířat. Kamzíci, kteří bez problémů sestoupí do nižších poloh za potravou. Jeleni, kteří při hledání potravy vystoupají i do vyšších poloh. Tato situace umožňuje přímý kontakt mezi různými skupinami zvířat, což zvyšuje riziko přenosu infekce mezi těmito druhy. Tento aspekt má významný dopad na zdravotní stav a stabilitu populace kamzíků tatranských v jejich přirozeném prostředí. Celý tento problém v horských oblastech naznačuje, že abomasální hlístice *A. sidemi* není omezena v rozptylu ani v oblastech vyšších nadmořských výšek a nižších teplot, pokud zde existují vhodné hostitelé (Nosal et al. 2021).

#### 1.2.2.1.3 Léčba ashworthiózy

Nežádoucí účinky hlístic v trávicím traktu jsou způsobeny jednak přímým účinkem parazita, jehož látková přeměna závisí zcela na živinách získaných ze svého definitivního hostitele, u něhož způsobují značné poškození tělesných orgánů. Nebo nepřímo, kdy účinky, jsou následkem reakce hostitele na invazi cizopasníků například snížením příjmu potravy. Infekce způsobené trichostrongilidními hlísticemi zahrnují obvykle i několik stovek dospělých jedinců i larev. Nejsou však v celé míře zásluhou jednoho druhu. V naprosté většině případů se vždy prokázala infekce smíšená, kde bok po boku parazitují hlístice několika zástupců například *A. sidemi*, *Ostertagia ostertagi*, *Cooperia oncophora* (Van Dijk et al. 2010; Knapp-Lawitzke et al. 2016; Charlier 2020).

Definitivní hostitel může hrát hlavní roli v druhové rozmanitosti PGE. Podle Magdálék et al. (2022) *A. sidemi* byl detekován v největším počtu u většiny druhů jelení zvěře to především v zastoupení pohlavně dospělých jedinců. Juvenilní hlístice tvořily, zhruba 16% celkové populace parazita ve slezu. Společenstva slezových hlístic *A. sidemi* ve vyšších intenzitách oproti ostatním jelenovitým se vyskytovala u daňků, tento fakt může být ovlivněn realitou, kdy slezy daňků pocházely od zvířat z uzavřených obor. V oborách se dančí zvěř většinou vyskytuje ve vyšší hustotě, než jaká je situace u ostatních volně žijících jelenovitých. Větší hustota zvířat na jednom území, může být příčinou sociálního stresu, který vede ke snížení imunity jedinců. Zde se objevuje další faktor ovlivňující velikost populací parazitů a

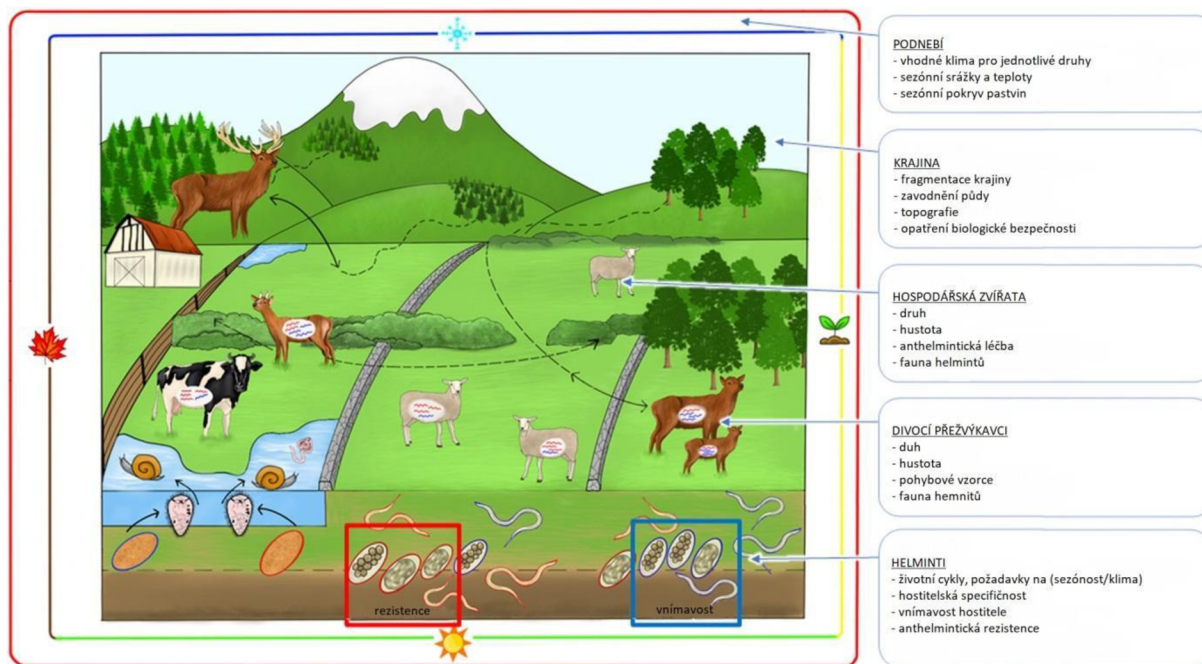
to právě zmíněná imunita jednotlivých zvířat. Intenzita hlístic byla vysoká i přesto, že daňci v oborách, byli pravidelně odčervováni začátkem každého roku. To by mohlo poukazovat na stále větší rezistenci na anthelmintika, která se opakovaně používají se stejnou účinnou látkou a nové populace hlístic už neregují na léčbu. Otázkou zůstává, jak byla léčba provedena a zda opravdu byla všechna zvířata přeléčena. Daňci jsou všeobecně známí svou agresivní povahou a to především při krmení kde se u krmných míst nacházejí jen ti dominantní jedinci. Při podávání léků v podobě krmných šrotů se může stát, že níže hierarchicky postavená zvířata ke krmení mnohdy ani nedostanou. Zůstanou tak netknutá léčbou. Nejsilnější jedinci se krmí dokud vše nepoznou, což může způsobit akutní acidózu bachorového obsahu způsobenou právě překrmením šrotem, končící mnohdy i smrtí (Magdálek et al. 2022).

