

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra zoologie a rybářství**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vliv filtrátorů na výskyt parazitů a jejich životních stádií  
ve sladkovodním prostředí**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Magdalena Peerová**

**Obor studia: Zemědělství a rozvoj venkova**

**Vedoucí práce: Ing. Karel Douda, Ph. D.**

© 2023 ČZU v Praze



### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv filtrátorů na výskyt parazitů a jejich životních stádií ve sladkovodním prostředí" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 19.4.2023

---



## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Karlu Doudovi, Ph. D. za zodpovězení mých dotazů a poskytnutí materiálů k danému tématu.



# Vliv filtrátorů na výskyt parazitů a jejich životních stádií ve sladkovodním prostředí

## Souhrn

Tématem bakalářské práce jsou ekosystémové funkce vodních organismů se zaměřením na vliv filtrátorů (organismů žijících se látkami suspendovanými ve vodě) na výskyt parazitů a jejich životních stádií ve sladkovodním prostředí. Cílem je poskytnout přehled rozsahu dostupných informací o vztazích mezi sladkovodními filtrátory a parazity v celosvětovém měřítku spolu s jejich popisem a rozdělením.

Bakalářská práce je koncipována jako systematická rešerše, ve které byl použit vyhledávací řetězec v databázích Web of Science, Scopus, Springer Link, ScienceDirect k nalezení vyhovujících studií, které byly dále posuzovány z hlediska specializace a cílů práce. Celkem bylo nalezeno 86 studií. Literatura byla zpracována do tabulkové databáze, ze které byly následně extrahovaná potřebná data k vytvoření grafů a analýze výsledků.

I přes malé množství obecných i odborných informací, týkajících se tohoto tématu, byl zjištěn zájem o využití filtrátorů jako bioindikátorů parazitů převážně v Evropě. V České republice toto téma není příliš známé, i když se zde filtrátoři vyskytují. Pět nejvýznamnějších taxonomických skupin filtrátorů je zde podrobně rozpracováno. Jsou to: mlži (*Bivalvia* (Linnaeus 1758)), koryši (*Crustacea* (Brunnich 1772)), hmyz (*Insecta* (Linnaeus 1758)), ryby (*Osteichthyes* (Huxley 1880)) a vířníci (*Rotifera* (Cuvier 1817)).

Nejvíce studovaný sladkovodní filtrátor z hlediska interakce s parazity byla zjištěna slávička mnohotvárná (*Dreissena polymorpha* (Pallas 1771)), která má vysokou schopnost odstraňovat několik druhů parazitů z vody. Je to pravděpodobně dáno její širokou ekologickou valencí a odolností např. vůči kontaminaci vody a vysokým teplotám. Dále bylo prokázáno několik rizik pro jejich využití a to např. filtrátor jako invazní druh a jejich malá odolnost vůči znečištění a zavlečeným jedincům. Většina studií se zabývala popisem a kvantifikací ekosystémové funkce, možností bioindikace parazitů prostřednictvím filtrátorů, případně možností praktického využití filtrátorů pro čištění vody. I když u většiny druhů není možné v současné době použít organismus k odstraňování nežádoucích druhů, jejich využití jako indikátor má širší uplatnění.

Tato bakalářská práce přináší souhrn informací o filtrátorech a jejich interakcích s parazity. Poznatky je možné využít pro hodnocení ekosystémových služeb, jako podklad pro další výzkum potenciálního využití sladkovodních filtrátorů, a také se zde poukazuje na potřebu dalších studií ohledně tohoto tématu a zmíněných skupin s nízkým počtem informací.

**Klíčová slova:** biologičtí filtrátoři, parazité, sladkovodní prostředí, biologická kontrola

# **Influence of filter feeders on the occurrence of parasites and their life stages in the freshwater environment**

## **Summary**

The topic of the bachelor thesis is ecosystem functions of aquatic organisms with a focus on the influence of filter feeders (organisms feeding on substances suspended in water) on the occurrence of parasites and their life stages in freshwater environments. The aim is to provide an overview of the range of information available on the relationships between freshwater filter feeders and parasites at a global scale, together with a description and breakdown of these relationships.

The bachelor thesis is designed as a systematic search in which a search string in the Web of Science, Scopus, Springer Link, ScienceDirect databases was used to find matching studies, which were further assessed in terms of the specialization and objectives of the thesis. A total of 86 studies were found. The literature was processed into a spreadsheet database from which the necessary data were then extracted to create graphs and analyse the results.

Despite the small amount of general and specialized information regarding this topic, interest in the use of filter feeders as bioindicators of parasites was found to be predominantly in Europe. In the Czech Republic, this topic is not well known, although filter feeders are found here. The five most important taxonomic groups of filterers are discussed in detail here. They are: bivalves (*Bivalvia* (Linnaeus 1758)), crustaceans (*Crustacea* (Brunnich 1772)), insects (*Insecta* (Linnaeus 1758)), fish (*Osteichthyes* (Huxley 1880)) and rotifers (*Rotifera* (Cuvier 1817)).

The most studied freshwater filter-feeder in terms of interaction with parasites was found to be the zebra mussel (*Dreissena polymorpha* (Pallas 1771)), which has a high capacity to remove several parasite species from water. This is probably due to its broad ecological valence and resistance to e.g. water contamination and high temperatures. In addition, several risks to their use have been demonstrated, such as the filter-feeder as an invasive species and their low resistance to pollution and introductions. Most of the studies dealt with the description and quantification of ecosystem function, the possibility of bioindication of parasites through filter feeders, or the possibility of practical use of filter feeders for water purification. Although for most species it is not currently possible to use the organism to remove undesirable species, their use as an indicator has wider applications.

This bachelor thesis provides a summary of information on filter feeders and their interactions with parasites. The findings can be used for ecosystem service assessments, as a basis for further research into the potential use of freshwater filter feeders, and also highlights the need for further studies on this topic and the low-information groups mentioned.

**Keywords:** filter feeders, parasites, freshwater environment, biological control



# Obsah

<b>1 Úvod</b> .....	<b>1 -</b>
<b>2 Cíl práce</b> .....	<b>2 -</b>
<b>3 Literární rešerše</b> .....	<b>3 -</b>
<b>3.1 Hlavní používané termíny</b> .....	<b>3 -</b>
<b>3.2 Filtrátoři</b> .....	<b>3 -</b>
3.2.1 Rozdělení filtrátorů .....	4 -
<b>3.3 Seston</b> .....	<b>6 -</b>
<b>3.4 Přehled hlavních taxonomických skupin</b> .....	<b>8 -</b>
3.4.1 Mlži ( <i>Bivalvia</i> ) .....	8 -
3.4.2 Korýši ( <i>Crustacea</i> ) .....	9 -
3.4.3 Hmyz ( <i>Insecta</i> ) .....	9 -
3.4.4 Ryby ( <i>Osteichthyes</i> ).....	10 -
3.4.5 Vířníci ( <i>Rotifera</i> ) .....	10 -
<b>4 Metodika</b> .....	<b>11 -</b>
<b>5 Výsledky</b> .....	<b>12 -</b>
<b>5.1 Taxonomický přehled</b> .....	<b>12 -</b>
<b>5.2 Geografický přehled</b> .....	<b>16 -</b>
<b>5.3 Výsledek posouzení zastoupení nalezení efektu ve dvou skupinách</b> .....	<b>17 -</b>
<b>5.4 Pět nejvýznamnějších skupin dle systematické literární rešerše</b> .....	<b>17 -</b>
5.4.1 Mlži ( <i>Bivalvia</i> ) .....	17 -
5.4.1.1 Škeble říční ( <i>Anodonta anatina</i> ).....	17 -
5.4.1.2 Slávička mnohotvárná ( <i>Dreissena polymorpha</i> ) .....	18 -
5.4.1.3 Velevrub malířský ( <i>Unio pictorum</i> ) .....	18 -
5.4.1.4 Korbikula asijská ( <i>Corbicula fluminea</i> ) .....	19 -
5.4.2 Korýši ( <i>Crustacea</i> ) .....	19 -
5.4.2.1 Hrotnatka velká ( <i>Daphnia magna</i> ) .....	19 -
5.4.2.2 Lasturnatka ( <i>Heterocypris incongruens</i> ) .....	20 -
5.4.3 Hmyz ( <i>Insecta</i> ) .....	20 -
5.4.3.1 Jepice dánská ( <i>Ephemera danica</i> ) .....	20 -
5.4.3.2 Chrostík ( <i>Agapetus sp.</i> ).....	20 -
5.4.3.3 Chrostík ( <i>Hydropsyche sp.</i> ) .....	20 -
5.4.4 Ryby ( <i>Osteichthyes</i> ).....	21 -
5.4.4.1 Peřovec nilský ( <i>Synodontis schall</i> ).....	21 -
5.4.5 Vířníci ( <i>Rotifera</i> ) .....	21 -
5.4.5.1 Krunýřenka rybníční ( <i>Brachionus calyciflorus</i> ) .....	21 -
<b>6 Diskuse</b> .....	<b>22 -</b>
<b>6.1 Srovnání s mořským prostředím</b> .....	<b>22 -</b>

<b>6.2</b>	<b>Pozitivní efekty ve sladkovodních ekosystémech .....</b>	<b>- 22 -</b>
<b>6.3</b>	<b>Potenciální praktické využití filtrátorů.....</b>	<b>- 22 -</b>
<b>6.4</b>	<b>Nevýhody při praktických aplikacích .....</b>	<b>- 23 -</b>
<b>6.5</b>	<b>Indikátor parazitů versus odstraňování parazitů .....</b>	<b>- 24 -</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>- 25 -</b>
<b>8</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>- 26 -</b>
<b>9</b>	<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>- 35 -</b>
<b>10</b>	<b>Seznam grafů .....</b>	<b>- 36 -</b>
<b>11</b>	<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>- 37 -</b>
<b>12</b>	<b>Příloha.....</b>	<b>- 38 -</b>

# 1 Úvod

Organismy živící se látkami suspendovanými ve vodě ve neboli filtrátoři jsou skupinou organismů, která zahrnuje organismy od hub po ptáky (Riisgård & Larsen 2010), se společnou schopností oddělovat ze suspenze částice potravy pro výživu (Jørgensen 1966). Žijí v mořském a sladkovodním prostředí, přičemž ptáci jsou pouze suchozemští závislí na vodním prostředí. Hmyzí larvy a pulci jediná žijí výhradně ve sladkovodním prostředí. Druhy mechovců (*Bryozoa* (Ehrenberg 1831)), vířníci, mlži, korýši, mihule (*Petromyzon* (Linnaeus 1758)) a ryby se vyskytují ve sladkovodním i mořském prostředí (Hamann & Blake 2022). Filtrátoři se živí sestonem, který zahrnuje všechny částice suspendované ve vodě bez ohledu na jejich povahu a původ a skládá se především z planktonu a detritu (Lenz 1997).

Rychlá změna životního prostředí je spojena s nárůstem vodních onemocnění, což zvyšuje potřebu vyvinout strategie pro jejich zvládnutí. Filtrátoři jsou účinnými biofiltry a mohou tak poskytovat významné ekosystémové funkce tím, že umožňují přirozeně zmírňovat riziko onemocnění lidí i volně žijících zvířat (Burge et al. 2016).

## 2 Cíl práce

Cílem práce je provést systematickou literární rešerši v celosvětovém měřítku provedených výzkumů, které dokumentují vliv filtrátorů na dynamiku parazitů a jejich životní stádia ve sladkovodním prostředí. Získaná data budou vložena do databáze a bude provedena její analýza pomocí taxonomického členění, regionu, typu studie a typu výzkumu.

Na základě získaných informací z tabulky bude pět nejvýznamnějších taxonomických skupin podrobně rozpracováno v bakalářské práci a výsledky vyobrazeny pomocí grafů.

### 3 Literární rešerše

#### 3.1 Hlavní používané termíny

Filtrátor – V této bakalářské práci to jsou sladkovodní organismy, kteří si získávají potravu filtrací (Ostroumov 2005).

Seston – Částice suspendované ve vodě, kterými se živí filtrátoři (Lenz 1997).

*Pseudofaeces* – Materiál, který filtrátoři odstraní z vody, ale neprochází trávicím traktem (např. bahno, písek) (Kooijman 2006).

Parazit – Za parazita v této bakalářce považují veškeré vodní organismy, které žijí na úkor jiného organismu (hostitele) či způsobují infekční onemocnění, jedná se o makroparazity i mikroparazity. V širším slova smyslu lze za parazita považovat viry a bakterie, které zde prezentují (Votýpka 2019).

#### 3.2 Filtrátoři

Hlavní vlastností filtrátorů je jejich schopnost odstraňovat různě velké částice obsažené ve vodě. Značná část přefiltrovaného materiálu nemá pro filtrující organismus žádnou užitečnou funkci, protože množství organické hmoty odfiltrované z vody je větší než množství asimilované. Avšak jiným organismům plní prospěšnou funkci, a to i ekosystému jako celku (Ostroumov 2005). Využití filtrátorů v některých oblastech zhoršuje prokázaná zranitelnost filtrátorů (např. mlžů a vířníků) vůči některým xenobiotikům (např. těžké kovy) (Ostroumov 2005).

Filtrátoři utváří stanoviště už od pozdního tonianského období, 1000–720 mil. let, míšením sedimentů, ovlivňováním toků částic a pohybem velkých objemů vody (Lenton et al. 2014). V důsledku toho změnili hloubku pronikání světla, úroveň okysličení a distribuci rozpuštěného organického uhlíku (Ostroumov 2005).

Diverzita a druhová bohatost filtrátorů ovlivňují ekosystémy prostřednictvím jejich vlivu na abundanci planktonu, rychlost filtrace a toky živin (Whalen & Stachowicz 2017). Ovlivňují i lidský život. Sled' (*Amblygaster* (Bleeker 1849)), sardinky (*Amblygaster* (Bleeker 1849)) a ančovičky – sardel (*Engraulis* (Cuvier 1816)) jsou příbuzné zdroje potravy, zatímco mušle a korýši fungují jako biofiltry pro čištění vody (Nepstad et al. 2017).

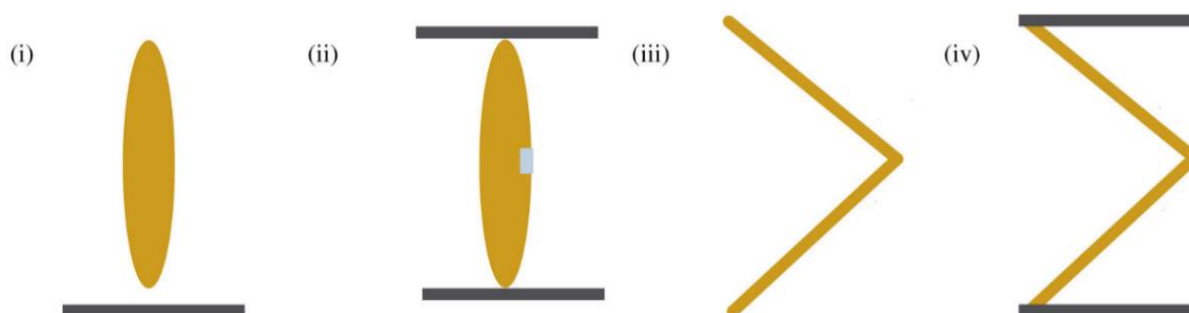
Zajištění dodávek pitné vody bez patogenů představuje klíčovou prioritu evropské směrnice o pitné vodě (Kerambun et al. 2016). Navzdory současným metodám prevence a léčby jsou lidské populace stále ovlivňovány mnoha patogeny přenášenými vodou, zejména prvoky, kteří zůstávají ve vodě vysoce perzistentní. Čistírny odpadních vod (ČOV) jsou často neúčinné například k likvidaci *Toxoplasma gondii* (Nicolle & Manceaux 1908; Nicolle Manceaux 1909) oocysty z vody, protože jsou extrémně odolné vůči chemické a fyzikální dezinfekci (Waineright

et al. 2007). Gopko et al. (2020) ve svém výzkumu zjistil že, odstraňování volně žijících stádií parazitů filtrátory se může zvyšovat s teplotou a potenciálně zmírňovat riziko onemocnění v ekosystémech při změně teploty.

