

Univerzita Hradec Králové

Přírodovědecká fakulta

Katedra biologie

**Fytoplankton přírodního koupaliště
Slunečná v Krkonoších**

Bakalářská práce

Autor: Lucie Krausová
Studijní program: B 1501 Biologie
Studijní obor: Systematická biologie a ekologie
Vedoucí práce: RNDr. Markéta Bohunická Ph.D.

Hradec Králové

2023



Zadání bakalářské práce

Autor: Lucie Krausová
Studium: S20BI007BP
Studijní program: B0511A030001 Biologie a ekologie
Studijní obor: Biologie a ekologie

Název bakalářské práce: **Fytoplankton přírodního koupaliště Slunečná v Krkonoších**
Název bakalářské práce AJ: Phytoplankton of natural swimming area Slunečná in the Krkonoše Mountains (Czech Republic)

Cíl, metody, literatura, předpoklady:

Cíle – Cílem této bakalářské práce je stanovit kvalitu a kvantitu fytoplanktonu v přírodním koupališti Slunečná v Krkonoších v průběhu sezóny. Na základě těchto údajů odvodit trofii této nádrže a její vhodnost pro koupání

Zásady pro vypracování

- 1) Úvod, motivace, hypotézy, cíle
- 2) Literární rešerše
 - a) Studovaná lokalita - přírodní poměry, historické údaje o složení fytoplanktonu, rybí osádka
 - b) Fytoplankton malých nádrží – dominantní oddělení, zástupci a jejich determinační znaky, trofie
 - c) Koupací vody – hygienické požadavky (limity)
- 3) Praktická část
 - a) Odběr vzorků fytoplanktonu z vybraného přírodního koupaliště a měření základních chemicko-fyzikálních parametrů
 - b) Determinace a kvantifikace řasových a sinicových společenstev planktonu
- 4) Výsledky - zhodnocení sezónní dynamiky fytoplanktonu a srovnání s nádržemi podobného charakteru

Literatura

- Adámek, Z. a kol. (2010): Aplikovaná hydrobiologie. – Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeská univerzita. ISBN 978-80-87437-09-4
- Hindák, F. (1978): Sladkovodné riasy. – SPN Bratislava, 724 pp.
- Kalina, T. & Váňa, J. (2005): Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii. Praha: Karolinum, 2005. ISBN 80-246-1036-1.
- Kaštovský a kol. (2018): Atlas sinic a řas ČR 1 a 2. <https://www.sinicearasy.cz/matlas>
- Lelák, J. & Kubíček (1991): Hydrobiologie – Univerzita Karlova, Praha.
- Pouličková, A., Lhotský, O. & Dřimalová, D. (2004): Prodróm sinic a řas České republiky. - Czech Phycology 4: 19-33.
- Kittner, M. & Pouličková, A. (2001): Sezónní dynamika fytoplanktonu dvou rybníků u Protivínova. - Czech Phycology, Olomouc, 1: 45-51. Dostupné online <http://old.botany.upol.cz/prezentace/kitner/KitnerPouCP1.pdf>
- Konečná, S. (2007): Sezónní dynamika fytoplanktonu litovelských rybníků. – Bakalářská práce, Univerzita Palackého, Olomouc.
- Krumhanzlová, V. (2014): Řasová a sinicová flóra mělkých rybníků v okolí Zaječova. – Bakalářská práce, Západočeská univerzita v Plzni. Dostupné online <https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/14711/1/Krumhanzlova%20BP.pdf>
- Pechar, L. a kol. (2016): Jak fungují rybníky s rybami a bez nich, při nízké a vysoké úrovni živin. Enki s.r.o. – přednáška http://www.cski-cr.cz/wp-content/uploads/2016/08/02_01_Pechar.pdf
- Pumann, P. a kol. (2013): Metody přírodního koupaliště - hlavní výstupy projektu TAČR "Nové metodické přístupy pro kontrolu a hodnocení povrchových vod ke koupání" (TA 01020675). Dostupné online <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/koupaliste-metody>
- Rosendorf, P. (2009): Ekologické nároky sinic a faktory ovlivňující jejich výskyt v různých typech nádrží. Dostupné online https://heis.vuv.cz/data/spusteni/projekty/KOUPACIVODYPROF/dokumenty/prilohy/Koupaci_vody_2009_Rosendorf.pdf

Ziková, A., Kopp, R, Mareš J. (2007): Phytoplankton development of selected ponds inherited in southern Moravia in dependence on pond management. Dostupné online <https://mnet.mendelu.cz/mendelnet07agro/articles/enviro/zikova.pdf>

Zadávací pracoviště: Katedra biologie,
Přírodovědecká fakulta

Vedoucí práce: RNDr. Markéta Bohunická, Ph.D.

Datum zadání závěrečné práce: 23.1.2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a že jsem v seznamu použité literatury uvedla všechny prameny, ze kterých jsem vycházela.

Ve Vrchlabí dne 22.4.2023

.....

Lucie Krausová

Poděkování

Velké poděkování z mé strany patří RNDr. Markétě Bohunické Ph.D., které děkuji za odborné vedení, trpělivost a maximální vstřícnost při zpracovávání této práce.

Anotace

KRAUSOVÁ, Lucie. *Fytoplankton přírodního koupaliště Slunečná v Krkonoších*. Hradec Králové, 2023. Bakalářská práce. Univerzita Hradec Králové, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce RNDr. Markéta Bohunická, Ph.D. 52s.

Bakalářská práce zkoumá fytoplankton přírodního koupaliště Slunečná v Krkonoších. Teoretická část zahrnuje literární rešerši o rybnících, fytoplanktonu rybníků a sezónní dynamice fytoplanktonu. Také popisuje legislativu týkající se koupacích vod a rizik spojených s koupáním v přírodních vodách. V praktická část se věnuje výzkumu. Ve vegetační sezóně 2022 se odebralo 11 vzorků fytoplanktonu, ze kterých se zjišťovala druhová diverzita a početnost fytoplanktonu. Při odběrech se také měřily abiotické parametry, jako je pH, konduktivita, teplota a průhlednost. Na základě zjištěných dat se zhodnotila nádrž jako oligotrofní až mírně mezotrofní a z hygienických hledisek jako vhodná ke koupání.

Klíčová slova

fytoplankton, koupání, řasy, sinice, rybník

Annotation

KRAUSOVÁ, Lucie. *Phytoplankton of natural swimming area Slunečná in the Krkonoše Mountains*. Hradec Králové, 2023. Bachelor thesis. Univerzita Hradec Králové, Faculty of Science. Thesis Supervisor RNDr. Markéta Bohunická, Ph.D. 52p.

Bachelor thesis examines phytoplankton of natural swimming area Slunečná in the Krkonoše Mountains. The theoretical part contains literature review of ponds, phytoplankton of ponds and seasonal dynamics of phytoplankton. It also describes legislation concerning bathing waters and risks associated with bathing in natural waters. The practical part is engaged in research. 11 samples of phytoplankton were gathered in vegetation season of 2022, from which the species diversity and abundance of phytoplankton were determined. Abiotic parameters were also measured, such as pH, conductivity, temperature and transparency. On the basis of the obtained data, I assess the trophic level of the pond as oligotrophic, slightly mesotrophic. In terms of hygiene it is suitable for bathing.

Key words

phytoplankton, bathing, algae, cyanobacteria, pond

Obsah

Úvod.....	1
Motivace	1
Cíle práce.....	2
1 Teoretická část.....	3
1.1.Malé nádrže	3
1.1.1. Rybníky	3
1.2. Fytoplankton v závislosti na trofii	5
1.3. Sezónní dynamika	8
1.3.1. Sezónní dynamika rybníků.....	9
1.4. Koupací vody ve volné přírodě	11
1.4.1. Koupací sezóna.....	12
1.4.2. Pravidla pro hodnocení jakosti vod v přírodních koupalištích	13
1.4.3. Rizika koupání ve volné přírodě se zaměřením na sinice	14
1.4.4. Monitoring sinic	17
2. Charakteristika území.....	19
2.1. Poloha území.....	19
2.2. Geomorfologické poměry	19
2.3. Geologické poměry	20
2.4. Pedologické poměry	21
2.5. Klimatické poměry.....	23
3. Popis sledované lokality	25
4. Metodika	27
4.1. Terénní práce.....	27
4.1.1. Abiotické hodnoty.....	27
4.1.2. Odběr fytoplanktonu	28
4.2. Laboratorní práce	29
4.2.1. Fixace vzorků.....	29
4.2.2. Trvalé preparáty.....	29
4.2.3. Determinace vzorků.....	30
4.2.4. Zahušťování vzorků	30
4.2.5. Počítání v Bürkerově komůrce	31
5 Výsledky	33

5.1. Chemicko-fyzikální parametry.....	33
5.1.1. Teplota	33
5.1.2. Hodnoty pH	34
5.1.3. Vodivost.....	35
5.1.4. Průhlednost.....	36
5.2. Fytoplankton	37
5.2.1. Abundance fytoplanktonu	38
5.2.2. Druhové složení.....	41
5.3.3. Sezónní dynamika.....	43
6 Diskuse	47
6.1 Faktory ovlivňující společenstva řas a sinic.....	47
6.2 Fytoplankton	48
Závěr.....	51
Literatura.....	52
Seznam obrázků.....	56
Seznam grafů.....	56
Seznam tabulek.....	56
Přílohy	57
Příloha 1 – fotodokumentace nalezených řas a sinic.....	58

Úvod

V této bakalářské práci se zabývám fytoplanktonem přírodního koupaliště Slunečná v Krkonoších. Tento rybník se nachází v obci Čistá v Krkonoších nedaleko města Vrchlabí v Královéhradeckém kraji na území ochranného pásma Krkonošského národního parku. Rybník byl postaven v roce 1974 jako autokemp a jeho původním účelem bylo akumulovat a vzdouvat vodu. Nyní slouží rybník také k extenzivnímu chovu ryb a rekreaci. Jedná se o průtočný rybník, který má v hrázi osazen bezpečnostní přeliv (Tylš, 2016).

Nenašla jsem žádné záznamy o průzkumu fytoplanktonu v této vodní nádrži. Jediný průzkum vodního života zde provedla Karmáčková (2014), která se ve své práci zabývala obojživelníky. Zjistila, že se na lokalitě nachází čolek horský, čolek obecný, a ropucha obecná. Okolí této lokality bylo předmětem jiného výzkumu. Mudrlová (2010) zkoumala flóru a vegetaci v okolí obce Černý důl, který se nachází

pouhé 3 km od ATC Slunečná. V Černém dole byl také proveden výzkum vlivu sjezdového lyžování na společenstva kříšů (Podholová, 2020). V sousední obci Martinice v Krkonoších prováděla Honců (2021) průzkum diverzity řas a sinic na třech rybnících – U mlýna, na Bubně a Slané bahno.

V teoretické části se zabývám problematikou fytoplanktonu v rybnících v závislosti na úživnosti a sezónní dynamice. Dále se věnuji legislativě koupacích vod a rizikům koupání v přírodě se zaměřením na sinice. A nakonec charakterizují sledovanou lokalitu přírodní koupaliště Slunečná. Výzkumná část zahrnuje odběry vzorků fytoplanktonu, jeho determinaci a vyčíslení abundance (zejména sinic) a měření abiotických parametrů.

Motivace

Toto téma jsem si vybrala ze dvou důvodů. Hlavním důvodem je mé nadšení z mikroskopického světa a rozmanitosti organismů, které nevidíme pouhým okem. Právě řasy a sinice jsou esteticky lákavé organismy, různých tvarů a barev. Mé nadšení začalo v prvním ročníku bakalářského studia na předmětu Fylogeneze a systém stélkatých organismů.

Druhým důvodem je, že jsem chtěla zjistit v čem se koupu. Právě přírodní koupaliště Slunečná se nachází nedaleko mého bydliště, kde jsem se jako dítě často koupala. Moje poslední zkušenost s tímto koupalištěm byla velice nepříznivá, jelikož jsem byla celá obalená zelenými vláknitými řasami. To bylo motivací prozkoumat řasové společenstvo tohoto přírodního koupaliště a zhodnotit hygienickou vhodnost pro koupání.

Cíle práce

- 1) Vykonat terénní práce spojené s měřením abiotických parametrů a odběrem fytoplanktonu.
- 2) Prozkoumat druhové složení fytoplanktonu ve vodní nádrži.
- 3) Zaznamenat sezónní dynamiku fytoplanktonu ve vegetační sezóně 2022 (jaro, léto, podzim).
- 4) Ze zjištěných informací zhodnotit úživnost nádrže.
- 5) Ze zjištěných informací dle hygienických limitů posoudit vhodnost nádrže ke koupání.

1 Teoretická část

1.1. Malé nádrže

Malé vodní nádrže jsou většinou uměle vytvořené nádrže vybudované pro uchovávání vody. ČSN 75 2410 definuje malé vodní nádrže dle dvou kritérií; objem nádrže po normální hladinu je maximálně 2 mil. m³ a největší hloubka nádrže není větší než 9 m. Nádrže mohou sloužit k různým účelům např. chov ryb, rekreace, ochrana před povodněmi nebo zavlažování. Mohou také sloužit jako životní prostředí mnoha vodních organismů či obojživelníků, a tím napomáhat ochraně biodiverzity v daném místě. Obecně můžeme říct, že žádná malá vodní nádrž nemá pouze jednu funkci. Většinou má totiž více funkcí, přičemž jedna je hlavní. Malé vodní nádrže jsou budovány v různých prostředích, především ve venkovských oblastech, městských parcích nebo třeba v zemědělských oblastech. Napájeny mohou být i různými zdroji, jako například přírodními prameny, potoky, nebo dešťovou vodou. Nádrže by měly být správně udržovány, aby neohrožovaly okolí. Měly by se pravidelně čistit odstraňováním nánosů bahna, aby se tak zabránilo hromadění nebezpečných látek (Vrána, 1998).

V malých vodních nádržích voda většinou příliš neproudí, je spíše statická. Proudění těchto vod je ovlivňováno hlavně větrem a klimatickými podmínkami. Díky statické vodě se v takových nádržích mohou hojně rozvíjet řasy a sinice. Tato vodní tělesa mohou být také stále obohacována o minerální látky z povodí. Množství nahromaděných biogenních prvků (hlavně fosforu a dusíku), určuje trofii nádrže a tím i složení fytoplanktonu, čemuž se věnuji v kapitole 1.2. Fytoplankton ovlivňují i další abiotické parametry, jako například teplota, intenzita slunečního záření nebo pH (Lellák, 1991).

1.1.1. Rybníky

Rybníky dle uvedené definice patří mezi malé vodní nádrže. Jsou to mělké, pravidelně vypouštěné umělé nádrže, dosahující zpravidla hloubky od 1 m až do 5 m. Na území ČR tvoří nejčastější typ stojatých vod. Naším největším rybníkem je Rožmberk, s rozlohou 642 ha, a nejhlubším je Staňkovský, s hloubkou 15 m

(Pouličková 2011). Rybníky se budují pro chov ryb, ale také pro zásobování vodou k zemědělským nebo průmyslovým účelům. Jsou to také významné ekosystémy, i když přirozeně nestabilní (David, 2015). Mohou sloužit i k rekreaci, jako je například koupání, rybaření nebo vodní sporty. Rybníky lze dělit podle různých kritérií, jako je velikost, hloubka, způsob využití nebo dle jakosti.

Dle Šrámka-Huška (1946) dělíme rybníky na velké, střední a malé. Rybníky velké a střední dále lze dělit na 4 typy – **polabský, doksanský, lednický** a **horácký**. **Polabský** typ rybníků se nachází zejména v oblasti kolem řeky Labe. Jsou mělké, často s bahnitým dnem. Jelikož má tento typ rybníků mělké dno a vysokou produktivitu, jsou často vysoce eutrofní. **Doksanský** typ rybníků je charakteristický pro oblast Středohoří a Kokořínska. Tyto rybníky jsou velké a hluboké. Dno mají písčitobahnité a jejich úživnost je často vysoká. **Lednický** typ můžeme najít v okolí Lednice na Moravě. Vyznačují se velkou rozlohou, ale mělkým dnem. Mohou obsahovat větší množství NaCl. **Horácký** typ se nachází v oblasti Horácka na Vysočině. Tento typ je charakteristický malou rozlohou a mělkým dnem. Jelikož mají tyto charakteristiky, jsou také málo produktivní a tím pádem i mají menší sklon ke zhoršení kvality vody. Malé rybníky můžeme dělit na pstruhové (zejména v horských oblastech, napájené čistými prameny), plůdkové (sloužící k odchovu jiker ryb), návesní (silně znečištěné a eutrofizované), nebo čistící, které díky přirozeným procesům čistí odpadní vody (Ambrožová, 2003).

