

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA EKOLOGIE



**SEZÓNÍ VÝVOJ MNOŽSTVÍ ŽIVIN A
FYTOPLANKTONU V BIOTOPOVÉ ČISTICÍ ČÁSTI
RADOTÍN**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

VEDOUCÍ PRÁCE : MGR. MICHAL BÍLÝ, Ph.D.

AUTOR: PETR MAXA

2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Petr Maxa

Krajinářství
Vodní hospodářství

Název práce

Sezónní vývoj množství živin a fytoplanktonu v biotopové čistící nádrži Radotín

Název anglicky

Seasonal development of nutrients and phytoplankton in the biological pond Radotín

Cíle práce

Popsat vývoj společenstva fytoplanktonu během jedné vegetační sezóny v prostředí biotopové čistící nádrže Radotín, v souvislosti s množstvím živin.

Metodika

- 1) provedení odběru kvzorků fytoplanktonu během vegetační sezóny 2020.
 - Odběry budou provedeny planktonní trubicí.
 - Odběry budou realizovány na 2 profilech nádrže, v intervalu 14 dnů od května do září 2020.
- 2) Determinace nejzastoupenějších taxonů fytoplanktonu ve vzorcích.
- 3) Kvantifikace relativních změn množství fytoplanktonu pomocí spektrofotometrického stanovení chlorofylu a ve vzorcích.
- 4) Vyhodnocení sezónního trendu změn složení fyoplanktonního společenstva, za použití dat o chemismu vody v nádrži.

Doporučený rozsah práce

30 stran

Klíčová slova

řasy, fytoplankton, biotopová čistící nádrž, živiny

Doporučené zdroje informací

HARTMAN, P. – PŘIKRYL, 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 29. 03. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Sezónní vývoj množství živin a fytoplanktonu v biotopové čistící nádrži Radotín“ vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem 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

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu práce Mgr. Michalu Bílému, Ph.D., za velmi obětavý a pečlivý přístup v průběhu celé práce a vedení v laboratoři. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Janě Soukupové, Ph.D., a Ing. Pavlu Radovi za pomoc a informace při odběrech vzorků. Poděkování dále patří Ing. Jakobovi Burketovi, za poskytnuté zdroje a užitečné rady. Další díky patří Ing. Diego Sebastian Serrano Suarez za poskytnutou asistenci při laboratorních pracích a Kateřině Petráškové z Biotop Radotín, za poskytnuté podklady k práci. V neposlední řadě bych rád poděkoval své rodině, partnerce a přátelům za podporu, která mi byla oporou během celého studia.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce doplňuje trojici prací, které se v roce 2020 zabývaly živými organismy, vyskytující se v přírodním koupališti Biotop Radotín. Hlavním cílem této práce je popsat vývoj společenstva fytoplanktonu. Výzkum probíhal během jedné vegetační sezóny v prostředí biotopové čisticí nádrže Radotín, v souvislosti s množstvím živin v nádrži. Za tímto účelem posloužilo pravidelné pozorování a vzorkování vody a řas. Odběry vzorků byly prováděny s časovým odstupem 14 dnů. Vzorkování probíhalo ve dvou profilech nádrže pomocí planktonní trubice. Dále byly vzorky fytoplanktonu rozřazeny do příslušných taxonů. Množství fytoplanktonu bylo kvantifikováno dle jednotlivých odběrů, pomocí spektrofotometrického stanovení chlorofylu-*a* v odebíraných vzorcích. Za použití dat o chemismu vody v nádrži, bylo možné vyhodnotit trend sezónní změny ve složení společenstva fytoplanktonu. Byly zjištěny rozdíly v množství zjištěného fytoplanktonu mezi oběma profily.

Klíčová slova: řasy, fytoplankton, biotopová čisticí nádrž, živiny

ABSTRACT

This Bachelor's thesis is one of three works, that in 2020 dealt with living organisms occurring in the natural swimming pool Biotop Radotín. The main goal of this work is to describe the development of the phytoplankton community. The research took place during one vegetation season in the environment of the biotope cleaning reservoir Radotín, in the connection with the amount of nutrients in the reservoir. Regular observation and sampling of water and algae was used for the purpose. Sampling was performed with an interval of 14 days. Sampling was performed in two tank profiles using a plankton tube. Furthermore, plankton samples were classified into the relevant taxa. The amount of phytoplankton was quantified according to individual samples, using spectrophotometric determination of the chlorophyll-*a* in the samples taken. Using data on the chemistry of the water in the reservoir, it was possible to evaluate the trend of seasonal change in the composition of the phytoplankton community. Differences in the amount of phytoplankton detected between the two profiles were found.

Key words: algae, phytoplankton, biotope cleaning pond , nutrients

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíle práce	2
3	Literární rešerše – Přírodní biotopová koupaliště	4
3.1	Historie koupališť.....	4
3.1.1.	Kategorie koupacích vod (Zákon 258/2000Sb.).....	5
4	Výstavba, údržba a provoz biotopových koupališť.....	6
4.1	Biotopové koupaliště Radotín	7
	Koupací jezero	7
	Biologické jezero.....	7
4.2	Základní ekologické pojmy	9
4.3	Skupiny organismů vodní nádrže	11
4.3.1	Nekton	11
4.3.2	Bentos.....	11
4.3.2.1	Mikrobiální bentos.....	11
4.3.2.2	Fytobentos.....	11
4.3.2.3	Zoobentos.....	11
4.3.3	Pleuston, neuston.....	12
4.3.4	Plankton.....	12
	Zooplankton	12
	Bakterioplankton	12
	Fytoplankton	13
4.4	Sladkovodní flóra	13
	Sinice a řasy	14
4.4.1	Sinice.....	14
4.4.2	Řasy.....	14
4.5	Biogenní prvky v nádrži	16
4.5.1	Kyslík.....	16
4.5.2	Uhlík.....	16
4.5.3	Dusík	17
4.5.4	Fosfor.....	17
4.5.5	Vápník.....	17
4.5.6	Železo.....	17
4.5.7	Síra	18

5	Metodika	18
5.1	Odběr vzorků	19
5.1.1	Metoda instalace umělých podkladů	20
5.1.2	Kvalitativní zastoupení fytoplanktonu.....	21
5.1.3	Měření koncentrace chlorofylu- <i>a</i>	22
6	Výsledky.....	24
6.1	Teplota.....	24
6.2	Chemismus	25
6.3	Kvantita fytoplanktonu.....	27
6.4	Složení řasových společenstev	27
6.5	Návštěvnost.....	29
7	Diskuze.....	30
8	Závěr a přínos práce	35
9	Literatura a použité zdroje	36
10	Přílohy.....	40
10.1	Příloha 1. – Obr. 1. a 2. – Letecké snímky s vyznačením schéma odběrů	40
10.2	Příloha 2. Obr. 1., 2., 3. – Doplnující data z Meteostanice - Praha - Libuš	41
10.3	Příloha 3. Tab. 1. - Tabulka podrobného rozboru chemismu vody	43
10.4	Příloha 4. Obr 1., 2., 3., 4. – Ukázka větších vodních rostlin a situace v roce 2020	44
10.5	Příloha 5. Obr. 1., 2., 3.,4. – Fotografická dokumentace nalezených druhů, 2020	46
10.6	Příloha 6. Obr 1. Ukázka trendu vývoje zooplanktonu v nádrži ve sledovaném období.....	48

1 Úvod

Vodu na planetě nelze ničím jiným zastoupit. Zastupuje nepostradatelnou surovinu na Zemi. Avšak voda neslouží pouze k uspokojení životních potřeb a procesů, nýbrž k rekreaci, sportu a relaxování. Lidé mají povětšinou zalíbení v přírodě, jelikož velmi napomáhá navození příjemné, uvolněné atmosféry. Za součást přírody, můžeme označit vodní prostředí. Lidé si s vodu podmanili nejen do vodovodních kohoutků, ale i do zahradních bazénů, okrasných jezírek, rybníků, přehrad a dalších nádrží. Určitá skupina lidí si nemůže, či nechce, vybavit zahradu takovým bazénem, jezírkem nebo podobnou nádrží. Tyto alternativy skvěle poslouží v horkých letních měsících, nejen k ochlazení těla či sportu. Okrasná nebo koupací jezírka navíc skvěle vypadají. Avšak údržba takových nádrží může být finančně, časově nebo fyzicky náročná. Navíc určitá skupina lidí zahradu ani nevlastní.

Ti, kdo zahradu nevlastní, nemohou si dopřát komfort vlastního jezírka či bazénu, musí hledat rekreaci jinde. Veřejná koupaliště naskýtají skvělý kompromis. Při zaplacení jisté částky peněz (vstupné) si kupujeme čas, který můžeme strávit ve veřejném koupališti. Případně můžeme docházet k nádržím ve volné přírodě, které slouží ke stejnému účelu zdarma (rybníky, přehrady, řeky). Výhodou placených veřejných koupališť bývá dostupnost občerstvení, sociálních zařízení apod.

Rozlišujeme dva hlavní typy koupacích míst. Zaprvé jsou to veřejná koupaliště, která podléhají čištění pomocí čerpadel a filtrů. Často se z důvodu hygieny do vody dávkuje desinfekční činidla (chlor). Dále jsou to čistě přírodní vody ve volné přírodě, u kterých dochází k čištění pouze přírodní cestou. Biotopové koupaliště je kombinací obou zmíněných typů. Dochází zde k přírodnímu procesu čištění, kterému napomáhají živé organismy. Funkci technické filtrace a chemické úpravy vody zde tudíž zajišťuje příroda sama, avšak v podmínkách přímo vytvořených tomuto procesu. Voda v těchto tzv. biotopech není nijak chemicky upravena, jelikož by se narušil čistící ekosystém. Takto pročištěná voda je vhodná ke koupání, včetně lidí s citlivou pokožkou, kteří mohou mít například při koupání v rybnících s přemnoženými sinicemi kožní problémy. Dalším benefitem biotopových koupališť můžeme označit pořizovací a provozní náklady. Tyto jsou mnohonásobně menší než u veřejných koupališť. Dále zaujme biotop svým vzhledem. Nejedná se o modrou nádobu s vodou, avšak často vydlážděnou, zelení oplývající oázu, která svým vzhledem do okolí často perfektně zapadá.

Povrch dna biotopového koupaliště může být vysypán kačírskem, vydlážděn protiskluzovou dlažbou nebo jen folií zabraňující vsaku. Slabou stránkou trendu biotopových koupališť je jejich sezónnost. Nejsou totiž nijak vyhřívaná, proto jejich provoz a využití závisí na aktuálním počasí a na podnebí v daném místě. Počasí ukazuje stav ovzduší, podíváme-li se na teploměr. Jedná se tedy o okamžitý stav. Ovlivňuje jej soubor meteorologických prvků, například oblačnost, teplota vzduchu, směr a rychlost větru, srážky apod. Naproti tomu podnebí zohledňuje dlouhodobý stav počasí. Podnebí ovlivňuje cirkulace uvnitř atmosféry, energetická bilance, a podle všeho i člověk.

Čistota vody v koupališti může kolísat v závislosti na počasí, teplotě vody, chemismu zdrojové vody, a v neposlední řadě na návštěvnosti. Pro vyhovující kvalitu vody, musí všechny tyto faktory splňovat dané hygienické předpisy a samozřejmě i stránku estetiky.

Smyslem této bakalářské práce bylo popsat společenstvo fytoplanktonu a přiblížit funkci řas v biotopovém koupališti Radotín. Tj. v jakém množství a druhovém složení se v nádrži řasy objevují, jak reagují na teplotu vody, chemismus vody a vytíženost koupaliště. Pochopením těchto procesů nám bude dobrým pomocníkem ke zlepšení kvality vody v biotopových koupalištích.

Tato práce je součástí projektu Kvalita vody a účinnost přírodního čištění vody, ve vybraných biotopových koupalištích České republiky (2020B0044), (Burket, 2021), v rámci zkoumání biotopových koupališť. Bakalářská práce doplňuje trojici prací, která se zabývá v této sezóně sledováním Biotopového koupaliště Radotín. (Ševčík, 2021) (Barychar, 2021).

2 Cíle práce

Hlavní cíl této bakalářské práce je popsat kvalitativní a kvantitativní vývoj planktonního společenstva primárních producentů během vegetačního období v prostředí biotopové čistící nádrže v městské čtvrti Radotín. K hodnocení budou použita též data o chemismu vody v dané nádrži, data kontinuálního měření teploty a pozorování výskytu dalších, nikoli jen fytoplanktonních řas.

Rešerše poskytne informace ohledně biotopových koupališť, především těch, které nepodléhají žádnému chemickému čištění, ale jsou čištěna pouze přírodní cestou. Rešerše se zaměří na historii biotopových koupališť a na kvalitu vody v nich, vzhledem k hygienickým požadavkům, a dále na popis v souvislosti biologického čištění a výskytu řas.

Další součástí bude popis koupaliště Radotín, údržby čistícího jezera a činností kolem něj.

Součástí práce bude i vlastní laboratorní výzkumná práce. Jejímž cílem bude získat ucelený obraz o kvalitativním a kvantitativním zastoupení fytoplanktonu, v souvislosti s teplotou a chemismem vody v nádrži během sledovaného období.

3 Literární rešerše – Přírodní biotopová koupaliště

3.1 Historie koupališť

Není pochyb o tom, že zeleň a voda působí blahodárně na psychické i fyzické zdraví, kterému dáváme velmi velkou váhu. To byl jeden z důvodů, proč lidé zkrášlují své životní prostředí, ve kterém žijí. Děje se tak ve velkých městech ale i na venkově. Nejen v sousedních státech se společnosti snaží zlepšit životní podmínky tím, že sníží znečištění vzduchu, omezí produkci odpadu, ale i zlepši kvalitu vody ke koupání. Namísto čištění vody chemikáliemi, případně zápachu chlóru, dávají přednost samé přírodě. Budují přírodní koupaliště, která jsou ekologická a méně ekonomicky náročná, oproti standardním koupalištím. (Šimečková, 2008).

Již od pradávna, koupání, plavání a očista těla buduje společné kořeny. V průběhu staletí, kdy člověk žije po boku s vodou, vzniklo jakési pouto. Vodu chápeme jako zdroj ochlazení, odpočinku, prostředí pro sport nebo léčení. První zmínky o veřejném koupání se tradují na počátku 19. století. Vznikaly první plovárny, ale i příslušenství, např. mola, zpevnění břehů nebo šatny. Do té doby tomuto účelu sloužily přírodní vody řek, rybníků a později přehrad. Plovárny se později dělily na občanské a vojenské. Historicky první vybudovanou plovárnou byla plovárna Pod Letnou v Praze, o níž se zmínky se objevují již v roce 1809. Tato plovárna vznikla na nynějším nábřeží Edvarda Beneše, nedaleko Strakovy akademie a kaple sv. Máří Magdalény. Byla to vůbec první dochovaná zmínka o podobném zařízení v celém Rakousku-Uhersku. V něm, i v okolních zemích pak následovala další taková zařízení, jako např. vídeňská plovárna (1812) či berlínská plovárna (1817). Rozmach těchto zařízení na našem území nastal se vznikem samostatné Československé republiky. S rozvojem říčních plováren, vznikaly také první sportovní svazy a kluby. 60. léta minulého století nastartovala masivní rozmach stavby nových koupališť a takto účelových nádrží (Šimečková, 2008).

Postupem času, kdy stále vzrůstalo procento hnojení polí, zatížení průmyslem a odpadovým hospodářství, se kvalita vody začala neúprosně snižovat. Kvalita přírodních vod postupem času upadala, a koupání začalo být na mnoha místech téměř nemožné. Znečištění vod stoupalo, avšak hygienické požadavky rostly. Přistoupení k chemické úpravě vody, skutečnost zlepšila. Nicméně chemikálie sloužící k úpravě vody mohly a mohou způsobovat alergické reakce, podráždění pokožky atd (Šimečková, 2008).

Přírodní koupaliště našla své místo i v dalších zemích. Velké oblíbenosti se těšily veřejné, přírodně čištěné koupaliště. Podle Blanche a Casanovase-Messana (2013), vzniklo jako první v Rakousku v 80 letech 20. století. První zmínka dle Weixlera (2007) o prvním koupališti

biotopového typu, pochází z roku 1953. Toho roku v rakouském Grazu, bylo postaveno takové jezírko, avšak za účelem pěstování leknínů. O 23 let později, Weixler (2007) postavil v rakouském Braunau vlastní přírodní koupaliště.

Roku 2010 bychom jich ve střední Evropě napočítali více než 20 000. První biotopové koupaliště v České republice vzniklo v Kovalovicích u Brna (Šimečková, 2008). V současnosti Česká republika poskytuje více než 20 biotopových koupališť (Krutílek, 2019).