Stěžejní role filtrátorů jsou:

- (1) vliv na fyzikální a chemické vlastnosti vody
- (2) přispívat ke spolehlivosti a stabilitě fungování ekosystému
- (3) přispívat k vytváření heterogenity stanovišť
- (4) přispívat k urychlení migrace chemických prvků (Ostroumov 2005)

Kromě jejich ekologické role je třeba také vyzdvihnout separační mechanismy, kterými filtrátoři oddělují částice potravy (Li et al. 2018). Separační médium je obvykle propustné a slouží jako bariéra pro složky v suspenzi (Sutherland 2005). Geometrie, fyzikální rozměry a chemické vlastnosti separačního média ovlivňují průtok vody a zadržování částic ve filtrátorech. Separační médium (obr. 1) je tvořeno částmi těla jako jsou přívěsky, vnitřní struktury, hltanový koš, tělo nebo vnější struktury, vyloučené slizové sítě (Hamann & Blake 2022). Jejich mechanismy inspirovaly vědce k vytvoření nanovlákněné membrány pro separaci oleje a vody (Li et al. 2018) a vedly k identifikaci nového neucpávajícího filtračního mechanismu, nazývaného ricochetová filtrace (Divi et al. 2017), zatímco ryby krmící se suspenzí inspirovaly spirálový, křížový stupňovitý filtr pro sběr škodlivých řas (Schroeder et al. 2019).



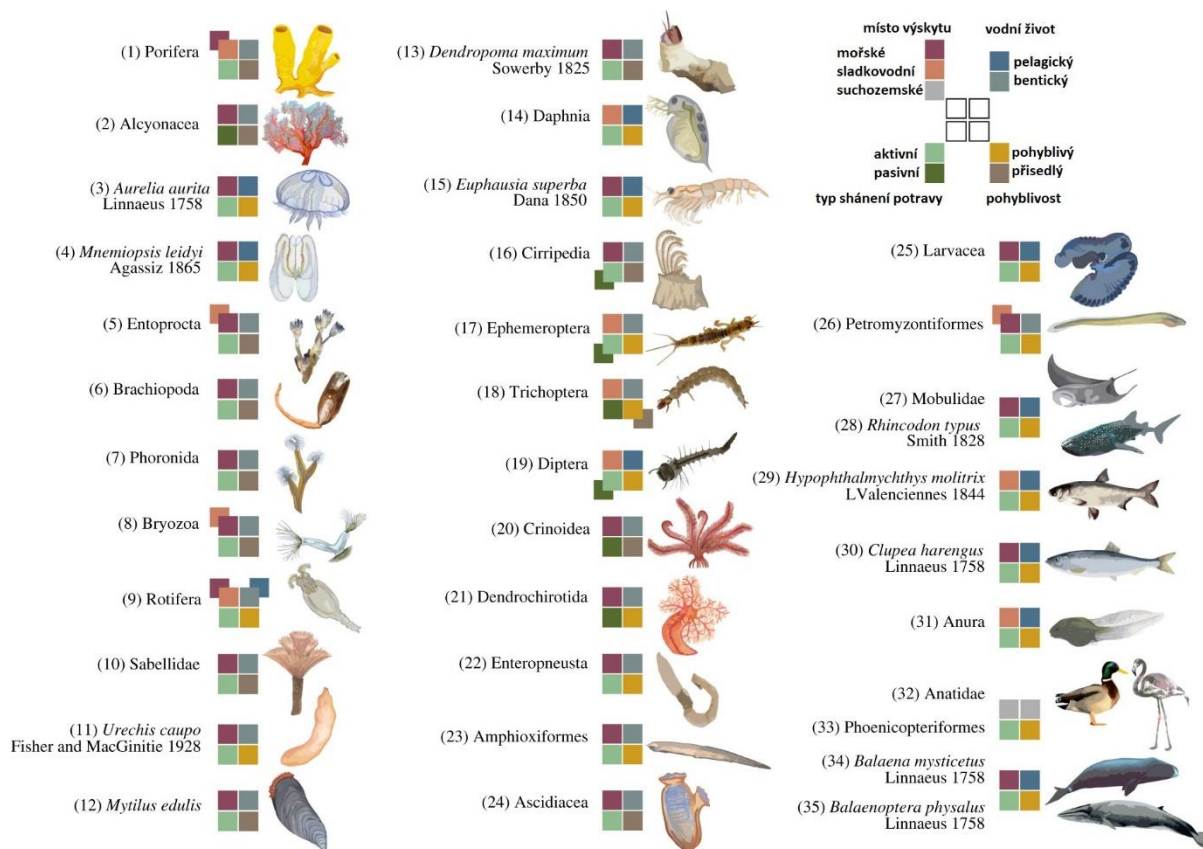
Obrázek 1:) Je zde zobrazena geometrie separačního média (žlutá) a stěny (šedé) ukazují, zda je separační médium uzavřené nebo otevřené: označuje šedá barva a ploché nebo nálevkovité: žlutá barva (Hamann & Blake 2022).

- (i) plochá a otevřená
- (ii) plochá a uzavřená
- (iii) nálevkovitá a otevřená
- (iv) nálevkovitá a uzavřená (Hamann & Blake 2022)

### 3.2.1 Rozdělení filtrátorů

Filtrátoři se dělí dle několika hledisek.

- podle stanoviště na mořské, sladkovodní a suchozemské
  - Mořští filtrátoři - např. plejtvák myšok (*Balaenoptera physalus* (Linnaeus 1758)), vršenky (*Appendicularia* (Fol 1874)) a svijonožci (*Cirripedia* (Burmeister 1934))
  - Sladkovodní - např. hrotnatka velká (*Daphnia magna* (Straus 1820)) a škeble říční (*Anodonta anatina* (Linnaeus 1758))
  - Suchozemští – kachnovití a plameňáci. (Hamann & Blake 2022).
  
- s ohledem na životní styl na pelagické a bentické
  - Bentické – převážně přisedlé a živé epifaunální nebo infaunální v norách v sedimentech (Mallatt 1982).
  - Pelagické – pohyblivé aktivním plaváním nebo unášením a živí se v různých hloubkách (Dame F & Olenin S 2005).
  
- dle pohyblivosti na pohyblivé a přisedlé
  - Pohybliví filtrátoři mají možnost pohybu
  - Přisedlí zůstávají na jednom místě a zachycují části z okolního proudu.
  
- se zaměřením na příjem potravy na aktivní a pasivní
  - Aktivní mohou ovlivňovat lokální toková pole produkující napájecí proud ciliárním pohybem, pumpováním nebo dopředným pohybem
  - Pasivní, jako jsou rohovitky (*Gorgonia* (Linnaeus 1758)), lilijice (*Crinoidea* (Miller 1821)) nebo mořské okurky (*Holothuroidea* (de Blainville 1834)), zadržují částice z okolního proudu (Hamann & Blake 2022).



Obrázek 2: Přehled vybraných filtrátorů se zaměřením na funkční aspekty. Barevné čtverečky označují charakteristiky biologických parametrů pro každou skupinu: dle místa výskytu: vínová – mořské organismy, oranžová – sladkovodní a světle šedá – suchozemští, dle typu získávání potravy: světle zelená – aktivní, tmavě zelená – pasivní, dle pohyblivosti filtrátora: žlutá – pohyblivý, hnědá – přisedlý, vodní život: modrá – pelagický, tmavě šedá – bentický (upraveno podle Hamann & Blake 2022)

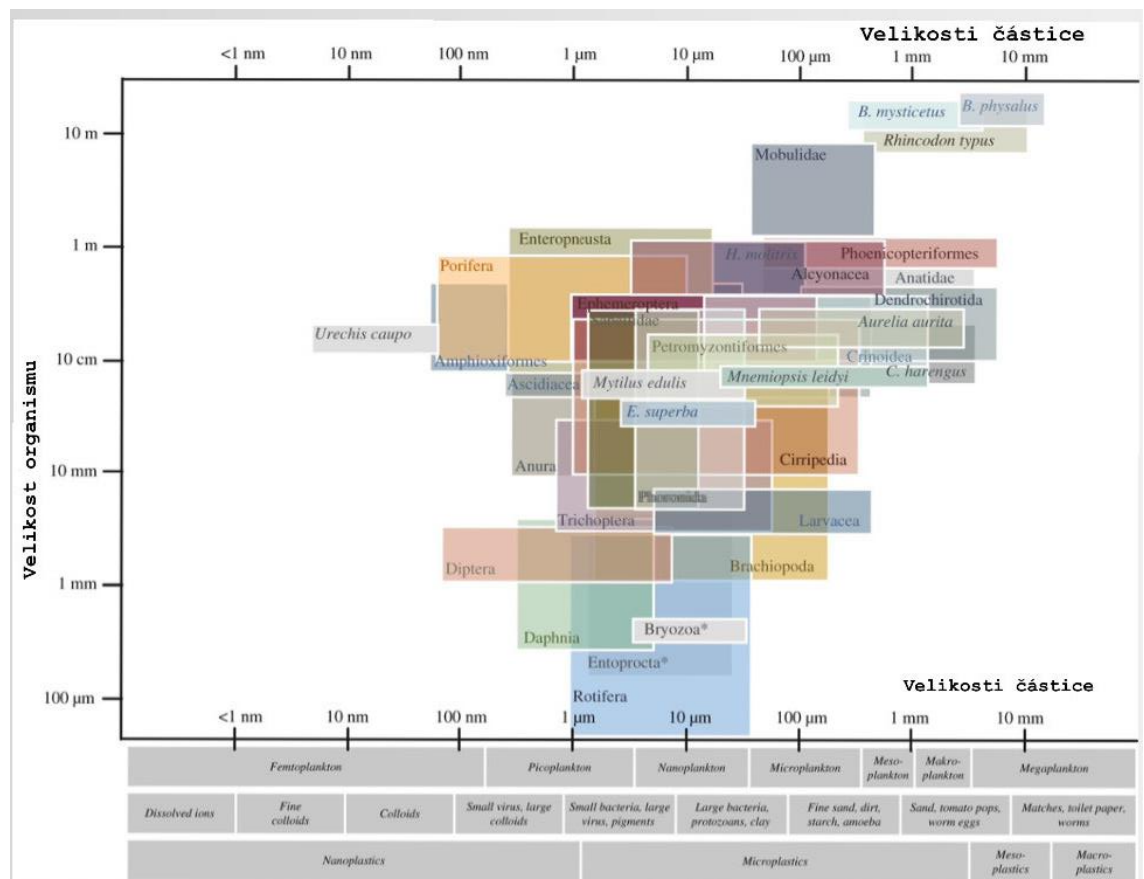
### 3.3 Seston

Seston je potrava pro filtrátory, který zahrnuje všechny částice pohybující se ve vodě bez ohledu na jejich povahu a původ. Skládá se především z planktonu a detritu (Lenz 1997). Představuje celkové částice suspendované ve vodním sloupci a obsahuje obrovské množství látek, včetně odumřelých částic organické hmoty, planktonních živočichů a rostlin, které jsou všechny dynamicky propojeny mikrobiální potravní sítí (Azam et al. 1983). Navzdory své rozmanitosti a všudypřítomnosti však seston představuje vysoce zředěný zdroj potravy pro potenciální spotřebitele, jako jsou přisedlí živočichové krmící se filtrací, kteří typicky dominují bentickým společenstvům (Coma et al. 2001). Mechanismy příjmu potravy se u jednotlivých skupin často zásadně liší, protože schopnost filtrace se u mnoha z nich vyvinula nezávisle a často je filtrační příjem potravy pouze jedním z několika způsobů výživy, které si jeden druh osvojil (Riisgard 2015).

Filtrátoři odstraňují z vody pouze částice určité velikostní kategorie (Shimeta & Koehl 1997). Mají schopnost sklízet malé částice potravy ve velkém množství a zvětšit se s poměrem částice k délce těla přibližně  $1 : 10^2$  až  $1 : 10^4$  (Hansen et al. 1994). Filtrátoři mají obvykle



velikost od méně než milimetr (vířníci) až do 30 m u velryb. Existuje pozitivní korelace mezi velikostí filtrátorů a velikostí potravy (Hamann & Blake 2022). Malí filtrátoři, jako jsou larvy hmyzu, jsou schopny zachytit částice o velikosti až na koloidní částice (Yee & Kaufmann 2019). Červec *Urechis caupo* (Fisher & MacGinitie 1928) se může živit částicemi o velikosti 4 nm, korály a ascidové se živí bakteriemi, zatímco larvy nebo mlži menšími viry (Lawrence et al. 2018). Filtrátoři požívají částice o velikosti alespoň dvou řádů, většina z nich v rozmezí 1–100  $\mu\text{m}$  (Hamann & Blake 2022). Filtrátoři se vyrovnávají s různými koncentracemi a dostupností sestonu, které závisí na stanovišti a místní a sezónní dynamice (Schartau et al. 2017). Vertikální migrace planktonu mění denní koncentrace sestonu v místních oblastech a vede ke změnám chování u pelagických filtrátorů, jako jsou larvy (Bochdanský & Deibel 1999), sledi, žraloci a velryby grónské krmící se suspenzí (Hamann & Blake 2022). Několik bentických filtrátorů může změnit své chování při krmení nebo přejít na jiné strategie krmení, např. krmení materiálem usazeným na dně v závislosti na toku částic a koncentraci (Cameron 2002). Obrázek 3 zobrazuje velikost filtrátorů a velikost částic sestonu.



Obrázek 3 - Každý rámeček označuje rozsah velikosti organismu a velikosti potravinových částic. Barvy jsou použity pouze z vizuálních důvodů. Příklady sestonových částic jsou uvedeny pod osou x a jsou porovnány s typickými velikostmi částic, které se vyskytují při čištění odpadních vod a mikroplastech (Hamann & Blake 2022).

Plankton je běžně kategorizován podle velikosti, přičemž nejmenší velikostní frakce se skládá z virů 20 až 300 nm, následovaných bakteriemi a skupinou protist (Rubenstein & Mar

1997). Protista se pohybují od 1  $\mu\text{m}$  (bičíkovci) do 1 cm (foraminifera), zatímco fytoplankton se pohybuje převážně mezi 2  $\mu\text{m}$  a 200  $\mu\text{m}$ . Makro- a mega-plankton se skládá z bezobratlých až obratlovců zooplanktonu, včetně jejich životních fází, mezi nimi jsou i filtrátoři jako korýši (Kjørboe 2011). Detritus a neživá hmota se pohybuje od rozpuštěné nebo koloidní organické hmoty až po mrtvou organickou hmotu nebo mořský sněh o velikosti několika milimetrů (Hamann & Blake 2022).

Ramenonožci (*Brachiopoda* (Duméril 1806)) produkují *pseudofaeces* podobně jako mlži s odmítnutými částicemi (Thayer 1996). Kachnovití (*Anatidae* (Leach 1820)) krmené suspenzí si vybírají jejich velikost zobákem (Brent Gurd 2006). Filtrátoři, kteří používají hlen ke zvýšení adhezivních sil, mohou vybírat částice na základě jejich chemického složení (Conley et al. 2018). Další vlastnosti částic, jež mohou ovlivnit retenci a selektivitu, jsou hustota, tvar, chemická kritéria nebo obsah energie (Ward & Shumway 2004; Rosa et al. 2017). Každý filtrátor se umí přizpůsobit specifickému optimálnímu rozmezí velikosti částic, pro které je účinnost zadržování a rychlost požití nejvyšší (Strohmeier 2012).

### 3.4 Přehled hlavních taxonomických skupin

#### 3.4.1 Mlži (*Bivalvia*)

Mlži (slávky (*Mytilus* (Linnaeus 1758)), škeble (*Anodonta* (Lamarck 1799)) nebo ústřice (*Ostrea* (Linnaeus 1758)) se živí zachycováním částic z vody pomocí žaber (Gosling 2015). Částice třídí podle velikosti, hustoty a dalších charakteristik. Ty vyhovující jsou pohlceny, poté uvolňovány jako výkaly a vyřazené částice zase vypuzovány ve formě *Pseudofaeces* (Beninger et al. 1999). Mlži primárně konzumují planktonní druhy, zejména fytoplankton, např. rozsivky (*Diatomeae* (Dumortier 1821)) nebo obrněnky (*Dinoflagellata* (Butschli 1885)), menší plankton, který zahrnuje bakterie, viry a mikrozooplankton (Gosling 2015). Dále také patogeny i rozpuštěný nebo nerozpuštěný organický materiál (který může obsahovat bohatý soubor mikroorganismů) (Burge et al. 2016). V důsledku toho mají druhy živící se filtrací potenciál koncentrovat nebo odstraňovat patogeny (Ward & Shumwai 2004). Jednotlivé přisedlé organismy živící se filtrací, jako jsou mlži, dokážou denně vyčistit částice od desítek až po stovky litrů vody (Selbach & Mouritsen 2020). Jejich výskyt bývá ve vysokých populačních hustotách, což v kombinaci s vysokou filtrační kapacitou dává těmto organismům potenciál měnit epidemiologické výsledky patogenů (Ben-Horin et al. 2015).