Rybníky lze dělit i podle vztahů v potravních řetězcích litorálu (pobřežní pásmo) a pelagiálu (volná voda), na **litorální** a **pelagiální** ekosystém. **Litorální** typ ekosystému je typický čistou vodou s převahou makrofyt. Můžeme ho najít v oligotrofních až mezotrofních vodách, kde díky menší abundanci fytoplanktonu proniká dostatek světla do hloubky, takže makrofyta nejsou nějak limitována a prorostou vodní sloupec. Podpurným elementem může být i rybí obsádka s převahou dravých ryb, které se živí na planktonožravých rybách, a ty pak neodfiltrují zooplankton, který tak více snižuje abundanci fytoplanktonu. Naopak **pelagiální** typ ekosystému je charakteristický velkou abundancí fytoplanktonu, který tvoří zákal v celém vodním sloupci. Makrofyta jsou pak limitována světlem a neprosadí se (Randák et al. 2013).

1.2. Fytoplankton v závislosti na trofii

Fytoplankton je souhrn rozmanitých mikroskopických fotosyntetizujících organismů, kteří se volně vznášejí ve vodě. Tvoří základ vodního ekosystému, protože produkují kyslík a slouží jako potrava vodním živočichům. Je to různorodá skupina vzhledem k velikosti, tvaru, nebo barvě. Některé druhy fytoplanktonu jsou vybaveny bičíky, díky kterým mohou regulovat svoji polohu ve vodním sloupci, nebo aerotopy obsahující směs plynů, díky kterým se vznášejí na vodní hladině. Fytoplankton můžeme zkoumat dvěma způsoby; kvantitativně a kvalitativně (Boyd, 1990).

Kvantitativní rozbor se používá pro hodnocení biologické produkce nádrže. Můžeme ho vyjádřit pomocí abundance, objemu, hmotnosti sušiny nebo třeba koncentrace chlorofylu a (Pouličková, 2011). Kvalitativní rozbor fytoplanktonu je biologická analýza, při které zjišťujeme jednotlivé druhy řas a sinic. Dokresluje analýzu chemickou, a dává nám doklad o působení všech faktorů prostředí (Fott, 1971). Druhové složení se odvíjí od úživnosti nádrže a ročního období (viz. kap. Sezónní dynamika). V této kapitole se budu věnovat složení fytoplanktonu v závislosti na trofii lokality.

Trofie neboli úživnost vody znázorňuje množství využitelných živin rozpuštěných ve vodě. Rozlišujeme tři základní stupně: **oligotrofii, mezotrofii a eutrofii**. Pro každý stupeň platí určité charakteristiky, zastupují je bioindikátory právě z řad sinic a řas a také existuje množství systémů pro jejich evaluaci. Ovšem pro každý biogeografický region a typ nádrže je systém indikace odlišný. Například indikátory z vysokohorských jezer Alp nelze použít na naše Třeboňské rybníky (Pouličková, 2011). Jelikož v mé práci zkoumám malou nádrž rybníčního typu, zaměřím se na ukazatele v našich přírodních podmínkách.

V malých nádržích jsou fyzikálně-chemické parametry velice proměnlivé a s tím i složení společenstva fytoplanktonu. Druh nádrže je stanovován podle lokálních podmínek. Kupříkladu na chudém geologickém podloží najdeme vody s nízkou úživností, ale zato s velkou průhledností, způsobenou malou produkcí řas a sinic. Opačně na minerálně bohatém podloží jsou vody vysokou úživností a tím

i produkcí fytoplanktonu. Úživnost nádrže je ovlivňována i přísunem živin z okolí, například odpadními vodami v přítocích nádrže nebo přítomností zemědělsky využívaných ploch v blízkosti nádrže. Pokud nemá nádrž odtok, živiny se hromadí a tím se zvyšuje i její trofie (Lellák, 1991).

Fytoplankton může sloužit jako indikátor trofie vodní nádrže, jelikož jak již bylo zmíněno, jeho kvantita i druhové složení je ovlivněné množstvím živin v dané nádrži. Je ale třeba říct, že většina druhů fytoplanktonu se neváže striktně jen na jednu úroveň úživnosti, ale mohou se vyskytovat ve více stupních trofie. Existují však druhy, které preferují spíše oligo až mezotrofní nádrže, nebo naopak více úživné eutrofní až hypertrofní nádrže, zejména zástupci ze třídy Bacillariophyceae (Kaštovský et. al 2018a).

Oligotrofní vody se vyznačují vysokou průhledností vody, a to více než 5 metrů (viz tab. č. 1). To je způsobené nízkou abundancí fytoplanktonu, která se pohybuje v rozmezí $0,01-0,05 \times 10^6$ buněk/l. Hodnoty fosforu nepřesahují $15 \mu\text{g/l}$ a pH se zhruba rovná 6-7 (Hartman, 2005). Existuje množství řasových bioindikátorů oligotrofie. Z třídy Bacillariophyceae můžeme jmenovat zástupce rodu *Cyclotella comensis* nebo druh *Eucoconeis* (Pouličková, 2011).

Přechod mezi oligotrofií a eutrofií nazýváme mezotrofií. Oproti oligotrofním vodám mají **mezotrofní vody** více živin a tím i větší produkci fytoplanktonu. Abundance řas se pohybuje okolo $0,1-0,5 \times 10^6$ buněk/l. Jako indikátory mezotrofie můžeme z třídy zlativek jmenovat např. *Mallomonas caudata* nebo *Dinobryon divergens*. Z krásivek to jsou druhy *Cosmarium* a *Staurastrum*. Ze skupiny zelených řas to je například *Sphaerocystis schroeteri* nebo *Dictyosphaerium elegans* (Bellinger, 2010).

Eutrofní vody jsou charakteristické vysokým obsahem živin, které se často dostávají do vod pomocí procesu eutrofizace – například přísunem živin přítokem do nádrží nebo přímým vyústěním odpadních vod z lidských obydlí. Živiny se také mohou dostat do vod erozním materiálem ze zemědělsky obhospodařovaných ploch. Díky vysokému množství živin se výtečně daří fytoplanktonu, jehož abundance může dosahovat až 10×10^6 buněk/l (viz tab. č. 1). Právě vysokým množstvím fytoplanktonu je voda silně zakalená, s nízkou průhledností, což má

vliv na vodní vegetaci, která nemá dostatek slunečního záření pro svůj růst. pH eutrofních vod často kolísá v závislosti na míře fotosyntézy. Obecně jsou eutrofní vody typické vysokým (alkalickým) pH, což může mít negativní vliv na organismy, které ve vodě žijí (David, 2015). Typickými zástupci letního fytoplanktonu jsou sinice, konkrétně *Aphanizomenon flos-aquae* nebo *Dolichospermum* spp. V eutrofních vodách žijí i zástupci z třídy rozsivek, a to *Aulacoseira* spp., nebo *Stephanodiscus rotula* (Bellinger, 2010).

Tabulka 1: Trofie vodní nádrže: Abiotické parametry a řasové bioindikátory (Ambrožová 2003; Hartman 2005; Bellinger 2010)

	Průhlednost (m)	pH	Abundance řas (10 ⁶ b/l)	Fosfor - celkový (μg/l)	Typičtí zástupci letního fytoplanktonu
Oligotrofie	>4	6-7	0,01-0,05	<15	B - <i>Cyclotella comensis</i> , <i>Rhizosolenia</i> spp., <i>Eucocconeis</i> CHL - <i>Staurodesmus</i> spp.
Mezotrofie	2-4	≈7	0,1-0,5	15-50	B - <i>Tabellaria flocculosa</i> CHR - <i>Dinobryon divergens</i> , <i>Mallomonas caudata</i> CHL - <i>Sphaerocystis schroeteri</i> , <i>Dyctiosphaerium elegans</i> , <i>Cosmarium</i> spp., <i>Straurastrum</i> spp. D - <i>Ceratium hirundinella</i>
Eutrofie	0,5-2	>7	1-10	50-200	B - <i>Aulacoseira</i> spp., <i>Stephanodiscus rotula</i> CHL - <i>Eudorina</i> spp., <i>Pandorina morum</i> , <i>Volvox</i> spp. C - <i>Dolichospermum</i> spp., <i>Aphanizomenon flos-aquae</i> , <i>Microcystis aeruginosa</i>

Hlavní skupiny fytoplanktonu: B=*Bacillariophyceae*; CHL=*Chlorophyta*; CHR=*Chrysophyceae*; D=*Dinophyta*; C=*Cyanobacteria*

1.3. Sezónní dynamika

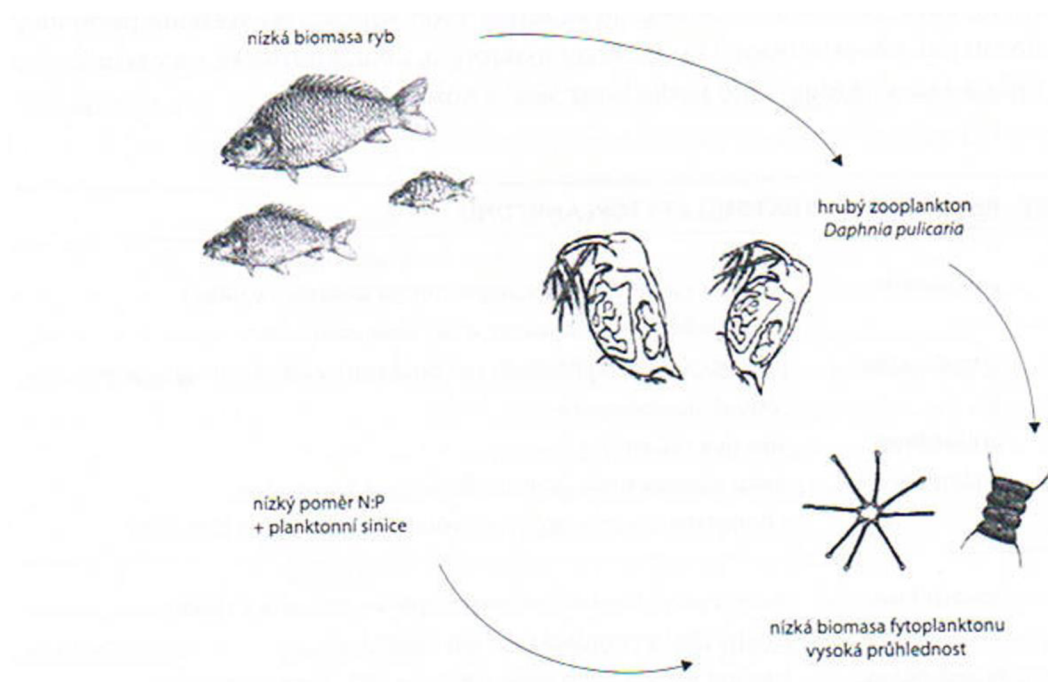
Kvalita vody v rybnících během roku kolísá. Různé fytoplanktonní druhy tolerují různé rozsahy teplot a stejně tak i různé koncentrace živin. Tyto míry tolerance určují dominanci odlišných druhů v jednotlivých ročních obdobích. Sezónní dynamiku fytoplanktonu tedy lze vysvětlit z hlediska měnící se teploty ve vztahu ke kompetici o živiny a světlo (Affan et al., 2005).

Sezónní rozdíly ve společenstvu fytoplanktonu nelze generalizovat pro všechny typy nádrží. Existuje ale takzvaný „PEG-model“ který ve 24 bodech popisuje, jak se v průběhu roku může měnit složení fytoplanktonu a zooplanktonu v idealizovaném jezeře (Sommer et. al., 1986). Model vznikl z dlouhodobého diskusního procesu mezi přibližně 30 členy Plankton Ecology Group (PEG), do kterého každý ze zúčastněných přispěl daty o sukcesi fytoplanktonu z různých jezer a rybníků. Tento model předpokládá určité podmínky, a to teplotně stratifikované jezero bohaté na živiny, ve kterém se tyto živiny vyčerpávají postupně v pořadí P-Si-N (fosfor, křemík, dusík). Má ale sloužit jako standard pro srovnání s širším výběrem jezer (Sommer et. al., 1989). PEG model popisuje sezónní dynamiku následovně.

Po zimním období začne ve vodě stoupat množství dostupných živin. Díky tomu se začne množit fytoplankton, a to zejména skrytěnky a rozsivky. Spolu s ním se ale rozmnoží i zooplankton, který jej začne aktivně požírat. Predační tlak zooplanktonu výrazně sníží abundanci fytoplanktonu a nastává fáze „clear water“ (Sommer et. al., 1989). Toto období je bez rozvoje fytoplanktonu a může trvat několik dnů či týdnů (Poulíčková, 2011). Zooplankton začne limitovat dostupnost potravy a také predací tlak ryb, čímž se sníží jeho početnost. Dojde tak k novému rozvoji fytoplanktonu s vysokou druhovou bohatostí. V letním období dominují zejména zelené řasy a sinice. Jejich abundance se v průběhu léta mění v závislosti na teplotě, množství živin a predacním tlaku zooplanktonu. Na podzim dochází opět k rozvoji rozsivek. Kvůli malému množství světelné energie a nízkým teplotám dochází v zimě k rapidnímu snížení abundance fytoplanktonu až do tzv. zimního minima (Sommer et. al., 1989).

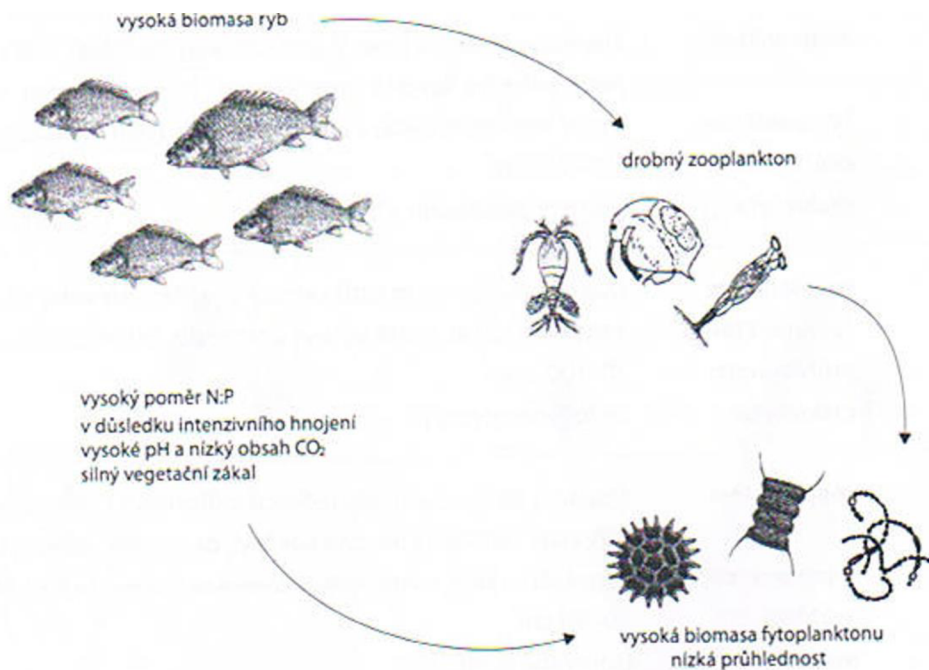
1.3.1. Sezónní dynamika rybníků

Co se týká rybníků, po jarním období mohou nastat dva případy, které jsou závislé na hustotě rybí obsádky. Pokud je nízká biomasa rybí obsádky (obr. č. 1), nebo pokud obsádka úplně chybí, pak se rozmnoží velký filtrující zooplankton. Ten vyfiltruje řasy a tím se zvýší průhlednost vody. Uvolněnou niku zaberou velké druhy fytoplanktonu, jako jsou například sinice vodního květu, koloniální zelené řasy nebo rozsivky. To má za následek snížení druhové diverzity, ale za to vznik poměrně stabilního společenstva (Hartman, 2005).



Obrázek 1: Hlavní rysy vývoje rybníčního ekosystému při nízkém predančním tlaku obsádky (Hartman, 2005)

Druhý případ (obr. č. 2) vzniká, pokud je naopak vysoká biomasa rybí obsádky. Planktonožravé ryby odfiltrují zooplankton, a tak dojde k pomnožení fytoplanktonu, a to zejména chlorokokálních řas. Voda se zbarví do zelena a má vysokou koncentraci kyslíku. Tento děj pozorujeme pouze v létě, kdy ryby aktivně přijímají potravu (Ambrožová, 2003).



Obrázek 2: Hlavní rysy vývoje rybníčního ekosystému při vysokém predančním tlaku obsádky (Hartman, 2005)

Skutečnost, že rybí obsádka výrazně ovlivňuje složení a množství zooplanktonu a fytoplanktonu, bylo popsáno Hrbáčkem v roce 1962. Poté se této problematice začalo věnovat více pozornosti v návaznosti i na zvýšení míry antropogenní eutrofizace vod (Randák et al. 2013).

Obecně sezónní dynamika v rybnících vypadá následovně:

V jarním fytoplanktonu rybníků můžeme najít nejčastěji zástupce z řádů *Bacillariophyceae*, *Chrysophyceae* a *Cryptophyceae*. Jejich maximum nastává od března do května, někdy však už od roztání ledu (Hindák, 1978).

