

Univerzita Karlova v Praze
Pedagogická fakulta
Katedra biologie a environmentálních studií

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vývojová stádia motolic (Platyhelminthes: Trematoda) ve výuce

Larval Stages of Flukes (Platyhelminthes: Trematoda)
in Secondary School Education

Mgr. Hana Šulcová

Vedoucí práce: Mgr. Dagmar Říhová
Studijní program: Učitelství pro střední školy
Studijní obor: Učitelství všeobecně vzdělávacích předmětů
pro základní školy a střední školy biologie - chemie
Rok odevzdání: 2016

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma (Vývojová stádia motolic (Platyhelminthes: Trematoda) ve výuce) vypracovala pod vedením své vedoucí práce samostatně za použití uvedených pramenů a literatury. Dále prohlašuji, že tato práce, ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 15. 7. 2016

.....

Hana Šulcová

Poděkování:

Ráda bych zde poděkovala především své školitelce Mgr. Dagmar Říhové za cenné rady, podněty a nápady při zpracování mé diplomové práce a také za velkou pomoc při laboratorních pokusech a při školním hydrobiologickém praktiku.

Za doporučení Kunratické tůně jako výzkumné lokality patří velký dík PhDr. Petru Novotnému, Ph.D.

Touto cestou děkuji také paní Mgr. Dagmar Antošíkové za velkou pomoc při realizaci přírodovědného programu na své škole.

RNDr. Liboru Mikešovi, Ph.D. děkuji za podnětné rady k určování cercárií.

Vedení Genetické zahrady UK velice děkuji za povolení přístupu k vodní nádrži tohoto areálu.

Děkuji Mgr. Zdeňkovi Janovskému, Ph.D. za určení rostliny z Kunratické tůně.

Děkuji také všem, kteří mně při psaní této práce radou, povzbuzením či jinak pomohli a všem, kteří mně podporovali, hlavně mé rodině a přátelům.

Abstrakt

Paraziti jsou významnými činiteli, kteří formují vztahy v přírodě. Tato práce se zabývá zejména vývojovými stádii motolic (Platyhelminthes: Trematoda), především cercáriemi tzv. schistosom a sporocystami motolice podivné (*Leucochloridium paradoxum*) a jejich mezihostitelskými plži. Úvodní teoretické kapitoly se věnují především všeobecnému seznámení se s tématem, jako jsou základní pojmy a problematika výskytu motolic – schistosom ve světě i v našich vodách.

V rámci diplomové práce proběhl také výzkum čtyř pražských lokalit s výskytem vodních plžů, za účelem zjištění přítomnosti motolic a jejich morfologických typů. Pouze jedna lokalita nazvaná pro zjednodušení Kunratická tůň měla při svém osídlení druhem *Radix labiata* v průběhu sezóny roku 2015 zaznamenánu stálou přítomnost převážně echinostomních cercárií a v menší míře furkocercárií. Nalezeny byly také xiphidocercárie zejména u druhu *Lymnaea stagnalis* v jezírku Botanické zahrady UK a v Modřanských tůních. V nádrži Genetické zahrady UK nebyli objeveni motolicemi napadení plži. Přítomnost sporocyst motolice podivné (*Leucochloridium paradoxum*) byla potvrzena u některých jedinců suchozemského plže (*Succinea putris*) v Modřanských tůních.

Ověřený postup extrakce cercárií je uveden v metodice této práce a dále pak rozpracován pro potřeby škol v metodické příručce pro učitele. Důraz je kladen zejména na využitelnost pro pedagogy, zájem dětí o danou problematiku, případně seznámení širší veřejnosti s tímto tématem.

Klíčová slova

motolice, schistosomy, plži, cercárie, cercáriová dermatitida

Abstract

The parasites are one of the most important factors that shape relationships in the nature. This thesis deals mainly with developmental stages of trematodes (Platyhelminthes: Trematoda), especially the cercariae of so-called Schistosomes and sporocysts of *Leucochloridium paradoxum*, as well as with and their intermediate host – freshwater snails. Introductory chapters are focused on general introduction into the topic, such as basic terminology or occurrence issue of trematodes (mainly schistosomes) in the world and in the Czech Republic.

In order to determine larval stages of flukes and their morphological types, the research was conducted in four Prague localities with known presence of aquatic snails. Only in one site, Kunratická tůň Pond, the constant presence of echinostomous cercariae (and in lesser extent also furcocercariae) in *Radix labiata* was recorded during summer season of 2015. In small pond in the Botanical Garden of the Natural Sciences Faculty of Charles University and in Modřanské tůně Ponds, xiphidocercarie in *Lymnaea stagnalis* were found. No cercarie were detected in the pond in the Genetic garden of Charles University. The presence of *Leucochloridium paradoxum* in the European Amber Snail *Succinea putris* was confirmed in the vicinity of Modřanské tůně Ponds.

The verified methodology of cercariae extraction procedure is available in the methodological part of this thesis, moreover it is further specified as a methodological manual for high-school teachers. The usability of this manual for teachers, children interested in the topic as well as for the general public is emphasized.

Keywords

flukes, schistosomes, snails, cercariae, cercarial dermatitis

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Cíle práce	10
3	Motolice a schistosomy	11
3.1	Stádia životního cyklu schistosom	12
3.1.1	Miracidium.....	14
3.1.2	Sporocysta	15
3.1.3	Cerkárie	16
3.1.4	Schistosomula	18
3.2	Problematika schistosom ve světě.....	21
3.3	Schistosomy jako součást naší fauny	23
3.4	Cerkáriová dermatitida.....	25
3.4.1	Příznaky a léčba	25
3.4.2	Výskyt.....	27
3.4.3	Kontrola a prevence	29
3.5	Motolice rodu <i>Leucochloridium</i>	31
4	Metodika	34
4.1	Studované druhy plžů	34
4.2	Zkoumané lokality	40
4.3	Průběh pokusu	42
4.4	Extrakce cercárií z vodních plžů	43
4.5	Vlastní metodika extrakce cercárií.....	45
4.6	Nalezené morfotaxy motolic.....	47
5	Výsledky.....	49
5.1	Kunratická tůň	51
5.2	Botanická zahrada UK	53
5.3	Genetická zahrada UK	54
5.4	Modřanské tůně.....	55
6	Diskuse.....	60
6.1	Posouzení metodiky.....	60
6.2	Posouzení výsledků.....	62

7	Metodická příručka pro pedagogy.....	66
7.1	Hydrobiologické praktikum	68
7.1.1	Výběr vhodné lokality	68
7.1.2	Příprava.....	69
7.1.3	Vlastní průběh praktika	70
7.2	Výzkum motolic ve školních podmínkách.....	74
7.2.1	Příprava.....	74
7.2.2	Sestrojení „extraktoru“	75
7.2.3	Úvod do problematiky cercárií	76
7.2.4	Výzkum cercárií	83
7.2.5	Realizace metodiky	84
8	Závěr	89
9	Literatura.....	91
10	Přílohy	100

1 Úvod

Parazitické organismy jsou nedílnou součástí přírodních vztahů a podílejí se na jejich dalším utváření. Z hlediska koevoluce, kdy se parazitický druh snaží překonat přizpůsobení či obranu hostitelského, dosáhli paraziti výrazného posunu, často za redukce svých těl. Proto byla většina parazitů dříve považována za primitivní organismy. Dnes se již paraziti dostávají do popředí vědeckého zájmu a je jim přiznáván zásadní vliv na život na Zemi. Všeobecně uznávanou teorií je velmi pravděpodobný vliv parazitů na vznik pohlavního rozmnožování organismů (např. Ridley 2007, Lively 2009).

Prokázán je také vliv některých parazitů na chování svého hostitele, aby to vyhovovalo jeho potřebám. Příkladem může být známá nemoc toxoplazmóza, kterou způsobuje prvok *Toxoplasma gondii*. Nakažené myši nebo jiní drobní savci, kteří jsou obvyklými mezihostiteli tohoto parazita, mají prokazatelně odlišné vlastnosti oproti zdravým jedincům svého druhu. Například hyperaktivita, snížené senzomotorické reakce, horší prostorová orientace a dokonce i jiný pach je činí snadnější kořistí koček – svých definitivních hostitelů (Zimmer 2005, Flegr 2007, Kannan *et al.* 2010).

Téměř každý druh na naší planetě má své specifické i nespecifické parazity člověka nevyjímaje. Jednou z nejčastějších příčin parazitární nákazy lidí je kontakt s vodou, která obsahuje některá infekční stádia parazitů (Grimes *et al.* 2015). Děje se tak zejména v oblastech s nedostatkem nezávadné a pitné vody v kombinaci s celkově špatnými hygienickými podmínkami (např. Nishimura *et Hung* 1997). Celosvětově je tedy tento problém převážně v tropických rozvojových zemích, přičemž je umocněn vlivem podnebí těchto oblastí, které je z hlediska výskytu druhů parazitů a jejich množství nejvhodnější.

V České republice se také setkáváme s parazitickými onemocněními, kdy k nákaze dochází kontaktem s vodou. V poslední době se do popředí zájmu veřejnosti dostává problematika dermatitidy vzniklá koupáním v některých přírodních vodních plochách, jako jsou rybníky, jezera a jiné nádrže (Horák *et* Kolářová 1994). Častým původcem kožních problémů jsou tzv. cercárie – larvální stádia některých druhů motolic, která pronikají kůží a mohou způsobit rozsáhlé kožní léze. S podobnými problémy, jako se vyskytují u lidí, se přitom mohou potýkat také domácí zvířata – hlavně psi, případně chovný dobytek s přístupem k vodě s infekčními stádii parazitů (Moendeg *et al.* 2015). Proto se tato onemocnění řadí i k veterinární problematice (Hanzlicek *et al.* 2011).

2 Cíle práce

Tato diplomová práce má za cíl seznámit děti, učitele a potažmo širší veřejnost se současnou problematikou motolic z čeledi Schistosomatidae (tzv. schistosom) v naší krajině a částečně i ve světě. Poukazuje zejména na složitý životní cyklus schistosom, a to jak z hlediska jednotlivých vývojových stádií, tak ze strany mezihostitelů a definitivních hostitelů. V rámci pochopení uvedených vztahů mezi těmito organismy vysvětluje vznik a průběh cercáriové dermatitidy a včetně její prevence.

Jedním z cílů této práce je také upozornit na možnost výzkumu vodních plžů jako mezihostitelů ptačích druhů schistosom jednoduchou neinvazivní metodou s použitím běžně dostupných pomůcek. Součástí tohoto procesu se může stát všeobecné hydrobiologické praktikum. Dalším cílem je proto vytvoření názorného návodu zmíněného výzkumu formou metodické příručky, která by byla využitelná v praxi hlavně pro učitele základních či středních škol a případně pro lektory výukových programů ekocenter.

V neposlední řadě je cílem této práce poukázat na složité vztahy mezi různými organismy v přírodě, jejich provázanost a také na roli, kterou v nich paraziti mají.

3 Motolice a schistosomy

Dosud bylo popsáno přibližně 8000 druhů motolic, které jsou systematicky řazeny do kmene ploštěnci (Platyhelminthes). Třída motolice (Trematoda) se dále rozděluje na dvě podtřídy Aspidogastrea a Digenea. První z nich (Aspidogastrea) je poměrně málo početná a zahrnuje zejména parazity měkkýšů, paryb, kostnatých ryb a želv. Výrazná většina motolic patří do podtřídy Digenea. Kromě početného zastoupení parazitů ryb jsou zde zastoupeni také druhy parazitující u ptáků a savců, a řadí se tak mezi medicínsky významné původce chorob člověka i zvířat (Volf *et al.* 2007).

Mezi digenetické motolice patří také čeleď Schistosomatidae – tzv. schistosomy (česky také nazývané krevničky). Vyznačují se zejména složitými vývojovými cykly, které mohou zahrnovat dva i více hostitelů. Jsou to gonochoristé, čímž se spolu s čeledí Didymozoidae liší od všech ostatních hermafroditických druhů motolic (LoVerde *et al.* 2004, Moné *et Boissier* 2014).

Čeleď Schistosomatidae se dále člení na dvě skupiny podle toho, na jakém místě v těle konečného hostitele tyto parazity žijí. První skupina zahrnuje druhy viscerální, které se nacházejí převážně v cévách nebo tkáních vnitřních orgánů. Do druhé skupiny patří nazální druhy parazitující hlavně v cévách a tkáních nosní dutiny (Horák *et al.* 2015).

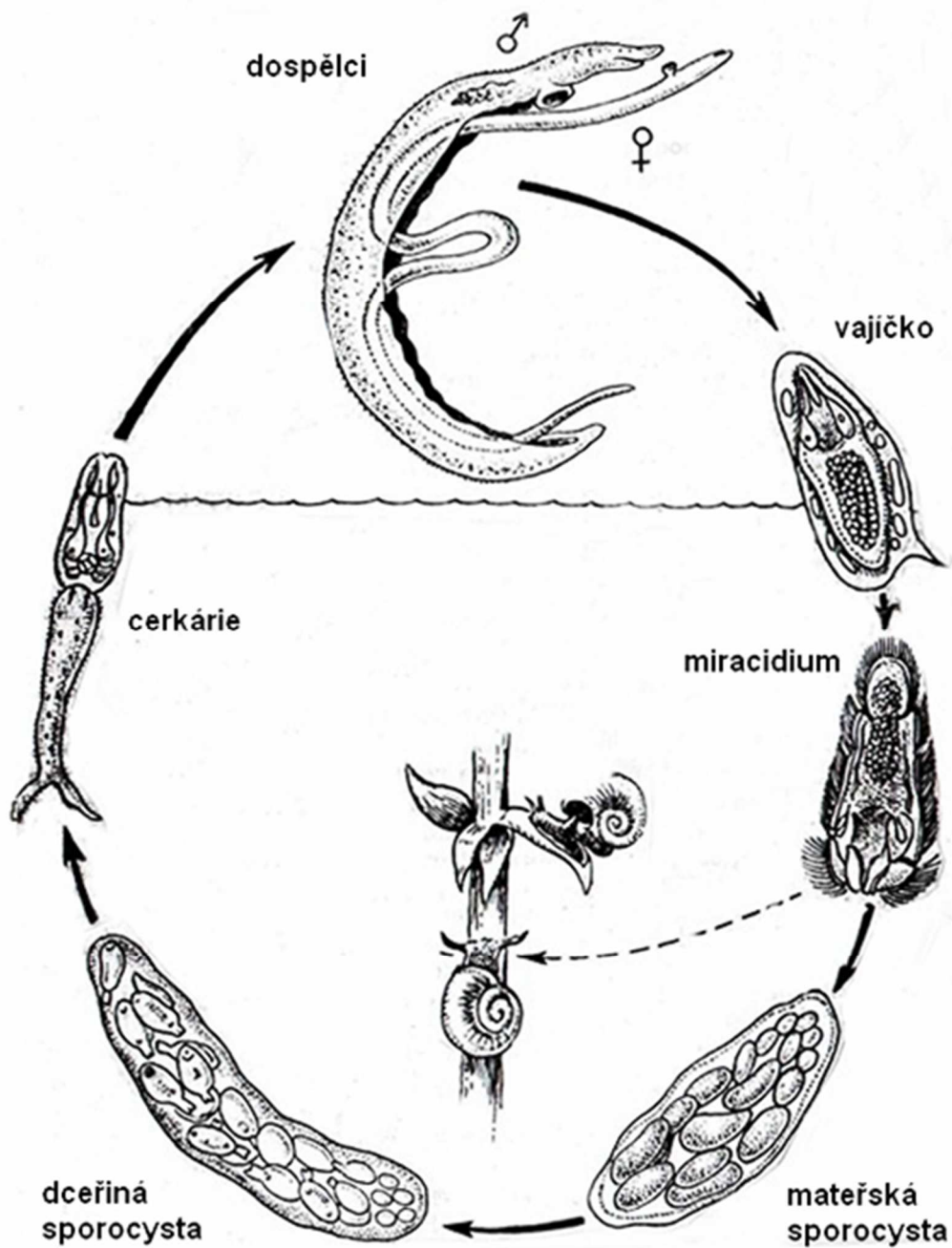
3.1 Stádia životního cyklu schistosom

Pro čeled' Schistosomatidae jsou typické dvouhostitelské cykly, které zahrnují nejprve studenokrevného bezobratlého mezihostitele a posléze teplokrevného obratlovce, jako definitivního hostitele (obr. 1). Dochází ke střídání volných infekční stádií se stádií uvnitř hostitele a také ke změně způsobu rozmnožování. V mezihostiteli se parazit množí nepohlavně, zatímco v definitivním hostiteli pohlavně (např. LoVerde *et al.* 2004).

Dospělé schistosomy se vyznačují výrazným pohlavním dimorfismem. Samičky jsou obvykle dlouhé a úzké s kruhovým průřezem těla. Samečci oproti tomu mají tělo kratší a zploštělé, přičemž jsou ale celkově větší než samičky. Na ventrální straně těla samečků se nachází *canalis gyneacophorus* – tzv. břišní rýha, ve které je uložena samička a dochází zde ke kopulaci (Morand *et Müller-Graf* 1999).

Oplozené samičky kladou do okolních cév a tkání velké množství vajíček (obr 3), kterých denně mohou být stovky až tisíce v závislosti na konkrétním druhu schistosomy (Fan *et Kang* 2003, Colley *et al.* 2014). Vajíčka, která mohou mít druhově charakteristické trny (Kenneth *et Warren* 1966), poté opouští tělo hostitele různou cestou podle toho, o jakou skupinu schistosom se jedná. Viscerální druhy většinou využívají vylučovací nebo trávicí soustavu hostitele, a vajíčka se tak dostávají ven z těla hostitele s močí či výkaly (např. Southgate *et al.* 1994). U nazálních druhů se pravděpodobně jedná o vyloučení vajíček spolu s výměškou nosní dutiny (Horák *et al.* 1998).

Aby mohl životní cyklus pokračovat, musí se vajíčka schistosom nezbytně dostat do vody (LoVerde *et al.* 2004). Ve vajíčku se někdy ještě v původním hostiteli, nebo až poté, co se dostane do vnějšího prostředí, začne vyvíjet první larvální stádium zvané miracidium. Vajíčka, která dosahují velikosti řádově v desetinných milimetru, jsou inoperkulátní (bez víčka), proto jejich stěna proto musí prasknout, aby se miracidium mohlo dostat ven (Volf *et al.* 2007).



Obr. 1 Schéma životního cyklu schistosom; jednotlivá stádia cyklu a mezihostitel (vodní plž); (převzato z MMF; upraveno)

3.1.1 Miracidium

K líhnutí miracidia dochází ve vodě vlivem změny chemismu prostředí, zejména v reakci na světlo, teplotu, obsah kyslíku a osmotické parametry vody (Bulantová *et al.* 2011). Výjimku tvoří některé nazální druhy parazitující ve vodních ptácích (např. *Trichobilharzia regenti*), u kterých se miracidia z vajíčka líhnou už v nosní dutině vlivem izotonického prostředí, které tam panuje (Horák *et al.* 1998).

Miracidium (obr. 4) je mikroskopický organismus velikosti řádově setin až desetín milimetru, který nepřijímá potravu a dokáže se pohybovat pomocí brv. Pokud miracidium nenajde svého hostitele dříve, než vyčerpá své zásoby glykogenu, hyne. U některých druhů schistosom mají miracidia stylet, což je drobný sklerotizovaný osten v přední části těla, který jim usnadňuje průnik do těla plže, a existují také druhy schistosom, které mají miracidia se světločivnými pigmentovými skvrnami, jejichž pomocí se mohou částečně orientovat (Volf *et al.* 2007). Ale i miracidia bez přesně diferencovaných světločivných orgánů mohou reagovat na světlo (negativní nebo pozitivní fototaxe), a také na svou pozici vůči zemské gravitaci (geotaxe), přičemž těchto vlastností využívají k nalezení svého mezihostitele (Christensen 1980).

Další smyslovou vlastností miracidia je orientace pomocí chemoreceptorů (chemotaxe). Ve vodě toto larvální stádium rozpoznává molekulovou stopu svého mezihostitele, kterým je v naprosté většině případů vodní plž, výjimečně mlž (např. Chubb *et al.* 2009). Z výzkumů vyplývá, že se miracidium orientuje pravděpodobně především stopou glykoproteinů, které jsou obsaženy ve slizu plžů (Kalbe *et al.* 2000). V okamžiku, kdy se miracidium přiblíží k plži, přichytí se na jeho povrchu a pomocí speciálních enzymů (proteáz) obsažených v apikálních žlázách, pronikne do těla mezihostitele (Buzzel 1983). Většina larválních stádií motolic a schistosom je schopna dalšího vývoje pouze v jednom nebo několika příbuzných druzích plžů. Tato specifita je podmíněná imunitním systémem plžů (např. Gourbal *et al.* 2015).

3.1.2 Sporocysta

Poté, co miracidium penetruje do přístupné části plže (hlava, svalnatá noha, případně plášť) (Horák *et al.* 2002), přemění se na mateřskou sporocystu, která je nazývána také primární. Miracidium nejprve svléká povrchové ciliární destičky (obr 4) a celý jeho zbylý povrch expanduje. Zároveň se buňky povrchu spojují zánikem buněčných membrán a tvoří se povrchové syncytium – neodermis (Horák *et Kolářová* 2005). Vzniklá sporocysta je dalším larválním stádiem schistosom. Po svém vzniku většinou zůstává v tkáni poblíž místa penetrace (Negrão-Corrêa *et al.* 2007), ale malá část jich také migruje do trávicího či pohlavního systému plže (Horák *et al.* 2002).

Mateřská sporocysta má oválný protáhlý tvar a je ohraničena tegumentem (neodermis), přes který získává výživu z okolních hostitelských tkání. Po uplynutí 12–30 dní od svého vzniku (Bulantová *et al.* 2011) začne mateřská sporocysta produkovat ze zárodečných buněk dceřiné sporocysty, které aktivně migrují do místa své definitivní lokalizace, kterým je obvykle hepatopankreas (Horák *et al.* 2002). Dceřiné (sekundární) sporocysty mají většinou oválný protáhlý tvar, ale mohou být i vláskovité nebo rozvětvené. V hepatopankreatu se co nejvíce dotýkají svým povrchem okolní hostitelské tkáně, ze které velmi intenzivně čerpají živiny a zároveň vylučují látky, které plži škodí (Negrão-Corrêa *et al.* 2007).

Zárodečné buňky v dceřiných sporocystách produkují další generace sporocyst. Dochází tak k namnožení parazita v těle meziphostitele, a dceřiné sporocysty se postupně dostávají do celé tkáně hepatopankreatu (Volf *et al.* 2007). Jedná se o nepohlavní rozmnožování, a všechny larvy vznikající z mateřské sporocysty jsou proto genetické klony. Po určité době začnou dceřiné sporocysty produkovat další larvální stádia schistosom zvaná cercárie (LoVerde *et al.* 2004).

3.1.3 Cerkárie

Cerkárie aktivně migrují z plže do vodního prostředí, případně mohou být plžem pasivně vyloučeny dýchacím otvorem (pneumostomem). Sporocysty v plži neustále dotvářejí nové cercárie, dochází tak k jejich periodické produkci (Aldhoun *et al.* 2012). Obvykle je jich velké množství, některé druhy mohou vyprodukovat tisíce i desetitisíce cercárií denně (Volf *et al.* 2007). Známa je také reakce cercárií na světlo a teplo, proto tato stádia aktivují v závislosti na denní i roční době (např. Žbikowska 2004). Experimentálně byly cercárie pozorovány nejčastěji v časovém rozmezí mezi 11. až 15. denní hodinou (Mintsa-Nguéma *et al.* 2014).

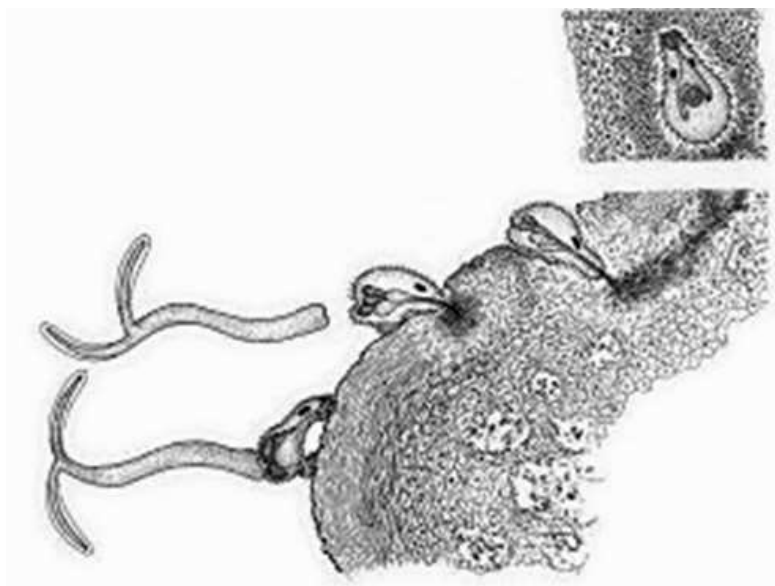
Velikost cercárií (obr 5) se pohybuje od řádově desetin milimetru po více než jeden milimetr v závislosti na druhu schistosomy. Toto larvální stádium má zpravidla oválné tělo, které je základem pozdější dospělé motolice, a ocásek, který slouží k pohybu ve vnějším prostředí. Tělo cercárie nese druhově charakteristické znaky, jako jsou přísavky, trny (Dorsey *et al.* 2002). Některé druhy schistosom mají stejně jako v případě miracidíí stylet (He *et al.* 2005) nebo světločivné skvrny (van de Roemer *et Haas* 1984). Cercárie mají již vyvinuté některé tělní soustavy, například plaménkové buňky exkreceční soustavy, základy pohlavních orgánů nebo trávicí soustavu. Potravu ale nepřijímají a volně přežijí jen do té doby, dokud jim vystačí zásoby glykogenu, které získaly během vývoje uvnitř sporocysty (Horák *et al.* 2002).