Celosvětově mají nemoci potravinových zvířat značný ekonomický dopad. Infekce hlísticemi gastrointestinálního traktu byly uznány jako nejvýznamnější onemocnění hospodářských zvířat. Vliv helmintů na produkci je přímo poškozením tkání a tím pádem i snížením funkce postižených orgánů. Napadený jedinec mobilizuje všechny energetické zdroje, které by použil pro produkci a to směrem k obranným, imunitním mechanismům. V rámci boje s infekcí nemá organismus čas na energeticky náročné trávení, proto zajistí hormonální cestou pokles příjmu potravy. Snížený příjem krmiva je společným rysem všech infekcí a je považován za hlavní příčinu snížení reprodukce. I samotná infekce hlísticemi může mít různou intenzitu a úroveň vzhledem ke stádiu parazitů, genetickému pozadí hostitelů, managementu krmení, ustájení v nemenším případě welfare zvířat. Může se stát, že zvířata s významnou parazitární zátěží, nevykazují ani netrpí žádnými příznaky nemoci ani ztrátou produkce (Charlier a kol. 2014; Bagulo a kol. 2023).

### **1.2.3 Přenos na domácí přežvýkavce**

Infekce parazitickými helminty, jako jsou hlístice a motolice, představují významnou ekonomickou zátěž a ohrožení pro welfare domácích přežvýkavců. Změny v epizootologii, sezónnosti a geografické distribuci těchto infekcí jsou přisuzovány mimo jiné i změnám klimatických podmínek. Navrhování nových udržitelných strategií pro prevenci helmintóz přežvýkavců bude klíčové pro zajištění produktivity a ziskovosti chovu domácích přežvýkavců v Evropě a pro potravinovou bezpečnost (Morgan et al. 2013).

Divocí přežvýkavci mohou být hostiteli pro různé druhy gastrointestinálních hlístic (GIN), které jsou typické i pro domácí zvířata, jako jsou skot, ovce a kozy. Tato skutečnost zvyšuje potenciál přenosu GIN mezi divokými a domácími zvířaty (Barone et al. 2020). Riziko výměny parazitů mezi oběma skupinami zvířat nastává na místech, kde se setkávají především v oblastech společných pastvin. Tento proces může být podporován nejen migrací hostitelů, ale i lidskou činností, která umožňuje blízký kontakt mezi divokými a domácími zvířaty (Brown et al. 2022).



Obr. č. 7 Faktory, ovlivňující přenos helmintů, včetně kmenů rezistentních na anthelmintika, mezi volně žijícími jelenovitými a domácími zvířaty (upraveno podle Brown a kol. 2022).

V nedávné době došlo v některých oblastech u domácích přežvýkavců k výraznému nárůstu infekčních onemocnění spojených s helminty. Zvyšující se teplota v mírném pásmu, která může podpořit úspěšný vývoj parazitů, pravděpodobně povede k zvýšené kontaminaci pastvin infekčními stádii parazitů (viz. obr. č. 7). Pokud budou tyto hrozby pokračovat, budou evropští zemědělci muset čelit novým parazitologickým výzvám, na jejichž řešení zatím nejsou dostatečně připraveni. Četnost a distribuce infekcí hospodářských zvířat vyvolaných hlísticemi je však složitý a dynamický problém ovlivněný celou řadou parametrů, včetně těch, které lze klasifikovat jako globální změny. Situaci komplikuje skutečnost, že helmintózy jsou obvykle pozorovány u zvířat, která mají souběžné vícedruhové infekce. Čím blíže k sobě divoká a domácí zvířata mají, tím častěji dochází k mísení populací helmintů (viz. obr. č. 7). Navzdory různým přístupům k prevenci parazitismu u hospodářských zvířat se v současnosti spoléhá téměř výhradně na účinná anthelmintická léčiva. Tyto léky jsou obvykle širokospektrální a účinné proti většině běžných druhů helmintů (Morgan et al. 2013). Nicméně ne všechna zvířata jsou infikována a léčba u zdravých jedinců zbytečná. Je nutné omezit používání anthelmintik a optimálně načasovat léčbu v reakci na globální změny, které ovlivňují sezónnost parazitů. Stávajícím přístupem se podporuje vznik rezistentních kmenů vůči podávaným látkám. Smísením populací parazitů z domácích i divokých zvířat se rezistence na anthelmintika ještě více šíří. Anthelmintická rezistence je nyní hlavním celosvětovým problémem nejen v domácích chovech (Morgan et al. 2013; Vercruyse et al. 2018; Kaplan 2020).

Nemoci hospodářských zvířat mají významný ekonomický dopad na celosvětové úrovni. Infekce hlísticemi trávicího traktu jsou považovány za jedny z nejzávažnějších onemocnění, kterými hospodářská zvířata mohou trpět. Helminti přímo poškozují tkáň a snižují funkci poškozených orgánů, což má za následek mobilizaci všech energetických zdrojů k obranným reakcím imunitního systému. Infekce gastrointestinálními hlísticemi brání



organismu v efektivním trávení, a proto imunitní systém hormonálně vyvolává nechutenství. To má za následek špatnou konverzi krmiva, snížený přírůstek hmotnosti a nižší produkci (Barone et al. 2020).

## 2 Šíření v důsledku klimatických změn, prevence parazitóz

Infekční nemoci mohou být přenášeny horizontálně z jednoho zvířete na druhé, nebo vertikálně z jedné generace na další. Horizontální přenos může nastat přímo nebo nepřímo. V případě gastrointestinálních hlístic dochází k přenosu výhradně horizontálně a přímo ho lze definovat jako vztah mezi parazitem, hostitelem a prostředím. Různé faktory spojené s tímto vztahem určují typ a závažnost infekce (Roeber et al. 2013; Stadalienė et al. 2015). Faktory spojené s hostitelem zahrnují jeho druh, genetickou predispozici, věk, pohlaví a imunitní stav. Faktory spojené s parazitem zahrnují jeho životní cyklus, délku histotropní fáze, kdy parazit nevyužívá vnější prostředí k získání živin, ale místo toho se přímo živí z tkání nebo buněk svého hostitele. Tato fáze může být důležitá pro vývoj parazita a jeho interakci s hostitelem, protože při této přímé výživě může dojít k poškození hostitelských tkání a závažným zdravotním problémům pro hostitele. Faktory prostředí zahrnují klima, počasí, roční období, typ vegetace a mikroklimatické podmínky. Interakce mezi hostitelem a parazitem jsou klíčové pro vývoj nemoci a průběh infekce, zatímco interakce mezi hostitelem a prostředím a parazitem a prostředím ovlivňují přenos onemocnění (Roeber et al. 2013).