Letní fytoplankton rybníků je velice proměnlivý, ale nejčastěji ho tvoří zástupci oddělení *Chlorophyta* a *Cyanophyta*. V důsledku vysokých teplot často dochází k vytvoření vodního květu sinic např. zástupci rodů *Aphanizomenon* a *Microcystis* (Hindák, 1978). V silně znečištěných rybnících můžeme najít v létě také zástupce z řádu *Euglenophyta*. Pokud je v rybníku vysoký predanční tlak ze strany zooplanktonu, objevují se zejména zástupci z oddělení *Chlorophyta*, a to koloniální formy, které není schopný zooplankton odfiltrovat. Mezi ně řadíme například rody *Volvox*, *Pediastrum* nebo *Eudorina* (Hartman, 2005).

Zimní fytoplankton je v našich podmínkách chudý. Pokud na zamrzlém rybníku není žádný sněh, mohou se na krátký čas opět rozmnožit zástupci z rodů *Bacillariophyceae* a *Chrysophyceae* (Hindák,1978).

1.4. Koupací vody ve volné přírodě

Koupání v přírodních vodách se v České republice znovu stává oblíbenou aktivitou zejména v letních měsících. Osvěžit se lidé mohou v řekách, rybnících či jiných přírodních vodách. V Česku je spousta krásných míst, kde se dá koupat a užívat si krásy přírody. Koupání ve volné přírodě s sebou ale nese i jistá rizika. Může se jednat např. o nebezpečí úrazu nebo rizika spojené s kvalitou vody (viz. kapitola č. 1.4.3.). Je proto důležité vybírat místa, která jsou bezpečná a neohrožují lidské zdraví (Pumann, 2008).

Z tohoto důvodu provádí hygienické stanice pravidelné kontroly kvality vody na lokalitách, která jsou v seznamu sledovaných míst vydávaným každoročně Ministerstvem zdravotnictví. Tyto kontroly kvality vody zahrnují pravidelné odběry vzorků vody, které jsou následně analyzovány v laboratoři. Sledují se zejména mikrobiologické, chemické a fyzikální ukazatele. Z mikrobiologických ukazatelů se sledují koncentrace bakterie *Escherichia coli*, enterokoků, výskyt cercárií nebo abundance sinic. Mezi sledované chemicko-fyzikální parametry patří teplota vody, pH nebo koncentrace dusičnanů a fosforečnanů. Mimo jiné se posuzuje i míra přírodního znečištění nebo znečištění odpady. V kapitole č. 1.4.2. se blíže věnuji pravidlům pro hodnocení jakosti přírodních vod. V případě překročení limitních hodnot vydává hygienická stanice zákaz koupání. Tyto informace jsou zveřejňovány na oficiálních webových stránkách příslušných hygienických stanic, nebo na webových stránkách www.koupacivody.cz. V blízkosti koupacího místa také musí být informační tabule která obsahuje informace týkající se hodnocení kvality vody a současného stavu kvality vody ke koupání (Vyhláška č. 238/2011 Sb.).

Česká legislativa rozlišuje tři přírodní místa ke koupání:

PŘÍRODNÍ KOUPALIŠTĚ

Přírodní koupaliště mají svého provozovatele. Provozovatel je právnická či fyzická osoba, která má za povinnost kontrolovat kvalitu vody. Zajišťuje pořádek na koupališti, provozuje WC, sprchy a převlékárny. Na koupališti se zpravidla vybírá vstupné (Státní zdravotní ústav, 2023).

POVRCHOVÉ VODY VYUŽÍVANÉ KE KOUPÁNÍ BEZ PROVOZOVATELE (KOUPACÍ OBLASTI)

Jsou to významné koupací oblasti, kde se každý rok koupe velké množství osob. Nemají svého provozovatele, a tak jsou tato místa zařazena do seznamu sledovaných míst, kde hygiena pravidelně kontroluje kvalitu vody. Vybavenost je menší než u přírodních koupališť a nevybírá se zde vstupné. V praxi nemusí člověk vůbec rozoznat koupací oblast a přírodní koupaliště (Státní zdravotní ústav, 2023).

OSTATNÍ VODNÍ PLOCHY

Rekreanti se nemusí koupat jen v koupacích oblastech či na koupalištích ve volné přírodě. Mohou využít jakékoliv jiné vody, kde není vydán zákaz koupání. Kvalita vody zde ale není sledována, koupání je na vlastní nebezpečí (Státní zdravotní ústav, 2023).

1.4.1. Koupací sezóna

Koupací sezóna je období, ve kterém musí provozovatel koupaliště, uvedeného v seznamu sledovaných míst vydaným Ministerstvem zdravotnictví, provádět dle monitorovacího kalendáře pravidelné kontroly kvality vody. Pro rok 2022 byla stanovena koupací sezóna od 31. května do 1. září 2022. Výsledky jsou pak průběžně zveřejňovány na webových stránkách příslušných krajských hygienických stanic (MZČR, 2022).

1.4.2. Pravidla pro hodnocení jakosti vod v přírodních koupalištích

Podle vyhlášky č. 238/2011 Sb. rozdělujeme jakost přírodních koupališť do 5 stupňů:

VODA VHODNÁ KE KOUPÁNÍ

Koupání v této vodě má nízkou pravděpodobnost vzniku zdravotních problémů. Sinice nejsou pouhým okem pozorovatelné a průhlednost vody je větší než 1 m.

VODA VHODNÁ KE KOUPÁNÍ S MÍRNĚ ZHORŠENÝMI VLASTNOSTMI

Voda je nezávadná s nízkou pravděpodobností vzniku zdravotních problémů. Má zhoršené smyslově postižitelné vlastnosti. Po koupání je vhodné osprchovat.

Tohoto stupně se použije, pokud nastane alespoň jedna z možností:

- ve vodě se ojediněle vyskytují odpadky nebo přírodní znečištění;
- průhlednost je menší jak 1 m.

ZHORŠENÁ JAKOST VODY

Tato voda má již mírně zvýšenou možnost výskytu zdravotních problémů. U citlivých jedinců hrozí zdravotní potíže, po koupání se doporučuje osprchovat.

Tohoto stupně se použije, pokud nastane alespoň jedna z možností:

- ve vodě jsou pozorovatelné ojedinělé zelené vločky či vlákna sinic;
- alergické reakce u vnímavých jedinců jsou prokazatelně spojeny s rekreací v této vodě;
- nález malého počtu mezihostitelských plžů uvolňující původce cercariové dermatitidy.

VODA NEVHODNÁ KE KOUPÁNÍ

Koupání v této vodě se nedoporučuje dětem, těhotným ženám a osob trpících alergií. Voda neodpovídá hygienickým předpokladům.

Tohoto stupně se použije, pokud nastane alespoň jedna z možností:

- u břehu se na hladině vyskytují shluky sinic, nebo je ve vodě větší množství kolonií sinic;

- ve vodě je nahromaděné takové množství odpadu, které omezuje či znemožňuje rekreační využití koupaliště;
- rekreační využití znemožňuje pěna, olejový film či silný zápach;
- nález velkého množství mezihostitelských plžů uvolňující původce cercáriové dermatitidy nad 100 m od místa nejvyššího výskytu rekreantů.

VODA NEBEZPEČNÁ KE KOUPÁNÍ – ZÁKAZ KOUPÁNÍ

Voda neodpovídá hygienickým nárokům a hrozí akutní postižení zdraví. Nařizuje se zákaz koupání.

Tohoto stupně se použije, pokud nastane alespoň jedna z možností:

- ve vodě je masový výskyt květu sinic;
- ve vodě hynou ryby, či se vyskytne akutní onemocnění, které poukazuje na vodu jako původce nákazy;
- nález velkého množství mezihostitelských plžů uvolňující původce cercáriové dermatitidy do 100 m od místa nejvyššího výskytu rekreantů.

1.4.3. Rizika koupání ve volné přírodě se zaměřením na sinice

Koupání ve volné přírodě může pro rekreanty představovat řadu rizik. Mezi rizika, která nejsou přímo spojena s kvalitou vody, řadíme úrazy či utonutí. Utonutí je s kvalitou částečně spojené, neboť ve vodách oživených velkým množstvím fytoplanktonu může být záchrana tonoucího náročná. Rizik spojených s kvalitou vody je celá řada. Rekreanti se mohou nakazit infekčními onemocněními způsobených patogenními bakteriemi, viry, prvoky či houbami (Pumann, 2008). Také se může projevit alergické kožní onemocnění, cercáriová dermatitida, která se v posledních letech dostává více do povědomí širší veřejnosti (Bulantová, 2019).

Velkým rizikem při koupání ve volné přírodě je i vystavení se sinicím. Sinice jsou gramnegativní bakterie, které jsou schopné fotosyntézy. Za vhodných podmínek, jako je dostatek světla, živin, vyšších teplot a klidné vody, se mohou sinice nadměrně množit a vytvářet tak vodní květ. Vodní květy sinic vypadají na vodní hladině jako hustý světle zelený povlak, který se objevuje nejčastěji koncem léta až začátkem podzimu. Nadměrně rozmnožené sinice vyčerpávají kyslík z vody, ale hlavně produkují toxiny, které mohou ovlivnit zdraví lidí a zvířat. Tyto toxické

látky se při koupání dostávají do kontaktu s kůží, nebo je můžeme polknout či vdechnout (Drobac et. al., 2013).

Mezi nejznámější skupiny cyanotoxinů patří mikrocystiny, anatoxiny a cylindrospermopsiny. Mikrocystiny jsou peptidové toxiny, které poškozují játra. Nejnebezpečnější toxin patřící do této skupiny je Microcystin-LR. Produkují ho např. druhy *Dolichospermum*, *Microcystis* či *Oscillatoria* (viz. tab. č. 2). Roku 2006 byl zařazen do seznamu Mezinárodní agentury pro výzkum rakoviny do skupiny 2B, jako podezřelý karcinogen pro člověka. Vystavení mikrocystinům může způsobit hepatotoxickou intoxikaci, která může vést ke selhání jater. Anatoxiny jsou alkaloidní toxiny, které působí jako neurotoxiny. Anatoxin-a způsobuje brnění, pálení, až ochrnutí dýchacích cest. Cylindrospermopsiny jsou také alkaloidní toxiny, které mohou způsobovat poškození jater, ledvin či gastrointestinálního traktu. Produkují je zejména druhy *Aphanizomenon flos-aquae*, *Dolichospermum planctonicum*, či *Cylindrospermopsis raciborskii*. Cylindrospermopsiny způsobují problémy zejména v Austrálii, po konzumaci kontaminované vody (Drobac et. al., 2013). V ČR se dle studií Bláhové (2008) vyskytuje cylindrospermopsin v malém množství a nízkých koncentracích.

Tabulka 2: Hlavní toxiny sinic a jejich účinky na zdraví člověka (Drobac et. al., 2013)

Cyanotoxin	Zdravotní vliv na člověka	Sinice, které tento toxin produkují
Microcystin-LR	Bolesti břicha, bolesti hlavy, bolesti v krku, nevolnost a zvracení, suchý kašel, průjem, zápal plic, toxický pro játra	<i>Planktothrix</i> , <i>Nostoc</i> , <i>Oscillatoria</i> , <i>Dolichospermum</i> , <i>Microcystis</i>
Cylindrospermopsin	Horečka, bolesti hlavy, zvracení, krvavý průjem, toxický pro játra a ledviny	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> , <i>Dolichospermum bergii</i> , <i>Dolichospermum planctonicum</i> , <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>
Anatoxin-a	Brnění, pálení, necitlivost, ospalost, slinění, ochrnutí dýchacích cest, neurotoxin	<i>Dolichospermum</i> , <i>Cylindrospermum</i> , <i>Planktothrix</i> , <i>Woronichia</i> , <i>Dolichospermum flos-aquae</i> , <i>Dolichospermum lemmermannii</i>

Sinice obsahují také endotoxiny, které jsou součástí jejich vnější membrány. Jsou složené z lipopolysacharidů (LPS), které se skládají z lipidní části a polysacharidového řetězce. Endotoxiny jsou obecně méně toxické než cyanotoxiny, které jsou uvolňovány do vody. S endotoxiny jsou spojovány zejména imunitní odpovědi, jako jsou kožní vyrážky či horečky (Pumann, 2009).

Je znám pouze jeden případ úmrtí člověka, způsobeného toxiny sinic po koupání ve vodě se sinicovým květem. V roce 2002 v americkém státě Madison došlo u sedmnáctiletého Danyho Rodgerse k intoxikaci anatoxinem-a po koupání v jezírku s rozvinutým vodním květem. Příčina smrti ovšem není jasná, jelikož se nejednalo o běžnou otravu anatoxinem-a známou u zvířat (Pumann, 2008). Daleko častější jsou ale méně vážné zdravotní komplikace. Stewart et. al. (2006) udělal soupis nahlášených případů zdravotních potíží spojených se sinicemi. Případy zahrnovaly jak lehké projevy (kožní vyrážky, rýma, potíže se zažívacím traktem), tak i těžké projevy (horečky, pneumonie, myalgie). Vysokou toxicitu sinic také dosvědčují četné záznamy otrav zvířat, která požíla vodu s vysokým obsahem sinic (Pumann, 2009). Úmrtí zvířat po vystavení sinicovému květu jsou daleko častější než u lidí. V roce 2018 v americkém státě Minnesota došlo k úmrtí dvou psů po koupání v jezeře s vysokou koncentrací anatoxinu. Podobný případ byl zaznamenán i ve Washingtonu v roce 2010, kde psi zemřeli do několika hodin po expozici vodnímu květu (Foss et. al., 2019).

1.4.4. Monitoring sinic

Před zahájením koupací sezóny posoudí orgán veřejné ochrany zdraví, zda v dané vodní nádrži lze očekávat výskyt sinic překračující limity I. stupně (viz. níže vypsané limity). K tomuto posouzení se užijí údaje z předchozích koupacích sezón (Vyhláška č. 238/11). Na nádržích, kde se nepředpokládá větší výskyt sinic, se monitorování kvality vody provádí s měsíční četností. Na lokalitách s větší pravděpodobností výskytu sinic, se monitorování provádí každých 14 dní (Pumann, 2009). Pokud během koupací sezóny dojde k překročení limitů I. stupně, provádí se monitoring častěji, a to jednou za 5-9 dní (Vyhláška č. 238/11).

I. NÍZKÁ PRAVDĚPODOBNOST VZNIKU ZDRAVOTNÍCH PROBLÉMŮ

Při abundanci 20 000 – 100 000 buněk sinic/ml nebo 2-10 mm³/l není zdraví ohroženo toxiny sinic. 20 000 buněk sinic může vyprodukovat koncentraci mikrocystinu okolo 2-4 µg/l. Při takovém množství buněk se spíše projeví alergická reakce či podráždění jinou látkou produkovanou sinicemi (Pumann, 2009).

II. STŘEDNÍ PRAVDĚPODOBNOST VZNIKU ZDRAVOTNÍCH PROBLÉMŮ

Pokud koncentrace buněk překročí 100 000 buněk sinic/ml či 10 mm³/l, zvýší se tak i pravděpodobnost nežádoucího účinku na lidské zdraví. Při takové abundanci buněk můžeme očekávat koncentrace cyanotoxinů 20 µg/l, pokud se jedná o *Microcystis* sp., a až 200-400 µg/l v případě dominance *Planktothrix agardhii*. Vodní květ se nemusí vůbec vytvořit (Pumann, 2009).