3.1.1. Kategorie koupacích vod (Zákon 258/2000Sb.)

Následuje přehled a popis kategorií vod určených ke koupání v ČR dle platné legislativy (Zákon 258/2000Sb.).

- Umělé koupaliště

Zařízení, které může být kryté nebo nekryté stavbou, posluhuje přístupu veřejnosti a samozřejmě dovoluje koupání. Ke zdraví návštěvníků, musí umělé koupaliště dodržovat stanovy ohledně kvality vody.

- Koupaliště ve volné přírodě

Plocha, přírodní nebo uměle vytvořená, taktéž sloužící ke koupání veřejnosti. Součástí koupaliště jsou provozní plochy a vybavením.

- Koupací bazény a biobazény

Koupací bazény vznikají uměle a nefungují jako průtočné nádrže. Jejich přítok tvoří několik vrtů, čerpající spodní vodu. Voda poté v nádrži cirkuluje a nikam neodtéká. Schéma koupacích bazénů rozdělujeme na dvě části. Regenerační zóna, která odstraňuje znečištění činností řas, zooplanktonu a následnou sedimentací. Vzniklý kal obsahuje právě nečistoty vzniklé koupáním osob, a odumřelými organismy. Užitková zóna slouží především pro veřejné koupání. Oddělením regenerační a užitkové zóny, vznikne dvoukomorový koupací bazén. Přesně takový se nachází v Radotíně. Regenerační část je oddělena od části určené pro koupání osob. K oddělení těchto sekcí dojíti nemusí, může jej zastoupit rozšířená břehová část s vegetací.

Biobazény vznikají taktéž uměle. Voda v nádrži cirkuluje a doplňuje se podzemní vodou z vrtů. Čištění vody probíhá nárůstem biofilmu na substrátu. Biofilm a vzniklý sediment musíme odebírat.

Biofilm tvoří mikroorganismy, pokrývající tenkou vrstvou pevný povrch. Nejčastěji jej tvoří jednobuněčné organismy, bakterie, řasy, houby a malí bezobratlí živočichové. (Šimečková, 2008) .

Biotopová koupaliště jsou uvedena ve vyhlášce č. 238/2011 Sb. jako nádrže ke koupání a stavby povolené k účelu koupání vybavené systémem přírodního způsobu čištění vody ke koupání. Tato vyhláška obsahuje požadavky na vybavení, hygienické požadavky, a provoz nádrží, které svým účelem povolují koupání.

4 Výstavba, údržba a provoz biotopových koupališť

Koupání v biotopových koupalištích představuje relativně nový trend. Stále ještě není plně ucelena metodika jejich výstavby, údržby a provozu. Nabídka chemicky čištěných koupališť čím dál více lidí odmítá, například ze zdravotního důvodu. Chemikálie sloužící k úpravě vody mohou způsobovat vyrážky, zarudnutí kůže, pálení očí apod. Původ biotopových koupališť pochází z Rakouska a Německa (Weixler, 2007). To vysvětluje, proč pochází nejvíce literatury o dané problematice z těchto zemí.

Variant a možností výstavby přírodního koupaliště známe několik. Při výběru musíme vzít v potaz jak urbanistické požadavky, tak konkrétní potřeby stavby.

- První možnost přináší parcelu, na které dosud nic postaveno není. Budeme tedy stavět tzv. „na zelené louce“. Dostaneme tak relativně velkou prostorovou a tvarovou svobodu (v rámci parcely). Při projektování musíme brát v potaz charakter krajiny, vhodné zasazení do okolí a bezprostředního okolí. Cíl je samozřejmě co nejjemněji včlenit přírodní koupaliště do krajiny. Samotnou nádrž musíme vhodně rozvrhnout. Kde budou hluboké partie, mělké. Jak bude řešeno jejich oddělení.

- Druhou možností je rekonstrukce bazénu nebo nádrže, která již existuje. Již existující tvar nádrže může být limitující z hlediska tvaru, hloubky apod (Šimečková, 2008).

Nyní víme, zda budeme stavět koupaliště zcela nové, nebo rekonstruovat. Další rozhodnutí padne u uspořádání regenerační části. Šimečková (2008) nádrže rozděluje takto:

- Jednokomorová nádrž, která obsahuje vlastní regenerační část po obvodu, případně formou ostrůvků.

- Dvoukomorová nádrž rozděluje vlastní regenerační část od části určené ke koupání. Vodu pomocí čerpadel přečerpáme z koupací části do regenerační, kde podléhá samotnému procesu čištění. Propojení regenerační (čistící části) je vytvořeno přečerpáváním, nebo gravitačně. Veškerou vegetaci umístíme do regenerační části. Tento systém je samozřejmě výhodnější, zejména z hlediska kvality čištění. Nevýhodou bývá potřeba většího prostoru. Stanovení kapacity biologické části vychází z energetické bilance

dostupných živin, schopnost biologických zón (hrázek) tyto živiny vázat a následně zpracovat.

Oběh vody mezi koupacím a biologickým jezerem je zajištěn za pomoci čerpadel a gravitačně. Zajišťuje ho trubní síť, bez které by koupaliště nemohlo fungovat. Jelikož potřebujeme, aby voda cirkulovala přes regenerační část do koupací, použijeme čerpadla. Vždy přečerpáváme vodu z koupacího jezera (níže položené) do biologické části (výše položené) pomocí čerpadel. V čistící části voda protéká zpravidla gravitačně skrze síť hrázek. Mohou být osazeny vodními rostlinami, a vysypány štěrkem či drobnými kamínky, podporující tvorbu biofilmu. V této části koupaliště také dochází k sedimentaci vzniklého kalu a dalších nečistot. Voda tedy gravitačně protéká již vyčištěná zpět do koupacího jezera. Tento proces se neustále opakuje, aby docházelo ke kontinuálnímu čištění.

4.1 Biotopové koupaliště Radotín

Areál Biotopu nahradil dříve problematickou ČOV. Čistírna odpadních vod po ukončení svého provozu skýtala útočiště nepřizpůsobivým a začala plnit funkci skládky. Po roce 2008 rozpočet hlavního města Prahy schválil likvidaci areálu spolu se sanací. Pověřený Jan Schlitz, upustil od parkové úpravy místa a prosadil vytvoření biotopového koupaliště. Po roku 2009 byl areál bývalé ČOV vyčištěn a stavba započala 2013-2014. Hlavním investorem bylo Hlavní město Praha (Biotop Radotín).

Koupací jezero

Koupací jezero tvoří půdorysným tvarem ovál, též připomínající fazoli. Rozměry má 62 x 75m. Je situováno ve středu areálu. Jezero se dělí na plaveckou a neplaveckou část. Maximální hloubka plavecké části dosahuje 3,25m a neplavecké 1,20m. Tyto části od sebe oddělují plováky a značky. Dno jezera je vydlážděné hrubými dlaždicemi, pod kterými nalezneme fólii. Tímto dosáhneme menších ztrát vsakováním vody. Koupací jezero tak dokáže vytvořit uzavřený okruh vody. (Biotop Radotín). Viz *Obr 1*.

Biologické jezero

Biologické jezero má rozměry 80 x 30 metrů, s hloubkou 0,25 – 0,85 metru. Tvoří jej laguna o vodní ploše více než 2 000 m². Jezero od podloží odděluje folie, pro snížení vsaku. Břehy lemují umělohmotné rohože a hrubé dlaždice (Biotop Radotín). Plochu rozděluje 23 hrázek, díky kterým voda poklidně meandruje směrem k výpusti, ústící zpět do koupacího jezera přes mělký potůček vysypaný kačirkem. Hrázky byly dle projektové dokumentace osazeny rostlinami o hustotě 2,5 ks/m². (Biotop Radotín). Viz *Obr 2*. Zpočátku tvořila hrázky

minerální čedičová vata, avšak pro její problémový chod, byla tato nahrazena betonovými tvárnici. Drátěné koše připevněné na tvárnice jsou naplněné kačírkem a v něm jsou vysazené rostliny (Dragoun, 2016). Toto řešení ovšem není přímo ideální, hrázky by bylo záhodno vymyslet lepším způsobem (Rada, ústní sdělení). Při procesu čištění vzniká na dně laguny množství organických nečistot (kal), které je nutno mechanicky odsát. Odsávání kalu probíhá v pravidelných intervalech. Odsávání kalu není možné provádět automaticky. Sediment na dně, je vysán pomocí kalového čerpadla, napojeného na dlouhou hadici. Aparát doplňuje sací hlavice. Pro velké množství vodních řas není možné odsávat kal ze břehu.

Obě nádrže jsou tedy propojeny a koupaliště tvoří cirkulační systém. To znamená, že do jezera neústí žádný okolní přítok. Voda se doplňuje ze 2 studní, které nalezneme v areálu. Dopouštění vody ze studní, má za úkol dorovnat ztráty vzniklé výparem, případně tím, co návštěvníci odnesou mimo vodní plochu (povrch těla, plavky). Díky nedaleké řece Berounce, je hladina podzemní vody příznivě mělká.



Obr. 1. – Koupací část jezera, Biotop Radotín, 3/2020



Obr. 2. – Biologická část jezera, Biotop Radotín, 8/2020

4.2 Základní ekologické pojmy

Podle Ambrožové (2003) tvoří abiotickou složku ekosystému životního prostředí, charakterizované fyzikálními a chemickými parametry. Jinými slovy hovoříme o neživé přírodě. Druhou skupinu tvoří složka biotická. Zahrnuje všechny organismy a jejich vzájemné vztahy. Tyto složky dohromady tvoří ekosystém. Můžeme jej vysvětlit jako společenství organismů a okolního prostředí. (Ambrožová, 2003).

Životní prostor pro každý jeden organismus se nazývá biotop. Soubor těchto organismů se nazývá biocenóza a podléhá neustálému vývoji (Ambrožová, 2003). Při zachování bezzásahové činnosti, proběhne střídání společenstev, v součinnosti s její sukcesí (vývojem), dokud nenastane rovnováha ekosystému. Tyto biocenózy se specifikují do společenstev dle zastoupení, především je to fytoocenóza (rostliny), zoocenóza (živočichové) a bakteriocenóza (bakterie) (Ambrožová, 2003).

Podle Lelláka a Kubička (1992) ovlivňují ekologicko-fyziologické faktory životní podmínky prostředí, čili výskyt a distribuci rostlin, živočichů nebo mikroorganismů.

Na přírodních procesech si velmi zakládá princip biologického čištění vody. Úroveň trofizace poskytuje informace o rozpuštěných živinách a látkách ve vodě (Ambrožová, 2003).

U některých vod, se snažíme, aby voda byla co nejvíce úživná (Eutrofizace). To znamená, že více rozpuštěných látek ve vodě je (například fosfor, dusík, uhlík), tím více podporují růst primárních producentů, bují také ponořená vodní vegetace a fytoplankton. (Pechar, 2015). U biotopového koupaliště se ovšem snažíme téměř o pravý opak. Nechceme dovolit přílišnému rozvoji primárních producentů, řas a dalších organismů, což by mohlo způsobit snížení kvality vody.

Fyziografickým členěním rozdělujeme vodní nádrž na pelagiál, bentál, litorál a profundál.

Pelagiálem rozumíme oblast volného vodního prostoru, umožňující organismům vznášet se a plavat.

Bentál poskytuje podmínky pro život u dna. Bentičtí živočichové, řasy či mikroorganismy, jsou životem vázány na dno, nebo předměty na dně.

Litorál představuje příbřežní zónu nádrže. Toto pásmo může být zarostlé, tvořené z kamenů, písku a dalšího sedimentu.

Pásmo profundálu nalezneme pod euforickou vrstvou. Eufotická vrstva zjišťuje produkci organické hmoty z minerálních látek, které voda obsahuje, spolu se světelnou energií. Spodní afotická vrstva trpí nedostatkem světla. Ve vrstvě probíhá rozklad organické hmoty za spotřeby okolního kyslíku. Proto u dna nádrží můžeme nalézt menší procento okysličené vody oproti vodní hladině.

Většina živých organismů, které provádějí fotosyntézu, se nazývají autotrofní. Jedná se o přeměnu světelné energie na organické látky, které dále zpracovávají. Nejčastěji tuto skupinu tvoří zelené rostliny, sinice, obrněnky, skrytěnky, zelené řasy, krásnoočka a mnoho dalších. Fotosyntézu podporují eukaryotní buňky v chloroplastech, a u prokaryotních buněk, probíhá fotosyntéza v chromatoforech. Chloroplasty mají ve většině případů zelenou barvu, a to díky chlorofylu. Chlorofyl patří mezi základní pigmenty. Nejdůležitějším je chlorofyl-*a*, bez kterého by nemohla fotosyntéza probíhat (Ambrožová, 2003). Dalšími druhy fotosyntetických pigmentů jsou: chlorofyl (*-b*, *-c*, *-c1*, *-c2*, *-d*), fukoxantin, karoteny, peridin, lutein apod.

Fotosyntéza může mít za následek zvyšování hodnoty pH vody (Lellák a Kubíček, 1992).

4.3 Skupiny organismů vodní nádrže

Organismy dělíme na skupiny podle toho, kde a jak žijí.

4.3.1 Nekton

V této skupiny nalezneme vyšší živočichy, kteří se aktivně a volně pohybují v nádrži, na rozdíl od planktonu (viz níže). Jsou to například ryby, obojživelníci, plazi. Podle Lelláka a Kubíčka (1992) se do nektonu počítají i některé větší druhy korýšů.

4.3.2 Bentos

Organismy žijící u dna nádrží nebo řek. Jsou též přichyceny na spodní i horní straně kamenů, na sedimentu, kořenech, ponořených stromech či dalších naplaveninách.

4.3.2.1 Mikrobiální bentos

Mikroorganismy žijící na dně. Tvoří jej různé houby a bakterie.

4.3.2.2 Fytobentos

Tvoří jej řasy, sinice, druhy mechů, lišejníků a játrovek (Lellák a Kubíček, 1992). Zastoupení těchto druhů závisí na látkách příhodných pro růst a vyhovujícím světelným podmínkám. Velké množství fytobentosu není uzpůsobeno aktivnímu přežití zimních měsíců tvrdí Lellák a Kubíček (1992). Po konci vegetačního období fytobentosu, odumírá, případně vysoce snižuje svou produkční činnost.

4.3.2.3 Zoobentos

Představuje bentické živočichy, nejčastěji žijících u dna na kamenech (litoreofilní), rostlinách (fytoreofilní), případně na sedimentech (pelloreofilní). Zoobentos angloameričtí hydrobiologové rozdělují do několika podskupin, podle toho, v jakém poměru základních potravních skupin profitují (Lellák, Kubíček, 1992). První skupinou jsou drtiči (blešivci, tiplice, pošvatky), kteří svou potravu drtí na menší kousky rostliny a detrit. Sběrači (nitěnky, pakomáři, jepice) dostávají své potravu filtrováním nebo ji různými způsoby zachytáváním potravu z vody či dna. Škrabači a spásači (chrostíci, jepice, dvojkřídli) přizpůsobili svá přijímací ústrojí pro příjem potravu ze dna. Predátoři (pijavka, vážka, ryba) svůj jídelníček naplňují drobnými živočichy.

4.3.3 Pleuston, neuston

Pleustonní organismy jsou takové, které vyhledávají pro svůj život blízkost vodní hladiny. Z hmyzu jsou to například znakoplavky, vodoměrky, a z rostlin například okřehek.

Neustonní společenstvo organismů využívá pouze vodní blanku, vzniklou působením fyzikálních sil při styku mezi vodním prostředím (vodou) a plynným prostředím (vzduchem). (Ambrožová, 2003)

4.3.4 Plankton

V. Hensen již v roce 1887 představil plankton jako společenstvo organismů, jež nedisponují, případně disponují jen velmi jednoduchým pohybovým orgánem (Ambrožová, 2003)

Zooplankton

Zooplankton ve vodě zastává většinou funkci přirozeného filtrátora, a zároveň konzumenta primární produkce jednobuněčných řas a sinic. Mezi zooplankton řadíme drobné prvoky, vířníky a korýše (Ambrožová, 2003). Když filtrující zooplankton dosáhne optimální populační hustoty dokáže přefiltrovat objem vody v nádrži více než jednou za den. Potravu tedy tvoří především fytoplankton a zooplankton tak zabraňuje jeho přemnožení, což by jinak vedlo ke snížení průhlednosti. Šimečková (2008) udává, že dospělý jedinec *Daphnia magna*, přefiltruje až 2 litry vody za jeden den. Zooplankton velmi citlivě reaguje na toxické látky (Šimečková, 2008).