Cerkárie jsou infekční stádia schistosom. Ve vodním prostředí aktivně hledají svého definitivního hostitele, kterým je teplokrevný obratlovec (pták, savec). Orientují se pomocí fyzikálních a chemických podnětů například podle změny teploty vody v blízkosti hostitele, a také podle sloučenin vylučovaných kůží hostitele (Haas *et van de Roemer* 1998). Především se jedná o povrchové lipidy (ceramidy), cholesterol, a také mastné kyseliny, které podněcují penetraci cercárie do hostitele (Horák *et Kolářová* 2005). Protože se tyto látky často shodně vyskytují u ptáků i u savců a současně specifita cercárií vůči konečnému hostiteli je nižší než

u miracidia, dochází v některých případech k nákaze savců ptačími druhy schistosom (Horák *et al.* 2002).

Tělo cercárie obsahuje speciální žlázné buňky s enzymy (např. peptidázy) a dalšími látkami, které slouží k přichycení se k pokožce hostitele, k narušení jejího povrchu a posléze k samotnému průniku do těla hostitele (He *et al.* 2005). Žlázné buňky jsou obvykle mohutné, zaujímají až třetinu objemu těla cercárie (Ligasová *et al.* 2011). Celkem jich je pět párů a souhrnně se nazývají acetabulární. Podle svého umístění vůči břišní přísavce (acetabulu) jsou tyto žlázy ještě rozdělovány na cirkumacetabulární (2 páry) a postacetabulární (3 páry) (Dorsey *et al.* 2002).

Pro penetraci cercárie vyhledávají vhodná místa na těle hostitele a pronikají neporušenou pokožkou (LoVerde *et al.* 2004). Preferují většinou záhyby kůže, ale infikují i volná místa nebo vyústění vlasových folikulů (Haas *et Haerberlein* 2009). Látky z acetabulárních žláznových buněk naruší povrch na těle hostitele a cercárie se penetračními pohyby dostává dovnitř hostitele. V průběhu procesu penetrace cercárie odvrhuje ocásek a mění se stádium nazývané schistosomula (obr. 2).



Obr. 2 Zobrazení procesu průniku cercárie do pokožky hostitele za vzniku schistosomuly (Horák *et al.* 2002; upraveno)

3.1.4 Schistosomula

Penetrace cercárie do pokožky probíhá obvykle pod úhlem 40° (He *et al.* 2005) a může trvat od několika vteřin (Haas *et Haeberlein* 2009) po desítky minut (He *et al.* 2002), přičemž v pokožce může zůstat další hodiny i dny (He *et al.* 2005). Nově vzniklá schistosomula se musí vyrovnat se změnou prostředí, například s nárůstem salinity, změnou teploty a přítomnosti obranných látek hostitele. Proto schistosomula odvrhne svou nejsvrchnější vrstvu – glykokalyx, který chrání cercárie ve vnějším prostředí, ale v hostiteli reaguje silně imunogenně (Horák *et Kolářová* 2005). Zbylý povrch schistosomuly poté tvoří dvouvrstevná membrána tegumentu, jejíž svrchní vrstva je periodicky obměňována spolu s protilátkami, které jsou na povrchu navázané. Tímto způsobem se schistosomuly, a později také dospělci dokážou neustále vyhýbat imunitního systému hostitele (Volf *et al.* 2007).

Schistosomula viscerálních druhů schistosom pak postupně migruje pokožkou do krevní nebo lymfatické kapiláry a odtud putuje krevním řečištěm přes pravou část srdce až do plic (Horák *et al.* 2002). Nazální schistosomy migrují z pokožky hostitele cestou periferních nervů a poté centrální nervovou soustavou do nosní dutiny, kde dospějí (Horák *et Kolářová* 2005).

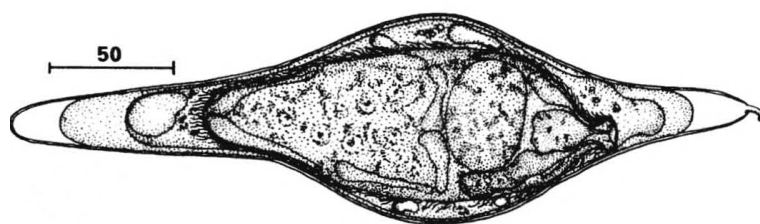
Schistosomy, které se dostanou do plic, zde zůstávají několik dní, a zde také dochází k jeho první akumulaci v těle hostitele (Chanová *et al.* 2007). Po nějaké době schistosomuly opouští cévy a žijí v plicním alveolu a posléze se vrací zpět do krevního řečiště. Tuto fázi část parazitů nepřežije (Horák *et al.* 2002). Schistosomula během období, které zůstává v plicích, zvětšuje svou velikost z přibližně 300–400 µm na 800–1000 µm a živí krví hostitele. Důkazem toho jsou tmavé pigmenty uvnitř schistosomuly, které představují výsledek trávení hostitelových červených krvinek (Horák *et Kolářová* 2000).

Schistosomuly po nějaké době opouštějí oblast plic a putují cévním systémem přes levou část srdce do portálního systému vrátnicové žíly poblíž jater, kde ve většině případů znovu akumulují (Horák *et al.* 2002). Krev zde je bohatá na živiny

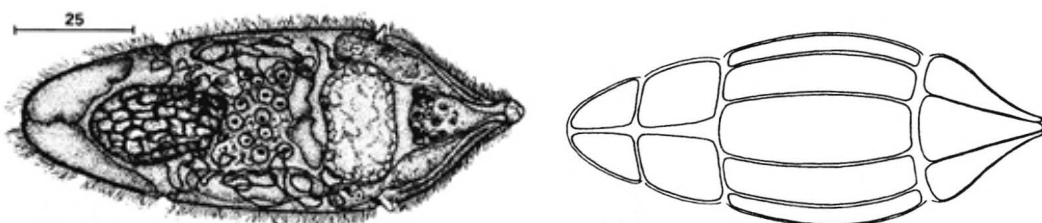
a její složení je stimulem pro rapidní růst schistosom z velikosti kolem 400 μ až na 5–11 mm v závislosti na druhu schistosomy. Na povrchu těla parazitů se objevují drobné trny, dotváří se tělní přísavky (acetabula) a postupně se dokončí vývoj všech orgánových soustav (LoVerde *et al.* 2004). V nekompatibilních hostitelích vývoj schistosomuly dál nepokračuje. Parazit pravděpodobně hyne v důsledku jeho „objevení“ imunitním systémem hostitele, případně kvůli nedostatku některých esenciálních nutričních látek (Horák *et* Kolářová 2000).

Schistosomuly ve vhodném hostiteli pokračují ve vývoji a dospívají. V portálním systému hostitele je obvykle víc samečků než samic (Silva-Leitão *et al.* 2009). Důvodem mohou být mohutnější těla samečků, která pravděpodobně lépe odolávají toku krve (Beltran *et* Boissies 2010). Případně je také možné, že jsou samičky náchylnější na objevení imunitním systémem hostitele (Silva-Leitão *et al.* 2009). Vyšší četnost samečků vede ke kompetici mezi nimi. Úspěšnější, tedy pravděpodobně silnější a větší samečci pak vytvoří monogamní páry s přítomnými samicemi, čímž je zajištěno co nejlepší potomstvo v další generaci (Beltran *et* Boissies 2010).

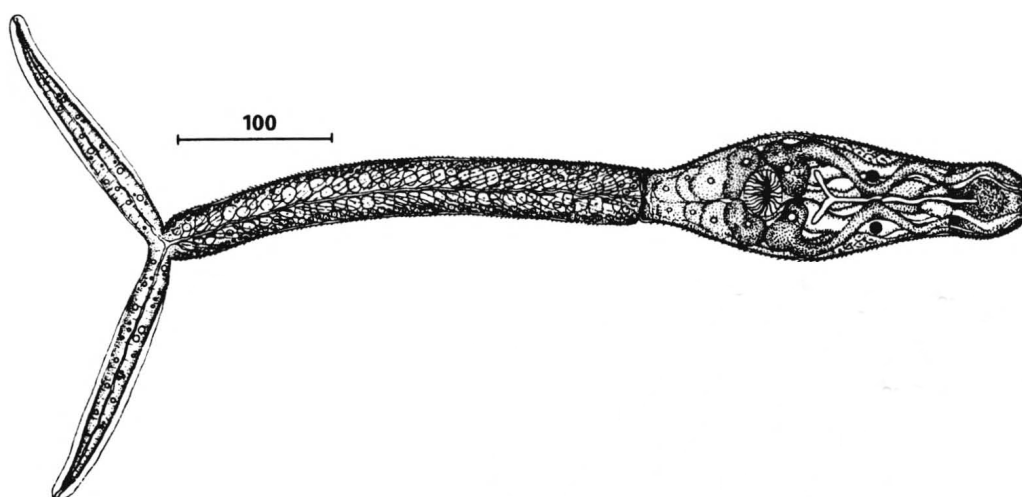
Samice nejsou v době vzniku párů ještě pohlavně zralé. Samečci je sevrou ve své břišní rýze a společně migrují krevním řečištěm na místa definitivní lokalizace dané druhem schistosomy. Samice zde dospějí a posléze kladou vajíčka. Pokud se do těla hostitele dostanou pouze samičí cercárie, zůstávají samice v portálním systému hostitele a nikdy nedospějí. Pokusně odebrané pohlavně zralé samice umístěné do jiného hostitele nekladou vajíčka a navrací se k původním nedospělým znakům. Přítomnost samečků je tedy nezbytná pro dokončení vývoje samice (Southgate *et al.* 1998).



Obr. 3 Vajíčko (*Trichobilharzia regenti*); (Horák 1998; upraveno)



Obr. 4 Miracidium (*Trichobilharzia regenti*) (vlevo), schema rozložení cilliálních desek miracidia (vpravo); (Horák 1998; upraveno)



Obr. 5 Cercárie (*Trichobilharzia regenti*); (Horák 1998; upraveno)

3.2 Problematika schistosom ve světě

Po malárii je druhým nejvýznamnějším parazitárním onemocněním člověka na světě schistosomóza (dříve označovaná jako bilharzióza) (WHO 2016). Jejími původci jsou obvykle viscerální druhy schistosom, které preferují za své definitivní hostitele savce. Schistosomóza je nejčastěji způsobena pěti druhy z rozsáhlého rodu *Schistosoma*: *S. mansoni*, *S. japonicum*, *S. mekongi*, *S. intercalatum* a *S. haematobium* (McManus *et* Loukas 2008). Nejvíce postižené jsou tropické a subtropické oblasti světa s vhodnými podmínkami pro šíření.

K nákaze dochází kontaktem s vodou, která obsahuje infekční stádia schistosom – cercárie. Ty následně aktivně vyhledávají svého definitivního hostitele, penetrují jeho kůži a dostávají se do krevního řečiště (např. LoVerde *et al.* 2004). V průběhu onemocnění dochází v závislosti na specializaci konkrétního druhu schistosomy k napadení urogenitálního systému (např. *S. haematobium*) nebo trávicí soustavy (např. *S. japonicum*), případně jater nebo i nervové soustavy. Hlavními příznaky schistosomózy jsou obvykle horečky, průjmy, bolesti a záněty kůže (Arora *et* Arora 2010, Baroum *et al.* 2013), a k tomu často přidružené zvětšení jater a sleziny (hepatosplenomegalie) a zvětšení lymfatických uzlin (lymfadenopatie) (Török *et al.* 2009).

Parazité ve svém hostiteli dospějí a jejich vajíčka odchází spolu s močí či stolicí napadeného jedince. V případě, že se vajíčka těchto motolic dostanou do vody, vylíhnou se z nich první stádia, která aktivně vyhledají vodního plže (obvykle rodu *Bulinus* nebo *Biomphalaria*), a celý cyklus se opakuje. Dospělé schistosomy ve svém hostiteli produkují nadměrné množství vajíček, která škodí a tvoří hlavní patogenní činitele tohoto onemocnění (Colley *et al.* 2014). Vajíčka se v těle hromadí, a jsou také roznášena krevním řečištěm do okolních tkání, kde způsobují záněty – granulomy (Kenneth *et* Warren 1966). Nejčastěji jsou takto napadeny blízké vnitřní orgány, jako jsou střeva, játra, nebo slinivka břišní. Podle některých výzkumů při experimentálním nakažení myši, byla vajíčka schistosom v menší

míře nalezena například také v ledvinách, mozku, žaludku, jícnu, srdci a lymfatických uzlinách (Fan *et* Kang 2003, Baroum *et al.* 2013). Některé druhy schistosom (např. *Schistosoma mansoni*) mají vajíčka s ostny, které navíc zraňují okolní tkáň při svém průchodu. Chronické záněty a četná poranění mohou vést v některých případech až ke vzniku v karcinomu napadené tkáně (např. Kiremit *et al.* 2015).

Schistosomóza je problémem zejména pro svůj chronický charakter. Dlouhá životnost vajíček i dospělců (Kenneth *et* Warren 1966, Zimmer 2005) v těle a zároveň nemožnost kontaktu s jinou než závadnou vodou způsobují prakticky stálou nákazu většiny obyvatel. K tomu přispívá i chov dobytka v daných oblastech, kdy zvířata slouží jako rezervoár tohoto onemocnění (Phiri *et al.* 2007). Lidé z těchto oblastí jsou kvůli chronické schistosomóze často úplnému vyřazení z pracovního procesu, což vede ke značným ekonomickým ztrátám (např. Blas *et al.* 2006).

Podle statistik světové zdravotnické organizace (World Health Organization) bylo schistosomózou v roce 2013 nakaženo přes 261 milionů lidí, přičemž z toho téměř 90 % žije v Africe. Současně 600 milionů osob je nákazou ohroženo a úmrtnost vlivem schistosomózy je přibližně 1 milion lidí ročně (WHO 2016). Světová zdravotnická organizace vede dlouhodobý program pomoci, který zahrnuje přísun léků nemocným a stará se také o osvětu prevence onemocnění zejména nejpostiženějších oblastech (Weekly epidemiological record 2015).

V České republice je výskyt tohoto onemocnění velice vzácný. Přesto byly diagnostikovány ojedinělé případy v souvislosti s rozvojem a dostupností turistiky do zemí, kde se schistosomóza běžně vyskytuje. Mírný nárůst takovýchto případů s původci nákazy ze zahraničí je proto předpokládán (Förstl 2003).

3.3 Schistosomy jako součást naší fauny

Schistosomy se vyskytují také v našem klimatickém pásu. Jedná se převážně o parazity, jejichž definitivními hostiteli jsou vodní ptáci. Na území České republiky se vyskytují přibližně tři desítky druhů ptačích schistosom (Mikeš 2001). Mezi nimi jsou zastoupeny viscerální druhy schistosom (např. *Trichobilharzia mergi*, *T. szidati*), které nakaženému vodnímu ptactvu způsobují onemocnění trichobilharziózu, která má obdobné příznaky, jaké v tropech způsobuje schistosomóza savců, tedy krvácení, průjmy, ucpání střev apod. (Kolářová *et al.* 2013a). Na našem území se vyskytují i nazální druhy schistosom například druh *Trichobilharzia regenti* objevený v jižních Čechách (Horák *et al.* 1998).

Životní cyklus ptačích schistosom zahrnuje vodní plže jako mezihostitele. V evropských podmínkách jsou to obvykle plži čeledi plovatkovití (Lymnaeidae), například plovatka bahenní (*Lymnaea stagnalis*), uchatka nadmutá (*Radix auricularia*) a okružákovití (Planorbidae), např. okružák ploský (*Planorbarius corneus*), terčovník vroubený (*Planorbis planorbis*) a svinutec sploštělý (*Anisus vortex*) (Žbikovska 2004, Zikmundová *et al.* 2014).

Parazité uvnitř plžů mohou své mezihostitele zásadně ovlivňovat. Miracidia schistosom proniknou z vodního prostředí do plže a z obrvené larvy se v plži tvoří mateřská sporocysta a později dceřiné sporocysty. Tato stádia se usadí ve vnitřních orgánech plže, zejména v hepatopankreatu, ale i v dalších tělních soustavách, přičemž část sporocyst schistosom obvykle zasahuje i pohlavní systém plže (Horák *et al.* 2002). Po uplynutí období, kdy se parazit v těle mezihostitele aklimatizuje a množí, dochází postupně k redukci samčích pohlavních orgánů plže. Také produkce jejich vajíček se téměř nebo úplně zastavuje (Crews *et Yoshino* 1989). Tyto zásahy do organismu plže způsobují neschopnost plže rozmnožovat se obecně nazývanou jako parazitická kastrace (např. Lafferty *et Kuris* 2009, Horák *et Kolářová* 2011).

Schistosomy také ovlivňují chování svých meziphostitelů. Napadený plž se například vyznačuje výraznou redukcí svých pohybů za spotřeby stejného množství potravy, jaké obvykle konzumují nenapadení jedinci. Část uspořené energie je využita parazitem pro své životní procesy a zbylá část zůstává plži. V celkové bilanci se nadbytek energie z potravy, redukce pohybu a sterilita plže, která také vede k úspoře vydané energie, projeví nadměrným růstem plže. V souvislosti s tím se hovoří o tzv. gigantismu plžů (Mouritsen *et* Jensen 1994).

Významná je také souvislost výskytu schistosomami nakažených plžů v závislosti na teplotě vody. Při vyšších teplotách se larvální stádia schistosom rychleji vyvíjejí a opouštějí své meziphostitele (např. Poulin 2006). Přitom dochází k drobným poraněním tkání plže, která ale při masivní nákaze mohou plže i zahubit (Horák *et al.* 2002). V chladnější vodě, kdy se cercárie tvoří pomaleji, je pravděpodobnost úhynu plže menší. Proto se někteří nakažení plži vyskytují spíše v chladnější vodě, kdy rozdíl teploty vůči místům výskytu zdravých jedinců činí až pět stupňů (Žbikowská 2004). Z hlediska parazita je přežití plže také výhodné, proto je pravděpodobné, že schistosomy samy manipulují plže do míst s nižší teplotou vody (Horák *et* Kolářová 2011).

Množství nakažených plžů v rámci vodní plochy nebývá velké. Pohybuje se obvykle do 5 % nakažených plžů (např. Loy *et* Haas 2001, Žbikowská 2004). Souvisí to pravděpodobně s vysokou specifitou schistosom vůči druhu plže, a částečně také s rezistencí některých druhů plžů vůči nákaze, která se v některých lokalitách vyvinula a geneticky ustálila (Horák *et* Kolářová 2011). Adaptací schistosom na relativně nízké počty vhodných plžů je tvorba velkého množství cercárií na jednoho nakaženého plže (Loy *et* Haas 2001). Tato infekční stádia poté aktivně vyhledávají své definitivní hostitele (vodní ptáky) a napadají i přítomné nespecifické hostitele, tedy savce včetně člověka, kterým způsobují hlavně kožní problémy.

3.4 Cerkáriová dermatitida

Onemocnění zvané cercáriová dermatitida je akutní alergická kožní reakce vzniklá kontaktem s vodou, která obsahuje infekční stádia ptačích schistosom (např. Lawton *et al.* 2014). Cercárie reagují na změnu teploty vody v blízkosti hostitele a na chemické látky lipidové povahy vylučované jeho kůží (Haas *et van de Roemer* 1998). Tyto látky se shodně vyskytují u ptáků i savců, proto cercárie penetrují také do pokožky hostitelů, ve kterých nemohou dospět a postupem času hynou (Horák *et Kolářová* 2000). Imunitní systém nekompatibilního hostitele reaguje na cizorodé látky (antigeny) v kůži, zejména na mrtvé cercárie a látky z jejich penetračních žláz, a vytváří proti nim protilátky (Kouřilová *et al.* 2004, Horák *et Kolářová* 2005). Cercáriová dermatitida je představována především jako lidské onemocnění, mohou jí ale trpět i jiní savci, například psi nebo koně a řadí se tak i k veterinární problematice (Horák *et al.* 2002).

3.4.1 Příznaky a léčba

Symptomy i průběh tohoto onemocnění se liší v závislosti na tom, zda jde o první setkání parazita s hostitelem, nebo se jedná o opakovaný kontakt (např. Soldánová *et al.* 2013). Při primárním kontaktu člověka s cercáriemi proběhne obvykle slabá reakce hostitelského organismu, která se projeví po 0,5–2 hodinách mírnou vyrážkou. Na kůži napadeného jedince se v místě penetrace cercárií objevují červené skvrny, které u některých citlivějších osob trvají ještě 8 dní od nákazy (Horák *et al.* 2015). Podle současných výzkumů, zejména na myších, mohou v těle někteří parazité dosáhnout stádia schistosomuly a dostat se až do plic, poté již v ale v hostitelském organismu zanikají (Horák *et Kolářová* 2000).

Při opětovném setkání s infekčními stádii schistosom reaguje hostitelský imunitní systém daleko dříve. Obvykle již po 4–20 minutách nastane akutní reakce imunitního systému hostitele, která se navenek projeví horším průběhem onemocnění (Horák *et al.* 2015). Většinou se jedná o výrazné zarudnutí a otok

postižených částí pokožky a následně vzniklou makulopapulózní vyrážku, která se v místech, kde cercárie pronikly kůží, projevuje kromě červenavých skvrn také drobnými puchýřky (Kolářová 2007). Typickým projevem cercáriové dermatitidy je intenzivní svědění postižených míst. Jejich případným škrábáním nebo samovolným prasknutím se v kůži může tvořit zánět a následkem toho vznikají rozsáhlé kožní léze (Horák *et al.* 2002). Doprovodnými projevy onemocnění jsou pak zvýšená teplota, nevolnost a průjmy, případně otoky lymfatických uzlin v okolí napadených míst (Kolářová *et al.* 2013b).

Cercáriová dermatitida jako taková není ve většině případů životu nebezpečná, ale její symptomy mohou být velice omezující. Doba trvání vyrážky i celkový průběh nemoci závisí na citlivosti daného jedince (Soldánová *et al.* 2013). Vyrážka a svědění mizí obvykle do 10 dní a vyrovnání barevného rozdílu skvrn oproti okolní pokožce může trvat měsíc i déle (Horák *et al.* 2015). Při léčbě, která pouze zmírňuje symptomy, se pacientům obvykle podávají antihistaminika ve formě tablet a gelů a kortikosteroidy pro zmírnění alergické reakce (např. Wang *et Chang* 2008).

V některých případech cercáriová dermatitidy dochází k špatné identifikaci onemocnění. Příznaky se mohou shodovat s jinou kožní alergickou reakcí, nebo mohou být zaměněny za poštípání hmyzem (Soldánová *et al.* 2013), zvláště při menším zasažení nebo prvotní nákaze, která se projevuje opožděně až po několika hodinách (Horák *et al.* 2015). Vodítkem může být přesné ohraničení vyrážky na místech, která byla v kontaktu s vodou. Objevuje se například na končetinách, pokud se dotyčná osoba vodou brodila (Wang *et Chang* 2008).

Četnost onemocnění cercáriovou dermatitidou je u nás i v jiných evropských zemích pravděpodobně silně podhodnocena. Nakažení lidé často ani nenavštíví lékaře, nebo jim nemoc není správně diagnostikována (Horák *et al.* 2002). Neexistují tedy věrohodné záznamy o počtu případů na určitém území. Předpokládá se ale, že případů cercáriová dermatitidy bude přibývat, vzhledem k větší osvětě veřejnosti a nárůstu počtu nakažených lokalit.

3.4.2 Výskyt

Cerkáriová dermatitida se vyskytuje po celém světě roztroušeně v přírodních vodních plochách, jako jsou jezera, rybníky apod. (např. Horák *et al.* 2015). Schistosomy žijí nejčastěji ve sladkovodních biotopech, ale existují i druhy vod slaných i brakických (Kolářová 2007). Definitivními hostiteli schistosom jsou v naprosté většině teplokrevní obratlovci, jedinou známou výjimku tvoří pouze australský rod *Griphobilharzia*, který je parazitem krokodýlů (Horák *et al.* 2001). U nás jsou původci cercáriové dermatitidy především schistosomy rodu *Bilharziella* a *Trichobilharzia*, které jsou výhradně sladkovodní (Horák *et al.* 2000, Faltýnková 2005). Mezi napadeními různými druhy schistosom nejsou v projevech cercáriové dermatitidy signifikantní odlišnosti (Horák *et al.* 2002).

V mírném klimatu je výskyt cercáriové dermatitidy sezónní (Kolářová 2007). Schistosomy přečkají zimu ve stádiu sporocyst v přezimujících vodních plžích a cercárie se ve vodě začínají objevovat na jaře se s rostoucí teplotou vody (Horák *et al.* 2011). Rapidní nárůst množství cercárií pak nastává v letních měsících, zejména během teplých a slunečných dní (Horák *et al.* 2002, Kolářová 2007), což koreluje s dny, kdy jsou lidé nejčastěji u vody v souvislosti s rekreačními aktivitami.

Vodní plochy, kde se cercáriová dermatitida vyskytuje, mají několik společných rysů. Především v nich musí být přítomni vodní plži jako mezihostitelé larválních stádií schistosom a vodní ptáci jako jejich definitivní hostitelé, aby byl zajištěn životní cyklus parazita (např. Horák *et al.* 2002). Vodní plži preferují zejména živinami bohatá stanoviště s mělkým litorálem, kde je voda prosluněná a daří se příbřežní vegetaci (např. Seppälä *et al.* 2008). Hojnost řas a dalších vodních rostlin poskytuje plžům potravu, úkryt a také místa pro kladení vajíček (Soldánová *et al.* 2013). Vodní ptáci tyto lokality vyhledávají kvůli potravě, hnízdění, případně jako odpočinková místa při své migraci (Kolářová 2007).