III. VYSOKÁ PRAVDĚPODOBNOST VZNIKU ZDRAVOTNÍCH PROBLÉMŮ

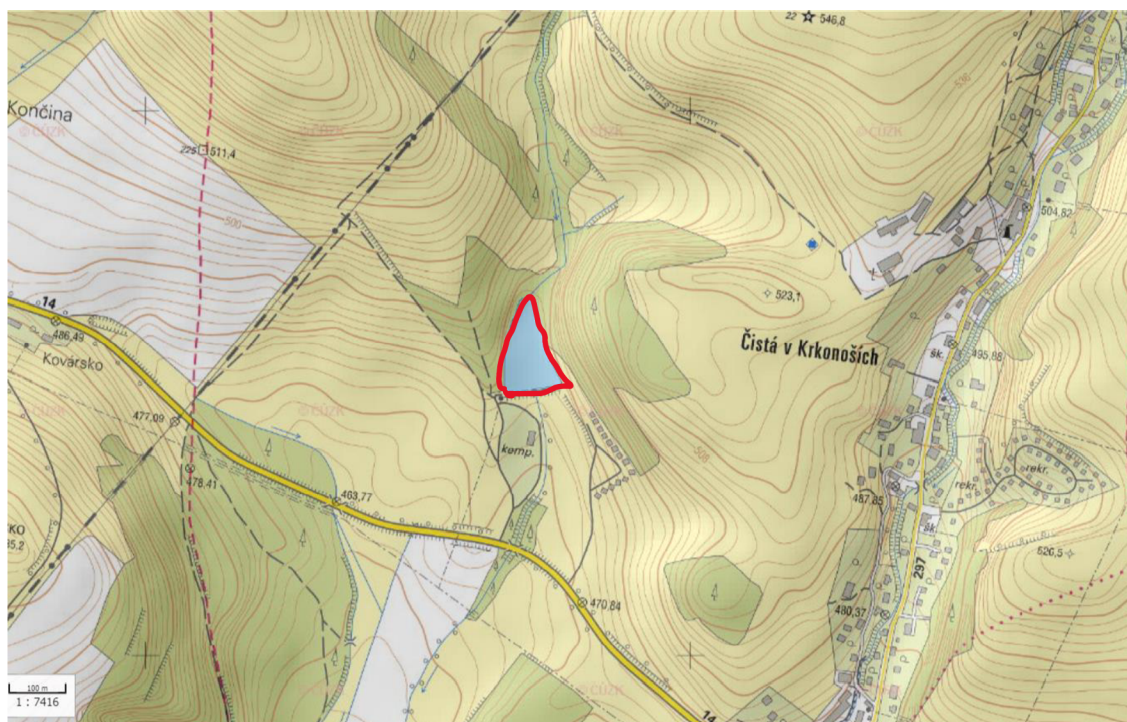
Poslední limitní stupeň nastává, pokud je na vodní hladině přítomen vodní květ sinic. Tento stupeň také lze považovat za překročený, pokud je abundance sinic výrazně vyšší než limity II. stupně (250 000 buněk/ml). To se vztahuje především na druh *Planktothrix agardhii*, který tvoří silný vegetační zákal ve vodním sloupci.

Při takovém množství sinic lze očekávat koncentraci mikrocystinů v jednotkách mg/l, která již může způsobovat akutní ohrožení lidského zdraví (Pumann, 2009).

2. Charakteristika území

2.1. Poloha území

Přírodní koupaliště ATC Slunečná se nachází západně od obce Čistá v Krkonoších v Královéhradeckém kraji, v údolnici Pravostranného přítoku Čisté (obr. č. 3). Ten pramení v lesním komplexu pod vápencovým lomem v Černém Dole a to v nadmořské výšce 670 m.n.m. Poté směrem k nádrži protéká převážně lesními porosty a loukami. Pod hrází se nachází rekreační areál kempu Slunečná. Stavba se nachází v ochranném pásmu Krkonošského národního parku v nadmořské výšce 478 m.n.m. na souřadnicích 50°36'52.342"N, 15°41'46.992"E (Mapy, 2023).



Obrázek 3: Přírodní koupaliště ATC Slunečná (Česká geologická služba, 2023)

2.2. Geomorfologické poměry

Dle Demka (1987) je zařazení sledovaného území do geomorfologického systému následující:

Provincie:	Česká vysočina
Soustava:	Krkonošsko-jesenická soustava
Podsoustava:	Krkonošská oblast

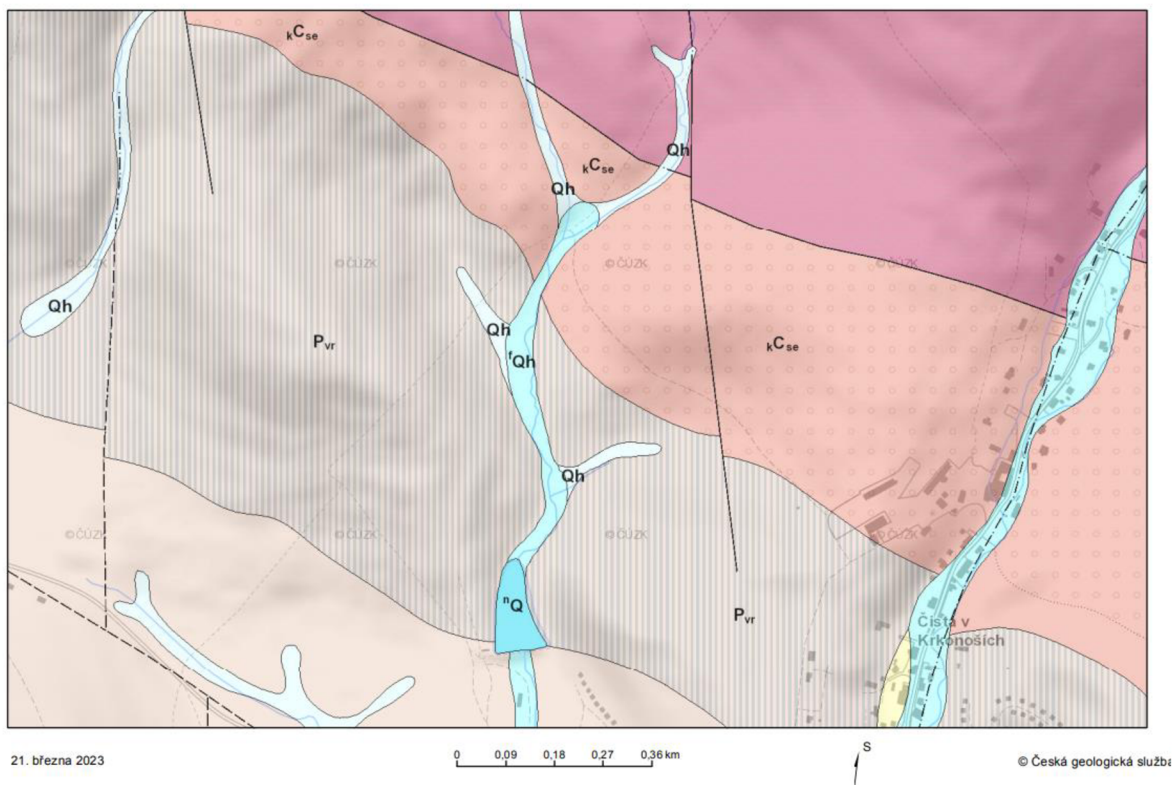
Celek:	Krkonošské podhůří
Podcelek:	Podkrkonošská pahorkatina
Okrsek:	Hostinská pahorkatina

Hostinská pahorkatina je členitá pahorkatina zaujímající plochu 137,11 km² s mírně se sklánějícím povrchem od severozápadu k jihovýchodu. Je charakteristická širokými meziúdobnými hřbety spolu se středně zahloubenými dolinami. V této oblasti najdeme stromovité vodní sítě s nápadnými nivami. Nejvyšším bodem tohoto geomorfologického okrsku je Liščí kopec s nadmořskou výškou 546,5 m (Demek, 1987).

2.3. Geologické poměry

Podloží přírodního koupaliště Slunečná je z velké části tvořeno permskými vápnitými a bitumenními jílovci, spolu s vápenci a prachovci. Malou část podloží tvoří také hnědočervené jílovce a vápnité pískovce (viz obr. č. 4). Povodí Pravostranného přítoku Čisté, který napájí koupaliště, je tvořeno fluvialními sedimenty, a to písky, šterky a jíly. Pravostranný přítok Čisté protéká na grafit-muskovitickém svoru a polymiktních slepencích a brekcích (viz obr. č. 4) (Česká geologická služba, 2023).

Koupaliště se nachází na podkrkonošské pánvi, která je součástí Českého masivu. Tato pánev obsahuje uloženiny, které vznikaly v karbonu, permu a triasu. Přítok koupaliště teče přes geologickou oblast zvanou krkonošsko-jizerské krystalinikum. Jádrem této oblasti tvoří předsvrchnoproterozoický komplex složený ze sledu fylitů a svorů mezi nimiž najdeme krystalické vápence, amfibolity či grafitické břidlice (Demek, 1987).



Obrázek 4: Geologické podloží okolí přírodního koupaliště Slunečná (Česká geologická služba, 2023)

LEGENDA

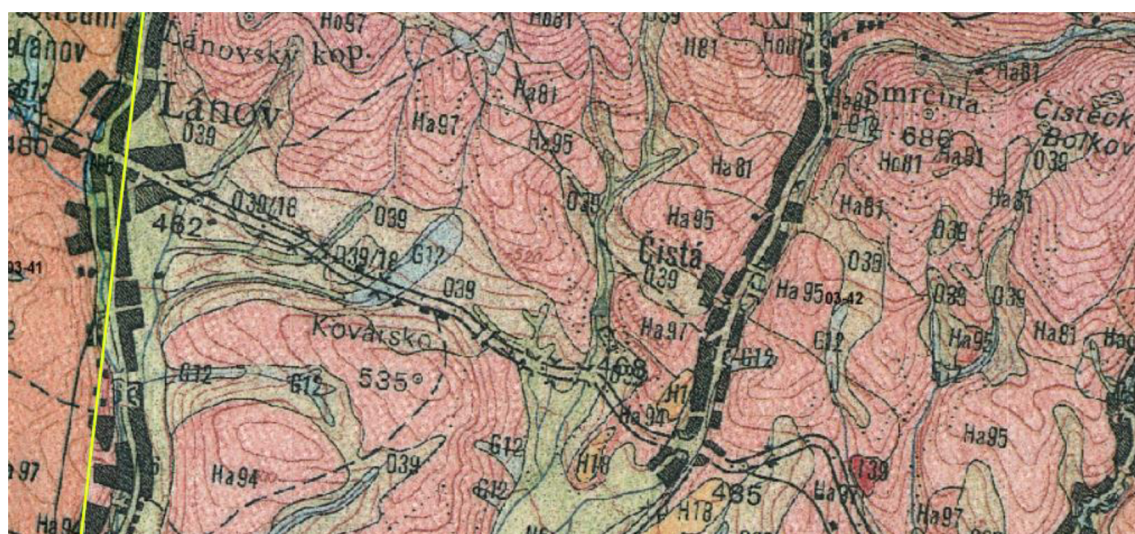
	n^Q	sedimenty vodních nádrží, vodní plochy
	f^{Qh}	fluviální sedimenty: hlíny, jíly, písky a štěrky
	Qh	splachové sedimenty: hlíny, jíly, písky, ojediněle se štěrky
	P_v	vrchlabské souvrství: hnědočervené jílovce, prachovce a pískovce, často vápnité, zřídka šedé nebo pestrobarevné
	P_{vr}	vrchlabské souvrství: bitumenní jílovce, vápnité jílovce, prachovce a vápence
	C_{se}	semilské souvrství: červenohnědé, zřídka šedé nebo pestrobarevné jílovce, polymiktní slepence, arkózovité pískovce, tělesa melafyrů
	k^{C_{se}}	semilské souvrství: nevytříděné polymiktní slepence a brekcie

2.4. Pedologické poměry

Sledovaná lokalita se nachází v půdní oblasti pseudoglejí, jehož půdotvorným substrátem jsou polygenetické kyselé hlíny (viz. obr. č. 5). Pseudogleje jsou nejcharakterističtější půdy, které tvoří pánve. Hlavní proces vzniku pseudoglejí je

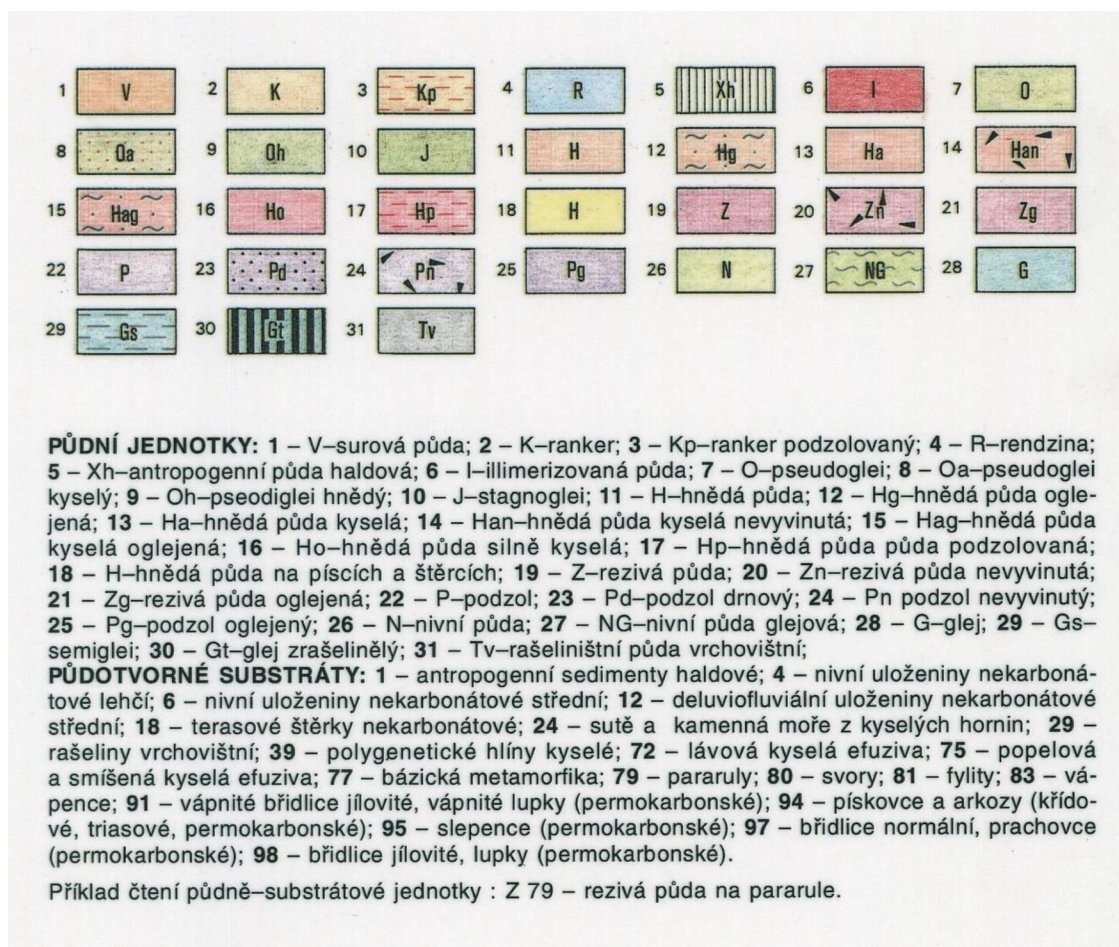
oglejení, občas se před tímto procesem vyskytuje i illimerizace. Typické pro tento typ půdy je několika decimetrová vrstva oglejeného horizontu, který má šedomodré zabarvení s rezivými skvrnami. Obecně mají tyto půdy nepříznivé fyzikální vlastnosti zejména v důsledku nedostatečného obsahu vzduchu (Tomášek, 2007).

Okolí sledované lokality tvoří zejména kambizemě kyselé (viz. obr. č. 5), jejichž půdotvorný substrát jsou permokarbonské prachovce a slepence. Kambizemě jsou nejrozšířenějším půdním typem ČR. Nejčastěji je můžeme najít v pahorkatinách či v horách v rozmezí 450-800 m. n. m. Nejvýznamnějším procesem vzniku těchto půd je vnitropůdní zvětrávání. Běžné zabarvení nižších horizontů kambizemí, které se nacházejí na permokarbonských sedimentech, je často překryté červenou barvou těchto sedimentů. Kambizem kyselé má nízký obsah humusu a zhoršené sorpční vlastnosti. Obecně jsou to půdy nižší až střední kvality (Tomášek, 2007).



Obrázek 5: Pedologické poměry okolí přírodního koupaliště Slunečná (Česká geologická služba, 2023)

LEGENDA



2.5. Klimatické poměry

Sledovaná lokalita se z hlediska klimatických poměrů dle Quitta (1971) nachází na rozhraní chladné (CH7) a mírně teplé oblasti (MT2). Chladná oblast CH7 je charakteristická dlouhým a mírně chladným jarem. Léto bývá krátké až velmi krátké, a je chladné. Podzim je naopak dlouhý a mírný. Zima je v této klimatické oblasti vlhká, s dlouhým trváním sněhové pokrývky. Mírně teplá oblast (MT2) má mírnější charakteristiky (viz tab. č. 3). Jaro bývá krátké a mírně chladné. Léto je také krátké, s průměrnou červencovou teplotou 16-17°C. Podzim bývá mírnější a krátký. Zimní období je normálně dlouhé a suché (Quitt, 1971).