### 2.1 Vliv klimatu na parazity

Nárůst průměrné teploty zemského povrchu, spolu s patogeny a chorobami, byly identifikovány jako největší hrozba globálnímu zdraví ve 21. století. Nejnovější výzkumné výsledky ukazují, že proces oteplování začal v 30. letech devatenáctého století. Podle Mezivládního panelu pro změnu klimatu (IPCC) předpovědi klimatických modelů ukazují, že v tomto století se globální průměrná teplota zemského povrchu zvýší o 1,1–6,4°C, zatímco bezpečná úroveň nárůstu je do 2°C (Okulewicz 2017). Změny v klimatických podmínkách mohou mít vliv na četnost, sílu a geografické rozšíření parazitů, včetně helmintů. Tyto změny ovlivňují přímo jejich vývojová stádia v prostředí, jako jsou vajíčka a larvy, a nepřímo ovlivňují larvy, které se obvykle vyskytují v mezihostitelských bezobratlých jako jsou hmyz a měkkýši. (Roeber et al. 2013; Okulewicz 2017). Díky závislosti metabolismu parazitů na teplotě je možné předpovědět dopad rostoucích teplot do budoucna. Tento přístup umožňuje odhadnout, jak rychle se budou parazité vyvíjet a jak se budou měnit jejich vývojové cykly v důsledku změn klimatických podmínek (Okulewicz 2017).

Studie Magdálka a kol. z roku 2023 zkoumala vliv klimatických podmínek na hlístice, zejména v kontextu evropských podmínek s důrazem na situaci v České republice. Zaměřovala se na rychle se rozšiřující invazní hlístici *A. sidemi* a jejich reakci na místní klima. Autoři zjistili, že přenos těchto parazitů probíhá od června do září, zatímco v zimě a následujícím jaru přežívají nematody jako larvy L4 a nezralí jedinci. V České republice byl zaznamenán pouze marginální význam hypobiózy, což naznačuje možnou úpravu sezónních vzorců u *A. sidemi*. Sezónní dynamika trichostrongylidů může být tedy ovlivněna klimatickými podmínkami v různých oblastech a může se také měnit v čase právě kvůli

globálním klimatickým změnám. Sezónní vzorce kladení vajíček *A. sidemi* zůstávají nejasné, protože dosud nebyla provedena studie sledující změny v průběhu času (Magdálek et al. 2023).

Další významný bod, který je důležité zdůraznit, je, že podmínky s nízkými srážkami a relativně mírnými teplotami mohou umožnit přežití larválního stádia L3 uvnitř formovaných výkalů po velmi dlouhou dobu. To může představovat zdroj kontaminace pastvin. Srážky napomáhají změkčení výkalů, což umožňuje larvám opustit trus a migrovat na pastviny. Vlhkost na pastvinách v určitých částech dne může sloužit jako prostředek k pohybu larev. Klima tak hraje důležitou roli, která by měla být zohledněna při kontrole parazitů. V obdobích s nedostatkem srážek a nevhodných podmínek pro přežití larválních stádií je možné nalézt přežívající L3 (Albery et al. 2018).

## 2.2 Vliv klimatu na hostitele

Populace volně žijících živočichů čelí rostoucímu tlaku v důsledku nárůstu a expanze lidské populace. Kromě tradičních hrozeb jako je změna využití půdy, šíření nemocí a invazivních druhů, je stále větší obava z interakcí klimatických změn s ostatními faktory. Změna klimatu může ovlivnit populace divoce žijících přežvýkavců buď pozitivně, nebo negativně. Tyto změny mohou mít jak přímé účinky na kopytníky samotné, tak nepřímé účinky prostřednictvím změn v jejich prostředí. Je tedy důležité zkoumat, jak tyto změny mohou ovlivnit život kopytníků a společnosti jako celku (Weiskopf et al. 2019).

Zimní období, hluboká a trvalá sněhová pokrývka může negativně ovlivnit pohyb a vyhledávání potravy. Snaha najít potravu zvyšuje metabolické náklady na termoregulaci a má negativní vliv na celkovou tělesnou kondici živočichů. Pokud v tomto případě zvíře přenáší i nežádoucí parazitické návštěvníky mohou tyto nepříznivé podmínky snížit reprodukční úspěch i vlastní přežití (Weiskopf et al. 2019; Kołodziej-Sobocińska et al. 2023). Kromě zimního počasí i jarní a podzimní klimatické podmínky sehrávají významnou úlohu. Nižší teploty a dešťové srážky na jaře snižují přežití mláďat, zatímco teplejší a vlhčí počasí na jaře a podzim pozitivně ovlivňuje reprodukci (Weiskopf et al. 2019).

Změna klimatu bude mít pravděpodobně různý vliv na jednotlivé druhy zvířat (Weiskopf et al. 2019). Například jelenec běloocasý, v závislosti na podmínkách, migruje v některých oblastech mezi letním a zimním územím. Pokud budou zimy mírnější, může se změnit jeho migrační chování kvůli zlepšení dostupnosti potravy. To může vést ke změnám v rozložení a početnosti populací zvířat v dané oblasti. Mírnější zimy a delší období růstu rostlin mohou být klíčovým faktorem ovlivňujícím rozšíření areálu výskytu jelence běloocasého a s ním i jeho parazitů (Shafer a kol. 2014; Weiskopf et al. 2019).

Častou praktikou používanou při ochraně a správě volně žijících druhů zvířat je zimní doplňkové krmení. Ochranná opatření často opomíjí důležitost parazitárních infekcí. Shlukování zvěře v krmištích či napajedlech může hrát významnou roli v přenosu parazitárních infekcí. Kromě toho bylo prokázáno, že čím více zvířat existuje na jednom prostoru, tím větší stres pro všechny, což může snížit imunitní obranné mechanismy a zvýšit náchylnost k nemocem (Kołodziej-Sobocińska et al. 2023).