Ačkoli je použití filtrátorů pro kontrolu patogenů atraktivní možností, o konkrétních aplikacích na výskyt parazitů a onemocnění není příliš známo. V současné době je většina literatury zaměřena na mlže jako biofiltry (Burge et al. 2016).

U mlžů zvýšená teplota vody ve fyziologicky tolerovatelných rozmezích typicky zvyšuje rychlost filtrace. Takové zvýšení může ovlivnit, jak filtrátoři interagují s patogeny. Vyšší rychlost filtrace dokáže například odstranit více patogenů z vody a snížit intenzitu infekce u hostitelů po proudu (Goedknecht et al. 2015). Zvýšení filtrace se zvýšenou teplotou však není lineární vztah. Filtrátoři nakonec dosáhnou maximálního teplotního prahu, po kterém rychlost

filtrace klesá (Sylvester et al. 2005; Goedknecht et al. 2015). Pochopení fyziologických limitů je tedy zásadní při výběru potenciálních druhů pro použití jako biofiltry (Burge et al. 2016).

Mlži jsou výkonné biofiltry (McMahon 1991), které mohou účinně čistit vodu od širokého spektra patogenů, včetně bakterií (Miller et al. 2006), parazitických protistů (Robertson 2007; Lucy et al. 2008), larvální stadia parazitických veslonožek (Molloy et al. 2011) a dokonce viry (Stumpf et al. 2010). Byl tedy prokázán potenciál mlžů snižovat různá vodní onemocnění způsobená mikroparazity (viry, bakteriemi, protisty), zatímco vliv mlžů na přenos makroparazitů je stále nedostatečně prozkoumán (Burge et al. 2016). Mohou přechovávat lidské patogenní bakterie a viry pocházející z životního prostředí v důsledku koncentrace, tj. hromadění získaných patogenů z okolní vody, a proto mohou být použity jako indikátory znečištění vody (Ayres et al. 1978).

### 3.4.2 Korýši (*Crustacea*)

Korýši jsou velká skupina členovců, klasifikovaná jako podkmen (Forró et al. 2008). Končetinami indikují proud vody směrem k potravnímu žlábků uvnitř krunýře (Horne et al. 2002). Mají pelagický způsob života, takže jsou pohyblivé aktivním plaváním nebo unášením a živí se v různých hloubkách (Dame & Olenin 2005).

U korýšů žijících se filtrací vody se filtrační sítě vyskytují všude tam, kde jsou drobné suspendované částice zadržovány končetinou. Filtrační sítě jsou často nápadné hřebenovité struktury na hrudních končetinách (Riisgard 2015). Společným znakem všech korýšů filtrujících vodu je, že filtrační proces je pravé prosévání, což znamená, že velikost otvorů filtru určuje velikost zachycených suspendovaných částic potravy (Forró et al. 2008). Vykazují širokou morfoloickou rozmanitost, včetně působivé škály různých mechanismů a adaptací příjmu potravy filtrací, schopnosti přepínat mezi různými způsoby krmení a sofistikovaného mechanochemického snímání jednotlivých částic potravy u pokročilých a vysoce specializovaných klanonožců (Mallatt 1982). Filtrační krmení, při němž je hlavním zdrojem potravy fytoplankton, se vyskytuje pouze u mikroskopických korýšů (Riisgard 2015).

### 3.4.3 Hmyz (*Insecta*)

Jedná se o nejrůznorodější skupinu živočichů na světě, která zahrnuje více než milión popsaných druhů (Vordtriede 2021). Potrava vodního hmyzu se vyskytuje v souvislosti s biotopem, zdrojem potravy, velikostí, chováním a závisí do značné míry na složitosti morfologie ústní části. Tento průřez má důležité důsledky pro tropické interakce, zpracování živin a funkci ekosystému. Ve vodních stanovištích se nedospělý hmyz živí různými způsoby; spotřeba malých suspendovaných částic (seston) ve vodním sloupci je však běžným režimem pro zástupce několika skupin hmyzu, jako například jepice (*Ephemeroptera* (Hyatt & Arms 1891)) a chrostíci (*Trichoptera* (Kirby 1813)). Požití sestonu může nastat aktivním nebo pasivním odstraňováním a široce zahrnuje filtraci a podávání suspenze (Yee & Kaufman 2019). Například chrostíci spřádají hedvábné sítě, aby zadrželi částice z toku. Částice mohou ulpívat na hedvábní. K odstranění částic používají přední nohy nebo ústní ústrojí. Každá larva může vylučovat až 70 vláken současně (Hamann & Blake 2022). Jejich potrava je velmi rozdílná.

Volně žijící larvy chrostíků se živí dravě, lapací sítě používají od filtrování malých částic až k chytání živé kořisti větších rozměrů, někteří seškrabávají nárosty mechu či řas z povrchu (Běčáková 2012). Patří do pasivních filtrátorů, tedy zadržují částice z okolního proudu (Grabner 2017).

#### **3.4.4 Ryby (*Osteichthyes*)**

Ryby při plavání pumpují vodu do úst a částice jsou zadržovány sítkou filtračních destiček (Hamann & Blake 2022). Řadí se mezi pohyblivé, takže mají možnost pohybu. Živí se v různých hloubkách. Patří do aktivních filtrátorů, tudíž mohou ovlivňovat lokální toková pole produkující napájecí proud ciliárním pohybem, pumpováním nebo dopředným pohybem (Hamann & Blake 2022).

#### **3.4.5 Vířníci (*Rotifera*)**

Vířníci jsou mikroskopická (asi 100  $\mu\text{m}$  až 30 mm) skupina převážně vodních organismů, které dostaly své jméno podle koróny, protože mají na předním konci kolo řasinek nazývané koróna (Zou 2019). Mají dva páry řasinek na hlavě, které transportují částice do úst. Řadí se mezi pohyblivé filtrátory, kteří si potravu shání aktivním způsobem. Jsou to převážně přisedlé organismy, které se buď připevní k povrchu anebo se vyskytují na dně vod (Mallatt 1982). Vířníci používají různé metody k získávání potravy. Požírají mrtvý materiál, řasy a další mikroskopické živé organismy, a jsou proto velmi důležitými složkami vodních potravních sítí. Vířníci získávají potravu, která je směřována k ústům filtračním proudem vytvořeným pohybem koróny. Částice potravy vstupují do úst a putují do mastaxu (hltnu s čelistmi podobnými strukturami). Potrava pak prochází trávicími, slinnými žlázami, do žaludku a poté do střev. Trávicí a vylučovací odpady se shromažďují v kloakálním močovém měchýři, než se uvolní z konečníku (Wallace & Smith 2009).

## 4 Metodika

Pomocí vyhledávacích řetězců obsahujících klíčová slova byly prohledány vhodné databáze vědecké literatury (Web of Science, Scopus, Springer Link, ScienceDirect). Z výsledků vyhledávání jsem vybrala vyhovující práce, ze kterých se metodikou PRISMA-EcoEvo (O'Dea et al. 2021). zpracoval systematický přehled. Za vyhovující byly považovány práce, které se věnují sladkovodnímu prostředí, uvádějí konkrétní druhy filtrátorů i studovaných parazitů a kvantitativní parametry vlivu filtrační aktivity. Údaje ze 32 prací byly vyhodnoceny podle své povahy statistickými metodami a na základě této analýzy byl popsán vliv filtrátorů na výskyt parazitů ve vodách.

Vyhledávací termíny vztahující se k tomuto tématu zahrnovaly běžné termíny/názvy [např. „filter feeders“ NEBO „filtrators“ NEBO „filtration activity“ NEBO „suspension feeders“ A "freshwater environment" NEBO „freshwaters“ A „parasites“ A „biological control“].

Vyhledávací řetězec začínal nejobecnějšími termíny týkajícími se filtrátorů, následovalo postupné přidávání nových, konkrétnějších termínů. Pokud nové vyhledávání vedlo k vyššímu počtu výsledků, byl nový termín ponechán, v opačném případě byl odstraněn. V úvahu byly brány studie napsané v angličtině.

Publikované studie byly sloučeny do tabulky v excelu a duplicity odstraněny. Poslední vyhledávání proběhlo 15.12.2022. Relevantní záznamy jsem identifikovala na základě následujících kritérií pro zařazení a vyloučení. Obecně se ponechaly pouze záznamy, které uváděly informace o vlivu filtrátorů na výskyt parazitů a jejich životních stádiích ve sladkovodním prostředí. Proto byly vyloučeny záznamy, které se týkaly mořského ekosystému, jen parazitů a kde nebyli uváděni filtrátoři.

Pro každou studii bylo získáno několik informací. Jednak údaje o zeměpisné poloze, kde se výzkum konal (tj. stát), dále taxonomické názvy filtrátorů, hostitelů a parazitů (tj. řád/rod/druh), typu studie (tj. rešerše a výzkum) a typu výzkumu (laboratoř, terén a mezokosmos). Ze všech studií jsem shrnula počet článků k jednotlivým skupinám, a i organismům. Dále účinnost jednotlivých filtrátorů na odstranění parazitů z vody (tj. ano – filtrátor úspěšně odstraňuje parazity z vody, ne – filtrátor neodstraňuje parazity z vody). Nakonec způsob zjištění, zda filtrátor odstraňuje parazity (pitvou daného filtrátora či úbytek parazita ve vodě).

Výsledky pro jednotlivé skupiny a organismy byly hodnoceny dle přehledové tabulky a následně procentuálně popsána jejich četnost ze všech získaných studií.

Po získání všech potřebných informací bylo provedeno statistické ověření toho, jestli se liší zastoupení studií, které zaznamenaly pozitivní efekt filtrace parazitů mezi taxonem mlži a ostatními taxony. Pro testování v této souvislosti byl použit Fisherův exaktní test, který byl provedený na stránce Social Science Statistics (2018).

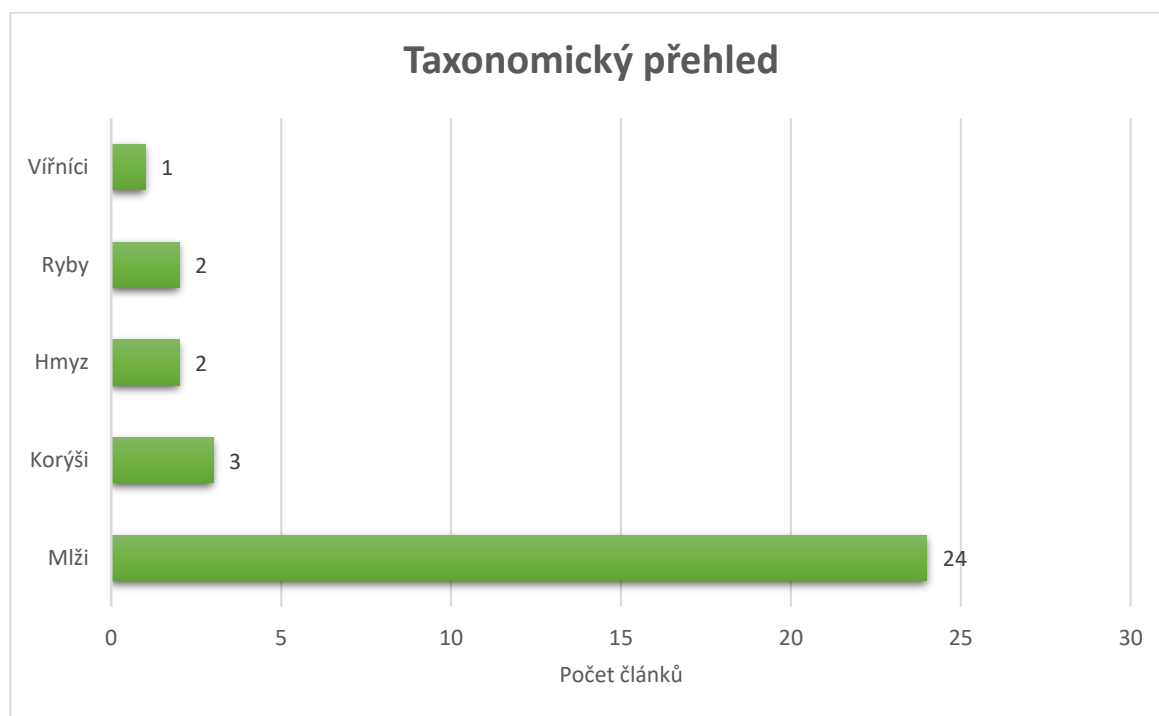
## 5 Výsledky

Pomocí klíčových slov bylo vyhledáno celkem 1500 publikovaných studií. Po uplatnění kritérií obsahoval konečný soubor 86 studií, což je pouze 5,7 % ze všech článků. Velký podíl vyřazených studií souvisí s tím, že většina prací nalezených na základě klíčových slov se věnuje filtraci jiných typů suspenzí, nežli parazitů nebo patogenů, či byly výzkumy prováděny v mořském prostředí.

Na základě přehledové tabulky vybraných studií byly vytvořeny grafy a shrnuty získané informace.

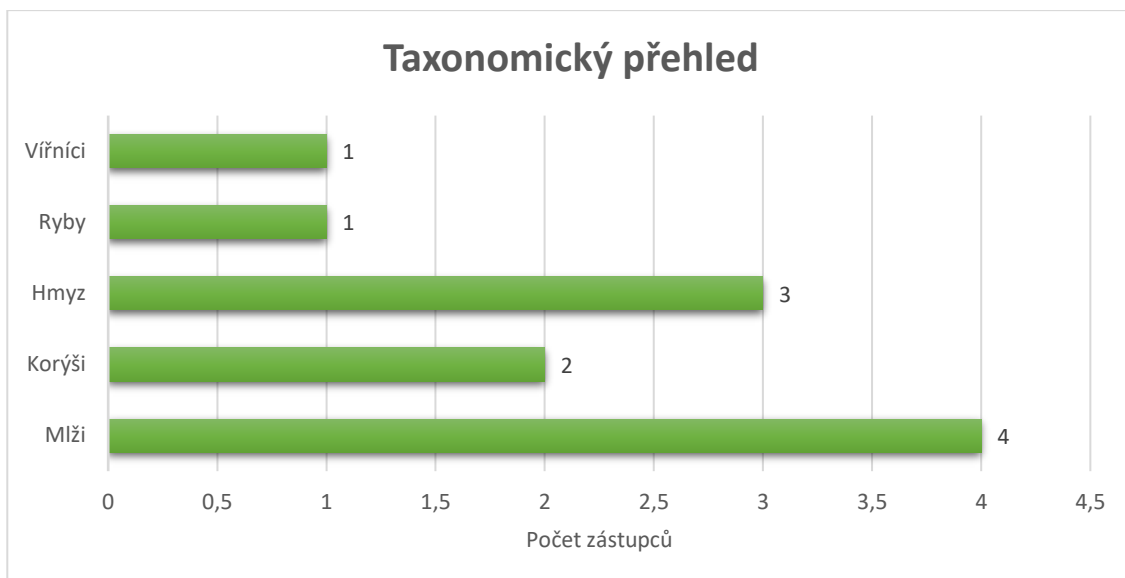
### 5.1 Taxonomický přehled

Taxonomický přehled byl prováděn u 5 hlavních skupin vygenerovaných z přehledové tabulky.



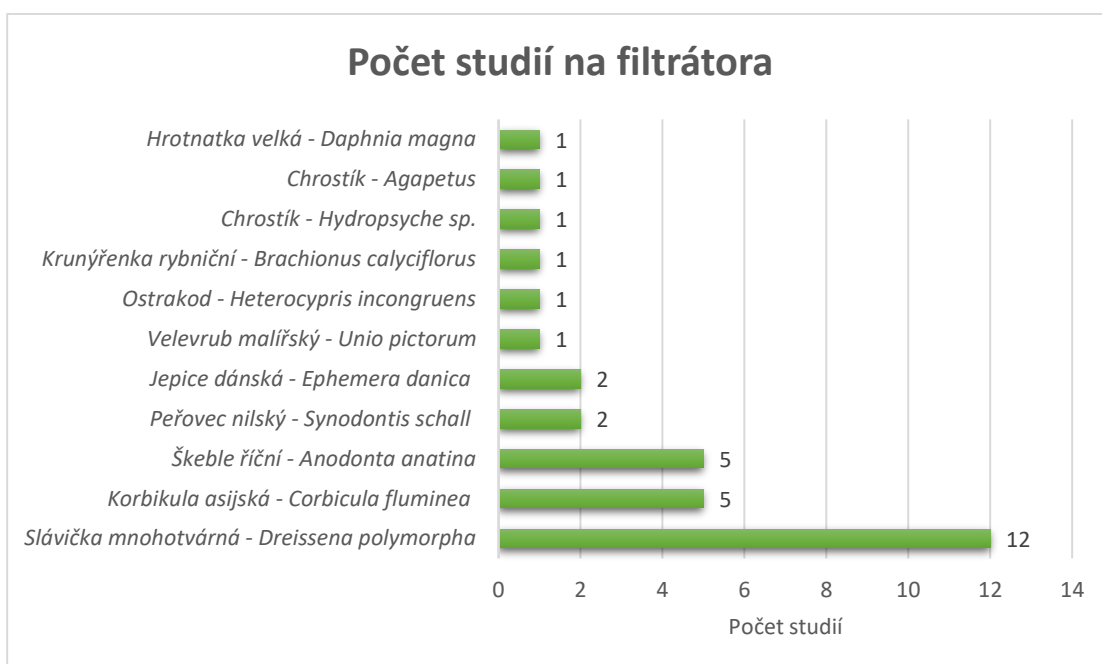
Graf 1 – Počet studií na filtrující skupiny organismů zjištěných z výsledků systematické rešerše.