Tabulka 3: Charakteristiky klimatických oblastí MT2 a CH7 dle Quitta (1971)

	MT2	CH7
Počet letních dní	20-30	10-30
Počet dní s prům. teplotou 10°C a více	140-160	120-140
Počet dní s mrazem	110-130	140-160
Počet ledových dní	40-50	50-60
Průměrná lednová teplota	-2 až -3	-3 až -4
Průměrná červencová teplota	16-17	15-16
Průměrná dubnová teplota	6-7	4-6
Průměrná říjnová teplota	6-7	6-7
Prům. počet dní se srážkami 1 mm a více	120-130	120-130
Suma srážek ve vegetačním období	450-500	500-600
Suma srážek v zimním období	250-300	350-400
Suma srážek celkem	700-800	850-1000
Počet dní se sněhovou pokrývkou	80-100	100-120
Počet zatažených dní	150-160	150-160
Počet jasných dní	40-50	40-50

3. Popis sledované lokality

Rybník byl vybudován v roce 1972 a jeho prvotním účelem bylo akumulovat a vzdouvat vodu. V současné době se také využívá k rekreaci a extenzivnímu chovu ryb (Tylš, 2016). Toto koupaliště není v již zmiňovaném seznamu sledovaných míst vydávaným Ministerstvem zdravotnictví, hygiena zde tedy neprovádí pravidelně kontrolu jakosti vody; koupání je zde na vlastní nebezpečí (Svrčinová, 2022). Nádrž zaujímá plochu 14.070 m² s maximální hloubkou 5 m. Pravý břeh nádrže (dívaje se z hráze na vodní plochu) je zpevněn betonovými panely pro lepší přístup do vody. Levý břeh pozvolna přechází v zalesněný svah. Zadní přítoková část je zarostlá rákosem obecným (*Phragmites australis*) (viz obr. č. 6) (Tylš, 2016).

Hráz rybníka je sypaná z jílovito-hlinité zeminy s jádrem taktéž z jílovito-hlinité zeminy. Její délka činí 110 m. V manipulačním řádu z roku 1992 je uvedena maximální výška hráze nad dnem údolí 3,95 m. V roce 2006 došlo na přelomu března a dubna k rozsáhlým povodním a maximální výška hráze musela být zdvihnuta na 6 m. Vrch hráze tvoří zpevněná komunikace. Návodní líc hráze je opevněn betonovými silničními panely, vzdušní líc hráze je zatravněn. Nádrž se pravidelně každým druhým rokem na podzim vypouští pomocí výpustného zařízení (Obr. č. 7). Betonový požerák, ve kterém je výpustné zařízení, je předsazen před hráze a je přístupný z hráze po ocelové lávce. Úplné vypuštění je ovládáno kovovým uzávěrem (Tylš, 2016).

Rybník se používá jako plůdkový. Na jaře po napuštění, se do rybníka v roce 2022 vypustilo 20-30 000 plůdků pstruha obecného (*Salmo trutta*) o rozměrech 3-5 cm. Na podzim se vylovilo okolo 10 000 pstruhů o rozměrech 15-17 cm (Alturban, ústní sdělení)



Obrázek 6: Vypuštěná nádrž (Tylš, 2016)

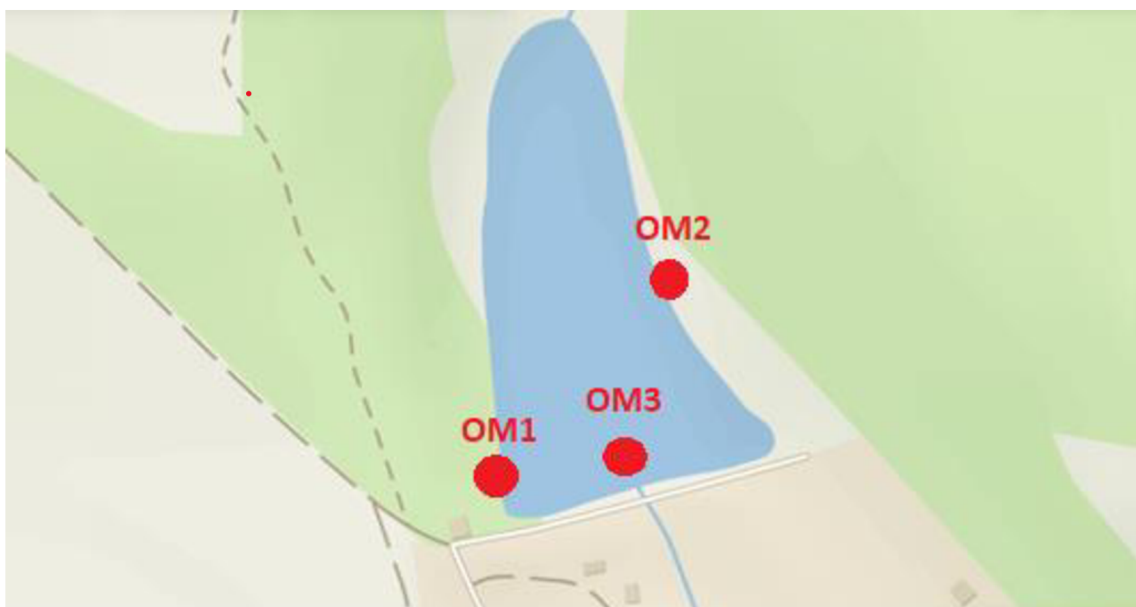


Obrázek 7: Výpustné zařízení (Tylš, 2016)

4. Metodika

Během vegetační sezóny 2022 byly provedeny terénní práce na koupališti Slunečná. Celkem bylo provedeno 33 odběrů na třech odběrových místech (viz obr. č. 8). 22 odběrů bylo provedeno na odběrových místech č. 1 a 2, tyto vzorky se pak použily na počítání abundance. 11 odběrů se provedlo na odběrovém místě č. 3, tyto vzorky se použily k determinaci fytoplanktonu. Při odběrech byly naměřeny i abiotické parametry vody. V laboratoři byly vzorky ihned fixovány a následně determinovány. Zhotovily se trvalé preparáty pro determinaci rozsivek. Na závěr se vzorky zahustily a spočítala se kvantita fytoplanktonu.

4.1. Terénní práce



Obrázek 8: Odběrová místa (Mapy, 2022, upraveno)

4.1.1. Abiotické hodnoty

Abiotické parametry vody byly při každém odběru měřeny na obou odběrových místech před samotným odběrem vzorků. Měření bylo prováděno v dopoledních hodinách, pomocí přístroje Hanna Instruments Combo tester. Měřeny byly hodnoty pH, konduktivita v jednotkách $\mu\text{S}/\text{cm}$ a teplota vody v jednotkách $^{\circ}\text{C}$. Měření probíhalo asi 40 cm od břehu, těsně pod vodní hladinou.

Měření průhlednosti vody bylo provedeno pomocí Secciho desky v nejhlubším místě nádrže. Secciho deska je složená ze dvou černých a dvou bílých polí. Pomocí

šňůry byla deska postupně ponořována pod vodní hladinu, dokud nebylo možné od sebe rozeznat bílá a černá pole. Délka pak byla zaznamenána lihovým fixem na šňůru, a následně pomocí metru změřena.

4.1.2. Odběr fytoplanktonu

Celkem bylo provedeno 11 odběrů fytoplanktonu na dvou odběrových místech (viz. obr. č. 8; OM1 a OM2). Jarní odběr proběhl 7. června 2022. Letní odběr se prováděl častěji, z důvodu proměnlivosti sinicové abundance, a to 25. června 2022, 9., 16. a 23. července 2022 a 8. a 25. srpna 2022. Podzimní odběr pak proběhl 6. a 28. září 2022 a 9. a 31. října 2022.

Fytoplankton určený k fixaci a následnému počítání buněk se odebíral do 100 ml polyethylenových lahvíček vždy kousek pod vodní hladinou. Na odběrovém místě č.1 se odebíralo ve vzdálenosti zhruba 30 cm od břehu. Na odběrovém místě č. 2 se odebíralo 3 m od břehu díky dřevěnému molu.

Fytoplankton určený k determinaci zástupců byl odebírán z výpustného zařízení (viz. obr. č. 8; OM3). K odběru byla použita planktonní síť, aby byla hustota fytoplanktonu vysoká. Na planktonní síti se uzavřel kohoutek a poté se síť hodila do volné vody. Následně se síť přitáhla pomocí provázku zpátky. Tento postup se opakoval alespoň třikrát. Následně se síť z vody vytáhla a voda která v síti zbyla se vylila do polyethylenové lahvičky.

4.2. Laboratorní práce

4.2.1. Fixace vzorků

Odebrané vzorky v polyethylenových lahvičkách byly v den odběru fixovány. Polovina všech vzorků byla fixována Lugolovým roztokem a druhá polovina 36% formaldehydem. Lugolův roztok byl kapán sterilní pipetou do vzorku, dokud se nezabarvil do barvy černého čaje. Fixace 36% formaldehydem probíhala tak, aby výsledná koncentrace fixovaného vzorku byla 1,5 %.

4.2.2. Trvalé preparáty

Trvalé preparáty slouží k přesnější determinaci rozsivek. Peroxid vypálí organickou hmotu a zbude jen anorganická kterou tvoří schránky rozsivek.

Trvalé preparáty byly zhotoveny pouze dva, a to ze vzorku odebraného na prvním odběru (7.6.2022), jako doplňkový materiál k výsledkům a diskuzi.

Nejdříve byl do vzorku přidán 31% peroxid vodíku a následně se nechal působit po dobu třech týdnů. Když byla organická hmota odstraněna, byl vzorek promyt centrifugací. Centrifugace se prováděla na stroji MPW 351e, kdy se do centrifugy vložily dvě zkumavky se stejným objemem. V jedné byla voda, ve druhé vzorek. Centrifuga se zapnula na pět minut, na 2 500 otáček. Po pěti minutách se vzorek vytáhnul a vylil se supernatant tak, aby suspenze zůstala na spodu zkumavky. Vzorek se následně doplnil destilovanou vodou na stejný objem jako má druhá zkumavka a vrátil se zpátky do centrifugy. Tento postup se opakoval čtyřikrát.

Na jedno krycí sklíčko se pak kápnul a rozprostřel centrifugovaný vzorek a na druhé sklíčko se kápnul ten samý vzorek, dvakrát naředěný. Obě krycí sklíčka se nechala týden zaschnout. Po zaschnutí vzorků se připravila plotna, na které se položilo podložní sklíčko. Na rozehráté sklíčko se přiložila termoplastická hmota, která se rozpustila a vytvořila kapku. Následně se na kapku přiložilo krycí sklíčko se zaschnutým vzorkem. Opatrně se odstranily přebytečné bubliny, které vznikly přiložením sklíčka. Hmota se nechala zatuhnout a vzorek bylo pak možné pozorovat pod mikroskopem (viz. kapitola Determinace vzorků).

4.2.3. Determinace vzorků

Determinace řas a sinic probíhala vždy v den odběru. Determinovaly se vzorky odebrané planktonní sítkou. Z polyethylenové lahvičky se pipetovalo na podložní sklíčko vždy třikrát, a to ze dna lahvičky, z hladiny a jednou z prostředku nabraného vzorku. Poté se kapky překryly krycím sklíčkem. Pozorování nativních preparátů probíhalo na světelném mikroskopu značky Delta Optical, model Genetic Pro. Nejdříve při zvětšení 100x, a následně 400x pro snadnější determinaci menšího fytoplanktonu. K pořízení mikrofotografií byl použit mobilní telefon Xiaomi Redmi Note 7. Pozorování trvalých preparátů rozsivek pak probíhalo při zvětšení 1000x, na mikroskopu Olympus BX51, který má zabudovanou kameru. Pomocí programu Cell-D se pořizovaly fotografie schránek rozsivek.

K determinaci řas a sinic byla použita následující literatura: Burchardt (2014), Kaštovský et al. (2018a), Kaštovský et al. (2018b), Linne von Berg (2004) a Lange-Bertalot (2017). Na sjednocení nomenklatury byla použita mezinárodní databáze AlgaeBase (Guiry, 2023).

Při determinaci vzorků byla určována relativní četnost jednotlivých taxonů pomocí následující stupnice:

- + taxon velmi málo zastoupený
- 1 taxon málo zastoupený
- 2 taxon normálně se vyskytující
- 3 taxon hojně zastoupený
- 4 taxon velmi hojně se vyskytující
- 5 taxon masově zastoupený

4.2.4. Zahušťování vzorků

Zahuštění fixovaných vzorků bylo nutné kvůli počítání v Bürkerově komůrce. Nejdříve se popsaly skleněné kalibrované zkumavky, do kterých se měl přelévat vzorek na centrifugaci. Následně se daný vzorek vzal a pečlivě protřepal, aby nebyly buňky usazené pouze na dně. Do připravené zkumavky se přelilo 10 ml ze vzorku. Zkumavky se následně vložily do centrifugy MLW T62.1 a nechaly se

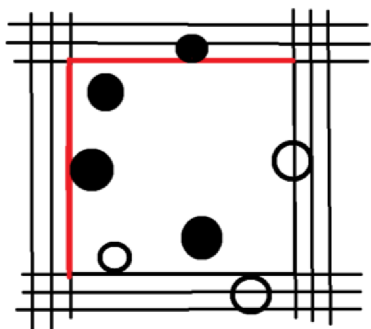
centrifugovat patnáct minut při 2000 otáčkách za minutu. Ze zkumavek se po centrifugaci odlil supernatant a na dně zbylo přesně 0,2 ml. Jeden zkušební vzorek byl prohlédnut pod mikroskopem a usoudilo se, že je potřeba centrifugaci provést ještě jednou z většího množství vzorku. Centrifugované zkumavky byly tedy doplněny příslušnými vzorky na objem 10 ml. Postup centrifugace se opakoval. Takto se dosáhlo dostatečného zahuštění obsažených buněk pro počítání v komůrce.

4.2.5. Počítání v Bürkerově komůrce

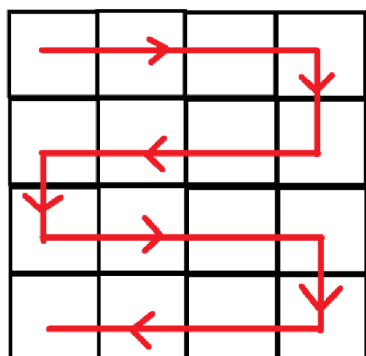
Na stanovení množství fytoplanktonu byla použita Bürkerova komůrka. Fytoplankton byl rozdělen do následujících skupin:

1. Sinice (Cyanobacteria)
2. Zelené řasy (Chlorophyta)
3. Rozsivky (Bacillariophyceae)
4. Ostatní řasy

Ze zahuštěného vzorku bylo odebráno 0,2 ml vody, která se kápnula na mřížku Bürkerovy komůrky. Kapka se překryla krycím sklíčkem, zajistila pružnými svorkami a přebytek vody byl vyfouknut. Takto připravený vzorek v komůrce se vložil pod světelný mikroskop Delta Optical, model Genetic Pro. Buňky byly počítány následovně. Počítaly se buňky nad čtverci o rozměrech 0,2 x 0,2 mm (viz obr. 9) a to pouze ty, které byly uvnitř čtverce, nebo se dotýkaly horní a levé strany čtverce. Nepočítaly se buňky, které se dotýkaly spodní a pravé strany čtverce. Takto se počítaly čtverce v řadě, a když se došlo na konec řady, pokračovalo se ve spodní řadě směrem zpátky (viz obr. 10). Jelikož se ve vzorcích vyskytla pouze sinice *Dolichospermum flos-aquae* (Bornet & Flauhalt) P.Wacklin, L.Hoffmann & Komárek 2009, která tvoří řetízky buněk, byla počítána každá buňka v řetízku zvlášť. Nebylo tedy potřeba vzorky dezintegrovat.