V nedávné studii provedené skupinou autorů vedených Kołodziej-Sobocińska et al. (2023) byl zkoumán vliv velikosti skupin na šíření krev sající hlístice *A. sidemi* u zubra

evropského, která je rovněž problematická u jelenovitých, známých přenašečů tohoto parazita. Výzkum prokázal šíření této parazitické infekce v populacích zubrů. Vědci předpověděli, že omezená zimní aktivita zubrů přispívá k rychlejšímu šíření a zvýšenému výskytu infekce *A. sidemi*. Studie dále potvrdila, že doplňkové krmení na pevně stanovených místech, které vede k omezení zimních domovských oblastí a zvýšení shlukování zvířat na omezených plochách, má vliv na závažnost infekce *A. sidemi* v těchto populacích. Zvětšení velikosti stáda také zvyšuje pravděpodobnost přenosu nemocí. Tyto jevy byly pozorovány v porovnání s velkým nepříkrmovaným stádem, kde byla intenzita infekce hlísticemi značně nižší.

### 2.3 Prevence a tlumení helmintóz

Předpovídání budoucích klimatických změn, které ovlivňují dostupnost sezónních infekčních stádií GIN v prostředí, je prvním krokem k posouzení možného dopadu těchto změn GIN infekce u hospodářských i divokých zvířat. Predikce změn v dostupnosti infekčních stádií GIN v reakci na klimatické faktory umožňuje lepší porozumění možných rizik a umožňuje přizpůsobení prevence infekcí tak, aby byla dlouhodobě udržitelná a zdraví populace zvířat (Rose et al. 2015).

Jedním z významných nepřímých účinků změn teploty a srážek pro přenos parazitů je délka období pastvy. Delší období pastvy v mírných oblastech podporuje hromadění infekčních larev parazitů na pastvinách, což zvyšuje riziko infekce zvířat. Častější srážky mohou vytvářet příznivé podmínky pro růst parazitů závislých na vodě, jako jsou například jaterní motolice. Tato problematika ukazuje, jak změny klimatu mohou ovlivnit prostředí a podmínky pro šíření parazitárních infekcí mezi zvířaty na pastvinách. Naopak současné intenzivní systémy chovu hospodářských zvířat s větším počtem stájových a krmných zařízení snižují parazity přenášené trávou, jako jsou střevní hlístice (Albery et al. 2018).

Výzkum Bautista-Garfias et al. (2022) navrhuje selekci zvířat na odolnost vůči parazitům. Tato metoda je navrhována jako udržitelná reakce na zvýšené riziko v důsledku změny klimatu. Tento přístup byl identifikován jako jedna z nejslibnějších přirozených, udržitelných a cenově dostupných alternativ k syntetickým lékům. Tímto procesem dochází k trvalým genetickým změnám, které mohou být předány na budoucí generace, což vede ke zlepšení výkonnosti zvířat. Hlavní výhodou geneticky odolných zvířat vůči parazitům spočívá v epizootologickém účinku. Zvířata, která byla vybrána pro odolnost vůči parazitům, vylučují méně vajíček ve výkalech, což vede ke snížení kontaminace pastvin larvami. Důsledkem toho jsou zvířata vystavena nižší zátěži infekčními larvami, což prospívá všem zvířatům, která se pasou na stejné pastvině, včetně citlivých jedinců z řad divoce žijících přežvýkavců. Použití geneticky odolných jedinců vůči parazitům tedy podporuje péči o pastviny tím, že zlepšuje kvalitu pastvin jako zemědělské půdy a snižuje znečištění půdy a vody (Bautista-Garfias et al. 2022).

### 3 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vypracovat literární přehled, týkající se invazí nepůvodních druhů do Evropy. Práce je zaměřená na dva konkrétní druhy invazních parazitických helmintů a jejich postupné adaptace nejen na klimatické podmínky Evropského kontinentu, ale i na nabídku místních mezihostitelů a definitivních hostitelů.

Invaze nepůvodních druhů je proces, který negativně ovlivňuje biodiverzitu původních ekosystému. Je potřeba dohlížet a sledovat pohyb cizích organismů v rámci zachování ochrany zvířat, přírody i lidí v Evropě. Jedno z velice důležitých preventivních opatření vstoupilo v platnost v roce 2015 nařízením Evropského parlamentu a Rady Evropské unie o prevenci a řízení zavlečení invazních cizokrajných druhů.

Existuje několik postupů, jak se cizí organismy dostanou mimo svůj původní areál. Nejčastější cestou je dovoz zvířat v rámci mezinárodních obchodů. Všechny typy cizích organismů mají tendenci se rychle množit a rozšiřovat na úkor druhů původních a stávají se tak invazními.

Spolu s dovozem divokých přežvýkavců se do Evropy dostala motolice velká, *Fascioloides magna* původem ze Severní Ameriky. Parazit, který se velice dobře přizpůsobil podmínkám nového prostředí Evropy a stal se typickým příkladem invazního parazitického druhu. V Evropě, vznikla tři přirozená ohniska výskytu *F. magna*. Itálie, Česká republika a Dunajské lužní lesy. Doposud se předpokládalo, že původ motolice velké je z Itálie z místa prvního nálezu. Pokusy na základě genetického výzkumu mitochondriální DNA motolic prokazují, že *F. magna* má v Evropě dvě odlišné fylogenetické linie a motolice, pocházející z České republiky má jiný než italský původ. To potvrzuje mnohonásobné zavlečení parazitů na evropský kontinent i jinými cestami.

*F. magna* má složitý vývojový cyklus přes vodního plže z čeledi Lymnaeidae jako mezihostitele. Nejčastějším zástupcem mezihostitelského měkkýše v Evropě je *Galba truncatula*. Dalším potencionálním mezihostitelem se ukázal měkkýš *Radix labilata*, který byl náhodně objeven při postmortální kontrole masa horských býků v České republice. To je důkaz postupné adaptace motolic na nabídku místních mezihostitelů. Vodní plži, hrají hlavní roli ve vývojových cyklech několika dalších druhům motolic například *Fascioloides hepatica* a *Calicophoron daubneyi*, které mají identické vývojové cykly přes *G. truncatula*. Místa výskytu *G. truncatula*, jsou i potencionálními místy výskytu všech výše uvedených motolic.

Hlavními hostiteli mohou být různí zástupci z řad přežvýkavců. Podle vztahu hostitel-parazit je můžeme rozdělati do tří skupin. Definitivní, Aberantní a slepí.

