

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA
V PRAZE**

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA EKOLOGIE



**MAKROZOOBENTOS BIOTOPOVÉ
ČISTÍCÍ NÁDRŽE RADOTÍN**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

VEDOUCÍ PRÁCE:

BAKALANT:

MGR.MICHAL BÍLÝ, PH.D

MICHAL ŠEVČÍK

2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Michal Ševčík

Krajinářství
Vodní hospodářství

Název práce

Makrozoobentos biotopové čistící nádrže Radotín

Název anglicky

Macroinvertebrates of the biological pond Radotín

Cíle práce

Provést průzkum složení a sezónního vývoje společenstva makrozoobentosu v čistící nádrži biotopového koupaliště Radotín.

Metodika

- 1) Provedení odběru semikvantitativních vzorků během vegetační sezóny 2020.
 - Odběry budou provedeny pomocí odsávacího zařízení používaného v dané nádrži k průběžnému odstraňování sedimentů
 - Odběry budou realizovány ze 2 profilů nádrže, v intervalech 14 dnů od května do září 2020.
- 2) Determinace hlavních taxonů makrozoobentosu.
- 3) Kvantifikace jednotlivých taxonů ve vzorcích.
- 4) Vyhodnocení sezónního trendu změn složení společenstva makrozoobentosu.
- 5) Fotodokumentace hlavních zástupců makrozoobentosu této nádrže, jako podklad pro informační leták o oživení biotopového koupaliště.

-provedení odběrů vzorků od června do září 2020 v intervalu 14 dnů.

- vyhodnocení kvalitativního složení fauny a její semikvantitativity během letní sezóny

Doporučený rozsah práce

30 stran

Klíčová slova

makrozoobentos, biotopová čistící nádrž

Doporučené zdroje informací

HARTMAN, P. – PŘÍKRYL, I. – ŠTĚDRONSKÝ, E. *Hydrobiologie*. Praha: Informatorium, 2005. ISBN 80-7333-046-6.

LELLÁK, J. – KUBÍČEK, F. *Hydrobiologie*. Praha: Univerzita Karlova, 1992. ISBN 80-7066-530-0.



Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FŽP

Vedoucí práce

Mgr. Michal Bílý, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Konzultant

Ing. Jakub Burket

Elektronicky schváleno dne 12. 3. 2021

prof. Mgr. Bohumil Mandák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 12. 3. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 12. 03. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Makrozoobentos biotopové čistící nádrže Radotín“ vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne:

Podpis autora:

Poděkování

Tímto bych chtěl především poděkovat svému vedoucímu práce Mgr. Michalu Bílému, Ph.D. za osobní přístup a pečlivé vedení práce i za ztížených podmínek, způsobených epidemií covid – 19. Dále bych chtěl také poděkovat Ing. Janě Soukupové, Ph.D. a Ing. Pavlu Radovi za pomoc při odebírání vzorků a Ing. Jakubu Burketovi za rady a poskytnuté zdroje. Mgr. Filipu Harabišovi, Ph.D. a RNDr. Jitce Horáčkové, Ph.D. bych chtěl poděkovat za pomoc při určování živočichů. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům za podporu během celého studia.

Abstrakt:

Tato bakalářská práce je jednou ze tří prací, které se zabývají živými organismy přírodního koupaliště Biotop Radotín. Jejím cílem je popsání složení společenstva makrozoobentosu žijícího v čisticí nádrži koupaliště a vyhodnocení jeho semikvantitativních změn v průběhu hlavní koupací sezóny roku 2020. Makrozoobentos byl vzorkován ve dvou odběrových profilech, devětkrát, v časových odstupech čtrnácti dnů. Organismy byly rozřazeny do hlavních taxonomických skupin, z nichž část byla determinována do úrovně druhu. Biocenóza nádrže vykazovala značnou diverzitu a odpovídala společenstvům žijícím ve stojatých vodách, které jsou hustě zarostlé vegetací. Nejhojněji zastoupeným organismem byl *Asellus aquaticus*. Dalšími početnými skupinami byly larvy pakomárů (*Chironomidae*), plži (Gastropoda), larvy vážek (Odonata), ploštěnky (Turbellaria) a pijavice (Hirudinea). Složení makrozoobentosu se mezi oběma profily navzájem lišilo, což poukazuje na horizontální heterogenitu čisticí nádrže.

Klíčová slova: bentos, přírodní koupaliště, Biotop Radotín

Abstract:

This Bachelor thesis is one of three theses regarding living organisms of the Biotop Radotín natural swimming pool. The main goal of this thesis is to describe structure of macrozoobenthic community living in the cleaning reservoir of this pool and the evaluation of its semiquantitative changes during the main bathing season of 2020. The cleaning reservoir was sampled in two profiles, nine times with intervals of fourteen days. The sampled organisms were identified and sorted into taxonomical groups, some of them were identified down to the level of the species. The biocenosis of the cleaning reservoir showed a wide species diversity and corresponded with the communities of organisms, living in still-water bodies with abundance of vegetation. The most frequent organism from the samples was *Asellus aquaticus*. Other abundant groups of organisms, that live in the cleaning reservoir are Chironomidae larvae, Gastropoda, Odonata larvae, Turbellaria and Hirudinea. The structure of macrozoobenthos varied between the two profiles, which shows horizontal heterogeneity of the cleaning reservoir.

Key words: macroinvertebrates, natural swimming pond, Biotop Radotín

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíle práce.....	2
3	Literární rešerše	3
3.1	Historie přírodních koupališť	3
3.2	Přírodní koupaliště	4
3.3	Biotop Radotín.....	4
3.4	Bentos.....	6
3.5	Význam makrozoobentosu ve stojatých vodách.....	8
3.6	Hlavní skupiny makrozoobentosu stojatých vod.....	9
3.6.1	Ploštěnky (Turbellaria)	9
3.6.2	Máloštětinatci (Oligochaeta)	10
3.6.3	Pijavice (Hirudinea)	10
3.6.4	Stejnonožci (Isopoda).....	12
3.6.5	Jepice (Ephemeroptera).....	13
3.6.6	Vážky (Odonata).....	14
3.6.7	Ploštice (Heteroptera).....	16
3.6.8	Brouci (Coleoptera).....	17
3.6.9	Chrostíci (Trichoptera)	18
3.6.10	Pakomárovití (Chironomidae),.....	19
3.6.11	Měkkýši (Mollusca)	21
3.7	Saprobita vody.....	22
4	Metodika	25
4.1	Zájmové území.....	25
4.2	Terénní část	26
4.3	Laboratorní část.....	28
4.4	Zpracování a vyhodnocení dat.....	29
5	Výsledky	30
5.1	Kvalitativní vyhodnocení makrozoobentické fauny a její semikvantita	30
5.2	Porovnání výskytu temporální a permanentní fauny.....	39
6	Diskuse	41
7	Závěr a přínos práce.....	45

8	Přehled literatury a použitých zdrojů	46
9	Přílohy	I
9.1	Příloha č. 1 – Lokace jednotlivých odběrů	I
9.2	Příloha č. 2 – Přehled taxonů a počtů odebraných jedinců makrozoobentosu z čistící nádrže Biotopu Radotín v roce 2020	IV
9.3	Příloha č. 3 – Fotodokumentace hlavních zástupců makrozoobentosu čistící nádrže, léto 2020.....	V
9.4	Příloha č. 4 – Graf teploty vody čistící nádrže v průběhu sledovaného období	XIII
9.5	Příloha č. 5 – Hodnoty chemismu vody čistící nádrže	XIV
9.6	Příloha č. 6 – Hodnoty chlorofylu ve vodě čistící nádrže.....	XV

1 Úvod

Přírodních koupališť se na našem území začíná objevovat stále více. Tato, lidově označovaná biotopová koupaliště, jsou legislativou ČR známá jako nádrže ke koupání, vybavená systémem přírodního způsobu čištění vody (Vyhláška č. 238/2011 Sb.). Ve většině případů má přírodní koupaliště dvě části – koupací a čistící, ty jsou vzájemně propojeny uzavřeným cirkulačním okruhem. Koupací část slouží k rekreaci návštěvníků a čistící k úpravě kvality vody. Stále rostoucí obliba tohoto typu koupališť je dána právě způsobem úpravy vody, při kterém není používáno žádných chemických látek. Přírodní koupaliště jsou čištěna pouze díky biologickým, fyzikálním a chemicko-fyzikálním samočisticím procesům. Cílem není dosažení „sterilní“ kvality vody, ale vytvoření funkčního ekosystému, který je schopen odstranit znečištění a zátěž způsobenou koupajícími se osobami (Šimečková 2008). Díky tomu vznikají v čistících neboli biologických částech unikátní, člověkem vytvořená stanoviště. Čistící nádrže mají podobný charakter jako přírodní mokřady nebo mělké rybníčky, zarostlé vodním rostlinstvem, proto v nich a v jejich blízkém okolí můžeme pozorovat množství druhů, které jsou na tato stanoviště přirozeně vázány.

Přírodní koupaliště byla doposud zkoumána zejména z hlediska čistoty vody a jejího chemismu. Tomuto tématu se věnuje například diplomová práce pod názvem „Biotopové koupaliště Radotín – vliv čištění na kvalitu vody“ (Burket 2019) nebo bakalářská práce „Vliv návštěvnosti na kvalitu vod ve veřejném koupališti biotopového typu“ (Dragoun 2016). Tato práce se zaměřuje na organismy makrozoobentosu. Je obecně uznáváno, že makrozoobentos je nejvhodnějším a nejspolehlivějším indikátorem stavu vodního prostředí. Zejména v zemích Evropské unie je v rámci implementace Rámcové směrnice o vodách (2000) definován makrozoobentos jako jedna z biologických skupin nezbytných pro hodnocení ekologické kvality vody (Kondrateva 2019). Popsání zoobentické fauny může tedy sloužit k získání nových poznatků o kvalitě vody v koupališti a o funkčnosti celého čistícího systému.

2 Cíle práce

Tato práce je zaměřena na popsání společenstva makrozoobentické fauny čistící nádrže přírodního koupaliště v Radotíně během hlavní koupací sezóny roku 2020. Cílem je vyhodnocení kvalitativního složení makrozoobentické fauny a její semikvantity během letní sezóny. Součástí práce je také literární rešerše, která má za úkol seznámit čtenáře s historií a fungováním přírodních koupališť a také přiblížit základní skupiny zoobentických organismů, které se pravděpodobně v čistící nádrži mohou vyskytovat. Tato práce je jednou ze tří prací, které se zabývají popsáním organismů, vyskytujících se v čistící nádrži přírodního koupaliště Biotop Radotín. Zbylé dvě práce (Barychar 2021; Maxa 2021) se soustředí na zooplankton, fytoplankton i další řasy a abiotické faktory v nádrži.

3 Literární rešerše

3.1 Historie přírodních koupališť

O prvním veřejném koupání spolu s výstavbou účelových zařízení (např. šatny, mola atd.) nalezneme zmínky na počátku 19. století, kdy se začaly objevovat první říční plovárny. Ve 30. letech minulého století začaly vznikat u ozdravných zařízení první nádrže určené ke koupání a také první městská koupaliště. V 60. letech se koupaliště hojně stavěla v menších městech a obcích (Šimečková 2008). Lidé se také stále koupali v přírodních vodách. Jejich kvalita, ale díky zhoršení životního prostředí zemědělstvím, průmyslem a odpadovým hospodářstvím, klesla. Obliba uměle vytvořených koupališť proto stále stoupala a s přibývajícimi poznatky o hygieně byla voda v nich stále více chemicky upravována. Díky tomu se u mnoha návštěvníků začaly projevovat alergické reakce, podráždění kůže a jiné zdravotní problémy (Šimečková 2008). V posledních letech proto začala vznikat koupaliště přírodní.

Obliba přírodních koupališť, nejen v naší republice, je v poslední době stále vyšší. Dle Blancha a Casanovase-Messana (2013) vzniklo první veřejné, přírodně čištěné koupaliště v Rakousku v 80. letech 20. století. Koupaliště bylo vybudováno pod vedením Richarda Weixlera. Tato koupaliště se následně začala objevovat i v dalších zemích a k roku 2010 se jich ve střední Evropě nacházelo více než 20 000, z čehož přes sto jich bylo otevřeno veřejnosti (Littlewood, 2005). V České republice bylo první koupaliště tohoto typu postaveno v roce 2007 v Kovalovicích u Brna (Krutilek 2019). V současnosti se takovýchto areálů na našem území nachází přes dvacet a je pravděpodobné, že jejich počet bude narůstat (Krutilek 2019).

Díky tomu, že se jedná o poměrně nový fenomén, není ještě k biotopovým koupalištím plně vytvořena metodika jejich výstavby, údržby a jejich provozování. Jak již bylo zmíněno, přírodní koupaliště se v Evropě nejprve začala objevovat v Německu a v Rakousku. Z těchto zemí také pochází nejvíce literatury, která se dané problematice věnuje. Jsou jí například publikace vydané již zmiňovaným Richardem Weixlerem, například kniha *Garten und Schwimmteiche* (2008) a další, nebo literatura od Markuse Kumpfmüllera, který vydal například *Wege zur Natur im Garten* (2008). V roce 2009 byla v Německu založena mezinárodní organizace, spojující menší

organizace a firmy, které se touto problematikou zabývají. Její název je International Organization for natural bathing waters, zkráceně IOB (iob-ev.com). Cíle IOB jsou propagace a rozšiřování koupališť s biologickým čištěním. Dále jsou také pořádány konference a semináře, na kterých dochází k předávání zkušeností v daném oboru (iob-ev.com). Jedním ze zakládajících členů této organizace je i česká organizace Asociace biobazénů a jezírek, která vznikla při profesním sdružení Svazu zakládání a údržby zeleně v roce 2008. Její členové jako první vypracovali standardy pro výstavbu přírodně čištěných koupacích jezírek v českém jazyce, které slouží mimo jiné i pro výstavbu přírodně čištěných veřejných koupališť (jezirka-biobazeny.cz).

3.2 Přírodní koupaliště

Hlavní rozdíl mezi klasickým bazénem a přírodním koupalištěm, někdy také nazývaným **biotopovým koupalištěm**, spočívá ve způsobu úpravy vody. V biotopových koupalištích je voda upravována díky biologickým, fyzikálním a chemicko-fyzikálním samočisticím procesům, a to bez použití přidaných chemických látek. Díky těmto procesům je z vody odstraněno znečištění, které způsobují koupající se osoby. V případě, že všechny procesy v přírodním koupališti fungují jak mají, je kvalita vody velmi vysoká a u návštěvníků nedochází ke zdravotním komplikacím (Šimečková 2008).

Dle Šimečkové (2008) lze přírodní koupaliště dělit na jednokomorové a dvoukomorové. U dvoukomorových je koupaliště rozděleno na dvě nádrže, a to na koupací a čistící. Koupací nádrž a její okolí slouží veřejnosti, zatímco do čistící jsou umístěny rostliny. Voda je pomocí čerpadel přečerpávána z koupací nádrže do čistící, odkud pokračuje zpět do koupací nádrže gravitačně. Jednokomorový systém je méně výhodný a odstraňování nežádoucích látek v nádrži je složitější. Čistící část nádrže musí být schopná rychleji se adaptovat na změnu kvality vody, danou proměnlivým počtem návštěvníků (Šimečková 2008).

3.3 Biotop Radotín

Biotop Radotín je název přírodně čištěného koupaliště, které se nachází v jihovýchodní části Radotína (městská část Praha 16) nedaleko řeky Berounky. Původním využitím pozemku, na kterém se dnes koupaliště nachází, byla čistírna odpadních vod. Dále se pak v areálu nacházelo zázemí městských technických služeb.

V roce 2002 byl pozemek zasažen povodní a následně bylo přesunuto zázemí technických služeb. Bývalé budovy ČOV byly poté obývány lidmi bez domova. V roce 2008 bylo rozhodnuto o vybudování koupaliště. Původní nápad na jeho stavbu pocházel od zahradního architekta a obyvatele Radotína Jana Schlitze, který byl osloven městskou částí k návrhu parkových úprav v této lokalitě. Starosta a místní zastupitelé se inspirovali v již funkčních, přírodních koupalištích v Kovalovicích a v Banticích na Moravě. V roce 2014 byl Biotop Radotín otevřen veřejnosti (biotopradotin.cz).

Biotop Radotín je dvoukomorové koupaliště s koupací a čistící nádrží. Koupací nádrž má tvar nepravidelného oválu, který by se dal přirovnat k ledvině. Jeho velikost je přibližně 62 x 75 m, s plochou hladiny 3161 m² a objemem 4650 m³. Hloubka v koupací nádrži je proměnlivá od 0,4 až do 1,2 m v neplavecké části a v části plavecké do 3,25 m (biotopradotin.cz). Čistící nádrž má rozměry 80 x 30 m a hloubku 0,25 - 0,85 m. Její vodní plocha zabírá 2212 m² a objem je 1200 m³ (biotopradotin.cz). Dno obou



Obr.1: Letecký snímek Biotopu Radotín 2018, Mapy.cz, upravil autor

nádrží je potaženo nepropustnou folií. Čistící neboli biologická část je osázena vhodnou litorální, emerzní vegetací, která je zasázena v drátěných koších vyplněných kamenivem vhodné frakce. Koupací jezero je s biologickou nádrží propojeno cirkulačním systémem. Voda z koupací nádrže je přečerpávána do nejvyššího bodu čistící nádrže a odtud gravitačně protéká přes filtrační substrát a kořeny rostlin zpět do koupací nádrže. Filtrační substrát je tvořen kamenivem frakce 16 - 32 mm. Čistící nádrž je schopná pracovat bez problémů i při teplotách 25 - 28°C. Pro její dobrou funkci je však nezbytné odstraňovat nadměrné množství vzniklé organické hmoty (biotopradotin.cz). Voda, která je ztracena výparem, nebo činností návštěvníků, je doplňována z vrtů. Hlavní vrt má vydatnost přibližně 3 m³/h. Díky blízkosti řeky Berounky je zde podzemní voda velmi dobře

dostupná. Přesto musel být v roce 2015 v horkém a suchém létě proveden ještě druhý vrt pro případné nedostatky vody během suchých období (Schwarcová 2020).

3.4 Bentos

Bentos je biocenóza vodních organismů, vázaná na podklad (Hartman et al. 2005). Její součástí jsou mikroorganismy a živočichové, kteří žijí na dně, ve vrstvě sedimentu, nebo na jiném pevném podkladu. Výskyt a dynamika bentosu jsou závislé převážně na intenzitě slunečního záření, povaze dna a na množství živin ve vodě. U tekoucích vod je také významným faktorem rychlost proudění vody. V případě, že se ve vodním toku vyskytují řasy, či jiná další mikrofyta, neovlivňují podstatně jeho morfologické chování, což je naopak případ makrofyty, které se stávají součástí mechanismů přetvářejících dno, díky tomu, že vyvolávají změny rychlosti proudění, turbulence a zvyšují stav vody. Z tohoto důvodu nejsou makrofyty do bentosu zahrnuta (Lellák, Kubíček 1991). Bentální organismy je možné dělit dle velikosti na **mikrobentos** (do 0,1 mm), **mesobentos** (0,1 – 2 mm) a **makrobentos** (nad 2 mm). Dalším možným dělením je rozdělení dle systematické příslušnosti na zoobentos, fytobentos a mikrobiální bentos (Hartman et al. 2005).

Mikrobiální bentos je důležitým zdrojem potravy pro další vodní organismy. Jedná se o mikroorganismy dna, kterými jsou zástupci stejných skupin organismů, jak ve vodách stojatých, tak tekoucích. Ekologicky významnou část mikrobiálního bentosu tvoří parazitické houby třídy *Phycomycetes*, které parazitují na snůškách vajíček živočichů (Lellák, Kubíček 1991). Mikrobiální bentické organismy také vytváří makroskopické útvary, jako je tomu například u hub *Hyphomycetes*, které tvoří povlaky na dřevní a listové hmotě (Lellák, Kubíček 1991).