Obrázek 9: Postup vybírání buněk. Černé počítáme, bílé nepočítáme (zdroj: vlastní)

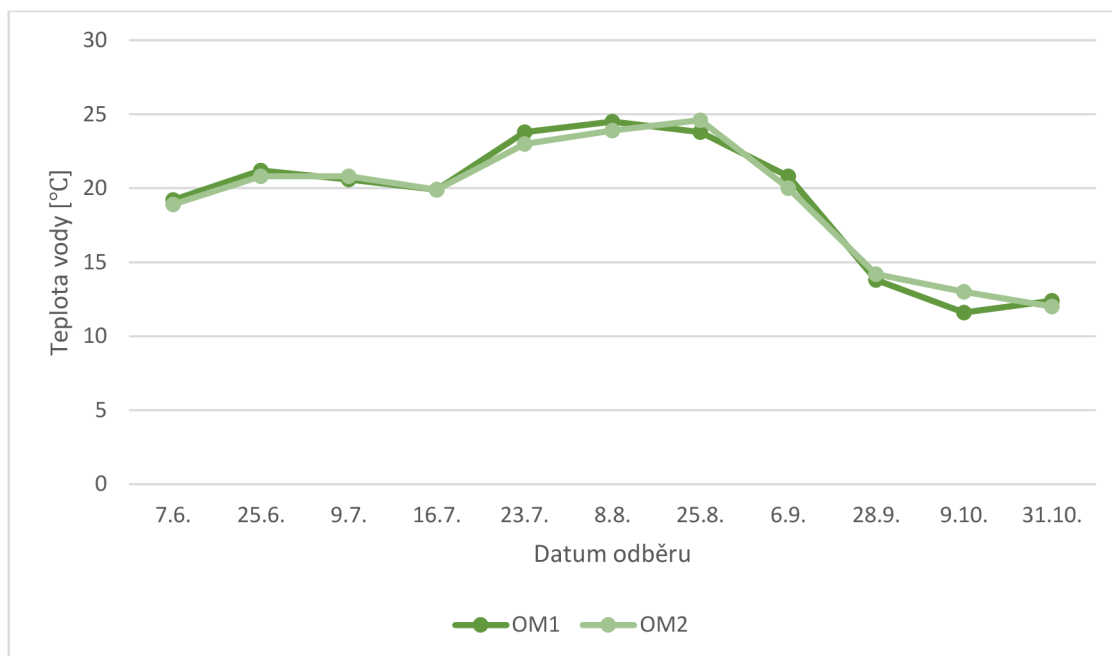


Obrázek 10: Postup při výběru čtverců (zdroj: vlastní)

5 Výsledky

5.1. Chemicko-fyzikální parametry

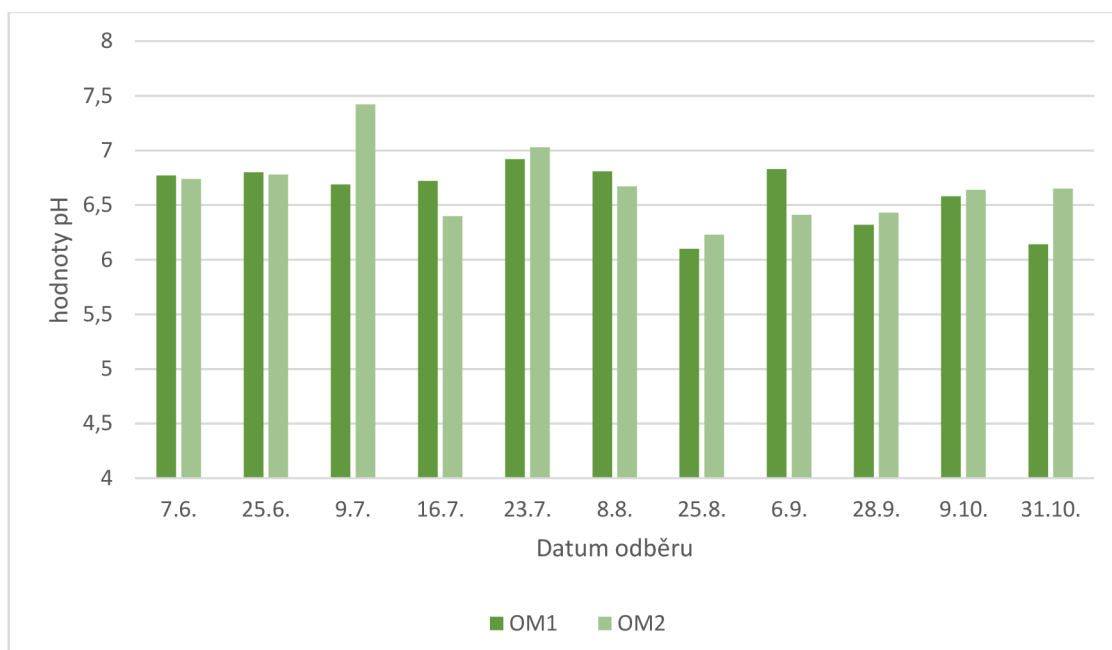
5.1.1. Teplota



Graf 1: Naměřené teploty vody na jednotlivých odběrových místech

Teploty vody se v přírodním koupališti Slunečná ve vegetační sezóně 2022 pohybovaly od 11,6 °C do 24,6 °C (viz graf č. 1). Nejnižší hodnoty teploty vody byly naměřeny na podzim, 9.10. 2022 na odběrovém místě č. 1. Nejvyšší hodnoty teploty vody byly naměřeny v létě, 25.8. 2022 na odběrovém místě č. 2. Hodnoty teploty vody se na jednotlivých odběrových místech výrazně nelišily. Větší výkyv nastal pouze 9.10. 2022, kdy rozdíl mezi teplotami činil 1,4 °C.

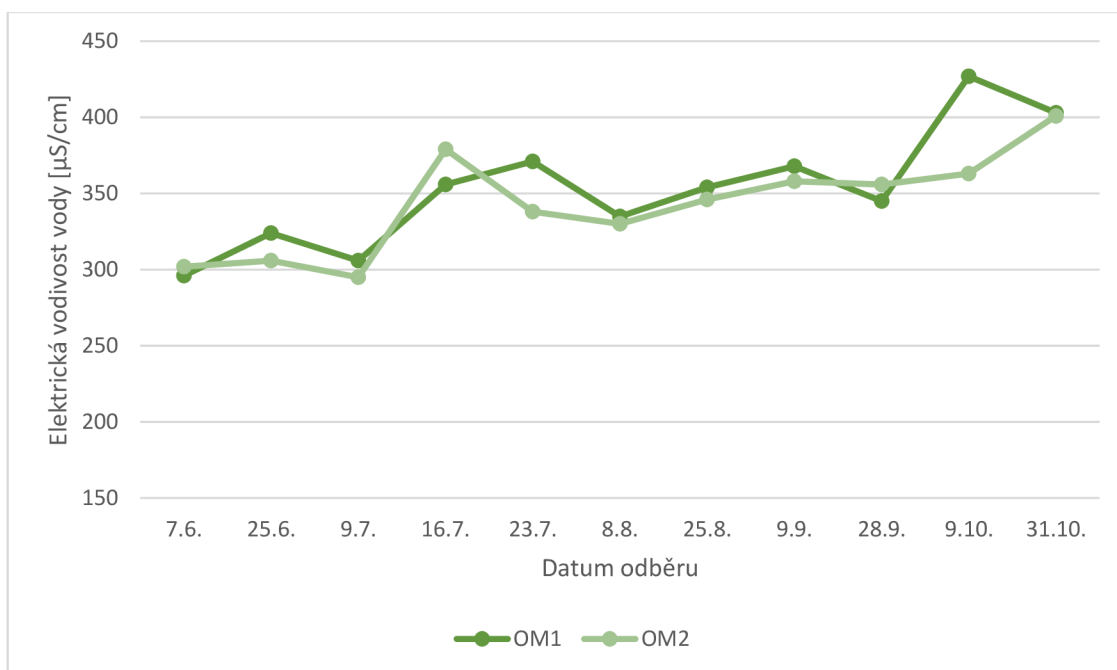
5.1.2. Hodnoty pH



Graf 2: Naměřené hodnoty pH na jednotlivých odběrových místech

Hodnoty pH se v přírodním koupališti Slunečná ve vegetační sezóně 2022 pohybovaly od 6,1 do 7,4 (viz graf č. 2). Nejvyšší hodnota pH byla naměřena 9.7. 2022 na odběrovém místě č. 2. Naopak nejnižší hodnota pH byla naměřena 25.8. 2022 na odběrovém místě č. 1. Největší rozdíl mezi hodnotami pH byl naměřen 9.7. 2022.

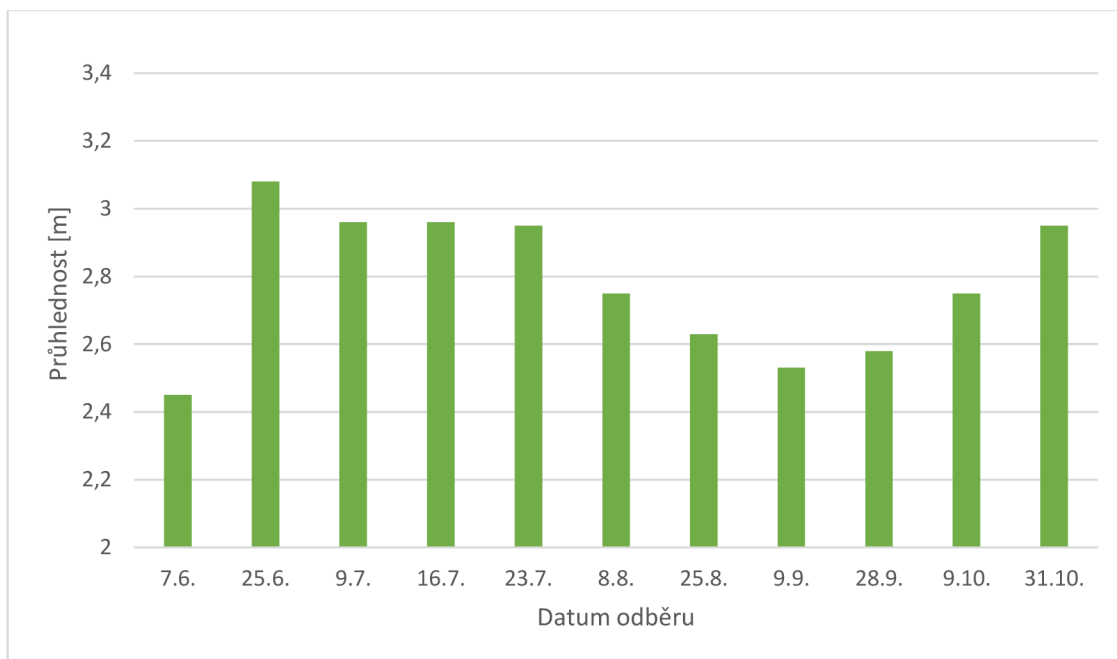
5.1.3. Vodivost



Graf 3: Naměřené hodnoty elektrické vodivosti vody na jednotlivých odběrových místech

Hodnoty elektrické vodivosti vody se v přírodním koupališti Slunečná ve vegetační sezóně 2022 pohybovaly od 296 $\mu\text{S}/\text{cm}$ do 427 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (viz graf č. 3). Nejvyšší hodnoty byly naměřeny na podzim 9.10. 2022 na odběrovém místě č. 1. Nejnižší hodnoty pak byly naměřeny na jaře, 7.6. 2022 na odběrovém místě č. 1. Největší naměřený rozdíl mezi hodnotami vodivosti byl 9.10. 2022.

5.1.4. Průhlednost

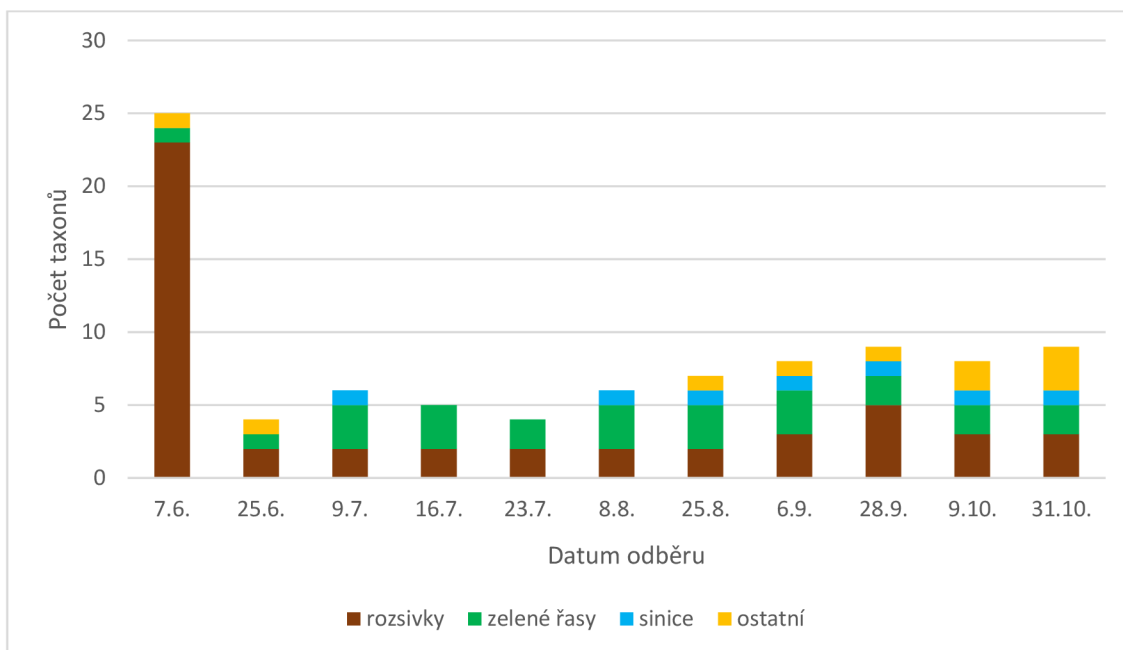


Graf 4: Naměřené hodnoty průhlednosti vody přírodního koupaliště Slunečná

Hodnoty průhlednosti vody se ve vegetační sezóně 2022 na vodní nádrži Slunečná pohybovaly v rozmezí od 2,45 m do 3,08 m (viz graf č. 4). Nejvyšší hodnota průhlednosti byla naměřena 25.6. 2022. Naopak nejnižší průhlednost byla naměřena 7.6. 2022.

5.2. Fytoplankton

Celkově bylo v přírodním koupališti Slunečná ve vegetační sezóně 2022 determinováno 39 taxonů řas a sinic z 11 odběrů fytoplanktonu planktonní sítkou. Z toho nejvíce taxonů (26) tvořily rozsivky. Poté následují zelené řasy a spájivky s 8 taxony. Dále jsou to eugleny s 3 taxony, a zlativky s 2 taxony. Druhově nejchudší byla skupina sinic, s pouze 1 taxonem. Seznam nalezených taxonů sinic a řas je v tabulce č. 5.



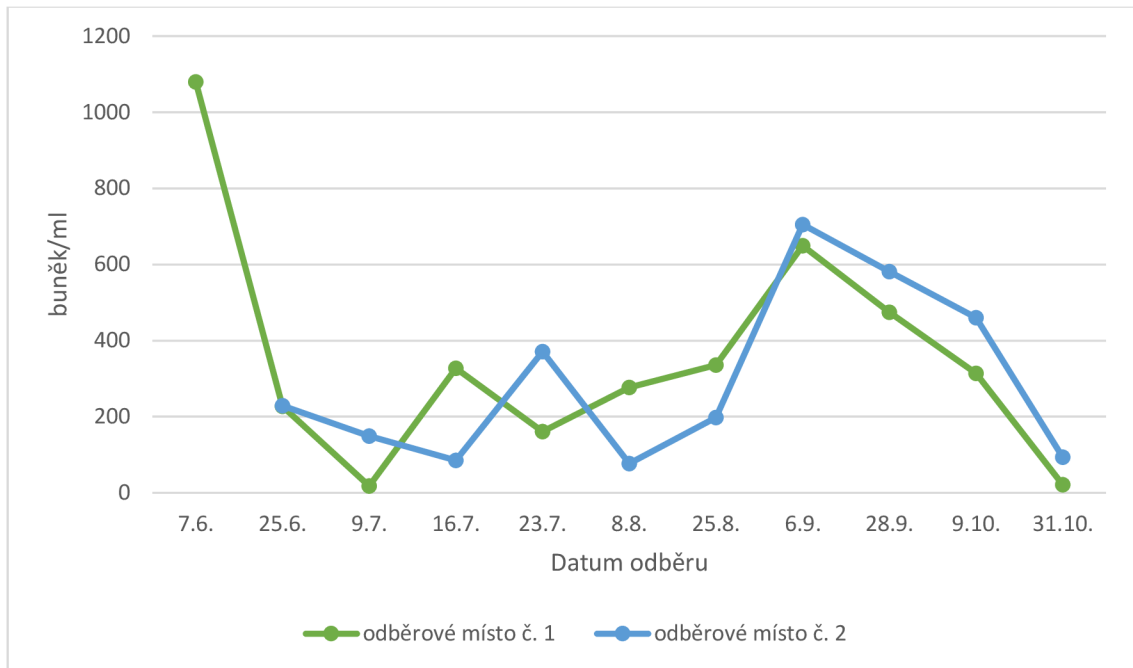
Graf 5: Počet taxonů determinovaných v jednotlivých dnech odběrů

Nejvíce taxonů bylo determinováno dne 7.6. 2022, a to 25, protože se k tomuto odběru vytvořil doplňkový trvalý preparát rozsivek (viz. graf. č. 5). Naopak nejméně taxonů se determinovalo ve dnech 7.6., 25.6. a 23.7. 2022 s počtem 4 taxonů. 28.9. 2022 bylo v odběru nalezeno nejvíce taxonů rozsivek (5) ze všech odběrů. 31.10. 2022 se ve vzorku objevilo nejvíce taxonů ostatních řas (3) za celé sledované období. Celkově druhová diverzita postupně stoupala během vegetační sezóny 2022, na podzim byla diverzita nejvyšší.