K šíření cercariové dermatitidy dochází nejčastěji vlivem přeletů vodního ptactva mezi vodními biotopy na velké i malé vzdálenosti. Nakažení ptáci zavlečou vajíčka schistosom do nových geografických oblastí a pokud jsou zde přítomní vhodní mezihostitelští plži, nákaza schistosomami se uchytlí a rozvine (Horák *et* Kolářová 2011). Nejvíce zasažené oblasti jsou trvale osídlené vodní plochy, zejména některé rybníky sloužící vodním ptákům jako hnízdiště, nebo ptačí přírodní rezervace (Soldánová *et al.* 2013). Ptáci, kteří prakticky zůstávají v místech s nákazou, jí velice trpí. Naopak druhy migrující na velké vzdálenosti bývají nákazou o něco méně zasaženi, zato ji mohou šířit v průběhu své cesty, což lze vyzorovat například podle migrační dráhy evropsko-africké ptačí migrační dráhy (Kolářová 2007).

Oblasti výskytu cercariové dermatitidy se zvětšují také kvůli zvyšující se eutrofizaci vod vlivem lidské činnosti. Nadměrný obsah živin (hlavně dusíku a fosforu) ve vodách způsobuje větší množství a rychlejší růst vodní vegetace. To obvykle způsobí nárůst populace vodních plžů, kteří se rostlinami živí, a s přítomností schistosom také nárůst množství cercarií ve vodě (Loy *et* Haas 2001, Soldánová *et al.* 2013).

Zvýšený počet případů cercariové dermatitidy také velmi pravděpodobně souvisí s globální změnou klimatu (Poulin 2006). Uvádí se, že v Evropě vzrostla průměrná roční teplota za posledních 100 let o 0,8 °C (Horák *et* Kolářová 2011). Rostoucí teplota, podobně jako zvyšující se množství živin ve vodě, pozitivně ovlivňuje růst vodní biomasy a následkem toho i počet plžů a množství do vody uvolněných cercarií (Soldánová *et al.* 2013). S rostoucí průměrnou teplotou jsou v našem klimatickém pásu stále častější mírné zimy a v důsledku toho někteří ptáci přestávají migrovat do svých zimovišť. Také plži aktivují déle v sezóně, a tím se nákaza ptačími schistosomami v některých oblastech udržuje na poměrně vysoké úrovni v průběhu celého roku (Horák *et* Kolářová 2011).

3.4.3 Kontrola a prevence

Z uvedených skutečností plyne, že případů cercáriové dermatitidy neustále přibývá. Hledají se proto způsoby, jak se těmto napadením účinně bránit. Důležitá je zejména informovanost veřejnost o existenci a rizicích tohoto onemocnění (Soldánová *et al.* 2013). Je zřejmé, že je potřeba vyhýbat se zejména přírodním vodám, kde již byla cercáriová dermatitida zaznamenána, případně lokalitám, které mají pro toto onemocnění typické vlastnosti, například mělký litorál s bohatou vegetací, výskyt vodních plžů a vodního ptactva (např. Kolářová *et al.* 1997).

Cercáriová dermatitida se ale rozšiřuje i do rekreačních oblastí, kde působí nemalé zdravotní i ekonomické problémy. Z těchto důvodů jsou zkoumána různá opatření, jak vzniku cercáriové dermatitidy předejít. Jednou z možností je snížení počtu vhodných hostitelů nebo mezihostitelů ptačích schistosom, a tím narušení jejich životního cyklu. Proti vodnímu ptactvu se mohou použít různé formy plašení, případně jejich cílený odlov (Soldánová *et al.* 2013). Byly zaznamenány také pokusy léčit vodní ptáky antihelmintiky (např. Blankespoor *et Reimink* 1991). Předpokladem je, že ptáci za těchto okolností nezanesou vajíčka schistosom do vody, a jejich kompletní životní cyklus se tak nerozběhne. Všechny tyto metody lze použít jako preventivní případně jako doplňující k dalším postupům. Nutné je ale zvážit finanční náročnost těchto metod a také bezpečnost zejména v případě odlovů, které nejsou s ohledem na veřejnost především v rekreační sezóně realizovatelné (Soldánová *et al.* 2013).

Další metody kontroly a prevence cercáriové dermatitidy jsou zacíleny na odstranění plžů z lokalit a to mechanickou, chemickou a případně biologickou cestou (Volf *et al.* 2007). Mechanicky lze například odstraňovat vodní vegetaci sloužící jako potrava a úkryt vodních plžů z koupacích zón rekreačních oblastí (Horák *et al.* 2002). Náročnější jsou pak různé metody disturbance vodních ploch, které mají za následek likvidaci místních plžů. Například experimentální narušení litorálu a dna pomocí mechaniky (traktor, rotavátor) vedlo k rapidnímu poklesu

množství nakažených vodních plžů v pokusné lokalitě. Tímto způsobem byli zničeni téměř všichni plži i jejich vajíčka a (Leighton *et al.* 2000). V případě menší vodní plochy je eventualitou její kompletní vysušení, odstranění bahna ze dna, navezení jiného podkladu a znovunapuštění. Tento způsob je velice nákladný a použitelný jen v extrémních případech (Horák *et al.* 2002).

Chemická cesta odstranění plžů probíhá obvykle použitím moluskocidů na základě mědi. Častá byla aplikace například síranu měďnatého (modrá skalice) (Blankespoor *et Reimink* 1991). Ukázalo se ale, že tato metoda je poměrně neúčinná. V průběhu času se plži stávají vůči moluskocidům rezistentní a měď, která se ukládá do sedimentu nádrže, ohrožuje další organismy, čímž hrozí poškození celého ekosystému (Volf *et al.* 2007).

Použití jiných organismů k redukci plžů v lokalitách je označováno souhrnně biologické metody kontroly. Může se jednat například o vysazení kompetičně silných druhů plžů, které odolávají nákaze schistosomami a postupně původní druhy nahradí (např. Soldánová *et al.* 2013). Biologickou metodou je také nasazení predátorů plžů například některých druhů ryb do lokalit, případně lze využít některých bakterií (např. *Bacillus thuringiensis*) s moluskocidním účinkem (Volf *et al.* 2007). Uvedené biologické postupy jsou velmi specifické, vyžadují velké znalosti ekologických vztahů v daném ekosystému a jsou nadále zkoumány (Horák *et al.* 2002).

Prevenčí proti cercáriové dermatitidě se mohou stát také ochranné prostředky, které mají zabránit penetraci cercárií do těla. Jsou zkoumány a testovány různé anti-penetrační krémy, které mají vytvořit mechanickou i chemickou bariéru na povrchu pokožky (Ramaswamy *et al.* 2003). Jedná o vodu odpuzující látky lipidové povahy, které obsahují složku zneškodňující cercárie, která zároveň není příliš toxická pro člověka. Často se používají směsi na bázi niklosamidu. Účinnost těchto ochranných prostředků není stoprocentní, může však výrazně pomoci, přičemž záleží také na dostatečné aplikaci, citlivosti napadeného jedince i konkrétním druhu schistosomy (Wulff *et al.* 2007).

3.5 Motolice rodu *Leucochloridium*

Mezi motolice (třída Trematoda, podtřída Digenea) se řadí také zvláštní čeleď Leucochloridiidae, která zahrnuje jediný rod *Leucochloridium*. Jedná se o světově rozšířené parazity kloaky a kloakální burzy (*bursa cloacalis*) hmyzožravých ptáků, obvykle pěvců (např. Casey *et al.* 2003). Charakteristický je pro ně jednohostitelský cyklus vázaný na suchozemské prostředí, konkrétně na plže z čeledi jantarkovití (Succineidae) (Volf *et al.* 2007), kteří žijí na rostlinách v okolí vodních ploch i toků (Horsák *et al.* 2013).

Vajíčka leukochloridií odcházejí z těla spolu s trusem svých hostitelů a uchycují se na vegetaci, kde je najdou a pozřou mezihostitelé. Nejčastěji se jedná o rozšířený druh jantarka obecná (*Succinea putris*) (obr. 9). Z vajíčka se poté uvnitř plže vyvine jediná generace větvených sporocyst (Volf *et al.* 2007), která obsadí velkou část těla svého mezihostitele. Centrální část sporocyst je umístěna v hepatopankreatu, dále pokračuje prodlouženou částí směrem k hlavě plže a je zakončena nápadně zbarveným pigmentovaným vakem (obr. 6), který se dostává až do tykadla plže (Ataev *et al.* 2016).

V reakci na denní světlo se pigmentované vaky nasouvají do tykadel plže a počínají pravidelně pulzovat frekvencí 60–80× za minutu. Tyto peristaltické pohyby imitují larvy hmyzu, a činí tak plže lákavými pro hmyzožravé ptáky (Wesołowska *et Wesołowski* 2013). V noci nebo při zastínění jsou pak vaky zatažené a tykadlo vypadá v té chvíli jen napuchle. Pokud plž obsahuje sporocysty více druhů leukochloridií, může se to navenek projevit různou barvou tykadel napadeného plže (Ataev *et al.* 2016) (obr. 8).

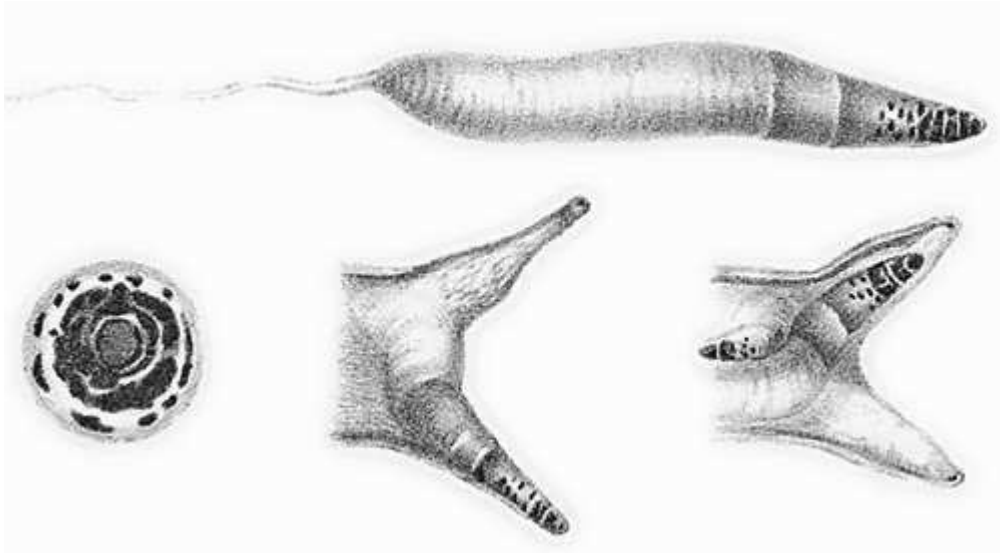
Sporocysty uvnitř v sobě vytvářejí cercárie typu cercarieum (obr. 17 E), které jsou nepohyblivé a zůstávají ve sporocystách. Po určité době se cercárie změní na další larvální stádium encystované metacercárie (Volf *et al.* 2007). V těle plže může být několik větvených sporocyst někdy i od více druhů motolic, přičemž každá sporocysta má svůj druhově charakteristický počet pigmentovaných vaků.

Byly popsány i případy s extrémním počtem až 19 vaků v těle jantarky. Vzhledem k tomu, že nejčastější počet pigmentovaných vaků je v rozmezí 3–5 na jednu sporocystu, musel uvedený jedinec v sobě obsahovat 4–6 sporocyst. V některých případech dochází až k ruptuře těla plže a vak vypadne z těla ven. I přesto stále pulsuje a byly pozorovány případy, kdy jej pták sezobl (Ataev *et al.* 2016).

V naší přírodě se vyskytuje nejčastěji druh motolice podivná (*Leucochloridium paradoxum*), v jejíchž pigmentovaných vacích se střídá zbarvení v pružích zelené, bílé a černé, případně částečně žlutozelené barvy (obr. 7) (Casey *et al.* 2003). Nápadné zbarvení i napodobování hmyzích pohybů láká hmyzožravé ptáky. Pokud ptáci pozřou nakaženého plže, dojde v jejich trávicím traktu k dokončení vývoje encystovaných metacerkárií v dospělce, ti začnou produkovat vajíčka a celý cyklus se uzavírá (Volf *et al.* 2007).

Čeď *Leucochloridiidae* je velmi zajímavou skupinou motolic, na které lze názorně demonstrovat parazitární manipulaci svého hostitele. Jantarky nakažené těmito motolicemi se častěji vyskytují ve vyšší výšce na vegetaci a vyhledávají plně osluněná místa, přičemž zdraví jedinci vyhledávají spíše stín a místa při zemi z důvodu ochrany před predátory a nižších vodních ztrát. Motolice podivná ovlivní chování plže tak, aby ignoroval své předchozí preference a stal se nápadným spolu s pulzací tykadel. Navíc je parazitem poté snížena i jeho mobilita, proto po dosažení výše položeného nezastíněného místa zde jantarka zůstává a má největší pravděpodobnost predace hmyzožravými ptáky (Wesołowska *et* Wesołowski 2013).

Vzhledem k tomu, že se motolice podivné spolu s jantarkami vyskytují v blízkosti vody, je možné se jimi zabývat současně s výzkumem vodních plžů, jako mezihostitelů motolic v daných vodních lokalitách.



Obr. 6 Pigmentovaný vak motolice podivné samostatně (nahore a vlevo) a v tykadle plže (wikipedia; upraveno)



Obr. 7 Jantarka obecná (*Succinea putris*) nakažená motolicí podivnou (*Leucochloridium paradoxum*); (vedajekrasna.cz; upraveno)



Obr. 8 Dva druhy motolic rodu *Leucochloridium* v jednom plži; (photodom.com; upraveno)

4 Metodika

Larvální stádia ptačích schistosom – cercárie a vodní plže, jako jejich meziphostitele jejich lze v našich vodách zkoumat jednoduchou neinvazní metodou, která bude nyní předestřena v této kapitole.

4.1 Studované druhy plžů

Převážná většina vybraných studovaných druhů plžů je řazena do řádu plicnatí (Pulmonata). Z toho největší zastoupení má v tomto výzkumu čeleď Lymnaeidae se třemi druhy. Jedním z nich je **uchatka toulavá** (*Radix labiata*) (obr. 9), která je se svým vzrůstem 20 mm nejmenším zástupcem svého rodu. Tvar ulity má špičatě vejčitý se špičatě kuželovitým kotoučem (Pfleger 1988). Její celkově silnostěnná ulita je poměrně křehká, slabě průsvitná a nepravidelně jemně rýhovaná až žebrovaná (Ložek 1956). U nás se vyskytuje velmi hojně zejména v chladných proudících tocích, ale i kyslejších stojatých vodách (Horsák *et al.* 2013).

Dalším studovaným zástupcem uvedené čeledi je **blatenka tmavá** (*Stagnicola corvus*) (obr. 10). Její tvar ulity je protáhle vejčitý, se špičatě kuželovitým kotoučem. Povrch schránky je obvykle jemně a pravidelně rýhován a má hnědé až zelenošedé zbarvení (Beran 1998). V Čechách a na Moravě se vyskytuje roztroušeně po celém území a dorůstá až 40 mm. Žije hlavně v mělkých vegetací zarostlých stojatých vodách, které mohou periodicky vysychat a v litorálech rybníků (Horsák *et al.* 2013).

Asi nejznámějším zástupcem čeledi Lymnaeidae je **plovatka bahenní** (*Lymnaea stagnalis*) (obr. 15). Je to největší druh této čeledi, dorůstá výšky až 54 mm. Vyskytuje se poměrně hojně po celé ČR ve stojatých vodách a v klidných úsecích pomalu tekoucích řek, přičemž preferuje příbřežní zónu (Horsák *et al.*

2013). Ulita plovatky bahenní je tenkostěnná, křehká, mírně průsvitná a tvarem protáhle vejčitá se štíhle vytaženým špičatým kotoučem (Ložek 1956). Šíři ulity plovatek určuje až její poslední závit. Nedospělí jedinci mají ulitu velmi dlouhou a štíhlou, protože jim poslední závit ještě nedorostl, působí proto dojmem jiného druhu (Hudec *et al.* 2007).

Další dva vybrané druhy patří do čeledi Planorbidae, pro kterou je typické zejména krevní barvivo hemoglobin a planispirální ulita. Prvním ze studovaných druhů této čeledi je **okružák ploský** (*Planorbarius corneus*) (obr. 12). Tvar jeho ulity je plochý s vpadlým vrcholem, nálevkovitě vpadlým kotoučem a mírně prohnutou spodní stranou (Horsák *et al.* 2013). Ulita je celkově silnostěnná, pevná a slabě průsvitná. Charakteristické je pro ni jemně nepravidelné rýhování se slabšími podélnými liniemi, které se na posledním závitě ztrácejí, přitom na počátečních jsou tak silné, že první tři závity jsou pravidelně zřetelně mřížkované (Ložek 1956). Samotný druh pak dorůstá velikosti do 30 mm a žije ve stojatých nebo pomalu tekoucích vodách, kde preferuje bohatě zarostlá stanoviště (Pfleger 1988).

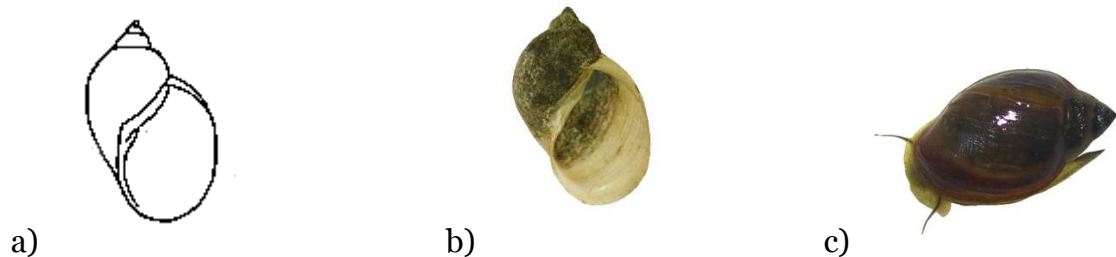
Z téže čeledi je také druh **terčovník vroubený** (*Planorbis planorbis*) (obr. 13), který dorůstá velikosti až 18 mm. Jeho tvarem terčovitá ulita má mírně prohnutý kotouč, který je zpočátku vpadlý, a s mírně prohnutou spodní stranou. Dále je ulita spíše silnostěnná, pevná a mírně průsvitná. Od jiných druhů terčovníků se liší jemným rýhováním, které na schránce tvoří mřížkovitou vystouplou strukturu (Ložek 1956). Terčovník vroubený se vyskytuje hlavně ve vegetaci zarostlých vodách našich nížin (Horsák *et al.* 2013).

Výjimku mezi studovanými plicnatými plži tvoří jeden druh ze skupiny předožábřých plžů (Prosobranchiata). Je jím zástupce čeledi Bithyniidae **bahnivka rmutná** (*Bithynia tentaculata*) (obr. 14). Její ulita má poměrně ploché závity a vejčitě kuželovitý tvar. Celkově je tenkostěnná, průsvitná a jemně nepravidelně příčně i podélně rýhovaná (Ložek 1956). Další charakteristickou součástí ulity je oválné víčko, které se na jednom konci se zašpičatuje (Beran

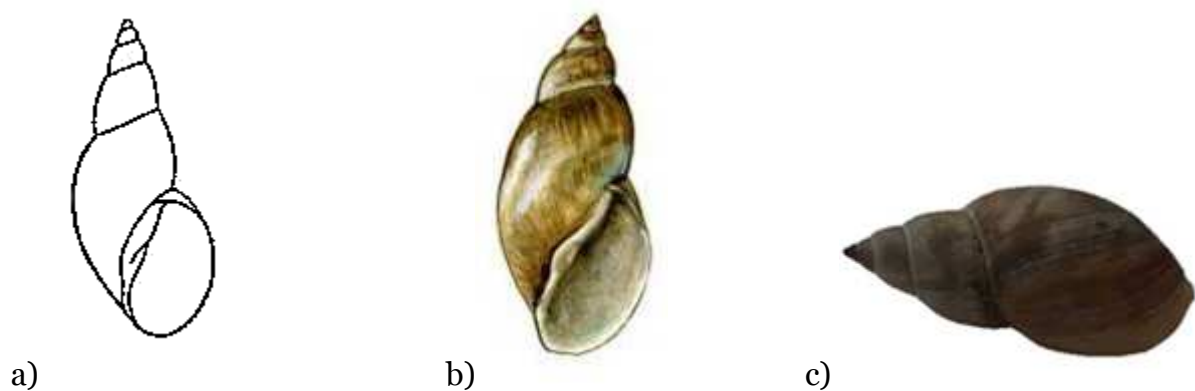
1998). Tento druh obvykle dorůstá velikosti kolem 11 mm a vyskytuje se většinou v nížinných vodách, jako jsou pomalu tekoucí řeky, stojaté vody i periodicky vysychající tůně. Také poměrně dobře snáší organické znečištění vody (Horsák *et al.* 2013).

Posledním studovaným druhem je suchozemský plicnatý plž **jantarka obecná** (*Succinea putris*) z čeledi Succineidae (obr. 11). Dorůstá velikosti kolem 12 mm a je hojně rozšířena v celé Evropě i v ČR (Hudec *et al.* 2007). Ulita tohoto plže je v rámci druhu poměrně proměnlivá. Vyskytují se typy jantarek s nižší ulitou, kdy se jednotlivé závity víceméně překrývají i typy s vysokou a štíhlou ulitou, u kterých silně převládá poslední závit (Ložek 1956). Druhý typ schránky s nápadně rozšířeným posledním závitem se podobá ulitám vodních plžů (Hudec *et al.* 2007).

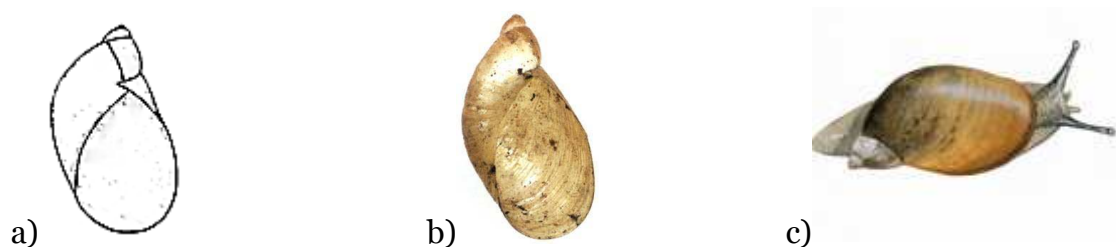
Jantarka obecná má tenkostěnnou, křehkou, hodně průsvitnou ulitu s nepravidelným hrubým i jemným rýhováním. Její barva se obvykle nachází v rozmezí od světle zelenožluté, přes jantarovou až k temně oranžové. Zajímavé je, že se tělo jantarky za běžných podmínek nevejde do vlastní ulity. Je to způsobeno vysokým obsahem vody v těle. Tito plži toho jsou schopni teprve za velkého sucha, kdy se v ulitě schovají a její ústí uzavřou slizovou blankou (Ložek 1956). Tento druh se vyskytuje zejména v nižších polohách na vegetaci poblíž vodních ploch a na vlhkých loukách, a je také typickým mezihostitelem motolice podivné (Leucochloridiidae: *Leucochloridium paradoxum*) (Horsák *et al.* 2013).