Pojem fytobentos se používá jako termín pro označení souboru fototrofních mikrofyty osidlujících dno (Marvan 2006). V tomto pojetí nejsou do fytobentosu zahrnuty vyšší vodní rostliny (makrofyty), mechy ani řasy parožnatky (*Charophyta*). Jiní autoři ale do fytobentosu některá makrofyta zařazují a například Lellák a Kubíček (1991) do něho řadí nejen řasy a sinice, ale i mechy a některé druhy lišejníků a jätrovek. Fytobentos se vyvíjí na daném podkladu při dobrých světelných a pro výměnu látek příhodných podmínkách. Sinice, řasy a případně mechy spolu s dalšími organismy tvoří nárostová společenstva,

kteřá se liší podle místních světelných, teplotních, proudových a dalších existenčních nároků (Lellák, Kubíček 1991). Ve stojatých vodách má fyto-bentos často malý význam, ale ve vodních tocích (s výjimkou dolních toků) tvoří hlavní zdroj primární produkce (Hartman et al. 2005). Většina fyto-bentosu na konci vegetačního období výrazně snižuje svou produkci nebo hyne. Vznikají tak odumřelé organické látky. Pouze malé množství druhů aktivně přežívá zimu (Lellák, Kubíček 1991).

Zoobentos je termín označující živočichy, kteří žijí na dně vod. Dle evropských limnobiologů lze tyto živočichy dělit podle převládajícího charakteru dna, který daná zoocenóza obývá (Lellák, Kubíček 1991). Jedná se o zoocenózy kamenitého nebo skalnatého podkladu (litoreofilní zoocenózy), vegetační (fyto-reofilní), písčité (psammoreofilní), bahnitých sedimentů (pelloreofilní) a hlinitých břehů a náplavů (argiloreofilní) (Lellák, Kubíček 1991). Oproti tomu angloameričtí vědci dělí bentální živočichy hlavně podle vzájemného poměru základních potravních skupin. Dle tohoto rozdělení jsou živočichové děleni na drtiče, sběrače, škrabače, spásače a další (Lellák, Kubíček 1991). Drtiči rozkouskovávají potravu na menší kusy. Sběrači získávají potravu filtrováním nebo ji jiným způsobem zachytávají z vody na dně. Spásači a škrabači jsou přizpůsobeni sběru potravy z povrchu podkladu (Lellák, Kubíček 1991). Bentické živočichy je také možné rozdělit podle způsobu života na temporální a permanentní faunu. Temporální fauna se vyskytuje ve vodním prostředí většinou jen jako larva, dospělci jsou terestričtí. To je především vodní hmyz, např. vážky (Odonata), jepice (Ephemeroptera) nebo chrostíci (Trichoptera). Organismy permanentní fauny tráví celý svůj život ve vodním prostředí. Jedná se například o měkkýše (Mollusca), ploštěnky (Turbellaria), pijavice (Hirudinea) nebo korýše (Crustacea) (Vanschoenwinkel et al. 2008; Ševečková 2014).

Zoobentos stojatých vod je převážně závislý na přísunu potravy z pelagiálu, tedy na planktonních řasách a uhynulém zooplanktonu, klesajících ke dnu. Díky tomu se zoobentos příliš nevyskytuje na dně hlubokých jezer, kam nedopadne příliš mnoho planktonních organismů, protože jsou cestou mineralizovány činností dekompozitorů. Na druhou stranu, nevhodné mohou být pro zoobentos i nádrže mělké, ve kterých dochází k masovému rozvoji velkých perlooček (Cladocera), které snižují biomasu fytoplanktonu (Hartman et al. 2005). Důležitým faktorem, který ovlivňuje zoobentos je

množství kyslíku u dna. Jeho nedostatek, který může být také spojený s výskytem sulfanu, způsobuje pokles bentální fauny. Dalším významným vlivem je predace ryb, která je výrazná v rybochovných nádržích. Bentos v nich proto často uniká do spodnějších vrstev sedimentu. V rybochovných nádržích hraje také velký vliv jejich vypouštění. Po zpětném napuštění se nejrychleji znovu objevují hmyzí larvy, díky přilétnutí dospělých jedinců z okolí. Ostatní organismy přežívají v bahně nebo se šíří z přítoku (Hartman et al. 2005). Zoobentos stojatých vod tvoří převážně larvy pakomárů, máloštětinatců (např. nitěnky, žížalice, naidky) a případně měkkýši a korýši (Hartman et al. 2005).

Druhá skladba zoobentosu v tekoucích vodách je mnohem bohatší. Nejdůležitějším faktorem je zde rychlost proudění vody. To způsobuje, že živočichové žijící na dně vodních toků jsou vybaveni adaptacemi, jako jsou přísavky, lepivé žlázy, plochý tvar těla nebo těžká schránka. Mnohé druhy bentosu vodní proud také aktivně využívají k driftování, což je proces, při kterém se uvolňují z podkladu a nechávají se unášet proudem, a poté opět usedají. K driftu může docházet při zhoršení životních podmínek nebo při příliš velkém nárůstu populace. Zoobentos se také může pohybovat proti proudu vodního toku. Například u hmyzu je významný let dospělců proti proudu do horních úseků toku, kde kladou vajíčka. Díky této migraci po a proti proudu je zoobentos schopný rychle osídlit úseky vodního toku, které byly mechanicky narušeny nebo byly otráveny. Bentální organismy vyskytující se ve vodních tocích také osídlují dno pod jeho povrchem, do oblasti, která je označována jako hyporeál. To umožňuje organismům přežít případné promrznutí, vyschnutí nebo krátkodobé znečištění vodního toku (Hartman et al. 2005).

3.5 Význam makrozoobentosu ve stojatých vodách

Makrozoobentos zastává ve stojatých vodách několik velmi důležitých rolí. Má například vliv na rychlost rozkladu detritu, který je jednou z hlavních složek potravy většiny z nich. Je odhadováno, že organismy zoobentosu jsou schopné rozložit 20-73% listí spadlého do vody (Covich et al. 1999). Dále se makrozoobentos významně podílí na uvolňování vázaných živin. K tomu dochází především při požívání potravy, vylučování nebo prohrabování sedimentů. Uvolněné živiny jsou dále rychle zpracovávány bakteriemi, houbami, řasami nebo makrofyty. Tito producenti pak slouží za potravu býložravým zoobentickým jedincům. Svou funkci mají i masožravé druhy, jejichž úkolem

je redukování množství organismů, sloužících jim jako kořist, a zabraňování tak jejich přemnožení (Covich et al. 1999). V neposlední řadě slouží makrozoobentos jako důležitá složka potravy ryb, obojživelníků a některých ptáků (Lellák, Kubíček 1991).

3.6 Hlavní skupiny makrozoobentosu stojatých vod

3.6.1 Ploštěnky (Turbellaria)

Třída ploštěnky tvoří spolu s dalšími třídami, jako jsou například tasemnice (Cestoda) nebo motolice (Trematoda) kmen ploštěnci (Plathelminthes). Ploštěnky mají nečlánkované, dorzoventrálně zploštělé tělo. Jejich pohyb je zajištěn kmitajícími brvami. Dýchání probíhá povrchem celého těla. Ploštěnky mají trávicí ústrojí pouze s jedním otvorem, který slouží k přijímání potravy i k vyvrhování nestrávených částí (Hartman et al. 2005). Vyskytují se ve sladkých i slaných vodách a existuje jich přibližně 4500 druhů (Motyčka, Roller 2001). V našich vodách se s nimi setkáme pod kameny, kde se ukrývají před světlem. V České republice je nyní známo 16 druhů ploštěnek řádu Tricladida, které patří do makrozoobentosu (Farkač et al. 2005). Také se však u nás vyskytuje mnoho druhů mikroskopických. Jejich životní strategie jsou velmi odlišné. Ve třídě ploštěnek panuje velká různorodost, co se velikosti týče. Existují druhy, které jsou menší než 1 mm a některé naopak dorůstají velikosti až 25 mm. Na jejich velikosti je také závislá potrava. Některé se živí larvami hmyzu, bakteriemi, prvoky nebo jinými malými bezobratlými (Thorp et al. 2001). Jiné, mikroskopické, například žijí symbioticky nebo paraziticky na ostatních živočiších (Motyčka, Roller 2001). Většina ploštěnek se vyskytuje na dně, ale některé mořské druhy volně plavou. Různé jsou také způsoby rozmnožování. Převažuje přímý vývoj, což znamená, že jsou kladena vajíčka, ze kterých se líhnou malé ploštěnky, vypadající jako dospělci. Existují ale druhy, převážně mikroskopické, které se množí příčným rozpadem těla (Motyčka, Roller 2001). Výrazným rysem této třídy je rychlá regenerace poškozených tkání.

Zástupci této třídy, kteří se vyskytují v naší přírodě, jsou například: Ploštěnka tmavá (*Planaria torva*), vyskytující se ve stojatých vodách. Její zbarvení je hnědé až šedo-černé. Její hlavní potravu tvoří plži a dále například larvy pakomárů nebo máloštětinatci. Jedinci tohoto druhu žijí pouze jeden rok (Sefton, Reynoldson 1972). Častým druhem, žijícím na našem území je také ploštěnka černá (*Polycelis nigra*). Ta se vyskytuje

na spodní straně listů vodních rostlin v řekách a tůňkách. Výrazným znakem tohoto druhu je velké množství očí v přední části těla (Hartman et al. 2005). Zajímavým zástupcem, který žije na území naší republiky, je ploštěnka americká (*Dugesia tigrina*), která je zde invazním druhem ze Severní Ameriky. Do našich vod se rozšířila z akvárií ve 30. letech 20. století (Heuss 1971). Výrazným poznávacím znakem jsou hnědé, žluté a černé skvrny na šedém podkladu. Setkat se s ní můžeme v jezerech, zatopených lomech, ale i v potocích a řekách. Nevyskytuje se ale ve studených vodách. Netoleruje pouze silné znečištění (Heuss 1971).

3.6.2 Máloštětinatci (Oligochaeta)

Podtřída máloštětinatců patří do třídy opaskovců (Clitellata), která je řazena do kmene kroužkovců (Annelida). Tělo máloštětinatců je podle druhu složeno ze 7 až 200 článků. Na každém článku se většinou vyskytují svazečky štětin. Jsou hermafroditi a nemají larvální stadium. Obvyklé je nepohlavní rozmnožování příčným dělením. Dýchání probíhá celým povrchem těla. Některé druhy máloštětinatců jsou uzpůsobené k životu v prostředí s nízkým obsahem kyslíku. Druhy, které žijí v bahně, se živí detritem a bakteriemi. Druhům žijícím na rostlinách, slouží za potravu nárostové řasy, nebo také detrit. Některé druhy jsou i dravé (Hartman et al. 2005).

Nejnámějšími vodními máloštětinatci je čeleď nítěnkovitých (*Tubificidae*). Její zástupci měří často několik centimetrů a žijí v bahně, které požírají a získávají z něj stravitelné organické částice. Některé druhy žijí z části zavrtané do trubiček v bahně se zadní částí těla vystrčenou ven. V případě vyrušení se zatahují do svých trubiček. V organicky znečištěných vodách se mohou vyskytovat ve velkých počtech a svými těly pak zabarvují povrch bahna do červena. Nítěnky jsou významnou složkou rybnického zoobentosu a díky tomu důležitou potravou ryb. Při zvyšování rybníční produkce se jejich podíl v zoobentosu zvyšuje a následně mohou být i jedinými zástupci makrobentosu (Hartman et al. 2005).

3.6.3 Pijavice (Hirudinea)

Pijavice (neboli pijavky) tvoří podtřidu třídy opaskovců (Clitellata), která je součástí kmene kroužkovců (Annelida). Jedná se o živočichy, žijící převážně ve sladké vodě, případně v moři i na souši (Klimeš et al. 2013). Langerová (2018) uvádí, že zhruba

pouze polovina z 680 známých druhů pijavic se živí paraziticky krví obratlovců nebo hemolymfou bezobratlých. Ostatní druhy jsou dravé nebo mrchožravé. Hartman (2005) však uvádí, že hranice mezi dravým a cizopasným způsobem života není jasně dána. Mnohé druhy jsou v mládí dravé a jako dospělci se živí cizopasně. Naopak některé cizopasně druhy se při nedostatku potravy začínají žít dravě. Tělo pijavic je dorzoventrálně zploštělé (Klimeš et al. 2013). Je složeno ze 34 článků, které se na povrchu těla dělí ještě do několika užších proužků. Velikost těla je od 1 do 15 cm (Hartman et al. 2005). Na přední a zadní části těla jsou umístěné dvě přísavky. Díky nim je jejich pohyb na podkladu píd'alkovitý. Ve volné vodě se přesouvají vlnitým pohybem. Přední přísavka je propojena s trávicí soustavou a u některých druhů může být opatřena chitinovými čelistmi. Po přísátí vylučují pijavice hirudin, který zabraňuje srážení krve a také anestetické látky. U nasátých jedinců dochází k mnohonásobnému zvětšení. Po nasání jsou některé druhy schopné přežít i více než rok bez potravy, přičemž délka jejich života je až 27 let (Klimeš et al. 2013). Nalezneme je v různých typech stojatých i tekoucích vod. Dokážou přežít i vyschnutí vody po dobu několika týdnů, kdy zůstávají zahrabané v bahně. Zimu přečkávají ve strnulém stavu (Hartman et al. 2005). Pijavice jsou hermafroditi. Jejich rozmnožování probíhá na jaře, kdy se na jejich tělech objevují opasky, ze kterých se vytváří kokon (Klimeš et al. 2013). Ten některé druhy volně odkládají do bahna, jiné ho lepí na podklad (Hartman et al. 2005). Pijavice slouží jako důležitý zdroj potravy pro mnoho ryb, což z nich dělá důležitou součást potravního řetězce. Dále je možné je pro jejich široké rozšíření využívat jako ukazatele znečištění vody. Kromě bioindikace jsou pijavice používány také v lékařství, kde jsou z nich získávány látky zabraňující srážení krve (Langer et al. 2018).

V České republice je potvrzený výskyt 24 druhů pijavic (Sychra, Schenková 2009). Příklady, žijící na našem území jsou: Pijavice rodu *Erpobdella*, které jsou našimi nejběžnějšími. Mají čtyři páry očí ve dvou řadách a hnědé zbarvení (Hartman et al. 2005). U tohoto rodu se nevyskytují čelisti, kterými by mohly prořezávat kůži obratlovců, jako potrava jim proto slouží drobní vodní bezobratlí, jako například larvy pakomárů (Motyčka, Roller 2001). Chobotnatka rybí (*Piscicola geometra*), která je 2-5 cm dlouhá, je u nás také velmi hojně rozšířená. Žije hlavně ve stojatých nebo pomalu proudících vodách. Je schopná snášet i mírnou slanost vody. Naopak je netolerantní

k vysokým teplotám a k organickému znečištění (Motyčka, Roller 2001). Chobotnatka se paraziticky živí na všech druzích našich ryb, zejména na těch, které jsou méně pohyblivé (Hartman et al. 2005). Dále pijavka koňská (*Haemopsis sanguisuga*), která je dlouhá 10–15 cm a má tmavý hřbet, který je po stranách žlutě lemovaný. Tento druh se živí drobnými bezobratlými živočichy (Hartman et al. 2005). Významným zástupcem je pijavka lékařská (*Hirudo medicinalis*). Ta dorůstá délky až 15 cm. Na jejím hřbetu můžeme najít tenké červenožluté pruhy (Hartman et al. 2005). V jejích ústech se nacházejí tři čelisti, které jsou rozmístěné do tvaru Y (Motyčka, Roller 2001). V prvních letech svého života se živí dravě, dále parazituje na rybách a obojživelnících a ve třech letech začíná cizopasit na savcích (Hartman et al. 2005). Vyskytuje se ve stojatých vodách a v České republice ji můžeme najít na jižní Moravě. Jedná se o chráněný druh (Klimeš et al. 2013). Dříve byla hojně využívána v medicíně pro pouštění žilou. Rána po přisátí pijavice může však sloužit jako místo vstupu infekce a pijavice mohou přenášet patogeny včetně HIV a hepatitidy B. V moderní medicíně jsou však opět využívány, a to zejména pro odstraňování krevních sraženin (Klimeš et al. 2013).

3.6.4 Stejnonožci (Isopoda)

Dalším, často se vyskytujícím, zástupcem zoobentosu je beruška vodní (*Asellus aquaticus*). Patří do řádu stejnonožců, podkmene korýšů (Crustacea), do kmene členovců (Arthropoda). Díky toleranci organického znečištění a nízké kvality vody je široce rozšířená v celé Evropě a Severní Americe (O'Callaghan 2019). Berušku vodní nalezneme v různých typech stojatých vod i ve vodách mírně tekoucích a podzemních. Častý je její výskyt ve vodách silně zarostlých nebo s velkým množstvím napadaného listí (Harman et al. 2005). Právě nárosty řas, zbytky rostlin a spadané listí jí slouží jako potrava. Listy jsou berušky vodní schopné obrát tak, že z nich zbývá pouze žilnatina (Motyčka, Roller 2001). Její tělo je dorzoventrálně zploštělé. Na hrudních člancích můžeme najít párové kráčivé nohy. U samic se na nich nacházejí destičkovité výčnělky, které slouží jako plodový prostor pro vajíčka. Končetiny, které se nacházejí na zadečku, slouží k dýchání. Berušky vodní neplavou, ale díky kráčivým končetinám se pohybují po podkladu (Hartman et al. 2005).

3.6.5 Jepice (Ephemeroptera)

Systematicky řád jepic spadá do podtřídy křídlatých (Pterygota), do třídy hmyzu (Insecta). Do řádu jepic patří 23 čeledí a asi 2000 druhů. Na našem území se můžeme setkat se zástupci z 16 čeledí a s asi 70 druhy (Macek 2001). Jepice mají štíhlé, křehké tělo. Na hlavě se nacházejí velké klenuté oči, krátká štětinovitá tykadla. Ústní orgány jsou u dospělců zakrnělé a není jimi možné přijímat potravu. Ze dvou párů blanitých křídel je druhý výrazně menší, někdy i zcela schází (Macek 2001). V klidu jsou křídla složena nad tělem (Klimesš et al. 2013). U samců bývá přední pár nohou prodloužený a slouží spolu se štěty ke zlepšení rovnováhy za letu. Některé druhy mají nohy redukované nebo se při líhnutí ulamují. Na zadečku se nachází pár dlouhých, vláknitých, článkovaných štětů (Macek 2001). Díky tomu, že dospělci nepřijímají potravu, žijí pouze několik hodin, nejvíce 1–3 dny. Samce je možné pozorovat večer, kdy se nad vodou sdružují do početných rojů. Do nich nalétávají jednotlivé samice za účelem páření. Samice poté kladou vajíčka buď volně za letu do vody, nebo letí s ponořeným zadečkem. Některé druhy se dokonce potápějí a vajíčka lepí na vodní rostliny nebo na kameny (Macek 2001). Jedna samice naklade zhruba 300–9000 vajíček, ta se pak v závislosti na teplotě vody vyvíjí 1 - 2 týdny.

Ve vodě žijí larvy jepic. Jejich tělo je zploštělé nebo válcovité. Mají tři páry silných nohou a na hrudi dva páry křídelních pochev. Na rozdíl od imag mají dobře vyvinuté kousací ústrojí a vzdušnicové žábry na zadečku. Na zadečku se také nachází tři obrvené štěty (Hartman et al. 2005). Vývoj larev trvá přibližně jeden rok. Za tuto dobu dochází průměrně ke 12 instarům. Potravu larev tvoří rostlinné zbytky a případně také drobné vodní organismy, jako například rozsivky (Macek 2001). Larvy lze dle jejich způsobu života a vzhledu rozdělit na hrabavé, ploché, proudomilné, plovoucí a lezoucí (Macek 2001). Například v tekoucích vodách se vyskytují larvy rodu *Ephemer*, které patří k největším jepicím v naší přírodě a žijí zahrabány v bahně (Reichholf-Riehmová 1997). Larvy, žijící v proudu jsou na něj adaptovány tvarem těla, a tak například larvy rodu *Heptagenia* mají spodní stranu těla zploštělou a svrchní klenutou, což usnadňuje odolávání proudu při přitisknutí k podkladu (Reichholf-Riehmová 1997). Mezi larvou a imagem se u jepic vyskytuje fáze subimaga. Jedná se o fázi mezi poslední larvou, žijící ve vodě a pohlavně dospělým

jedincem. Od imaga se liší zakalenými křídly a kratšími štěty. Doba trvání subimaga je několik minut až pár dní. Některé druhy jepic svůj vývoj v této fázi končí (Macek 2001). Jepice díky svým nárokům na čistou vodu slouží jako bioindikátory a jsou významnou složkou potravy ryb (Klimeš et al. 2013).