5.2.1. Abundance fytoplanktonu

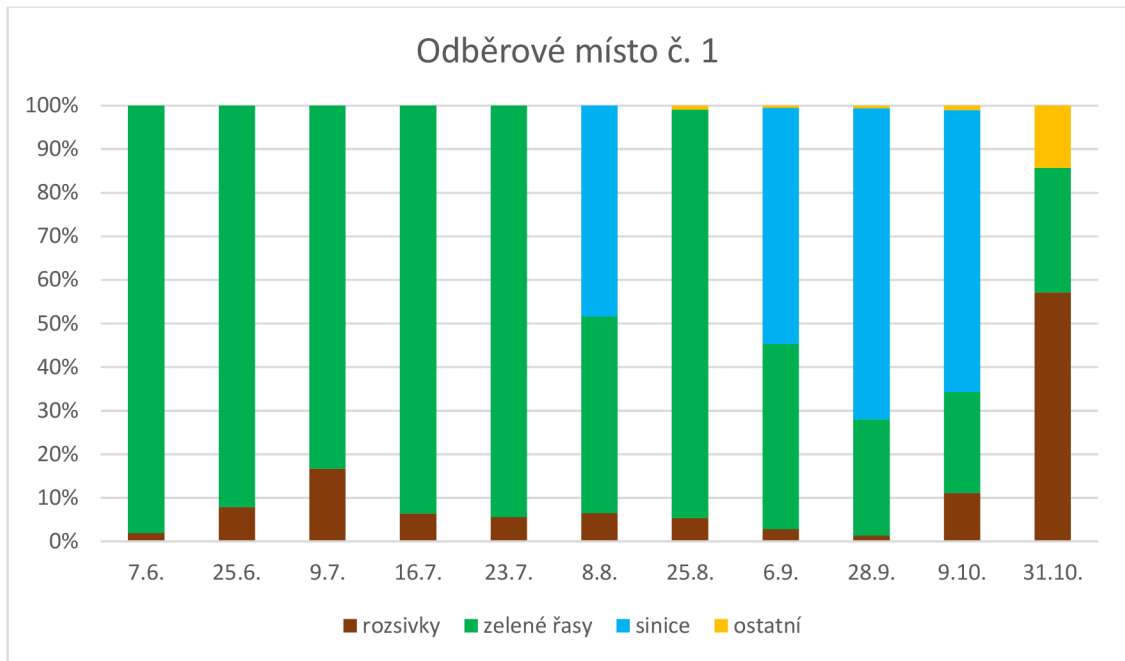
Tabulka 4: Počet buněk sinic a řas v 1 ml vody v přírodním koupališti Slunečná na jednotlivých odběrových místech ve vegetační sezóně 2022

Abundance fytoplanktonu (buněk/ml)												
Skupina řas a sinic	Odběrové místo	Datum odběru										
		7.6.	25.6.	9.7.	16.7.	23.7.	8.8.	25.8.	6.9.	28.9.	9.10.	31.10.
sinice	OM1	0	0	0	0	0	1 3 4	0	3 5 2	3 3 4	2 0 3	0
	OM2	X	0	0	0	0	0	0	3 8 4	4 6 2	4 0 4	0
zelené řasy	OM1	1 0 5 9	2 0 9	1 5	3 0 6	1 5 2	1 2 5	3 1 5	2 7 6	1 2 5	7 3	6
	OM2	X	1 9 7	1 4 6	7 9	3 5 6	6 2	1 9 2	3 0 0	1 1 3	2 7	5 9
rozsivky	OM1	2 1	1 8	3	2 1	9 8	1 8	1 8	1 8	6 8	3 5	1 2
	OM2	X	3 2	3	6	1 2	1 2	3 2	1 5	6 5	2 9	3 2
ostatní	OM1	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3
	OM2	X	0	0	0	3	3	3	3	6	0	3



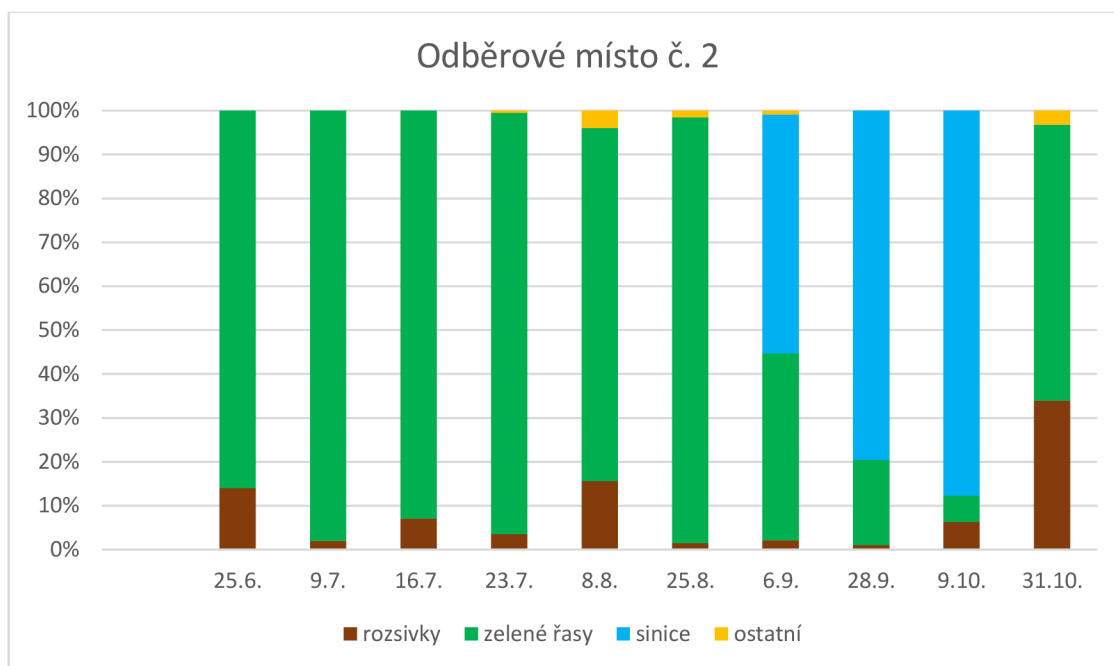
Graf 6: Porovnání celkového počtu buněk na 1 ml nalezených na odběrovém místě č. 1 a č. 2 v přírodním koupališti Slunečná ve vegetační sezóně 2022

Počty buněk/ml se během vegetační sezóny 2022 v přírodním koupališti Slunečná zvyšovaly i snižovaly podobně (viz graf č. 6). Největší rozdíl v počtu buněk/ml nastal při odběru 8.8. Na odběrovém místě č. 1 se tento den spočítalo o 200 buněk/ml více než na odběrovém místě č. 2. V některých dnech odběru se počet buněk/ml na jednotlivých odběrových místech příliš nelišil, a to 25.6., 6.9. a 31.10. 2022. Počty buněk/ml na jednotlivých odběrových místech se v průběhu sezóny vzájemně prolínaly, nelze tedy jednoznačně říct, že by se na jednom z odběrových míst vyskytovalo více fytoplanktonu. Na jaře, při odběru 7.6. 2022, bylo v koupališti nejvíce buněk řas a sinic na ml, a to 1080 buněk/ml. Naopak nejméně buněk se napočítalo v odběru 9.7. 2022 na odběrovém místě č. 1 – 18 buněk/ml. 6.9. 2022 stoupl počet buněk na obou odběrových místech.



Graf 7: Procentuální zastoupení jednotlivých skupin řas a sinic na odběrovém místě č. 1, přičemž 100 % odpovídá celkové abundanci fytoplanktonu na odběrovém místě

Z grafu č. 7 je patrné, že největší procentuální část ve většině odběrů tvořily zelené řasy, až na odběry ze dnů 6.9., 28.9., 9.10. a 31.10. 2022. Rozsivky měly největší procentuální zastoupení na podzim 31.10., a to zejména díky vyšší abundanci rozsivky *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen 1979. V odběrových dnech 6.9., 28.9. a 9.10. 2022 měly největší procentuální zastoupení sinice, konkrétně *Dolichospermum flos-aquae* (Bornet & Flauhalt) P.Wacklin, L.Hoffmann & Komárek 2009. Zástupci ostatních řas se během roku vyskytovaly nejméně. Vysoké procentuální zastoupení skupiny zelených řas oproti ostatním skupinám je způsobeno tím, že většina zástupců tohoto oddělení tvořila kolonie o počtu několika buněk, na rozdíl třeba od rozsivek, které se vyskytují jako samostatné buňky.



Graf 8: Procentuální zastoupení jednotlivých skupin řas a sinic na odběrovém místě č. 2, přičemž 100 % odpovídá celkové abundanci fytoplanktonu na odběrovém místě

Na odběrovém místě č. 2 měly téměř celou vegetační sezónu největší procentuální zastoupení opět zelené řasy, až na dny 6.9., 28.9. a 9.10. 2022, kdy převažovaly sinice (viz graf č. 8). Sinice se ale na odběrovém místě č. 1 vyskytly dříve, a to 8.8. 2022 (viz graf č. 7), než na odběrovém místě č. 2, kde se vyskytly až 6.9. 2022. Podle odběrů z planktonní sítě se sinice poprvé objevily 9.7. 2022 a byly přítomné v každém dalším odběru až do 31.10. 2022 (viz tab. č. 5).

5.2.2. Druhové složení

5.2.2.1. Rozsvivky

Díky doplňkovému trvalému preparátu z odběru 7.6. 2022 mají rozsvivky největší počet zástupců, a to 25. Z tohoto preparátu bylo možné určit dalších 21 taxonů, které nebylo možné v nativních preparátech pozorovat. Celkově se z 25 taxonů rozsivek určilo 19 rodů, v jejímž rámci 19 druhů a 6 taxonů určených pouze do rodu.

V nativních preparátech odebraných planktonní sítí se nejčastěji vyskytovala rozsivka *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen 1979, která tvoří dlouhá válcovitá vlákna. Její relativní četnost na podzim dosahovala až hodnoty 4, nebo-li taxon velmi hojně se vyskytující (viz tab. č. 5). Dále se vícekrát objevil zástupce

rodu *Fragilaria* sp., tvořící pásovitě kolonie, s relativní četností 1, nebo-li taxon málo zastoupený. Dále se ve vzorcích ojediněle objevovaly rody *Synedra*, *Navicula* či *Frustulia*.

V trvalém preparátu ze dne 7.6. 2022 měla největší relativní abundanci *Fragilaria* sp. a to 4. Hned za ní se nejčastěji vyskytovaly rozsivky *Frustulia saxonica* Rabenhorst 2013 (viz. příloha 1), *Navicula radiosa* Kützing 1844 a *Placoneis anglica* (Ralfs) E.J. Cox 2003, s relativní četností 3 – taxon hojně zastoupený. Dalšími často se vyskytujícími rozsivkami byli *Cocconeis placentula* Ehrenberg 1838 a *Eunotia bilunaris* (Ehrenberg) Schaarschmidt 1880. Ve vzorku se vyskytla i centrická rozsivka *Cyclostephanus dubius* (Hustedt) Round 1988 a dva zástupci rodu *Encyonema* – *Encyonema caespitosum* (Kützing) 1849 a *Encyonema ventricosum* (C.Agardh) Grunow, 1875.

5.2.3.2. Zelené řasy

Celkově se v odběrových vzorcích fytoplanktonu za celou vegetační sezónu 2022 našlo 7 taxonů zelených řas. Z nich se určilo 6 rodů, z toho 6 druhů, a jeden taxon byl určen pouze do rodu. Nejpočetněji zastoupenou třídou byla Scenedesmaceae. Nejčastěji se vyskytujícím taxonem se stal *Volvox aureus* Ehrenberg 1832 (viz. příloha 1), který byl nalezen téměř ve všech odběrech, s výjimkou 7.6. 2022. Jeho relativní abundance v určitých dnech odběru dosahovala hodnoty 3 (viz tab. č. 5). Dalším vysoce zastoupeným taxonem se stal *Sphaerocystis schroeteri* Chodat 1897, který dosahoval hodnoty abundance 2 – taxon normálně se vyskytující. Na jaře měl vysokou abundanci druh *Coelastrum microporum* Nägeli 1855. Objevily se i zástupci rodu *Tetradesmus* a *Desmodesmus*.

5.2.3.3. Sinice a ostatní řasy

Sinice ve fytoplanktonu přírodního koupaliště Slunečná zastupoval po celou vegetační sezónu 2022 pouze jeden taxon. Z ostatních řas se vyskytly skupiny jako euglény se třemi taxony, zlativky se dvěma taxony a krásivky s jediným taxonem. Sinice zastupoval pouze druh *Dolichospermum flos-aquae* (Bornet & Flauhalt) P.Wacklin, L.Hoffmann & Komárek 2009, který se začal ve vzorcích vyskytovat již od 9.7. a měl nejhojnější výskyt 28.9 a 9.10. 2022 (viz tab. č. 5). Ze skupiny euglén

byl nejčastější taxon *Colacium cyclopicola* (Gicklhorn) Woronichin & Popova 1940, žijící přisedle na zooplanktonu a jeho relativní četnost dosáhla hodnoty 3 dne 25.6. 2022. Vyskytly se také rody *Phacus* a *Lepocinclis*. Zlativky zastupovaly od 9.10. rody *Mallomonas* a *Dinobryon* s poměrně malou četností. Z krásivek se 9.10. objevil jediný taxon, a to *Closterium moniliferum* Ehrenberg 1848.

5.3.3. Sezónní dynamika

Sezónní dynamika fytoplanktonu se v přírodním koupališti Slunečná pozorovala od 7.6. do 31.10. 2022.

V pozdně jarním fytoplanktonu se při odběrech 7.6. 2022 tvořil dominantu zástupce oddělení zelených řas, *Coelastrum microporum* Nägeli 1855 (viz. tab. č. 5). Na zooplanktonu se vyskytl i zástupce euglén, a to *Colacium cyclopicola* (Gicklhorn) Woronichin & Popova 1940. Z rozsivkového trvalého preparátu se dalo pozorovat spousta zástupců, mezi nejhojnější patřili *Fragilaria* sp., *Navicula radiosa* a *Frustulia saxonica*.

Letní fytoplankton byl nejvíce zastoupený zelenými řasami. Nejčastěji a také nejhojněji se vyskytující zástupce byl *Volvox aureus* Ehrenberg 1832, který se objevil ve všech odběrech, kromě prvního. Další hojný zástupce letního fytoplanktonu byl *Sphaerocystis Schroeteri* Chodat 1897. V menší abundanci se vyskytl i *Tetradesmus obliquus* (Turpin) M.J.Wynne 2016, *Desmodesmus communis* E. Hegewald 2000 či *Coelastrum astroideum* De Notaris. V létě se začaly vyskytovat i sinice. Od 9.7.2022 bylo možné pozorovat *Dolichospermum flos-aquae* (Bornet & Flauhalt) P.Wacklin, L.Hoffmann & Komárek 2009. Z rozsivek bylo možné v letním fytoplanktonu najít ve velkém množství zástupce *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen 1979, která se objevovala ve všech odběrech.

V podzimním fytoplanktonu se stále vyskytovala sinice *Dolichospermum flos-aquae* (Bornet & Flauhalt) P.Wacklin, L.Hoffmann & Komárek 2009 a rozsivka v hojném množství i *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen 1979. Nově se ale začaly objevovat typičtí podzimní zástupci z oddělení zlativek, a to *Mallomonas caudata* (Ivanov) Willi & Krieger 1930 a *Dinobryon sertularia* Ehrenberg 1838.