V grafu 1 jsou vyobrazeny vyhovující studie, ze kterých se 24 zaměřovalo na mlže. Pro korýše se našly celkem 3, hmyz 2, ryby 2 a vířníky pouze 1 studie. Zbýlé články se věnovaly rešeršní části bakalářské práce.



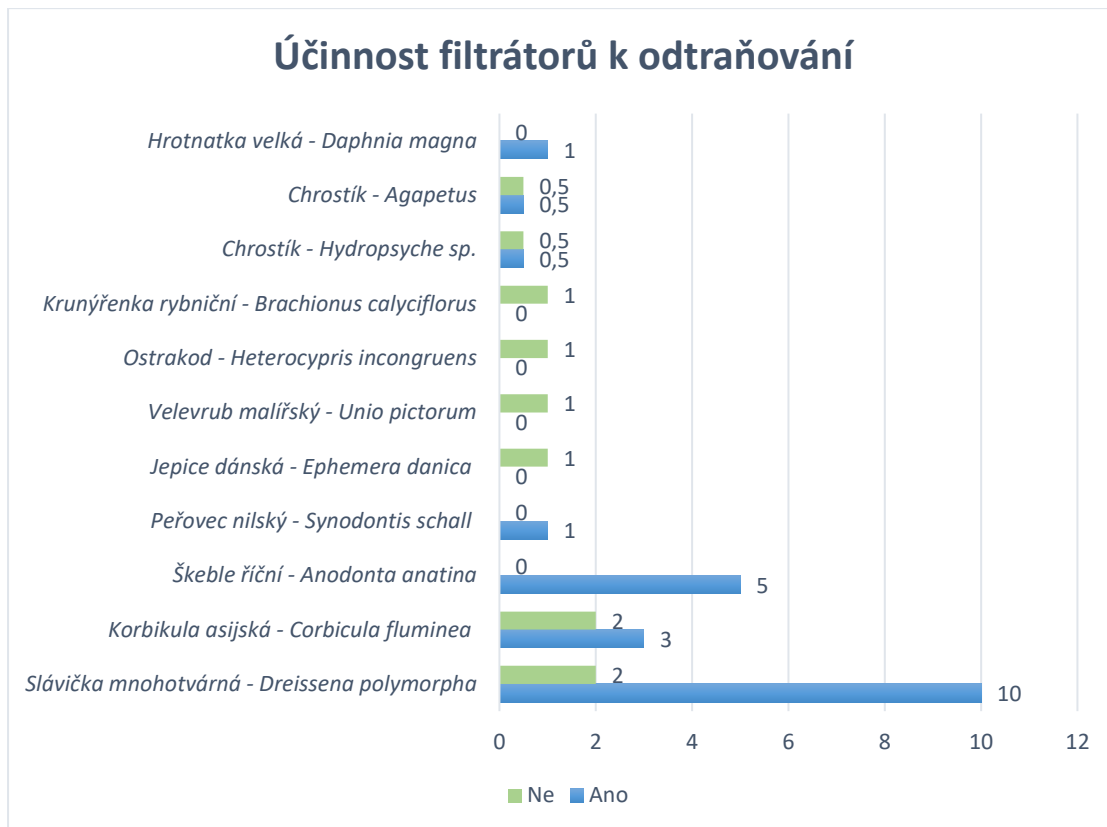
Graf 2 - Množství nalezených zástupců filtrátorů za každou skupinu.

Množství zástupců zobrazených v grafu 2 byl nejvyšší pro mlže a to celkem 4 organismy – filtrátorů. Počet postupně klesal, pro hmyz 3, korýše 2 a pro vířníky s rybami 1 zástupce.



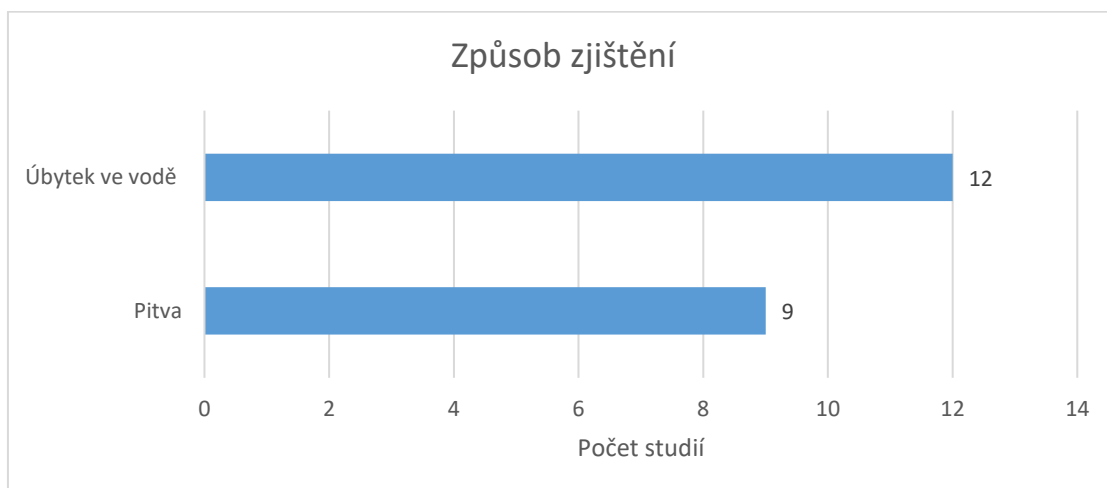
Graf 3- Počet nalezených studií na sladkovodního filtrátora u prací, které byly výsledkem systematického hledání.

Nejvíce studií bylo nalezeno pro slávičku mnohotvárnou – 12 studií, která korbikulu asijskou společně se škeblí říční překonala o více jak dvojnásobek – 5. Pro jepici dánskou a peřovce nilského to byly 2 studie a pro zbylé zástupce jen po jedné.



Graf 4 - Účinnost filtrátorů k odstraňování parazitů z vody. Ano – organismus odstraňuje parazity z vody, ne – organismus je neodstraňuje.

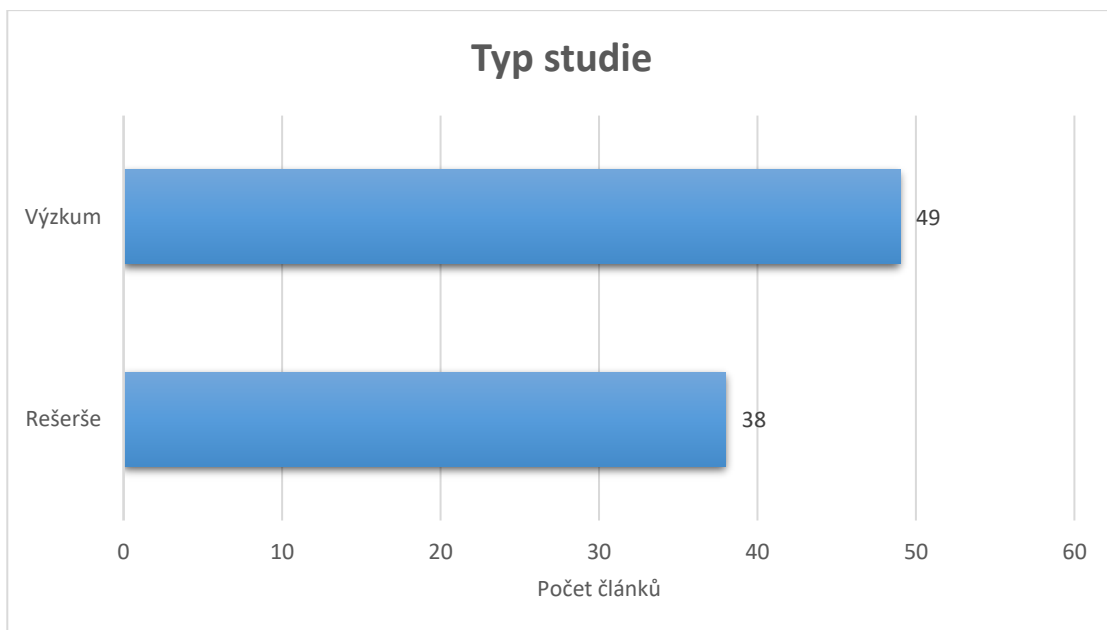
Graf 4 zobrazuje, kolikrát měly jednotlivé organismy kladný (ano) či záporný (ne) vliv k odstranění parazitů dle počtu nalezených studií. U dvou organismů je výsledek 0,5, protože odstranil pouze jednoho ze dvou nežádoucích organismů.



Graf 5 - Způsob zjištění, zda filtrátor odstraňuje parazity z vody. První způsob, úbytkem parazita ve vodě. Druhý způsob, pitvou daného filtrátora použitého ve výzkumu.

U 21 výzkumů byl zjišťován způsob odstraňování parazita z vody, častější způsob byl úbytkem ve vodě.

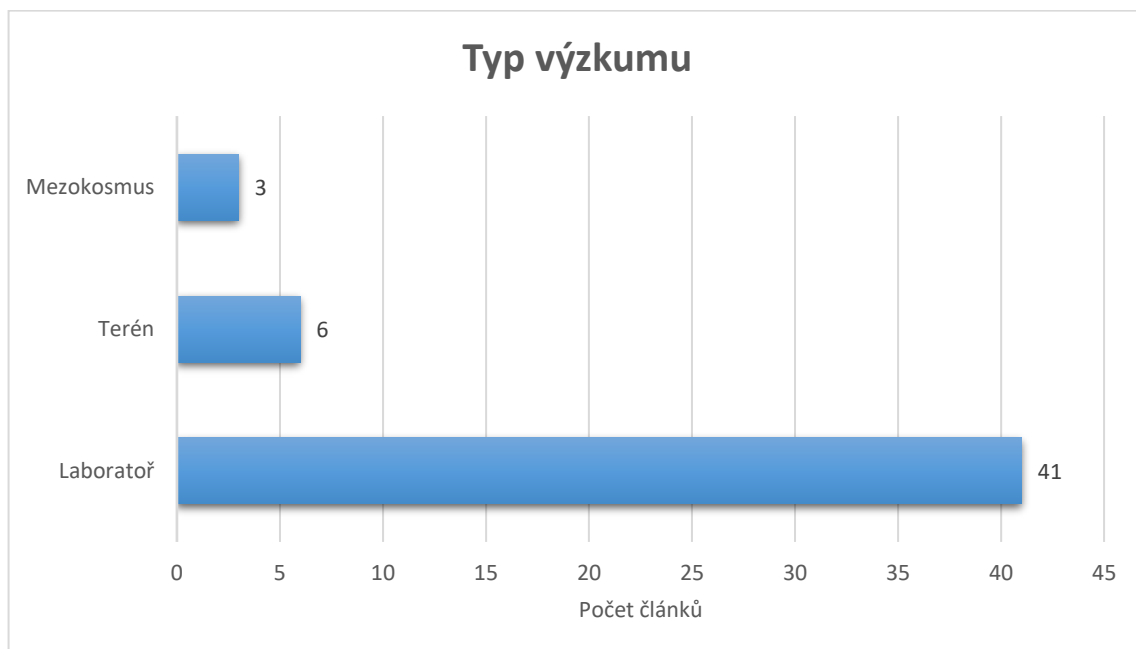




*Graf 6 – V této bakalářské práci byly používány dva typy studie, a to výzkum a rešerše. Převažoval zde výzkum a to o 11 studií.*

Z grafu 5 vyplývá, že z 86 vyhovujících studií bylo 49 výzkumů a 38 rešerší.

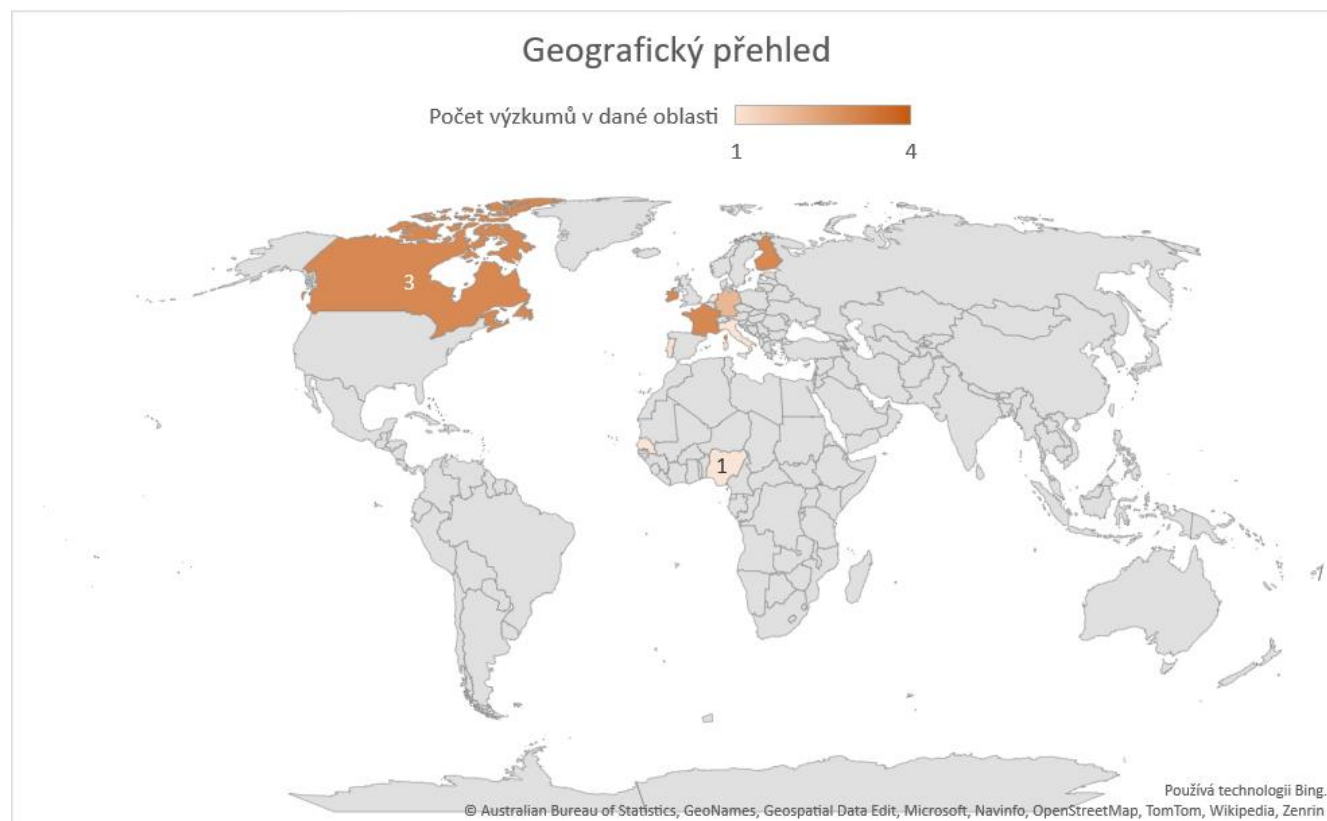
U všech skupin, kromě ryb a korýšů, proběhla kvantifikace na úrovni výzkumu. U ryb se objevily oba typy studie. U korýšů byla ze tří studií jedna rešerše.



*Graf 7 – Objevily se zde tři typy výzkumů – terén, laboratoř a mezokosmos, který obsahuje jak terén, tak laboratoř.*

U typu výzkumu, zobrazeno v grafu 5, rapidně převažují laboratorní podmínky. Vzorky byly odebírány z terénu a dále zkoumány ve vnitřních prostorech.

## 5.2 Geografický přehled



Obrázek 4 – Státy provedených výzkumů na filtrátory.