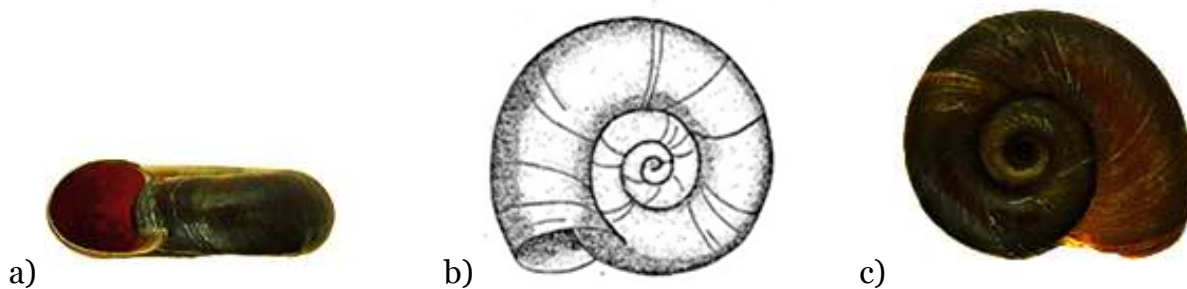
Obr. 9 Uchatka toulavá (*Radix labiata*), a) nákras schránky, b) ulita, c) foto plže; (Hrabě *et al.* 1954, b) NMR, c) NHC; upraveno)



Obr. 10 Blatenka tmavá (*Stagnicola corvus*), a) nákras schránky, b) kresba ulity, c) foto plže; (a) Hrabě *et al.* 1954, b) Sugu encyklopedia, c) nature-in; upraveno)



Obr. 11 Jantarka obecná (*Succinea putris*), a) nákras schránky, b) ulita, c) kresba plže; (a) Živa, b) webgarden, c) illustratedwildlife.com; upraveno)



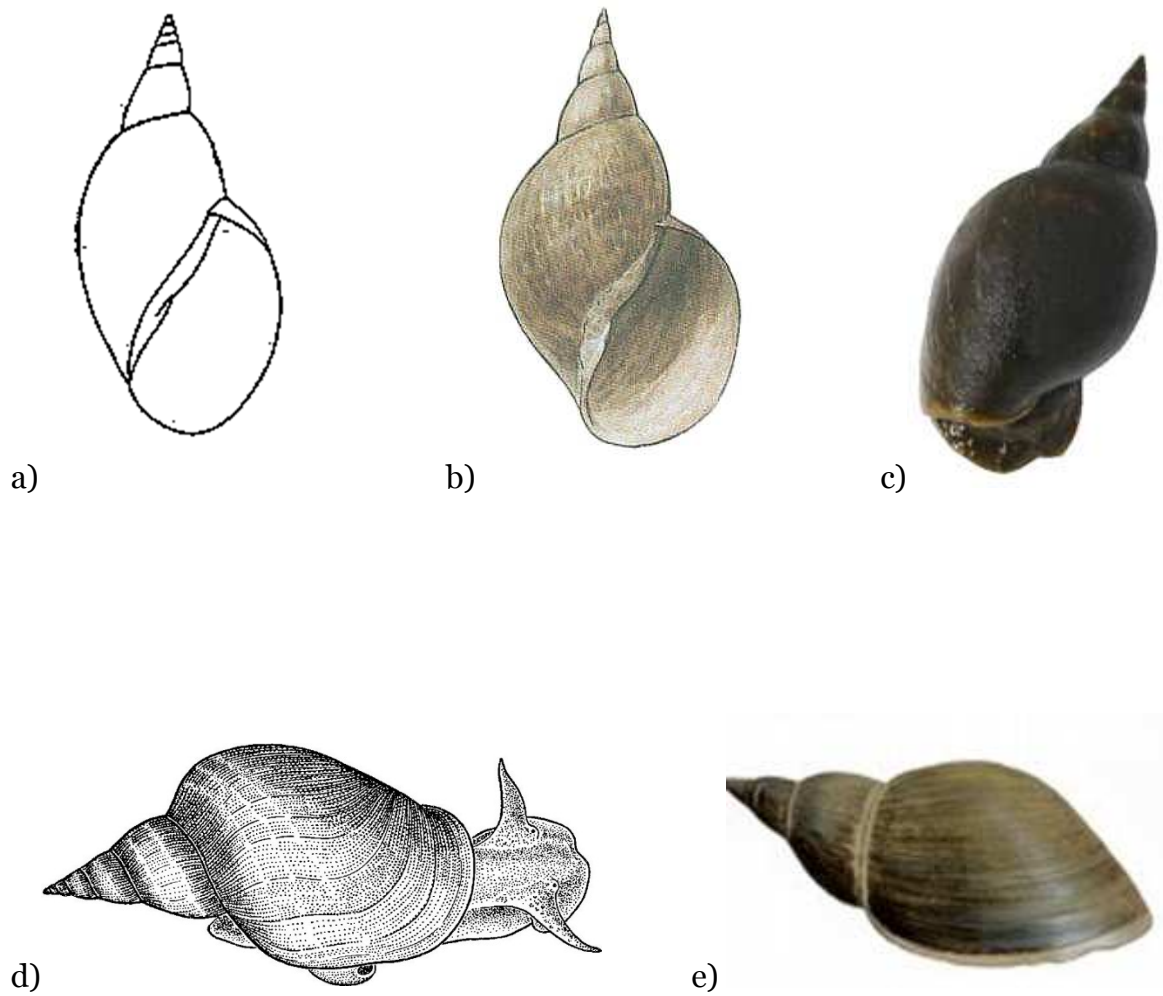
Obr. 12 Okružák ploský (*Planorbarius corneus*), a) ulita (pohled z boku), b) nákres zadní strany ulity, c) ulita (pohled zředu); (a, b, c) Molusca of Belarus; upraveno)



Obr. 13 Terčovník vrbovbený (*Planorbis planorbis*), a) nákres ulity (pohled z boku), b) ulita (pohled z boku), c) ulita (pohled zředu), d) foto plže; (a) Hrabě *et al.* 1954, b, c) elrincondelmalacologo.com, d) Muscheln; upraveno)



Obr. 14 Bahnivka rmutná (*Bithynia tentaculata*), a) nákres ulity, b) ulita, c) foto plže; (a) Hrabě *et al.* 1954b) Biolib, c) discoverlife.org; upraveno)



Obr. 15 Plovatka bahenní (*Lymnaea stagnalis*), a) nákres ulity, b) kresba ulity, c) foto plže, d) kresba plže, e) foto ulity; (a) Hrabě *et al.* 1954, b) album měkkýši, c) akvaario.de, d) ASV, e) alessio.pointnet.eu; upraveno)

4.2 Zkoumané lokality

Odlovy plžů probíhaly od května do října roku 2015 v rámci území hlavního města Prahy. Lokality byly zvoleny pro své zastoupení studovanými druhy vodních nebo suchozemských plžů, a pro svůj alespoň občasný výskyt vodního ptactva.

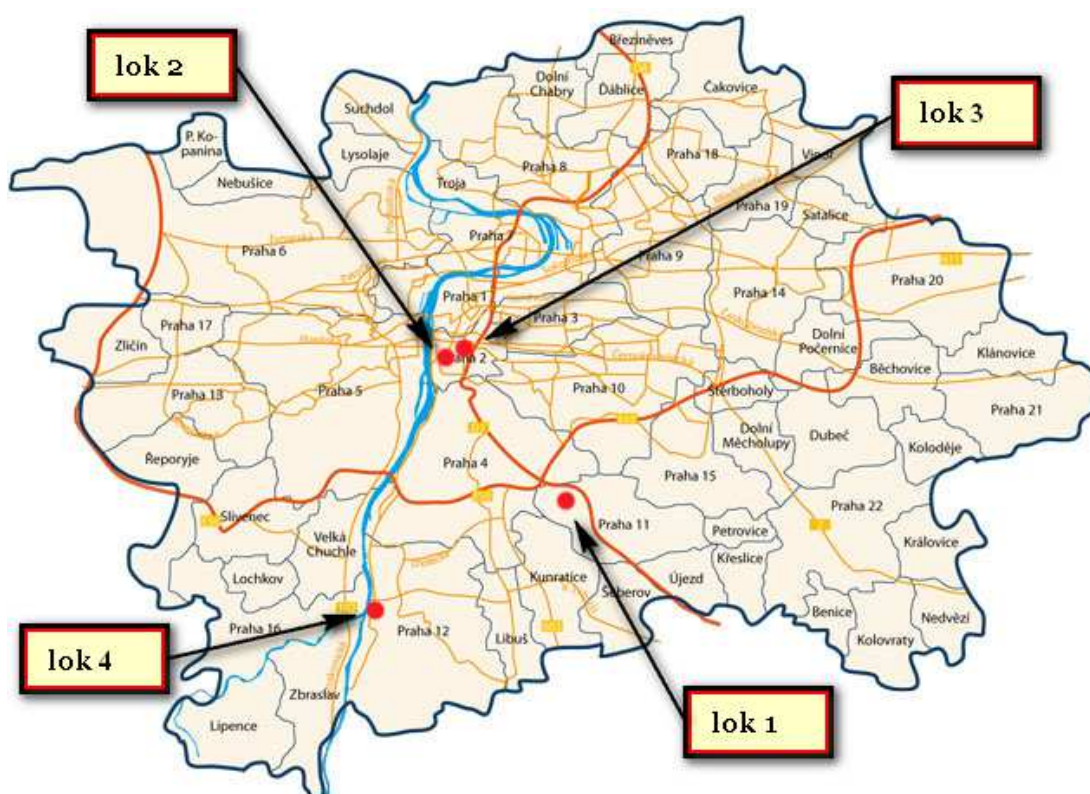
Jednou z vybraných výzkumných lokalit pro získání cercárií z vodních plžů byla tůň v Kunratickém lese ($50^{\circ} 02' 09''$ s. š., $14^{\circ} 47' 93''$ v. d.; WGS 1984) (obr. 16; lok 1), kde byla zjištěna stabilní populace druhu uchatka toulavá. Žijí zde i další druhy vodních plžů například zástupce rodu levatka (*Physidae: Physa*), které ale nebyly do pokusu zahrnuty pro svou nedostatečnou četnost v odlovených vzorcích. Jedná se o plně zastíněnou lesní tůň s břehy částečně písčitými a jílovitými. V mělkých částech litorálu roste vodní vegetace zejména porosty zblochanu vzplývavého (*Glyceria fluitans*), v nichž vodní plži často žijí.

Za další lokalitu bylo zvoleno malé jezírko v Botanické zahradě Univerzity Karlovy v Praze ($50^{\circ} 07' 10''$ s. š., $14^{\circ} 42' 06''$ v. d.; WGS 1984) (viz obr. 16; lok 2) s převažujícím druhem plovatka bahenní. Jednalo se o malou souměrnou a uměle vytvořenou vodní plochu s porostem řas a hojným výskytem vodních plžů. Avšak na jaře roku 2016 v Botanické zahradě UK proběhly renovační práce, které se týkaly i zmíněného jezírka. Tato lokalita prošla podstatnou proměnou a její případná obnova nastane až za delší dobu.

Dalším, již méně významným zdrojem vodních plžů byla nádrž v Genetické zahradě Univerzity Karlovy ($50^{\circ} 06' 88''$ s. š., $14^{\circ} 42' 55''$ v. d.; WGS 1984) (viz obr. 16; lok 3). V ní se vyskytuje řada druhů jako například blatenka tmavá a okružák ploský (viz výše), které byly zapojeny do pokusu. Dále se zde nacházejí další druhy vodních plžů například bahnivka rmutná (*Bithyniidae: Bithynia tentaculata*) a terčovník vroubený (*Planorbidae: Planorbis planorbis*). Nádrž má obdélníkový tvar a její břehy jsou z betonu. I přesto se jedná o velmi bohaté stanoviště zarostlé vodní vegetací a poskytující útočiště mnoha živočišným druhům. Bohužel

v souvislosti výrazným poklesem hladiny během horkého a suchého léta roku 2015 bylo zamezeno přístupu k vodě širokým pásmem bahna, a byl tak znemožněn výzkum této lokality dále v sezóně.

Území chráněné oblasti PP Komořanské a Modřanské tůň (49° 99' 65" s. š., 14° 40' 29" v. d.; WGS 1984) (viz obr. 16; lok 4) bylo využito pro získání suchozemského plže jantarky obecné, která se zde hojně vyskytuje na příbřežní vegetaci (vrby, rákos, kopřivy, porosty netýkavek). Jedná se o nepravidelně zaplavované území s půdou bohatou na živiny. Zmíněné tůň pak byly využity také jako zdroj vodních plžů, zejména velkých druhů plovatka bahenní, okružák ploský a bahnivka rmutná.



Obr. 16 Mapa Prahy s označenými místy vybraných lokalit (lok 1 Kunratická tůň; lok 2 Botanická zahrada; lok 3 Genetická zahrada; lok 4 Modřanské tůň); (Hospodářské noviny; upraveno)

4.3 Průběh pokusu

V průběhu sezóny roku 2015 (od května do října), kdy vodní plži aktivují, probíhaly pravidelné odběry vybraných druhů z předem určených lokalit (tabulka 1), přičemž u některých z nich byla následně prokázána nákaza ptačími motolicemi – schistosomami.

Tabulka 1 Přehled odběrů plžů v průběhu sezóny roku 2015, včetně lokalit a v nich nalezených druhů (nález cercárií značen*)

Datum	Lokalita	Nalezené druhy plžů
20. 5. 2015	Botanická zahrada UK	Plovatka bahenní*
	Kunratický les	Uchatka toulavá*
	Genetická zahrada UK	Blatenka tmavá
Okružák ploský		
15. 6. 2015	Botanická zahrada UK	Plovatka bahenní*
	Kunratický les	Uchatka toulavá*
	Genetická zahrada UK	Blatenka tmavá
		Okružák ploský
Terčovník vroubený		
7. 7. 2015	Botanická zahrada UK	Plovatka bahenní
	Kunratický les	Uchatka toulavá*
8. 7. 2015	Modřanská tůň	Bahnivka rmutná*
		Plovatka bahenní*
		Okružák ploský*
13. 8. 2015	Botanická zahrada UK	Plovatka bahenní
	Terčovník vroubený	
14. 8. 2015	Modřanská tůň	Uchatka toulavá*
		Plovatka bahenní*
27. 8. 2015	Kunratický les	Okružák ploský
		Plovatka bahenní
21. 9. 2015	Botanická zahrada UK	Uchatka toulavá*
	Kunratický les	Plovatka bahenní*
8. 10. 2015	Kunratický les	Uchatka toulavá*

4.4 Extrakce cercárií z vodních plžů

Pohyblivá infekční stádia schistosom (cercárie) opouští svého meziphostitele (vodního plže) většinou v litorálu, kde je voda prosvětlená a také teplejší (např. Poulin 2006). V této příbřežní zóně roste díky světlu nejvíce vodní vegetace, která je potravou i úkrytem vodních plžů. A zároveň zde hledají potravu i vodní ptáci hlavně kvůli vegetaci nebo dostupnosti dna, kde žijí různí bezobratlí živočichové. Z těchto důvodů je litorál oblastí, kde se cercárie s největší pravděpodobností mohou setkat s vodním ptactvem, a infikovat tak svého konečného hostitele (např. Soldánová *et al.* 2013, Horák *et al.* 2015).

Pro získání cercárií neexistuje přesně daný postup, využívá se ale uvedené reakce cercárií na světlo a teplo. Inspirací pro zde zvolenou metodiku byly články našich i zahraničních autorů, kteří se vodními plži, motolicemi a jejich vztahy zabývají (tabulka 2). Souhrnně se jedná o kombinaci působení světla a tepla za orientační časovou jednotku.

Tabulka 2 Přehled postupů pro získání cerkárií z vodních plžů od vybraných autorů

Autor	Místo; stát	Období odlovu	Světlo; doba působení	Voda, objem	Poznámka
Faltýnková 2005	jihocheské rybníky; ČR	duben – říjen (část únor- prosinec)	zdroj světla a tepla – lampa; přes noc	vodovodní, 50-500ml	
Faltýnková <i>et al.</i> 2007a	jezera; Finsko	srpen 2005	zdroj světla a tepla – neupřesněn; 4-6 hodin	neuveдено	
Loy <i>et Haas</i> 2001	rybníky, Německo	květen – říjen	zdroj světla neupřesněn; 1-2 hodiny	neuveдено	odlov vždy dopoledne
Nováková 2010	Modřanské tůně, ČR	srpen – září, 1x týdně	pouze denní světlo bez umělého zdroje; 4 dny	čistá, 0,2l	plži byli před umístěním do sklenic omyti
Seppälä <i>et al.</i> 2008	rybníky, jezera; Finsko	červenec 2004	pouze denní světlo bez umělého zdroje, 2 týdny	z lokality, 0,7l	změna světelného režimu 18h světlo, 6h tma; t 20°C
Zikmundová <i>et al.</i> 2014	rybníky centrální Evropy; ČR, Slovensko	neuveдено	zdroj světla neupřesněn; 3 dny	dechlorovaná	
Žbikowska 2004	jezera a jiné vodní plochy; Polsko	květen - říjen	zdroj studeného světla; 7 dní	neuveдено	

4.5 Vlastní metodika extrakce cercárií

Ve vybraných lokalitách byli plži odloveni zpravidla v ranních až dopoledních hodinách. Týž den většinou probíhal celý proces získání cercárií i opětovný transport a vypuštění plžů zpět do lokality svého původu, pro co nejmenší újmu zkoumaných plžů.

Samotný odběr plžů probíhal v dané lokalitě pomocí hliníkového kuchyňského polokulovitého síta, nebo odlovných sítí případně pouze ručním sběrem. Ulovení plži byli umisťováni do umělohmotných lahví se širokým hrdlem naplněných částečně vodou z dané lokality. Ve většině případů se jednalo o plicnaté plže s potřebou vzduchu k nadechování, proto při přepravě plžů nesměla být nádoba s nimi nikdy plná vody. Poté byli plži v co nejkratším časovém intervalu dopraveni do předem určené místnosti - laboratoře, kde pokračoval jejich výzkum.

V laboratoři pedagogické fakulty UK byl každý plž umístěn do nízké číré sklenice (IKEA – značka GODIS) o objemu 0,23 l naplněné alespoň do dvou třetin odstátou čistou vodovodní vodou. Voda z lokalit nebyla pro pokus použita zejména z důvodu přítomnosti mnoha drobných částic a organismů, které by mohli bránit optickému zjištění přítomnosti cercárií. Sklenice byly očíslovány (od 1 do n) pomocí lihového fixu podle druhu plže. Tím byl určen přesný počet jedinců daného druhu, a každý jedinec byl jasně označen pro další potřeby pokusu.

Plži ve sklenicích s vodou pak byli umístěni do řad před zářivku o délce cca 30 cm a lampy s dlouhými žárovkami, které zde představovaly zdroje světla a částečně také tepla. Plži zde byli ponecháni několik hodin a přibližně po uplynutí jedné hodiny začala probíhat kontrola, zda se v některé sklenici ve vodě objevila pohyblivá stádia schistosom – cercarie. Jejich velikost se v závislosti na druhu pohybuje obvykle řádově v desetinách milimetru (např. LoVerde *et al.* 2004), a tak je přítomnost zaznamenanatelná pouhým okem jako pohyblivá světlá tečka ve vodě.

Cerkárie se také poměrně často vyskytují ve větším množství ve shlucích, což jejich nalezení usnadňuje.

Poté, co cercárie byly objeveny ve vodě s určitým plžem, bylo zaznamenáno jeho číslo a byl zapsán jako nakažený. Dále byl zapsán orientační počet cercárií vyskytující se ve vodě daného plže podle vlastně zvolených odhadových kritérií (tabulka 3). Několik cercárií z jeho sklenice pak bylo pomocí umělohmotného kapátka přemístěno s vodou na podložní sklo a dáno do mikroskopu. Používán byl optický binokulární mikroskop značky MOTIC BA 310 a MOTIC LM 666.

Cerkárie jsou velmi pohyblivé, proto pro snížení rychlosti jejich pohybu byla odsáta část přebytečné vody na sklíčku pomocí buničtinových čtverečků a v některých případech bylo použito krycí sklíčko. Cercárie byly v mikroskopu pozorovány při celkovém zvětšení postupně 40×, 100× a 400×, v případě druhého mikroskopu 40×, 100× a 200×. Poté došlo k určení základního morfologického typu cercárie (viz níže) a v některých případech byla pořízena fotografie dané cercárie.

Tento postup se opakoval u všech plžů, u kterých byla nalezena alespoň jedna cercárie. Po skončení pokusu byli plži tentýž den, nejvýše den poté navraceni do lokalit, ze kterých byli naloveni. Většinou byli umístěni do vedlejší vodní plochy, pokud byla přítomna, aby se co nejvíce snížila pravděpodobnost pozdějšího opětovného ulovení stejných jedinců.

Tabulka 3 Zvolená škála pro zjednodušení odhadu množství cercárií ve vzorku

počet	název kategorie
0 - 5	málo
5 - 20	několik
20 - 40	malý shluk
> 40	velký shluk

4.6 Nalezené morfotaxy motolic

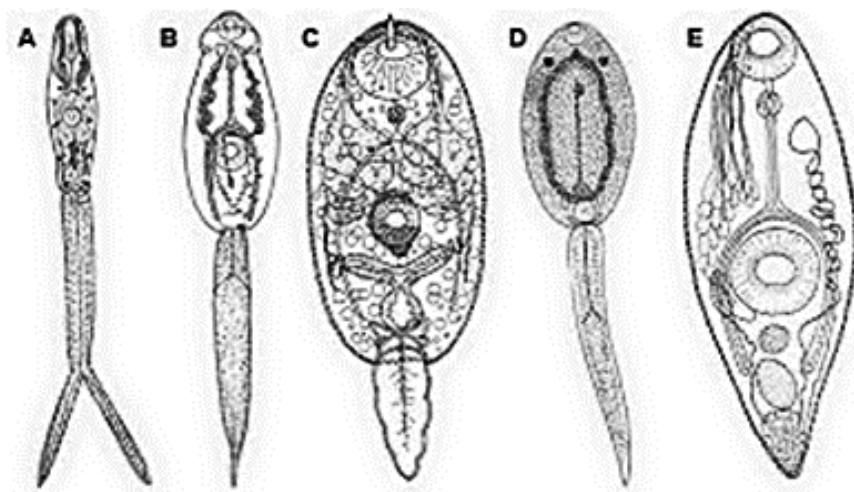
Cerkárie zkoumané pod mikroskopem, byly zařazovány pomocí určovacího klíče cercárií (Mikeš 2001) do základních morfologických skupin dle pozorovaných znaků. Cerkárie motolic se pro svou malou velikost a velkou pohyblivost poměrně často zkoumají a determinují do druhů pomocí molekulárně genetických metod (např. Jothikumar *et al.* 2015, Christiansen *et al.* 2016). V dalších případech jsou cercárie fixovány také různými chemickými látkami (např. horkým formaldehydem) (Ditrich *et al.* 1997) a barveny, což vede k zdůraznění jejich některých znaků, jako jsou trny či vnitřní orgány a jedince cercárií pak lze určit konkrétněji (Faltýnková *et al.* 2007b). Uvedené techniky určování nejsou běžně dostupné či využitelné ve školní praxi, proto byly extrahované cercárie určovány na základě morfologických znaků viditelných v běžném světelném mikroskopu s relativně malým zvětšením a rozlišením pouze do základních morfotaxonů.

Hlavním rozpoznávacím znakem je ocásek cercárií. Pokud je vidličnatě rozdvojený, morfotyp se označuje jako tzv. furkocerkárie (obr. 17 A). Do této morfologické skupiny se řadí právě čeleď Schistosomatidae způsobující onemocnění schistosomózu savců i ptačí schistosomy, které vyvolávají cercáriovou dermatitidu (např. Török *et al.* 2009). Dále jsou furkocerkárie typické pro čeledi Sanguinicolidae, Diplostomatidae a Strigeidae (Mikeš 2001).

Cerkárie s jednoduchým neděleným ocáskem mohou mít sklerotizovaný stylet v ústní přísavce. V tom případě se jedná o xiphidocerkárie (obr. 17 C). Ve většině případů mají dvě přísavky (ústní a břišní nazývanou také acetabulum). Do této skupiny patří čeledi Plagiorchidae, Omphalometridae, Lecithodendriidae a Microphallidae (Mikeš 2001).

Cerkárie, které mají jednoduchý ocásek a zároveň nemají stylet, se dále diferencují na echinostomní a monostomní cercárie. Echinostomní cercárie (obr. 17 B), které jsou řazeny do čeledi Echinostomatidae, mají ústní i břišní přísavku a před těla mají pokrytou ostnitým límcem (jehož počet zoubků je taxonomicky

významný). Monostomní cercárie (obr 17 D) mají vždy pouze ústní přísavku, tudíž jim chybí acetabulum. Jedinou čeledí monostomních cercárií jsou Notocotylidae (Mikeš 2001, Faltýnková 2007b).



Obr. 17 Základní morfologické typy cercárií: A – furkocercárie; B – echinostomní cercárie; C – xifidiocercárie; D – monostomní cercárie; E – cercarieum (Volf *et al.* 2007); upraveno.

5 Výsledky

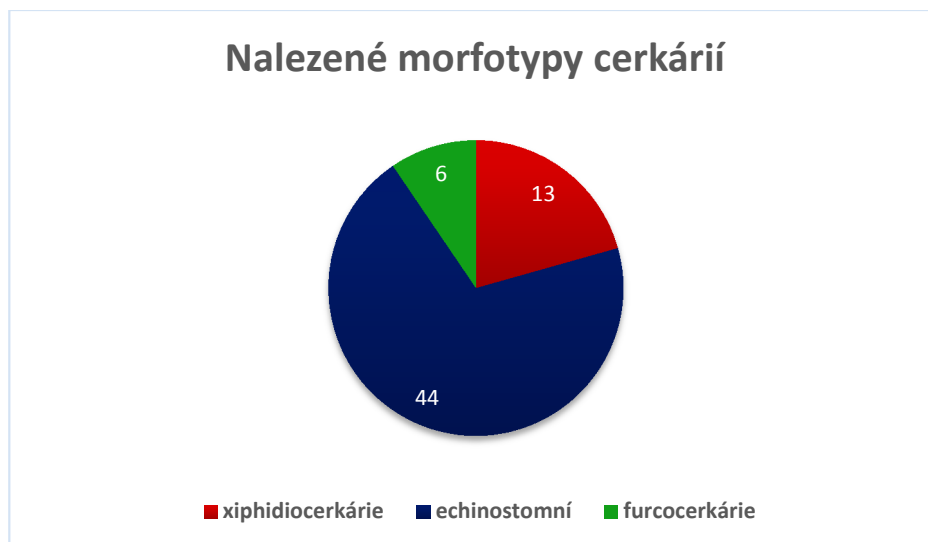
Data sebraná v průběhu roku 2015 byla graficky zpracována pomocí programu Excel (MS Office 2007).

Plži odebraní v rámci studovaných lokalit vykazovali v průběhu výzkumu celkově velice různou míru nakaženosti (tzv. prevalenci) motolicemi. Kvůli k nízkým početnostem některých druhů plžů dosahoval např. druh *Bithynia tentaculata* vysokých procent nákazy cercáriemi. Jiným druhům nebyla přítomnost cercárií prokázána vůbec (*Planorbis planorbis* a *Stagnicola corvus*). Dva nejvíce početně zastoupené druhy dosáhly nákazy 31 % (*Radix labiata*) a 15 % (*Lymnaea stagnalis*). Celkově byla nákaza motolicemi prokázána u 20 % zkoumaných vodních plžů (tabulka 4).