Do nedávna se myslelo, že u aberantního hostitele motolice není schopná dospět a produkovat vajíčka. Nejnovější studie prokazují, že tento typ hostitelů se postupem času snaží přizpůsobit parazitům. U srnčí zvěře jsou zaznamenány infekce s těžkým často fatálním průběhem. V poslední době jsou čím dál častěji popisovány případy, které naznačují možný počátek adaptačních procesů u srnčí zvěře. V jejich játrech jsou čím dál častěji nacházeny pseudocysty a je potvrzená i produkce vajíček. Původně u tohoto typu hostitelů parazit nebyl schopen pseudocysty vytvořit. V trusu zatím vajíčka nebyla nalezena.

Výše uvedené druhy motolic mohou parazitovat spolu ve smíšených infekcích gastrointestinálního traktu nazývaných souhrnným názvem gastroenteritida. Jsou běžné i smíšené infekce motolic s hlísticemi. Intenzita infekce je ovlivněna druhem hostitele, věkem,

pohlavím, životním stylem. Velkou roli na průběh vývojových cyklu parazitů mají podmínky vnějšího prostředí.

Dalším sledovaným parazitem je hlístice *Ashworthius sidemi* parazitující ve slezu především divoče žijících přežvýkavců. Do Evropy se dostala translokací s asijským jelenem sika. Přirozená migrace jelenů je pravděpodobně příčinou plošného rozšíření. Mezi definitivní hostitele *A. sidemi* patří zubr evropský, který je velice citlivý k infekci. Zubr evropský stejně tak jako kamzík tatranský jsou na Červeném seznamu ohrožených druhů, proto je u nich kontrola parazitóz velice důležitá.

Bylo prokázáno, že hromadění velkého počtu zvířat na jednom místě, například příkrmišťe, napajedla vede k určité dávce sociálního stresu. Důsledek stresu je oslabení imunity a tím pádem větší náchylnost k chorobám. Tyto oblasti mohou být kontaminované trusem s infekčními stádii *A. sidemi*. Na vegetaci v blízkosti vodních zdrojů se mohou objevit metacerkárie a je zde větší pravděpodobnost nákazy motolicemi.

Jelen evropský a srnčí zvěř jsou jedny z hlavních rezervoárů a přenašečů helmintů po Evropských zemích. Především zástupci jelenů jsou schopni přenosu parazitů na vzdálenosti až několik desítek kilometrů v rámci jejich pravidelných migračních tras. Většina studií prokázala, že přenos na hospodářská zvířata je možný a není ojedinělý. Parazitická zátěž jakýmkoliv druhem helmintů je pro zvíře nepříjemná, mnohdy i bolestivá. Projevuje se především snížením imunity a ztrátou fyzické zdatnosti. U hospodářských zvířat ztrátou produkce. To zasahuje do ekonomických ztrát pro chovatele.

Naprostá většina důkazů podkládá fakt, že ať jde o jakoukoliv gastrointestinální parazitózu, žádný z uvedených druhů nefiguruje v infekci sám. Mnoho druhů endoparazitů se začíná přizpůsobovat i odčervovacím schémátům a mutacemi různých genů vzdorovat anthelmintickým léčbám. Rezistence na anthelmintika vzrůstá a do budoucna vede k dalším problémům při tlumení parazitóz.

Řešením je vyhnout se plošnému používání anthelmintik. Zacílit léčbu zvířatům, která ji opravdu potřebují. Využít možnost odběru vzorků při každé manipulaci se zvířaty. Snaha o to mít situaci pod kontrolou. Znalosti, diagnostika, spolupráce veterináře s chovatelem. Dostatek informací o možných parazitózách v dané lokalitě, s přihlédnutím k struktuře pastvin a měnícím se podmínkám daného klimatického pásma.

Výsledkem této bakalářské práce je potvrzení, že organismy se dokáží velice dobře a poměrně rychle přizpůsobit novým podmínkám prostředí, pokud je jim to umožněno.

Možný problém vidím v rozšíření plže *Galba truncatula*, která se vyskytuje na většině pastvin v České republice, to znamená, že hypoteticky na všech pastvinách může docházet k vývojovým *F. magna*, ale i motolicím se zoonotickým potencionálem jako je *F. hepatica* v případě kdy se tam dostane.

Obchod, pohyb a výměny zvířat bez jakékoli kontroly, karantény a vyšetření je důsledkem kontaminace pastvin. Pokud se přestane výskyt parazitóz hlídat, a začne se nějakým způsobem šířit *F. hepatica*, protože podmínky tu má, tak se můžeme během následujících let dostat do situace, že většina chovů přežvýkavců bude infikovaná což už má větší dopady jak ekonomické tak z hlediska lidského zdraví.

Do budoucna je nutné zavádět preventivní postupy dřív, než řešit výsledné problémy. U dovážených zvířat dodržovat dobu karantény, během které by měly proběhnout alespoň základní zdravotní vyšetření, popřípadě okamžité ošetření a vhodná léčba.