Státy	Počet výzkumů v dané oblasti
Nigérie	1
Kanada	3
Finsko	3
Francie	3
Irsko	3
Itálie	1
Kalifornie	4
Německo	2
Nizozemsko	1
Portugalsko	1
Senegal	1

Ze 53 výzkumů bylo u 25 popsáno, v jakých oblastech probíhaly.

### 5.3 Výsledek posouzení zastoupení nalezení efektu ve dvou skupinách

V tabulce 1 znamená pozitivní efekt schopnost filtrátorů odstranit parazity z vody a negativní efekt jejich neschopnost v odstraňování.

Tabulka 1 - Fisherův exaktní test

Výsledek			
	Pozitivní efekt	Negativní efekt	Mezní součty řádků
Mlži	18	5	23
Ostatní	3	4	7
Mezní součty sloupců	21	9	30

Statistická hodnota Fisherova exaktního testu je 0,1533. Výsledek není významný při  $p < 0,05$ . Dle výsledků statistického ověření se parazit odstraní filtrátorem v 15 % případů a neodstraní v 85 %.

### 5.4 Pět nejvýznamnějších skupin dle systematické literární rešerše

#### 5.4.1 Mlži (*Bivalvia*)

Mlži měli nejvíce nalezených studií ze všech skupin a to 24 (27,9 % z 86 vyhovujících studií) (graf 1) se 4 zástupci (graf 2).

##### 5.4.1.1 Škeble říční (*Anodonta anatina*)

Škeble říční se objevila v 5 studiích (graf 3), což bylo celkem 5,8 % ze všech vyhovujících článků. Všechny studie zaměřené na tento druh byly ve formě výzkumu (graf 6), prováděny v Portugalsku, dvakrát ve Finsku a Irsku (obr. 4). U jeho typu převažovala laboratoř, pouze jednou se prováděl výzkum v terénu (graf 7). Výsledky byly zjišťovány třikrát formou pitvy škeble říční a dvakrát úbytkem parazita ve vodě (graf 5). Ze zmíněného počtu studií měla 5 pozitivních výsledků (graf 4), což je 100 % úspěšnost v odstraňování parazitů ze sladkovodního prostředí.

Zvolená kritéria splňuje studie (Gopko et al. 2017), která popsala přítomnost škeble říční v prostředí, kde významně snížila (v průměru čtyřnásobně) koncentraci cercárií motolice *Diplostomum pseudospathaceum* (Niewiadomska 1084) po 2 hodinách inkubace. Kromě toho tito mlži výrazně snížili (o 30–40 %) úspěšnost přenosu cercárií na pstruha duhového, který je v přírodních podmínkách i na rybích farmách zranitelný infekcí motolicí oka. Jsou však zapotřebí další laboratorní a terénní studie, aby se otestovalo, jak se liší odstraňování cercárií mlži za různých podmínek prostředí (např. světlo, zákal, biotické faktory) a mezi různými druhy mlžů.

Další vyhovující výzkum byl od Hajisafarali et al. (2022), kde škeble snížila průměrnou koncentraci patogenu sladkovodních ryb *Flavobacterium columnare* (Bergey, Hsrrison, Breed, Hammer & Huntoon 1923) ve vodním sloupci. Při nejnižší hodnotě byla v akváriích mlžů pozorována pouze jedna třetina koncentrace kontrolní úrovně. Detekce *F. columnare* ve střevech slávek vystavených bakteriím a tvorba biodepozice v jejich přítomnosti naznačuje, že pokles koncentrace patogenů byl způsoben filtrací mlžů.

#### 5.4.1.2 Slávička mnohotvárná (*Dreissena polymorpha*)

Slávička mnohotvárná měla nejvyšší počet studií, a to s počtem 12 což je 14 % (graf 3) z celkového počtu. Všechny studie byly ve formě výzkumu (graf 6), prováděny v Itálii, USA, Francii, Irsku, Kanadě a Nizozemsku (obr. 4). Z toho se jich 9 odehrálo v laboratoři, 1 v terénu a zbylé dva v mozokosmu (graf 7). Z 12 výzkumů bylo 10 pozitivních a dva negativní (graf 4), to udává slávičce mnohotvárné 83 % úspěšnost v odstraňování parazitů z vody. Tyto výsledky se zjišťovaly šestkrát pitvou slávičky mnohotvárné a šestkrát úbytkem parazita ve vodě (graf 5).

V jedné z vyhovujících studií uvádí Géba et al. (2021), že slávička mnohotvárná má skutečně velkou filtrační rychlost mezi 5 a 400 ml na jedince za hodinu a dokáže filtrovat širokou škálu částic od 0,7 do 40  $\mu\text{m}$ . Kromě toho může tato slávička mnohotvárná dosáhnout vysoké hustoty populace, mezi 1025 a  $\text{m}^2$  a 32 000 na  $\text{m}^2$ , což jim dává velmi silnou biofiltrační kapacitu. Bylo také zjištěno že, ačkoli je slávička mnohotvárná nejúčinnější při filtrování částic o velikosti od 15 do 40  $\mu\text{m}$  v průměru (Ten Winkel & Davids 1982), bylo také pozorováno, jak filtrují částice od 0,7 až 1,0  $\mu\text{m}$ , což zvyšuje její možnost využívání. Typická *E. coli* je přibližně 2  $\mu\text{m}$  dlouhá.

V jedné z vyhovujících studií (Thorp & Covich 2010) byly oocysty *Cryptosporidium parvum* (Tyzzer 1912) a cysty *Giardia lamblia* (Kunstler 1882) poprvé identifikovány ve tkáni slávičky mnohotvárné 3 dny po kontaminaci vodou a byly stále detekovatelné 2 týdny po ukončení kontaminace. Laboratorní experimenty od Graczyk et al. (2001) ukazují, že jedna slávička může být schopna získat přibližně 490 ve vodě nesených oocyst *C. parvum*. Byla zjištěna její vysoká tolerance vůči chemické kontaminaci a fyzikálně-chemickým podmínkám, přežívá při zvýšených teplotách (až 28 °C), střední slanosti (od 6 do 10‰) a širokém rozsahu pH (od 6,5 do 9,3) (Thorp & Covich 2010).

V další studii (Arostegui et al. 2019) byla zjištěna jejich schopnost výrazně snižovat: (1) titr polioviru po 24 hodinách; (2) titr rotaviru po 4 hodinách; a (3) počet *E. coli* částečně po 4 hodinách a téměř úplně po 24 hodinách.

#### 5.4.1.3 Velevrub malířský (*Unio pictorum*)

Pro velevruba malířského (*U. pictorum* (Linnaeus 1758)) byla nalezena jen 1 studie (graf 3) prováděná v Portugalsku (obr. 4) ve formě výzkumu (graf 6). Prováděl se v terénu (graf 7) a jeho úspěšnost byla zjišťována pitvou (graf 5). Ta byla nulová (graf 4), protože bylo dokázáno přežití parazita uvnitř jeho těla, a tak ho mohl dál šířit. Tudíž může být využit jen

jako jejich indikátor. V této studii (Melo et al. 2006) byly detekovány oocysty *C. parvum* v jeho tkáních u 7 z 24 vzorků. Z toho vyplývá, že velevrub malířský může být použit k detekci těchto oocyst, ale také je to varování pro populace, které ho konzumují, protože v něm přežívají.

#### 5.4.1.4 Korbikula asijská (*Corbicula fluminea*)

Celkový počet studií pro korbikulu asijskou (*C. fluminea* (Müller 1774)) je 5 (graf 3), takže stejně jako u škeble 5,8 % ze všech článků. Prováděny v Portugalsku a Kalifornii (obr. 4). Všechny studie byly formou výzkumu (graf 6), jednou v terénu a čtyřikrát v laboratoři (graf 7). 3 z 5 studií vyšly kladně (graf 4), tudíž její úspěšnost je 60 %. Tyto výsledky byly zjišťovány třikrát pitvou korbikuly asijské a dvakrát úbytkem parazita ve vodě (graf 4).

V nalezené vyhovující studii (Faust et al. 2009) byl zkoumán její vliv na infekčnost viru *Alphainfluenzavirus influenzae* (AI) ve vodě, korbikuly asijské byly umístěny do jednotlivých baněk s destilovanou vodou naočkovanou 1:100 nízkopatogenním virem AI. Virové titry ve vodě s mlži byly významně nižší 24 a 48 hodin po inokulaci ve srovnání s vodou infikovanou bez mlží. Korbikula asijská je schopna dle studie (Faust et al. 2009) odstraňovat a snižovat infekčnost virů ptačí chřipky.

#### 5.4.2 Koryši (*Crustacea*)

Koryši se v této bakalářské práci objevili ve 3 studiích (3,5 %) (graf 1) se 2 zástupci (graf 2).

##### 5.4.2.1 Hrotnatka velká (*Daphnia magna*)

Hrotnatka velká se objevila v 1 studii (graf 3), probíhala formou výzkumu (graf 6) v laboratoři (graf 7) a výsledek byl zjišťován úbytkem parazitů ve vodě (graf 5). Její úspěšnost byla 100 % (graf 4), protože měla pozitivní vliv na jejich odstraňování.

Ve vyhovujícím výzkumu (Frenken et al. 2019) bylo dokázáno, že sladkovodní hrotnatka velká účinně odstraňuje *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd) (Longcore; Pessier & Nichols) a *Batrachochytrium salamandrivorans* (Bsal) (Martel; Blooi; Bossuyt & Pasmans) (oba členy kmene Chytridiomycota) ze svého prostředí. Konzumace zoospor hrotnatky velké by mohla snížit infekční tlak u pulců *Lithobates sphenoccephalus* (Coper 1886). Dále bylo zjišťováno, zda hrotnatka ovlivnila infekčnost virů *A. influenzae* (AI (viry ptačí chřipky). 18 kachniček karolínských (*Aix sponsa* (Linnaeus 1758)) se rozdělilo do testovacích skupin a žádná z naočkovaných vodou infikovanou AI, která byla filtrována hrotnatkami nevykazovala morbiditu nebo mortalitu. Všechny kachničky karolínské vystavené buď vodě infikované AI bez hrotnatky velké nebo původnímu virovému inokulu uhynuly. Tyto výsledky naznačují její schopnost odstranit a snížit infekčnost virů AI ve vodě a prokazují potřebu zkoumat biotické faktory prostředí, které mohou ovlivnit přenos viru AI (Faust et al. 2009).

#### 5.4.2.2 Lasturnatka (*Heterocypris incongruens*)

Lasturnatka (*H. incongruens* (Ramdohr 1808)) se v této práci objevila jen 1 (graf 3), a to ve výzkumu (graf 6), který se prováděl v laboratoři (graf 7). Výsledek byl zjišťován úbytkem parazita ve vodě (graf 5). Její úspěšnost byla ale nulová (graf 4), protože se ve studii ukázala její neschopnost k odstranění parazita z vody.

Ve výzkumu (Deknock et al. 2021) dokázala, že lasturnatka nesnižuje hustotu *B. dendrobatidis* zoospor ve vodním sloupci.

#### 5.4.3 Hmyz (*Insecta*)

Celkový počet studií týkající se hmyzu byl 2 (2,3 % z 86) (graf 1) se 3 zástupci (graf 2).

##### 5.4.3.1 Jepice dánská (*Ephemera danica*)

Pro jepici dánskou (*E. danica* (Müller 1774)) byly nalezeny 2 studie (2,3 % z celkového počtu) (graf 3), obě formou výzkumu (graf 6) a testováno v laboratoři (graf 7). Prováděny v Německu (obr. 4). Ale pouze jedna se věnovala přímo působení na parazity. Její výsledek byl negativní (graf 4), jelikož se parazity pouze nakazila, ale neodstranila je. Může být tedy využita jako jejich indikátor. Zjišťováno úbytkem ve vodě (graf 5).

Dle kritérií vyhovující studie (Grabner 2017) popsala procentickou prevalenci hlavních taxonů parazitů u jepice dánské. Pro hmyzomorky (*Microsporidia*) byla 100 %, motolici (*Trematoda* (Rudolphi 1808)) 40 % a hlístice (*Nematoda* (Rudolphi 1808)) 30 %. Jako aktivní filtrátor měla podle skóre nejvyšší šanci na infekci microsporidia a háďátky. Tento způsob příjmu potravy nejspíš zvyšuje pravděpodobnost zachycení mikroskopických stádií parazitů, kteří se vznášejí ve vodním sloupci (Grabner 2017).

##### 5.4.3.2 Chrostík (*Agapetus sp*)

Chrostík (*Agapetus* (Curtis 1834)) se objevil pouze 1 (graf 3), formou výzkumu (graf 6) v laboratoři (graf 7) a výsledek byl zjišťován úbytkem ve vodě (graf 5). Prováděna v Německu (obr. 4). Studie uvedla jeho schopnost účinně odstraňovat z vody jen microsporidii. Tzn. že jeho účinnost je 50 % (graf 4).

Studie (Grabner 2017) zjistila u chrostíka procentickou prevalenci pro hmyzomorky 37,5 %, motolice 25 % a u hlístic 0 %.

##### 5.4.3.3 Chrostík (*Hydropsyche sp.*)

Druhý chrostík (*Hydropsyche* (Pictet 1834)) se také objevil pouze 1 (graf 3) a stejným způsobem (výzkum (graf 6) v laboratoři (graf 7) a zjištění úbytkem ve vodě (graf 5)). Prováděna v Německu (obr. 4). Studie prokázala schopnost chrostíka účinně odstraňovat z vody pouze microsporidii. Tzn. že jeho účinnost je 50 % (graf 4).

Grabner (2017) uvedl výsledky pro chrostíka hmyzomorky 100 %, pro motolice 62,5 % a hlístice 0 % jako u prvního chrostíka.

#### **5.4.4 Ryby (*Osteichthyes*)**

Pro ryby s 1 zástupcem (graf 2) byly nalezené také dvě studie, jako u hmyzu (2,3 % z 86) (graf 1).

##### **5.4.4.1 Peřovec nilský (*Synodontis schall*)**

Pro peřovce nilského (*S. schall* (Bloch & Schneider 1801)) byly nalezeny 2 studie (graf 3), jedna rešerše a jeden výzkum (graf 6). Prováděny v Nigérii a Senegal (obr. 4). Výzkum se prováděl v laboratoři (graf 7) a výsledky byly zjišťovány úbytkem parazita ve vodě (graf 5). Studie prokázala jeho 100 % účinnost k odstraňování parazita (graf 4).

Arostegui et al. (2019) zhodnotili peřovce nilského jako jediný druh s dietními návyky a dostatečným současným množstvím k přirozenému omezení přenosu schistosomiázy. Tento druh konzumuje všech pět kategorií stravy, které přispívají k hubení nakažených hlemýžďů. Toto onemocnění je způsobeno *Schistosoma* (Weinland 1858) trematoda. Peřovec nepatří mezi typické filtrátory, tudíž je třeba více výzkumů k prokázání jeho schopnosti filtrace.

#### **5.4.5 Vířníci (*Rotifera*)**

Nejnižší počet nalezených studií měla skupina vířníci a to pouze 1 článek (graf 1) pro 1 zástupce (graf 2).

##### **5.4.5.1 Krunýřenka rybníční (*Brachionus calyciflorus*)**

Krunýřenka rybníční (*B. calyciflorus* (Pallas 1766)) se v této práci objevila 1 (graf 3), formou výzkumu (graf 6) v laboratoři (graf 7). Její účinnost byla zjišťována úbytkem parazita ve vodě (graf 5). Studie dokázala nulovou schopnost k odstraňování parazitů (graf 4), což je překvapivé, jelikož zvolený parazit dobře zapadá do rozmezí velikosti potravy tohoto filtrátora.

Ve vyhovující studii (Deknock et al. 2021) byla zkoumána schopnost krunýřenky rybníční konzumovat volně plavající *B. dendrobatidis* zoospory ve vodě. Musely být aplikovány vyšší hustoty krunýřenky rybníční, aby se kompenzovala její menší velikost těla. Každý experiment s požitím byl proveden ve dvou opakováních. Výsledek studie po dvou hodinách ukázal, že nebyla pozorována žádná redukce zoospor.

## 6 Diskuse

Z této systematické literární rešerše bylo zjištěno 5 hlavních skupin filtrátorů s 11 zástupci, u kterých byla studována interakce s parazity. Výsledky ukázaly, že ze studovaných organismů byly 4, u nichž nebylo prokázáno odstranění hodnoceného parazita z vody. Po shrnutí je tedy úspěšnost v rámci datového souboru 64 %.