Tabulka 4 Druhy plžů odebrané ze zkoumaných lokalit v roce 2015 a procentuální vyjádření míry nakažení

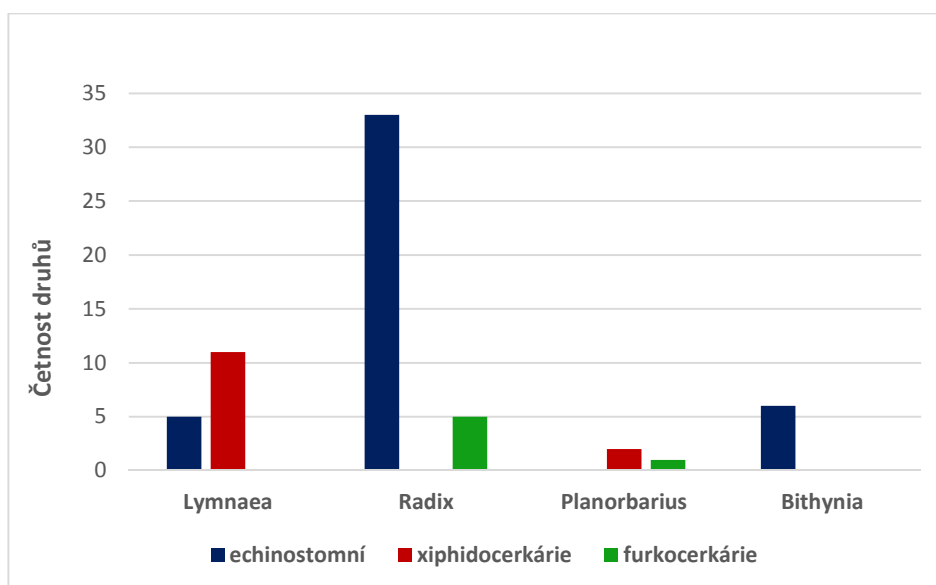
plži	latinský název	celkem	nakažení	(%)
Bahňvka rmutná	<i>Bithynia tentaculata</i>	13	6	46
Blatěnka tmavá	<i>Stagnicola corvus</i>	25	0	0
Okružák plošný	<i>Planorbarius corneus</i>	19	3	16
Plovatka bahenní	<i>Lymnaea stagnalis</i>	105	16	15
Terčovník vroubený	<i>Planorbis planorbis</i>	31	0	0
Uchatka toulavá	<i>Radix labiata</i>	122	38	31
všechny druhy		315	63	20

Zastoupení základních morfologických typů cercárií v průběhu celého pokusu je znázorněno v grafu 1. Nejčastěji byly nalézány echinostomní cercárie (celkem 44×), poté v daleko menší míře xiphidocercárie (13×) a následně furkocercárie (6×). Monostomní cercárie nebyly nalezeny vůbec.



Graf 1 Přehled morfotypů cercárií extrahovaných z vodních plžů v průběhu roku 2015

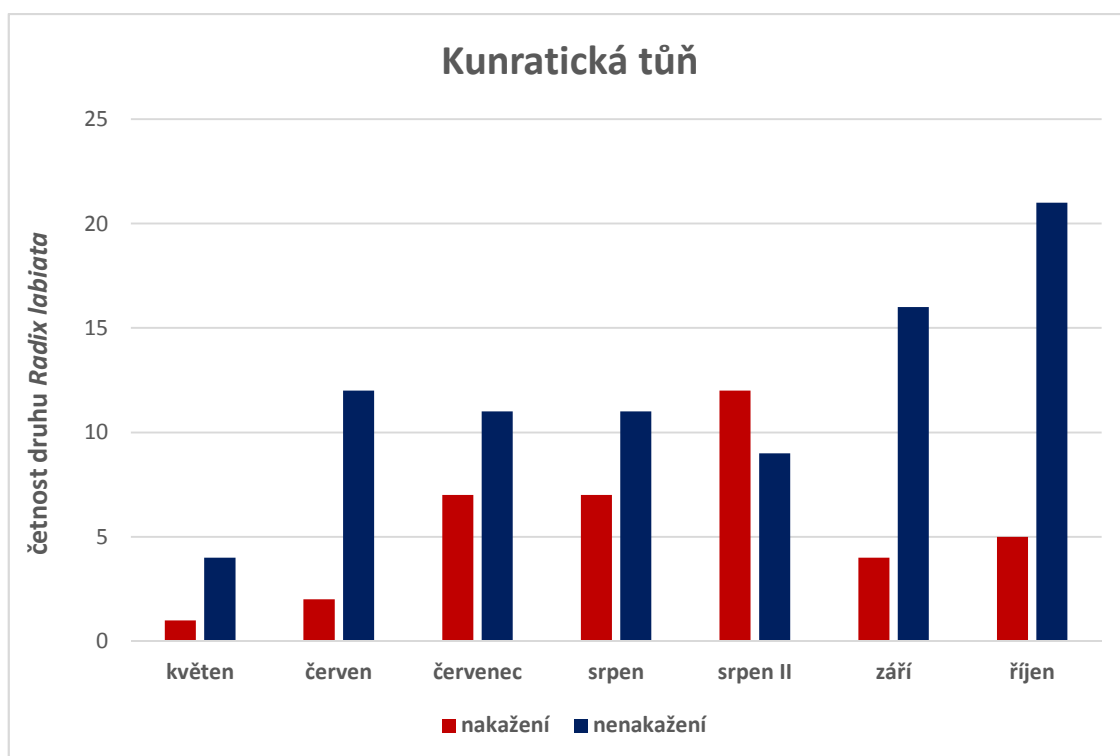
Motolicemi byly nakaženy celkem čtyři druhy vodních plžů (tabulka 4). Nalezení jedinci bahnivky rmutné (*Bithynia tentaculata*) obsahovali pouze echinostomní cercárie. Tento morfotyp dominoval také druhu uchatka toulavá (*Radix labiata*), u kterého bylo zároveň nalezeno i nejvíce furkocercárií. V druhích plovatka bahenní (*Lymnaea stagnalis*) a okružák ploský (*Planorbarius corneus*) se vyskytovaly také dva morfotypy cercárií z nichž u obou početně převažovaly xiphidocercárie (graf 2).



Graf 2 Početní zastoupení morfotypů cercárií vůči jednotlivým druhům plžů

5.1 Kunratická tůň

V lesní tůni Kunratického lesa byl zkoumán jediný dominantní druh uchatka toulavá (*Radix labiata*). V této lokalitě byli plži obsahující stádia motolie nalezeni při každém odběru, tedy od května do října 2015 (tabulka 1). V letních měsících (červenec, srpen) byl zaznamenán nárůst počtu nakažených plžů (graf 3) – zejména při odběru na konci srpna (srpen II – 27. 8. 2015), kdy počet ulovených nakažených plžů dokonce převýšil počet zdravých jedinců.



Graf 3 Počet nakažených a nenakažených plžů druhu *Radix labiata* odebraných v lokalitě Kunratická tůň během měsíců sezóny roku 2015 (srpen II značí 2. odběr v srpnu)

Nalezenými morfotaxony motolie v Kunratické tůni byly nejčastěji echinostomní cercárie, a poté v daleko menší míře také furkocercárie (tabulka 5). Z uvedeného záznamu také plyne, že v červenci a zejména na konci srpna vzrostl

počet cercárií na jednoho plže (tabulka 3). Zajímavou skutečností je také červenový záznam, kdy byly nalezeny pouze furkocercárie, které jsou jinak v nálezech minoritně zastoupené.

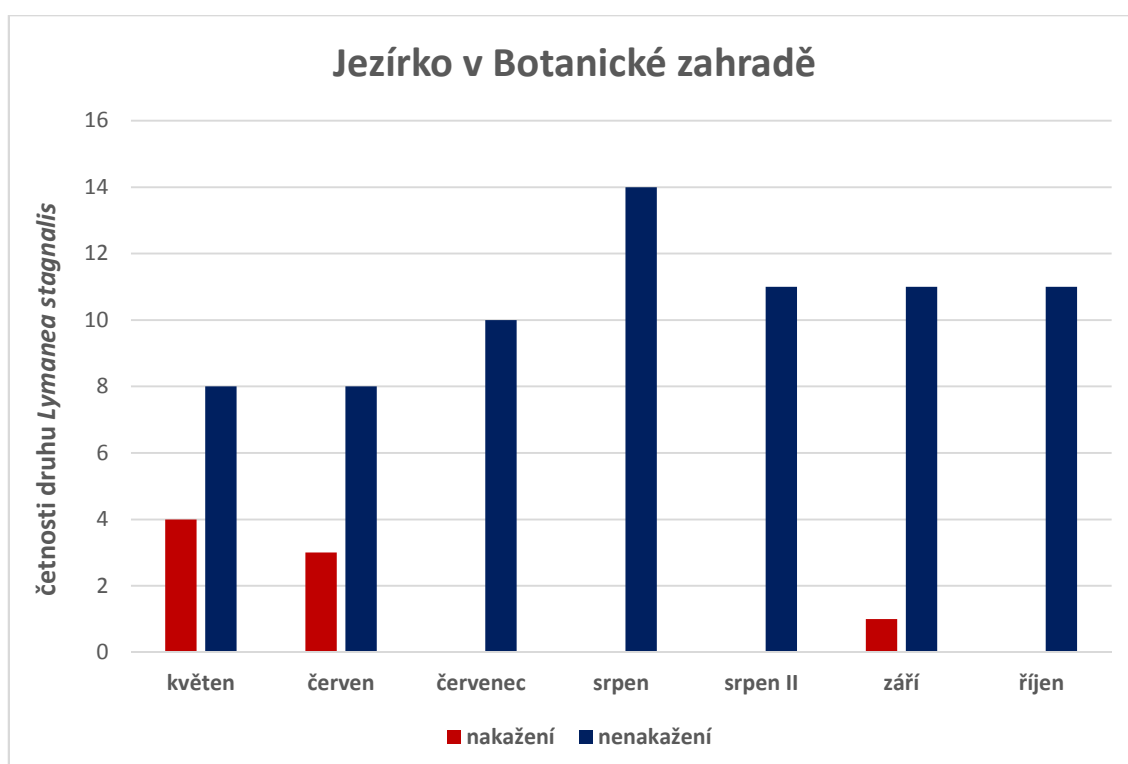
Tabulka 5 Záznam množství cercárií a jejich morfotypů v hostitelském druhu *Radix labiata* v uvedených měsících roku 2015; n – počet nakazených plžů dle morfotypu; (označení fototaxe)**

měsíc	morfotyp cercárie	n	množství
květen	echinostomní	1	málo
červen	furkocercárie	2	málo; malý shluk
červenec	echinostomní	6	málo; několik; malý shluk ^{**} ; 3× velký shluk
	furkocercárie	1	několik ^{**}
srpen	echinostomní	5	5× malý shluk (z toho 1× ^{**})
	furkocercárie	2	2× malý shluk ^{**}
srpen II	echinostomní	12	2× málo ^{**} ; 2× malý shluk; 8× velký shluk ^{**}
září	echinostomní	4	několik; 2× malý shluk; velký shluk
říjen	echinostomní	5	málo; 2× několik; 2× malý shluk;

V některých případech vykazovaly cercárie jistou míru fototaxe, a to pozitivní^{**} i negativní^{**}. V ostatních případech se cercárie ve vodě pohybovaly rozptýleně, případně jejich seskupení do shluků neodpovídalo ani jednomu typu fototaxe.

5.2 Botanická zahrada UK

V jezírku Botanické zahrady UK byl zkoumán především druh plovatka bahenní (*Lymnaea stagnalis*) v průběhu celého výzkumného období (graf 4). Zaznamenána byla malá množství cercárií ve třech měsících sezóny (květen, červen a září).



Graf 4 Počet nakažených a nenakažených plžů druhu *Lymnaea stagnalis* odebraných v lokalitě Botanická zahrada UK během měsíců sezóny roku 2015 (srpen II značí 2. odběr v srpnu)

Pokusně bylo 13. 8. 2015 (odběr srpen) z této lokality odebráno také 10 kusů druhu terčovník vroubený (*Planorbis planorbis*), který se zde v malém množství vyskytoval v nárostech řas. Žádný jedinec tohoto druhu nebyl motolicemi nakažený.

U všech motolicemi nakažených plovatek byl nalezen jediný morfotyp – xiphidocerkárie. Množství nakažených plžů i cercárií v nich (tabulka 6) bylo minimální. Tyto cercárie nevykazovaly fototaxi.

Tabulka 6 Záznam množství cercárií a jejich morfotypu v hostitelském druhu *Lymnaea stagnalis* v uvedených měsících roku 2015; n – počet nakažených plžů dle morfotypu

měsíc	morfotyp cercárie	n	množství
květen	xiphidocerkárie	4	3×málo; několik
červen	xiphidocerkárie	3	3×málo
září	xiphidocerkárie	1	málo

5.3 Genetická zahrada UK

Vodní nádrž v Genetické zahradě UK byla přístupná (z důvodu jejího vysychání) pouze v jarních měsících (květen, červen) roku 2015 (tabulka 1). Odebrány a zkoumány byly tři druhy: blatenka tmavá (*Stagnicola corvus*), okružák ploský (*Planorbarius corneus*) a terčovník vroubený (*Planorbis planorbis*) v uvedených početnostech (tabulka 7).

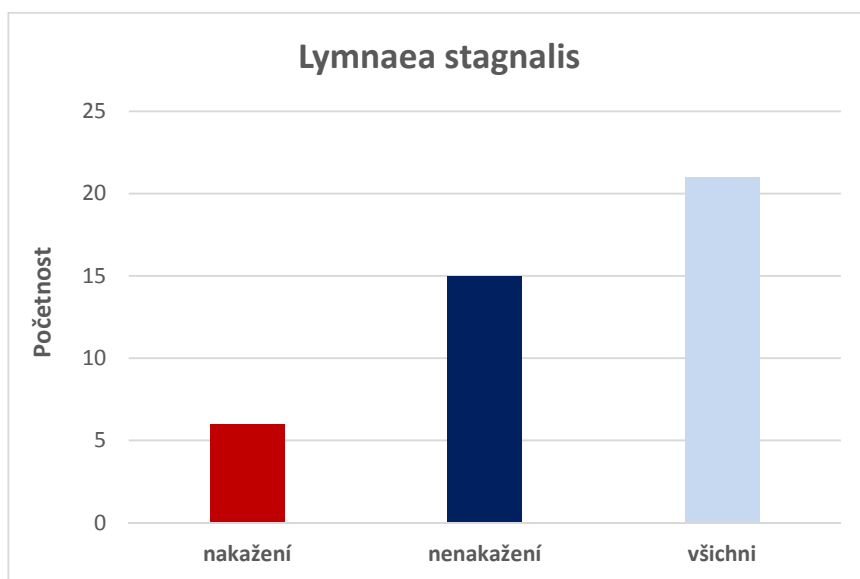
Nákaza plžů motolicemi nebyla zaznamenána u žádného ze zkoumaných druhů v této lokalitě.

Tabulka 7 Záznam odběrů plžů v Genetické zahradě; měsíc; druh; počet kusů

květen	blatenka tmavá	11	okružák ploský	6		
červen	blatenka tmavá	14	okružák ploský	8	terčovník vroubený	21

5.4 Modřanské tůně

V červenci a v srpnu 2015 proběhl výzkum několika druhů plžů odebraných v Modřanských tůních (tabulka 1). Nejvíce zastoupeným druhem zde byla plovatka bahenní (*Lymnaea stagnalis*). V červenci jich z celkového počtu 21 plžů bylo motolicemi nakaženo šest (graf 5).



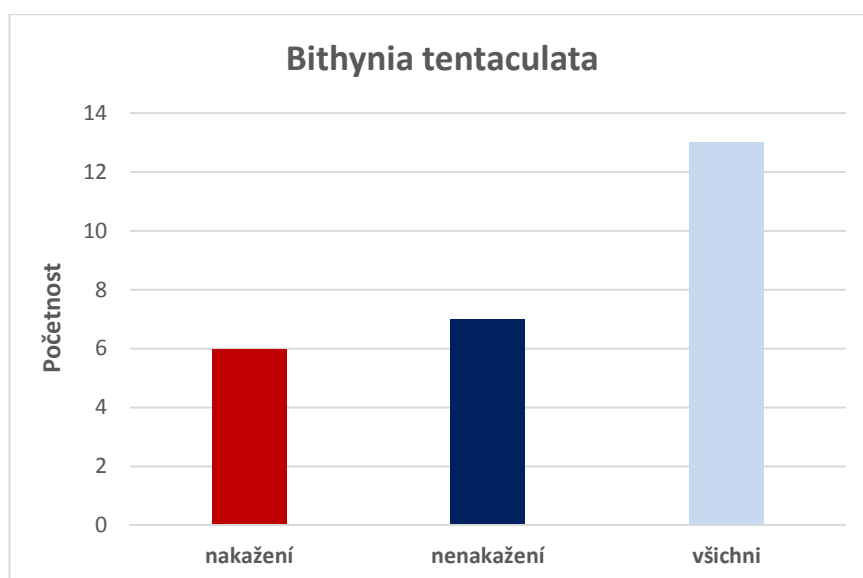
Graf 5 Počet nakažených a nenakažených plžů druhu *Lymnaea stagnalis* odebraných v lokalitě Modřanské tůně 8. 7. 2015

Cerkárie zde nakažených plovatek byly převážně echinostomní, pouze v jednom případě se jednalo o xiphidocerkárie, které vykazovaly známky pozitivní fototaxe. Nákaza motolicemi dosahovala malých, případně středních hodnot. V srpnu (13. 8. 2015) byly v této lokalitě uloveny pouze 3 plovatky, z nichž dvě byly nakaženy xiphidocerkáriemi (tabulka 8).

Tabulka 8 Záznam množství cercárií a jejich morfotypu v hostitelském druhu *Lymnaea stagnalis* v uvedených měsících roku 2015; n – počet nakažených plžů dle morfotypu

měsíc	morfotyp cercárie	n	množství
červenec	echinostomní	5	3× málo; 2× malý shluk;
	xiphidocerkárie	1	malý shluk**
srpen	xiphidocerkárie	2	2× malý shluk

Dalším druhem nalezeným v Modřanských tůních byla bahnivka rmutná (*Bithynia tentaculata*). Jednalo se o jednorázový nález 13 plžů, z nichž šest obsahovalo echinostomní cercárie (graf 6) v malém množství (tabulka 9).

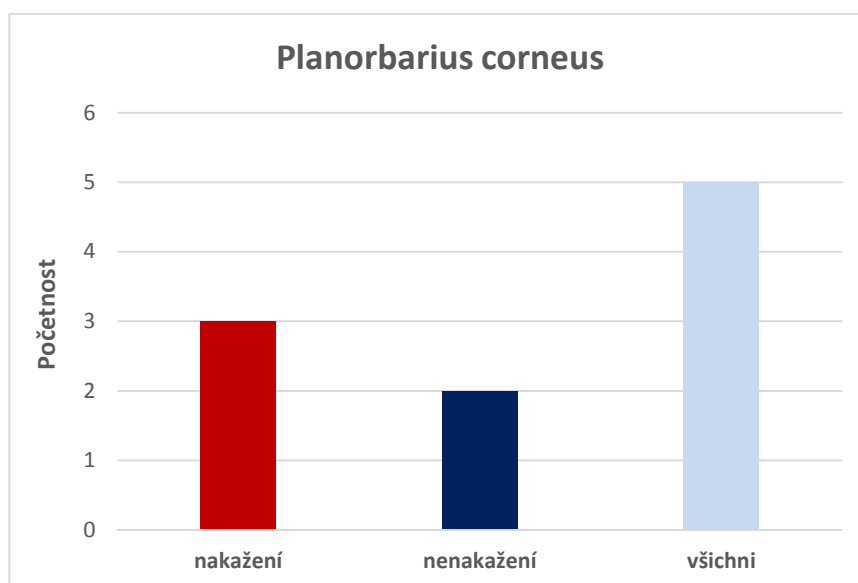


Graf 6 Počet nakažených a nenakažených plžů druhu *Bithynia tentaculata* odebraných v lokalitě Modřanské tůně 8. 7. 2015

Tabulka 9 Záznam množství cercárií a jejich morfortypu v hostitelském druhu *Bithynia tentaculata* v červenci roku 2015; n – počet nakažených plžů dle morfortypu

měsíc	morfortyp cercárie	n	množství
červenec	echinostomní	6	6× málo

V počtu několika kusů byl v červenci při odběrech plžů v Modřanských tůních nalezen také druh okružák ploský (*Planorbarius corneus*) (graf 7). Motolicemi byli nakaženi tři okružáci, z čehož dva byli nakaženi xiphidocerkáriemi a jeden furkocerkáriemi (tabulka 10). Nákaza motolicemi se u těchto jedinců projevila v celkově malém množství.



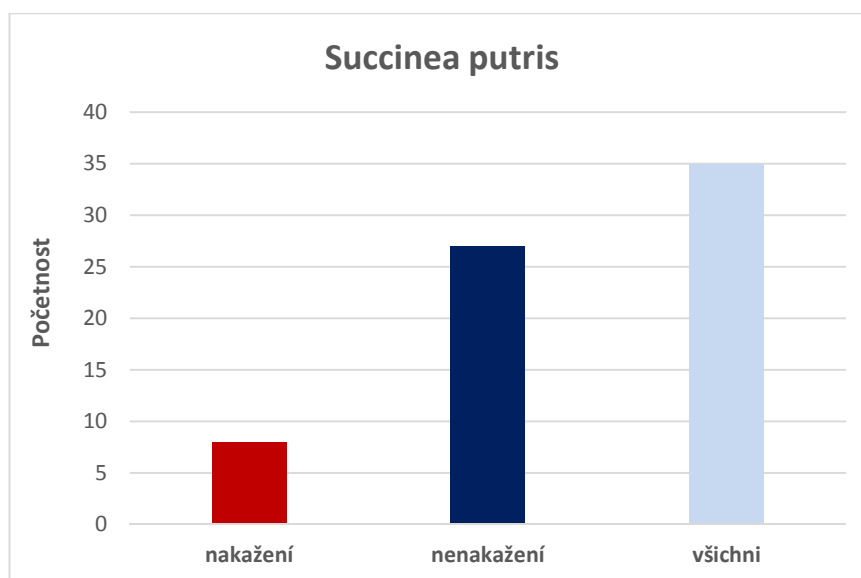
Graf 7 Počet nakažených a nenakažených plžů druhu *Planorbarius corneus* odebraných v lokalitě Modřanské tůně 8. 7. 2015

Jeden okružák (bez nákazy motolicemi) byl nalezen i při odlovech v srpnu 14. 8. 2015.

Tabulka 10 Záznam množství cercárií a jejich morfotypu v hostitelském druhu *Planorbarius corneus* v červenci roku 2015; n – počet nakažených plžů dle morfotypu

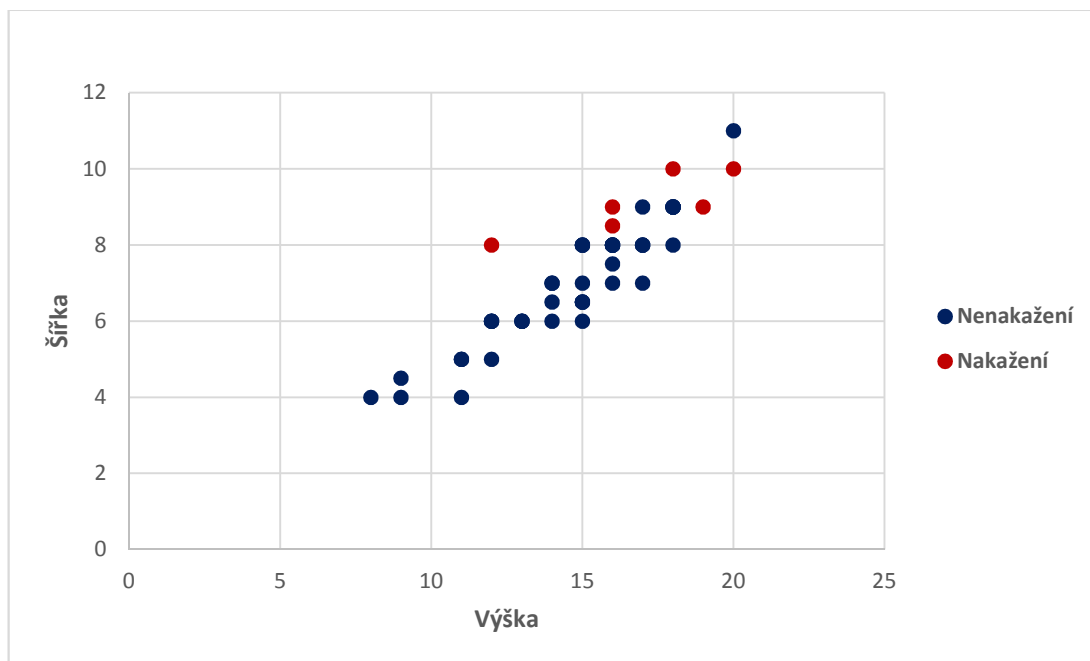
měsíc	morfotyp cercárie	n	množství
červenec	xiphidocerkárie	2	málo; několik
	furkocerkárie	1	několik

V červenci v Modřanských tůních proběhl také pokusný odběr suchozemského plže jantarky obecné (*Succinea putris*), pro získání přehledu o nakaženosti místní populace tohoto druhu motolicí podivnou (*Leucochloridium paradoxum*) (graf 8). Z 35 nalezených jedinců jich bylo 8 nakažených.



Graf 8 Počet nakažených a nenakažených plžů druhu *Succinea putris* odebraných v lokalitě Modřanské tůně 8. 7. 2015

Sběr jantarek a vyhodnocení nákazy motolicí podivnou bylo zopakováno 12. 6. 2016. V tomto případě bylo objeveno 6 nakažených jantarek z celkového počtu 50 nalezených plžů. Změřením délky a šířky ulit nasbíraných jantarek se ukázalo, že nakažení plži patřili k větším jedincům (graf 9).



Graf 9 Velikost plžů vyjádřená závislostí výšky a šířky jejich ulity, druh jantarka obecná (*Succinea putris*); barevné odlišení – nákaza motolicí podivnou (*Leucochloridium paradoxum*); sběr 12. 6. 2016; lokalita Modřanské tůně

6 Diskuse

V této kapitole jsou uvedeny výhody a nevýhody zvoleného postupu při výzkumu plžů nakažených motolicemi spolu s interpretací a zhodnocením jeho výsledků.