## 4 Literatura

- Albery GF, Kenyon F, Morris A, Morris S, Nussey DH, Pemberton JM. 2018. Seasonality of helminth infection in wild red deer varies between individuals and between parasite taxa. *Parasitology* **11**:1410-1420.
- Atcheson E, Skuce PJ, Oliver NAM, McNeilly TN, Robinson MW. 2020. *Calicophoron daubneyi*-The Path Toward Understanding Its Pathogenicity and Host Interactions. *Front Vet Sci* **7**:606.
- Bagulo I, Imoru L, Iddriss Abdul-Rahman I. 2023. The anthelmintic efficacy of ivermectin, levamisole and albendazole against strongyle and tapeworm infections in sheep. Barone CD, Wit J, Hoberg EP, Gilleard JS, Zarlenga DS. 2020. Wild ruminants as reservoirs of domestic livestock gastrointestinal nematodes. *Veterinary Parasitology* **279**:109041.
- Barone CD, Wit J, Hoberg EP, Gilleard JS, Zarlenga DS. 2020. Wild ruminants as reservoirs of domestic livestock gastrointestinal nematodes. *Veterinary Parasitology* 279-109041.
- Bautista-Garfias CR, Castañeda-Ramírez GS, Estrada-Reyes ZM, Soares FEF, Ventura-Cordero J, González-Pech PG, Morgan ER, Soria-Ruiz J, López-Guillén G, Aguilar-Marcelino LA. 2022. Review of the Impact of Climate Change on the Epidemiology of Gastrointestinal Nematode Infections in Small Ruminants and Wildlife in Tropical Conditions. *Pathogens* **11**:2-148.
- Bazsalovicsová E, Králová-Hromadová I, Štefka J, Minárik G, Bokorová S, Pybus M. 2015. Genetic interrelationships of North American populations of giant liver fluke *Fascioloides magna*. *Parasites & Vectors* **8**:1-15.
- Bojko J, Dunn AM, Blakeslee AM (Eds.). (2023). *Paraziti a biologické invaze*.
- Brown TL, Airs PM, Porter S, Caplat P, Morgan ER. 2022. Understanding the role of wild ruminants in anthelmintic resistance in livestock. *Biol Lett* **18**:20220057.
- Cordeschi G, Costantini D, Canestrelli D. 2022. Plastic Aliens: Developmental Plasticity and the Spread of Invasive Species. *Development Strategies and Biodiversity: Darwinian Fitness and Evolution in the Anthropocene* 267-282.
- Csivincsik Á, Halász T, Nagy G. 2023. The Large American Liver Fluke (*Fascioloides magna*). A Survivor's Journey through a Constantly Changing World. *Parasitologia* 300-326.
- Cwiklinski K, McEvoy A, López Corrales J, Jewhurst H, Calvani NED, De Marco Verissimo C, Dorey AL, Keane OM, Dalton JP, Lalor R. 2023. *Fasciola hepatica* antioxidant and protease-inhibitor cocktail recombinant vaccines administered five times elicit potent and sustained immune responses in sheep but do not confer protection. *Veterinary Parasitology* **323**:110049.
- Demiaszkiewicz AW, Kuligowska I, Pyziel AM, Lachowicz J, Kowalczyk R. 2015. Extension of occurrence area of the American fluke *Fascioloides magna* in south-western Poland. *Annals of parasitology* **61**:2.

- Drózd J, Demiaszkiewicz AW, Lachowicz J. 2000. Ashworthiosis-new parasitosis of wild ruminants. *Medycyna Weterynaryjna* **1**:32-35.
- Dunn AM. 2009. Parasites and Biological Invasions. *Advances in Parasitology* **68**:161-84.
- Fairweather I, Boray JC. 1999. Fasciolicides: efficacy, actions, resistance and its management. *Veterinary Journal* **158**:81-112.
- Filip-Hutsch K, Pyziel-Serafin AM, Gałazka M, Klich D, Anusz K, Pyziel-Serafin AM. 2022. Veterinary monitoring of gastrointestinal parasites in *European bison*, *Bison bonasus* designated for translocation: Comparison of two coprological methods. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife* **17**:166-173.
- Grabner DS, Mohamed FA, Nachev M, Méabed EM, Sabry AH, Sures B. 2014. Invasion biology meets parasitology: a case study of parasite spill-back with Egyptian *Fasciola gigantica* in the invasive snail *Pseudosuccinea columella*. *PLoS One*, **9**, e88537.
- Halász T, Tari T, Nagy E, Nagy G, Csivincsik Á. 2023. Hatchability of *Fascioloides magna* eggs in cervids. *Pathogens* **12**:5-741.
- Herskind C, Petersen HH, Pertoldi C, Østergaard SK, Kołodziej-Sobocińska M, Sobociński W, Tokarska M, Hammer Jensen T. 2023. Effect of Translocation on Host Diet and Parasite Egg Burden: A Study of the *European Bison (Bison bonasus)*. *Biology* **12**:5-680.
- Houszka M, Piekarska J, Podkowik M, Gorczykowski M, Bania J. 2016. Morphology and molecular study of *Fascioloides magna*-a growing threat to cervids (Cervidae) in Poland. *Journal of Veterinary Research* **4**:435-439.
- Hörweg C, Prosl H, Wille-Piazzai W, Joachim A, Sattmann H. 2011. Prevalence of *Fascioloides magna* in *Galba truncatula* in the Danube backwater area east of Vienna, Austria. *Wien Tierarztl Monat* **98**:261-7.
- Charlier J, Höglund J, Morgan ER, Geldhof P, Vercruyse J, Claerebout E. 2020. Biology and epidemiology of gastrointestinal nematodes in cattle. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice* **1**:1-15.
- Juhász A, Stothard JR. 2023. The giant liver fluke in Europe: A review of *Fascioloides magna* within cervids and livestock with considerations on an expanding snail-fluke transmission risk. *Advances in Parasitology* **119**:223-257.
- Kaplan RM. 2020. Biology, Epidemiology, Diagnosis, and Management of Anthelmintic Resistance in Gastrointestinal Nematodes of Livestock. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* **36**:17-30.
- Kasny M, Beran L, Siegelova V, Siegel T, Leontovyc R, Berankova K, Horak P. 2012. Geographical distribution of the giant liver fluke (*Fascioloides magna*) in the Czech Republic and potential risk of its further spread. *Veterinární medicína*.
- Králová-Hromadová I, Bazsalovicsová E, Štefka J, Špakulová M, Vávrová S, Szemes T, Tkach V, Trudgett A, Pybus M. 2011. Multiple origins of European populations of the