### 6.1 Srovnání s mořským prostředím

V mořském prostředí je vliv filtrátorů na odstranění prazitů z vody více zkoumán než ve sladkovodním. (Burge et al. 2016). Příkladů mořských filtrátorů, kteří odstraňují parazity z vody, bylo na základě výzkumu Burge et al (2016) mnoho. Výzkumy se týkaly především těchto skupin organismů: škeble, korýši, plži (*Gastropoda* (Cuvier 1795)), houbovci (*Porifera* (Grant in Todd 1836)), mnohoštětinatci (*Polychaeta* (Grube 1850)). V moři se studuje vliv filtrátorů na čistotu vody (Hamani et al. 2023), množství mikroplastů (např. Besseling et al. 2015; De Wite et al. 2014; Fossi et al. 2014; Besseling et al. 2013), obsah škodlivých prvků (Wang et al. 2023; Guo et al. 2008). Ve sladkovodním prostředí byly také často řešeny mikroplasty jako v moři (Ding et al. 2017) a eutrofizace (Gu et al. 2021).

### 6.2 Pozitivní efekty ve sladkovodních ekosystémech

Význam filtrátorů v řekách a jezerech, kteří slouží jako recipienti nedostatečně vyčištěných odpadních vod, je vysoce perspektivní. Jsou schopni odstranit z vody látky, které ČOV propustila (např. slávička mnohotvárná). Řešení, jak tyto jejich funkce podpořit a co nejvíce využít, je vytvoření podmínek pro rozvoj společenstev filtrátorů.

Zvýšená teplota sladké vody ve fyziologicky tolerovatelných rozmezích typicky zvyšuje rychlost filtrace, což v tomto období globálního oteplování je přínosné (Burge et al. 2016). Toto tvrzení je pravdivé i v mořských ekosystémech (Sánchez et al. 2016).

### 6.3 Potenciální praktické využití filtrátorů

Z této systematické rešerše vyplynulo, že významnou skupinou, která odstraňuje parazity, jsou mlži. Tudíž je teoreticky možné využít jejich potenciál. Nejčastějšími a potvrzenými parazity, které mlži dokážou odstranit jsou např. *D. pseudospathaceum*, *F. columnare*, *C. parvum* a *A. influenzae*. Ale dají se využít i jiné skupiny uvedené v této bakalářské práci.

Systematickou rešerší se zjistil výskyt škeble říční v 5 pracích. Provádějí důležité ekosystémové služby prostřednictvím své filtrační schopnosti, včetně recyklace živin a ukládání organické hmoty z vodního sloupce na dno ve formě výkalů a *pseudofaeces* (Vaughn 2018).



Korbikula asijská s 5 vyhovujícími studiemi má velký potenciál odstraňovat částice z vodního sloupce díky vysokým hustotám populace a také vysoké rychlosti filtrace (McMahon 1991). McMahon (1991) uvádí, že potenciální odstranění částic korbikuly je velmi vysoké.

Hrotnatky velké s 1 studií jsou důležitými složkami společenstev zooplanktonu, které se živí filtrací ve všech druzích vodních ekosystémů po celém světě (Forró et al. 2008), tyto druhy mohou hrát důležitou roli jako biologická činidla ke zmírnění infekcí chytridiomykózou v přírodě (Mallatt 1982). Hrotnatky velké se využívají jako modelové organismy v základním i aplikovaném výzkumu díky snadné kultivaci a krátké generační době (Mallatt 1982). Hrotnatky velké získaly díky mnoha studiím určitý ekonomický význam, protože jsou široce používány v akvakultuře a velké planktonní druhy, které se živí filtrací, mají nepřímý ekonomický dopad jako důležitá potrava pro ryby (Forró et al. 2008). Hrotnatky velké se řadí mezi pohyblivé filtrátory s aktivním způsobem získávání potravy v různých hloubkách. Jsou pohyblivé aktivním plaváním nebo unášením (Mallatt 1982).

Schopnost slávičky mnohotvárné filtrování a inaktivace patogenů by mohlo mít pozitivní účinky na kontrolu zdravotních rizik pro zvířata i lidi (Thorp & Covich 2010). Tento invazní druh tak může být užitečný k inaktivaci *E. coli*, snížení virových koncentrací a snížení hladin některých znečišťujících látek odolných vůči tradičním způsobům čištění ČOV (Chalmers et al. 1997). Celkový počet parazitů identifikovaných u sláviček mnohotvárných byl významně vyšší než u korbikul asijských. To naznačuje, že slávička mnohotvárná může být použita v praxi spíše než korbikula asijská (Karvonen et al. 2006).

#### **6.4 Nevýhody při praktických aplikacích**

Rizika při využití biologické kontroly budou většinou vyšší než například u mechanické. Populace využitelných organismů má určitou životnost, tudíž se musí často obměňovat, někteří jsou náchylní na znečištění (Bogan 2007), musí bojovat se zavlečenými druhy či dokonce oni sami jsou invazní druh (Graczyk et al. 2003).

Mlži čeledi *Unionidae* patří mezi nejohroženější skupiny organismů na světě (Hajisafarali et al. 2022). V posledních desetiletích řada sladkovodních druhů mlžů vyhynula (Haag & Williams 2014). Jejich populace klesají kvůli znečištění, degradaci a fragmentaci stanovišť, zavlečeným druhům a ztrátě povinných rybích hostitelů (Bogan 2007), snížení biologické rozmanitosti v jezerech i řekách (Vaughn 2018).

Slávička mnohotvárná byla vyhodnocena jako vhodný kandidát na odstraňování parazitů. Bohužel se ale nenachází ve všech sladkovodních ekosystémech, proto je její využití omezené (Graczyk et al. 2003). Dále byla dokázána, že její možnost využití je omezeno jen na místa, která již kolonizovala, a to pouze při dodržení specifických opatření, jako jsou instalace úzkých mřížek nebo pískových filtrů (McMahon 1991), díky jejímu invaznímu chování (Thorp & Covich 2010).

U peřovce nilského byl zjiřtěn důvod, který sniřuje jeho praktické pouřití pro odstranění parazitů prostřednictvím predace, a to šířka ústního otvoru. Ten mu umožňuje konzumovat necílové organismy, jako jsou ryby a krevety (Musschoot & Lalèyè 2008). Má způsob hledání potravy vysoce flexibilní, krmí se ze dna, filtrací vody, defolijují makrofyty, konzumují rybí řupiny a převracejí se dorzoventrálně na povrchové krmení (Arostegui et al. 2019).

## 6.5 Indikátor parazitů versus odstraňování parazitů

Z této bakalářské práce vyplývá, že u 36 % studovaných filtrátorů nebyla prokázána schopnost odstranit parazity z vody, která by umožňovala praktické vyuřití. I při nízké efektivitě odstraňování parazitů z vody je lze ale často využít jako indikátory nežádoucích organismů.

Velevrub malířský, který se objevil v jedné vyhovující studii, je užitečný indikátor kontaminace povrchových vod. Tento mlř by tedy mohl být pouřit pro monitorování *Cryptosporidium* ve vodárenských nádržích (Melo et al. 2006).

Jepice patří mezi organismy s aktivním získáváním potravy a zdrřují se na dně vod (Grabner 2017). Tento filtrátor se dá využít pouze jako indikátor parazitů, protože ve výsledcích je dokázáno, že se nakazila, ale neodstranila parazity z vody.

Pro oba druhy chrostíků bylo zjiřtěno, že dokáží odstranit jen některé nežádoucí organismy, ostatní zůstali živí uvnitř jejich těla (Grabner 2017).

Tato zjiřtění nám tedy ukazují, že je třeba každého filtrátora dokonale znát, abychom je dokázali správně využít a nezhorřili tím situaci. Nejužitečnější druhy se budou liřit podle konkrétní geografické oblasti.

## 7 Závěr

Cílem této bakalářské práce na téma „Vliv filtrátorů na výskyt parazitů a jejich životních stadií“ bylo popsat hlavní charakteristiky filtrátorů, jejich rozdělení, způsob příjmu potravy a shromáždit informace o základních skupinách těchto organismů.

Stanovené cíle byly splněny. Tato práce shrnuje dostupné informace o pozitivních i negativních dopadech pro využití filtrátorů k redukci parazitů ve sladkovodním prostředí. Zjištěné poznatky mohou pomoci při zhodnocení potenciálního přínosu filtrátorů ve volných vodách, při testování potenciálně vhodného organismu pro odstranění parazitů a být podkladem pro další výzkumy. Pro praktické využití filtrátorů, musíme dokonale znát jejich biologii a ekologii. Tato práce u některých skupin také poukazuje na potřebu dalších odborných studií, které povedou k rozvoji znalostí a informovanosti pro možnosti zavádění filtrátorů do praxe a managementu jejich společenstev ve volných vodách.

Ze systematické rešerše vyplývá, že daný fenomén byl ve sladkovodním prostředí dosud studován v rámci 5 hlavních živočišných skupin. Dle zvolených kritérií pro vyřazení či zařazení studií byl zjištěn vyšší počet článků zabývajících se vlivem filtrátorů na jakost vody (mikroplasty a chemické látky). Dostatek údajů o interakci filtrátorů a parazitů je tedy zatím limitující pro jejich širší uplatnění v praxi.

## 8 Literatura

Arostegui MC, Wood ChL, Jones IJ, Chamberlin AJ, Jouanard N, Faye DS, Kuris Am, Riveau G, De Leo GA, Sokolow SH. 2019. Potential Biological Control of Schistosomiasis by Fishes in the Lower Senegal River Basin. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* **100**: 117-126.

Ayres PA, Burton HW, Cullum ML. 1978. Sewage pollution and shellfish. In: Lovelock DW, Davies R (eds) *Techniques for the study of mixed populations*. Society for Applied Bacteriology Technical Series. Academic Press, London **11**: 51–62

Azam F, Fenchel T, Field JG, Gray JS, Meyer-Reil LA, Thingstad F. 1983. The Ecological Role of Water-Column Microbes in the Sea. *Marine Ecology Progress Series* **10**: 257-263.

Běčáková M. 2012. *Biologie a ekologie chrostíků (Trichoptera) České republiky*. Brno. Bakalářská práce. Masarykova Univerzita. Vedoucí práce Doc. RNDr. Světlana Zahrádková, Ph.D.

Benenson MW, Takafuji ET, Lemon SM, Greenup RL, Sulzer AJ. 1982. Oocyst-Transmitted Toxoplasmosis Associated with Ingestion of Contaminated Water. *New England Journal of Medicine* **307**: 666-669.

Ben-Horin T, Bidegain G, Huey L, Narvaez DA, Bushek D. 2015. Parasite transmission through suspension feeding. *Journal of Invertebrate Pathology* **131**: 155-176.

Beninger PG, Veniot A, Poussart Y. 1999. Principles of pseudofeces rejection on the bivalve mantle: integration in particle processing. *Marine Ecology Progress Series* **178**: 259-269.

Besseling E, Foekema EM, Van Franeker JA, Leopold MF, Kühn S, Bravo Rebolledo EL, Koelmans AA. 2015. Microplastic in a macro filter feeder: Humpback whale *Megaptera novaeangliae*. *Marine Pollution Bulletin* **95**(1): 248-252.

Besseling E, Wegner A, Foekema EM, Van Den Heuvel-Greve MJ, Koelmans AA. 2013. Effects of microplastic on fitness and PCB bioaccumulation by the lugworm *Arenicola marina* (L.). *Environmental Science and Technology*, **47**(1): 593-600.

Bidegain G, Powell EN, Klinck JM, Ben-Horin T, Hofmann, EE. 2016. Microparasitic disease dynamics in benthic suspension feeders: Infective dose, non-focal hosts, and particle diffusion. *Ecological Modelling* **328**: 44–61.

Bogan, AE. 2007. Global diversity of freshwater mussels (Mollusca, Bivalvia) in freshwater. In: Balian, E.V., Lévêque, C., Segers, H., Martens, K. (eds) *Freshwater Animal*

Diversity Assessment. *Developments in Hydrobiology*, vol 198. Springer, Dordrecht. doi: 10.1007/978-1-4020-8259-7\_16.

Bochdansky AB, Deibel D. 1999. Measurement of in situ clearance rates of *Oikopleura vanhoeffeni* (Appendicularia: Tunicata) from tail beat frequency, time spent feeding and individual body size. *Marine Biology* **133**: 37-44.

Brent Gurd D. 2006. Filter-feeding dabbling ducks (*Anas* spp.) can actively select particles by size. *Zoology* **109**: 120-126.

Burge CA, Closek CJ, Friedman CS, Groner ML, Jenkins CM, Shore-Maggio A, Welsh JE. 2016. The Use of Filter-feeders to Manage Disease in a Changing World. *Integrative and Comparative Biology* **56**: 573-587.

Cameron ChB. 2002. Particle Retention and Flow in the Pharynx of the Enteropneust Worm *Harrimania planktophilus*: The Filter-Feeding Pharynx May Have Evolved Before the Chordates. *The Biological Bulletin* **202**: 192-200.

Coma R, Ribes M, Gili JM, Hughes RN. 2001. The ultimate opportunists: consumers of seston. *Marine Ecology Progress Series* **219**: 305-308.

Conley KR, Gemmell BJ, Bouquet JM, Thompson EM, Sutherland KR. 2018. A self-cleaning biological filter: how appendicularians mechanically control particle adhesion and removal. *Limnol. Oceanogr.* **63**: 927-938.

Dame RF, Olenin S. 2005. The Roles of Suspension-Feeders in Ecosystems: Synthesis and Conclusions. ed. *The Comparative Roles of Suspension-Feeders in Ecosystems* **47**. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, s. 345-353. NATO Science Series IV: Earth and Environmental Series.

De Witte B, Devriese L, Bekaert K, Hoffman S, Vandermeersch G, Cooreman K, Robbens J. 2014. Quality assessment of the blue mussel (*Mytilus edulis*): Comparison between commercial and wild types. *Marine Pollution Bulletin*, **85**(1): 146-155.

Deknock A, Pasmans F, van Leewenberg R, Van Praet S, Lens L, Croubels S, Martel A, Goethals P. 2021. Alternative food sources interfere with removal of a fungal amphibian pathogen by zooplankton. *Journal of Applied Ecology* **58**: 2914-2923.

Ding J, Zhang S, Razanajatovo RM, Zou H, Zhu W. 2018. Accumulation, tissue distribution, and biochemical effects of polystyrene microplastics in the freshwater fish red tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Environmental Pollution*, **238**: 1-9.

Divi RV, Strother JA, Paig-Tran EWM. 2018. Manta rays feed using ricochet separation, a novel nonclogging filtration mechanism. *Science Advances* **4**. 1-8.

Faust Ch, Stallknecht D, Swayne D, Brown J. 2009. Filter-feeding bivalves can remove avian influenza viruses from water and reduce infectivity. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **276**: 3727-3735.

Forró L, Korovchinsky NM, Kotov AA, Petrusek A. 2008. Global diversity of cladocerans (Cladocera; Crustacea) in freshwater. *Hydrobiologia* **595**: 177-184.

Fossi MC, Coppola D, Bainsi M, Giannetti M, Guerranti C, Marsili L, Clò S. 2014.

Large filter feeding marine organisms as indicators of microplastic in the pelagic environment: The case studies of the Mediterranean basking shark (*Cetorhinus maximus*) and fin whale (*Balaenoptera physalus*). *Marine Environmental Research*, **100**: 17-24.

Frenken T, Agha R, Schmeller DA, van West P, Wolinska J. 2019. Biological Concepts for the Control of Aquatic Zoospore Diseases. *Trends in Parasitology* **35**: 571-582.

Géba E, Aubert D, Durand L, Escotte S, La Carbona S, Cazeaux C, Bonnard I, Bastien F, Palos Ladeiro M, Dubey JP, Villena I, Geffard A, Bigot-Clivot A. 2020. Use of the bivalve *Dreissena polymorpha* as a biomonitoring tool to reflect the protozoan load in freshwater bodies. *Water Research* **170**.

Géba E, Rousseau A, Le Guernic A, Escotte-Binet S, Favennec L, La Carbona S, Gargala G, Dubey JP, Villena I, Betoulle S, Aubert D, Bigot-Clivot A. 2021. Survival and infectivity of *Toxoplasma gondii* and *Cryptosporidium parvum* oocysts bioaccumulated by *Dreissena polymorpha*. *Journal of Applied Microbiology* **130**: 504-515.

Goedknecht MA, Welsh JE, Drent J, Thielges DW. 2015. Climate change and parasite transmission: how temperature can decrease parasite infectivity via increased predation on infective stages. *Ecosphere* 6-96.

Gopko M, Mironova E, Pasternak A, Mikheev V, Taskinen J. 2017. Freshwater mussels (*Anodonta anatina*) reduce transmission of a common fish trematode (eye fluke, *Diplostomum pseudospathaceum*). *Parasitology* **144**: 1971-1979.