Zástupci jepic, kteří se vyskytují v naší přírodě, jsou například jepice čeledi *Baetidae*. Tato čeleď zahrnuje asi 1000 druhů a je rozšířená po celém světě. Jedná se o jednu z nejmenších jepic. Imaga pouze zřídka přesahují délku 10 mm. Larvy žijí v široké škále vod od jezer a potoků po malé příkopy a díky svému aerodynamickému tvaru těla jsou dobrými plavci. Živí se převážně řasami (Chinery 1999).

3.6.6 Vážky (Odonata)

Řád vážky je zařazen do podtřídy křídlatí (Pterygota), která spadá do třídy hmyzu (Insecta). Vážek existuje přibližně 5000 druhů a jsou rozděleny na tři podřády. Těmi jsou motýlice (Zygoptera), šídla (Anisoptera) a šídlice (Anisozygoptera) (Macek 2001). V případě šídlic se jedná o reliktní skupinu, která žila již v druhohorách a dnes se vyskytují pouze jako dva druhy v Japonsku a v Himalájích. Zbylé dva podřády jsou hojně rozšířeny po celém světě. V České republice se vyskytuje asi 90 druhů vážek (Macek 2001). Dospělí jedinci jsou nápadní, často jasně zbarvení, vzdušní predátoři, kteří se převážně vyskytují v blízkosti vod (Rowe, Trueman 2009). Jejich lov probíhá tak, že vyčkávají na své pozorovatelně a odtud pak vyrážejí za letícím hmyzem, nebo hlídkují ve svém teritoriu a kořist chytají v letu nebo jí sbírají z podkladu (Macek 2001). Imaga jsou dlouhá 2–13 cm. Mají pohyblivou hlavu s výraznými složenými očima a se třemi jednoduchými očky, které se nazývají ocelli. Nohy vážek slouží pouze k zachycení a nejsou schopné chůze. Imaga mají dva páry křídel (Hartman et al. 2005). Křídla jsou vyplněna hustou síťovitou žilnatinou (Macek 2001). Jejich kousací ústrojí je silné a uzpůsobené k lovení létajícího hmyzu (Hartman et al. 2005). Samci a samice během období, které je nazýváno úživný žír, žijí odděleně. Samice odlétají i do značné vzdálenosti od vody a obsazují dočasná lovná teritoria. Samci naopak zůstávají u vody a brání si svá teritoria. V případě, že do něho samice vletí, pokoušejí se o spáření. Následně pak spolu létají v charakteristickém tandemu. Ihned po oplodnění klade samice vajíčka. Některé druhy kladou vajíčka

na rostliny nebo do vlhké půdy u břehu, jiné je kladou volně, z vajíček se následně líhnou larvy (Macek 2001).

Larvy jsou také dravé a stavbou těla podobné dospělcům. Jejich tělo je ale kratší a širší, oči larev jsou menší (Macek 2001). Na hrudi larev jsou umístěny tři páry kráčivých nohou a dva páry křídelních pochev. Larvy jsou zbarveny do zelena, hněda nebo žluta a některé druhy jsou schopny i barvoměny podle podkladu. Výrazným znakem je maska, která se nachází na spodní straně hlavy. Jedná se o prodloužený a vymrštitelný spodní pysk, na kterém se nacházejí přeměněná makadla do drápotivých nebo miskovitých kleští. (Macek 2001). Takto přizpůsobený spodní pysk mají vážky jako jediní zástupci hmyzu (Kundanati et al. 2021). Larvy, které žijí volně, mají na masce pohyblivé trny, kterými kořist probodávají a trhají. Oproti tomu larvy, které se vyskytují v bahně, mají masku lžícovitého tvaru s lopatkovitými obrvenými lamelami na konci. Díky tomu je pro ně snazší propírání bahna a hledání živočichů, kteří v něm žijí. Larvy vážek jsou schopné rychlého pohybu. Zejména larvy šidél se mohou pohybovat až 30-50 cm/s. Jejich rychlý pohyb je umožněn díky tryskovému principu vypuzování vody z konečnicku. Ten je také hustě protkán vzdušnicemi, sloužícími k dýchání (Macek 2001). Larvy se vyskytují ve všech typech sladkých vod a některé druhy jsou schopny snášet i vodu brakickou. Nejčastěji je lze nalézt v hustě zarostlých nádržích, kde se skrývají ve vegetaci. Některé žijí ve vyhrabaných chodbách ve dně (Macek 2001). Za potravu jim slouží drobní vodní živočichové. Větší larvy jsou schopné ulovit i pulce žab nebo rybí plůdek (Hartman et al. 2005). Často využívanou taktikou je připlížení se pomalým pohybem ke kořisti a následné rychlé vychlípení masky. K tomuto způsobu lovu využívají svůj dobrý zrak, kterým odhadují vzdálenost kořisti (Reichholf 1998).¹ Nymfy se mohou vyvíjet až pět let (Klimeš et al. 2013). Množství instarů larvy ovlivňují vnější podmínky. Obvykle jich však bývá 7-15 (Macek 2001). Před přeměnou v imago vylézají přibližně půl metru nad hladinu, kde se pevně přichytávají k podkladu. Zde zanechávají svou poslední svlečku (Hartman et al. 2005).

Příkladem zástupců vážek je šidélko široskvrnné (*Coenagrion pulchellum*), které se řadí do čeledi *Coenagrionidae*, jejíž druhy se hojně vyskytují ve stojatých vodách jako

¹ Nymfa - jiné označení pro larvu hemimetabolního hmyzu

jsou mrtvá ramena a rybníky. Preferuje vody s hustou vegetací. Imaga jsou 34-38 mm velká. Samci mají černomodré zbarvení (Bednařík 2020). Larvy dorůstají délky až 21 mm (Hartman et al. 2005). U tohoto druhu může nastávat synchronizovaná emergence, při níž dochází k hromadnému vylétnutí imag v dané lokalitě během pár dnů. Rozšíření šídélka široskvrnného je od západní Evropy po západní Asii kromě severní části Skandinávie a Pyrenejského poloostrova. V České republice je jeho výskyt převážně v nížinných oblastech (Bednařík 2020). Dalším zástupcem je šídlo královské (*Anax imperator*). To je řazeno do podřádu šidel do čeledi šídlovitých (*Aeshnidae*). Jedná se o největší evropský druh vážky (Macek 2001). Délka těla je 7-10 cm a rozpětí křídel 10 cm. Samci jsou blankytně modří s černou kresbou. Samice mají modrozelený zadeček s hnědými skvrnami. Šídlo královské se vyskytuje převážně ve stojatých vodách s hustou vegetací. Setkat se s ním můžeme v jižní a střední Evropě, a to především v nížinách. Stadium imaga nastává v letních měsících, kdy samičky kladou vajíčka. Ta se vyvíjí přibližně tři týdny (Reichholf-Riehmová 1997). Larvy bývají velké až 6 cm (Hartman et al. 2005). Některé nymfy přezimují jednou, některé dvakrát. Vývojový cyklus šidel královských tedy trvá jeden nebo dva roky (Reichholf-Riehmová 1997). Častým zástupcem vážek je také vážka ploská (*Libellula depressa*). Ta je také řazena do podřádu šidel, ale do čeledi vážkovitých (*Libellulidae*). Tělo je dlouhé 4 cm a křídla mají rozpětí 8 cm. Samci mají výrazný šedomodrý zploštělý zadeček. Samice mají zadeček hnědý, případně žlutohnědý. Vážka ploská obývá stojaté vody, převážně menší nádrže. Jako dospělec se rozlétá do širokého okolí a díky tomu se jako první objevuje na nově zřízených zahradních jezírkách. Její výskyt je v celé Evropě a Přední Asii. Imaga se líhnou už na začátku května (Reichholf-Riehmová 1997). Larvy mají dvouletý vývoj a žijí zahrabány v bahně. Jsou také velmi odolné proti vysušení a zahrabány do bahna dokážou přežít až 50 dní (Macek 2001).

3.6.7 Ploštice (Heteroptera)

Řád ploštic je velmi různorodou skupinou, z níž většina zástupců žije na souši. Existují však i druhy obývající vody, kterých je přibližně 15 % z celkového počtu. Až na pár výjimek dýchají vzdušný kyslík (Macek 2001; Hartman et al. 2005). Jejich ústní ústrojí je bodavě savé. Charakteristickým znakem celého řádu je přední pár křídel, který

je změněn na polokrovky. Nohy jsou původně kráčivé, ale u některých druhů je zadní pár veslovitý a slouží k plavání. Přední pár nohou je u dravých druhů uzpůsoben k chytání kořisti. Vývoj larvy v imago je přes nedokonalou proměnu s pěti instary (Hartman et al. 2005).

Známým zástupcem ploštic je splešťule blátivá (*Nepa cinerea*), která obývá hustě zarostlé mělčiny litorálního pásma stojatých nebo mírně tekoucích vod (Macek 2001). Její tělo je ploché a má nenápadné zbarvení. Dorůstá délky až 22 mm a živí se dravě. Jako kořist jí slouží larvy hmyzu, pulci nebo drobné rybky (Macek 2001). Dýchání probíhá pomocí rourky na zadečku (Hartman et al. 2005). Splešťule mají na zadečku také tři páry smyslových políček, které slouží jako polohový orgán. Vajíčka kladou splešťule volně do vody a opatřují je vláknitými dýchacími přívěsky s vrstvou vzduchu (Macek 2001). Dalším zástupcem je jehlanka válcovitá (*Ranatra linearis*). Její tělo je dlouhé až 45 mm. Stejně jako splešťule má na zadečku dýchací trubičku. Vyskytuje se v litorálních oblastech, které jsou hustě zarostlé vegetací. Zde, schovaná ve spleti rostlin, číhá na různý vodní hmyz (Hartman et al. 2005; Macek 2001). Velmi rozšířenými zástupci vodních ploštic je čeleď klešťankovitých (*Corixidae*). Jejich tělo je člunkovitého tvaru. Výrazný je zploštělý, nejdelší zadní pár nohou s brvami, který slouží pro veslování. Zbylé dva páry nohou slouží k přichycení k podkladu a k propírání bahna. Dýchají pomocí vzduchových bublin, které nosí na spodu těla a pod křídly. Bubliny se na těle drží díky nesmáčivým chloupkům. Tyto bubliny také usnadňují vynořování k hladině. Vyskytují se převážně v hejnech, jejichž soudržnost zajišťují samci, kteří vydávají zvukové signály. Ty vytvářejí třením otrněného políčka na stehnech předních nohou o spodní hranu hlavy (Macek 2001).

3.6.8 Brouci (Coleoptera)

Řád brouků tvoří převážně suchozemští živočichové, pouze malá část žije ve vodním prostředí. Mají velký předohrudní štít a štítek na středodohrudí. Jejich přední křídla jsou přeměněna na krovky. Vývoj je přes proměnu dokonalou a má obvykle tři larvální stadia a kuklu (Hartman et al. 2005).

Nejlépe jsou způsobu života ve vodě přizpůsobeni brouci z čeledi *Dytiscidae*, kteří patří do podřádu dravých (Adephaga). Typickým zástupcem je potápník vroubený (*Dytiscus marginalis*). Jeho tělo je zploštělé a je pokryto filmem oleje, takže je

nesmáčivé. Pod krovkami nosí zásobu vzduchu. Pohyb zajišťuje třetí veslovitý pár nohou. První dva páry nohou slouží k uchopování kořisti. Živí se vodním hmyzem i jinými bezobratlými, larvami obojživelníků nebo drobnými rybami. Tomu jsou uzpůsobena i silná kusadla. Dospělci se dožívají dvou až tří let (Hartman et al. 2005). Larvy se zdržují v blízkosti hladiny a zavěšují se za ni koncem těla. Živí se také dravě. Do své kořisti vpouštějí pomocí kanálek na kusadlech žaludeční šťávy a po rozkladu kořist vysávají (Hartman et al. 2005). Dále se v našich vodách vyskytují brouci z podřádu všežravých (Polyphaga), jako například vodomil obecný (*Hydrochara caraboides*). Dospělci se živí rozkládajícími se rostlinnými pletivy. Larvy jsou dravé a jejich potravou jsou ostatní larvy vodního hmyzu nebo pulci. Trávení probíhá stejně jako u larev potápníků mimotělně. Na rozdíl od nich nemají ale kusadla vybavena kanálky, a proto svou kořist tráví s vynořenou hlavou a kořistí nad hladinu. Tím zabraňují naředění trávicích šťáv (Hartman et al. 2005).

3.6.9 Chrostíci (Trichoptera)

Jedná se o malý až středně velký hmyz, který je příbuzný motýlům. Podobnost spočívá v pokrytí křídel dospělců chloupky, u některých exotických druhů dokonce šupinkami. Jinak jsou ale tyto řády odlišné. Rozdíl je například ve střechovitém skládání křídel chrostíků. Někteří chrostíci také mají silné běhavé nohy. Imaga se vyskytují v blízkosti vod, ve kterých se vyvíjejí jejich larvy. Pozorovat je můžeme zejména v noci, kdy jsou převážně aktivní a mohou být lákáni světlem (Macek 2001). Dospělci většinou nepřijímají potravu (Hartman et al. 2005), některé druhy se ale živí květním nektarem (Macek 2001). Po páření snáší samičky vajíčka volně do vody, případně slézají pod vodu a připevňují je k podkladu. Při této činnosti dýchají vzduch zachycený v bublinách na jejich chlupatém těle. Rychlost vývoje vajíček závisí na teplotě, ale obvykle trvá 9-24 dní (Macek 2001).

Larvy chrostíků mají dobře vyvinuté kousací ústrojí. Na spodním pysku mají vyústění snovacích žláz. Přední nohy larev jsou kratší a mohou sloužit ke sbírání materiálu na stavbu schránek, zadní nohy slouží k pohybu. Lze je dle způsobu života dělit na eruciformní a kampodeoidní. Eruciformní larvy tráví celý svůj život ve schránce, která se skládá z výměšků snovacích žláz a dostupného materiálu. Tím jsou například kamínky, úlomky ulit měkkýšů nebo části rostlin. Používaný materiál závisí i na prostředí, ve kterém

larva žije. Larvy stojatých vod používají lehčích materiálů, zatímco larvy vod tekoucích využívají materiál spíše těžší. Eruciformní larvy jsou většinou býložravé a za jejich potravu slouží řasy a části rostlin. Před zakuklením se připoutávají i se schránkou k podkladu (Macek 2001). Kampodeoidní larvy žijí volně bez schránek, ale někdy tkají obytné a lapací sítě. Druhy žijící v tekoucích vodách používají sítě ve tvaru vaku, který je nasměrovaný proti proudu, kdežto ty ze stojatých vod si staví lapací sítě podobné pavučinám s vedlejším úkrytem. Kukle předchází 5–7 instarů, před zakuklením si larvy budují kokon (Macek 2001; Hartman et al. 2005). Doba zakuklení trvá přibližně 14 dní (Macek 2001). Imaga pak proráží kokon nebo přepážku schránky a vyplavávají na hladinu. Chrostíci mají jednu až dvě generace do roka a přezimují jako larvy (Macek 2001). Celkový počet druhů chrostíků je asi 6500 a vyskytují se po celém světě. V České republice se můžeme setkat přibližně s 250 druhy (Macek 2001). Díky vysokým nárokům na kvalitu vody řady druhů a rozšíření po celém světě slouží larvy chrostíků jako užitečný bioindikátor kvality vody. Dále jsou prospěšné pro ekosystémy díky budování schránek a sítí, které jsou schopné omezovat erozi a umožňují vývoj stanoviště pro další hmyz (Benchamin 2020). V neposlední řadě slouží také jako důležitá složka potravy ryb (Hartman et al. 2005).

Zástupcem řádu chrostíků je *Phryganea grandis*. Jedná se o největší druh chrostíka v Evropě, který je vázaný na stojaté vody. Jeho larvy na začátku života, těsně po vylíhnutí, žijí u dna mezi rostlinami v rosolovitém obalu, který zbyl ze snůšky vajíček. S rostoucím tělem si larvy začínají stavět schránku a postupně ji zvětšují. Larvy jsou všežravé a jako potrava jim slouží jiné larvy vodního hmyzu nebo vodní rostliny (Macek 2001). Dalšími zástupci jsou chrostíci čeledi *Limnephilidae*. Jedná se o jednu z největších čeledí chrostíků, obývajících severní mírné oblasti. Hojně se vyskytují ve stojatých vodách. Larvy si tvoří přenosné schránky ze zrnků písku, klacíků nebo ze schránek měkkýšů. Živí se řasami nebo detritem. Imaga mají obvykle hnědou barvu, často s úzkými skvrnami nebo se vzorovanými předními křídly. U většiny druhů trvá životní cyklus jeden rok (Chinery 1999).

3.6.10 Pakomárovití (Chironomidae),

Čeď pakomárovitých patří do podřádu dlouhonohých (Nematocera), do řádu dvoukřídlých (Diptera). Jedná se o nejbohatší čeď vodního hmyzu. V naší přírodě se

můžeme setkat s více než tisícem druhů (Hartman et al. 2005). Pakomáři se vyskytují na vlhkých stanovištích na všech kontinentech včetně Antarktidy a většiny ostrovů (Foote 1987). Jako imaga žijí pouze několik dní a jejich ústní ústrojí je zakrnělé. Pozorovat je můžeme v hustých rojích.

Larvy pakomárů jsou jedním z hlavních druhů makrozoobentosu našich vod, obzvláště vod stojatých. Larvy jsou beznohé a mají válcovité tělo. Na prvním hrudním článku se nachází pár panožek a na posledním zadečkovém článku pár pošinek. Dýchají povrchem celého těla. Jako potrava slouží většině druhů části rostlin, rostlinný detrit nebo mrtvý zooplankton dopadající na dno. Některé druhy jsou i dravé nebo parazitické (Hartman et al. 2005). Larvy žijí většinou v bahně, v němž si budují rourky. Ty se pokrývají řasami a detritem, který slouží larvám za potravu. Jiné druhy provrtávají rostliny a vzniklé chodbičky využívají jako filtrační systém pro zachycování potravy. Do filtru navíc nahánějí vlnivými pohyby vodu z okolí. Dravé larvy žijí volně u dna. Živí se ostatními pakomáři nebo v tekoucích vodách larvami muchniček (Macek 2001). Z ekologického hlediska jsou larvy pakomárů významné při procesech samočištění vod a také slouží jako důležitá část potravy ryb (Hartman et al. 2005). S pakomáři je možné se setkat téměř ve všech typech vod. Mnoho druhů se přizpůsobilo životu v extrémních podmínkách, jako jsou například termální zřídla, ledovcová jezírka, delty řek s brakickou vodou nebo silně znečištěné vody. Příkladem adaptací je rozpuštěný hemoglobin v těle larev, které žijí ve velké hloubce nebo ve znečištěné vodě s nízkým obsahem kyslíku. Hemoglobin v tomto případě slouží jako zásobník kyslíku (Macek 2001).

Zástupcem pakomárů je pakomár kouřový (*Chironomus plumosus*) a jemu příbuzné druhy, které od něho lze jen obtížně odlišit. Setkat se s ním můžeme v bahnitých dnech rybníků (Hartman et al. 2005). Larvy žijí v rourkách v bahně těsně vedle sebe. Rourky vedou často i do velké hloubky, kde je prostředí bez kyslíku. U svých rourek si larvy staví vrše, které slouží k zachycení padající potravy. V rource se pohybují vlnitým pohybem a díky tomu je do ní z okolí zanášena kromě potravy i okysličená voda. Když dojde k naplnění vrše, larvy jí požírají celou a následně si staví novou (Macek 2001). Dospělí samci tvoří desítky metrů vysoké roje, které připomínají kouřové sloupy (Hartman et al. 2005).