6.1 Posouzení metodiky

Zkoumané lokality byly vybrány především pro svou evidentní přítomnost vodních plžů a alespoň občasný pozorovaný výskyt vodních ptáků. Pouze dvě (Kunratická tůň a jezírko Botanické zahrady UK) ze čtyř lokalit byly sledovány v průběhu celého plánovaného období (květen – říjen 2015). Výzkum nádrže v Genetické zahradě UK byl přerušen kvůli extrémně suchému období v létě 2015, kdy hladina výrazně poklesla natolik, že se nebylo možné dostat k vodním plžům přes široký bahnitý pás. Tento stav trval až do konce pokusu. Modřanské tůně byly přidány do pokusu v červenci 2015 na základě údajů z výzkumu tamějších vodních plžů a jejich nákazy motolicemi (Nováková 2010). Bohužel v srpnu 2015 nastal obdobný problém jako u Genetické zahrady. Vodní hladina Modřanských tůní výrazně poklesla a byl zaznamenán rapidní úbytek nalezených plžů, proto se s výzkumy této lokality dál nepokračovalo.

Odběry plžů probíhaly v ranních až dopoledních hodinách, jak je doporučováno některými autory (např. Loy *et* Haas 2001). Po skončení extrakčních pokusů byli plži tentýž den navraceni do lokalit. Tento postup byl vyhodnocen jako nejvhodnější z hlediska plžů, kteří tak stráví minimum času mimo svou vodní nádrž. V tomto případě není nutné mít zázemí, kterým bývá obvykle akvárium a potrava plžů, což lze nesporně brát jako výhodu. Na druhou stranu plži, i když jsou nakaženi, nemusejí v rámci jednoho dne projevit svou nákazu motolicemi. Výsledky pokusů tak mohou být zkresleny, a to zejména

v jarních měsících, kdy je voda v přírodě ještě studená a produkce cercárií sporocystami v plžích bývá nižší (např. Žbikowská 2004). Jsou známy také studie, kdy plži byli sledováni několik dní nebo dokonce týdnů, případně jim byl upraven světelný režim dne i teplota vody (např. Seppälä *et al.* 2008). Tyto možnosti jsou ale v běžných podmínkách špatně realizovatelné. Jevu, kdy se v plžích cercárie znovu dotvoří (a při vyšších teplotách ještě více) lze využít při školních pokusech, kdy si pedagog pro studijní účely ponechá nakažené plže z předchozího (vlastního) testování, jako zaručeně nakažené.

Samotný průběh extrakce cercárií z plžů probíhal co nejjednodušším způsobem. Sklenice s vodou a plži byly postaveny před zářivku a lampičky s dlouhými žárovkami. Tyto zdroje světla se částečně lišily ve své barvě i intenzitě, přesto nebyly patrné rozdíly v extrakci cercárií jejich světlem. Tím bylo zjištěno, že pro tento pokus lze použít prakticky jakékoli běžné zdroje světla. To se posléze potvrdilo při praktickém cvičení s dětmi (viz níže). Neprokáza se tedy potřeba použití speciálního typu světla (např. Žbikowska 2004). A stejně tak se nepotvrdila nutnost svítit na plže mnoho hodin i dní (např. Faltýnková *et al.* 2007a, Zikmundová *et al.* 2014). Většinou postačilo 1–3 hodinové vystavení světlu, po kterém již nenastala žádná změna v počtu nebo přítomnosti cercárií ve vodě. Poté byly nalezené cercárie determinovány do základních morfologických taxonů.

Pro přibližné určení počtu extrahovaných cercárií byla zvolena odhadová kritéria (tabulka 3). Přesný počet cercárií se nedal zjistit kvůli jejich malé velikosti a velké pohyblivosti. Je zde nutné zdůraznit, že kategorie velký a malý shluk představují pouze danou množstevní kategorii. Nejedná se tedy vždy o shluk cercárií jako takový. Pokud byly cercárie určitým způsobem kumulovány, byla daná kategorie označena barevnou dvojitou hvězdičkou značící pozitivní či negativní fototaxi.

6.2 Posouzení výsledků

Zjištěné údaje byly zpracovány vzhledem k slabé povaze sebraných dat téměř výhradně popisnými metodami (grafy a tabulky). Například některé druhy byly celkově zastoupeny pouze několika jedinci a dvě ze čtyř lokalit byly zkoumané jen po dva měsíce studovaného období. Z těchto důvodů je nutno brát dílčí závěry plynoucí z výsledků jako statisticky nepodložené. Přesto lze vyhodnocení výsledků tohoto výzkumu brát jako určitý výchozí předpoklad pro případný další výzkum motolicemi nakažených plžů v našich vodách a jejich okolí.

Přítomnost motolic byla testována celkem v šesti druzích vodních plžů při celkové prevalenci nákazy 20 %. (Suchozemský druh jantarka obecná a její nákaza motolicí podivnou nebyla do tohoto čísla zahrnuta vzhledem k srovnání výsledků ostatních autorů, kteří se zabývali výhradně vodními plži). Množství nakažených plžů v evropských vodních lokalitách se obvykle pohybuje do 5 % (např. Horák *et al.* 2002, Žbikowská 2004). Byly nalezeny i údaje z výzkumu některých finských jezer, kdy průměrná míra nákazy plžů motolicemi dosáhla téměř 13 % (Faltýnková *et al.* 2007a). V případě tohoto výzkumu hraje pravděpodobně velkou roli lokalita Modřanské tůně, která byla do pokusů přibrána v průběhu léta, kdy jsou obvykle plži nejvíce nakaženi (např. Poulin 2006), čímž došlo k zvýšení prevalence nákazy plžů. Výsledná procenta ovlivnil také zřejmě druh uchatka toulavá (*Radix labiata*) se zaznamenanou přítomností motolic u 31 % jedinců (tabulka 8). Vzhledem k tomu, že tento plž dorůstá přibližně 2 cm (Horsák *et al.* 2013), mohli být při jeho sběru preferováni větší a starší jedinci, kteří bývají motolicemi napadeni častěji (např. Mouritsen *et Jensen* 1994), a mohlo tak dojít ke zkreslení výsledku celkové prevalence nákazy plžů.

Nejčastěji zastoupeným morfotypem cercárií v tomto výzkumu jsou echinostomní cercárie (graf 1). Byly nalezeny celkem u tří druhů plžů (graf 2), což může značit větší univerzálnost tohoto morfotaxonu, který představuje jediná čeleď Echinostomatidae, při výběru svých mezipřítelů. V literatuře je většinou

uváděna vysoká míra specifity motolic vůči plžům (např. Horák *et* Kolářová 2011, Gourbal *et al* 2015). Pravděpodobně se jedná o specifitu na úrovni druhů, která zde nemůže být potvrzena ani vyvrácena. Další nalezené morfotypy xiphidocerkárie a furkocerkárie se shodně vyskytly u dvou druhů plžů (graf 2), přičemž se zdá, že xiphidocerkárie preferují více jako mezihostitelský druh plovatky bahenní, zatímco furkocerkárie spíše uchatky toulavé. Zároveň vzhledem k jejich malým početnostem o nich nelze činit jasné závěry.

V Kunratické tůni byla pozorována nákaza plžů motolicemi v průběhu celého sledovaného období (graf 3). Její zpočátku slabá prevalence v jarních měsících (květen a červen) vzrostla k svému maximu v druhém srpnovém odběru plžů a na podzim sice klesla, ale udržela se na určité úrovni. Tyto údaje odpovídají výsledkům některých studií, které zaznamenaly podobný trend. Na jaře jsou ve vodě plži, kteří přezimovali, přičemž část z nich obsahuje sporocysty motolic (Horák *et* Kolářová 2011). V průběhu času napadají stádia motolic (miracidia) nové jedince v závislosti na pro ně optimální teplotě vody (Chu *et al.* 1966). V našich podmínkách tomu odpovídají letní měsíce. Na podzim již teplota vody klesá a zároveň se objevuje nová generace plžů, která ještě není nakažena, čímž se množství nakažených jedinců snižuje.

V červenci a v srpnu 2015 byl při výzkumech plžů Kunratické tůně také zaznamenán nárůst množství cercárií na jednoho plže (tabulka 5). Potvrdila se tak skutečnost, že stádia motolic (dceřiné sporocysty) uvnitř plžů v reakci na vyšší teplotu vody produkují více cercárií (např. Horák *et al.* 2002, Kolářová 2007).

V některých případech byla u extrahovaných cercárií z Kunratické tůně pozorována pozitivní či negativní fototaxe. V červenci a prvním srpnovém odběru plžů byly zaznamenány čtyři případy pozitivní fototaxe, kdy se cercárie vyskytovaly co nejbližší světelnému zdroji. Jednalo se převážně o furkocerkárie. kromě jednoho případu echinostomních cercárií. Případy pozitivní fototaxe cercárií jsou poměrně časté (např. Platt *et al.* 2010). Druhý srpnový odběr ale zaznamenal celkem deset případů vodních plžů, kdy se cercárie se vyskytovaly ve vodě na opačné straně, než

byl zdroj světla. V tomto případě šlo vždy o echinostomní cercárie. Z malého množství zaznamenaných případů obou typů fototaxe nelze říci, zda šlo o vliv morfotypu cercárií, různé období odběru plžů či neznámý faktor.

V jezírku Botanické zahrady UK byly sledovány především plovatky bahenní, u kterých byla mírná nákaza motolicemi prokázána pouze v květnu, v červnu a v září (graf 4). Přinejmenším zarážející je absence výskytu nakažených plžů v letním období, kdy jich bývá obvykle největší množství. Jelikož se jednalo o poměrně malou vodní nádrž s kamennými břehy, mohla v ní během horkého léta 2015 vzrůst teplota vody na vyšší úroveň oproti ostatním přírodnějším lokalitám. Nakažení plži, kteří jsou obecně náchylnější k vyšším teplotám vody, mohli uhynout (Horák *et al.* 2002). Případně se mohli nakažení plži ze stejného důvodu skrývat ve větší hloubce, kde je chladnější voda (např. Žbikovská 2004), a nebyli proto při výzkumu nalezeni.

Vodní plži nalezení v nádrži Genetické zahrady UK nevykazovali známky nákazy motolicemi. V této lokalitě se daly uskutečnit pouze dva jarní odběry plžů, zato zde ale bylo zkoumáno více druhů plžů (tabulka 7). I když zde nakažení plži nebyli nalezeni, je nádrž v Genetické zahradě typickým příkladem stanoviště s dostatkem vegetace, vodních plžů i s občasnou přítomností vodních ptáků (např. Kolářová *et al.* 1997).

V lokalitě Modřanské tůně byly v červenci 2015 nalezeny tři druhy vodních plžů (plovatka bahenní, okružák ploský a bahnivka rmutná), přičemž u všech byla zjištěna nákaza motolicemi (graf 5, graf 6, graf 7). V srpnu se tato skutečnost kvůli nízkému počtu odebraných plžů potvrdila pouze u plovatky bahenní. V této lokalitě se také při pokusech vyskytly všechny tři zaznamenané morfotypy cercárií (tabulka 8, tabulka 9, tabulka 10). Celkově se tak Modřanské tůně řadí mezi druhově velmi bohatá stanoviště (např. Nováková 2010) a výzkum plžů a motolic by zde měl být nadále a podrobněji prováděn.

Okrajově zkoumaným druhem v oblasti Modřanských tůňích byli také suchozemští plži jantarky obecné z hlediska nákazy motolicí podivnou

(*Leucochloridium paradoxum*). V červenci 2015 bylo pozorováno 8 jantarek napadených těmito motolicemi (graf 8). K podobným výsledkům se dospělo i v červnu 2016, a je zde proto předpoklad poměrně stabilní populace tohoto druhu motolice. Z druhého výzkumu těchto plžů (2016) byly získány údaje o výšce a šířce sebraných plžů. Vyhodnocením těchto dat se zjistilo, že jedinci napadení motolicí podivnou patří k největším (graf 9). Je tedy pravděpodobné, že motolice podivná ovlivňuje velikost svých suchozemských meziphostitelů, podobně jako jiné druhy motolic parazitující ve vodních plžích (např. Mouritsen *et* Jensen 1994).

7 Metodická příručka pro pedagogy

Teoretická a výzkumná zjištění popisovaná v předchozích kapitolách této práce, mohou být uplatněna při pedagogické praxi. Uvedené téma práce, lze zařadit do výuky na druhém stupni základních škol (primární školství) nebo na gymnáziích případně jiných středních školách (sekundární školství). Další alternativou pedagogického využití získaných informací může být začlenění vzniklé metodiky do programů přírodovědných sdružení a ekocenter.

Studované téma (Vývojová stádia motolic ve výuce) lze podle rámcových vzdělávacích programů (RVP) základních škol (ZŠ) a gymnázií (G) zařadit do:

- vzdělávací oblast: Člověk a příroda
- vzdělávací obor: Přírodopis (ZŠ); Biologie (G)
- vzdělávací obsah (ZŠ):
 - Biologie živočichů
 - Praktické poznávání přírody
- vzdělávací obsah (G):
 - Biologie živočichů
 - Ekologie

Biologie živočichů z hlediska základního vzdělávání zahrnuje zejména taxonomické zařazení zkoumaných živočichů do systému, včetně konkrétních poznatků o vybraných zástupcích. Řadí se sem také výzkum živočichů, jejich stavby těla, i jejich chování a posléze celkové vyhodnocení vztahu zkoumaných živočichů k prostředí a jiným organismům. V neposlední řadě je důležité také zjištění vztahu daného živočicha k člověku a následné určení bezpečného chování při kontaktu

s ním. Podobné, ale hlubší znalosti pak vyžaduje vzdělávací obsah gymnázia, který je ještě rozšířen o znalosti ekologických pojmů a vztahů, jako je například parazitismus.

Praktické poznávání přírody pak zahrnuje získání a využití dovedností získaných vlastními zkušenostmi a praxí. Jedná se o základní činnosti, jako je práce s lupou a mikroskopem spolu s jednoduchým tříděním živočichů podle jejich vnějších znaků. S tím obvykle souvisí použití zjednodušených klíčů, atlasů a další literatury. Dále je sem řazena také nauka o různých způsobech lovu či odběru živočichů z přírody a s tím spojené praktické ukázky odchytu některých živočichů.

Tyto informace poskytují poměrně široké uplatnění návodného postupu vytvořeného pro pedagogy uvedeného níže. Problematika motolic je obvykle řazena k učivu o ploštěncích, může být ale také v různé míře využita při výuce jiných témat tak, aby co nejvíce odpovídala období, kdy jsou aktivní vodní plži. Dalšími tématy výuky tak mohou být plži, vodní ptáci, nebo například vodní ekosystémy. Také je možné zahrnout tuto metodiku jako součást přírodovědných praktických cvičení, např. mikroskopování.

Na následujících stránkách bude představen výukový materiál pro přírodovědně zaměřené pedagogy. Jedná se o podrobně zpracovaný návod hydrobiologického praktika, na něž posléze navazuje výzkum plžů a infekčních stádií motolic – cercárií ve školních podmínkách. Výhodou využití tohoto postupu je prohloubení a zafixování znalostí dětí, získání nových praktických dovedností, a. rozvíjen je mimo jiné také jejich vztah k přírodě. Nevýhodou se pak může jevit časová náročnost celého programu.

7.1 Hydrobiologické praktikum

Pro výzkum motolic je nutné získat dostatečné množství vodních plžů. Jejich sběr může být uskutečněn v rámci hydrobiologického praktika spolu s průzkumem dalších vodních bezobratlých živočichů.

7.1.1 Výběr vhodné lokality

Výzkumnou lokalitou může být téměř jakákoli vodní plocha, např. rybník, jezírko v parku, lesní tůň.... Mělo by se jednat o mírně eutrofní vodní nádrž s mělkým litorálem a přítomností vodní vegetace, kde se často vyskytují vodní plži a další bezobratlí. Výhodou je, když se zvolená lokalita nachází v blízkosti školy, aby v rámci téhož dne mohl proběhnout i výzkum plžů.

U neznámé lokality je prakticky nezbytný její průzkum před uskutečněním praktika. Zejména je důležité ověřit si přítomnost vodních plžů. Z hlediska nákazy motolicemi je nejvhodnější výskyt druhů čeledi Lymnaeidae a Planorbidae. Motolice se ale vyskytují i v mnoha dalších druzích a čeledích vodních plžů, a pokud jsou přítomny, je možné je otestovat. Prevalence nákazy motolic i v takové nádrži, kde mají stálý výskyt, nebývá příliš vysoká, proto je důležité zajistit pro výzkum dostatečný počet plžů. Odhadované minimální množství je 30–50 jedinců při jednorázovém odběru vodních plžů z lokality, kde jistě víme, že se zde motolice vyskytují.

Pokud není možné zajistit dostatečný počet plžů v rámci zkoumané lokality, nebo není jasné, že se zde motolice vyskytují, je vhodné nalovit plže před uskutečněním praktika v lokalitě, kde tomu tak je. Pro pražské školy je možné doporučit Modřanské tůně, ve kterých byli nalezeni motolicemi nakažení plži i při nízkém počtu odebraných jedinců.

Variantou programu je, že si nalovené plže přinesou k otestování žáci z lokalit, které si chtějí nechat ověřit na přítomnost motolic. Například z přírodních koupališť a dalších vodních nádrží z jejich okolí. I v této alternativě by měl mít

pedagog „v záloze“ nalovené nakažené plže, pro názornou ukázkou cerkárií. Hydrobiologické praktikum může v tomto případě proběhnout také.

7.1.2 Příprava

Pedagog zajišťuje:

- pomůcky k lovu bezobratlých (lovící síťky, polokulovitá síta)
- pomůcky k studiu bezobratlých (lupy, entomologické pinzety, bílé misky z umělé hmoty)
- pomůcky k odběru a přenosu plžů (plastové lahve se širokým hrdlem)
- určovací klíče bezobratlých (např. Petřivalská 2010)
- pracovní list
- časové rozvržení (dle daných podmínek)
- (hydrobiologické znalosti jsou předpokládány)

Děti mohou mít vlastní lovicí pomůcky, např. vysloužilý cedník nebo sítko, a také si mohou přinést kelímky od margarínů nebo nízkých jogurtů (místo bílých misek).

Pedagog děti předem upozorní, že se v průběhu praktika mohou ušpinit či namočit, a proto by měly mít při svém pobytu v přírodě odpovídající oblečení a obuv. Vhodné jsou sportovní či terénní boty, eventuálně holínky pro vstup do vody. Oblečení by mělo být přizpůsobeno aktuálnímu počasí.

V rámci přípravy, nebo na začátku praktika by mělo proběhnout také poučení o bezpečnosti (např. klíšťata, alergie) a vhodném chování v přírodě (např. neodhazovat odpadky).

7.1.3 Vlastní průběh praktika

Lektor dětem ukáže, jak lovit sítkou i cedníkem, a vysvětlí také, jak se zachází s entomologickou pinzetou, případně s dalšími pomůckami. Ulovené organismy jsou pak opatrně přendávány z lovicích pomůcek do bílých misek s vodou, kde je děti posléze určují podle klíčů vodních bezobratlých.

Pedagog prochází mezi úlovky, radí a kontroluje jejich správné určení. V závislosti na množství nalovených druhů je vhodné uspořádat přehlídku ulovených živočichů buď několikrát v průběhu praktika, nebo případně až na úplný závěr. Děti si mohou organismy v klidu prohlédnout a zaznamenat do pracovních listů a pedagog přitom může k živočichům něco zajímavého říci (např. tabulka 11).

Sebraní vodní plži jsou pak umístěni do lahví částečně naplněných vodou a odneseni do školy pro výzkum přítomnosti motolic. Pokud děti projeví zájem, mohou si s sebou odnést i další živočichy, které chtějí vidět pod mikroskopem.

Tabulka 11 Seznam vodních organismů, které se běžně vyskytují v našich vodách a vybrané informace o nich

Bahenka živorodá	vodní předožabrá plž, má ulitu s víčkem, vajíčka prodělají vývoj v těle plže, takže pak klade rovnou mláďata – proto živorodá
Beruška vodní	kolem 1 cm velký korýš, běžné, živí se rostlinnými zbytky
Bruslařka	ploštice, klouzají po vodě, mohutnější než vodoměrky, umí létat
Buchanky a perloočky	drobní vodní korýši (asi 2 mm), ve vodě jsou vidět jako drobné pohyblivé tečky (u buchank s dvěma váčky vajíček).
Chrostík	larvy si staví schránky z nejrůznějšího materiálu (kamínky, písek, ulity plžů, list apod.); někteří draví chrostíci si staví sítě, do kterých lapají potravu; dospělec je podobný motýlům.
Jepice	dýchají žaberními plátkami; dospělci žijí velmi krátce, nepřijímají potravu, pouze se spáří a nakladou nová vajíčka, larvy se vyvíjí ve vodě a žijí několik měsíců i let a mají na zadečku většinou 3 štěty.
Klešťanka	ploštice, velmi dobře plavou pomocí silných zadních nohou
Komár	samičky komárů sají krev, ve vodě žijí jejich larvy, jsou zavěšené zespodu hladiny vody, a to i ve stádiu kukly, která se pohybuje.
Nitěnka	vodní kroužkovec, obsahuje červené krevní barvivo
Motýlice	patří do váček, samečci krásně modře zbarvení s pigmentovanými křídly
Okružák plošký	velký vodní plicnatý plž s „placatou“ ulitou, červené krevní barvivo

Pijavka	kroužkovec, živí se dravě a má hnědé zbarvení; pijavka lékařská je vzácná, sají krev a je pestře zbarvená
Plovatka bahenní	velký plicnatý vodní plž se špičatou ulitou, dýchá vzduch, musí se jednou za čas nadechnout - stoupá k hladině.
Ploštěnka (potoční)	volně žijící ploštěnci, mají velkou schopnost regenerace
Pošvatka	na zadečku má dva dlouhé štěty larva stejně jako dospělec
Potápník vroubený	velký vodní brouk, žlutavé lemování krovek, dorůstá až 3,5 cm, vzduch k dýchání skladuje pod krovkami
Rak	velký koryš – má krunýř a klepeta, nechodí pozpátku, ale normálně, pouze umí rychle zacouvat, když se poleká, jsou ohroženi nemocí zvanou račí mor, který sem byl zavlečen s raky z Ameriky.
Splešťule	ploštice, má na zadečku dlouhý trn, kterým tím dýchá
Škeble	mlž, 2 lastury – uvnitř duhová perleť; žije v bahně a písku dna
Vážky (a šídla)	velký dravý hmyz, výborně létá; dospělci žijí několik měsíců; larvy jsou také dravé (loví vymrštitelnou maskou) a žijí ve vodě i několik let
Velevrub malířský	mlž, má pevnější lastury než škeble, má tzv. zámeček, malíři si v jejich lasturách rozdělávali barvy, proto malířský
Vírník	brouk, nosí si na zadečku vzduchovou bublinu, při vyrušení začne rejdit rychle po hladině – vířit – od toho jeho jméno; oči má viditelně rozdělené na část nad a pod hladinou
Vodoměrka	ploštice, umí chodit po vodě, sosákem vysává drobný hmyz na hladině; v případě vyrušení prchá ke břehu a vystupuje z vody
Vodomil	tmavý, lesklý vodní brouk; končetiny méně přizpůsobené pohybu ve vodě než u potápníků
Vodule	vodní roztoč, výrazně zbarvený
Znakoplavka	ploštice, ve vodě plave na zádech (na znak), je dravá, dýchá vzduch – musí se nadechnout, a také umí létat, tak kolonizuje další vody

Na následujících dvou stranách je uveden příklad stručného pracovního listu pro hydrobiologické praktikum.

Pracovní list

1. Úkol - Co jsme ulovili:

název živočicha	zajímavost

Pomůcky pro lov:

2. Úkol: Zakreslete si dva ulovené bezobratlé, které jste pozorovali lupou

3. Úkol (dobrovolný): Popište lokalitu

Kde se nachází, jaké je okolí (hodně x málo vegetace, zástavba, stromy...)

Druhové bohatství ve vodě (hodně x málo obratlovců, bezobratlí, rostliny, řasy)

Voda (čistá x zakalená)

Půda (písčítá x jílovitá x kamenitá x beton)

7.2 Výzkum motolic ve školních podmínkách

Plže získané při hydrobiologickém praktiku je z hlediska jejich co nejmenší újmy vhodné zkoumat ještě tentýž den, kdy byli uloveni, případně den poté. Plži v lahvích, ve kterých byli přineseni, obvykle do druhého dne bez problémů přežijí. Pouze je nutné zajistit jim přísun vzduchu pootevřením uzávěru lahve. Pokud by ale mělo dojít k delší než jednodenní prodlevě mezi sběrem plžů a jejich výzkumem a následným vrácením do přírody, je vhodné zajistit plžům životní prostor a potravu (např. akvárium a salát). Tímto způsobem může případně pedagog zajistit své předem naložené plže. Po skončení pokusů by se mělo počítat s návratem plžů do své lokality.

Před samotným začátkem školního výzkumu by opět mělo proběhnout poučení o bezpečnosti (neběhat, v průběhu pokusu nejíst a nepít, nesať do vody s plži) a vhodném přístupu k technice (mikroskopům).

Časový plán výzkumu ve škole je odhadován na 3 vyučovací hodiny.

7.2.1 Příprava

Ve škole je nutné zajistit:

- prostor (např. učebna přírodních věd)
- mikroskopy
- pomůcky pro mikroskopování (sklíčka, kapátko, buničtinové čtverečky, pinzety)
- papírové utěrky
- pomůcky pro extrakci cercárií (sklenice, zdroje světla – např. lampičky)
- odstátá voda
- lihové fixy
- gumové rukavice
- dostatek zásuvek pro mikroskopy a zdroje světla (elektrické prodlužovací kabely)

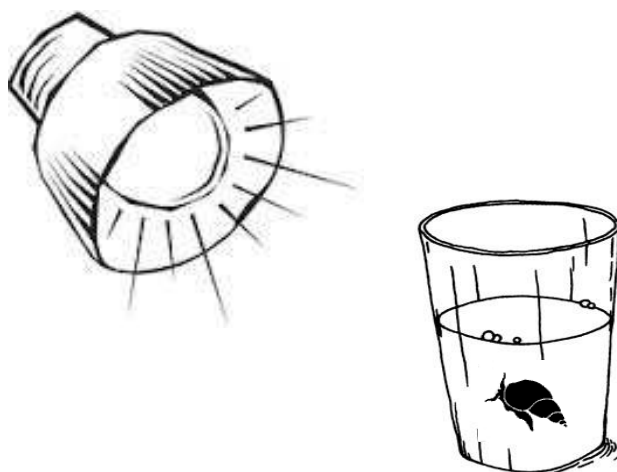
Vhodný počet mikroskopů je alespoň jeden do dvojice či trojice žáků, přičemž se předpokládá, že s nimi děti už umí pracovat.