Bakterioplankton

Planktonní bakterie zastupují důležitou roli v cyklu živin. Dekomponují organickou hmotu, formují biomasu ve vodním systému, a tak představují velmi důležitý článek v pelagiálním mikrobiálním potravním řetězci (Havlišová, 2011).

Bakterioplankton zapříčiňuje opalescenci (rozptyl světla způsobený malými částicemi obsaženými v průhledné látce), jinými slovy viditelný zákal vody. Měl by být z tohoto hlediska udržován v minimálním rozšíření. Naopak pro nádrž přínosnější bakterie bentické v nádrži uvítáme (Šimečková, 2008). Bakterioplankton díky své velikosti, která je menší než 0,2 μm , může vytvářet problémy při vodárenství. Díky svým malým rozměrům dokáže projít technologickými stupni vodárenské úpravy často až do vody upravené (Ambrožová, 2003). Planktonní bakterie zastupují důležitou roli v cyklu živin. Dekomponují organickou hmotu, formují biomasu ve vodním systému, a tak představují velmi důležitý článek v pelagiálním mikrobiálním potravním řetězci.

Fytoplankton

Fytoplankton popisujeme jako buňky a kolonie malých autotrofních organismů, které ve většině případů nemají nebo jen velmi primitivní pohybové ústrojí, a pohybují se volně vodním sloupcem. Zastupují je sinice a jednobuněčné, vláknité nebo koloniální řasy. Mohou způsobovat zákal a zbarvení vody, dle množství a dominujících skupin. Také mohou měnit pH a kyslíkový režim nádrže (Šimečková, 2008). Během vegetační sezóny, vykazují fytoplanktonní společenstva výraznou dynamiku. Ke změnám dochází jak u druhového složení, tak u poměrného zastoupení jednotlivých skupin sinic a řas. V létě dominují zelené řasy a sinice, z jara a na podzim skrytěnky, rozsivky a zlativky (Šimečková 2008).

Dle Petrtýla (neuvedeno) v řekách nejsou primárními limitujícími faktory množství živin, jako tomu může být ve stojatých nádržích, avšak proudění, které organismy přemísťuje. Takzvaný drift. Ten popsal Lellák s Kubíčkem (1992) jako jev probíhající permanentně, měnící se během roku a dne. V řekách dochází formou proudění k promíchávání a ve spodních partiích sloupce, zejména při zakalení vody, může být světla nedostatek. Řeky jsou na rozdíl od nádrží obecně mělké. Ve stojatých nádržích bývá faktor světelné energie ovlivněn hloubkou nádrže. Ve větší hloubce může snadno docházet k limitaci světla. Koncentrace živin v nádržích může být limitujícím prvkem. Populace fytoplanktonu ve stojatých nádržích může být ovlivněna ještě spásací, případně zastíněním vyššími makrofyty, sinicemi nebo řasami (Petrtýl)

Mezi další skupiny organismů, které můžeme ve vodním prostředí nádrže nalézt, jsou sinice a řasy. O těchto zástupcích sladkovodní flóry bude zmíněno v následující kapitole.

4.4 Sladkovodní flóra

Rostliny a řasy se vyskytují jak v tekoucích, tak stojatých vodách.

Sladkovodní vegetaci dělíme na:

- Makrofyta zahrnují kaprad'orosty, semenné rostliny, mechorosty apod.
- Mikrofyta zahrnují všechny ostatní řasy a sinice

Makrofyta rozdělujeme do několika ekomorfologických forem. Emerzní formy rostlin rostou ve vodě v břehové partii a vystupují nad hladinu. Natantní rostliny mají plovoucími listy, nebo celé rostliny volně plovou. Jako další rozlišujeme formy submerzní, většinou přichycené ke dnu. (Petrtýl) Hlavními faktory ovlivňující růst vodních makrofyt jsou délka vegetačního období, rychlost proudu, hloubka ve které rostou a množství světla (Westlake 1975). Cushing

a kol (1995) a Petrtyl (neuvedeno) uvádí že spasání živých rostlin živočichy má v mnoha případech na velikost populace pouze malý vliv. Nejčastěji makrofyta, krom mechorostů přes zimu odumřou, čímž tělo rostliny dává vznik detritu.

Sinice a řasy

Sinice a řasy, ve většině případů, vytvářejí nárostová společenstva neboli perifyton. Perifyton tvoří z velké části rozsivky, zelené řasy, sinice, a několik dalších skupin organismů (Lellák a Kubíček, 1992). Jejich umístění na podkladu, a druhové složení se v průběhu roku mění. V zimním období a na jaře, mohou dominovat rozsivky. To může způsobovat dostatečné množství slunečního svitu, a ještě nevyvinuté listy pobřežní nebo plovoucí vegetace, která by stínila. Zelené řasy a sinice zvětšují své populace během léta (Petrtyl)

4.4.1 Sinice

Sinice (*Cyanobacteria*) tvoří zvláštní sladkovodní flóry, kterou nejčastěji pozorujeme ve svrchních vrstvách vody ve vegetačním období. Nejčastěji jednobuněčné nebo vláknité autotrofní, prokaryotické organismy (Ambrožová, 2003).

Planktonní sinice občas vytváří vodní květ, případně můžeme říci, že voda kvete (Ambrožová, 2014). Koupaliště či rybníky mohou často trpět masovým rozvojem sinic, což se projevuje jako zelená vrstva plovoucí ve svrchní vrstvě vody. Nádrže se zvýšenými koncentracemi sinic koupání znepříjemňují až znemožňují. V některých případech přechází situace až do stavu ohrožení zdraví, vzhledem k potencionální produkci toxinů (Šimečková, 2008). Populace sinic narůstají hlavně v letních měsících. Tyto organismy plovou u hladiny a způsobí zastínění vodního sloupce. Z nedostatku sluneční energie klesne koncentrace bentických autotrofů. Množství autotrofů opět stoupne až na podzim, kdy sinice překonají svoji maximální sukcesí (Petrtyl) Zvýšené množství sinic v nádrži zvyšuje kyslíkový deficit.

4.4.2 Řasy

Patří stavbou buněk mezi eukaryotické organismy, podobně jako makrofyta. K jejich hlavnímu rozvoji zelených řas dochází hlavně v letních měsících (Petrtyl). Jev podkládá

zvýšený sluneční svit, teplota, a zvýšený obsah N a P v nádrži. Řasy mohou být konzumovány zooplanktonem (vířníci, perloočky). Zelené vláknité řasy na rozdíl od sinic nezvyšují kyslíkový deficit, ani nehrozí riziko toxinů. Naopak, zelené řasy objevující se v nádrži mohou obsah rozpuštěného kyslíku v nádrži zvyšovat (Petrtyl)

4.5 Biogenní prvky v nádrži

Biogenními, nazýváme takové, bez kterých by nemohl být život. Abychom mohli co nejvíce porozumět všem dějům, které ve vodním prostředí kolují nebo se mění, pomůže nám znalost základních prvků a sloučenin, které tyto děje ovlivňují (Petrtýl). Ambrožová (2003) uvádí, souvislost obsahu chemických látek ve vodách s produkcí biomasy. Řadu sloučenin obsahující biogenní prvky dokáže voda rozpustit. Sinice, řasy a další mikroorganismy tak dokáží prvky přijmou celým povrchem těla (Ambrožová, 2003). Takzvaná trofie, jinými slovy úživnost vody, se v průběhu vývoje a času v nádrži mění (Pechar, 2015).

4.5.1 Kyslík

Obsah kyslíku ve vodě ovlivňují zejména vlivy atmosféry a procesy fotosyntézy pod vodní hladinou. Ke spotřebě dochází dýcháním organismů, při oxidačních chemických reakcích a dekompozici látek (Chaloupková, 2011). Atmosférický kyslík do vody vniká povrchovou blankou na vodní hladině (Ambrožová, 2003). Množství kyslíku, pocházejícího fotosyntetickou činností, závisí na dostatku dalších živin, druhu a množství rostlin nebo například intenzitě a délce osvětlení (Lellák a Kubíček, 1992). Obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě závisí na teplotě vody. Obecně můžeme říci, že čím je voda teplejší, tím méně dokáže rozpustit kyslíku. Lellák a Kubíček (1992) uvádějí hodnoty, kdy voda o teplotě 0°C, při 100% koncentraci rozpuštěného kyslíku a tlaku 101kPa obsahuje až 14,16 mg/L. Zatímco při stejném nasycení a tlaku obsahuje voda při teplotě 20°C už jen 8,84 mg/L. Což znamená, že při letních měsících může docházet v nádržích ke kyslíkovému deficitu. Kolísání obsahu rozpuštěného kyslíku může ovlivnit taktéž teplotní rozdíl dne a noci, případně zastoupení dalších biogenních prvků v nádrži. Obsah kyslíku můžeme zvýšit pomocí aerátorů, fontány nebo kaskády kde dojde k okysličení.

4.5.2 Uhlík

Uhlík považujeme za nejrozšířenější složku pro živou hmotu. Lellák a Kubíček (1992) uvádí, že cyklus tohoto prvku je jeden z nejjednodušších, ale velmi dokonalých. Uhlík se do vody dostává coby CO₂ z atmosférického rezervoáru. Ten odčerpají primární producenti (fotosyntéza), poté předají konzumentům, a z obou postupuje uhlík k destruentům. Uhlík (CO₂) dokáže vyprchat zpět do ovzduší (Lellák a Kubíček, 1992). Oxid uhličitý voda rozpouští asi 200x lépe než kyslík. Můžeme říci, stejně jako u kyslíku, je rovněž i uhlík (rozpuštěný oxid uhličitý) ve své koncentraci závislý na teplotě okolní vody. Nižší teplota vody obsahuje více tohoto prvku (Lellák a Kubíček, 1992). Denní výkyvy uhlíku může způsobovat nejvíce fotosyntéza a dýchání rostlin nebo živočichů, produkující volný oxid uhličitý během noci (Petrtýl).

4.5.3 Dusík

Dusík tvoří zhruba 79% objemu atmosféry. Jedná se tak o nezanedbatelnou a dominantní složku. Většinou se však nejedná ve vodách o limitující prvek. Vysoký nárůst fytoplanktonu, má za následek dočasný pokles obsaženého dusíku v jeho dostupných formách. To pozorujeme hlavně ve vegetačním období (Ambrožová, 2003). Navzdory jeho přebytku, většina autotrofních organismů nedokáže molekulární dusík zpracovat. Aby se tak stalo, musí dusík přeměnit svoji formu na anorganickou (například amoniak, dusitany, dusičnany). Vodní prostředí je dusíkem zásobováno například živočišnými exkrementy, spalováním fosilních paliv nebo formou umělých hnojiv. Rozpuštěná plynná forma dusíku ve vodě má zanedbatelný význam, většina dusíku a jeho sloučením vzniká hnilobnými procesy, uvádí Sedlák (2008). Například tlejícím listím, odumřelými makrofyty nebo těly mrtvých živočichů.

4.5.4 Fosfor

Fosfor, představuje mimořádný vliv, limitující procesy producentů (autotrofů) ve vodním ekosystému. Každý organismus obsahuje vyšší obsah fosforu, který stále udržuje, v porovnání s okolním prostředím. V okolním prostředí podíl fosforu dosahuje nižších hodnot a podléhá kolísání. To je způsobeno i jeho tzv. sedimentárním cyklem, u kterého dochází k dlouhodobějšímu ukládání v sedimentu na dně nádrže. Zásobníky fosforu tak mohou být sedimenty (zejména na mořském dně), nebo bazické horniny. Lellák a Kubíček (1992) informaci odůvodňují obsahem apatitu, který vznikl ve velmi dávné historii. Fosfor spotřebovávají různé bakterie a fytoplankton ve formě rozpuštěných fosforečnanů (Petrtýl). Zdrojem fosforu mohou být stále přibývajících umělá hnojiva, i jiné lidské aktivity. V roce 1974 činila roční celosvětová těžba fosfátu přes 15 mil. tun (Lellák a Kubíček, 1992).

4.5.5 Vápník

Některé struktury těl, kosti a kostry, tvoří právě vápník. Vápním ve vodě nalezneme nejčastěji ve formě iontů. Velkým významem vápníku je jeho vliv na chemismus vody. Má svůj podíl v tzv. pufrčním systému $\text{CO}_2\text{-HCO}_3$, upozorňující vlivy uhličitánů na hodnoty pH. (Lellák a Kubíček, 1992).

4.5.6 Železo

Železo má účast na enzymatických a oxidačně metabolických procesech v organismech. Jako aktivní složka hemoglobinu pomáhá při přenosu kyslíku. Představuje

nenahraditelný prvek pro vodní organismy (Lellák a Kubíček, 1992). U rostlin je železo nezbytné pro produkci chlorofylu, a u živočichů obsahuje železo hemoglobin. Hemoglobin tvoří součást červených krvinek, a zajišťují přenos kyslíku z plic mezi ostatní tkáně. Železo je za normálních podmínek ve vodním prostředí nalezneme železo jako ionty ve dvojmocné a trojmocné podobě. Podoba iontů závisí na oxidačně redukčních podmínkách (Ambrožová, 2003). Koloběh železa, velmi úzce koresponduje s fosforem. Vstřebávání železa do organismů živočichů probíhá příjmem potravy. Lellák a Kubíček (1992) dodávají, že fytoplankton je schopen přijímat tento prvek ze suspenzí nebo roztoků. Některé planktonní organismy dokáží vstřebávat železo pouze v jeho anorganické formě, jiní vstřebávají chelátované železo (komplexní sloučeniny železa s dalšími prvky), jiní dokáží vstřebat obě jeho formy.

4.5.7 Síra

Síry obecně bývá ve vodním prostředí dostatek. K nalezení bývá jako síranový anion. Za nízkého pH vody dochází za anaerobních podmínek k činnostem mikroorganismů a tím je ze sedimentů uvolňován sirovodík (H_2S neboli sulfan). Můžeme ho jednoduše rozpoznat tradičním zápachem po zkažených vajíčkách. Do vodního prostředí se síra může dostat deštěm nebo z geologického podloží. Petrtyl (neuvedeno) doplňuje informaci o spadu deště, obsahující síru (oxid siřičitý). Ten do atmosféry proniká lidskou činností, zejména spalováním uhlí a nafty. Oxid siřičitý po navázání na vodu vytvoří kyselinu siřičitou nebo kyselinu sírovou, jenž známe jako kyselý dešť (acidifikace) (Petrtyl).

5 Metodika

Cílem práce bylo získat povědomí o kvalitativním a kvantitativním zastoupení fytoplanktonu v nádrži. Tomu následovalo systematické odebírání vzorků v průběhu období sledování. Viz popis níže.

K dispozici práce bude rovněž chemický rozbor vody, odebíraný v pravidelném intervalu. Hodnoty chemismu vody byly přijaty z jiných částí projektu Kvalita vody a účinnost přírodního čištění vody, ve vybraných biotopových koupalištích České republiky (Burket, 2021). Dále bude k dispozici soubor teplotních dat přímo z nádrže, které byly odebírány konstantně nainstalovanými podvodními teploměry po celou dobu výzkumu. Teploměry byly umístěny na počátek čistící nádrže (Nátok, 1), dále ve střední části (2) a na konci nádrže (výtok, 3). Teploměr č.3 se bohužel nepodařilo na konci měření získat.

Abychom mohli získat informace o kvalitativním a kvantitativním složení fytoplanktonu v nádrži, bylo nutné odebírat vzorky v pravidelných intervalech. Ve sledovaném období od 26. 5. – 24. 9. bylo Biotopové koupaliště podrobena analýze. V pravidelných 14 – denních intervalech docházelo k odebrání vzorku vody, makrofyt a fotodokumentace. Později jsme získávali informace také na základě instalace umělých podkladů. Odebrané vzorky byly podrobeny bližšímu zkoumání na ČZU, Fakulty Životního prostředí pod dohledem vedoucího práce. Vzorky po nezbytné úpravě jsme podrobili bližšímu zkoumání mikroskopem.

5.1 Odběr vzorků

K odběru sloužila plastová trubice 1m dlouhá, opatřená odnímatelnou záslepkou. Aparát umožňovat získat reprezentativní vzorek kolmo vodním sloupcem nádrže. Před zahájením celého výzkumu, po konzultaci s vedoucím práce, byla navržena místa, ze kterých po celý čas budou vzorky odebírány. (Viz *Příloha 1., obr 1.*) Místo prvního vzorkování se nacházelo přímo u přítoku v Profilu 1 (Vzorky 1-8), za první hrázkou, a postupovalo o několik hrázek po směru toku. Vždy byly odebrány 4 vzorky z každé strany nádrže. Důvod omezení odběru vzorků přímo z oblasti vpusti do nádrže byl takový, abychom zamezili odebrání zvrženého kalu z vodního sloupce. Voda totiž přitéká z potrubí a přepadá zhruba 20 cm do nádrže. Docházelo zde k nevyhnutelnému promíchávání v celém sloupci. Druhá sada vzorku byla odebírána u hráze čistícího bazénu z Profilu 2. (Vzorky 9-16). Jedná se o úplný konec nádrže, kde dochází k finální sedimentaci kalu a následnému odtoku vyčištěné vody přes mělký umělý potůček. Ten je vysypaný drobným kačírskem a asi 15 metrů dlouhý. Ústí do koupacího jezera.