3.6.11 Měkkýši (Mollusca)

Kmen měkkýšů tvoří důležitou součást zoobentosu. Jsou známy případy, kdy biomasa tvořena měkkýši několikrát převyšuje ostatní živočišné skupiny (Hartman et al. 2005). Tělo je nečlánkované, bez končetin a je obecně složeno ze tří morfologických oddílů. Těmi jsou hlava se smyslovými ústrojími, nervovým ústředím a počátkem trávicí soustavy, dále svalnatá noha, která zajišťuje pohyb a útrobní vak, v němž jsou uloženy všechny vnitřní orgány (Hartman et al. 2005). Toto rozdělení těla však neplatí u všech skupin měkkýšů. Někteří mají totiž hlavu redukovanou nebo mají svalnatou nohu přeměněnou na chapadla. Útrobní vak je chráněn pláštěm, v něm je vyústění žláz, ze kterých jsou vytvářeny konchiolinové skořápky, které jsou zpevněné uhličitanem vápenatým. Ke schránce je tělo přirostlé pevným svalstvem (Motyčka, Roller 2001). Měkkýši jsou buď hermafroditi nebo mají pohlaví oddělené. Některé druhy mají volně žijící larvy (Hartman et al. 2005). Jedná se o velmi hojnou skupinu organismů, která se vyskytuje jak ve vodě, tak na souši. Celkový počet druhů je odhadován na 130 000, v České republice se vyskytuje přibližně 230 druhů (Motyčka, Roller 2001). Kmen měkkýšů je dělen do několika tříd, z hlediska bentální fauny jsou významné třídy plžů (*Gastropoda*) a mlžů (*Bivalvia*).

Plži jsou nejčetnější skupinou měkkýšů. Existuje jich přibližně 110 000 druhů. Jejich hlavním znakem je spirálovitě stočená schránka zvaná ulita, která ale může u některých skupin chybět. Její tvar bývá charakteristický pro danou čeleď (Motyčka, Roller 2001). Stejně tak je stočený i útrobní vak, který se nachází uvnitř ulity. Na hlavě je umístěn pár tykadla s očima. Pohyb zajišťuje svalnatá noha. Dýchání probíhá pomocí plic nebo žaber a kožně. Jako potrava slouží rostliny nebo zbytky vodních živočichů (Hartman et al. 2005). Zástupci našich vodních plžů jsou například bahenky (*Viviparus*), které patří do podtřídy předožábřých (*Prosobranchiata*). Jejich ulita je vysoká až 30 mm a od ostatních našich plžů se liší živorodostí. Vyskytují se ve stojatých i tekoucích vodách a také v periodických tůních (Hartman et al. 2005). Dalším zástupcem je plovatka bahenní (*Lymnaea stagnalis*), která je řazena do podtřídy plicnatých (*Pulmonata*). Její ulita je 45 - 60 mm vysoká. Hojně se vyskytuje ve stojatých vodách a zvládá přežít i krátkodobější vyschnutí nádrží (Hartman et al. 2005).

Mlži mají tělo chráněno párovými skořápkami neboli lasturami. Sladkovodní druhy mlžů mají lastury i tělo souměrné. Dvě části lastury jsou na hřbetní straně spojeny vazem (Hartman et al. 2005). Častý bývá také zámek, který je tvořen výstupky a prohlubněmi na obou částech schránky (Smrž 2014). Hlavová část těla je proti plžům redukována a nenacházejí se na ní tykadla a oči. Noha je kýlovitá a vysouvá se ven z lastury. Některé druhy vylučují byssová vlákna, kterými se poutají k podkladu. Dýchání probíhá pomocí žaber. Mlži jsou filtrátoři a jako potrava jim slouží bakterie, detrit a fytoplankton (Hartman et al. 2005). Většina mlžů má oddělené pohlaví, ale některé skupiny jsou i hermafroditi. Vývoj většiny měkkýšů probíhá přes plovoucí larvu. U některých sladkovodních druhů larvy parazitují na rybách (Smrž 2014). Celkový počet druhů mlžů je asi 20 000. V České republice žije pod 20 druhů (Motyčka, Roller 2001). V naší přírodě se můžeme setkat například se škeblí rybníčnou (*Anodonta cygnea*). Její lastury mají velikost 15–22 cm (Hartman et al. 2005). Vyskytuje se v celé Evropě v tekoucích a stojatých vodách, nejčastěji v dolních úsecích řek, rybnících nebo i v údolních nádržích. V některých částech Evropy, například v Polsku, je výskyt škeble rybníčné snížen zejména díky eutrofizaci vod (Lopes-Lima 2014). Dalším častým druhem je hrachovka říční (*Pisidium amnicum*). Jedná se o malé mlže (8-11 mm), jejichž schránky mají až kulovitý tvar. Vyskytují se v různých typech vod, od klidných zátocin veletoků po mělké potůčky, bažiny nebo zatopené příkopy. Nejčastěji se s ní můžeme setkat v bahně, ale je také schopná lézt po vodní vegetaci. Mají oddělené pohlaví a samice vajíčka uchovávají v plášťové dutině, odkud po vylíhnutí vycházejí živá mláďata. V České republice se vyskytuje deset dalších velmi podobných druhů hrachovek a tři druhy okružanek (*Sphaerium*), které jsou od sebe velmi těžko rozeznatelné (Motyčka, Roller 2001). Okružanky žijí na stejných stanovištích jako hrachovky, ale vyskytují se především v hlubších vodách a mají nízkou toleranci ke znečištění (Van Damme 2011).

3.7 Saprobita vody

Saprobita označuje stupeň organického znečištění. Jedná se o obsah organických látek, které jsou schopny biochemického rozkladu. To je vyjádřeno jako BSK (biochemická spotřeba kyslíku). Podle stupně tohoto znečištění vznikají ve vodách určité biocenózy. Právě organismy z těchto biocenóz mohou sloužit jako bioindikátory pro určení jakosti vody. Jako indikátor může v případě, že známe alespoň přibližně jeho

nároky na životní prostředí, sloužit jakýkoliv vodní organismus. Důležitou informací o kvalitě vody může podat i nepřítomnost určitého organismu, který bychom podle literatury v daném prostředí očekávali (Sládeček, Sládečková 1996). Za nejvhodnější skupinu organismů pro zjištění saprobity vody je považován makrozoobentos. To je způsobeno jeho relativně snadnou přístupností a možností rychlého zpracování. Například rostlinné organismy tak vhodné nejsou, z důvodu jejich velké přizpůsobivosti rozsahu organického znečištění. Kvalitní informaci o stavu vody mohou také podat bakteriální nárosty. Jejich zpracování však trvá delší dobu a je k němu zapotřebí náročnější laboratorní vybavení (Lellák, Kubíček 1991). Druhy, které jsou ideálními saprobními indikátory, mají úzkou saprobní valenci. V případě, že ve společenstvu převažují druhy s úzkou saprobní valenci, indikuje to, že míra znečištění je poměrně stabilní. Výhodou stanovení saprobity pomocí živých organismů je, že získáváme informace o delším časovém období než při chemických rozborech, které stanovují pouze aktuální stav vody (Hartman et al. 2005). Pro určení vlastností daného společenstva se používá saprobní index. Ten má rozsah hodnot od -1,5 (destilovaná voda) až do 8,5 (přechod do pevné fáze) (Sládeček, Sládečková 1996). Základní vzorec pro výpočet saprobního indexu je: $S = \frac{\sum(h \cdot S_i)}{\sum h}$, kde S je saprobní index celého společenstva, S_i je individuální saprobní index každého druhu a h je abundance (např. ind*ml⁻¹ nebo procentuální zastoupení ve vzorku). Díky zavedení saprobního indexu bylo možné vytvořit lineární stupnici saprobity. Z níž přirozeně vyplývá rozdělení na vody podzemní, povrchové a odpadní (Sládeček, Sládečková 1996). Tato stupnice, doplněná o rybí pásma a zástupce zoobentosu je uvedena v tabulce 1.

Tabulka 1: Stupnice saprobity, doplněná o odpovídající rybí pásma a typické zástupce zoobentosu. (Sládeček, Sládečková 1996)

S	Saprobita	Rybí pásma	O ₂	BSK ₅	Zoobentos	Ekologická pásma
0,0	xenosaprobita	bez ryb	9	0	Ameletus	eukrenon hypokrenon
0,5	lepší oligosaprobita	pstruh	8	1	Rhithrogena	epirhithron
1,0	horší oligosaprobita	lipan	7	1,7	Ecdyonurus	metarhithron
1,5	lepší beta-mezo-saprobita	parma	6	2,5	Oligoneuriella	hyporhithron
2,0	horší beta-mezo-saprobita	yodárenské toky ostatní toky cejn	5	3,7	Palingenia (Ephemera) (Ephoron)	epipotamon metapotamon
2,2				4,0		2,2
2,5	lepší alfa-mezo-saprobita	cejn	4	5	Herpobdella	—
3,0	horší alfa-mezo-saprobita	přípustné znečištění nepřípustné znečištění kaprovité	3	7,5	Herpobdella	—
3,2				8,0		3,2
3,5	lepší polysaprobita	přežívá kapr karas lín	2	10	Tubifex Limnodrilus	—
4,0	horší polysaprobita	přežívá kapr karas lín	1	30	Tubifex Limnodrilus	—
4,5	mikroaerobie anaerobie odp. vody		0,1 0,0	50		

4 Metodika

V rámci této bakalářské práce byla zkoumána čistící nádrž přírodního koupaliště v Radotíně v období mezi 26.5.2020 a 24.9.2020. Toto období bylo zvoleno, protože se jedná o hlavní koupací sezónu, a tím pádem část roku, kdy se kvalita vody a s ní i druhová skladba bentosu může nejdramatičtěji měnit (Hartman et al. 2005; Burket 2019). Za tuto dobu bylo provedeno devět odběrů s časovým odstupem přibližně 14 dnů. Při každém odběru byly vzorky odebrány ze dvou míst nádrže. Konkrétně vždy jeden vzorek ze začátku čistící nádrže (blíže u přítoku vody z koupací nádrže) a druhý z oblasti jejího konce, kde voda opouští čistící nádrž a vtéká přepadem do nádrže koupací. Přesná místa odběrů vzorků jsou vyznačena v příloze 1. Odběry z oblasti nátoky jsou za pořadovým číslem označené číslem 1, odběry z oblasti odtoku číslem 2. Práce proběhlé v souvislosti se získáním dat pro tuto bakalářskou práci lze rozdělit na terénní (odběry vzorků) a laboratorní (kvantifikace, determinace, fotodokumentace). V rámci jiné části výzkumu nádrže byla také v průběhu celého pozorovaného období měřena teplota ponořenými záznamovými teploměry, které zaznamenávaly údaje o teplotě v hodinovém kroku. Dále byl také zjišťován chemismus vody (bakalářská práce: Petr Maxa - Sezónní vývoj množství živin a fytoplanktonu v biotopové čistící nádrži Radotín, 2021).

4.1 Zájmové území

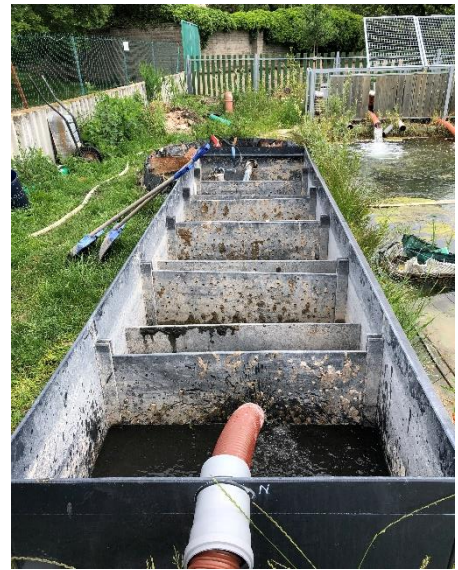
Zájmovým územím je čistící nádrž přírodního koupaliště Radotín. Areál koupaliště se nachází v městské části Praha – Radotín (Praha 16) v jeho jižní části. Čistící neboli biologická nádrž je situována v severní části areálu. Konkrétní informace o čistící nádrži, včetně rozměrů, jsou zmíněny v předchozí části této práce v kapitole Biotop Radotín. V příloze č. 4 je uveden graf, zobrazující teplotu vody v nádrži v průběhu pozorování. V příloze č. 5 jsou uvedeny hodnoty chemismu vody čistící nádrže.

4.2 Terénní část

Pro odběry vzorků makrozoobentosu byly použity následující pomůcky:

- síto – velikost oka 0,2 mm, průměr 10 cm,
- síto – velikost oka 0,5 mm, průměr 20 cm,
- 2x plastová láhev na makrozoobentos o objemu 1,5 l,
- plastová miska,
- lihový fix,
- chladicí box,
- vytištěný letecký snímek čistící nádrže,
- tužka.

Vzorky makrozoobentosu byly odbírány netradiční novou metodou při procesu čištění nádrže od sedimentů. To bylo prováděno technickým pracovníkem Biotopu Radotín Ing. Pavlem Radou. K čištění je využíván systém usazovacích boxů, ve kterých se usazují sedimenty při pravidelném odkalování dna čistící nádrže (obr. 2 a 3). Objem každého z nich je 2,4 m³. Do těchto boxů je voda a kal dopravována hadicemi, napojenými na mobilní čerpadla. Sací konec hadice je vybaven košem, který zabraňuje zacpání příliš velkými předměty, jako jsou například kameny. Díky tomuto mobilnímu systému je možné odebírat kal, řasy nebo jiný sedimentovaný



Obr.2: Usazovací box (Michal Ševčík, 2020)

materiál ze dna kterékoli části čistící nádrže, kde se ho zrovna nachází nejvíce. V průběhu období, kdy byly vzorky odebírány, byl tedy materiál nasáván z různých částí nádrže. Plocha, ze které byly sedimenty nasávány, nelze přesně určit, ale přibližně se průměrně jednalo o 80 m², což zhruba odpovídá 1/30 plochy čistící nádrže. Příslušné části nádrže, ze kterých bylo prováděno nasávání sedimentů, jsou vyznačeny v příloze č. 1.

Prostor usazovacích boxů je rozdělen perforovanými přepážkami, které umožňují protékání vody mezi jednotlivými oddíly, ale zadržují kal v nádobách. V případě naplnění nádoby voda odtéká potrubím na začátek čistící nádrže. S odsáváním řas, mrtvé organické hmoty a usazenin na dně jsou nasávány i organismy makrozoobentosu, které byly cílem odběrů.

Odběr vzorků probíhal vždy po zastavení přítoku vody hadicí do usazovacího boxu. Do boxu se napustilo vždy jen tolik vody, aby nezačala odtékat potrubím. Důvodem bylo, aby nedošlo k odplavení některých drobných plovoucích organismů. Po zastavení přítoku vody bylo vyčkáno přibližně 5 minut, než se voda v nádobě ustálila a kal se částečně usadil. Následně byl proveden odběr dvaceti náběry sítko o průměru 10 cm s velikostí ok 0,2 mm. Materiál zachycený sítkem byl vyprazdňován do sítko o průměru 20 cm s velikostí ok 0,5 mm. Sítko bylo po dobu nabírání vzorků drženo z části pod vodou, aby nedošlo k úmrtí odebraných

organismů. Následně bylo propláchnuto, aby byl vzorek zbaven jemných kalových částic. Poté byl obsah sítko předán do plastové láhve o objemu 1,5 l, která byla z poloviny naplněna vodou z nádrže. Nádoba byla postavena do plastové misky, aby v případě vypadnutí části vzorku došlo k jeho zachycení. Nádoba se vzorkem byla následně označena lihovým fixem a uložena do přenosného chladicího boxu. Nakonec bylo do vytištěného leteckého snímku čistící nádrže zaznamenáno, odkud byl nasáván kal při čištění. Stejný postup probíhal u odebrání vzorku v druhé části nádrže, což bylo možné díky používání více usazovacích boxů. Nakonec byly vzorky převezeny do laboratoře České zemědělské univerzity v Praze.



Obr.3: Usazovací box při procesu čištění dna nádrže (Michal Ševčík, 2020)

4.3 Laboratorní část

Pro laboratorní zpracování vzorků byly použity tyto pomůcky:

- stereomikroskop (binokulární lupa) typu ZENITH STM-40 se zvětšením 7 - 40x,
- klíč k určování živočichů,
- petriho misky různých velikostí,
- plastové misky,
- pinzeta,
- pipeta,
- plastové lahvičky pro uchování vzorků o objemu 5 a 10 ml,
- 70 % roztok ethanolu,
- tužka.

Po převezení byly vzorky přendány z chladicího boxu do ledničky. Následně byl zpracován první vzorek. Obsah láhve byl rozdělen do několika plastových misek. Z nich byly poté pinzetami vybrány organismy makrozoobentosu, které byly rozříděny podle taxonomického uspořádání na jednotlivé petriho misky. V případě, že se jednalo o organismy, které lze nejsnadněji determinovat zaživa (např. ploštěnky), byla pro jejich určení v tomto stavu použita binolupa. Následovalo přemístění organismů do plastových lahviček a jejich konzervace 70% roztokem ethanolu. Každá lahvička byla označena číslem odběru a datumem. Následovalo zpracování druhého vzorku. Tento postup práce byl použit při každém zpracování. Někteří zástupci taxonomických skupin byli ještě před zakonzervováním vyfotografováni stereomikroskopem, vybaveným fotoaparát. Když bylo dokončeno všech devět odběrů, byly vzorky znovu vyndány z lahviček, podrobněji určeny a bylo spočítáno množství jednotlivých organismů nebo jejich schránek. Vzorky byly následně vráceny zpět do lahviček a znovu zakonzervovány roztokem ethanolu. K určování bylo užito Stručného klíče sladkovodních živočichů (Chejsin 1955). Druhové určení některých skupin bylo konzultováno se specialisty.

4.4 Zpracování a vyhodnocení dat

Po dokončení laboratorní práce byla data zpracována v prostředí programu Microsoft Office Excel. Bylo vyhodnoceno množství jedinců jednotlivých taxonomických skupin v rámci odběrů. Dále byly vytvořeny výsečové grafy, znázorňující zastoupení jednotlivých taxonomických skupin za sledované období v oblasti nátoky a odtoku čistící nádrže. Vytvořeny byly také sloupcové skládané grafy, které zobrazují zastoupení taxonomických skupin v rámci jednotlivých odběrů. Tento typ grafů byl vytvořen zvlášť pro odběry z oblasti nátoky, odtoku a pro celou nádrž. Vyhodnoceno bylo také zastoupení permanentní a temporální bentické fauny makrozoobentosu čistící nádrže.

5 Výsledky

5.1 Kvalitativní vyhodnocení makrozoobentické fauny a její semikvantita

Celkově bylo odebráno 2197 jedinců makrozoobentosu. Počty organismů z jednotlivých taxonomických skupin podle odběrů jsou uvedeny v tabulce v příloze č. 2. Z výšečových grafů (obr. 4 a 5) je na první pohled patrné, že nejhojněji zastoupeným zoobentickým organismem čistící nádrže je *Asellus aquaticus* (příloha č. 3, obr. 10). Ve vzorcích z oblasti nátoky bylo identifikováno 1176 jedinců tohoto druhu, což tvoří 74 % z veškerého makrozoobentosu odebraného v této oblasti. V oblasti odtoku bylo odebráno jedinců *Asellus aquaticus* podstatně méně (234), stále však i zde tvoří nejhojnějšího zástupce makrozoobentosu, představujícího necelých 39 % z organismů ve vzorcích. Celkově *Asellus aquaticus* představuje 64 % jedinců v odebraných vzorcích. Z grafů na obrázcích 6, 7 a 8 je vidět, že jeho zastoupení bylo dominantní v každém odběru, i když při některých odběrech v oblasti odtoku má zastoupení jen v řádu jednotek.

Druhým nejčastěji zastoupeným taxonem jsou larvy pakomárů (*Chironomidae*) (příloha č. 3, obr. 4), které se opět vyskytovaly při všech odběrech jak v oblasti nátoky, tak odtoku (obr. 7 a 8). Jejich celkový počet je však oproti *Asellus aquaticus* řádově nižší. Celkem bylo odebráno 214 jedinců larev pakomárů, což tvoří necelých 10 % ze všech odebraných organismů, z toho 137 jedinců pochází z oblasti nátoky a 77 z oblasti odtoku.