Na přípravě se opět mohou podílet i žáci. Každý žák si může obstarat nízkou čirou sklenici například od zavařeniny (bez etikety). Dále pak mohou děti přinést různé zdroje světla, které mají (např. baterky, světla na kolo, apod.).

7.2.2 Sestrojení „extraktoru“

Z časových důvodů je nejlépe začít budováním pokusu, protože nějakou dobu trvá, než se z plžů začnou uvolňovat cercárie.

Každý žák si vezme sklenici a naplní ji do dvou třetin odstátou vodou, která by měla být použita proto, aby z ní vprchal chlór a nebyla také příliš chladná. Poté do ní umístí jednoho či více plžů a svou sklenici si označí číslem (postupně) pomocí lihového fixu. Starší žáci nebo děti více badatelsky zaměřené si mohou plže roztřídit podle druhů a sklenice s nimi odlišnými barvami očíslovat. Poté se všechny označené sklenice s vodou a plži umístí na vhodné místo před světelný zdroj (obr. 18). Doba přípravy pokusu je odhadována na 10–15 minut.



Obr. 18 Schéma extrakce cercárií; (pixaway, akvarijni.cz; upraveno)

7.2.3 Úvod do problematiky cercárií

Důkazem přítomnosti motolic v plžích, jsou cercárie, které se objeví ve vodě přibližně po hodině svícení. V čase, kdy pokus probíhá, je prostor pro seznámení dětí s hlavním důvodem tohoto výzkumu, kterým je nebezpečí cercáriové dermatitidy v našich vodách. Vhodnou metodou může být použití obrázkové prezentace spojené s diskusí.

Možný koncept prezentace:

Prvních část prezentace představí několik obrázků různých vodních lokalit. Zvoleny jsou tak, aby některé obsahovaly vodní vegetaci nebo výskyt vodního ptactva (indicie cercáriové dermatitidy). Je vhodné sem zařadit i obrázky například z vyhlášených přírodních koupališť, kde se cercáriová dermatitida již vyskytla (např. Bolevecký rybník u Plzně). Některé obrázky by měly být z hlediska cercáriové dermatitidy vhodné. Děti u jednotlivých obrázků hlasují, zda se jim lokalita jako celek líbí, a zda by se v takové vodě koupaly. (Žádný z obrázků by neměl být vyloženě odpudivý). Tato aktivita je vhodná „na rozehrání“. Děti se při ní rozmluví, zvláště pokud je pedagog pro ně nový. Na tabuli se může průběžně zaznamenávat, kolik měl který obrázek hlasů pro koupání, s tím, že vše bude vyhodnoceno později.

Další část prezentace tvoří seznámení s cercáriovou dermatitidou. Zejména by zde mělo být uvedeno a vysvětleno, co je cercáriová dermatitida, její projevy a co ji způsobuje. Pedagog objasní neznámé pojmy, a průběžně odpovídá na dotazy. Poté promítne a popíše jednoduchý obrázek životního cyklu ptačích schistosom, a zeptá dětí, jak si myslí, že se dá cercáriové dermatitidě vyhnout.

V diskusi pravděpodobně zazní: nekoupat se v přírodě vůbec; nekoupat se, kde jsou kachny a jiní vodní ptáci... Cílem je dobrat se k tomu, že významní jsou i mezipřenositelé motolic – plži. Z nich se cercárie uvolňují a bez nich by se cyklus nedokončil. Je proto lepší vyhnout se lokalitám, kde jsou vodní plži a případně vodní vegetace, kterou se živí. Pedagog zdůrazní, že se cercárie z vodních plžů

uvolňují v osluněné vodě při břehu vodních nádrží, a proto byl navržen (a právě probíhá) pokus s extrakcí cercárií z plžů.

Poté se lze vrátit k obrázkům na začátku prezentace a může proběhnout nové hlasování ohledně koupání se v těchto lokalitách. Žáci by měli vyloučit lokality s přítomností příbřežní vegetace a vodního ptactva.

Závěrečná část prezentace pak může představit nejběžnější hostitele a mezihostitele životního cyklu ptačích motolic, a mohou zde být také uvedeny příklady činností, při kterých dochází k nákaze (koupání, hry ve vodě, brodění se apod.). V souvislosti s tím zde může být okrajově poukázáno na to, že cercáriovou dermatitidou mohou trpět také zvířata, například koně a psi. V neposlední řadě zde mohou být prezentovány i ukázky zákazových cedulí, které používají majitelé některých přírodních koupališť z důvodu prevence cercáriové dermatitidy (např. zákaz krmení vodního ptactva).

Na úplný konec této teoretické části by měli žáci společně dokázat odpovědět na závěrečné (kontrolní) otázky pedagoga ohledně cercáriové dermatitidy, jejího cyklu, projevů a prevence.

Časový odhad prezentace a diskuse je přibližně 35–45 minut. Její obsah je nutné přizpůsobit věku žáků.

Poté následuje krátká přestávka, v jejímž průběhu pedagog připraví mikroskopy a zkontroluje, zda se v některých sklenicích již vyskytují cercárie. V některých případech se do této doby cercárie objeví a může se přejít v programu dál k jejich určování. Jindy je nutné počkat ještě nějakou dobu, proto se v tomto případě může přistoupit k mikroskopování živočichů, nasbíraných při praktiku v přírodě. Děti mohou pozorovat například buchanky, které jsou ve vodních nádržích běžné, ale samotným okem málo patrné. Nebo lze pozorovat např. žaberní lupínky larev jepic, případně další podrobnosti různých nalovených organismů.

Následuje ukázka prezentace dle popsaného konceptu:

CERKÁRIOVÁ DERMATITIDA







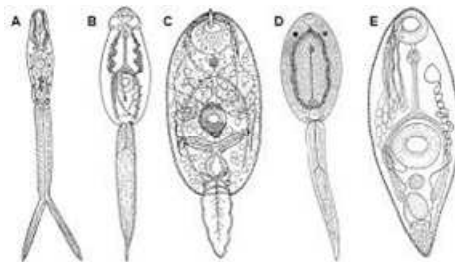
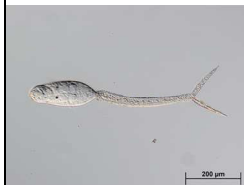
Cerkáriová dermatitida

- co to je?
- jak se projevuje?
- co ji způsobuje?
- jak jí předejít?

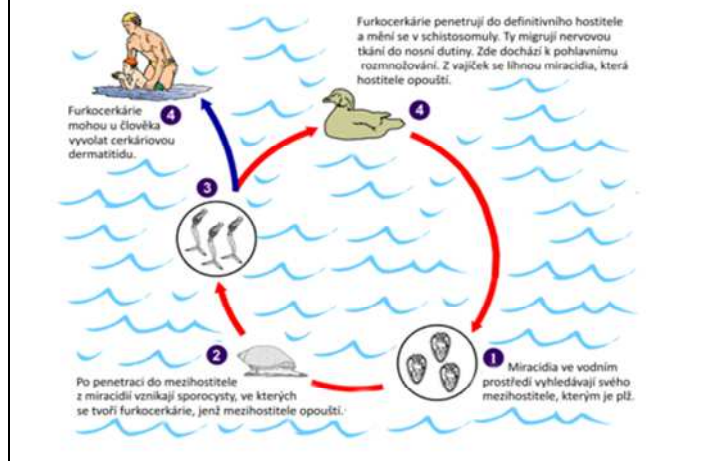


Cerkárie

- Infekční stádia motolic



Jak se cercáriové dermatitidě vyhnout?



Časté mezhositelské druhy



Okružák ploský



Uchatka nadmutá



Uchatka toulavá



Plovatka bahenní



Závěrečné otázky

- Co to je cercáriová dermatitida a co jsou cercárie?
- Jak probíhá životní cyklus ptačích motolic?
- Které druhy plžů jsou nejčastěji mezihostiteli?
- Jaké vodní nádrže se raději vyhnout?

7.2.4 Výzkum cercárií

Poté, co se cercárie objeví ve vodě s plži, může se postoupit k hlavní části školního výzkumu. Pedagog nejprve ukáže, jak cercárie ve vodě nalézt. Jedná se o malé světlé tečky s chaotickým pohybem. Je zde potřeba určitá zkušenost a praxe, zvláště při malém množství cercárií, proto je z hlediska lektora poměrně nezbytné si pokus předem vyzkoušet a mít cercárie tzv. „nakoukané“). Žáci by měli přistupovat po menších skupinkách, aby dobře viděli a naučili se cercárie ve vodě pozorovat. Pedagog poukáže na to, že se cercárie ve vodě mohou vyskytovat rozptýleně i ve shlucích (např. u dna/ blíže světlu/ na opačné straně světla).

Zde je nutné žáky upozornit, aby dodržovali bezpečné zásady práce s cercáriemi. Tudíž nesahali do vody s plži rukama, a pokud s vodou přijdou do kontaktu, ihned se osuší připravenými papírovými utěrkami. (Pokud by některé z dětí projevilo neochotu pracovat s cercáriemi kvůli své bezpečnosti, je vhodné mít pro tyto případy připravené několikery gumové rukavice).

Následně proběhne samotné mikroskopování a určování cercárií. Pedagog dětem rozdá zjednodušené určovací klíče cercárií a pracovní listy (viz níže) a předvede odběr vody s cercáriemi kapátkem na podložní sklíčko spolu s opatrným odsátím přebytečné vody pomocí buničtinových čtverečků. Žáci by měli postup nejprve pozorně sledovat a pokusit o totéž. Sklíčko s kapkou vody s cercáriemi je pak opatrně vloženo do mikroskopu a cercárie jsou pozorovány odpovídajícím zvětšením (obvykle 200–400×).

Poté se žáci pokusí určit co nejvíce cercárií vyskytujících se u ostatních plžů do morfotypů a zaznamenávají si to do tabulky pracovního listu. Dětem se nemusí dařit dobře rozeznávat znaky cercárií, proto je úkolem pedagoga radit jim a kontrolovat alespoň z počátku jejich závěry.

Děti, které mají sklenice od začátku barevně očíslované podle druhů, pak mohou na konci stručně popsat své výsledky, například jaký druh byl nakonec nejvíce nakažen, nebo jaký typ cercárií se nejčastěji v plžích vyskytoval apod.

Pokud je nakažených plžů mnoho, že by z časových důvodů děti nestihly prozkoumat všechny plže, mohou si je předtím rozdělit a každá dvojice či trojice dětí (vymezená počtem mikroskopů) pak testuje jen svou část. V rámci své skupiny by se děti měly v činnostech přípravy preparátu a určování cercárií střídat. Na konci se pak všichni o své výsledky podělí, zapíše si je a vyhodnotí.

Pedagog mikroskopování ukončuje asi 15 minut před koncem programu. Společně s dětmi zhodnotí, jaké typy cercárií se v plžích z dané lokality objevily a děti sdělí své závěry. Na závěr by žáci měli také zhodnotit, zda se jim program líbil a jestli přišel jim užitečný (zpětná vazba pro pedagoga). Poté následuje již jen úklid učebny a pomůcek a pokud možno také zajištění návratu plžů do přírody, nejlépe do lokality, z níž byli přineseni.

7.2.5 Realizace metodiky

Podle výše uvedené metodiky byl 29. 6. 2016 uskutečněn přírodovědný program pro třídu prima na gymnáziu Jaroslava Heyrovského. Proběhly obě jeho části, tedy hydrobiologické praktikum a školní výzkum motolic v plžích.

Sběr vodních organismů proběhl ve dvou vodní plochy v Centrálním parku městské části Praha 13, v docházkové vzdálenosti od školy. Tyto lokality posloužily svému účelu z hlediska zkoumání drobných bezobratlých živočichů, ale vodní plži zde nalezeni nebyli. Z nalezených organismů lze jmenovat např. larvy jepic, larvy šidélek, nitěnky, klešťanky, znakoplavky... Zajímavou skutečností byl nález sladkovodní živočišné houby v druhé zkoumané lokalitě.

Pro školní výzkum motolic v plžích byli zajištěni plži z lokality Kunratická tůň v počtu asi 35 kusů. Převážně se jednalo o plže druhu uchatka toulavá (*Radix labiata*) a několik malých okružáků (*Planorbarius corneus*). Plži byli zkoumáni v počtu několika jedinců na jednu sklenici. Poté proběhlo sestavení extraktoru a následovala prezentace.

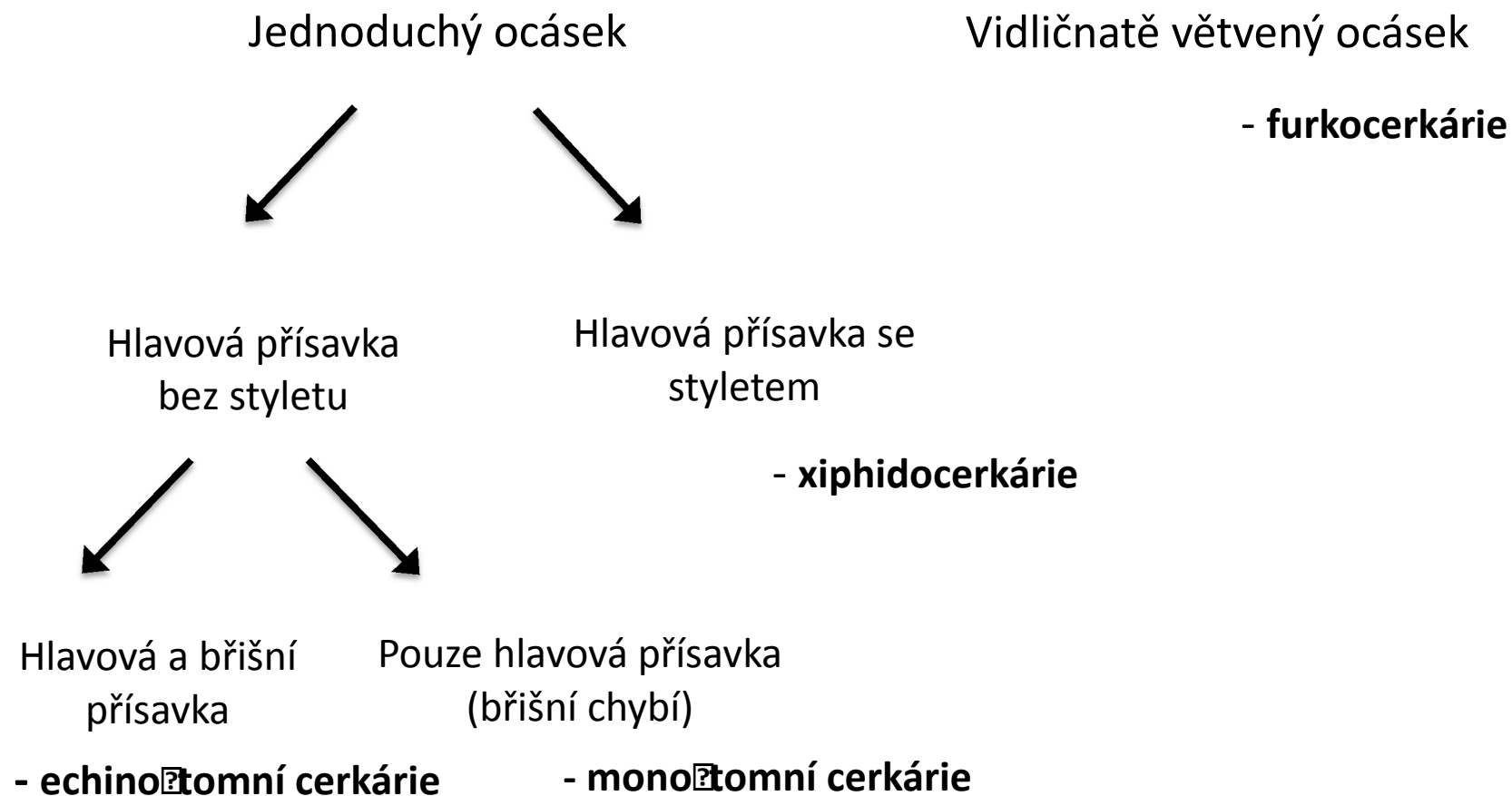
Cercárie motolic byly objeveny ve třech sklenicích s plži v množství několika málo jedinců. Preparáty z nich byly dětem zprvu poskytnuty, posléze si

je děti zkusily vytvořit samy. Všechny nalezené a prozkoumané cercárie byly echinostomní.

Celkově se dětem program líbil, lov bezobratlých živočichů je bavil, a stejně tak úspěch měla i prezentace a diskuse o cercáriové dermatitidě. V obou částech programu děti pracovali s určovacími klíči a zaznamenávaly si zjištěné údaje do pracovních listů bez větších problémů. Mikroskopování cercárií a jejich následné určování bylo pro děti obtížnější, ale s přihlédnutím k tomu, že se jednalo o nejmladší žáky, pro které je program navržen, se s tím dobře vyrovnaly.

Na následujících stranách práce je uveden příklad možného určovacího klíče cercárií pro školy a pracovní list pro záznam školní části výzkumu.

Zjednodušený klíč morfologických typů cercárií



Jméno a příjmení

Datum

Pracovní list

Výsledky mikroskopování:

číslo	druh píce	typ cercárie

Závěry:

Nákres objevených typů cercárií

Životní cyklus ptačích motolic

8 Závěr

Parazitě, jako jsou motolice a schistosomy, jsou významnými parazitárními činiteli po celém světě. V souvislosti s čím dál častějšími výskyty cercáriové dermatitidy v Evropě se dostávají do popředí zájmu i u nás.

Tato diplomová práce předkládá ucelený soubor informací o této aktuální problematice. Důležité je pochopení vztahů těchto parazitů k ostatním organismům, zejména v rámci jejich složitých vývojových cyklů. Dermatitidu v našich vodách způsobují tzv. ptačí schistosomy. Jedná se o skupinu motolic, jejichž definitivními hostiteli jsou obvykle vodní ptáci, ale jejich stádia – tzv. cercárie mohou napadnout i kůži savců včetně člověka a způsobit dlouhotrvající svědivou vyrážku. Cercárie se do vody dostávají z vodních plžů, kteří jsou meziphostiteli těchto ptačích motolic.

Ukázalo se, že přítomnost motolic ve vodních plžích lze zkoumat poměrně jednoduchou neinvazní metodou. V průběhu aktivní sezóny plžů (květen – říjen) v roce 2015 byl proto uskutečněn výzkum vodních plžů z hlediska jejich nákazy motolicemi. Využito bylo skutečnosti, že se cercárie uvolňují z plže v reakci na světlo. Cercárie pak byly určovány mikroskopicky do svých základních morfologických typů.

Výzkum proběhl ve čtyřech pražských lokalitách s těmito výsledky:

Lokalita Kunratická tůň zaznamenala stálou přítomnost motolic ve vodních plžích v průběhu celého zkoumaného období. Nalezeno zde bylo největší množství echinostomních cercárií a furkocercárií ve studovaném druhu uchatka toulavá (*Radix labiata*).

V jezírku Botanické zahrady UK a v Modřanských tůních byly objeveny xiphidocercárie převážně u druhu plovatka bahenní (*Lymnaea stagnalis*).

V nádrži Genetické zahrady UK nebyla u žádného ze zkoumaných druhů plžů nákaza motolicemi prokázána.

V Modřanských tůních byla také zjištěna přítomnost motolice podivné (*Leucochloridium paradoxum*) v populaci suchozemského plže jantarky obecné (*Succinea putris*).

Metodika výzkumu vodních plžů je poměrně jednoduchá a využívá běžně dostupné pomůcky. Je proto využitelná i ve školních podmínkách například jako doplněk k učivu o motolicích, případně o vodních plžích, nebo jako součást mikroskopického cvičení. Pro tyto účely zde byla vytvořena v praxi ověřená metodická příručka představující podrobný návod, který zahrnuje hydrobiologické praktikum (volitelná část) a hlavní výzkum vodních plžů a jejich nákazy motolicemi ve školních podmínkách.

9 Literatura

- Aldhoun, J.A., Podhorský, M., Holická, M., Horák, P. (2012): Bird schistosomes in planorbid snail in the Czech Republic. *Parasitology International* 61, 250-259.
- Arora, D.R., Arora, B.B. (2010): Medical Parasitology. 3. revidované vydání New Delhi, India. ISBN 978-81-239-1850-1.
- Ataev, G.L., Zhukova, A.A., Tokmakova, A.S., Prokhorova, E.E. (2016): Multiple infection of amber *Succinea putris* snails with sporocysts of *Leucochloridium* spp. (Trematoda). *Parasitology Research* 4, 1-6.
- Barsoum, R.S., Esmat, G., El-Baz, T. (2013): Human Schistosomiasis: Clinical Perspective: Review. *Journal of Advanced Research* 4, 433-444.
- Beran, L. (1998): Vodní měkkýši ČR. Metodika Českého svazu ochránců přírody č. 17, Vlašim.
- Beltran, S., Boissier, J. (2010): Male-biased sex ratio: why and what consequences for the genus *Schistosoma*? *Trends in Parasitology* 26(2), 63-69.
- Blankespoor, H.D., Reimink, R.L. (1991): The control of swimmer's itch in Michigan: Past, present, and future. *Michigan Academician* 24, 7-23.
- Blas, B.L., Lipayon, I.L., Tormis, L.C., Portillo, L.A., Hayashi, M., Matsuda, H. (2006): An attempt to study the economic loss arising from *Schistosoma japonicum* infection and the benefits derived from treatment. *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health* 37(1), 26-32.
- Bulantová, J., Chánová, M., Houžvičková, L., Horák, P. (2011): *Trichobilharzia regenti* (Digenea: Schistosomatidae): Changes of body wall musculature during the development from miracidium to adult worm. *Micron* 42, 47-54.
- Buzzel, G.R. (1983): Composition, secretion, and fate of the glands in the miracidium and sporocyst of *Fasciola hepatica* L. *Journal of helminthology* 57, 79-84.
- Casey, S.P., Bakke, T.A., Harris, P.D., Cable, J. (2003): Use of ITS rDNA for discrimination of European green- and brown-banded sporocysts within the genus *Leucochloridium* Carus, 1835 (Digenea: Leucochloriidae). *Systematic Parasitology* 56, 163-168.
- Colley, D.G., Bustinduy, A.L., Secor, W.E., King, Ch.H. (2014): Human schistosomiasis. *The Lancet* 383, 2253-2264.
- Crews, A.E., Yoshino, T.P. (1989): *Schistosoma mansoni*: effect of infection on reproduction and gonadal growth in *Biomphalaria glabrata*. *Experimental Parasitology*, 68 (3), 326-334.
- Ditrich, O., Scholz, T., Aguirre-Macedo, L., Vargas-Vázquez, J. (1997): Larval stages of trematodes from freshwater molluscs of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Folia Parasitologica* 44, 109-127.

- Dorsey, Ch, H., Cousin, C.E., Lewis, F.A., Stirewalt, M.A. (2002): Ultrastructure of the *Schistosoma mansoni* cercaria. *Micron* 33, 279-323.
- Faltýnková, A. (2005): Larval trematodes (Digenea) in molluscs from small water bodies near České Budějovice, Czech Republic. *Acta Parasitologica* 50(1), 49-55.
- Faltýnková, A., Niewiadomska, K., Santos, M.J., Valtonen, E.T. (2007a): Furcocercous cercariae (Trematoda) from freshwater snails in Central Finland. *Acta Parasitologica* 52(4), 310-317.
- Faltýnková, A., Našincová, V., Kablásková, L. (2007b): Larval trematodes (Digenea) of the great pond snail, *Lymnaea stagnalis* (L.), (Gastropoda, Pulmonata) in Central Europe: a survey of species and key to their identification. *Parasite* 14, 39-51.
- Fan, P.C., Kang, Y.C. (2003): Egg production capacity of one-pair worms of *Schistosoma japonicum* in albino mice. *The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health* 34, 708-712.
- Flegr, J. (2007): Effects of *Toxoplasma* on Human Behavior. *Schizophrenia Bulletin* 33, 757-760.
- Förstl, M., Kolářová, L., Konšťacký, M., Veselský, Z., Macek, P., Dvořák, P. (2003): Riziko importu schistosomózy (bilharziózy). *Interní medicína pro praxi*, 2, 57-60.
- Grimes, J.E.T., Croll, D., Harrison, W.E., Utzinger, J., Freeman, M.C., Templeton, M.R. (2015): The roles of water, sanitation and hygiene in reducing schistosomiasis: a review. *Parasites & Vectors*, 8, 156-172.
- Gourbal, B., Théron, A., Grunau, Ch., Duval, D., Mitta, G. (2015): Polymorphic mucin-like proteins in *Schistosoma mansoni*, a variable antigen and key component of the compatibility between the Schistosome and its snail host. *Results and problems in cell differentiation* 57, 91-108.
- Haas, W., van de Roemer, A. (1998): Invasion of the vertebrate skin by cercariae of *Trichobilharzia ocellata*: penetration processes and stimulating host signals. *Parasitology Research* 84, 787-795.
- Haas, W., Haeberlein S. (2009): Penetration of cercariae into the living human skin: *Schistosoma mansoni* vs. *Trichobilharzia szidati*. *Parasitology Research* 105, 1061-1066.
- Hanzlicek, A.S., Harkin, K.R., Dryden, M.W., Chun, R., Payne, P.A., Nietfeld, J.C., Debey, B.M. (2011): Canine schistosomiasis in Kansas: five cases (2000-2009). *Journal of the American Animal Hospital Association* 47, 95-102.
- He, Y., Chen, L., Ramaswamy, K. (2002): *Schistosoma mansoni*, *S. haematobium*, and *S. japonicum*: early events associated with penetration and migration of schistosomula through human skin. *Experimental Parasitology* 102, 99-108.
- He, Y., Salafsky, B., Ramaswamy, K. (2005): Comparison of skin invasion among three major species of *Schistosoma*. *Trends in Parasitology* 21 (5), 201-203.
- Horák, P., Kolářová, L. (1994): Krevničky napadají člověka i v Čechách. *Vesmír*, 73, str. 430.