Odběr vzorku o objemu 1000ml probíhal v několika aplikacích planktonní trubicí. Ta musela být umístěna co nejvíce kolmo na vodní hladinu. Pro objektivnost se odebralo 8 náběrů na každém profilu. Odebraná voda trubicí byla přelita do čisté 5 litrové nádoby, promíchána, a poměrným množstvím přelita do 1l objemné nádoby. Ta byla uložena do chladicího boxu. Vzorky byly urychleně převezeny do laboratoře FŽP a následně zpracovány. Z každého odběrového dne bylo dovezeno ke zpracování 2 x 1l vzorkové vody. Dále byly průběžně odebírány vzorky submersních makrofyt a nárostů v malých laboratorních lahvičkách. Následně jsme pro zpřesnění výzkumu zařadili metodu umělých podkladů.

5.1.1 Metoda instalace umělých podkladů

V průběhu výzkumu jsme v období červenec – srpen umístili do nádrže 4 jednotky umělých podkladů. Jednalo se o podložní mikroskopická sklíčka postavená svisle, zasazená v drážce do korkového plováku a pomocí zátěže udržované v určené poloze. Sklíčka byla v drážce korkového plováku zajištěna páskou, zabráňující uvolnění. V našem případě byla zvolena polovina výšky vodního sloupce. (Viz *Obr 3.*) na kterém můžeme pozorovat nainstalovaný umělý podklad, oplývající nárstem parožnatek (*Chara vulgaris*) a žabího vlasu (*Cladophora sp.*). Obrázek mimo jiné ukazuje hojnost nárstů a průhlednost vody. Průhlednost v průběhu roku dosahovala i několika metrů.

Důvodem aplikace byla velmi nízká koncentrace řas a tím i průkaznost fytoplanktonních vzorků odebraných odběrnou trubicí. Z předešlých odběrů vzorků vodních makrofyt jsme zjistili, že většina řas je zde nárstových. Ty lze ovšem daleko obtížněji kvantifikovat. Umělé podklady tedy sloužily především ke zpřesnění poznatků o dynamice a rozmanitosti mikroskopických řas v nádrži. (Bílý, 2002)

Schéma odběrů vyznačeno viz (*Tab. 1.*) Odběry se opakovaly ve 14-denní cyklu. Při odběru 10. 7. jsme se usnesli o metodě instalace umělých podkladů. Ta byla zrealizována 24. 7. Jednalo se o 4 umělé podklady, umístěné dle (*Příloha 1. obr. 2.*). Všechny podklady byly udržovány na stejném místě po celou dobu experimentu. Odebírání umělých podkladů probíhalo následovně. 7. 8. byly odebrány první vzorky. Jednalo se o Profil 1., podklad 1, a Profil 2., podklad 3. Po každém po odběru, byly podklady nahrazeny novými. Při dalších odběrech byly odebírány vzorky, které byly vždy 4 týdny staré.

Převoz podkladů byl zajištěn v uzavíratelných nádobách, naplněných vodou, aby nedošlo k oschnutí.



Obr. 3. – Ukázka umělého podkladu, v pozadí vidíme nárost Parožnatek a *Cladophory* sp.. Biotop Radotín. 8/2020. P.Maxa

Tab. 1. -. Časové schéma odběrů s popsanými činnostmi

Datum	9.6.	25.6.	10.7.	24.7.	7.8.	20.8.	4.9.	24.9.
Řádné odběry fytoplanktonu	X	X	X	X	X	X	X	X
Odběr makrofyt	X	X		X	X		X	X
Instalace umělých podkladů				X	X	X	X	
Odběr umělých podkladů	po 2 týdnech				X			
	po 4 týdnech					X	X	X

V laboratoři jsme zkoumali jak kvalitativní zastoupení fytoplanktonu ve vzorcích, tak jeho zastoupení kvantitativní metodou stanovení chlorofylu-*a*.

5.1.2 Kvalitativní zastoupení fytoplanktonu

Než mohla začít práce s mikroskopem a zjištění stavu fytoplanktonu, vzorky bylo třeba nejprve upravit. Před usazením 4 zkumavek do rotoru centrifugy, bylo třeba dodržet hmotnostní zásadu. Je důležité, aby při užívání přístroje byla dodržena stejná hmotnost všech 4 vzorků, případně alespoň křížem (1-3, 2-4). Stejná hmotnost zabrání nerovnoměrnému otáčení rotoru nebo možnému vychýlení z osy otáčení. To by mohlo vést

k poškození přístroje. Pro určení hmotnosti byly použity lékařské rovnoramenné váhy. Po zvážení a správném uložení zkumavek na své pozice bylo zavřeno víko a přístroj spuštěn. Pro naše účely vyhovovalo nastavení procesu na 10 minut a 1000 otáček/minutu. Po ukončení procesu odstředování „rychlým švihem“ byla ze zkumavek vylita většina vody. Fytoplankton koncentrovaný na dně nádobky, byl nasát pipetou a připraven na mikroskopové sklíčko. Po zakrytí krycím sklíčkem, vložíme pod mikroskop a zapisujeme nálezy.

Mikroskopicky byly pozorovány i odebrané vzorky nárostových řas. Připravíme malý kousek, položíme na sklíčko, zakapeme pár kapkami vody, položíme krycí sklíčko a můžeme vložit pod mikroskop.

5.1.3 Měření koncentrace chlorofylu-*a*

Nejprve do odměrného válce bylo nalito 500ml vzorku. Dále bylo nutné sestavit vakuový aparát. Viz *Obr. 4*. Skládal se z baňky, trychtýře se skleněnou trubičkou, přípojky ke kompresoru, porcelánového skleněného filtru, druhého filtru ze skleněných vláken, horní baňky a svorky. Baňka na již přefiltrovanou vodu byla položena na stůl, hrdlo bylo nutné namazat malým množstvím vazelíny (ta pomáhá při rozkládání a netěsnostem). Opatrně byl do baňky vložen trychtýř se skleněnou trubičkou a na hrdlo trychtýře položen porcelánový filtr. Přes střed porcelánového filtru byl umístěn druhý filtr, tak aby porcelánový překrýval na všech stranách stejnoměrně. Tyto dva filtry byly překlopeny horní baňkou a vše zajištěno svorkou. V posledním kroku byla opatrně připojena gumová hadička kompresoru. Kompresor mohl být spuštěn a mohli jsme pomalu vlít vodu. Vývěva vytvořila podtlak potřebný k průchodu vody přes filtry. Přefiltrovaný vzorek byl odstraněn. Vše bylo opatrně rozebráno a omyto destilovanou vodou. Filtr ze skleněných vláken mohl být pinzetou opatrně vyjmut, důkladně osušen, popsán a uložen do mrazáku kde se po celou dobu, byla udržována konstantní teplota hluboko pod bodem mrazu.

Chlorofyl-*a* byl poté měřen jednorázově, po nahromadění většího množství vzorků, a to spektrofotometricky, po předchozí extrakci do horkého ethanolu (Ambrožová, 2015), (Ambrožová 2008).

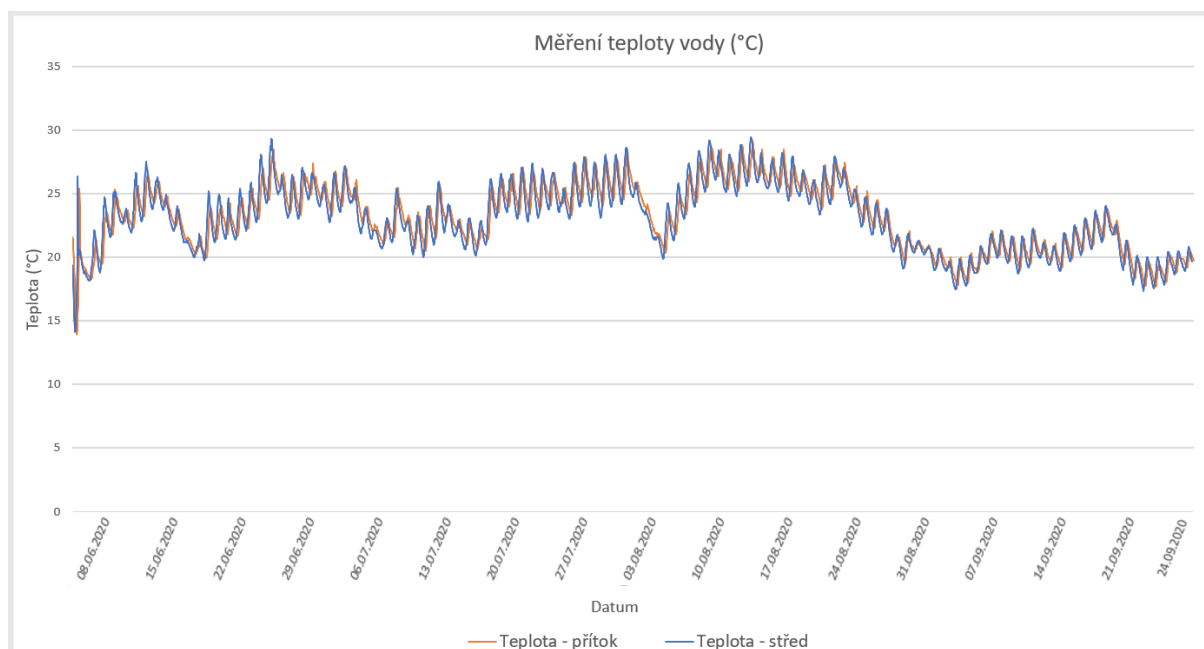


Obr. 4. - Ukázka rozloženého vakuového aparátu. (Laboratoř – FŽP). P. Maxa

6 Výsledky

6.1 Teplota

Výsledky měření teploty bylo zjištěno, že teplota vody v celé nádrži kolísala ve sledovaném období 8. 6. – 24. 9. 2020 mezi 13,94°C – 29,45°C. Bohužel se nám nepodařilo získat záznamy teploty z teploměru č.3, umístěného u hráze nádrže. Průměrná teplota nátoky (23,14°C), byla vyšší než teplota ve středu nádrže (23,05°C). Rozdíl těchto dlouhodobých průměrných teplot činí 0,08°C. Ač se oblast nátoky může jevit průměrně teplejší, pozorujeme zde ovšem nižší minimální a vyšší maximální teploty vody, oproti teplotám ve středu nádrže. Minimální teplota vody byla naměřena 13,94°C, zatímco ve střední části 14,13°C. Maximální teplota v oblasti nátoky byla zaznamenána 29,15°C, ve střední části byla tato teplota opět vyšší, 29,45°C.. Median ukázal teplotu vody u nátoky 23,20°C, a u střední části 23,10°C. Podrobný graf naměřených teplot viz (Obr. 5). K souboru teplot vody v nádrži můžeme pro porovnání přiložit poskytnutá data z Meteostanice – Praha – Libuš. Ta poskytla informace o denním úhrnu slunečního svitu, průměrnou denní teplotu vzduchu a maximální denní teploty vzduchu během období 11. 6. – 23. 8. 2020. Viz Příloha 2. Obr 1., 2., 3.

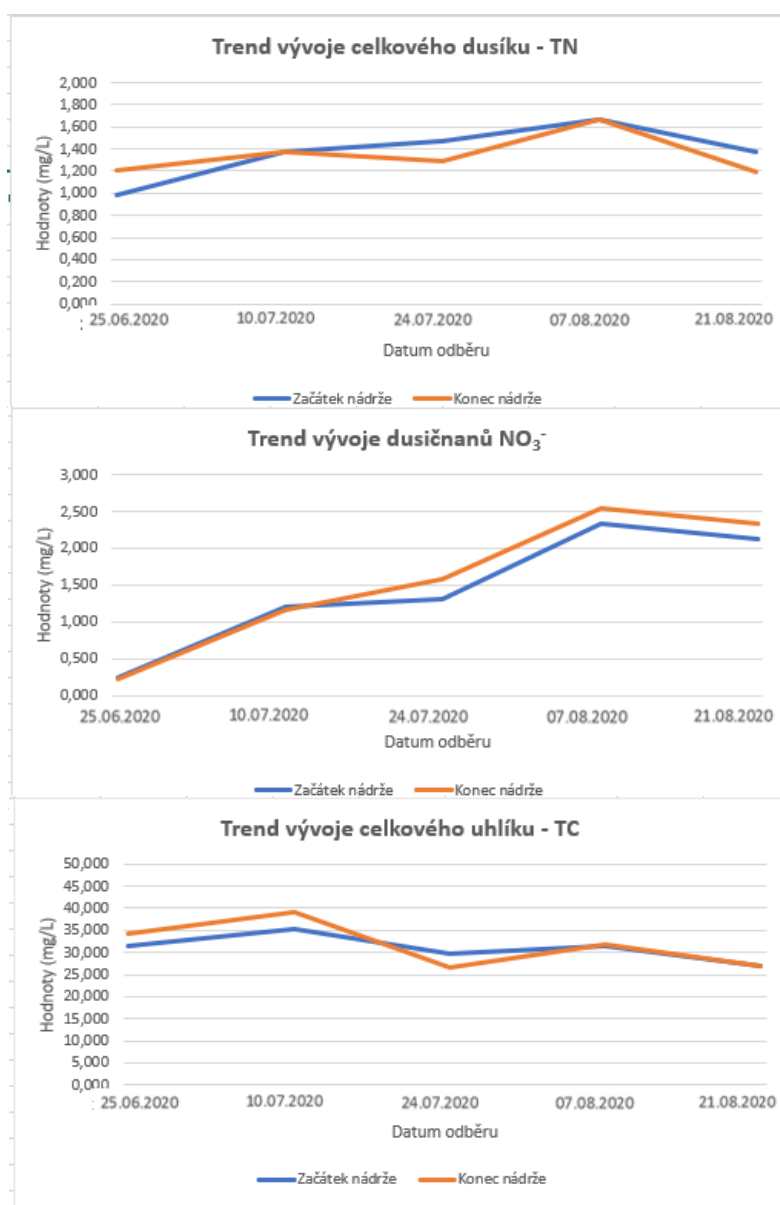


Obr. 5. – Graf měřených hodnot teploty vody ve sledovaném období v čistící části Biotopu Radotín

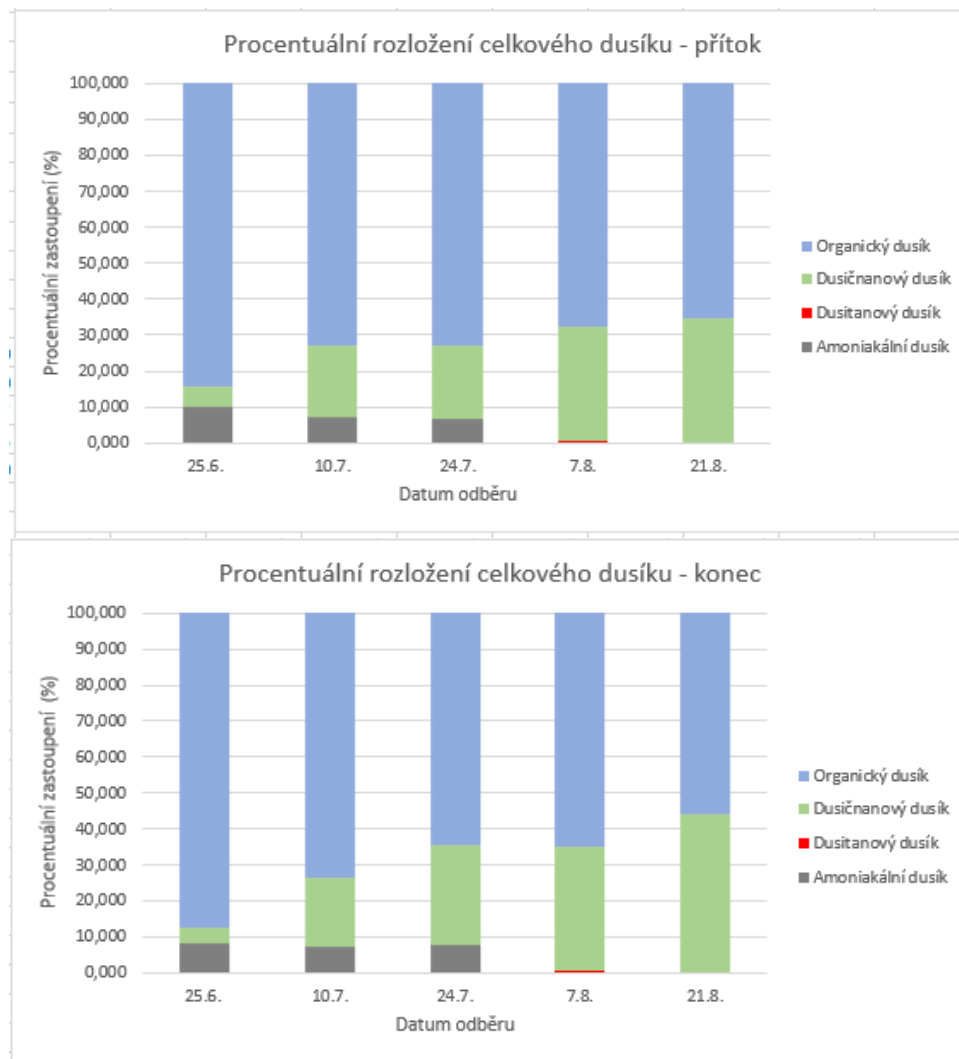
6.2 Chemismus

Naměřené hodnoty jsou znázorněny viz *Příloha 3. Tab. 1*. Změřené hodnoty celkového fosforu, vzhledem k jejich vysokým hodnotám, nemůžeme uvažovat i přes mnohonásobné kontroly o jejich správnosti. Hodnoty fosforu s největší pravděpodobností nebyly vyhodnoceny správně.