- giant liver fluke *Fascioloides magna* (Trematoda: Fasciolidae), a liver parasite of ruminants. *International Journal for Parasitology* **41**:373-383.
- Králová-Hromadová I, Juhásová L, Bazsalovicsová E. 2016. The giant liver fluke, *Fascioloides magna*: past, present and future research. Heidelberg, Germany:: Springer International Publishing 106.
- Pietrzyk-Kaszyńska A, Olszańska A, Najberek K, Maciaszek R, Solarz W. 2024. What starts with laughter ends in tears: Invasive alien species regulations should not hinder scientific research. *Conservation Letters* **17**:1.
- Keller RP, Geist J, Jeschke JM, Kühn I. 2011. Invasive species in Europe: ecology, status, and policy. *Environmental Sciences Europe* **23**:1-17.
- Kołodziej-Sobocińska M, Demiaszkiewicz AW, Filip-Hutsch K, Borowik T, Kowalczyk R. 2023. March or get infected: Influence of winter ranging shaped by supplementary feeding on the spread of non-native nematode *Ashworthius sidemi* in *European bison* populations. *Journal for Nature Conservation* **76**:126495.
- Konjević D, Bujanić M, Beck A, Beck R, Martinković F, Janicki Z. 2021. First record of chronic *Fascioloides magna* infection in roe deer (*Capreolus capreolus*). *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife* **15**:173-176.
- Konjević D, Janicki Z, Calmels P, Jan DS, Marinculić A, Šimunović M, Poljak Z. 2018. Evaluation of factors affecting the efficacy of treatment against *Fascioloides magna* in wild red deer population.
- Konjević D, Bujanić M, Erman V, Kurilj AG, Živičnjak T, Severin K, Martinković F. 2017. New data on wild boar (*Sus scrofa* L.) a dead-end host for large American liver fluke (*Fascioloides magna*). *Helminthologia* **1**:77-80.
- Kornacka A, Cybulska A, Bien-Kalinowska J, Demiaszkiewicz AW, Merta D, Kobielski J, Moskwa B. 2020. *Ashworthius sidemi* in cattle and wild ruminants in Poland—the current state of play. *Annals of parasitology* **4**:66.
- Kuleš J, Lovrić L, Gelemanović A, Ljubić B, Rubić I, Bujanić M, Konjević D. 2021. Complementary liver and serum protein profile in wild boars infected by the giant liver fluke *Fascioloides magna* using tandem mass tags quantitative approach. *Journal of Proteomics* **247**:104332.
- Kuznetsov D, Romashova N, Romashov B. 2018. The first detection of *Ashworthius sidemi* (Nematoda, Trichostrongylidae) in roe deer (*Capreolus capreolus*) in Russia. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports* **14**:200-203.
- Lehrter V, Jouet D, Liénard E, Decors A, Patrelle C. 2016. *Ashworthius sidemi* Schulz, 1933 and *Haemonchus contortus* (Rudolphi, 1803) in cervids in France: integrative approach for species identification. *Infection, Genetics and Evolution* **46**:94-101.
- Leontovyč R, Košťáková M, Siegelová V, Melounová K, Pankrác J, Vrbová K, Kašný M. 2014. Highland cattle and *Radix labiata*, the hosts of *Fascioloides magna*. *BMC Veterinary research* **10**:1-8.



- Lockwood JL, Hoopes MF, Marchetti MP. 2013. Invasion ecology. John Wiley & Sons.
- Magdálek J, Bourgoïn G, Vadlejch J. 2022. Non-native nematode *Ashworthius sidemi* currently dominates the abomasal parasite community of Cervid hosts in the Czech republic. *Frontiers in Veterinary Science* **9**:862092.
- Magdálek J, Škorpíková L, McFarland C & Vadlejch J. 2023. An alien parasite in a changing world-*Ashworthius sidemi* has lost its traditional seasonal dynamics. *Frontiers in Veterinary Science* **10**.
- Malcicka M. 2015. Life history and biology of *Fascioloides magna* (Trematoda) and its native and exotic hosts. *Ecology and Evolution* **5**:1381-1397.
- Mendoza-de Gives P. 2022. Soil-Borne Nematodes: Impact in Agriculture and Livestock and Sustainable Strategies of Prevention and Control with Special Reference to the Use of Nematode Natural Enemies. *Pathogens* **11**:6-640.
- Morgan ER, Charlier J, Hendrickx G, Biggeri A, Catalan D, Von Samson-Himmelstjerna G, Demeler J, Müller E, Van Dijk J, Kenyon F, Skuce P, Höglund J, O'Kiely P, Van Ranst B, De Waal T, Rinaldi L, Cringoli G, Hertzberg H, Torgerson P, Wolstenholme A, Vercruysse J. 2013. Global Change and Helminth Infections in Grazing Ruminants in Europe: Impacts, Trends and Sustainable Solutions. *Agriculture* **3**:484-502.
- Moskwa B, Bień J, Goździk K, Cabaj W. 2014. The usefulness of DNA derived from third stage larvae in the detection of *Ashworthius sidemi* infection in *European bison*, by a simple polymerase chain reaction. *Parasites & vectors* **1**:1-5.
- Moskwa B, Bień J, Cybulska A, Kornacka A, Krzysiak M, Cencek T, Cabaj W. 2015. The first identification of a blood-sucking abomasal nematode *Ashworthius sidemi* in cattle (*Bos taurus*) using simple polymerase chain reaction (PCR). *Veterinary Parasitology* **106**-109.
- Ndlela B, Chimbari MJ. 2000. A preliminary assessment of the potential of the Muschovy duck (*Cairina moschata*) as a biocontrol agent of schistosomiasis intermediate host snails. *The Central African journal of medicine* **10**:271-275.
- Nehring S, Skowronek S. 2023. The invasive alien species of the union list of regulation (EU) no. 1143/2014-third update 2022.
- Normandeau J, Kutz SJ, Hebblewhite M, Merrill EH. 2020. Living with liver flukes: Does migration matter?. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife* **12**:76-84.
- Nosal P, Kowal J, Wyrobisz-Papiewska A, Chovancová G. 2021. *Ashworthius sidemi* Schulz, 1933 (Trichostrongylidae: Haemonchinae) in mountain ecosystems-a potential risk for the Tatra chamois *Rupicapra rupicapra tatica* (Blahout, 1971/1972). *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife* **14**:117-120.
- Novobilský A, Koudela B. 2005. Terapie a prevence fascioloidózy spárkaté zvěře-review. *Veterinářství* **55**:98-102.