Třetím početně nejhojnějším determinovaným taxonem makrozoobentosu jsou plži *Radix labiata*. Odebráno jich bylo celkem 156, což tvoří skoro 7 % z odebraných živočichů. Jejich výskyt však nebyl pravidelný. Až na 5 jedinců se vyskytovali pouze v oblasti odtoku. V grafu na obrázku 8 je dobře patrné, že výskyt těchto plžů byl nárazový s maximy při třetím odběru v dolní oblasti a poté ve čtvrtém odběru, ale ve zdaleka menší míře. Kromě *Radix labiata* byli na lokalitě nalezeni i plži druhu *Physa acuta* (příloha č. 3, obr. 11), kterých bylo zaznamenáno celkem 16.

Dalšími hojně zastoupenými skupinami organismů byly larvy chrostíků podřádu Annulipalpia s celkovým počtem 74 jedinců (3 % celkového makrozoobentosu). Jejich výskyt byl nejhojněji zaznamenán během 3. – 5. odběru (25.6. – 24.7.), přičemž převažoval ve vzorcích z oblastí nátoky (obr. 15 a 16). Nalezeny byly také 3 schránky

larev chrostíků podřádu Integripalpia, které všechny pocházely z oblasti odtoku (příloha č. 3, obr. 5).

V průběhu celého pozorování byl také častý výskyt larev vážek (Odonata) (příloha č. 3, obr. 1, obr. 2). Nejpočetněji byly zastoupeny larvy čeledi šídlovitých (*Aeshnidae*) počtem 68 jedinců. Při prvních odběrech se larvy šídlovitých vyskytovaly pouze v oblasti odtoku. Od čtvrtého odběru se začaly objevovat i v oblasti nátok. Pouze v oblasti odtoku se vyskytovaly, až na výjimku jednoho jedince, larvy podřádu stejnokřídlíc (Zygoptera). Jejich počet byl 20 a převažoval výskyt v první polovině pozorovaného období. Nejméně zastoupenou skupinou z řádu vážek byly larvy čeledi *Libellulidae* s počtem 15 jedinců, vyskytující se převážně v první polovině pozorovaného období v oblasti odtoku (obr. 13 a 14).

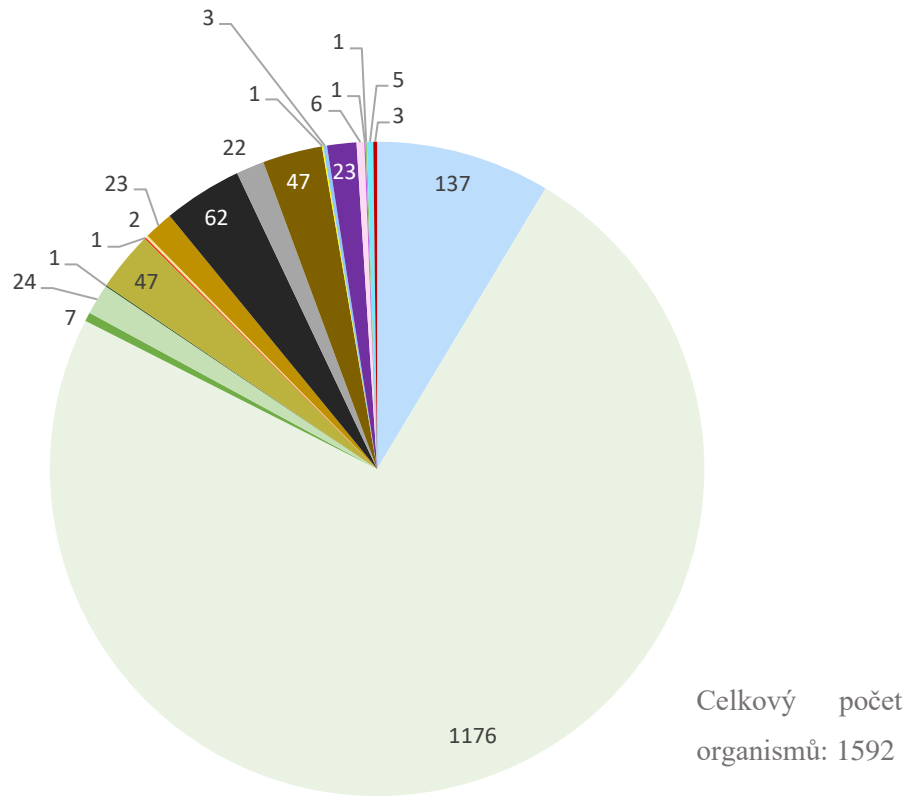
Zaznamenán byl také výskyt ploštěnek, konkrétně druhů *Polycelis nigra* a *Dugesia tigrina*. (příloha č. 3, obr. 6, obr. 7). Všechny tyto ploštěnky až na 4 výjimky byly odebrány z oblasti nátok. *Polycelis nigra* byla odebrána při všech odběrech kromě 6 a 7. *Dugesia tigrina* byla nalezena pouze při posledních dvou odběrech (obr. 9 a 10).

Poměrně velká diverzita (při celkově nevelké početnosti) byla zjištěna u pijavic (Hirudinea). Za pozorované období byly nalezeny a determinovány čtyři taxony. Nejhojněji zastoupeny byly pijavice rodu *Erpobdella* (27 jedinců) (příloha č. 3, obr. 8), dále byl zjištěn výskyt *Helobdella stagnalis* (6 jedinců) (příloha č. 3, obr. 9), *Glossiphonia heteroclita* (1 jedinec) a *Theromyzon tessulatum* (1 jedinec), která se žíví paraziticky na kachnách (viz Diskuse). Výskyt pijavic převažoval stejně jako u ploštěnek v oblasti nátok (obr. 11 a 12).

Dalšími nalezenými zoobentickými organismy byly larvy jepic, konkrétně čeledí *Cenidae* a *Baetidae*. Larvy čeledi *Cenidae* byly zastoupeny pouze čtyřmi jedinci, kteří byli nalezeni při prvním a druhém odběru. Larev čeledi *Baetidae* bylo odebráno 37 jedinců a v jejich výskytu nepanoval žádný převládající trend (obr. 15 a 16)

Z čistící nádrže bylo také odebráno celkem 53 klešťanek (příloha č. 3, obr. 3), jejichž množství bylo vyšší v druhé polovině pozorovaného období. Zaznamenány byly také ojedinělé nálezy, jako larva komára (*Culicidae*) nebo larva bráněnky (*Stratiomys*).

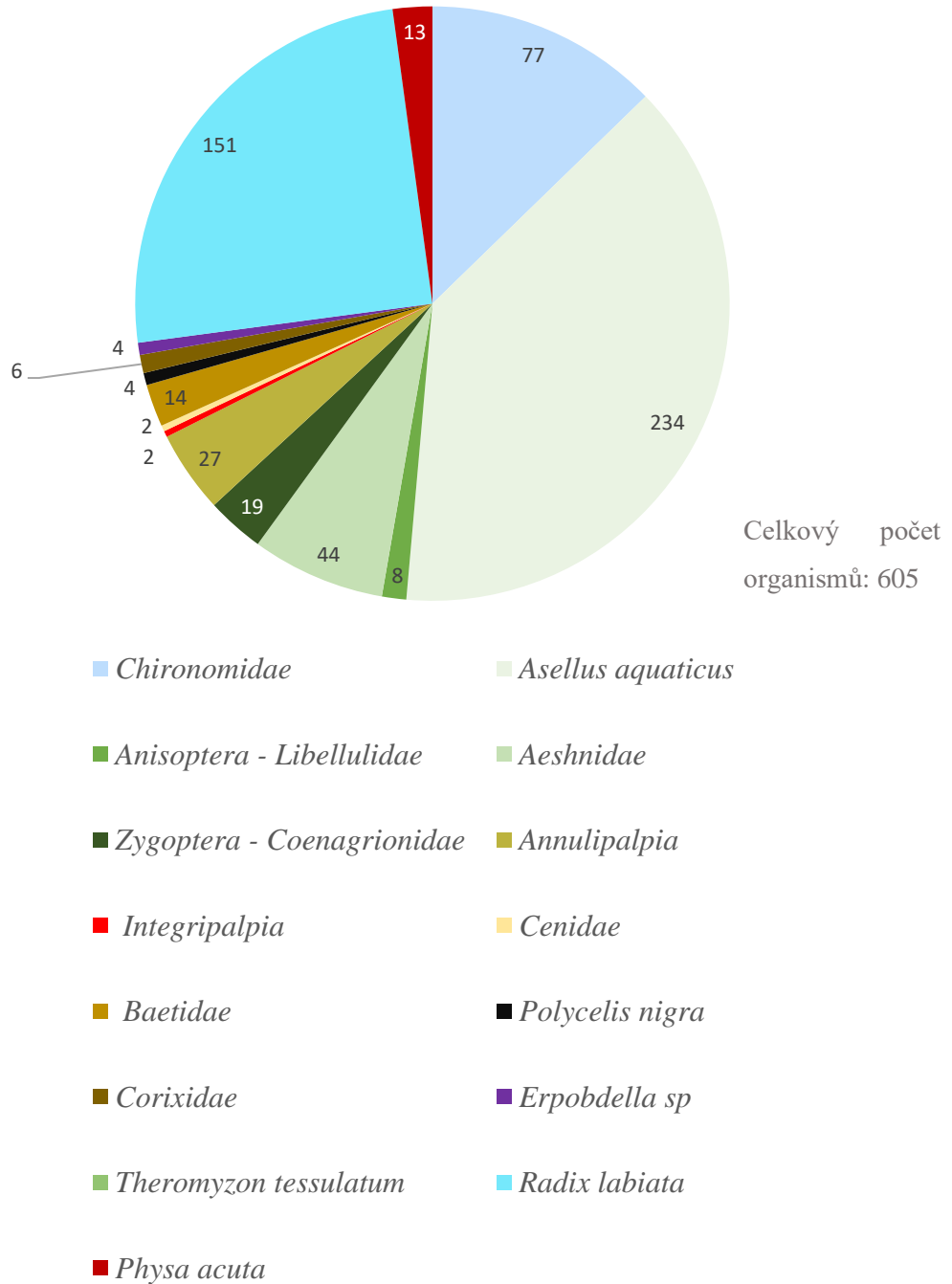
Počty organismů jednotlivých taxonomických skupin v oblasti nátoky čistící nádrže



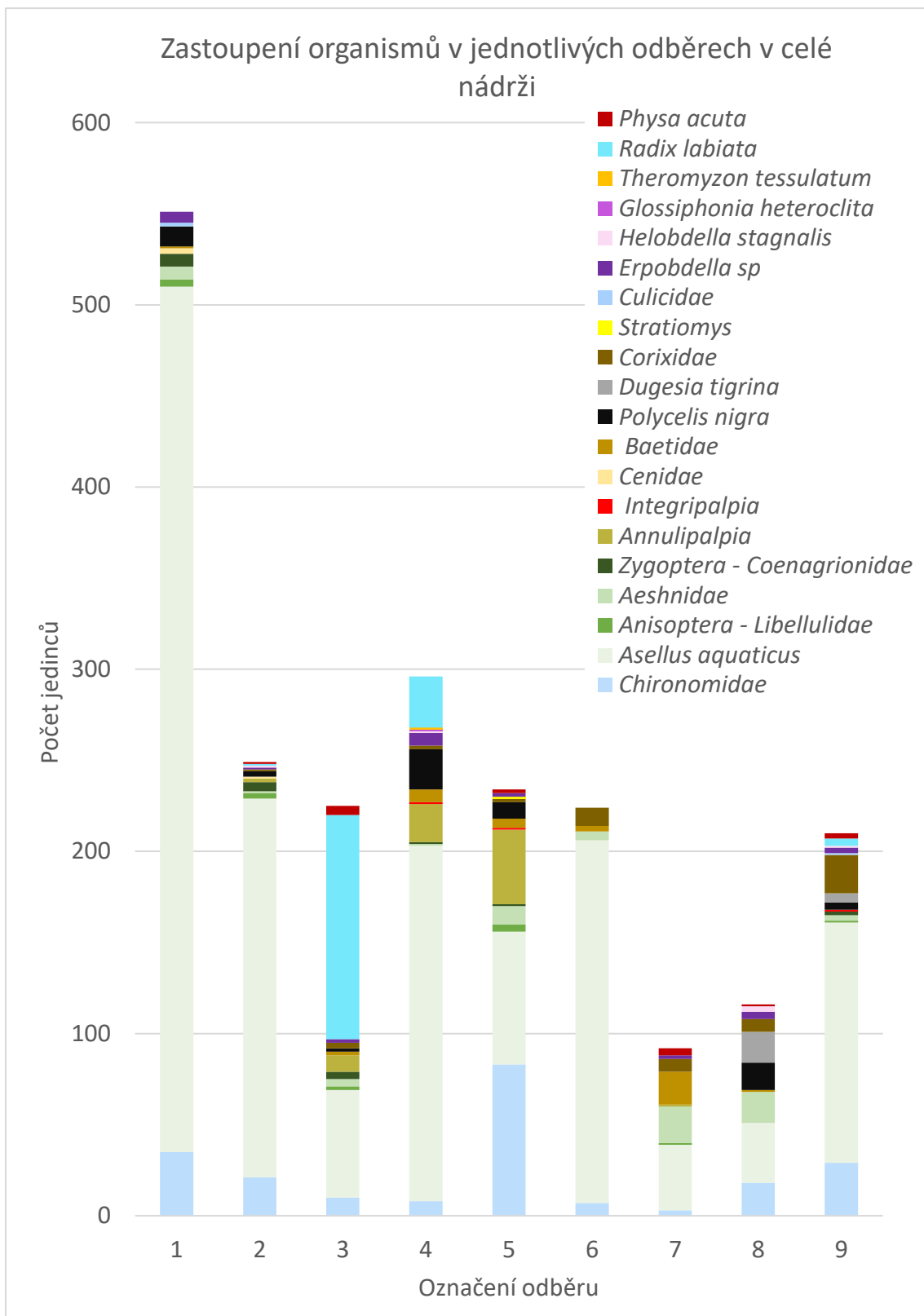
- | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| ■ Chironomidae | ■ <i>Asellus aquaticus</i> |
| ■ Anisoptera - Libellulidae | ■ Aeshnidae |
| ■ Zygoptera - Coenagrionidae | ■ Annulipalpia |
| ■ Integripalpia | ■ Cenidae |
| ■ Baetidae | ■ <i>Polycelis nigra</i> |
| ■ <i>Dugesia tigrina</i> | ■ Corixidae |
| ■ <i>Stratiomys</i> | ■ Culicidae |
| ■ <i>Erpobdella sp</i> | ■ <i>Helobdella stagnalis</i> |
| ■ <i>Glossiphonia heteroclita</i> | ■ <i>Theromyzon tessulatum</i> |
| ■ <i>Radix labiata</i> | ■ <i>Physa acuta</i> |

Obr. 4: Zobrazení počtů jednotlivých taxonů makrozoobentosu, vyskytujících se v oblasti nátoky čistící nádrže (data vychází z tabulky v příloze 2)

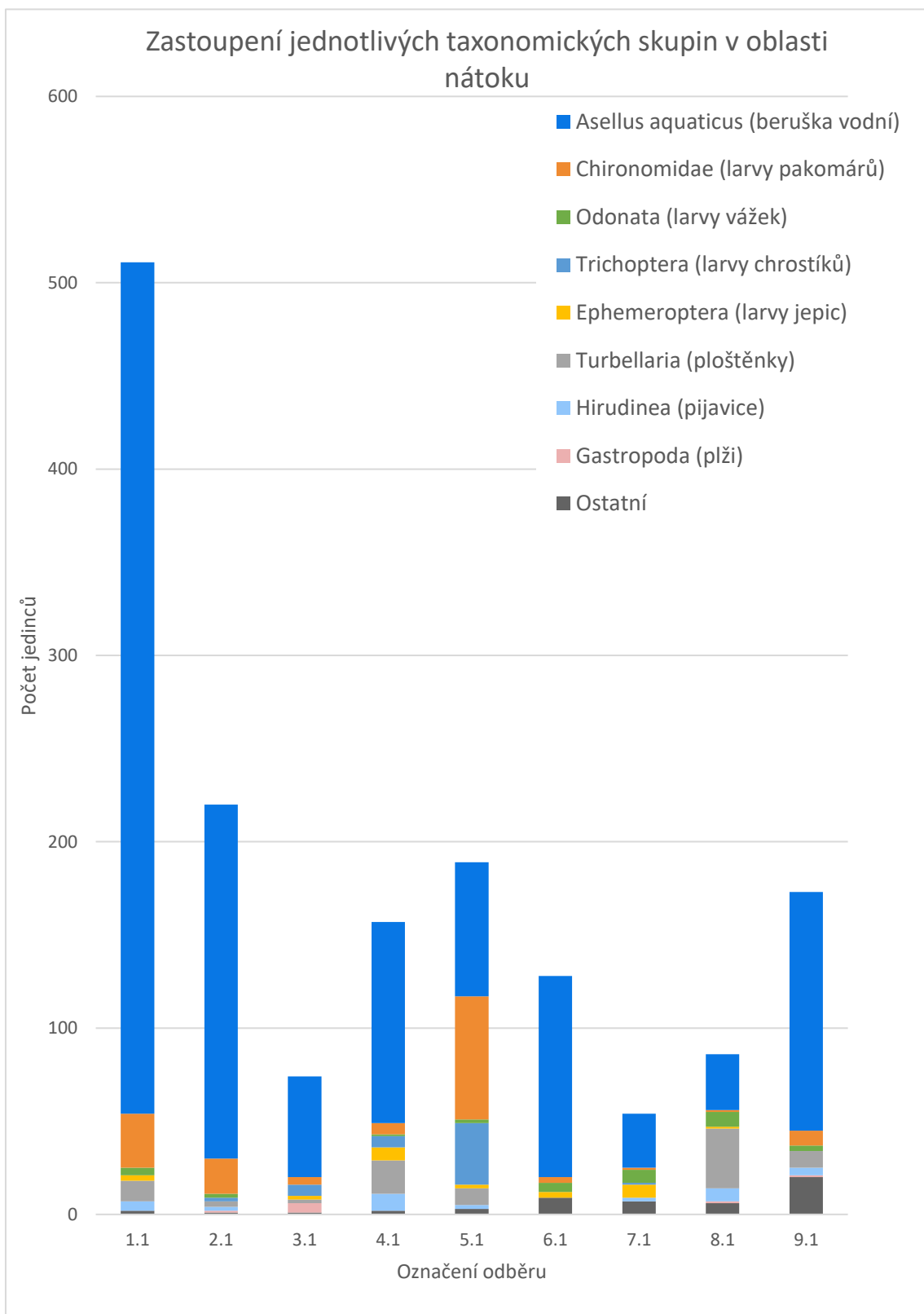
Počty organismů jednotlivých taxonomických skupin v oblasti odtoku čistící nádrže