Rozbor chemismu vody ukázal, že hodnoty celkového dusíku v průběhu léta lehce stoupají. Rovněž jako hodnoty dusičnanů (NO_3^-). Viz *Obr. 6*. Rozdělení celkového dusíku (TN) je uvedeno na *Obr. 7*.



Obr. 6. – Graficky znázorněné trendy hlavních biogenních prvků v čistící nádrži Radošín. (TN, NO_3^- , TC)



Obr. 7. – Procentuální zastoupení forem celkového dusíku (TN).

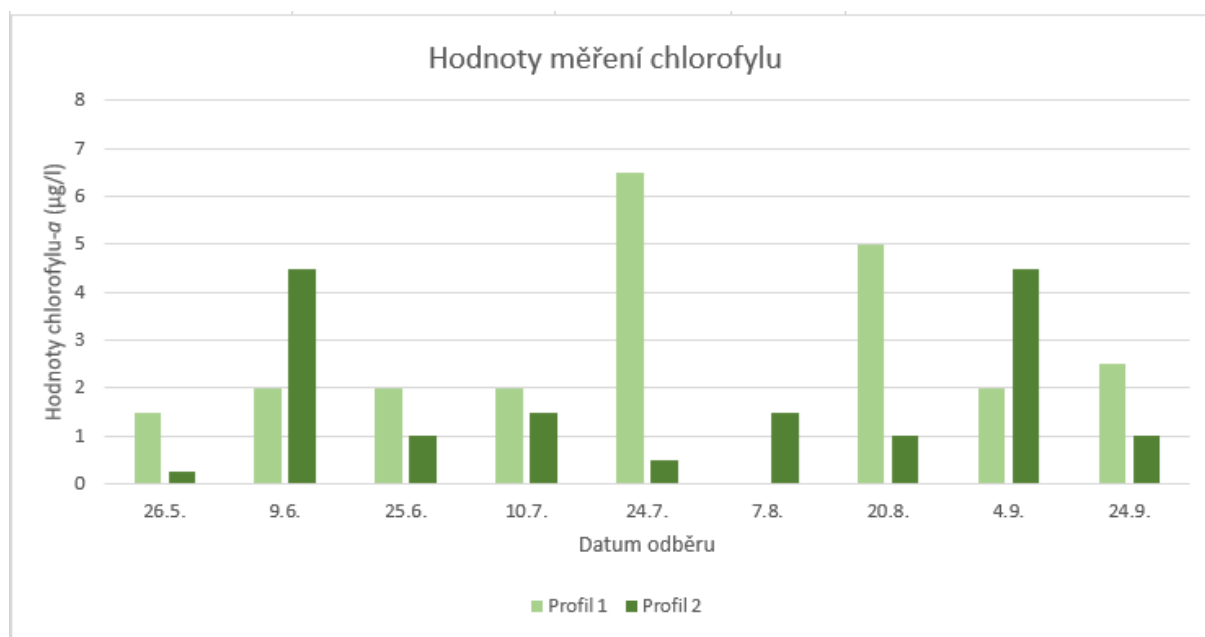
Rozdělení celkového dusíku (TN) je uvedeno na Obr. 7. Rozdíly hodnot mezi profilem přítoku a středu vypadají velmi podobně. 21. 8. 2020 byla hodnota dusičnanového dusíku vyšší u konce nádrže než u přítoku.

V průběhu měření chemismu vody, byla při každém odběru měřena hodnota pH. Kromě odběru 25. 6. 2020, ve všech ostatních odběrech došlo ke snížení hodnoty pH, v průběhu procesu čištění. Viz Příloha 3. Tabl.

6.3 Kvantita fytoplanktonu

Měření chlorofylu vykazovalo maximální hodnotu (24. 7.) u přítoku (Profil 1). Naměřená hodnota se pohybovala okolo 6,5 µg/l. Tato hodnota byla současně nejvyšší naměřenou ve sledovaném období. Vyhodnocením grafu došlo k vykreslení pomyslné křivky ve sledovaném období. Můžeme obecně říci, že ve většině případů, bylo množství chlorofylu-*a* v Profilu 1 převažující nad Profilem 2. V měřených hodnotách ze dne 9. 6. a 4. 9. došlo velmi blízké shodě.

Můžeme pozorovat změny koncentrace obsaženého chlorofylu-*a* ve vzorcích. Změny popisuje graf vyobrazen na následujícím *Obr. 8*. Bohužel chybí vzorek z Profilu 1 ze dne 7. 8. Při zpracování vzorku došlo k jeho znehodnocení.



Obr. 8. – Změny koncentrace chlorofylu-*a* během sezóny ve sledované nádrži Radotín.

6.4 Složení řasových společenstev

Celkem bylo zaevidováno více než 20 druhů společenstev. Největší množství biomasy, vyjádřená chlorofylem a druhovou rozmanitostí bylo nalezeno při odběrech 24. 7., 7. 8., 20. 8. Výčet všech druhů viz *Tab. 2*. Tabulky jsou rozděleny dle místa a způsobu nálezů druhů. Druhy byly nalezeny ve vzorcích odebrané vody, na umělých podkladech nebo na submerzních makrofytech.

Nejzastoupenějším druhem fytoplanktonu ve vzorcích vody byly rozsivky (např. *Ulnaria sp.*, *Navicula sp.*, *Aulacoseira sp.*) a zelené řasy (např. *Pediastrum boryanum*, *Oocystis sp.*). Odebíraná makrofyta byly parožnatky druhu *Chara vulgaris*. Mezi nejčastější druhy nalezené na těchto makrofytech byly zelené řasy, spájkivky a rozsivky. Na umělých podkladech byly nejčastěji nalezeny zelené řasy a rozsivky (Kaštanovský, Hauer, 2018a, 2018b)

Zkoumáním řasových společenstev bylo zjištěno, že se většinou jedná o řasy nárostové. Nejčastěji se vyskytující zástupci zelených řas byly jednoznačně Parožnatka (*Chara vulgaris*) a žabí vlas (*Cladophora sp.*), objevující se hojně v prostoru téměř celé nádrže (Kaštanovský, Hauer, 2018a, 2018b).

Tab. 2. – Výsledková tabulka všech zjištěných druhů z čistící nádrže Radotín

Výsledková tabulka zjištěných druhů k jednotlivým odběrům, ze vzorků vody										
Skupina	rod/druh	26.5.	9.6.	25.6.	10.7.	24.7.	7.8.	20.8.	4.9.	24.9.
Krásnoočka(Euglenophyta)	<i>Euglena sp.</i>	-	-	●	-	-	-	-	-	-
Obrněnky (Dinophyta)		-	-	-	-	-	-	● ●	-	-
Skrytěnky (Cryptophyta)	<i>Cryptomonas ovata</i>	-	-	●	-	●	-	-	-	-
	<i>Rhodomonas sp.</i>	-	-	●	-	-	-	-	-	-
Zelené řasy (Chlorophyta)	<i>Desmodesmus sp.</i>	-	-	-	-	●	-	●	-	-
	<i>Monoraphidium sp.</i>	-	-	-	-	-	●	-	-	-
	<i>Oedogonium sp.</i>	-	-	-	-	●	-	-	-	-
	<i>Oocystis sp.</i>	-	-	-	-	● ●	● ●	-	●	-
	<i>Pediastrum boryanum</i>	-	-	-	-	● ●	-	●	-	-
	<i>Scenedesmus ecornis</i>	-	-	-	-	●	-	-	-	-
	<i>Tetraëdron sp.</i>	-	-	-	-	-	●	-	-	-
Spájkivky (Zygnematophyceae)	<i>Closterium sp.</i>	-	● ●	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Cosmarium sp.</i>	-	●	-	-	-	●	-	-	-
Rozsivky (Bacillariophyceae)	<i>Aulacoseira sp.</i>	-	-	-	-	●	●	-	-	-
	<i>Achnanthes sp.</i>	-	-	-	-	-	●	-	●	-
	<i>Achnantheidium sp.</i>	-	-	●	-	-	-	-	-	-
	<i>Fragilaria sp.</i>	-	-	-	-	-	-	●	-	-
	<i>Navicula sp.</i>	-	-	-	-	●	●	●	-	-
	<i>Synedra sp.</i>	-	-	●	-	-	-	-	-	-
	<i>Ulnaria sp.</i>	-	-	●	-	●	●	●	-	-

Výsledková tabulka zjištěných druhů k jednotlivým odběrům, ze vzorků odebraných makrofyt												
Skupina	rod/druh	26.5.	9.6.	25.6.	10.7.	24.7.	7.8.	20.8.	4.9.	24.9.		
Krásnoočka(Euglenophyta)	<i>Euglena sp.</i>	-	-	-		-	-		-	-		
Zelené řasy (Chlorophyta)	<i>Cladophora sp.</i>	-	● ●	● ●	N e o d e b r á n o	● ●	● ●	N e o d e b r á n o	● ●	● ●		
	<i>Pediastrum boryanum</i>	-	-	● ●		-	●		-	-	-	
Spájkivky (Zygnematophyceae)	<i>Closterium sp.</i>	-	●	-		-	-		-	-	-	
	<i>Cosmarium sp.</i>	-	●	-		-	-		-	-	-	
Parožnatky (Charophyceae)	<i>Chara vulgaris</i>	●	●	●		-	●		●	-	●	●
Rozsivky (Bacillariophyceae)	<i>Achnanthes sp.</i>	-	-	-		-	●		● ●	-	-	-
	<i>Achnantheidium sp.</i>	-	-	-		-	-		-	-	-	-
	<i>Navicula sp.</i>	-	-	●	-	●	-	-	-	-		
	<i>Synedra sp.</i>	-	-	-	-	●	-	-	-	-		
	<i>Ulnaria sp.</i>	-	-	● ●	-	●	●	-	-	-		

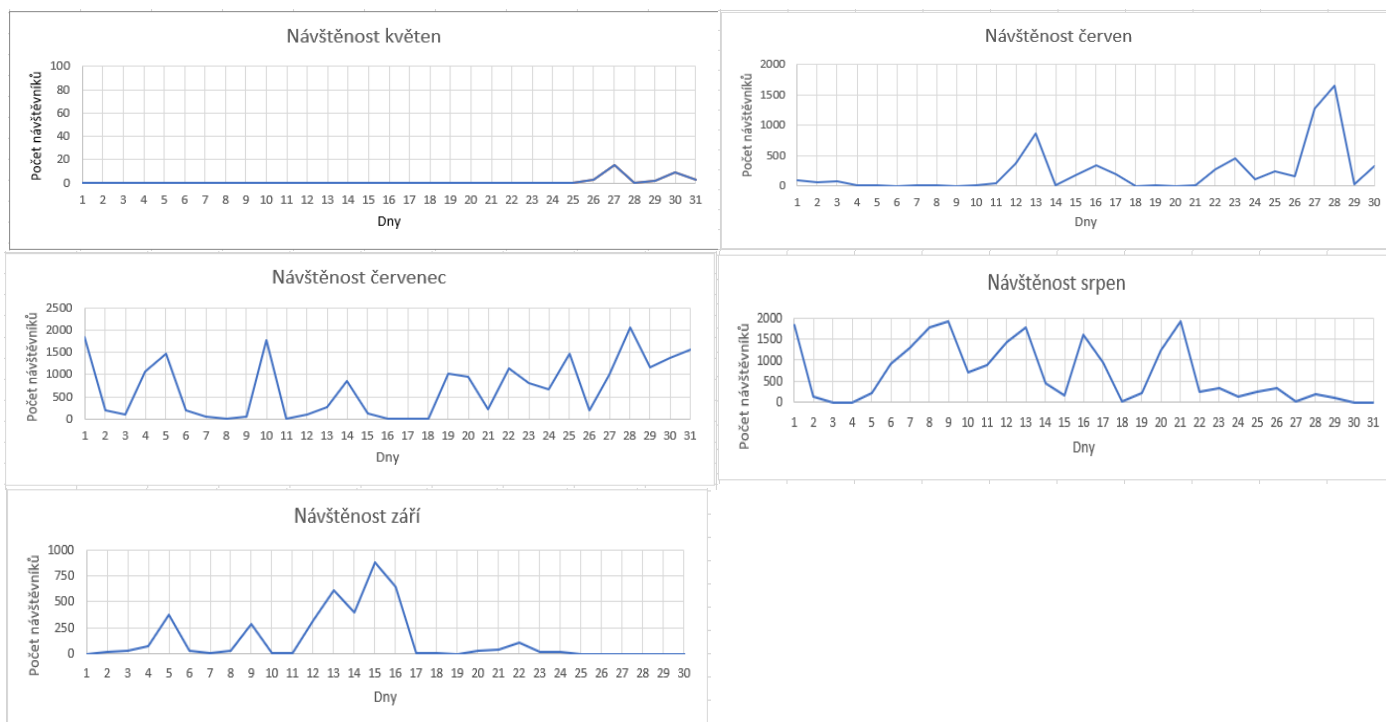
Výsledková tabulka zjištěných druhů k jednotlivým odběrům, ze vzorků umělých podkladů

Skupina	rod/druh	7.8.	20.8.	4.9.	24.9.
Skrytěnky (Cryptophyta)	<i>Cryptomonas ovata</i>	●	-	-	-
	<i>Coleochaete sp.</i>	●	●	●	●
Zelené řasy (Chlorophyta)	<i>Desmodesmus sp.</i>	-	-	●	-
	<i>Stigeoclonium sp.</i>	● ●	-	●	-
Spájkivky (Zygnematophyceae)	<i>Closterium sp.</i>	-	-	●	-
	<i>Cosmarium sp.</i>	-	●	-	-
Rozsivky (Bacillariophyceae)	<i>Achnanthes sp.</i>	● ●	●	●	-
	<i>Navicula sp.</i>	●	● ●	-	-
	<i>Ulnaria sp.</i>	● ●	●	-	●

Legenda	
●	Profil 1
●	Profil 2

6.5 Návštěvnost

Ve spolupráci s vedením Biotopu Radotín (Biotop Radotín) byla poskytnuta pro tuto práci denní návštěvnost, ve sledovaném období (květen – září) viz Obr. 9. Nejvíce navštěvovanými byly měsíce červenec a srpen. V každém tomto měsíci Biotop Radotín navštívilo více než 20 tis. lidí.



Obr. 9. – Grafy trendu návštěvnosti Biotopu Radotín (květen-září) ve dnech.

7 Diskuze

Celkový charakter nádrže

Z rozboru si můžeme všimnout hodnot pH. Voda na začátku nádrže měla zpravidla vyšší hodnotu pH. V průběhu procesu čištění tato hodnota klesala. Kromě odběru 25. 6. 2020, ve všech dalších odběrech, došlo ke snížení hodnoty pH na konci nádrže. V průběhu sezóny, při odběru 24. 7. 2020 došlo k naměření maxima (Začátek- 8,65; Konec- 8,63). Průměrné pH vody kolísalo okolo hodnoty 8,3. S těmito hodnotami, jednáme o vodě alkalické (Lellák a Kubíček, 1992). Rozdíly hodnot pH mezi přítokem a odtokem, může znamenat intenzivnější fotosyntetickou činnost u přítoku. Fotosyntéza totiž hodnotu pH vody zvyšuje (Lellák a Kubíček, 1992).