Gopko M, Mironova E, Pasternak A, Mikheev V, Taskinen J. 2020. Parasite transmission in aquatic ecosystems under temperature change: effects of host activity and elimination of parasite larvae by filter-feeders. *Oikos* **129**: 1531-1540.

Gosling E. 2015. *Marine Bivalve Molluscs: Second Edition*. *Marine Bivalve Molluscs: Second Edition*. Wiley Blackwell 1-524.

Grabner DS. 2017. Hidden diversity: parasites of stream arthropods. *Freshwater Biology* [online] **62**: 52-64.

Graczyk T, Conn D, Marcogliese D, Graczyk H, de Lafontaine Y. 2003. Accumulation of human waterborne parasites by zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) and Asian freshwater clams (*Corbicula fluminea*). *Parasitology Research* **89**: 107-112.

Graczyk TK, Conn DB, Lucy F, Minchin D, Tamang L, Moura LNS, Da Silva A. 2004. Human waterborne parasites in zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) from the Shannon River drainage area, Ireland. *Parasitology Research* **93**: 385-391.

Graczyk TK, Fayer R, Cranfield MR, Conn DB. 1998. Recovery of Waterborne *Cryptosporidium parvum* Oocysts by Freshwater Benthic Clams (*Corbicula fluminea*). *Applied and Environmental Microbiology* **64**: 427-430.

Graczyk TK, Marcogliese DJ, de Lafontaine Y, Da Silva AJ, Mhangami-Ruwende B, Pieniazek NJ. 2001. *Cryptosporidium parvum* oocysts in zebra mussels (*Dreissena polymorpha*): evidence from the St. Lawrence River. *Parasitology Research* **87**: 231-234.

Gu X, Li H, Mao Z, Chen H, Shen R, Zeng Q. 2021. Ecological interaction between cyanobacterial blooms and freshwater fish. *Kexue Tongbao/Chinese Science Bulletin*. Chinese Academy of Sciences.

Guo H, Tang X, Yang S, Shen Z. 2008. Effect of indigenous bacteria on geochemical behavior of arsenic in aquifer sediments from the Hetao Basin, Inner Mongolia: Evidence from sediment incubations. *Applied Geochemistry*, **23**(12): 3267-3277.

Haag WR, Williams JD. 2014. Biodiversity on the brink: an assessment of conservation strategies for North American freshwater mussels. *Hydrobiologia* **735**: 45–60.

Hajisafarali M, Aaltonen S, Pulkkinen K, Taskinen J. 2022 Does the freshwater mussel *Anodonta anatina* remove the fish pathogen *Flavobacterium columnare* from water? *Hydrobiologia* **849**: 1067-1081.

Hamani V, Brenon I, Coulombier T, Huguet JR, Murillo L. 2023. The forgotten ones of ports: The filter feeders at the heart of siltation processes. *Marine Environmental Research* **183**.

Hamann L, Blanke A. 2022. Suspension feeders: diversity, principles of particle separation and biomimetic potential. *Journal of The Royal Society Interface* **19**: 1-17.

Hansen B, Kjornes PK, Hansen PJ. 1994. The size ratio between planktonic predators and their prey. *Limnology and Oceanography* **39**: 395-403.

Horne DJ, Cohen A, Matens K. 2002. Taxonomy, morphology and biology of Quaternary and living ostracoda. In: HOLMES, Jonathan A. a Allan R. CHIVAS, ed. *The*

Ostracoda: Applications in Quaternary Research. Washington, D. C: American Geophysical Union **131**: 5-36.

Chalmers RM, Sturdee AP, Mellors P, Nicholson V, Lawlor F, Kenny F, Timpson P. 1997. *Cryptosporidium parvum* in environmental samples in the Sligo area, Republic of Ireland: a preliminary report. *Letters in Applied Microbiology* **25**: 380-384.

Jeremy Stangroom. 2018. Social Science Statistics. Chi-Square Test Calculator. Available from <https://www.socscistatistics.com/tests/chisquare2/default2.aspx> (accessed March 2023).

Jørgensen CB. 1966. *Biology of suspension feeding*. Oxford, UK: Pergamon Press.

Karvonen A, Savolainen M, Seppala O, Valtonen ET. 2006. Dynamics of *Diplostomum spathaceum* infection in snail hosts at a fish farm. *Parasitology Research* **99**: 341-345.

Kerambrun E, Palos Ladeiro M, Bigot-Clivot A, Dedourge-Geffard O, Dupuis E, Villiena I, Aubert D, Geffard A. 2016. Zebra mussel as a new tool to show evidence of freshwater contamination by waterborne *Toxoplasma gondii*. *Journal of Applied Microbiology* **120**: 498-508.

Kjørboe T. 2011. How zooplankton feed: mechanisms, traits and trade-offs. *Biological Reviews* **86**: 311-339.

Kooijman SALM, 2006. Pseudo-faeces production in bivalves. *Journal of Sea Research* **56**: 103-106

Lawrence J, Topper J, Petelenz-Kurdziel E, Bratbak G, Larsen A, Thompson E, Troedsson CH, Ray JL. 2018. Viruses on the menu: The appendicularian *Oikopleura dioica* efficiently removes viruses from seawater. *Limnology and Oceanography* **63**: 244-253.

Le Guernic A, Geffard A, Rioult D, Bonnard I, Le Foll F, Palos Ladeiro M. 2019. First evidence of cytotoxic effects of human protozoan parasites on zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) haemocytes. *Environmental Microbiology Reports* **11**: 414-418.

Lenton TM, Boyle RA, Poulton SW, Shields-Zhou GA, Butterfield NJ. 2014. Co-evolution of eukaryotes and ocean oxygenation in the Neoproterozoic era. *Nature Geoscience* **7**: 257-265.

Lenz J. 1977. Seston and its main components. In *Microbial ecology of a brackish water environment* (ed. Reinheimer G). Berlin, Germany: Springer 37-60.

Li Z, Tan CM, Tio W, Ang W, Sun DD. 2018. Manta ray gill inspired radially distributed nanofibrous membrane for efficient and continuous oil–water separation. *Environmental Science: Nano* **5**: 1466-1472.



Lucy FE, Graczyk TK, Tamang L, Miraflor A, Minchin D. 2008. Biomonitoring of surface and coastal water for *Cryptosporidium*, *Giardia*, and human-virulent microsporidia using molluscan shellfish. *Parasitology Research* **103**: 1369-1375.

Mallatt J. 1982. Pumping rates and particle retention efficiencies of the larval lamprey, an unusual suspension feeder. *The Biological Bulletin* **163**: 197-210.

Martel A, Spitzen-van der Sluijs A, Blooi M, Bert W, Ducatelle R, Fisher M, Woeltjes A, Bosman W, Chiers K, Bossuyt F, Pasmans F. 2013. *Batrachochytrium salamandrivorans* sp. nov. causes lethal chytridiomycosis in amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **110**: 15325-15329.

McMahon RB. 1991. Mollusca: Bivalvia. In: Thorp JH, Covich AP. Academic Press 315-401.

Melo PC, Teodosio J, Reis J, Duarte A, Costa JC, Fonseca IP. 2006. *Cryptosporidium* spp. in Freshwater Bivalves in Portugal. *The Journal of Eukaryotic Microbiology* **53**: 28-29.

Mezzanotte V, Marazzi F, Bissa M, Pacchioni S, Binelli A, Parolini M, Magni S, Ruggeri FM, De Giuli Morghen C, Zanotto C, Radaelli A. 2016. Removal of enteric viruses and *Escherichia coli* from municipal treated effluent by zebra mussels. *Science of The Total Environment* **539**: 395-400.

Mikheev VN, Pasternak AN, Valtonen E, Taskinen J. 2014. Increased ventilation by fish leads to a higher risk of parasitism. *Parasites & Vectors* **7**: 1-9.

Miller WA, Atwill ER, Gardner IA, Miller MA, Fritz HM, Hedrick RP, Melli AC, Barnes NM, Conrad PA. 2005. Clams (*Corbicula fluminea*) as bioindicators of fecal contamination with *Cryptosporidium* and *Giardia* spp. in freshwater ecosystems in California. *International Journal for Parasitology* **35**: 673-684.

Miller WA, Miller MA, Gardner IA, Atwill ER, Byrne BA, Jang S, Harris M, Ame J, Jessup D, Paradies D, Worcester K, Melli A, Conrad PA. 2006. *Salmonella* spp., *Vibrio* spp., *Clostridium perfringens*, and *Plesiomonas shigelloides* in marine and freshwater invertebrates from coastal California ecosystems. *Microbial Ecology* **52**: 198-206.

Molloy SD, Pietrak MR, Bouchard DA, Bricknell I. 2011. Ingestion of *Lepeophtheirus salmonis* by the blue mussel *Mytilus edulis*. *Aquaculture* **311**: 61-64

Musschoot T, Lalèyè P. 2008. Designation of a neotype for *Synodontis schall* (Bloch and Schneider, 1801) and description of two new species of *Synodontis* (Siluriformes: Mochokidae). *Journal of Natural History* **42**: 1303-1331.

Nepstad R, Strødal IF, Brønner U, Nortung T, Hansen BH. 2015. Modeling filtration of dispersed crude oil droplets by the copepod *Calanus finmarchicus*. *Marine Environmental Research* **105**: 1-7.

O'Dea RE, Lagisz M, Jennions MD, Koricheva J, Noble DWA, Parker TH, Gurevitch J, Page MJ, Stewart G, Moher D, Nakagawa S. 2021. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses in ecology and evolutionary biology: a PRISMA extension. *Biol Rev Camb Philos Soc.* **96**(5): 1695-1722.

Ostroumov SA. 2005. Some aspects of water filtering activity of filter-feeders. *Hydrobiologia* **542**: 275-286.

Riisgård HU, Larsen P. 2010. Particle capture mechanisms in suspension-feeding invertebrates. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **418**: 255-293.

Riisgård HU. 2015. Filter-feeding mechanisms in crustaceans. *Lifestyles and feeding biology. Choice Reviews Online* **53**: 418-463.

Robertson LJ. 2007. The potential for marine bivalve shellfish to act as transmission vehicles for outbreaks of protozoan infections in humans: a review. *International Journal of Food Microbiology* **120**: 201-216.

Rosa M, Ward JE, Frink A, Shumway SE. 2017. Effects of surface properties on particle capture by two species of suspension-feeding bivalve molluscs. *Am. Malacol. Bull.* **35**: 181-188. Rubenstein DI, Koehl MAR. 1977. The Mechanisms of Filter Feeding: Some Theoretical Considerations. *The American Naturalist* **111**: 981-994.

Sánchez MI, Paredes I, Lebouvier M, Green AJ. 2016. Functional role of native and invasive filter-feeders, and the effect of parasites: Learning from hypersaline ecosystems. *PLoS ONE* **11** (e0161478) DOI: 10.1371/journal.pone.0161478.

Selbach C, Mouritsen KN. 2020. Mussel Shutdown: Does the Fear of Trematodes Regulate the Functioning of Filter Feeders in Coastal Ecosystems? *Frontiers in Ecology and Evolution* **8**: 1-7.

Selegan JPW, Kusserow R, Patel R, Heidtke TM, Ram JL. 2001. Using Zebra Mussels to Monitor *Escherichia coli* in Environmental Waters. *Journal of Environmental Quality* **30**: 171-179.

Shimeta J, Koehl MAR. 1997. Mechanisms of particle selection by tentaculate suspension feeders during encounter, retention, and handling. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **209**: 47-73.

Schartau M, Wallhead P, Hemmings J, Loptien U, Kriest I, Krishna S, Ward BA, Slawig T, Oschlies A. 2017. Reviews and syntheses: parameter identification in marine planktonic ecosystem modelling. *Biogeosciences* **14**: 1647-1701.

Schroeder A, Marshall L, Trease B, Becker A, Sanderson LS, 2019. Development of helical, fish-inspired cross-step filter for collecting harmful algae. *Bioinspiration & Biomimetics* **14**(5).

Strohmeier T, Strand T, Alunno-Bruscia M, Duinker A, Cranford PJ. 2012. Variability in particle retention efficiency by the mussel *Mytilus edulis*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **412**: 96-102.

Stumpf P, Failing K, Papp T, Nazir J, Böhm R, Marschang RE. 2010. Accumulation of a low pathogenic avian influenza virus in zebra mussels (*Dreissena polymorpha*). *Avian Diseases* **54**: 1183–1190.

Sutherland K. 2005. *A - Z Of Filtration and Related Separations*. Elsevier, Spojené státy.

Sylvester F, Dorado J, Boltovskoy D, Juárez Á, Cataldo D. 2005. Filtration rates of the invasive pest bivalve *Limnoperna fortunei* as a function of Size and Temperature. *Hydrobiologia* **534**: 71-80.

Thayer CW. 1986. Are brachiopods better than bivalves? Mechanisms of turbidity tolerance and their interaction with feeding in articulates. *Paleobiology* **12**: 161-174.

Thorp JH, Covich AP. 2010. *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. Elsevier.

Torrey EF, Yolken RH. 2003. *Toxoplasma gondii* and Schizophrenia. *Emerging Infectious Diseases* **9**: 1375-1380.

Vaughn CC. 2018. Ecosystem services provided by freshwater mussels. *Hydrobiologia* **810**: 15-27.

Vordtriede S. 2021. *Insects*. Salem Press Encyclopedia of Science. **2**: 1-7.

Votýpka J. 2019. Svět podle parazita. *Živa* **5**: 264-266

Wainwright KA, Miller MA, Barr BC, Gardner IA, Melli AC, Essert T, Packham AE, Truong T, Lagunas-Solar M, Conrad PA. 2007. Chemical inactivation of *toxoplasma gondii* oocyst in water. *Journal of Parasitology* **93**: 925-931.

Wallace RL, Uyhelji (Smith) HA. 2016. *Rotifera*. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. Elsevier 689-703.

Wang N, Ye Z, Huang L, Zhang C, Guo Y, Zhang W. 2023 Arsenic Occurrence and Cycling in the Aquatic Environment: A Comparison between Freshwater and Seawater. *Water* **15**(1): 147.

Ward EJ, Shumway SE. 2004. Separating the grain from the chaff: particle selection in suspension- and deposit-feeding bivalves. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **300**: 83-130.

Whalen MA, Stachowicz JJ. 2017. Suspension feeder diversity enhances community filtration rates in different flow environments. *Marine Ecology Progress Series* **570**: 1-13.

Winkel AHT, Davids C. 1982. Food selection by *Dreissena polymorpha* Pallas (Mollusca: Bivalvia). *Freshwater Biology* **12**: 553-558.

Winkelmann C, Koop JHE. 2006. The management of metabolic energy storage during the life cycle of mayflies: a comparative field investigation of the collector-gatherer *Ephemera danica* and the scraper *Rhithrogena semicolorata*. *Journal of Comparative Physiology B* **177**: 119-128.

Yee DA, Kaufman MG. 2019. Suspension and Filter Feeding in Aquatic Insects. In: Krenn, H. (eds) *Insect Mouthparts*. *Zoological Monographs*. Springer, Cham **5**: 101-125

Zou E. 2019. Aquatic invertebrate endocrine disruption. In: *Encyclopedia of Animal Behavior*. Elsevier 470-482.

## 9 Seznam obrázků

- Obrázek 1:) Je zde zobrazena geometrie separačního média (žlutá) a stěny (šedé) ukazují, zda je separační médium uzavřené nebo otevřené: označuje šedá barva a ploché nebo nálevkovité: žlutá barva (Hamann & Blake 2022). ..... - 4 -
- Obrázek 2: Přehled vybraných filtrátorů se zaměřením na funkční aspekty. Barevné čtverečky označují charakteristiky biologických parametrů pro každou skupinu: dle místa výskytu: vínová – mořské organismy, oranžová – sladkovodní a světle šedá – suchozemští, dle typu získávání potravy: světle zelená – aktivní, tmavě zelená – pasivní, dle pohyblivosti filtrátora: žlutá – pohyblivý, hnědá – přisedlý, vodní život: modrá – pelagický, tmavě šedá – bentický (upraveno podle Hamann & Blake 2022) ..... - 6 -
- Obrázek 3 - Každý rámeček označuje rozsah velikosti organismu a velikosti potravinových částic. Barvy jsou použity pouze z vizuálních důvodů. Příklady sestonových částic jsou uvedeny pod osou x a jsou porovnány s typickými velikostmi částic, které se vyskytují při čištění odpadních vod a mikroplastech (Hamann & Blake 2022). ..... - 7 -
- Obrázek 4 – Státy provedených výzkumů na filtrátory. .... - 16 -

## 10 Seznam grafů

Graf 1 – Počet studií na filtrující skupiny organismů zjištěných z výsledků systematické rešerše. ....	- 12 -
Graf 2 - Množství nalezených zástupců filtrátorů za každou skupinu.....	- 13 -
Graf 3- Počet nalezených studií na sladkovodního filtrátora u prací, které byly výsledkem systematického hledání. ....	- 13 -
Graf 4 - Účinnost filtrátorů k odstraňování parazitů z vody. Ano – organismus odstraňuje parazity z vody, ne – organismus je neodstraňuje. ....	- 14 -
Graf 5 - Způsob zjištění, zda filtrátor odstraňuje parazity z vody. První způsob, úbytkem parazita ve vodě. Druhý způsob, pitvou daného filtrátora použitého ve výzkumu. ....	- 14 -
Graf 6 – V této bakalářské práci byly používány dva typy studie, a to výzkum a rešerše. Převažoval zde výzkum a to o 11 studií. ....	- 15 -
Graf 7 – Objevily se zde tři typy výzkumů – terén, laboratoř a mezokosmos, který obsahuje jak terén, tak laboratoř. ....	- 15 -

## 11 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Fisherův exaktní test..... - 17 -

## 12 Příloha

V tabulce jsou zobrazeny vyhovující studie týkající se vlivu filtrátorů na parazity, vybrány byly tři sloupce databázové tabulky.