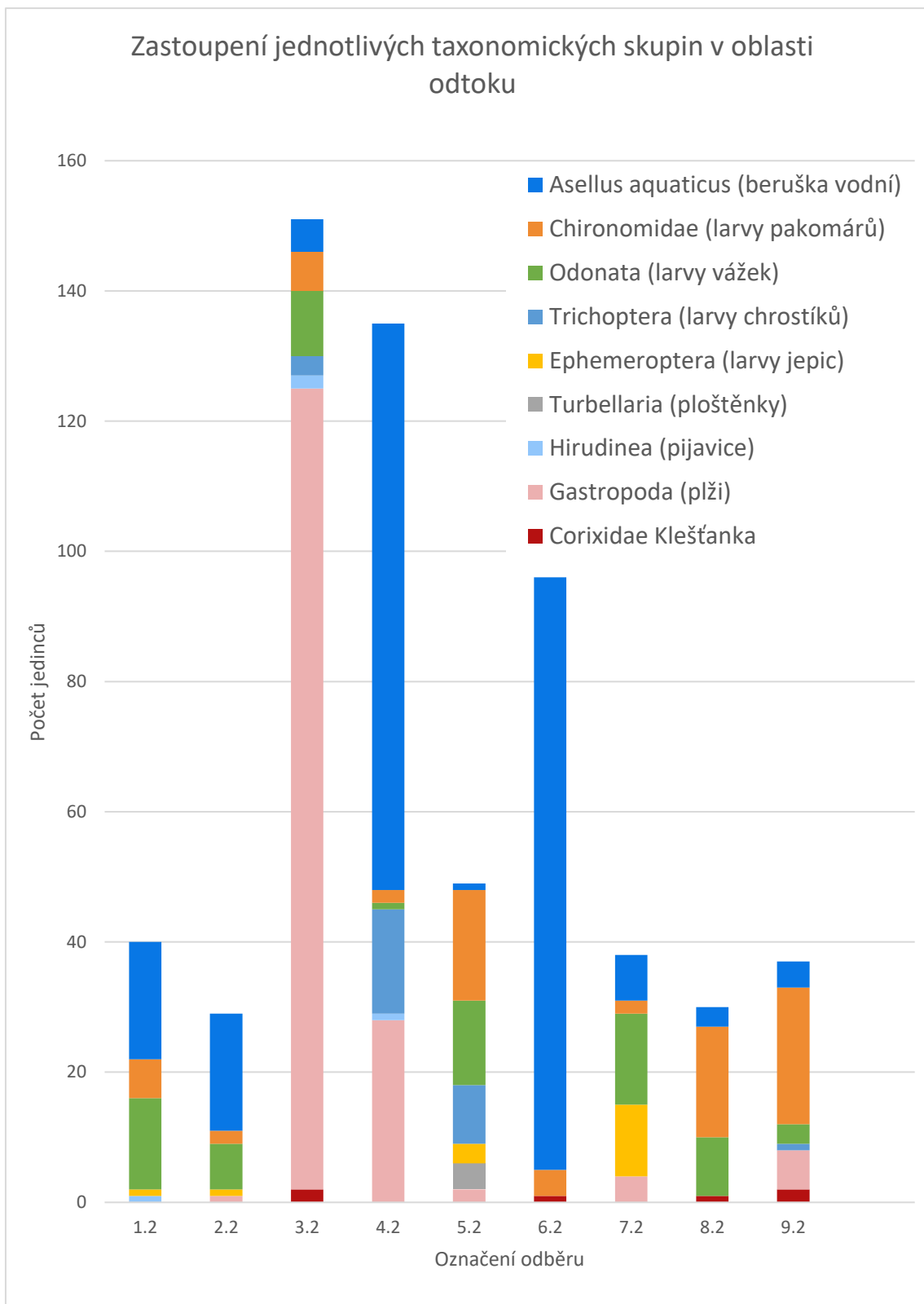
Obr. 5: Zobrazení počtů jednotlivých taxonů makrozoobentosu, vyskytujících se v oblasti odtoku čistící nádrže (data vychází z tabulky v příloze 2)



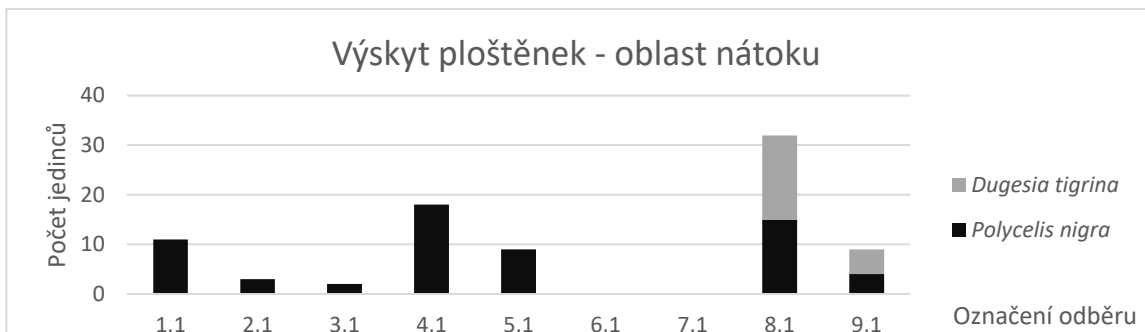
Obr. 6: Zobrazení zastoupení taxonomických skupin v jednotlivých odběrech z celé nádrže – podrobné rozdělení (data vychází z tabulky v příloze 2)



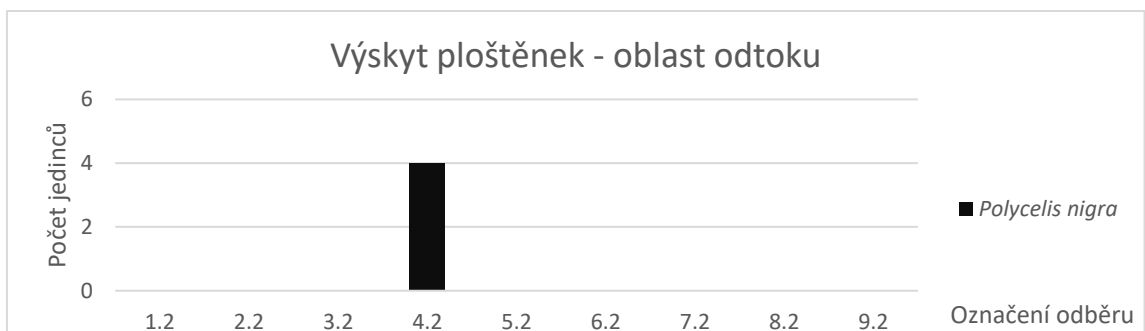
Obr. 7: Zobrazení zastoupení taxonomických skupin v jednotlivých odběrech z oblasti nátku (data vychází z tabulky v příloze 2)



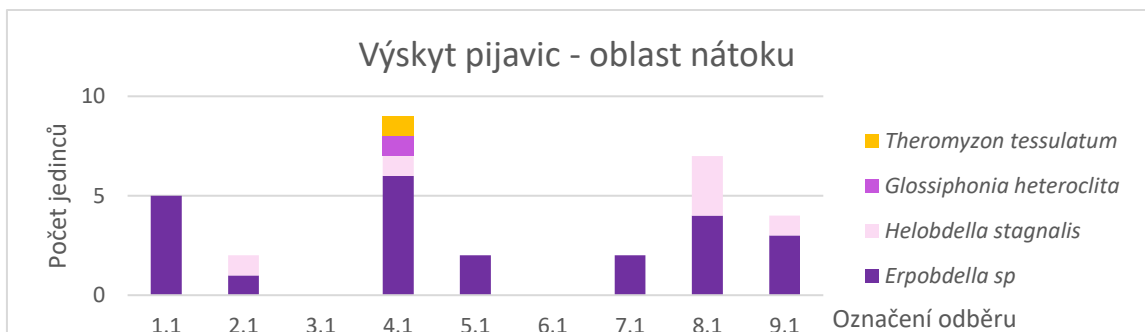
Obr. 8: Zobrazení zastoupení taxonomických skupin v jednotlivých odběrech z oblasti odtoku (data vychází z tabulky v příloze 2)



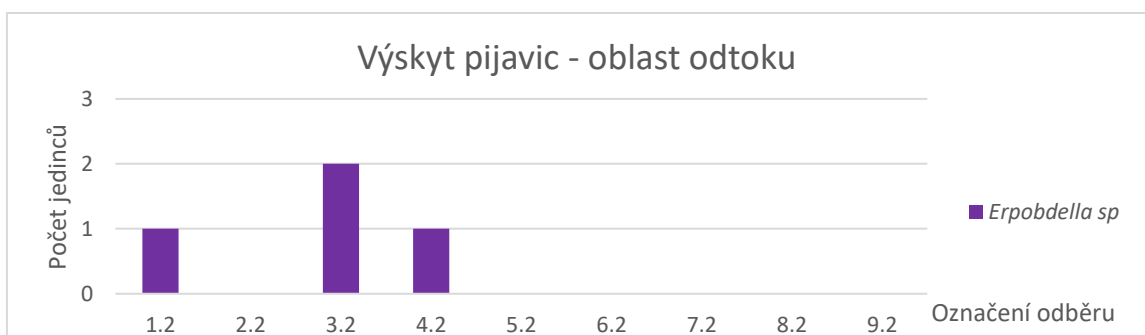
Obr. 9: Početnost a druhové zastoupení ploštěnek ve vzorcích oblasti nátoky (data vychází z tabulky v příloze 2)



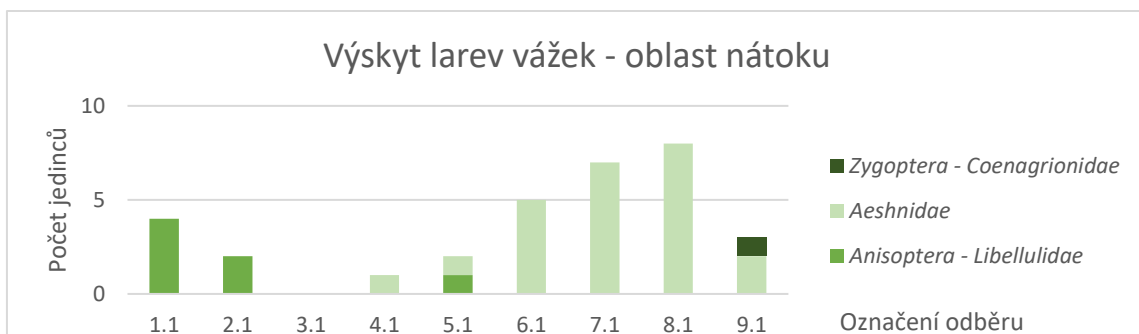
Obr. 10: Početnost a druhové zastoupení ploštěnek ve vzorcích oblasti odtoku (data vychází z tabulky v příloze 2)



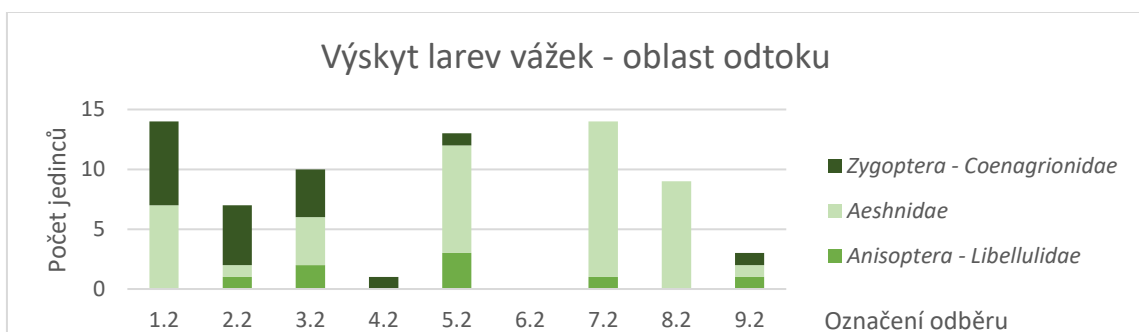
Obr. 11: Početnost a druhové zastoupení pijavic ve vzorcích oblasti nátoky (data vychází z tabulky v příloze 2)



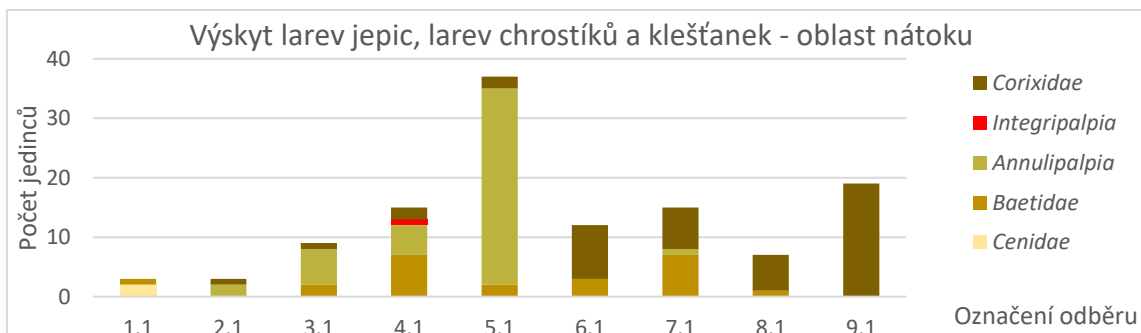
Obr. 12: Početnost a druhové zastoupení pijavic ve vzorcích oblasti odtoku (data vychází z tabulky v příloze 2)



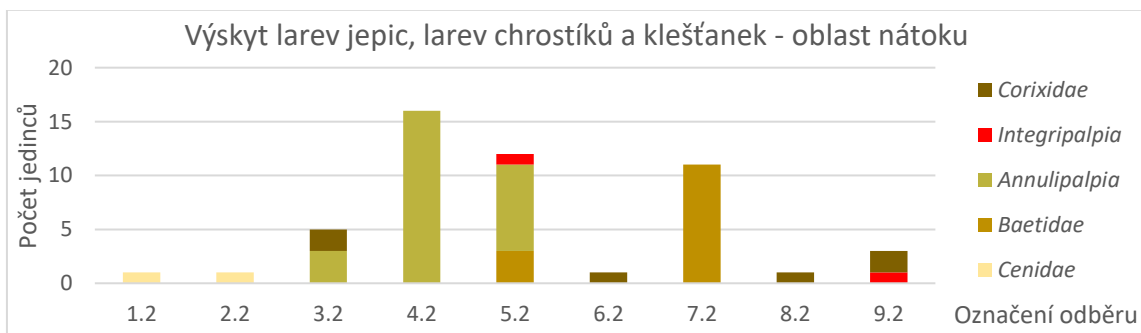
Obr. 13: Celková početnost a zastoupení jednotlivých skupin larev vážek ve vzorcích z oblasti nátoku (data vychází z tabulky v příloze 2)



Obr. 14: Celková početnost a zastoupení jednotlivých skupin larev vážek ve vzorcích z oblasti odtoku (data vychází z tabulky v příloze 2)



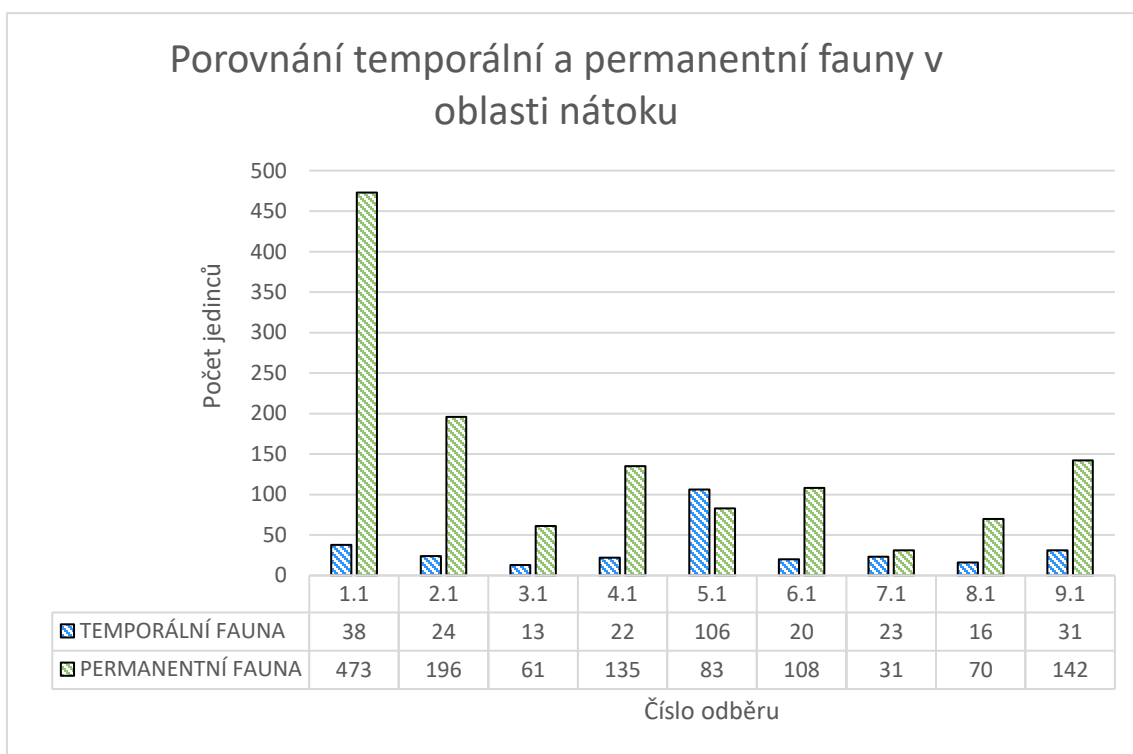
Obr. 15: Celková početnost a zastoupení larev jepic, larev chrostíků a klešťanek v oblasti nátoku (data vychází z tabulky v příloze 2)



Obr. 16: Celková početnost a zastoupení larev jepic, larev chrostíků a klešťanek v oblasti odtoku (data vychází z tabulky v příloze 2)

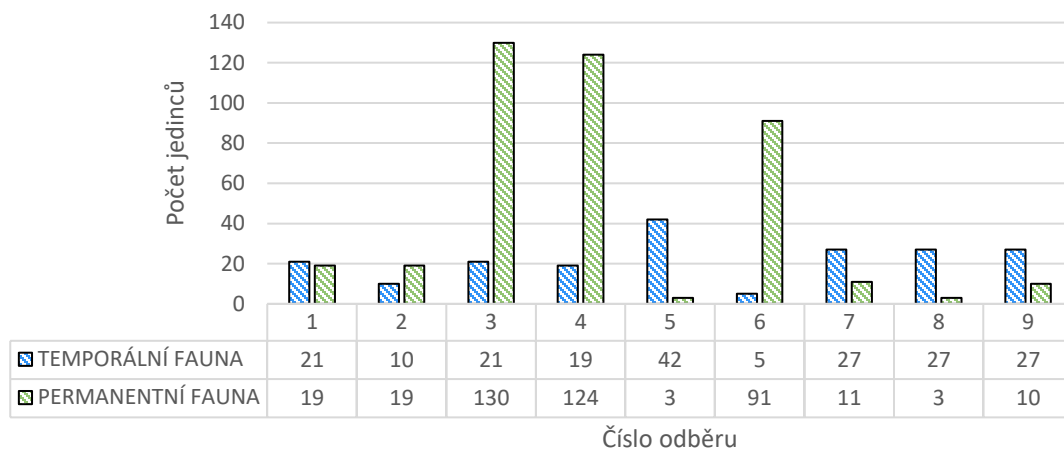
5.2 Porovnání výskytu temporální a permanentní fauny

Kromě samotného vyhodnocení složení makrozoobentické fauny byly odebrané organismy rozděleny na temporální a permanentní faunu. Z grafů na obrázcích 17, 18 a 19 je vidět, že permanentní fauna početně tvoří hlavní část bentických organismů nádrže, konkrétně necelých 78 % z odebraných živočichů. Výrazný růst počtu zástupců temporální fauny je patrný při pátém odběru, a to jak v oblasti nátok, tak odtoku. Tento odběr byl proveden 24.7. a teplota vody zůstávala v tomto období na průměrné hodnotě okolo 25 °C, což je proti předchozímu období teplota vyšší (příloha č. 4). Oproti ostatním odběrům byly zaznamenány vysoké počty larev pakomárů, chrostíků podřádu Annulipalpia a larev řádu vážek. Při šestém odběru bylo jedinců, zastupujících temporální faunu zaznamenáno řádově méně.