Dle Pechara (2015), se podobné průměrné hodnoty pH (8,55) objevovaly v třeboňských rybnících v letech 2000-2001.

Kdybychom brali v potaz nejvyšší dosaženou hodnotu chlorofylu-*a* v průběhu výzkumu (6,5 µg/l), jednalo by se o lepší mezotrofní vodu. Šimečková (2008) vycházela z tabulky Klasifikace stojatých vod dle úživnosti (OECD, 1992) označující úživnost vody z hlediska množství Chlorofylu-*a* za mezotrofní. Viz Tab. 3. a 4.

Tab. 3. - Tabulka podrobného měření hodnot chlorofylu-*a*

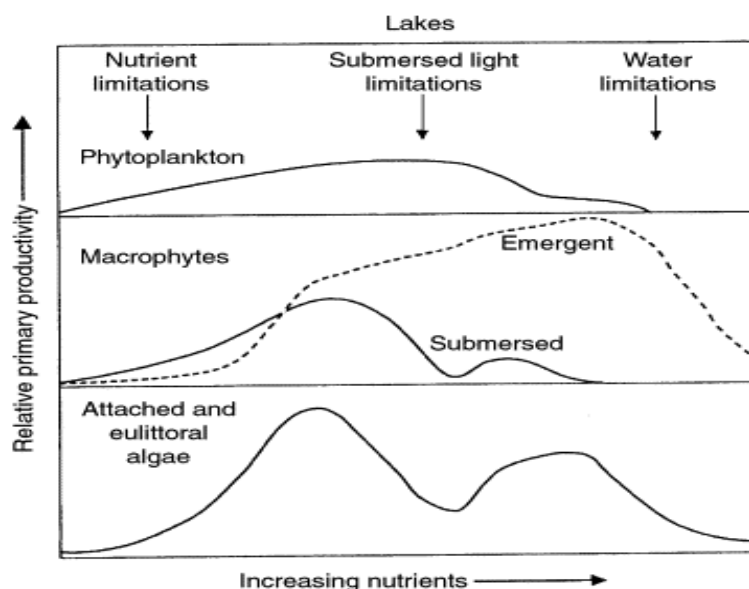
Datum	Profil	Objem filtrovaného vzorku V (l)	Objem ethalonu v (ml)	Délka květy d (cm)	A 665	A 750 a	A 665	A 750 a	chl-a korig na phaeo (µg/l)	chl-a nekorig na phaeo (µg/l)	Výsledek zaokr. (µg/l)	Zaokrouhlení (µg/l)
26.5.	1	0,50	8	1	0,0294	0,0166	0,0281	0,0192	1,84704	0,61568	1,8	1,5
26.5.	2	0,50	8	1	0,0150	0,0085	0,0156	0,0097	0,28416	-0,28416	0,3	0,25
9.6.	1	0,50	8	1	0,0160	0,0069	0,0105	0,0054	1,8944	2,6048	1,9	2
9.6.	2	0,50	8	1	0,0216	0,0088	0,0137	0,0102	4,40448	3,74144	4,4	4,5
25.6.	1	0,50	8	1	0,0175	0,0053	0,0106	0,0028	2,08384	3,26784	2,1	2
25.6.	2	0,50	8	1	0,0113	0,0039	0,0079	0,0028	1,08928	1,61024	1,1	1
10.7.	1	0,50	8	1	0,0140	0,0051	0,0098	0,0049	1,8944	1,98912	1,9	2
10.7.	2	0,50	8	1	0,0096	0,0027	0,0051	0,0016	1,61024	2,1312	1,6	1,5
24.7.	1	0,50	8	1	0,0339	0,0080	0,0202	0,0077	6,34624	6,48832	6,3	6,5
24.7.	2	0,50	8	1	0,0092	0,0026	0,0066	0,0011	0,52096	1,23136	0,5	0,5
7.8.	1	0,50	8	1	-	-	-	-	-	-	-	-
7.8.	2	0,50	8	1	0,0098	0,0017	0,0074	0,0022	1,37344	1,13664	1,4	1,5
20.8.	1	0,50	8	1	0,0287	0,0062	0,0168	0,0053	5,2096	5,63584	5,2	5
20.8.	2	0,50	8	1	0,0110	0,0082	0,0061	0,0058	1,184	2,32064	1,2	1
4.9.	1	0,50	8	1	0,0171	0,0094	0,0144	0,0106	1,84704	1,27872	1,8	2
4.9.	2	0,50	8	1	0,0216	0,0056	0,0133	0,0067	4,45184	3,93088	4,5	4,5
24.9.	1	0,50	8	1	0,0109	0,0034	0,0062	0,0043	2,65216	2,22592	2,7	2,5
24.9.	2	0,50	8	1	0,0133	0,0053	0,0107	0,0052	1,184	1,23136	1,2	1

Tab. 4. - Tabulka klasifikace stojatých vod dle úživnosti (OECD, 1992), (Šimečková, 2008)

Úživnost	Celkový P (mg. l ⁻¹)		Chlorofyl a (µg. l ⁻¹)		Průhlednost (m)	
	prům.	prům.	max.	prům.	max.	
Oligotrofie	<0,010	<2,5	<8	>6	>3	
Mezotrofie	0,010–0,025	2,5–8	8–25	3–6	2–3	
Eutrofie	0,025–0,100	8–25	25–75	1,5–3	0,7–1,5	
Hypertrofie	>0,100	>25	>75	<1,5	<0,7	

Charakter lepší mezotrofie nádrže podtrhuje to, že maximum biomasy producentů je zakoncentrované do nárostových společenstev a submersních makrofyt.

Wetzel (1983) objasňuje skutečnost takto. Živiny jakožto primární zdroje, omezují rostlinnou produkci při hladině úživnosti v mezi oligotrofie, a fytoplankton, převyšuje ostatní rostlinné skupiny. Čím více živin obohacuje vodu (eutrofizace), stává se omezujícím prvkem nikoli rozpuštěné živiny ve vodě, ale přísun světla do vody. Jedná se tak o primární zdroj, který omezuje rostlinnou produkci. Mezotrofní podmínky podporují růst ponořených makrofyt. Ty během omezování světla začínají být znevýhodňovány, také díky převaze emergentních rostlin. To v následujících fázích vyvolává proces stárnutí, zapříčiňující snižující se hloubku jezera. Postupem času z jezer vzniknou mokřady, ve kterých je růst rostlin omezený hlavně dostupností vody. Schéma procesu viz Obr. 10.



Obr. 10. –Relativní primární produktivita hlavních skupin vodních fotoautotorofů, v souvislosti se zvyšujícím se obsahem živin v jezerech podle Wetzela (1983)

Pro většinu typů nádrží je eutrofizace omezena, pokud koncentrace celkového dostupného fosforu nepřesáhne hodnotu 0,03 mg/l (Krása, 2013). Pokud dojde k překročení této hodnoty, dojde k produkci biomasy fytoplanktonu nebo vodních makrofyt, jak popsal Wetzel (1983).

V čistícím jezeře bylo v průběhu sledovaného období velké množství makrofyt. Jednalo se jak o submersní, emerzní a plovoucí rostliny. Mezi submersní rostliny patří například parožnatka (*Chara vulgaris*). Představitelé emerzních rostlin byly blatouch bahenní, kyprej vrbice, kosatec žlutý, vrbina kytkokvětá, žabník jitrocelový, sítina, ostřice štíhlá a mnoho dalších. K nalezení byly v nádrži i plovoucí rostliny, například lekníny bílý, nebo plavín štítnatý. Při identifikaci rostlin byla nápomocna kniha Skoumalové a Hroudy (2018). Viz Příloha 4. Obr. 1., 2., 4.

Přítomnost makrofyt, ale samozřejmě také absence, mají v nádrži svojí indikační funkci. Výskyt a vzhled rostlin může napovědět, o jaké typy biotopů stojatých vod se jedná. Například v horských, oligotrofních a studených jezerech, velké množství rostlin nenajdeme. Napříč tomu v nížinných, eutrofních, případně hypertrofních jezerech či rybnících, nalezneme těchto rostlin dostatek (Chocholoušková, 2009). Například *Cladofora*, která se hojně vyskytuje všude tam, kde nalezneme vyšší hodnoty fosforu a dusíku. Napříč tomu parožnatka, vyhledává čistá, mělká jezera. Proto je zvláštní, že zrovna *Cladofora* a *Chara vulgaris*, tvoří velké kolonie v jedné nádrži společně. Viz Příloha 4. Obr. 3.

Biotop Radotín sice spadá do oligotrofní – mezotrofní skupiny úživnosti, čili bychom nepředpokládaly přílišný výskyt vodních rostlin, opak je pravdou. Nádrž byla po celý čas výzkumu velmi produktivní na přítomnost vodních rostlin. Většina emerzních rostlin byla v nádrži cíleně vysazena, nejedná se tak o výsledek přirozené sukcese.

Mezotrofní charakter studované nádrže umožňuje, aby nádrž jako čistící mohla svému úkolu sloužit. Pokud by se jednalo o nádrž eutrofní až hypertrofní, znamenalo by to enormní rozvoj fytoplanktonu. Řasy a sinice provádějící fotosyntézu by svým způsobem

rozhodovaly o 2 nejdůležitějších faktorech (pH a koncentraci rozpuštěného kyslíku), které by určovaly stabilitu planktonu. V rybochovných nádržích, z důvodu predace zooplanktonu rybí obsádkou, dochází k jevu, kdy dojde k eliminaci perlooček, například rodu (*Daphnia*), které ve filtraci vody zastávají velkou roli. Vývoj fytoplanktonu tedy není zooplanktonem příliš omezen, a dojde tak k nadbytku růstu řas a sinic. Právě společenstvo fytoplanktonu, které může svojí fotosyntetickou činností zvyšovat hodnoty pH (až na 10) (Pechar, 2015), je v hypertrofních živinami přesycených nádržích tím dominantním. Chlorofyl-*a*, v eutrofní nebo hypertrofní nádrži může dosahovat průměrných hodnot 8-25 ($\mu\text{g/l}$). Pechar (2015) naměřil na několika tůních nivy horní Lužnice průměrné hodnoty 54 ($\mu\text{g/l}$), a v třeboňských rybnících dokonce 128 ($\mu\text{g/l}$) chlorofylu-*a*. Měření prováděl v letech 1990-2000. Vysoké hodnoty ovšem znamenají snížení viditelnosti vody. U hodnot chlorofylu-*a* okolo 140 ($\mu\text{g/l}$), uvedl průměrnou průhlednost 0,5 m.

V našem případě, bychom rádi docílili opaku. U biotopových koupališť chceme zajistit co nejnižší koncentrace rozpuštěných látek. Ty nedají možnost velkému bujení fytoplanktonu, což má za následek velkou průhlednost vody. Je tedy třeba snažit se udržet nádrž v mezotrofním stavu, k čemuž zjevně dobře napomáhá pravidelné odsávání sedimentů (Rada, ústní sdělení)

Prostorová heterogenita nádrže a sezónní trend společenstev

Z grafu měření teploty na *Obr. 5.* si můžeme povšimnout rozdílů mezi přítokem a středem nádrže. Důvod vyšší a stálější teploty u přítoku může ovlivnit několik faktorů. Jedním z nich, může být čerpání vody ze dna koupací části, kde si voda udržuje konstantní teplotu. V procesu přečerpávání prochází voda sérií čerpadel, které ji svou činností mohou lehce ohřát. Tento rozdíl může být způsoben i rozlišnou hloubkou uložení teploměru. Rozdíl hloubky mezi přítokem a odtokem totiž činí zhruba 60 cm.

Teploty ve středu nádrže, vykazují větší dynamiku. Voda ve středu nádrže, vykazuje dle grafu na *Obr. 5.* větší výkyvy rozdílů denních teplot. To může způsobovat změna teploty vzduchu mezi dnem a nocí. V noci za nižší teploty vzduchu se teplota vody snáze sníží. Opačně tomu může být přes den, kdy ve vodě dojde ke snadnějšímu prohřátí. Rovněž teplotu vody ve středu nádrže, může ovlivňovat činnost okolního prostředí. Například déšť, vítr, nebo horké letní dny.

Při pohledu na *Tab. 2.* zobrazující výsledky všech zjištěných druhů z čistící nádrže Radotín, můžeme vyhodnotit Profil 1. jako kvalitativně a kvantitativně bohatší. Dle mého názoru tuto skutečnosti mohlo ovlivnit několik faktorů. U přítoku do nádrže, vstupuje do nádrže větší množství živin. Jedná se o vodu přečerpanou z koupacího jezera, kterou obohacují o živiny návštěvníci. Při pohledu na nádrž, bylo u vtoku nádrže pozorováno větší množství emerzních rostlin, usazených do hrázek a především nárostových řas. Samotné výsledky odběru vzorků prokázaly, že většina druhů fytoplanktonu byla nalezena právě zde. Naopak druhý konec jezera, který byl chudší na živiny, byl zároveň chudší i druhově. Fotografie některých nalezených druhů viz *Příloha 5. Obr. 1., 2., 3., 4., 5.*

Dalším faktorem byla tvorba sedimentu (mrtvé organické hmoty). Ten byl odsáván ve větší míře v horní části nádrže, oproti spodní. Nárostové řasy a sediment slouží jako potrava zoobentických konzumentů. Rovněž vytváří vhodné podmínky pro organismy makrozoobentosu. Domnívám se, že většina živin, které do nádrže vstoupí, je spotřebována dříve, než projde celým čistícím procesem.

Množství fytoplanktonu bylo porovnáno s množstvím zooplanktonu viz *Příloha 6. Obr. 1.* (Barychar, 2021). Trendy vývoje společenstev mají podobné křivky. Domnívám se tedy, že narůstající společenství fytoplanktonu vyvolalo nárůst společenstva zooplanktonu, který se fytoplanktonem živí. To mohlo být podpořeno množstvím biogenních prvků a slunečním svitem. Když začínal být zooplankton v převaze nad fytoplanktonem, ztrátou schopnosti růstu fytoplanktonu došlo k jejich společnému úbytku.

8 Závěr a přínos práce

Cílem práce bylo popsat společenstva fytoplanktonu, jak se vyvíjí a mění v rámci jedné vegetační sezóny. Pro tento účel byly použity odebírané vzorky vody, submersních makrofyt a nárostů, v pravidelných odstupech dvou týdnů, během roku 2020. Tyto hodnoty byly posléze zpracovány v laboratoři FŽP ČZU. Porozumět vývoji hodnot dopomohly data o teplotě vody nádrže, vzduchu a chemismu vody.

Během vegetační sezóny bylo za účelem vzorkování odebráno více než 20 litrů vody. Díky čemuž bylo umožněno rozlišit nejzastoupenější taxony.

Nejpočetnějšími druhy byly Parožnatka (*Chara vulgaris*), zelené řasy (*Cladophora sp.*). Tyto dva druhy se vyskytovaly téměř v celé nádrži. Mezi dalšími početnými druhy se vyskytovaly rozsivky, spájkivky a ostatní zelené řasy. Díky odběrům, které byly vzaty téměř z celé nádrže, bylo možné vyhodnotit prostorovou heterogenitu. Ta byla z jednotlivých odběrů patrná. V oblasti přítoku bylo viditelně více submersních makrofyt. Také vyhodnocení chlorofylu-*a* potvrdilo vyšší množství biomasy na začátku nádrže. Dle hodnot chlorofylu-*a*, měřených spektrofotometrickou metodou, se jednalo o lepší mezotrofní, až oligotrofní nádrži. Voda čistící nádrž vždy opouštěla s nižším obsahem živin, než která do nádrže přitékala. To znamená, že většina živin z vody byla „vyčištěna“ ještě před tím, než se opět vrátila do koupacího jezera. Čistící nádrž je schopná velmi efektivně čistit vodu v tomto biotopovém koupališti.

Díky hodnotám, které byly naměřeny na hranici oligotrofnie, bychom nepředpokládaly hojný výskyt vodních rostlin. Opak byl ale pravdou. Jednalo se o plovoucí rostliny (leknín bílý, plavín štítnatý), emerzní rostliny (blatouch bahenní, kyprej vrbice, apod.) a submersní (parožnatka) Ty v nádrži velmi dobře prosperují. Nutno podotknout, že výskyt některých rostlin v nádrži není výsledek přirozené sukcese, ale byly uměle vysazeny.