Autoři	Název	Rok publikace
Arostegui MC, Wood ChL, Jones IJ, Chamberlin AJ, Jouanard N, Faye DS, Kuris Am, Riveau G, De Leo GA, Sokolow SH.	Potential Biological Control of Schistosomiasis by Fishes in the Lower Senegal River Basin	2019
Ayres PA, Burton HW, Cullum ML.	Sewage pollution and shellfish. In: Lovelock DW, Davies R (eds) Techniques for the study of mixed populations. Society for Applied Bacteriology Technical Series. Academic Press	1978
Azam F, Fenchel T, Field JG, Gray JS, Meyer-Reil LA, Thingstad F	The Ecological Role of Water-Column Microbes in the Sea	1983
Běčáková M.	Biologie a ekologie chrostíků (Trichoptera) České republiky	2012
Benenson MW, Takafuji ET, Lemon SM, Greenup RL, Sulzer AJ	Oocyst-Transmitted Toxoplasmosis Associated with Ingestion of Contaminated Water	1982
Ben-Horin T, Bidegain G, Huey L, Narvaez DA, Bushek D.	Parasite transmission through suspension feeding	2015
Beninger PG, Veniot A, Poussart Y.	Principles of pseudofeces rejection on the bivalve mantle: integration in particle processing	1999
Bidegain G, Powell EN, Klinck JM, Ben-Horin T, Hofmann, EE.	Microparasitic disease dynamics in benthic suspension feeders: Infective dose, non-focal hosts, and particle diffusion	2016
Bochdansky AB, Deibel D.	Measurement of in situ clearance rates of <i>Oikopleura vanhoeffeni</i> (Appendicularia: Tunicata) from tail beat frequency, time spent feeding and individual body size	1999
	Global diversity of freshwater mussels (Mollusca, Bivalvia) in freshwater. In: Balian, E.V., Lévêque, C., Segers, H., Martens, K. (eds) Freshwater Animal	



Bogan, AE.	Diversity Assessment. Developments in Hydrobiology,	2007
Burge CA, Closek CJ, Friedman CS, Groner ML, Jenkins CM, Shore-Maggio A, Welsh JE	The Use of Filter-feeders to Manage Disease in a Changing World	2016
Cameron ChB.	Particle Retention and Flow in the Pharynx of the Enteropneust Worm <i>Harrimania planktophilus</i> : The Filter-Feeding Pharynx May Have Evolved Before the Chordates.	2002
Chalmers RM, Sturdee AP, Mellors P, Nicholson V, Lawlor F, Kenny F, Timpson P.	<i>Cryptosporidium parvum</i> in environmental samples in the Sligo area, Republic of Ireland: a preliminary report	1997
Coma R, Ribes M, Gili JM, Hughes RN.	The ultimate opportunists: consumers of seston	2001
Conley KR, Gemmell BJ, Bouquet JM, Thompson EM, Sutherland KR	A self-cleaning biological filter: how appendicularians mechanically control particle adhesion and removal.	2018
Dame RF, Olenin S.	The Roles of Suspension-Feeders in Ecosystems: Synthesis and Conclusions	2005
Deknock A, Pasmans F, van Leewenberg R, Van Praet S, Lens L, Croubels S, Martel A, Goethals P.	Alternative food sources interfere with removal of a fungal amphibian pathogen by zooplankton	2021
Divi RV, Strother JA, Paig-Tran EWM.	Manta rays feed using ricochet separation, a novel nonclogging filtration mechanism.	2018
Faust Ch, Stallknecht D, Swayne D, Brown J.	Filter-feeding bivalves can remove avian influenza viruses from water and reduce infectivity	2009
Forró L, Korovchinsky NM, Kotov AA, Petrussek A.	Global diversity of cladocerans (Cladocera; Crustacea) in freshwater	2008
Frenken T, Agha R, Schmeller DA, van West P, Wolinska J.	Biological Concepts for the Control of Aquatic Zoosporic Diseases	2019
Géba E, Aubert D, Durand L, Escotte S, La Carbona S, Cazeaux C, Bonnard I, Bastien F, Palos Ladeiro M, Dubey JP, Villena I, Geffard A, Bigot-Clivot A.	Use of the bivalve <i>Dreissena polymorpha</i> as a biomonitoring tool to reflect the protozoan load in freshwater bodies	2020

Géba E, Rousseau A, Le Guernic A, Escotte-Binet S, Favennec L, La Carbona S, Gargala G, Dubey JP, Villena I, Betoulle S, Aubert D, Bigor-Clivot A.	Survival and infectivity of <i>Toxoplasma gondii</i> and <i>Cryptosporidium parvum</i> oocysts bioaccumulated by <i>Dreissena polymorpha</i>	2021
Goedknecht MA, Welsh JE, Drent J, Thielges DW	Climate change and parasite transmission: how temperature can decrease parasite infectivity via increased predation on infective stages.	2015
Gopko M, Mironova E, Pasternak A, Mikheev V, Taskinen J.	Parasite transmission in aquatic ecosystems under temperature change: effects of host activity and elimination of parasite larvae by filter-feeders	2020
Gopko M, Mironova E, Pasternak A, Mikheev V, Taskinen J.	Freshwater mussels ( <i>Anodonta anatina</i> ) reduce transmission of a common fish trematode (eye fluke, <i>Diplostomum pseudospathaceum</i> )	2017
Gosling E.	<i>Marine Bivalve Molluscs: Second Edition. Marine Bivalve Molluscs: Second Edition.</i>	2015
Grabner DS.	Hidden diversity: parasites of stream arthropods	2017
Graczyk T, Conn D, Marcogliese D, Graczyk H, de Lafontaine Y.	Accumulation of human waterborne parasites by zebra mussels ( <i>Dreissena polymorpha</i> ) and Asian freshwater clams ( <i>Corbicula fluminea</i> )	2003
Graczyk TK, Fayer R, Cranfield MR, Conn DB.	Recovery of Waterborne <i>Cryptosporidium parvum</i> Oocysts by Freshwater Benthic Clams ( <i>Corbicula fluminea</i> )	1998
Graczyk TK, Marcogliese DJ, de Lafontaine Y, Da Silva AJ, Mhangami-Ruwende B, Pieniazek NJ	<i>Cryptosporidium parvum</i> oocysts in zebra mussels ( <i>Dreissena polymorpha</i> ): evidence from the St. Lawrence River	2001
Haag WR, Williams JD	Biodiversity on the brink: an assessment of conservation strategies for North American freshwater mussels.	2014
Hajisafarali M, Aaltonen S, Pulkkinen K, Taskinen J.	Does the freshwater mussel <i>Anodonta anatina</i> remove the fish pathogen	2022

Hamann L, Blanke A.	Suspension feeders: diversity, principles of particle separation and biomimetic potential	2022
Hansen B, Kjornes PK, Hansen PJ	The size ratio between planktonic predators and their prey	1994
Horne DJ, Cohen A, Matens K.	Taxonomy, morphology and biology of Quaternary and living ostracoda	2002
Jørgensen CB.	<i>Biology of suspension feeding</i> . Oxford, UK: Pergamon Press	1966
JPW Selegan,R. Kusserow,R. Patel,TM Heidtke,JL Ram	Using Zebra Mussels to Monitor Escherichia coli in Environmental Waters	2001
Karvonen A, Savolainen M, Seppala O, Valtonen ET.	Dynamics of Diplostomum spathaceum infection in snail hosts at a fish farm	2006
Kerambrun E, Palos Ladeiro M, Bigot-Clivot A, Dedourge-Geffard O, Dupuis E, Villiena I, Aubert D, Geffard A.	Zebra mussel as a new tool to show evidence of freshwater contamination by waterborne Toxoplasma gondii	2016
Kiørboe T.	How zooplankton feed: mechanisms, traits and trade-offs	2011
Lawrence J, Topper J, Petelenz-Kurdziel E, Bratbak G, Larsen A, Thompson E, Troedsson CH, Ray JL.	Viruses on the menu: The appendicularian Oikopleura dioica efficiently removes viruses from seawater	2018
Le Guernic A, Geffard A, Rioult D, Bonnard I, Le Foll F, Palos Ladeiro M.	First evidence of cytotoxic effects of human protozoan parasites on zebra mussel (Dreissena polymorpha) haemocytes	2019
Lenton TM, Boyle RA, Poulton SW, Shields-Zhou GA, Butterfield NJ.	Co-evolution of eukaryotes and ocean oxygenation in the Neoproterozoic era	2014
Lenz J.	Seston and its main components. In Microbial ecology of a brackish water environment (ed. Reinheimer G). Berlin, Germany: Springer	1977
Li Z, Tan CM, Tio W, Ang W, Sun DD.	Manta ray gill inspired radially distributed nanofibrous membrane for efficient and continuous oil-water separation	2018
Lucy FE, Graczyk TK, Tamang L, Miraflor A, Minchin D.	Biomonitoring of surface and coastal water for Cryptosporidium, Giardia, and	2008

	human-virulent microsporidia using molluscan shellfish	
Mallatt J.	Pumping rates and particle retention efficiencies of the larval lamprey, an unusual suspension feeder	1982
Martel A, Spitzen-van der Sluijs A, Blooi M, Bert W, Ducatelle R, Fisher M, Woeltjes A, Bosman W, Chiers K, Bossuyt F, Pasmans F.	<i>Batrachochytrium salamandrivorans</i> sp. nov. causes lethal chytridiomycosis in amphibians	2013
McMahon RB.	Mollusca: Bivalvia. In: Thorp JH, Covich AP.	1991
Melo PC, Teodosio J, Reis J, Duarte A, Costa JC, Fonseca IP.	<i>Cryptosporidium</i> spp. in Freshwater Bivalves in Portugal	2006
Mezzanotte V, Marazzi F, Bissa M, Pacchioni S, Binelli A, Parolini M, Magni S, Ruggeri FM, De Giuli Morghen C, Zanotto C, Radaelli A.	Removal of enteric viruses and <i>Escherichia coli</i> from municipal treated effluent by zebra mussels	2016
Mikheev VN, Pasternak AN, Valtonen E, Taskinen J.	Increased ventilation by fish leads to a higher risk of parasitism	2014
Miller WA, Miller MA, Gardner IA, Atwill ER, Byrne BA, Jang S, Harris M, Ame J, Jessup D, Paradies D, Worcester K, Melli A, Conrad PA.	Clams ( <i>Corbicula fluminea</i> ) as bioindicators of fecal contamination with <i>Cryptosporidium</i> and <i>Giardia</i> spp. in freshwater ecosystems in California	2006
Miller WA, Miller MA, Gardner IA, Atwill ER, Byrne BA, Jang S, Harris M, Ame J, Jessup D, Paradies D, Worcester K, Melli A, Conrad PA	<i>Salmonella</i> spp., <i>Vibrio</i> spp., <i>Clostridium perfringens</i> , and <i>Plesiomonas shigelloides</i> in marine and freshwater invertebrates from coastal California ecosystems. <i>Microbial Ecology</i>	2006
Molloy SD, Pietrak MR, Bouchard DA, Bricknell I.	Ingestion of <i>Lepeophtheirus salmonis</i> by the blue mussel <i>Mytilus edulis</i> . <i>Aquaculture</i>	2011
Musschoot T, Lalèyè P.	Designation of a neotype for <i>Synodontis schall</i> (Bloch and Schneider, 1801) and description of two new species of	2008

	Synodontis (Siluriformes: Mochokidae).	
Nepstad R, Strødal IF, Brønner U, Nortung T, Hansen BH.	Modeling filtration of dispersed crude oil droplets by the copepod <i>Calanus finmarchicus</i> . <i>Marine Environmental Research</i>	2015
Ostroumov SA.	Some aspects of water filtering activity of filter-feeders.	2005
Riisgård H, Larsen P.	Particle capture mechanisms in suspension-feeding invertebrates. <i>Mar. Ecol. Prog. Ser</i>	2010
Riisgård HU.	Filter-feeding mechanisms in crustaceans. Lifestyles and feeding biology. <i>Choice Reviews Online</i>	2015
Robertson LJ.	The potential for marine bivalve shellfish to act as transmission vehicles for outbreaks of protozoan infections in humans: a review. <i>International Journal of Food Microbiology</i>	2007
Rosa M, Ward JE, Frink A, Shumway SE.	Effects of surface properties on particle capture by two species of suspension-feeding bivalve molluscs. <i>Am. Malacol. Bull</i>	2017
Rubenstein DI, Koehl MAR	The Mechanisms of Filter Feeding: Some Theoretical Considerations	1977
Sánchez MI, Paredes I, Lebouvier M, Green AJ.	Functional role of native and invasive filter-feeders, and the effect of parasites: Learning from hypersaline ecosystems	2016
Schartau M, Wallhead P, Hemmings J, Loptien U, Kriest I, Krishna S, Ward BA, Slawig T, Oschlies A.	Reviews and syntheses: parameter identification in marine planktonic ecosystem modellin	2017
Schroeder A, Marshall L, Trease B, Becker A, Sanderson LS,	Development of helical, fish-inspired cross-step filter for collecting harmful algae. <i>Bioinspiration &amp; Biomimetics</i>	2019
Selbach C, Mouritsen KN.	Mussel Shutdown: Does the Fear of Trematodes Regulate the Functioning of Filter Feeders in Coastal Ecosystems? <i>Frontiers in Ecology and Evolution</i>	2020
Shimeta J, Koehl MAR.	Mechanisms of particle selection by tentaculate suspension feeders during encounter, retention, and handling	1997

Sutherland K.	A - Z Of Filtration And Related Separations	2005
Sylvester F, Dorado J, Boltovskoy D, Juárez Á, Cataldo D.	Filtration rates of the invasive pest bivalve <i>Limnoperna fortunei</i> as a function of Size and Temperature	2005
Thayer CW.	Are brachiopods better than bivalves? Mechanisms of turbidity tolerance and their interaction with feeding in articulates.	1986
Thorp JH, Covich AP.	Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates	2010
Torrey EF, Yolken RH.	<i>Toxoplasma gondii</i> and Schizoporenia	2003
Vaughn CC.	Ecosystem services provided by freshwater mussels. <i>Hydrobiologi</i>	2018
Vordtriede S.	Insects	2021
Wainwright KA, Miller MA, Barr BC, Gardner IA, Melli AC, Essert T, Packham AE, Truong T, Lagunas-Solar M, Conrad PA.	Chemická inaktivace ocyst <i>Toxoplasma gondii</i> ve vodě	2007
Wallace RL, Uyhelji (Smith)	Rotifera. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. Elsevier	2016
Ward EJ, Shumway SE.	Separating the grain from the chaff: particle selection in suspension- and deposit-feeding bivalves	2004
Whalen MA, Stachowicz JJ.	Suspension feeder diversity enhances community filtration rates in different flow environments. <i>Marine Ecology Progress Series</i>	2017
Winkel AHT, Davids C.	Food selection by <i>Dreissena polymorpha</i> Pallas (Mollusca: Bivalvia).	1982
Winkelmann C. Koop JHE.	The management of metabolic energy storage during the life cycle of mayflies: a comparative field investigation of the collector-gatherer <i>Ephemera danica</i> and the scraper <i>Rhythrogena semicolorata</i>	2006
Yee DA, Kaufman MG.	Suspension and Filter Feeding in Aquatic Insects. In: Krenn, H. (eds) Insect Mouthparts. Zoological Monographs, vol 5. Springer, Cham	2019

Zou E.	Aquatic invertebrate endocrine disruption. In: <i>Encyclopedia of Animal Behavior</i> . Elsevier	2019
--------	--	------