- Okulewicz A. 2017. The impact of global climate change on the spread of parasitic nematodes. *Annals of parasitology* **1**:15-20.
- Oreshkova N, Molenaar RJ, Vreman S. 2020. SARS-CoV-2 infection in farmed minks, the Netherlands, April and May 2020. *Eurosurv* **25**:23-2001005.
- Plötz C, Rehbein S, Bamler H, Reindl H, Pfister K, Scheuerle MC. 2015. *Fascioloides magna*-epizootiology in a deer farm in Germany. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr* **128**:177- 82.
- Pointier JP, Coustau C, Rondelaud D, Theron A. 2007. *Pseudosuccinea columella* (Say 1817) (Gastropoda, Lymnaeidae), snail host of *Fasciola hepatica*: first record for France in the wild. *Parasitology Research* **5**:1389-1392.
- Polce C, Cardoso AC, Deriu I, Gervasini E, Tsiamis K, Vigiak O, Maes J. 2023. Invasive alien species of policy concerns show widespread patterns of invasion and potential pressure across European ecosystems. *Scientific Reports* **1**:8124.
- Popovici DC, Dărăbuș G, Marin AM, Ionescu O, Moraru MMF, Imre M, Mederle N. 2024. Identification and Molecular Characterization of Giant Liver Fluke (*Fascioloides magna*) Infection in European Fallow Deer (*Dama dama*) in Romania-First Report. *Microorganisms*.
- Poulin R. 2017. Invasion ecology meets parasitology: Advances and challenges, *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*.
- Prošek M. Jazykový koutek. Rozhlas, Invazní a invazivní - jaký je rozdíl ve významu těchto dvou slov?. Český rozhlas Plzeň. 17. 6. 2019. Dostupné z: <https://plzen.rozhlas.cz/invazni-a-invazivni-jaky-je-rozdil-ve-vyznamu-techto-dvou-slov-7964563>
- Pybus MJ, Monismith SW, Kocan AA. 2001. Parasitic diseases of wild mammals. Ames (IA): Iowa state university press.
- Radwan J, Demiaszkiewicz AW, Kowalczyk R, Lachowicz J, Kawałko A, Wójcik JM, Babik W. 2010. An evaluation of two potential risk factors, MHC diversity and host density, for infection by an invasive nematode *Ashworthius sidemi* in endangered *European bison* (*Bison bonasus*). *Biological conservation* **9**:2049-2053.
- Roeber F, Jex AR, Gasser RB. 2013. Next-generation molecular-diagnostic tools for gastrointestinal nematodes of livestock, with an emphasis on small ruminants: a turning point?. *Advances in Parasitology* **83**:267-333.
- Reiss AK. 2021. Der Amerikanischer Riesenleberegel (*Fascioloides magna*) im Gebiet Donau-Auen-eine Analyse nach Absetzen des Entwurmungsregimes Veterinärmedizinische Universität Wien.
- Rose H, Wang T, Dijk J & Morgan ER. 2015. GLOWORM-FL: a simulation model of the effects of climate and climate change on the free-living stages of gastro-intestinal nematode parasites of ruminants. *Ecological Modelling* **297**:232-245.

- Sattmann H, Hörweg C, Gaub L, Feix AS, Haider M, Walochnik J, Rabitsch W, Prosl H. 2014. Wherefrom and whereabouts of an alien: the American liver fluke *Fascioloides magna* in Austria: an overview. *Wiener klinische Wochenschrift* **126**:23-31.
- Seebens H, Bacher S, Blackburn TM, Capinha C, Dawson W, Dullinger S, Genovesi P, Hulme PE, Van Kleunen M, Kühn I, Jeschke JM. 2021. Projecting the continental accumulation of alien species through to 2050. *Global Change Biology* 970-982.
- Shafer M, Ojima D, Antle JM, Kluck D, McPherson RA, Petersen S, Scanlon B, Sherman K. 2014. Ch. 19: great plains. *Climate change impacts in the United States: The third national climate assessment* 441-461.
- Sindičić M, Davinack A, Bujanić M, Bugarski D, Mirčeta J, Ferroglio E, Konjević D. 2023. A new insight into genetic structure of Danube and Italian foci of fascioloidosis. *Veterinary Parasitology* **314**:109854.
- Slavica A, Florijančić T, Janicki Z, Konjević D, Severin K, Marinculić A, Pintur K. 2006. Treatment of fascioloidosis (*Fascioloides magna*, Bassi, 1875) in free ranging and captive red deer (*Cervus elaphus*) at eastern Croatia. *Veterinarski arhiv* 76.
- Stadalienė I, Höglund J, Petkevičius S. 2015. Seasonal patterns of gastrointestinal nematode infection in goats on two Lithuanian farms. *Acta Veterinaria Scandinavica* **57**:1-5.
- Stuen S, Ersdal C. 2022. Fasciolosis An Increasing Challenge in the Sheep Industry. *Animals*. **12**:1491.
- Šimonji K, Konjević D, Bujanić M, Rubić I, Farkaš V, Beletić A, Grbavac L, Kuleš J. 2022. Liver Proteome Alterations in Red Deer (*Cervus elaphus*) Infected by the Giant Liver Fluke *Fascioloides magna*. *Pathogens* **11**:1503.
- Tedeschi L, Biancolini D, Capinha C, Rondinini C, Essl F. 2022. Introduction, spread, and impacts of invasive alien mammal species in Europe. *Mammal Review* **2**:252-266.
- Trailović SM, Marinković D, Kulišić Z. 2016. Diagnosis and therapy of liver fluke (*Fascioloides magna*) infection in fallow deer (*Dama dama*) in Serbia. *Journal of wildlife diseases* **2**:319-326.
- Turner J, Howell A, McCann C, Caminade C, Bowers RG, Williams D, Baylis M. 2016. A model to assess the efficacy of vaccines for control of liver fluke infection. *Scientific reports* **6**:1-23345.
- Vadlejch J, Kyriánová IA, Rylková K, Zikmund M, Langrová I. 2017. Health risks associated with wild animal translocation a case of the *European bison* and an alien parasite. *Biological Invasions* **19**:1121-1125.
- Van Dijk J, Sargison ND, Kenyon F, Skuce PJ. 2010. Climate change and infectious disease: helminthological challenges to farmed ruminants in temperate regions. *Animal* **3**:377-392.
- Vercruyse J, Charlier J, Van Dijk J, et al. 2018. Control of helminth ruminant infections by 2030. *Parasitology* **145**:1655-1664.
- Weiskopf SR, Ledee OE, Thompson LM. 2019. Climate change effects on deer and moose in the Midwest. *The Journal of Wildlife Management* **4**:769-781.

Zafra R, Buffoni L, Pérez-Caballero R, Molina-Hernández V, Ruiz-Campillo MT, Pérez J, Martínez Moreno FJ. 2021. Efficacy of a multivalent vaccine against *Fasciola hepatica* infection in sheep. *Veterinary research* **52**:1-9.