Práce ukázala funkčnost podobných zařízení pro úpravu vody na koupalištích. Způsob a metody odběru vzorků může být přínosem pro ostatní koupaliště podobného druhu.

9 Literatura a použité zdroje

AMBROŽOVÁ, J., 2003: Aplikovaná a technická hydrobiologie. 2. vydání., Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. ISBN 80-7080—521-8

AMBROŽOVÁ, J., 2015: Hydrobiologie: Stanovení koncentrace chlorofylu-a; Vysoká škola chemicko-technologická v Praze; Ústav technologie vody a prostředí. PIGA číslo projektu: C_VŠCHT_2015_013

ASOCIACE BIOBAZNŮ A JEZÍREK, 2014: Standardy pro plánování, stavbu a provoz koupacích jezírek a biobazénů. (Online). [Citováno 4.3.2021]. Dostupné z

http://www.jezirka-biobazeny.cz/UserFiles/File/standardy_uzamcene.pdf

BÍLÝ, M., 2002: Periphyton algal communities from the flooded quarry Škalí – species composition vertical distribution and seasonal changes; Academy of Sciences of Czech Republic, Institute of Botany, Section of Plant Ecology, Třeboň, Czech Republic

BIOTOP RADOTÍN, 2014: Technické informace o přírodním biotopovém koupališti. (Online). [Citováno 12..2.2021]. Dostupné z:

<http://biotopradotin.cz/wp-content/uploads/2015/01/info-o-Biotopu-Radot%C3%ADn.pdf>

BLANCH, R. A, CASANOVAS-MESSANA, A., 2013: Characterization of microbial populations associated with natural swimming pools. Department de Microbiologia, Universitat de Barcelona, Spain. p. 133-136.

BARYCHAR, T., 2021: Zooplankton biotopového koupaliště v Radotíně, Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí, Česká republika. (Diplomová práce)

BURKET, J., 2021: Kvalita vody a účinnost přírodního čištění vody ve vybraných biotopových koupalištích České republiky. Číslo projektu (2020B0044)

CUSHING, C. E., a kol, 1995: River and stream, ecosystems of the world. University of California Press, Berkeley, Los Angeles

ČSN ISO 10 260 (75 7575): Jakost vod – Měření biochemických ukazatelů – Spektrofotometrické stanovení koncentrace chlorofylu-*a*.

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

HAVLIŠOVÁ, T., 2011: Složení společenstva bakterioplanktonu v závislosti na kompozici fytoplanktonu v období jeho jarního vrcholu. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta, České Budějovice, Česká republika. – 52 s. (Diplomová práce)

CHALOUPKOVÁ, D., 2011: Chemismus vody a sedimentů fluviálních jezer Labe. Přírodovědecká fakulta. Katedra fyzické geografie a geoekologie. Praha. Česká republika (Disertační práce)

CHOCHOLOUŠKOVÁ, Z., DURAS, J., a kol., 2009: Metodika odběru a zpracování vzorků makrofyt stojatých vod. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka. Česká republika

KAŠTANOVSKÝ, J., HAUER, T., a kol., 2018a: Atlas sinic a řas České republiky 1. Svazek 1. České Budějovice. ISBN 978-80-7568-071-6

KAŠTANOVSKÝ, J., HAUER, T., a kol., 2018b: Atlas sinic a řas České republiky 2. České Budějovice. ISBN 978-80-7568-125-6

KRÁSA, J., a kol., 2013: Hodnocení ohroženosti vodních nádrží sedimentem a eutrofizací podmíněnou erozí zemědělské půdy. České vysoké učení technické v Praze. VÚV TGM. Biologické centrum AV ČR. Povodí Vltavy, státní podnik. Česká republika. ISBN: 978-80-01-05428-4

KRUTÍLEK, O., 2019: Koupání bez chemie. Podívejte se, jaké jsou koupací biotopy ve vašem kraji. (Online) [Citováno 16.2.2021]. Článek dostupný z:

https://www.idnes.cz/zpravy/domaci/koupani-biotopy-voda-cistota.A190823_113253_domaci_onkr

LITTLEWOOD, M., 2005: Natural Swimming Pools: Inspiration for Harmony with nature. Schiffer Publishing. 310s

MAPY.CZ, 2021: Letecká mapa, 12.10.2019 (Online). [Citováno 18.2.2021]. Mapy dostupné z:

<https://mapy.cz/letecka?x=14.3598384&y=49.9794191&z=19>

METEOROLOGICKÁ DATA, : Meteorologická data roku 2020 byla získána ze stanice Praha Libuš.

PECHAR, L., 2015: Století eutrofizace rybníků – synergetický efekt zvyšování zátěže živinami (fosforem a dusíkem) a nárůst rybích obsádek. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, Česká republika. Článek Vodní Hospodářství 07/2015

PETRTÝL, M.,: Úvod do Hydrobiologie, Česká zemědělská univerzita. (Online). Publikace dostupná z:

http://ryby.agrobiologie.cz/wp-content/uploads/hydrobiologie_e-learning_Petrtyl_CZU.pdf

ŘÍHOVÁ, AMBROŽOVÁ, J. 2008: Mikrobiologie v technologii vod. Skriptum VŠCHT Praha, 252 pp., ISBN 978-80-7080-676-0 (2. přepracované vydání), AA 26,32

SEDLÁK, J., 2008: Koupací jezírka. Praha: Grada. ISBN 9788024725543.

SKOUMALOVÁ, A., HROUDA, L., 2018: Rostliny naší přírody: štětcem Anny Skoumalové, perem Lubomíra Hroudy. 1. vydání – Praha: Academia. 850 s. ISBN: 978-80-200-2867-9

ŠEVČÍK, M., 2021: Makrozoobentos biotopové čistící nádrže Radotín. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí, Česká republika. (Bakalářská práce)

ŠIMEČKOVÁ, J., 2005: Ekologická koupací jezírka. Brno Svaz zakládání a údržby zeleně.

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

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

WEIXLER R., SCHMIDT, C., 2007: Die Freude am eigenen Schwimmteich, ISBN: 978-3-86263-039-4

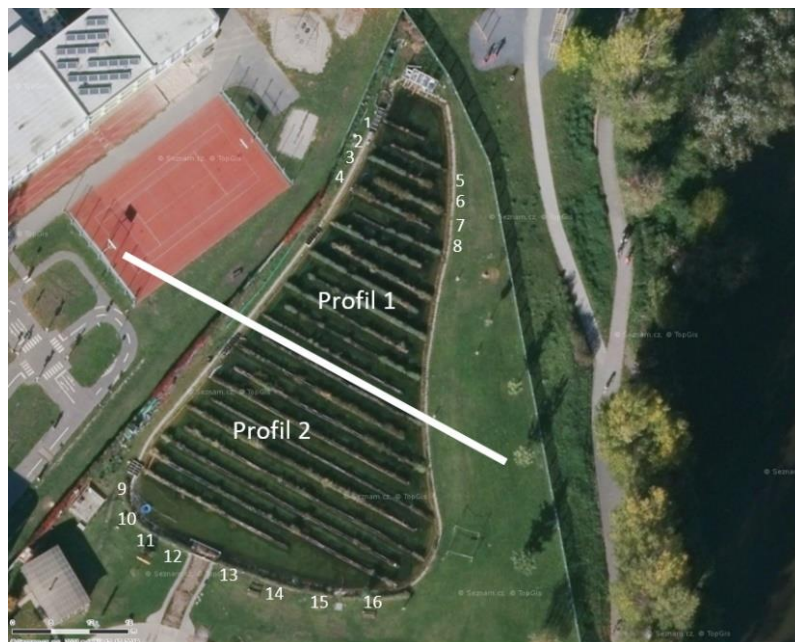
WESTLAKE, D., F., 1975: Macrophytes. In: River Ecology, (Ed. by B A Whitton) Blackwell Scientific Publications, Oxford.

WETZEL, R., G., 1983: Limnology. Philadelphia: Saunders College Publishing, (1975)

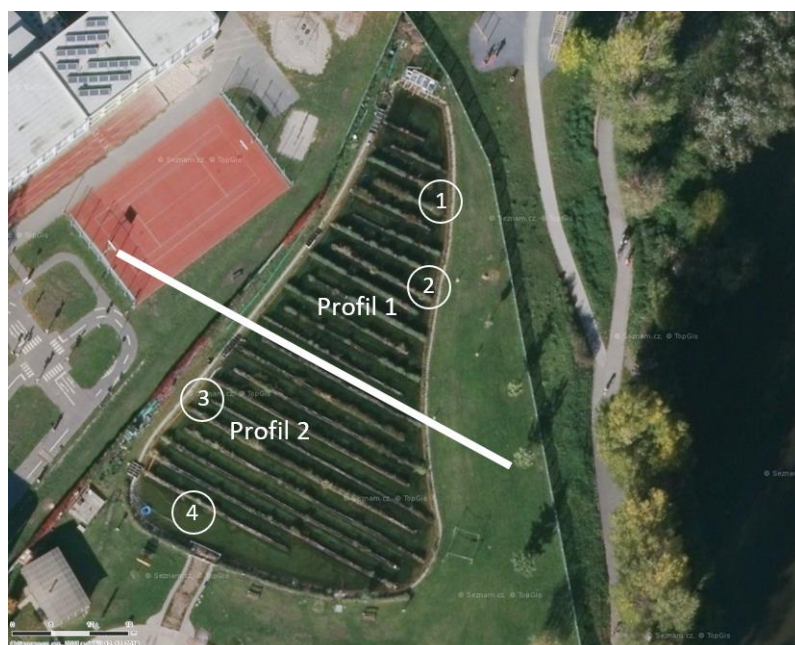
ZÁKON č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změnách některých souvisejících zákonů.

10 Přílohy

10.1 Příloha 1. – Obr. 1. a 2. – Letecké snímky s vyznačením schéma odběrů

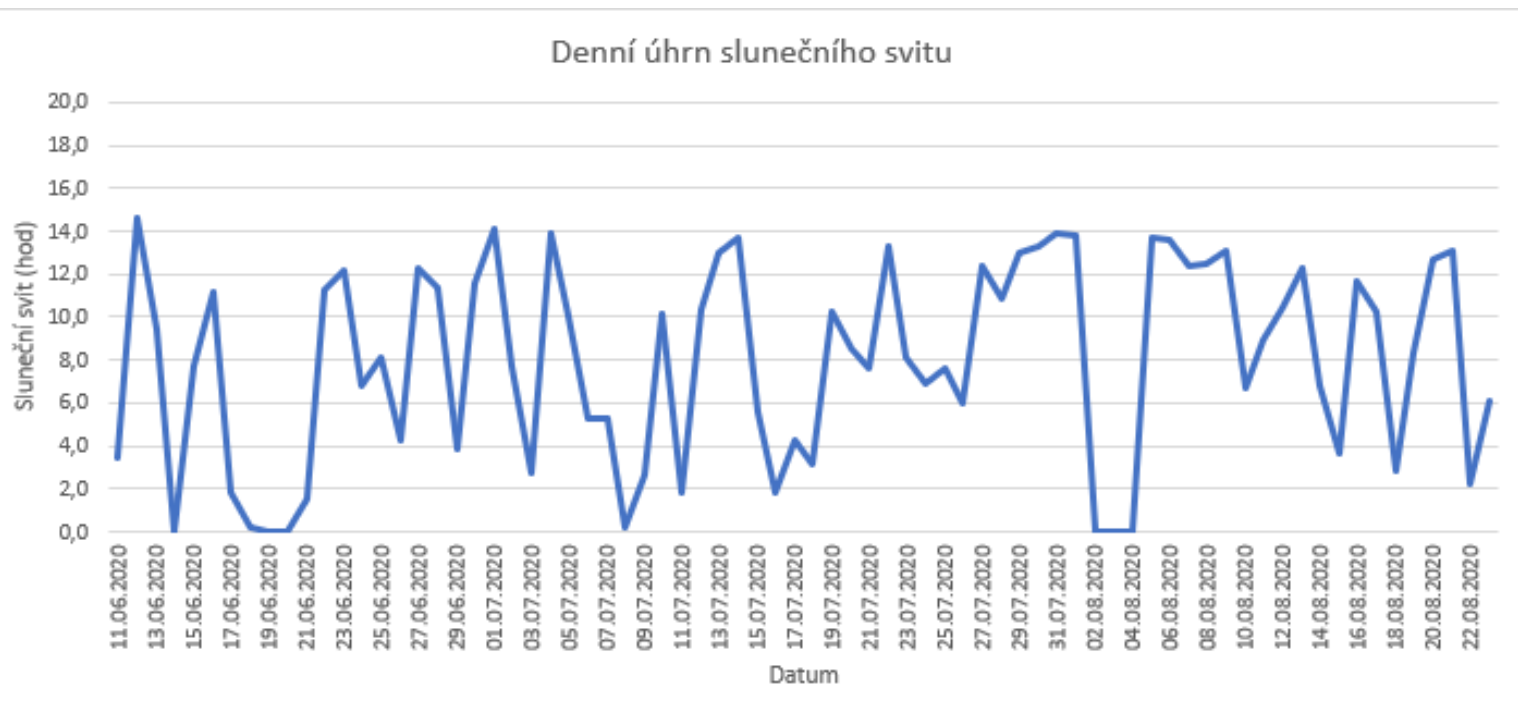


Obr. 1. – Schéma odběrů vzorků (Mapy.cz, upraveno: Maxa)

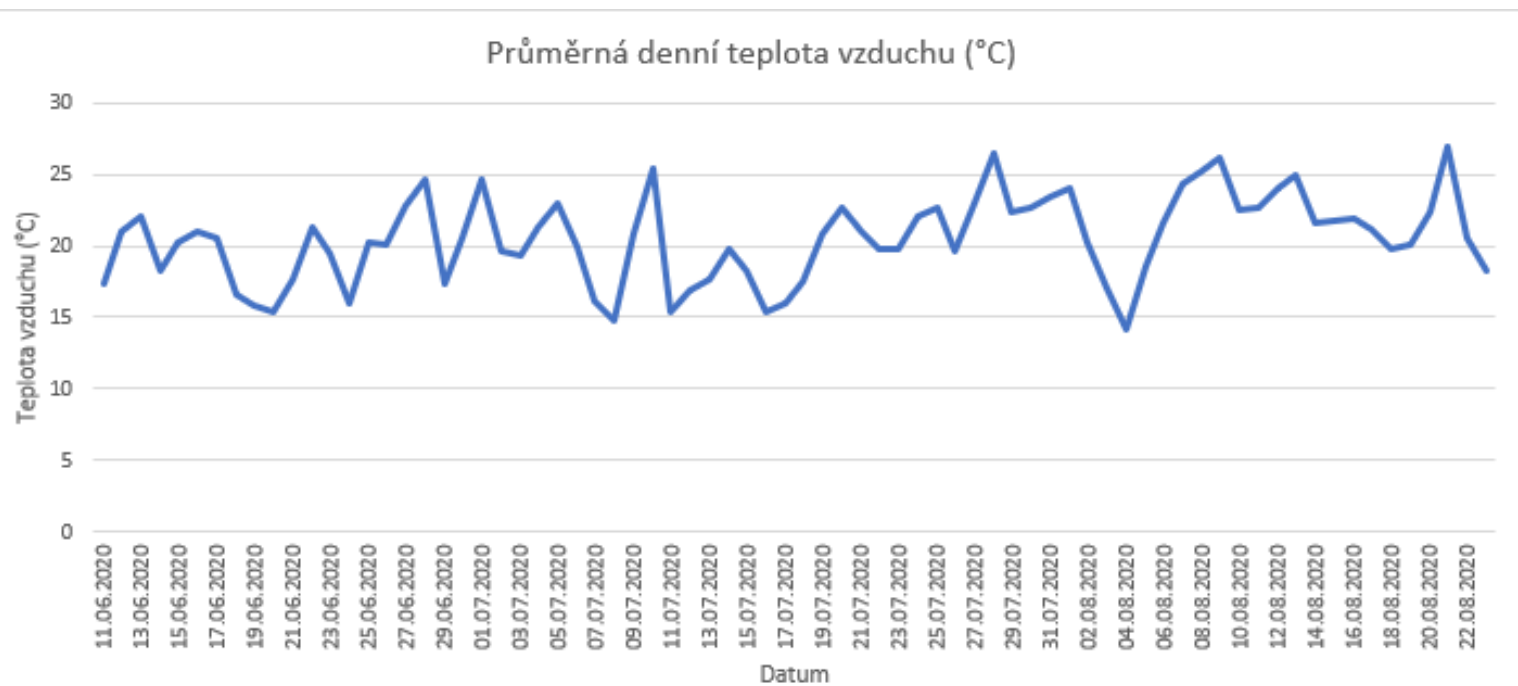


Obr. 2. - Schéma instalace umělých podkladů (Mapy.cz, upraveno: Maxa)