- Horák, P., Kolářová, L., Dvořák, J. (1998): *Trichobilharzia regenti* n. sp. (Schistosomatidae, Bilharziellinae), a new nasal schistosome from Europe. *Parasite* 5, 349-357.
- Horák, P., Kolářová, L. (2000): Survival of bird schistosomes in mammalian lungs. *International Journal for Parasitology* 30, 65-68.
- Horák, P., Kolářová, L., Adema, C.M. (2002): Biology of the Schistosome Genus *Trichobilharzia*. *Advances in Parasitology* 52, 155-233.
- Horák, P., Kolářová, L. (2005): Molluscan and vertebrate immune responses to bird schistosomes. *Parasite Immunology* 27, 247-255.
- Horák, P., Kolářová, L. (2011): Snails, waterfowl and cercarial dermatitis. *Freshwater Biology* 56, 779-790
- Horák, P., Mikeš, L., Lichtenbergová, L., Skála, V., Soldánová, M., Brant, S.V. (2015): Avian Schistosomes and Outbreaks of Cercarial Dermatitis. *American Society for Microbiology, Journal of Clinical Microbiology* 28, 165-190.
- Horsák, M., Juříčková, L., Pícka J. (2013): *Měkkýši České a Slovenské republiky*. Nakladatelství Kabourek Zlín; str. 264
- Hrabě, S., Bartoš, E., Fott, B., Frankenberger, Z., Havlík, O., Jančařík, A., Jírovec, O., Kostroň, K., Šrámek-Hušek, R., Vondráček, K. a Weiser, J. (1954): *Klíč zvířeny ČSR Díl I (Prvoci, houby, láčkovci, červi, mechovky, měkkýši, korýši)*. Nakladatelství Československé akademie věd, Praha
- Hudec, K., Kolibáč, J., Laštůvka, Z., Peňáz, M., a kol. (2007): *Příroda České republiky, Průvodce faunou*. Nakladatelství Academia, 1. vydání, Praha; ISBN 978-80-200-1569-3; str. 20 a 26.
- Chanová, M., Vuong, S., Horák, P. (2007): *Trichobilharzia szidati*: the lung phase of migration within avian and mammalian host. *Parasitology Research* 100, 1243-1247.
- Christensen, N.Ø. (1980): A review of the influence of host-and parasite related factors and environmental conditions on the host-finding capacity of the trematode miracidium. *Acta Tropica* 37, 303-318.
- Christiansen, A. Ø., Olsen, A., Buchmann, K., Kania, P.W., Neisum, P., Vennervald, B.J. (2016): Molecular diversity of avian schistosomes in Danish freshwater snails. *Parasitology Research* 115(3), 1027-1037.
- Chu, K.Y., Massoud, J., Sabbaghian, H. (1966): Host-parasite relationship of *Bulinus truncatus* and *Schistosoma haematobium* in Iran. *Bulletin of the World Health Organization* 34(1), 131-133.
- Chubb, J.C., Ball, M.A., Parker, G.A. (2009): Living in intermediate hosts: evolutionary adaptations in larval helminths. *Trends in Parasitology* 26(2), 93-102.
- Jothikumar, N., Mull, B.J., Brant, S.V., Loker, E.S., Collinson, J., Secor, W.E., Hill, V.R. (2015): Real-time PCR and sequencing assays for rapid detection and identification of avian schistosomes in environmental samples. *Applied and environmental microbiology* 81(12), 4207-4215.

- Kalbe, M., Haberl, B., Haas, W. (2000): Snail host finding by *Fasciola hepatica* and *Trichobilharzia ocellata*: compound analysis of “miracidia-attracting glykoproteins“. *Experimental Parasitology* 96, 231-242.
- Kannan, G., Moldovan, K., Xiao, J-Ch., Yolken, R.H., Jones-Brando, L., Pletnikov, M.V. (2010): *Toxoplasma gondii* strain-dependent effects on mouse behaviour. *Folia Parasitologica* 57(2), 151-155.
- Kenneth, S., Warren, M.D. (1966): The pathogenesis of “clay-pipe stem cirrhosis“ in mice with chronic schistosomiasis mansoni, with a note on the longevity of the schistosomes. *The American Journal of Pathology*, 49 (3), 477-489.
- Kiremit, M.C., Cakir, A., Arslan, F., Ormeci, T., Erkurt, B., Albayrak, S. (2015): The bladder carcinoma secondary to schistosoma mansoni infection: A case report with reiew of the literature. *International Journal of Surgery Case Reports* 13, 76-78.
- Kolářová, L., Horák, P., Sitko, J. (1997): Cercarial dermatitis in focus: schistosomes in the Czech Republic. *Helminthologia* 34, 127-139.
- Kolářová, L. (2007): Schistosomes causing cercarial dermatitis: a mini-review of current trends in systematics and of host specificity and pathogenicity. *Folia Parasitologica* 54, 81-87.
- Kolářová, L., Skírnisson, K., Ferté, H., Jouet, D. (2013a): *Trichobilharzia mergi* sp. nov. (Trematoda: Digenea: Schistosomatidae), a visceral schistosome of *Mergus serrator* (L.) (Aves: Anatidae). *Parasitology International* 62, 300-308.
- Kolářová, L., Horák, P., Skírnisson, K., Marečková, H., Doenhoff, M. (2013b): Cercarial dermatitis, a neglected allergic disease. *Clinical Reviews in Allergy & Immunology* 45, 63-74.
- Lafferty, K.D., Kuris, A.M. (2009): Parasitic castration: the evolution and ecology of body snatchers. *Trends in Parasitology* 25, 564-572.
- Lawton, S.P., Lim, R.M., Dukes, J.P., Cook, R.T., Walker, A.J., Kirk, R.S. (2014): Identification of a major causative agent of human cercarial dermatitis, *Trichobilharzia franki* (Müller and Kimming 1994), in southern England and its evolutionary relationships with other European populations. *Parasites & Vectors* 7, 277-286.
- Ligasová, A., Bulantová, J., Šebesta, O., Kašný, M., Koberna, K., Mikeš, L. (2011): Secretory glands in cercaria of the neuropathogenic schistosome *Trichobilharzia regenti* – ultrastructural characterization, 3-D modelling, volume and pH estimations. *Parasites & Vectors* 4, 162-173.
- Lively, C.M., (2009): The maintenance of sex: host-parasite coevolution with density-dependent virulence. *Journal of Evolutionary Biology* 22, 2086-2093.
- LoVerde, P.T., Niles, E.G., Osman, A., Wu, W. (2004): *Schistosoma mansoni* male-female interactions. *Canadian Journal of Zoology* 82, 357-374.
- Loy, C., Haas, W. (2001): Prevalence of cercariae from *Lymnaea stagnalis* snails in a pond systém in Southern Germany. *Parasitology Research* 87, 878-882.
- Ložek, V. (1956): Klíč československých měkkýšů. Nakladatelství SAV, Praha.

- Mikeš, L. (2001): Simplified Determination Key - Cercariae. Department of parasitology, Charles University, Czech Republic.
- Mintsa-Nguéma, R., Moné, H., Ibikounlé, M., Mengué-Ngou-Milama, K., Kombila, M., Mouahid, G. (2014): Cercarial emergence pattern of *Schistosoma haematobium* from Libreville, Gabon. *Parasite* 21, 1-6.
- Moendeg, K.J., Angeles, J.M.M., Goto, Y., Leonardo, L.R., Kirinoki, M., Villacorte, E.A., Rivera, P.T., Inoue, N., Chigusa, Y., Kawazu, S. (2015): Development and optimization of cocktail-ELISA for a unified surveillance of zoonotic schistosomiasis in multiple host species. *Parasitology Research* 114, 1225-1228.
- Moné, H., Boissier, J. (2014): Sexual Biology of Schistosomes. *Advances of Parasitology* 57, 89-189.
- Mouritsen, K.N., Jensen, K.T. (1994): The enigma of gigantism: effect of larval trematodes on growth, fecundity, egestion and locomotion in *Hydrobia ulvae* (Pennant) (Gastropoda: Prosobranchia). *Journal of experimental marine biology and ecology* 181, 53-66.
- Negrão-Corrêa, D., Pereira, C.A.J., Rosa, F.M., Martins-Souza, R.L., Andrade, Z.A., Coelho, P.M.Z. (2007): Molluscan response to parasite: *Biomphalaria* and *Schistosoma mansoni* interaction. *Invertebrate Survival Journal* 4, 101-111.
- Nishimura, K., Hung, T. (1997): Current views on geographic distribution and modes of infection of neurohelminthic diseases. *Journal of the Neurological sciences*. 145, 5-14.
- Nováková, J. (2010): Rozšíření nálezů motolicemi mezi vodními plži v Modřanské tůni. Závěrečná práce Středoškolské odborné činnosti. K dispozici na: <https://socv2.nidv.cz/archiv32/getWork/hash/foe9c372-1cc4-11df-ae82-001e6886262a>
- Pfleger, V. (1988): Měkkýši. ARTIA, Praha.
- Phiri, A.M., Phiri, I.K., Chota, A., Monrad, J. (2007): Trematode infections in freshwater snails and cattle from the Kafue wetlands of Zambia during a period of highest cattle-water contact. *Journal of helminthology* 81 (1), 85-92.
- Platt, T.R., Greenlee, H., Zelmer, D.A. (2010): The interaction of light and gravity on the transmission of *Echinostoma caproni* (Digenea: Echinostomatidae) cercariae to the second intermediate host, *Biomphalaria glabrata* (Gastropoda: Pulmonata). *Journal of Parasitology* 96(2), 325-328.
- Petřivalská, K. (2010): Klíč k určování vodních bezobratlých živočichů. Ilustrace Pavla Dvorská, 1. vydání, Brno, ISBN 978-80-86626-21-5
- Poulin, R. (2006): Global warming and temperature-mediated increases in cercarial emergence in trematode parasites. *Parasitology*, 132, 143-151.
- Ramaswamy, K., He, X., Salafsky, B., Shibuya, T. (2003): Topical application of DEET for schistosomiasis. *Trends in Parasitology* 19, 551-555.
- Ridley, M. (2007): The Red Queen: Sex and the Evolution of Human Nature. Nakladatelství Portál, 1. vydání 1993, ISBN 978-80-7367-135-8.

- RVP (2006): Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání s přílohou upravující vzdělávání žáků s lehkým mentálním postižením. Výzkumný ústav pedagogický v Praze; ISBN 978-80-87000-11-3
- RVP (2007): Rámcový vzdělávací program pro gymnázia. Výzkumný ústav pedagogický v Praze; ISBN 80-87000-02-1
- Seppälä, O., Liljeroos, K., Karvonen, A., Jokela, J. (2008): Host condition as a constraint for parasite reproduction. *Oikos* 117, 749-753.
- Silva-Leitão, F.W., Biolchini, C.L., Neves, R.H., Machado-Silva, J.R. (2009): Development of *Schistosoma mansoni* in the laboratory rat analyzed by light and confocal laser scanning microscopy. *Experimental Parasitology* 123, 292-295.
- Soldánová, M., Selbach, Ch., Kalbe, M., Kostadinova, A., Sures, B. (2013): Swimmer's itch: etiology, impact, and risk factors in Europe. *Trends in Parasitology* 29(2), 65-74.
- Southgate, V.R., Rollinson, D., Kaukas, A., Almeda, J., Sousa, A.M., Castro, F., Soares, E., Corachan, M. (1994): Schistosomiasis in the Republic of São Tomé and Príncipe: characterization of *Schistosoma intercalatum*. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 88, 497-486.
- Southgate, V.R., Jourdane, J., Tchuem Tchuente, L.A. (1998): Recent studies on the reproductive biology of the schistosomes and their relevance to speciation in the Digenea. *International Journal for Parasitology* 28, 1159-1172.
- Török, E., Moran, E., Cooke, F. (2009): Oxford Handbook of Infectious Diseases and Microbiology. Oxford University Press, ISBN 978-0-19-856925-1.
- van de Roemer, A., Haas, W. (1984): Fine structure of a lens-covered photoreceptor in the cercaria of *Trichobilharzia ocellata*. *Zeitschrift für Parasitenkunde, Parasitology Research*, 70, 391-394.
- Volf, P., Horák, P. a kol. (2007): Paraziti a jejich biologie. Nakladatelství TRITON, Praha, ISBN 978-7387-008-9.
- Wang, Ch., Chang, Ch., (2008): Cercarial dermatitis. *Tzu Chi Medical Journal* 20, 63-66.
- Weekly epidemiological record (2015): *World Health Organization* 90(5) 25-32. Dostupné na: <http://www.who.int/wer>
- Wesołowska, W., Wesołowski, T. (2003): Do *Leucochloridium* sporocysts manipulate the behaviour of their snail hosts? *Journal of Zoology*, 292, 151-155.
- Wulff, C., Haerberlein, S., Haas, W. (2007): Cream formulations protecting against cercarial dermatitis by *Trichobilharzia*. *Parasitology Research* 101, 91-97.
- Zikmundová, J., Georgieva, S., Faltýnková, A., Soldánová, M., Kostadinova, A. (2014): Species diversity of *Plagiorchis* Lühe, 1899 (Digenea: Plagiorchiidae) in lymnaeid snails from freshwater ecosystems in central Europe revealed by molecules and morphology. *Systematic Parasitology* 88, 37-54.
- Zimmer, C. (2005): Vládce parazit. Nakladatelství Ladislav Horáček – Paseka; překlad – Vladimír Hampl a Olga Harantová; originál: Parasite Rex, nakladatelství Simon & Schuster, New York 2000. ISBN 80-7185-685-1.

Žbikowska, E. (2004): Infection of snails with bird schistosomes and the threat of swimmer's itch in selected Polish lakes. *Parasitology Research* 92, 30-35.

Elektronické zdroje:

Anonymus 2016: informace o zdrojích a dostupnosti pitné vody na světě
<http://www.datovazurnalistika.cz/pristup-k-pitne-vode/>

Anonymus 2016: informace o schistosomách WHO
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs115/en/>

Zdroje obrázků:

Obr. 1: převzato z:

http://www.mmf.spb.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=28&Itemid=34

Obr. 2: převzato z: Horák *et al.* 2002

Obr. 3: převzato z: Horák 1998

Obr. 4: převzato z: Horák 1998

Obr. 5: převzato z: Horák 1998

Obr. 6: převzato z: https://en.wikipedia.org/wiki/Green-banded_broodsac

Obr. 7: převzato z: <http://vedajekrasna.cz/soutezni-galerie/vedecka-fotografie?action%5Bsoutez%5D=detail&id=907>

Obr. 8: převzato z: <http://www.photodom.com/photo/350182>

Obr. 9: převzato z: a) Hrabě *et al.* 1954

b) <http://www.nmr-pics.nl/Lymnaeidae/album/slides/Radix%20labiata.html>

c) <http://www.nhm.ac.uk/natureplus/thread/8026>

Obr. 10: převzato z: a) Hrabě *et al.* 1954

b) <http://www.latvijasdaba.lv/gliemji/stagnicola-corvus-gmelin/>

c) <http://natureineu.blob.core.windows.net/natureineu/lymnaeidae.html>

Obr. 11: převzato z:

a) <http://ziva.avcr.cz/2013-4/substrat-puda-vegetace-a-mekkysi-1-ekologie-evropskych-mekkysu-ve-svetle-soucasnych-poznatku.html>

b) <http://zooloia.webgarden.cz/rubriky/mekkysi/plzi>

c) <http://www.illustratedwildlife.com/illustrations/other-invertebrates>

Obr. 12: převzato z: a) <http://mollusca-g2n.weebly.com/planorbarius-corneus.html>

b) <http://mollusca-g2n.weebly.com/planorbarius-corneus.html>

c) <http://mollusca-g2n.weebly.com/planorbarius-corneus.html>

Obr. 13: převzato z: a) Hrabě *et al.* 1954

b)

<http://www.elrincondelmalacologo.com/Web%20fotos%20agua%20dulce/Planorbidae.htm>

c)

<http://www.elrincondelmalacologo.com/Web%20fotos%20agua%20dulce/Planorbidae.htm>

d) http://www.schnecken-und-muscheln.de/galerie/galerie_planorbidae.htm

Obr. 14: převzato z: a) Hrabě *et al.* 1954

b) <http://www.biolib.cz/cz/formsearch/?action=execute&searcharea=2&string=bahnivka+rmutn%C3%A1>

c) http://www.discoverlife.org/mp/2op?see=I_MWS119689&res=640

Obr. 15: převzato z: a) Hrabě *et al.* 1954

b) http://www.guh.cz/edu/bi/biologie_bezobratli/html06/foto_007.html

c) <https://akvaario.de/schlammschnecken/lymnaea-stagnalis/>

d) <http://asv-bad-nauheim.de/gewaesserkunde/0000009cb61517249/index.html>

e) <http://www.alessio.pointnet.eu/galleries/water>

Obr. 16: převzato z: <http://auto.ihned.cz/c1-54627190-zname-40-nejhorsich-krizovatek-v-praze-podivejte-se-na-infografiku-kde-si-dat-pozor>

Obr. 17: převzato z: Volf *et al.* 2007

Obr. 18: převzato z:

https://pixabay.com/en/photos/sv%C3%ADt%C3%ADc%C3%AD/?orientation=&image_type=&cat=&colors=&q=&order=popular&pagi=2

<http://www.akvarijni.cz/bezobratli.htm>

<http://www.bloggen.be/derdeleerjaarkameleon/archief.php?ID=1214579>

Obrázky k prezentaci:

Snímek 1: převzato z: <http://www.kostelanyadmoravou.cz/tun-u-kostelan/g-4634>

Snímek 2: převzato z: <http://www.vylety-zabava.cz/koupani/vysocina/1904-rybnik-medlov>

Snímek 3: převzato z: <http://www.rybareni-praha.cz/>

Snímek 4: převzato z: <http://www.dobrohost.cz/ohnistovice>

Snímek 5: převzato z: <http://www.novohradky.info/hutsky-rybnik.html>

Snímek 6: převzato z: <http://www.kamsevydat.cz/velky-bolevecky-rybnik/>

Snímek 7: převzato z: <http://www.helminthology.cz/trichobilharzia.htm>

<http://www.biolib.cz/cz/image/id17326/>

Snímek 8: převzato z: <http://ziva.avcr.cz/2015-5/jekyll-a-hyde-mame-se-obavat-parazitickych-helminthu-cloveka.html>

http://hobby.idnes.cz/vyrazka-po-koupani-oar-/hobby-mazlicci.aspx?c=A120626_122940_hobby-mazlicci_mce

Volf *et al.* 2007

Snímek 9: převzato z:

http://www.heisvuv.cz/data/spusteni/projekty/KOUPACIVODYPROF/dokumenty/prilohy/Pumann_Praha_2010_cerkariova_dermatitida.pdf

Snímek 10: převzato z:

<https://pixabay.com/en/duck-drake-bird-nature-summer-1422375/>

<http://www.nabla.cz/obsah/biologie/zivocichove/ptaci/labut-velka.php>

<http://welcometomysite.blog.cz/1108/zoo-blogu-voliery>

http://pvzs.rajce.idnes.cz/Lyska_cerna/

Snímek 11: převzato z:

https://www.google.cz/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=0ahUKEwii6aez5vPNAhXDuRoKHbvxB3YQjRwIBw&url=http%3A%2F%2Fhorymirka.jecool.net%2FPririodopis%2F13%2520mekkysi.ppt&bvm=bv.127178174,d.d2s&psig=AFQjCNEq_oTNj8wV9WQBKZtEZ2-JLQNs1Q&ust=1468614719339656

http://rybicky.net/atlasostatnich/plovatka_toulava

<http://www.actaplantarum.org/floraitaliae/viewtopic.php?t=49306>

<http://www.biolib.cz/cz/image/id1368/>

Snímek 12: převzato z: <http://www.trtice.cz/turisticke-informace/rybnik-bucek/>

http://centrumdeti.cz/foto/2014/02_Jezdecky_Kurz_2014/

http://orlicky.denik.cz/zpravy_region/jak-chranit-sveho-ctyrnoheho-mazlicka-pred-umornym-vedrem-20160712.html

http://svatyjiriopava.skauting.cz/staryweb/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=49&Itemid=96

<http://life.ihned.cz/cestovani/c1-52428380-toto-jsou-prirodni-koupaliste-kterym-se-radeji-vyhnete>

Snímek 13: převzato z:

http://cz.123rf.com/photo_25679503_stock-photo.html

<http://www.safetyshop.cz/p2061-zakaz-koupani>

<http://www.pribramsko.eu/detail02.php?ID=4194>

http://slovacky.denik.cz/zpravy_region/kunovska-tabule-zakaz-koupani-.html

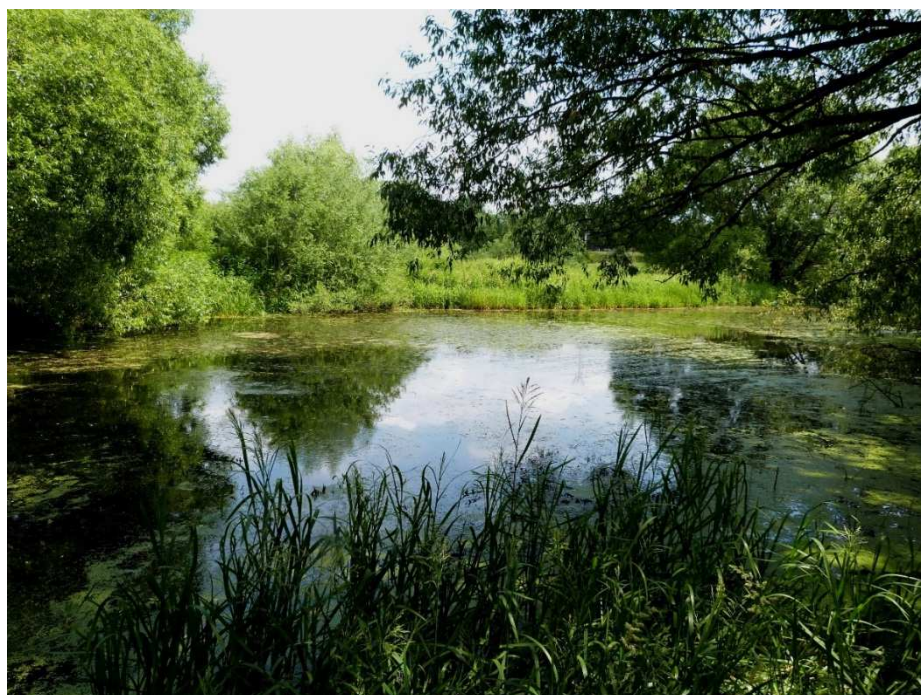
http://hobby.idnes.cz/vyrazka-po-koupani-oar-/hobby-mazlicci.aspx?c=A120626_122940_hobby-mazlicci_mce

10 Přílohy

Studované lokality: Kunratická tůň a jezírko v Botanické zahradě



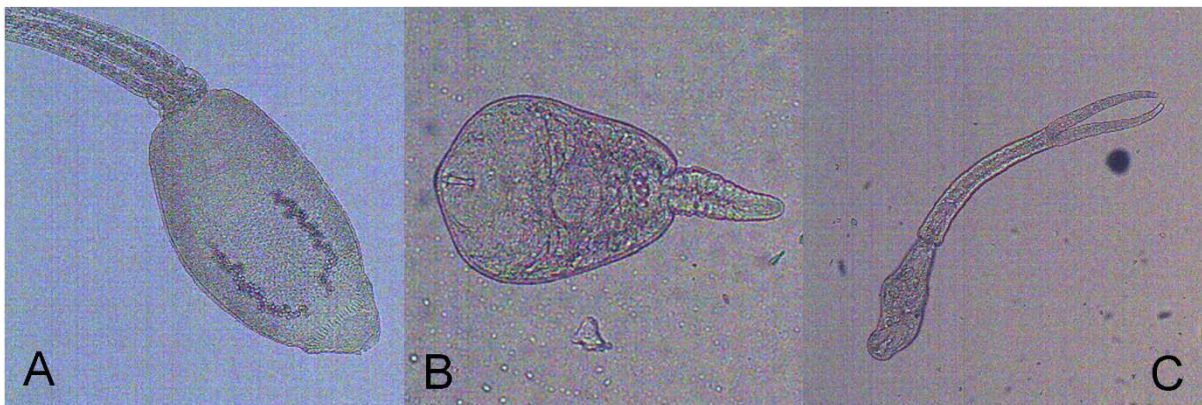
Studované lokality: Nádrž Genetické zahrady UK a Modřanské tůně



Metodika: průběh extrakce



Extrakce 20. 5. 2015, nasvícení sklenic s plži



Cerkárie – fotografie pořízené při mikroskopování v průběhu výzkumu (2015)
(A – echinostomní cercárie; B – xiphidocerkárie; C – furkocerkárie)

Realizace výukového programu: 29. 6. 2016, třída prima, gymnázium Jaroslava Heyrovského v Praze



Žáci primy při odběru a pozorování cercárií



Improvizovaný světelný extraktor

Pomůcky: kuchyňské polokulovité síto, bílá miska, akvaristická síťka, polyetylenová lahev, entomologická pinzeta