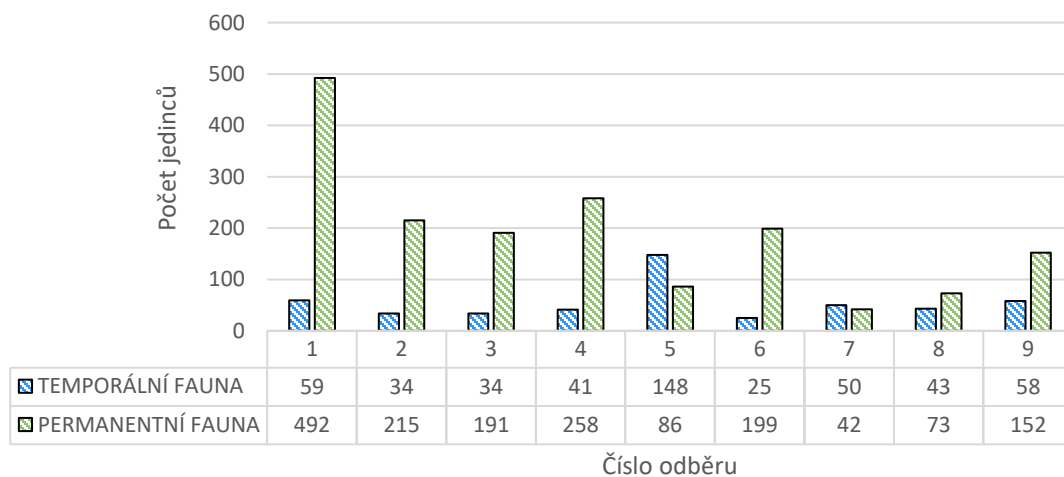
Obr. 17: Porovnání zastoupení temporální a permanentní fauny v oblasti nátok (data vychází z tabulky v příloze 2)

Porovnání temporální a permanentní fauny v oblasti odtoku



Obr. 18: Porovnání zastoupení temporální a permanentní fauny v oblasti odtoku (data vychází z tabulky v příloze 2)

Porovnání temporální a permanentní fauny v celé nádrži



Obr. 19: Porovnání zastoupení temporální a permanentní fauny dohromady v celé nádrži (data vychází z tabulky v příloze 2)

6 Diskuse

V průběhu pozorovaného období byla zaznamenána v čistící nádrži koupaliště značná druhová rozmanitost makrozoobentosu, přičemž nejhojněji zastoupeným organismem byl *Asellus aquaticus*. Výskyt tohoto organismu v čistící nádrži jednoznačně odpovídá publikovaným údajům, protože tento korýš žije v různých typech stojatých vod, zejména v těch, kde se nachází hustá vodní vegetace nebo velké množství napadaného listí (Hartman et al. 2005). Druhými nejpočetněji zastoupenými organismy jsou larvy pakomárů. Ty tvoří hlavní složku makrozoobentosu našich stojatých vod. Za potravu jim slouží živé nebo mrtvé mikroskopické části rostlin (Hartman et al. 2005). Z těchto dvou důvodů nebyl proto ani výskyt larev pakomárů v čistící nádrži ničím nečekaným.

Početně třetím nejhojnějším identifikovaným taxonem byli plži *Radix labiata*. Tento vodní plž je jedním z našich nejběžnějších. Vyskytuje se převážně v menších stojatých vodách, jako jsou tůňe a malá jezírka. Je jedním z prvních měkkýšů, kteří obsazují nově vzniklé vodní nádrže (Hudec et al. 2019). Je tedy opět vidět, že výskyt těchto plžů není ničím neobvyklým. Zajímavým nálezem je však další druh plžů, který se v nádrži vyskytoval. *Physa acuta* (příloha č. 3, obr. 11) je totiž v naší přírodě nepůvodním druhem zavlečeným ze Severní Ameriky (Horsák et al. 2010). Oproti *Radix labiata* byly však její počty velmi malé. *Physa acuta* nebyl jediný nalezený organismus nepůvodní v naší přírodě. Zjištěn byl výskyt ploštěnky *Dugesia tigrina* (příloha č. 3, obr. 7), která je v Evropě považována za invazní druh původem ze Severní Ameriky. Její výskyt je častý zejména ve vodách bohatých na živiny, ale je možné ji najít i v čistých vodních tocích. Nesnáší pouze silné znečištění. Její ekologická valence je velmi široká, což odpovídá jejímu rozšíření po celé Evropě (Heuss 1971; Reslová 2011). V čistící nádrži se kromě této nepůvodní ploštěnky vyskytovala i *Polycelis nigra* (příloha č. 3, obr. 6). Její výskyt v čistící nádrži přesně odpovídá publikovaným charakteristikám tohoto druhu. *Polycelis nigra* se vyskytuje převážně ve vodách s nízkým obsahem živin a skoro chybí ve vodách eutrofních (Reslová 2011). Častý je také její výskyt na spodní straně listů vodních rostlin (Hartman et al. 2005). Obě tyto podmínky nádrž splňuje ať už množstvím emerzní vegetace, vydatnými nárostovými řasami nebo množstvím živin ve vodě (příloha č. 5).

V čistící nádrži byla také zjištěna poměrně velká druhová variabilita pijavic. Nejpočetnější skupinou byly pijavice rodu *Erpobdella* (příloha č. 3, obr. 8). Tyto pijavice se živí drobnými bezobratlými, jako jsou například pakomáři (Motyčka, Roller 2001). Pakomárů a jiných drobných bezobratlých se v čistící nádrži nachází dostatek, a proto výskyt tohoto rodu pijavic zde dává smysl. Další odebranou pijavicí byla *Helobdella stagnalis* (příloha č. 3, obr. 9), což je častý druh nevelké rybníční pijavice, který se živí především drobnými plži (Hartman et al. 2005), kterých byl v nádrži zjištěn dostatek. Zajímavým nálezem je *Theromyzon tessulatum* – chobotnatka kachní. Jedná se o méně častý druh, který parazituje v ústní nebo nosní dutině vodních ptáků (Sychra, Schenková 2009). Vodní ptactvo se opravdu na čistící nádrži vyskytuje, není zde ale vítaným hostem kvůli zhoršování kvality vody výkaly (Burket 2019).

Hojnou a relativně rozmanitou skupinou jsou larvy vážek. Z odebraných vzorků byly rozlišeny celkem tři čeledi. Nejvíce zástupců bylo z čeledi *Aeschnideae*. Tyto vážky se obvykle vyskytují v zarostlých stojatých vodách (Reichholf-Riehmová 1997). Druhou nejpočetnější skupinou byla čeleď *Coenagrionidae* (příloha č. 3, obr. 2). Její druhy jsou opět typické pro stojaté hustě zarostlé vody, často slepá ramena řek (Bednařík 2020). Poslední skupinou vážek je čeleď *Libellulidae* (příloha č. 3, obr. 1). Opět se jedná o typické obyvatele stojatých vod. Navíc často jako první osidlují nově vzniklá vhodná stanoviště (Reichholf-Riehmová 1997). Z odebraných larev vážek je tedy vidět, že se jedná o skupiny, které pro svůj život vyhledávají stojaté vody zarostlé vegetací. V okolí nádrže byla také hojně pozorována a nafotografována imaga všech tří zmiňovaných čeledí (příloha č. 3, obr. 12–15). Některé z nich se podle fotografií podařilo určit do druhu, po jednom z každé čeledi. Jedná se tedy o doklad, které druhy se v nádrži vyskytují, protože lze předpokládat jejich kompletní vývoj a životní cyklus.

Ve vzorcích bylo identifikováno i několik jedinců larev jepic čeledi *Baetidae*. Tyto jepice jsou v našich vodách velmi běžné a jako potrava jim slouží řasy, kterých je v nádrži velké množství (Chinery 1999). Dalšími odebranými skupinami hmyzu byly larvy chrostíků, podrádů *Annulipalpia* i *Integripalpia* (příloha č. 3, obr. 5). Jejich určení však nebylo provedeno přesněji, takže z jejich výskytu lze jen obtížně vyvozovat nějaký závěr. Součástí odebraných vzorků byla také čeleď *Corixidae* ze skupiny ploštic, která je pro naše stojaté vody běžná (Macek 2001). Z dvoukřídlých byla, kromě pakomárů,

zaznamenána také jedna larva bráněnky (*Stratiomys*), která se běžně vyskytuje v mokřadech a drobných stojatých vodách (Gerstmeier 2004). Tento nález je důležitý, protože bráněnky jsou zahrnuty v Červeném seznamu ohrožených druhů České republiky (Farkač et al. 2005). Celkově podle literatury makrozoobentická fauna v čistící nádrži odpovídá společenstvům obývajícím spíše mělké vody zarostlé vegetací.

Zajímavé je, že voda v čistící nádrži obsahuje málo živin (příloha č. 5), má velkou průhlednost a působí až oligotrofním dojmem. U čistících nádrží (obecně) by se naproti tomu dalo očekávat, že se bude jednat spíše o vodu eutrofizovanou, s bohatým výskytem fytoplanktonních organismů. Tak tomu však u této biotopové nádrže není (příloha č. 6). I přes malý obsah rozpuštěných živin ve volné vodě však na dně vzniká velké množství organické hmoty a sedimentů, které, jak se ukazuje, jsou velmi úživné pro bentické organismy. Společenstva planktonu a bentosu se zde tedy setkávají v ne zcela běžné kombinaci. Ve vodě se nachází málo živin a málo planktonu, v bentále je naopak hojnost organické hmoty a tomu odpovídající zoobentos.

Ze získaných vzorků lze také přibližně stanovit saprobitu čistící nádrže. Jedná se však pouze o hrubý odhad. Pro přesné stanovení by bylo zapotřebí přesnější determinace některých taxonomických skupin, která nemohla proběhnout z důvodu omezeného přístupu do laboratoří kvůli epidemii covid - 19. Hodnoty individuálních saprobních indexů pro organismy, které jsou v rámci práce přesně určeny, se pohybují nad číslem 2 (*Polycelis Nigra* – 2; *Physa acuta* – 2; *Corixa* - 2; *Erpobdella* - 2,1; *Dugesia tigrina* - 2,2; *Theromyzon tessulatum* – 2,4; *Glossiphonia heteroclita* – 2,6; *Helobdella stagnalis* – 2,8; *Asellus aquaticus* – 2,8) (Sládeček, Sládečková 1997). Průměr z těchto známých hodnot individuálních saprobních indexů je roven 2,3. U druhů z taxonomických tříd, které nebyly přesněji určovány, se hodnoty pohybují také kolem čísla 2. Tyto hodnoty odpovídají horší beta - mezosaprobitě (viz tabulka 1). Beta – mezosaprobita je označení pro vody mírně znečištěné s dobrým obsahem kyslíku (Sládeček, Sládečková 1996).

Ze vzorků všech odběrů je jasně viditelná rozdílnost v počtu organismů odebraných v oblasti nátoky a odtoku (obr 7 a 8). V oblasti nátoky se kromě třetího odběru (kdy došlo v oblasti odtoku až k masivnímu nárůstu počtu plžů *Radix labiata*) vždy vyskytovalo více organismů. Tato prostorová heterogenita je podle mého názoru

způsobena čistícími procesy, které v nádrži probíhají. Do oblasti nátoky přitéká voda obohacená živinami pocházejícími ze znečištění koupací nádrže. V oblasti nátoky se tedy mnohem lépe daří emerzním rostlinám v drátěných koších (hrázky) a nárostovým řasám. Vzniká zde také velké množství mrtvé organické hmoty. Ta spolu s řasami slouží jako potrava pro zoobentické konzumenty a tvoří vhodný habitat pro ostatní organismy makrozoobentosu. V oblasti odtoku se nárostových řas, mrtvé organické hmoty a sedimentů vyskytuje mnohem méně, tím pádem se zde zdržuje i menší počet bentických organismů. Jediné taxonomické skupiny, které převažovaly v oblasti odtoku, jsou měkkýši a larvy vážek. To, že se v oblasti odtoku vyskytuje méně organismů, by mohlo být důkazem, že čistící procesy opravdu fungují. Nádrž tak vykazuje jistou podélnou zonaci, a i když se jedná o jeden objem, chová se nádrž jako systém několika propojených nádrží. Klíčovým faktorem je pak její průtočnost.

Z porovnání temporální a permanentní fauny je vidět, že nádrži ve zkoumaném období dominovala permanentní fauna. Při pátém odběru byl však výskyt temporální fauny značně vyšší než obvykle. Zvýšení průměrné teploty vody v období okolo pátého odběru na přibližně 25 °C (příloha č. 4) může být jedním z faktorů podporujících dokončení ontogenetického vývoje řady hmyzích larev. Podle toho, že při šestém odběru bylo nalezeno zástupců temporální fauny nejméně ze všech odběrů, je možné usuzovat, že v období mezi pátým a šestým odběrem došlo k vylétnutí většiny jedinců temporální fauny. Možné však také je, že při šestém odběru byl sediment z nádrže odebírán v oblastech s jejím nižším výskytem.

Zamezit takovýmito nejasnostem by bylo možné stanovením několika přesných míst, odkud by materiál z čistící nádrže byl pokaždé nasáván. Dále by bylo možné vytyčit i přesnou plochu těchto míst a odhadnout tak lépe i početní zastoupení bentické fauny v celé čistící nádrži. Přes tyto nedostatky se však použitá nová metoda vzorkování bentosu prokázala jako úspěšná. Lze také předpokládat, že pro porovnání permanentní a temporální fauny by bylo lepší delší pozorované období, nejlépe celý rok. Podle literatury je například nejvyšší abundance larev pakomárů zjišťována v zimních měsících (Hartman et al. 2005). Celkové delší pozorované období by mohlo také prozradit více o změnách druhové skladby makrozoobentosu mimo koupací sezónu, kdy není čistící nádrž zatížená znečištěním způsobeným návštěvníky.

7 Závěr a přínos práce

Tato práce byla jednou ze tří prací, které se zabývaly organismy v přírodním koupališti Biotop Radotín. Cílem práce bylo vyhodnocení kvalitativního složení makrozoobentosu a jeho semikvantitativních změn v čistící nádrži během hlavní koupací sezóny roku 2020. V období přibližně tří měsíců, od 26.5.2020 do 24.9.2020, byly prováděny v rozestupu čtrnácti dnů odběry vzorků makrozoobentosu. Vzorky byly odebírány ze dvou oblastí čistící nádrže – oblast nátoky a odtoku.

Celkem bylo odebráno 2197 organismů, z čehož nejpočetnějším organismem byl *Asellus aquaticus*. Vyskytoval se při všech odběrech v obou oblastech nádrže. Dalšími nejpočetnějšími taxonomickými skupinami organismů byly larvy *Chironomidae* a plži *Radix labiata*. Z čistící nádrže bylo také odebráno velké množství larev dalších skupin hmyzu, několik taxonomických skupin pijavek, ploštěnek a další organismy. Bentická fauna čistící nádrže odpovídá biocenózám stojatých, hustě zarostlých vod, které jsou jen mírně znečištěny. Během zkoumaného období bylo zjištěno, že převládajícím typem organismů je permanentní fauna. Z počtů živočichů odebraných v jednotlivých odběrech je patrná prostorová heterogenita čistící nádrže, která poukazuje na funkčnost čistících procesů. Z druhové rozmanitosti vyplývá, že tento typ koupaliště je stanovištěm, které podporuje druhovou diverzitu ve svém okolí a může dokonce sloužit jako místo výskytu ohrožených druhů. Současně se však může stát i stanovištěm druhů nepůvodních, popř. invazních.

Práce ukázala použití nové metody odběru bentických organismů a tuto metodu je možné doporučit i pro další přírodní koupaliště, které využívají podobnou technologii. Výsledky práce mohou být dále použity jako podklad pro další výzkum v oblasti fungování a provozu přírodních koupališť.

8 Přehled literatury a použitých zdrojů

ASOCIACE BIOBAZÉNŮ A JEZÍREK, ©2013: Standardy pro plánování, stavbu a provoz koupacích jezírek a biobazénů (online) [cit.2020.12.01], dostupné z <<http://www.jezirka-biobazeny.cz/cs/biobazeny/koupaci-jezirka-a-biobazeny/standardy-pro-stavbu-a-provoz/>>

BARYCHAR, T., 2021: Zooplankton biotopového koupaliště v Radotíně, Česká zemědělská univerzita, Fakulta životního prostředí, Katedra ekologie, Praha. (diplomová práce)

BEDNAŘÍK, A. 2020: Natura Bohemica – Coenagrion pulchellum – šidélko široskvrnné. (online) [cit. 2021.02.25], dostupné z < <http://www.naturabohemica.cz/coenagrion-pulchellum/> >.

BENCHAMIN, D., SREEJAI, R., KURUP, B., 2020: Effect of water quality on caddisflies (Trichoptera) in Kallada river, Kerala, India. Current Science, vol. 119, issue 11. P. 1845-1849.

BIOTOP RADOTÍN, ©2014: Biotop (online) [cit. 2021.02.04] dostupné z < <http://biotopradotin.cz/biotop/> >.

BLANCH, R. A, CASANOVAS-MESSANA, A., 2013: Characterization of microbial populations associated with natural swimming pools. Department de Microbiologia, Universitat de Barcelona, vol. 126, part 2, P. 132-137.

BURKET, J., 2019: Biotopové koupaliště Radotín – vliv čištění na kvalitu vody. Česká zemědělská univerzita, Fakulta životního prostředí, Katedra vodního hospodářství a enviromentálního modelování, Praha. 109 s (diplomová práce).

COVICH, A., PALMER, M., CROWL, T., 1999: The role of Benthic Invertebrate Species in Freshwater Ecosystems: Zoobenthic species influence energy flows and nutrient cycling. BioScience, vol. 49, issue 2, P. 119-127.

DRAGOUN, J., 2016: Vliv návštěvnosti na kvalitu vod ve veřejném koupališti biotopového typu. Česká zemědělská univerzita, Fakulta životního prostředí, Katedra aplikované ekologie, Praha. 45 s. (bakalářská práce).

FARKAČ, J., KRÁL, D., ŠKORPÍK, M., 2005: Červený seznam ohrožených druhů České republiky Bezobratlí. AOPK. Praha.

FOOTE, B., STEHR, F., 1987: Chironomidae (Chironomoidea), Immature Insects, vol. 2, Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa, USA, P. 762-764.

GERSTMEIER, R., 2004: Hmyz – Kapesní atlas, Slovart, Praha.

- HAMMOND, G., 2009: Chironomidae, Animal Diversity Web, (online), cit. [2021.02.22], dostupné z < <https://animaldiversity.org/accounts/Chironomidae/> >.
- HARTMAN P., PŘIKRYL I., ŠTĚDRONŠKÝ E., 2005: Hydrobiologie. Informatorium, Praha.
- HEUSS, K. 1971: Nefunde von Dugesia tigrina (GIRARD) (Turbell., Tricladida) im Gebiet des Niederrheines und der unteren Maas. Decheniana, 123, S. 53-57.
- HORSÁK, M., JUŘIČKOVÁ, L., BERAN, L., ČEJKA, T., DVOŘÁK, L., 2010: Komentovaný seznam měkkýšů zjištěných ve volné přírodě České a Slovenské republiky, Malacologica Bohemoslovaca, Suppl. 1: 1-37.
- HUDEC, K., KOLIBÁČ, J., LAŠTŮVKA, Z., PEŇÁZ, M., 2019: Příroda české republiky: průvodce faunou, Academia, Praha.
- CHEJSIN, J., PRAVDA, O., 1955: Stručný klíč k určování sladkovodních živočichů. SPN, Praha.
- CHINERY, M. 1999: Collins Guide To The Insects of Britain & Western Europe (Collins Pocket Guides), Harpercollins Pub Ltd, ISBN: 978-0002191371.
- IOB-EV.COM, ©2021: Webové stránky Mezinárodní organizace pro přírodní koupací vody (online) [cit.2021.03.05], dostupné z < <https://iob-ev.com/> >.
- KLIMEŠ, J., ŠIROKÝ, P., SYCHRA, O., LITERÁK, I., NAVRÁTIL, S., PALÍKOVÁ, M., DOLEJSKÁ, M., BÁRTOVÁ, E., 2013: Zoologie pro bakaláře. Brno, Veterinární a farmaceutická univerzita Brno.
- KONDRATEVA, T., STEPANOVA, N., NIKONENKOVA, T. 2019: The use of zoobenthos to characterize the ecological state of aquatic ecosystems. Proceedings of the International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM, vol 19., P 769 – 777.
- KRUTILEK, O., 2019: Koupání bez chemie. Podívejte se, jaké jsou koupací biotopy ve vašem kraji (online) [cit. 2021.02.04], dostupné z < https://www.idnes.cz/zpravy/domaci/koupani-biotopy-voda-cistota.A190823_113253_domaci_onkr >
- KUMPFMÜLLER, M., 2008: Wege zur Natur im Garten. OÖ Akademie für Umwelt und Natur, Linz.
- KUNDANATI, L., DAS, P., PUNGO, N., 2021: Prey Capturing Dynamics and Nanomechanically Graded Cutting Apparatus of Dragonfly Nymph. Materials, vol 14., P. 559

LANGER, S., VEZSENYI, K., DE CARLE, D., BERESFORD, D., KVIST, S., 2018: Leeches (Annelida: Hirudinea) from the far north of Ontario: distribution, diversity, and diagnostics. NRC Research Press vol. 96, P 141-152.

LELLÁK J., KUBÍČEK F., 1991: Hydrobiologie. Univerzita Karlova, Praha.

LITTLEWOOD, M., 2005: Natural Swimming Pools: Inspiration for Harmony with nature. Schiffer Publishing.