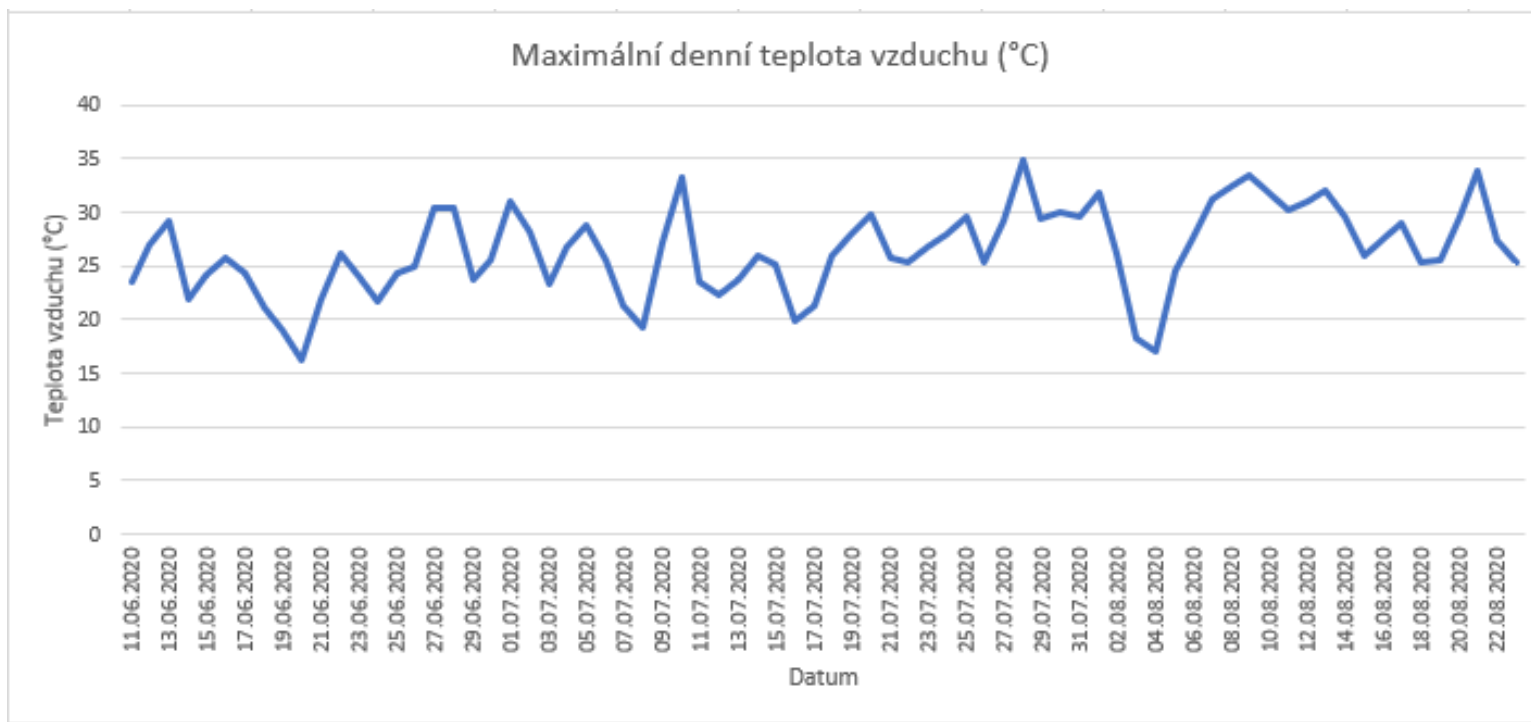
10.2 Příloha 2. Obr. 1., 2., 3. – Doplnující data z Meteostanice - Praha - Libuš



Obr. 1. – Denní úhrn slunečního svitu v hodinách pro Biotop Radotín. (Data: Praha – Libuš)



Obr. 2. – Průměrná denní teplota vzduchu (°C) pro Biotop Radotín. (Data: Praha – Libuš)



Obr. 3. – Maximální denní teplota vzduchu (°C) pro Biotop Radotín. (Data: Praha – Libuš)

10.3 Příloha 3. Tab. 1. - Tabulka podrobného rozboru chemismu vody

Číslo	Datum odběru	Označení	pH	Amoniakální dusík		TP	TC	TOC	TIC	TN	TON	TIN	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	Dusičnanový dusík		FI	Cl	NO ₂ ⁻	Br ⁻	NO ₃ ⁻	o-HO ₃ ⁻	SI	Číslo
				N-NH ₄ ⁺ mg/l	NH ₄ mg/l										N-NO ₂ ⁻ mg/l	N-NO ₃ ⁻ mg/l								
4	25.06.2020	RAD ZDR01	8,08	0,100	0,129	0,290	41,039	9,829	31,210	2,843	2,438	0,405	0,000	1,351	0,305	0,000	<0,040	94,903	<0,020	<0,040	1,351	<0,010	288,682	4
5	25.06.2020	RAD ZAČ	8,12	0,100	0,129	0,280	31,586	5,389	26,197	0,989	0,836	0,154	0,000	0,238	0,054	0,000	0,130	92,575	<0,020	0,078	0,238	<0,010	283,820	5
6	25.06.2020	RAD KON	8,18	0,100	0,129	0,280	34,322	6,572	27,751	1,206	1,054	0,152	0,000	0,230	0,052	0,000	0,121	92,879	<0,020	0,043	0,230	<0,010	282,892	6
33	10.07.2020	RAD ZAČ	8,42	0,100	0,129	0,310	35,291	8,021	27,269	1,368	0,995	0,374	0,000	1,212	0,274	0,000	0,262	94,861	<0,020	0,080	1,212	<0,010	300,023	33
34	10.07.2020	RAD KON	8,28	0,100	0,129	0,290	39,147	8,336	30,812	1,370	1,007	0,363	0,000	1,165	0,263	0,000	0,177	95,224	<0,020	0,103	1,165	<0,010	299,478	34
55	24.07.2020	RAD ZAČ	8,65	0,100	0,129	0,310	29,598	7,779	21,819	1,465	1,071	0,394	0,000	1,301	0,294	0,000	0,115	98,250	<0,020	0,119	1,301	<0,010	365,431	55
56	24.07.2020	RAD KON	8,63	0,100	0,129	0,310	26,619	6,874	19,745	1,287	0,830	0,458	0,000	1,583	0,358	0,000	0,172	99,281	<0,020	0,087	1,583	<0,010	379,296	56
79	07.08.2020	RAD ZAČ	8,45	0,000	0,000	0,320	31,486	7,595	23,892	1,660	1,126	0,534	0,025	2,330	0,526	0,008	0,152	93,057	0,025	0,111	2,330	<0,010	311,542	79
80	07.08.2020	RAD KON	8,39	0,000	0,000	0,310	31,721	7,844	23,877	1,671	1,088	0,583	0,024	2,547	0,575	0,007	0,183	97,672	0,024	0,114	2,547	<0,010	314,321	80
101	21.08.2020	RAD ZAČ	8,26	0,000	0,000	0,330	27,015	6,071	20,944	1,380	0,900	0,480	0,000	2,123	0,480	0,000	<0,040	104,387	<0,020	0,126	2,123	<0,010	333,480	101
102	21.08.2020	RAD KON	8,18	0,000	0,000	0,290	27,055	5,614	21,441	1,191	0,666	0,525	0,000	2,324	0,525	0,000	0,243	102,976	<0,020	0,119	2,324	<0,010	340,708	102

**10.4 Příloha 4. Obr 1., 2., 3., 4. – Ukázka větších vodních rostlin a situace
v roce 2020**



*Obr. 1. – Kyprej vrbice (*Lythrum salicaria*), Biotop Radotín, 7/2020. J. Soukupová*



*Obr. 2. – Leknín bílý (*Nymphaea alba*), Biotop Radotín, 8/2020. J. Soukupová*

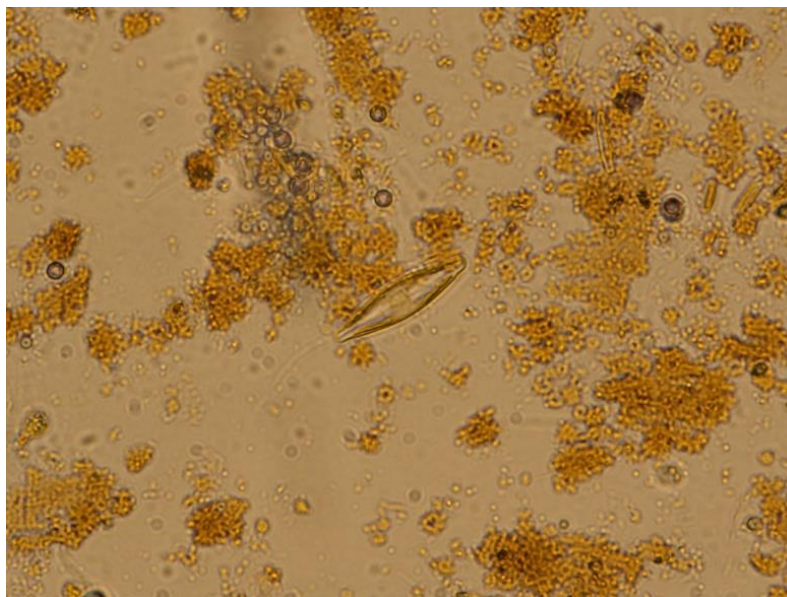


Obr. 3. – Společně rostoucí paroženatka a zelená řasa (*Cladophora*), Oblast přítoku. Fotografie demonstruje vynikající viditelnost, přibližně okolo 3 metrů. Biotop Radotín. 8/2020. P. Maxa

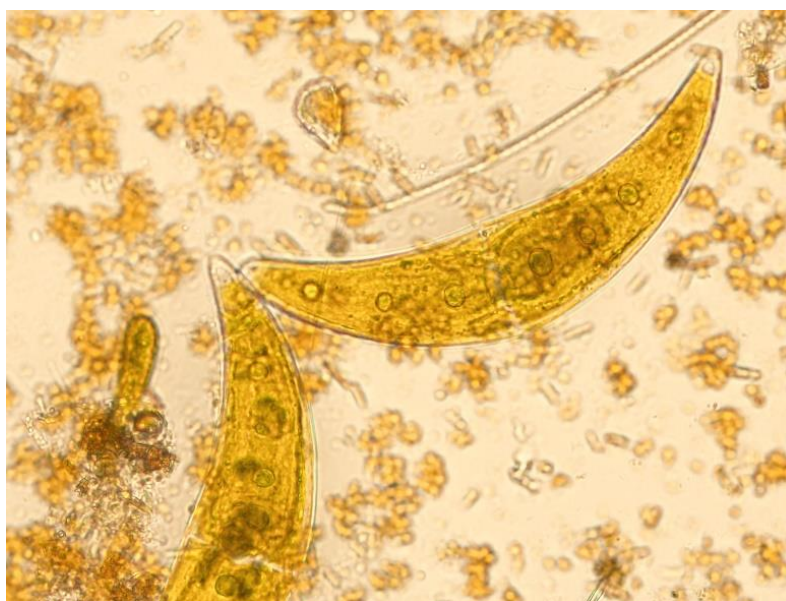


Obr. 4. – Pohled na průzračnou vodu, hrázky porostlé Ostřicí štíhlou (*Carex acuta*). Oblast konce nádrže se vyznačuje svou čistotou, bez většího množství vodních rostlin. Můžeme vidět hadici sloužící k odsávání kalu. Biotop Radotín. 8/2020. P. Maxa

10.5 Příloha 5. Obr. 1., 2., 3.,4. – Fotografická dokumentace nalezených druhů, 2020



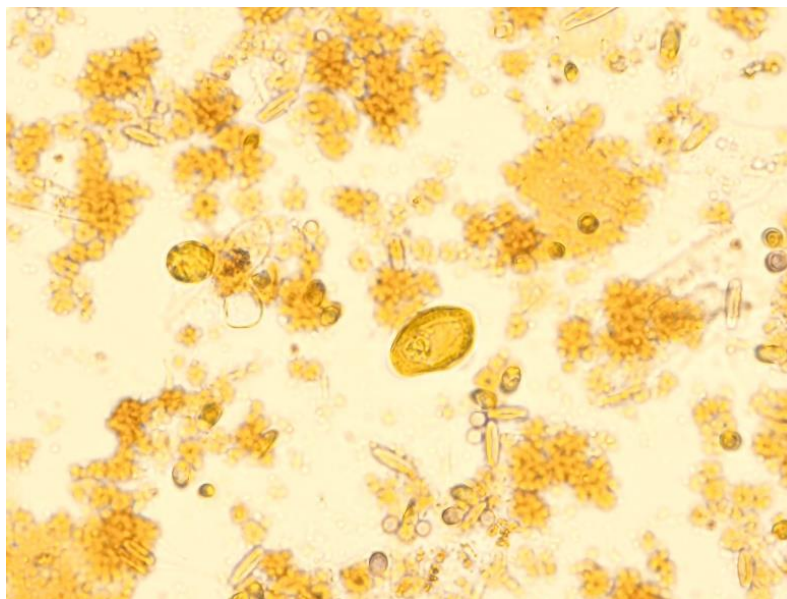
Obr. 1. - Rozsivka, nejspíše typu *Navicula*, v okolí velké množství anorganického materiálu. Biotop Radotín. P. Maxa



Obr. 2.– Řasa rodu *Closterium* sp. Ze třídy spájivek. Biotop Radotín. P. Maxa

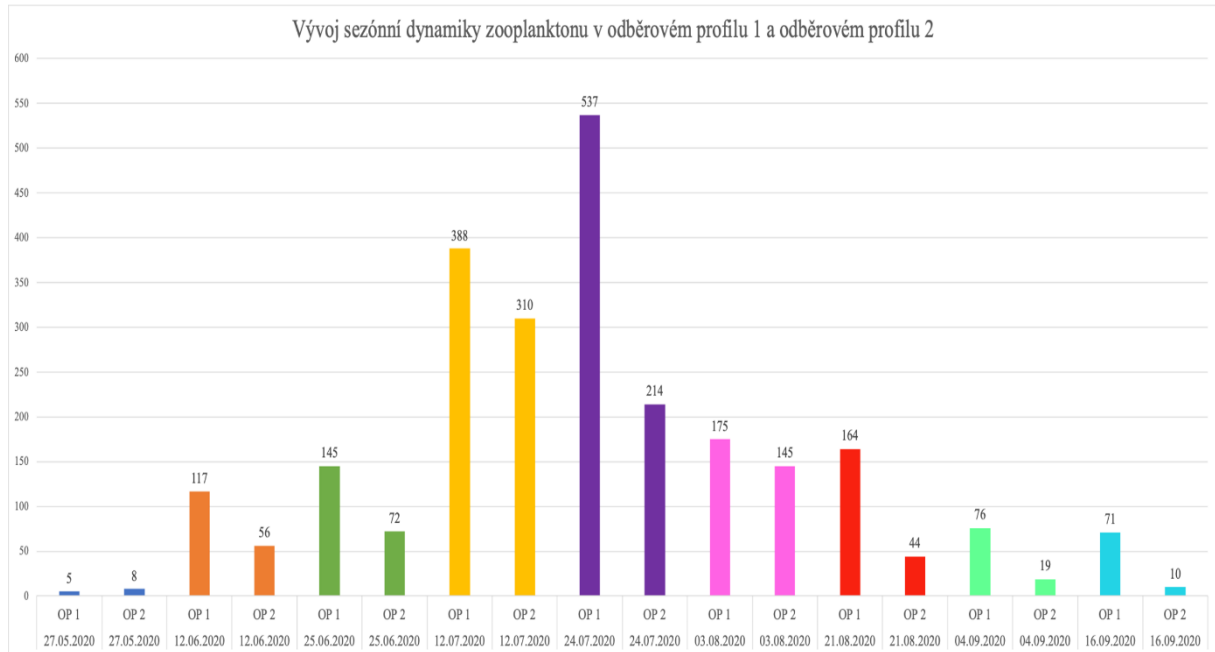


Obr. 3. – Zelená rasa rodu *Cladophora* sp., s viditelným výrůstkem. Biotop Radotín. P. Maxa



Obr. 4. – Uprostřed druh skrytěnky *Cryptomonas* sp., okolo několik rozsivek a anorganického materiálu. Biotop Radotín. P. Maxa

10.6 Příloha 6. Obr 1. Ukázka trendu vývoje zooplanktonu v nádrži ve sledovaném období



Obr. 1. – Trend rozvoje zooplanktonu ve sledovaném období. (Barychar, 2021)