LOPES-LIMA, M., 2014: Anodonta cygnea. The IUCN Red List of Threatened Species 2014, dostupné z < <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-1.RLTS.T156066A21400900.en>. >.

MACEK, J., 2001: Svět zvířat – bezobratlí (2). Albatros, Praha

MAPY.CZ, ©2021: Letecká mapa 2018 (online) [cit.2021.03.17], dostupné z < <https://mapy.cz/letecka-2018> >.

MARVAN P., KOZÁKOVÁ M., 2006: Metodika odběru a zpracování vzorků fytoENTOSU stojatých vod. VÚV TGM, Praha.

MAXA, P., 2021: Sezónní vývoj množství živin a fytoplanktonu v biotopové čistící nádrži Radotín, Česká zemědělská univerzita, Fakulta životního prostředí, Katedra ekologie, Praha. (bakalářská práce).

MOTYČKA, V., ROLLER, Z., 2001: Svět zvířat – bezobratlí (1). Albatros, Praha.

O'CALLAGHAN, I., HATTISON, S., FITZPATRICK, D., SULLIVAN, T., 2019: The freshwater isopod *Asellus aquaticus* as a model biomonitor of environmental pollution: A review. Chemosphere, vol 235, P. 498-509.

REICHHOLF, J. 1998: Pevninské vody a mokřady – Ekologie evropských sladkých vod, luhů a bažin. Ikar, Praha.

REICHHOLF-RIEHMOVÁ, H., 1997: Hmyz a pavoukovci. Ikar, Praha.

RESLOVÁ, M., 2011: Ploštěnky (Platyhelminthes: Tricladida) v ČR, Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Katedra zoologie, Praha, 40 s (bakalářská práce).

ROWE, R., TRUEMAN, J., 2009: Dragonflies and damselflies. The Tree of Life Web. (online) [cit. 2021.02.12], dostupné z < <http://tolweb.org/Odonata/8266/2009.10.16>. >.

SEFTON, A., REYNOLDSON, T., 1972: The Effect of Temperature and Water Chemistry on the Life-Cycle of *Planaria torva* (Turbellaria: Tricladida). Journal of Animal Ecology, vol. 41, P. 487-494.

SCHWARCOVÁ, K., 2020: dvě unikátní koupaliště s přírodním způsobem čištění, bez chlóru a bez chemie. (online) [cit. 2021.12.01], dostupné z < <https://ekolist.cz/cz/zelena-domacnost/rady-a-navody/dve-unikatni-koupaliste-s-prirodnim-zpusobem-cistení-bez-chloru-a-bez-chemie.a-v-praze> >.

SLÁDEČEK, V., SLÁDEČKOVÁ, A., 1996: Atlas vodních organismů se zřetelem na vodárenství, povrchové vody a čistírny odpadních vod – 1. díl: Destruenti a producenti. Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, Praha.

SLÁDEČEK, V., SLÁDEČKOVÁ, A., 1997: Atlas vodních organismů se zřetelem na vodárenství, povrchové vody a čistírny odpadních vod – 2. díl: Konzumenti. Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, Praha.

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky, v platném znění.

SMRŽ, J., 2014 Základy Biologie, Ekologie a Systému Bezobratlých Živočichů, Karolinum Press, Praha.

SYCHRA, J., SCHENKOVÁ, J., 2009: Pijavice České republiky na počátku 21. století. Živa 2009, čís. 6, dostupné z < <https://ziva.avcr.cz/2009-6/pijavice-ceske-republiky-na-pocátku-21-stoleti.html> >.

ŠEVEČKOVÁ, H., 2014: Využitelnost nových mikrosatelitních markerů pro modelové druhy permanentní a temporální fauny pramenišť. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Ústav experimentální biologie, Oddělení genetiky a molekulární biologie, Brno. 75 s (diplomová práce).

ŠIMEČKOVÁ, J., 2008: Stavba přírodních koupališť-šance pro budoucnost. Svaz zakládání a údržby zeleně, Brno, ISBN 978-80-254-4251-7.

THORP, J., COVICH, P., THORPE, J., 2001: Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates. Elsevier Science & Technology. ISBN elektronické knihy: 9780080530673.

VAN DAMME, D. 2011: Sphaerium rivicola. The IUCN Red List of Threatened Species 2011, dostupné z < <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2011-2.RLTS.T155853A4855157.en> >.

VANSCHOENWINKEL, B., SAIDJA, G., VANDEWAERDE, H., MAITLAND, S., BRENDONCK, L., 2008: Relative importance of different dispersal vectors for small aquatic invertebrates in a rock pool metacommunity. Ecography, vol. 31, P 567–577.

Vyhláška č. 238/2011 Sb., o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch, v platném znění.

WEIXLER, R., 2008: Garten und Schwimmteiche. Stockler, Graz.

9 Přílohy

9.1 Příloha č. 1 – Lokace jednotlivých odběrů



*Obr. 1 Lokace odběru 1 - 26.5.2020,
Mapy.cz, upravil autor*



*Obr. 2 Lokace odběru 2 - 9.6.2020,
Mapy.cz, upravil autor*



*Obr. 3 Lokace odběru 3 - 25.6.2020,
Mapy.cz, upravil autor*



*Obr. 4 Lokace odběru 4 - 10.7.2020,
Mapy.cz, upravil autor*



*Obr. 5 Lokace odběru 5 - 24.7.2020,
Mapy.cz, upravil autor*



*Obr. 6 Lokace odběru 6 - 7.8.2020,
Mapy.cz, upravil autor*



*Obr. 7 Lokace odběru 7 - 20.8.2020,
Mapy.cz, upravil autor*



*Obr. 8 Lokace odběru 8 - 4.9.2020,
Mapy.cz, upravil autor*



*Obr. 9 Lokace odběru 9 - 24.9.2020,
Mapy.cz, upravil autor*

9.2 Příloha č. 2 – Přehled taxonů a počtů odebraných jedinců makrozoobentosu z čistící nádrže Biotopu Radotín v roce 2020

Tabulka 1: Počty odebraných organismů z jednotlivých taxonomických skupin

	26.05.		09.06.		25.06.		10.07.		24.07.		07.08.		20.08.		04.09.		24.09.	
	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2	5.1	5.2	6.1	6.2	7.1	7.2	8.1	8.2	9.1	9.2
<i>Chironomidae</i>	29	6	19	2	4	6	6	2	66	17	3	4	1	2	1	17	8	21
<i>Asellus aquaticus</i>	457	18	190	18	54	5	108	87	72	1	108	91	29	7	30	3	128	4
Anisoptera - <i>Libellulidae</i>	4		2	1		2			1	3				1				1
<i>Aeshnidae</i>		7		1		4	1		1	9	5		7	13	8	9	2	1
Zygoptera - <i>Coenagrionidae</i>		7		5		4		1		1							1	1
Annulipalpia			2		6	3	5	16	33	8			1					
Integrilpalpia							1			1								1
<i>Cenidae</i>	2	1		1														
<i>Baetidae</i>	1				2		7		2	3	3		7	11	1			
<i>Polycelis nigra</i>	11		3		2		18	4	9						15		4	
<i>Dugesia tigrina</i>															17		5	
<i>Corixidae</i>			1		1	2	2		2		9	1	7		6	1	19	2
<i>Stratiomys</i>									1									
<i>Culicidae</i>	2																	1
<i>Erpobdella sp</i>	5	1	1			2	6	1	2				2		4		3	
<i>Helobdella stagnalis</i>			1				1								3		1	
<i>Glossiphonia heteroclita</i>							1											
<i>Theromyzon tessulatum</i>							1											
<i>Radix labiata</i>				1	5	118		28										4
<i>Physa acuta</i>			1			5				2				4	1		1	2

= Temporální fauna

= Permanentní fauna

9.3 Příloha č. 3 – Fotodokumentace hlavních zástupců makrozoobentosu čistící nádrže, léto 2020



Obr. 1 Larva vážky - Anisoptera – Libellulidae, pravděpodobně Orthetrum cancellatum (autor fotografie: Michal Ševčík, 2020)



Obr. 2 Larva šidélka - Zygoptera – Coenagrionidae (autor fotografie: Michal Ševčík, 2020)



Obr. 3 Klešťanka – Corixidae (autor fotografie: Michal Ševčík, 2020)



Obr. 4 Larva pakomára – Chironomidae (autor fotografie: Michal Ševčík, 2020)



Obr. 5 Schránka larvy chrostika – Integripalpia (autor fotografie: Michal Ševčík, 2020)



Obr. 6 Ploštěnka - Polycelis nigra (autor fotografie: Michal Ševčík, 2020)



Obr. 7 Ploštěnka - Dugesia tigrina (autor fotografie: Michal Ševčík, 2020)



Obr. 8 Pijavice rodu Erpobdella (autor fotografie: Michal Ševčík, 2020)



Obr. 9 Helobdella stagnalis (autor fotografie: Michal Ševčík, 2020)



Obr. 10 Beruška vodní - Asellus aquaticus (autor fotografie: Michal Ševčík, 2020)



Obr. 11 Levatka ostrá – Physa acuta (autor fotografie: Michal Ševčík, 2020)



Obr. 12 Šidélko větší - Ischnura elegans - samec (autor fotografie: Jana Soukupová, 2020)



Obr. 13 Šidélko větší - Ischnura elegans - samice (autor fotografie: Jana Soukupová, 2020)

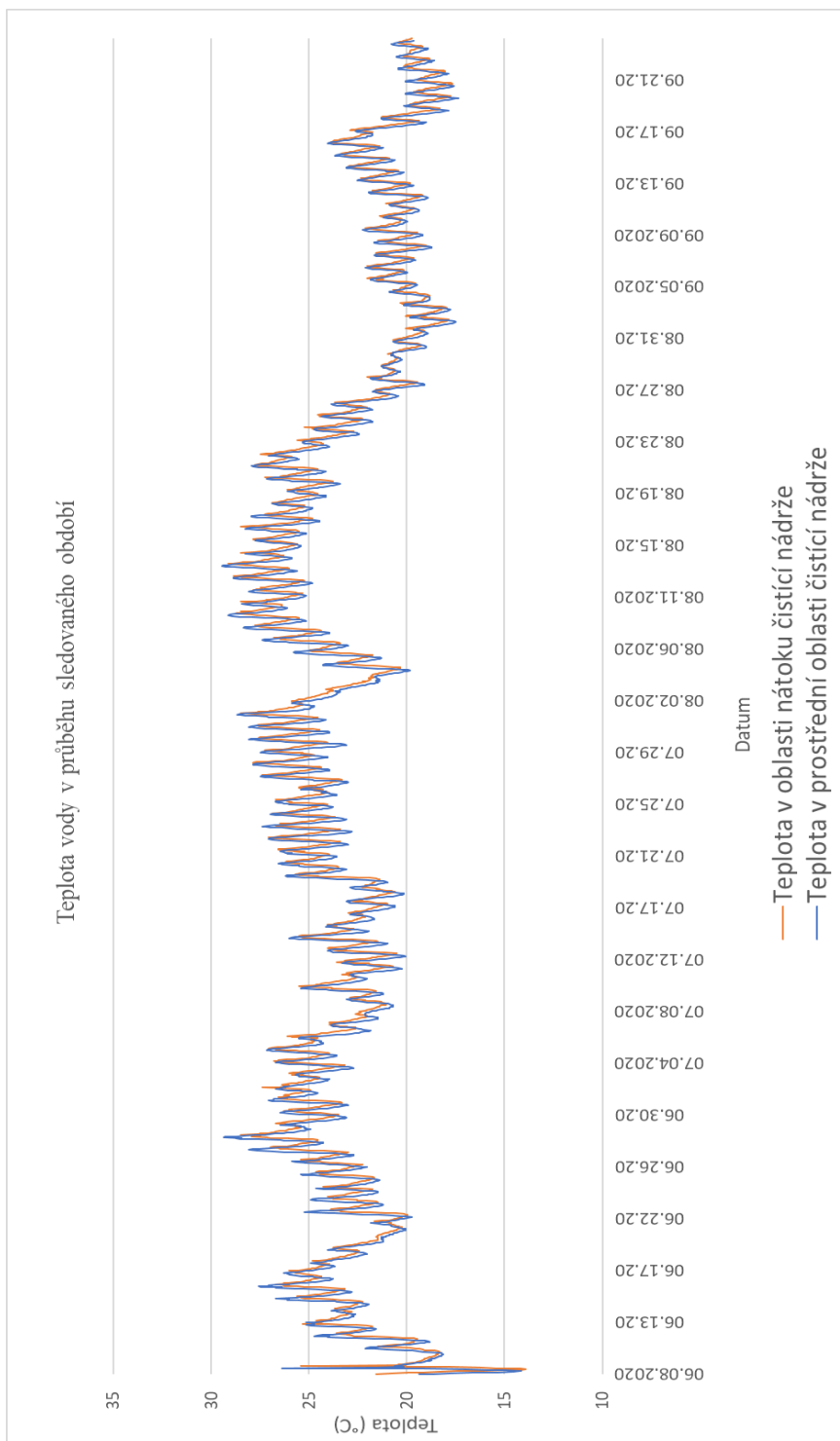


Obr. 14 Orthetrum cancellatum – vážka černořitá (autor fotografie: Jana Soukupová 2020)



Obr. 15 Vážka obecná - Sympetrum vulgatum (autor fotografie: Jana Soukupová, 2020)

9.4 Příloha č. 4 – Graf teploty vody čistící nádrže v průběhu sledovaného období



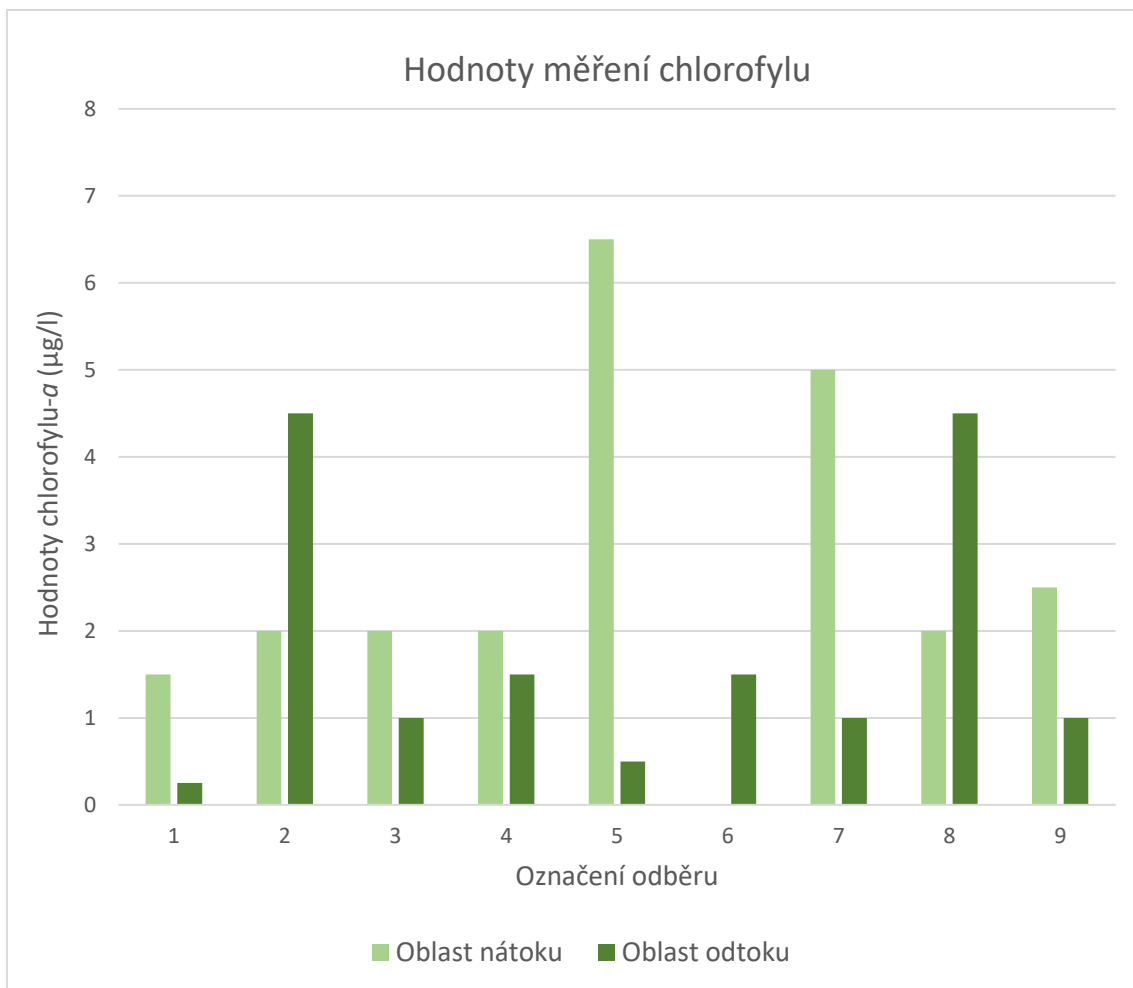
Obr. 1: Průběh teploty vody v čistící nádrži (Maxa, 2021)

9.5 Příloha č. 5 – Hodnoty chemismu vody čistící nádrže

Tabulka 1: Chemismus vody čistící nádrže (Maxa, 2021)

Datum odběru	Označení	pH	Amoniakální dusík		Amonné ionty		Celkový UHLÍK		Org. UHLÍK		Anorg. UHLÍK		Celkový DUSÍK		Org. DUSÍK		Anorg. DUSÍK		Dusitany		Dusičnany		Dusičnanový dusík		Dusitanový dusík	
			N-NH ₄ ⁺ mg/l	NH ₄ mg/l	TC mg/l	TOC mg/l	TIC mg/l	TN mg/l	TON mg/l	TIN mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	N-NO ₃ ⁻ mg/l	N-NO ₂ ⁻ mg/l												
25.06.	RAD ZAČ	8,12	0,100	0,129	31,586	5,389	26,197	0,989	0,836	0,154	0,000	0,238	0,054	0,000	0,000	0,000	0,000	0,238	0,054	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
25.06.	RAD KON	8,18	0,100	0,129	34,322	6,572	27,751	1,206	1,054	0,152	0,000	0,230	0,052	0,000	0,000	0,000	0,000	0,230	0,052	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
10.07.	RAD ZAČ	8,42	0,100	0,129	35,291	8,021	27,269	1,368	0,995	0,374	0,000	1,212	0,274	0,000	0,000	0,000	0,000	1,212	0,274	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
10.07.	RAD KON	8,28	0,100	0,129	39,147	8,336	30,812	1,370	1,007	0,363	0,000	1,165	0,263	0,000	0,000	0,000	0,000	1,165	0,263	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
24.07.	RAD ZAČ	8,65	0,100	0,129	29,598	7,779	21,819	1,465	1,071	0,394	0,000	1,301	0,294	0,000	0,000	0,000	0,000	1,301	0,294	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
24.07.	RAD KON	8,63	0,100	0,129	26,619	6,874	19,745	1,287	0,830	0,458	0,000	1,583	0,358	0,000	0,000	0,000	0,000	1,583	0,358	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
07.08.	RAD ZAČ	8,45	0,000	0,000	31,486	7,595	23,892	1,660	1,126	0,534	0,025	2,330	0,526	0,008	0,025	0,025	0,025	2,330	0,526	0,008	0,025	0,025	0,008	0,008	0,008	
07.08.	RAD KON	8,39	0,000	0,000	31,721	7,844	23,877	1,671	1,088	0,583	0,024	2,547	0,575	0,007	0,024	0,024	0,024	2,547	0,575	0,007	0,024	0,024	0,007	0,007	0,007	
21.08.	RAD ZAČ	8,26	0,000	0,000	27,015	6,071	20,944	1,380	0,900	0,480	0,000	2,123	0,480	0,000	0,000	0,000	0,000	2,123	0,480	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
21.08.	RAD KON	8,18	0,000	0,000	27,055	5,614	21,441	1,191	0,666	0,525	0,000	2,324	0,525	0,000	0,000	0,000	0,000	2,324	0,525	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	

9.6 Příloha č. 6 – Hodnoty chlorofylu ve vodě čistící nádrže



Obr. 1: Hodnoty chlorofylu ve vodě čistící nádrže (Maxa, 2021)