Tabulka 5: Seznam nalezených taxonů sinic a řas v jednotlivých termínech odběru s jejich relativní četností

	7.6.	25.6.	9.7.	16.7.	23.7.	8.8.	25.8.	6.9.	28.9.	9.10.	31.10.
CYANOBACTERIA											
<i>Dolichospermum flos-aquae</i> (Bornet & Flauhalt) P.Wacklin, L.Hoffmann & Komárek 2009			+	+	1	2	1	2	3	3	2
EUGLENOPHYTA											
<i>Colacium cyclopicola</i> (Gicklhorn) Woronichin & Popova 1940	2	3	+						2		1
<i>Leponiclis oxyuris</i> (Schmarda) B.Marin & Melkonian 2003						+					
<i>Phacus pleuronectes</i> Playfair 1921					+						
HETEROKONTOPHYTA											
<i>Dinobryon sertularia</i> Ehrenberg 1838											1
<i>Mallomonas caudata</i> (Ivanov) Willi & Krieger 1930										2	2
Třída: Bacillariophyceae											
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen 1979	+	2	2	2	2	2	1	4	3	4	4
<i>Caloneis silicula</i> (Ehrenberg) Cleve 1894	+										
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg 1838	2										
<i>Craticula cuspidata</i> (Kutzing) D.G. Mann 1990	+										
<i>Cyclostephanus dubius</i> (Hustedt) Round 1988	1										
<i>Cymatopleura solea</i> (Brébisson) W. Smith 1851	+										
<i>Diploneis sp.</i>	+										
<i>Encyonema cespitosum</i>	+										

(Kützing) 1849										
<i>Encyonema ventricosum</i> (C.Agardh) Grunow, 1875	+									
<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Schaarschmidt 1880	2									
<i>Eunotia exigua cf fennica</i>	1									
<i>Fragilaria</i> sp.	4				1			1		+
<i>Frustulia saxonica</i> Rabenhorst 2013	3									
<i>Frustulia</i> sp.								+		+
<i>Hippodonta capitata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski 1996	+									
<i>Navicula germainii</i> J.H. Wallace 1960	1									
<i>Navicula radiosa</i> Kützing 1844	3									
<i>Navicula</i> sp.	+			+	+			+		
<i>Nitschzia</i> sp.	+									
<i>Nitschzia tabellaria</i> Grunow 1880	+									
<i>Placoneis anglica</i> (Ralfs) E.J. Cox 2003	1									
<i>Pinnularia subgibba</i> Krammer 1992	+									
<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkovsky 1902	1	+								
<i>Staurosirella pinata</i> (Ehrenberg) D. M. Williams & Round 1988	3									
<i>Synedra</i> sp.				+	+					
CHLOROPHYTA										
<i>Coenochloris</i> sp.							2	2		
<i>Coleastrum astroideum</i> De Notaris 1867								1		
<i>Coleastrum microporum</i> Nägeli 1855	3		2	2						

<i>Desmodesmus communis</i> E. Hegewald 2000					+						
<i>Sphaerocystis schroeteri</i> Chodat 1897					2	2	2	2	1	1	1
<i>Tetradesmus obliquus</i> (Turpin) M.J.Wynne 2016						+					
<i>Volvox aureus</i> Ehrenberg 1832		3	3	3	2	2	2	1	1	1	1
STREPTOPHYTA											
<i>Closterium moniliferum</i> Ehrenberg 1848										+	

6 Diskuse

6.1 Faktory ovlivňující společenstva řas a sinic

V průběhu sezóny jsem při každém odběru měřila abiotické parametry. Jedním z nich je konduktivita, což je schopnost vody vést elektrický proud. Závisí na množství rozpuštěných iontů ve vodě, jako jsou např. soli, vápník, fosfor, sulfáty a další. Průměrná hodnota konduktivity ve sladkých stojatých vodách činí 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Konduktivitu vody ovlivňuje geologické podloží či klimatické podmínky (Atlas Scientific, 2023). V přírodním koupališti Slunečná byly naměřeny hodnoty v rozmezí od 296 $\mu\text{S}/\text{cm}$ do 427 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Mírně vyšší hodnoty konduktivity mohou být způsobené právě geologickým podložím koupaliště. Nachází se totiž na vápenitých jílovcích a pískovcích, obsahující karbonátové minerály, které rozpouštěním ve vodě mohou zvyšovat množství iontů a tím i konduktivitu vody. Konduktivita vody se také v průběhu sezóny stále mírně zvyšovala. To vysvětlují postupným přísunem iontů z přítoku, který napájí koupaliště.

pH značí míru kyselosti či zásaditosti vody. Hodnoty pH se v přírodním koupališti Slunečná ve vegetační sezóně 2022 pohybovaly v rozmezí od 6,1 do 7,4, čili od mírně kyselých hodnot až k hodnotám neutrálním. Mezi odběrovými místy se hodnoty lišily jen málo, ovšem 9.7.2022 na odběrovém místě č. 2 vyskočila hodnota pH až na 7,42, kdežto na odběrovém místě č. 1 bylo naměřeno 6,69. Tento nevídaný rozdíl považuji spíše za chybu v měření, kdy se multimetr nenechal dostatečně dlouho pod hladinou, aby se adaptoval. Průměrná hodnota pH činila 6,64. Voda, která má pH menší než 5,5 a větší než 9, je nevhodná pro chov ryb. Z rybářského hlediska je v přírodním koupališti Slunečná dobrá rybníční voda s vhodným pH (Netrval, 2016). Co se týká fytoplanktonu, ten preferuje hodnoty od 6,5-8,5. Některé druhy mohou mít širokou toleranci k pH, zatímco jiné mohou být ke změnám citlivější. Například nalezený druh *Frustulia saxonica* se často vyskytuje v mírně kyselých vodách. Také rod *Eunotia* je nacházen ve stojatých vodách chudých na živiny s kyselým pH, to samé spousta druhů z rodu *Dinobryon* (Bellinger, 2010). Dle Bellingera (2010) bývají oligotrofní vody často mírně kyselé.

Teplota vody výrazně ovlivňuje růst a množení fytoplanktonu. Během roku se přirozeně teploty mění, na jaře a na podzim jsou teploty vody nízké a v létě vyšší,

jelikož vodní těleso ohřívají sluneční paprsky. Tomu tak bylo i ve zkoumané nádrži. V létě se teploty vody pohybovaly okolo 20-23°C. V pozdním létě dochází běžně k rozvoji sinicového květu (Bellinger, 2010). V přírodním koupališti Slunečná ale k žádnému masivnímu rozvoji sinic nedošlo, pravděpodobně z důvodu nedostatku živin. Na podzim, kdy teploty klesly ke 12°C, výrazně kleslo i zastoupení zelených řas, které přes léto měly největší procentuální zastoupení ve fytoplanktonu. Oproti tomu například rozsivky (např. *Aulacoseira ambigua*) přežívaly nadále, protože jsou schopné žít i při nízkých teplotách a nedostatku slunečního svitu (Sommer et. al., 1989).

Průhlednost vod ovlivňuje řada faktorů, jako je množství fytoplanktonu, suspendované částice nebo organický materiál. V eutrofních vodách tak bývá velice nízká průhlednost, zejména kvůli vysoké biomase fytoplanktonu (Pouličková, 2011). Průhlednost v přírodním koupališti Slunečná se pohybovala v rozmezí od 2,45 m do 3,08 m. Honců (2020) zkoumala ve své práci rybník Na Bubně, který má podobnou rozlohu i lokalitu jako Slunečná, ale průhlednost naměřila pouhých 50 cm. Za vysokou průhledností koupaliště stojí malá abundance řas v průběhu celé sezóny.

6.2 Fytoplankton

Abundance řas se pohybovala v hodnotách od 18 do 1080 buněk/ml. Nejvyšší abundance byla spočítána v pozdním jaře, 7.6.2022; poté abundance klesla z 1080 buněk/ml na obou odběrových místech na 229 buněk/ml. Tento skok pravděpodobně souvisí s PEG modelem, kdy po zimním období v důsledku zvýšení dostupnosti živin a světla, nastalo rozmnožení *Coelastrum microporum*, který byl ale v průběhu června odfiltrován velkým zooplanktonem, zejména perloočkami, které byly v prvních odběrech hojně zastoupené. Abundance řas se na jednotlivých odběrových místech převážně prolínala, nelze jednoznačně říct, že by na jednom odběrovém místě byla větší či menší abundance. Rozdíly mezi odběrovými místy byly relativně malé, maximálně 200 buněk/ml. Heteša (2019) zkoumal několik rybníků na Lednicku. Abundance sledovaných nasazovaných eutrofních rybníků v létě dosahovala až sta tisíců buněk. V tomto porovnání jsou stovky buněk v koupališti Slunečná mizivé. Nízká abundance je pravděpodobně způsobena limitací živinami a predací ze strany zooplanktonu, který odolával filtraci plůdků

pstruha. S predačným tlakem zooplanktonu pravděpodobně souvisí i rozvoj a dominance koloniálních zelených řas v průběhu léta (*Volvox aureus*, *Sphaerocystis Schroeteri*), protože nejsou pro zooplankton preferovanou potravou (Bellinger, 2010).

Druhová bohatost fytoplanktonu přírodního koupaliště Slunečná je malá. Z 11 odběrů se určilo jen 39 taxonů, z čehož 25 taxonů náleželo rozsivkám (díky doplňkovému trvalému preparátu). V průběhu sezóny navíc v jednotlivých odběrech výrazně převládal jeden taxon nad ostatními. V pozdním jaře převládal *Coelastrum microporum*, v létě zelené koloniální řasy *Volvox aureus* či *Sphaerocystis Schroeteri* a na podzim rozsivka *Aulacoseira ambigua* nebo sinice *Dolichospermum flos-aquae*. Podle Bellingera (2010) je během léta druhová diverzita oligotrofních vod typicky malá, se stoupající trofí stoupá i druhová pestrost, ale znova klesá v některých eutrofních či hypertrofních vodách, kde může jeden taxon zvítězit nad ostatními.

Podle jiných zjištěných informací o koupališti (abundance, abiotické parametry), se bude spíše jednat o oligotrofní stav. Jako srovnatelná lokalita s podobnými charakteristikami se jeví předzdrž Žermanice, kterou zkoumala Kunášová (2015). Ta determinovala 68 taxonů fytoplanktonu a většinu taxonů tvořily zelené řasy, celkem 35. V přírodním koupališti Slunečná byly počtem taxonů nejvíce zastoupené rozsivky, kdežto zelené řasy zastupovalo pouhých 6 taxonů. V červenci dominovaly v předzdrži dle Kunášové (2015) taxony zelených řas, jako jsou *Pediastrum*, *Scenedesmus* a *Desmodesmus*. V přírodním koupališti Slunečná se tyto taxony objevily jen jako jediný exemplář, ovšem jiné zelené řasy, zejména *Volvox aureus* a *Sphaerocystis Schroeteri* tvořily dominantu v letních odběrech. V srpnu se v předzdrži podle Kunášové (2015) zvýšil podíl sinic, a konkrétně druh *Dolichospermum flos-aquae* se vyskytoval masově. Podobně tomu bylo i v přírodním koupališti Slunečná, kdy měl v srpnu druh *Dolichospermum flos-aquae* hojnou relativní abundanci, ovšem nevyskytoval se masově. V říjnu došlo dle Kunášové (2015) ke snížení zastoupení zelených řas a nastoupily rozsivky. Obdobný vývoj nastal i v Slunečné. Hrubý (2022) zkoumal rozsivková společenstva rybníků Novohradských hor. Rozlohou je s přírodním koupalištěm Slunečná srovnatelný Uhlišťský rybník (2,1ha). V tomto rybníce, nacházejícím se

v nadmořské výšce 794 m. n. m., našel Hrubý (2022) stejné druhy rozsivek, konkrétně *Aulacoseira ambigua*, *Frustulia saxonica*, *Eunotia exigua*, *Eunotia bilunaris* a *Staurosirella pinnata*, které v přírodním koupališti Slunečná měly hojně relativní četnosti. *Frustulia saxonica* je indikátorem dobré kvality vody a *Eunotia exigua* je typická pro oligotrofní vody. Taxon *Staurosirella pinnata* dokonce tvoří dominanty v arktických jezerech (Paull et. al, 2008). Na základě saprobních indexů zhodnotil Hrubý (2022) rybníky jako oligo až mesotrofní.

Z hlediska hygienických limitů byla abundance sinic v průběhu sezóny nízká (maximálně 462 buněk/ml), jelikož limit I. stupně ohrožení na lidském zdraví je 20 000 buněk/ml. Také průhlednost byla daleko od limitu, nejmenší průhlednost byla naměřena 2,45 m a stupeň zhoršené jakosti vody má limit průhlednosti menší jak 1 m. Na základě těchto poznatků hodnotím přírodní koupaliště Slunečná nejlepším stupněm jakosti vody, a to voda vhodná ke koupání.

I když nelze na základě zjištěných informací jednoznačně určit trofii koupaliště, posoudila jsem lokalitu jako oligotrofní, až mírně mezotrofní.

Závěr

Tato bakalářská práce se věnovala fytoplanktonu přírodního koupaliště Slunečná, jeho druhovému složení, abundanci a sezónní dynamice. Z 11 odebraných vzorků ve vegetační sezóně 2022 v období od 7.6. do 31.10. se určilo 39 taxonů fytoplanktonu. Nejpočetnější skupinou řas se staly rozsivky, s celkem 25 taxony a nejchudší skupina byly krásivky spolu se sinicemi, zastoupené pouze jedním taxonem. Celkově bylo druhové složení fytoplanktonu chudé oproti ostatním srovnatelným lokalitám v ČR. Ani abundance fytoplanktonu nebyla vůbec vysoká, nejvyšší hodnota byla 7.6. 2022, a to 1080 buněk fytoplanktonu na ml. S tím souvisí i velká průhlednost vody. Trofie přírodního koupaliště Slunečná byla zhodnocena jako oligotrofní až mírně mezotrofní. Co se týká hygienických limitů, tak nízké abundance sinic a vysoká průhlednost v průběhu celé sezóny, odpovídala nejlepšímu stupni kvality vody, a to voda vhodná ke koupání. Cíle, které byly na začátku práce stanoveny, byly splněny.

Literatura

ADÁMEK, Z., HELEŠIC, J., MARŠÁLEK, B., RULÍK, M. 2010: *Aplikovaná hydrobiologie*. Vyd. 2., Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybařství a ochrany vod, České Budějovice, 350 s.

AFFAN, A., HAQUE, M., KHAN, S., JEWEL, S., A. 2005: *Seasonal Cycle of Phytoplankton in Aquaculture Ponds in Bangladesh*. ALGAE, 20, 43-52.

ALTURBAN, Jaroslav, rybář [ústní sdělení]. 18.4.2023.

Atlas Scientific, 2023: *What is the typical conductivity range* [online]. [cit. 8-4-2023]. Dostupné z: <<https://atlas-scientific.com/blog/water-conductivity-range/>>.

BELLINGER, E. G. & SIGEE, D., C. 2010: *Freshwater algae: identification and use as bioindicators*. Chisester West Sussex UK, Wiley-Blackwell, 271s.

BLÁHOVÁ, L., MORAVEC, M., ŠIMEK, Z., MARŠÁLEK, B., BLÁHA, L. 2008: *Analytické možnosti stanovení významných „tradičních“ i „nových“ cyanotoxinů*. Cyanobakterie, p. 48-50.

BOYD, C., E., TUCKER, C., S. 1998: *Pond aquaculture water quality management*. Boston: Kluwer Academic Publishers.

BULANTOVÁ, J. 2019: *Slunce, seno, motolice*. [online]. [cit. 24-01-2023]. Dostupný z: <<https://www.prirodovedci.cz/magazin/slunce-seno-motolice>>.

BURCHARDT, L. (ed.), 2014: *Key to identification of phytoplankton species in lakes and rivers*. Kraków: W. Szafer Institute of Botany.

Česká geologická služba, 2023: [online]. [cit. 23-3-2023]. Dostupný z: <<http://mapy.geology.cz/pudy/>>.

ČESKO. Vyhláška č. 238/2011 Sb. Ze dne 25. srpna 2011 o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2011, částka 87. Dostupné z: <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-238>>.

DAVID, V. (ed.), 2015: *Rybníky – naše dědictví i bohatství pro budoucnost*. Praha: České vysoké technické učení v Praze, 210s.

DEMEK, J. (ed.), 1987: *Zeměpisný lexikon ČSR. Hory a nížiny*. Praha: Academia, 584 s.

DROBAC, D., TOKODI, N., SIMUENOVIC, J., BALTIC, V., STANIC, D., SVIRČEV, Z. 2013: *Human exposure to cyanotoxins and their effects on health*. Arh Hig Rada Toksikol.

FOSS, A., AUBEL, M., GALLAGHER, B., METTEE, N., MILLER, A., FOGELSON, S. 2019: *Diagnosing Microcystin Intoxication of Canines: Clinicopathological Indications, Pathological Characteristics, and Analytical Detection in Postmortem and Antemortem Samples*. Toxins (Basel).

FOTT B. 1956: *Sinice a řasy*. Nakladatelství Československé akademie věd, Praha, 362 s.

GUIRY, M. D. & G. M. GUIRY, 2023: *AlgaeBase: World-wide electronic publication* [online]. National University of Ireland, Galway. [cit. 3-2-2023]. Dostupné z: <<http://www.algaebase.org>>.

HARTMAN P., PŘIKRYL I., ŠTĚDRONSKÝ E. 2005: *Hydrobiologie*. Informatorium, Praha, 359 s.

HETEŠA, J. 2019: Sezónní změny fytoplanktonu tůní a rybníků dolního Podují. In: RegioM: zpravodaj Regionálního muzea v Mikulově. Mikulov: Regionální muzeum v Mikulově, 63-80 s. [cit. 15-4-2023]. Dostupné z: <https://www.rmm.cz/regiom/2019/05_hetesa.pdf>.

HINDÁK, F. (ed.), 1978: *Sladkovodné riasy*. SNP, Bratislava, 724 s.

HONCŮ, Alžběta. *Průzkum diverzity sinic a řas třech rybníků u Martinic v Krkonoších* [online]. Hradec Králové, 2021 [cit. 10-04-2023]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/je5pxm/>. Bakalářská práce. Univerzita Hradec Králové, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce RNDr. Markéta Bohunická, Ph.D.

HRUBÝ, František. *Společenstva rozsivek oligo - mesotrofních rybníků Novohradských hor* [online]. České Budějovice, 2022 [cit. 19-04-2023]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/a91p4z/>. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce prof. RNDr. Jan Kaštovský, Ph.D.

KARMÁČKOVÁ, Veronika. *Obojživelníci (Lissamphibia) na území Trutnovska* [online]. Hradec Králové, 2014 [cit. 04-02-2023]. Dostupné z: <http://evskp.uhk.cz/ThesisDetail.aspx>. Bakalářská práce. Univerzita Hradec Králové, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce RNDr. Michael Andreas, Ph.D.

KAŠTOVSKÝ, J., HAUER, T., GERIŠ, R., CHATTOVÁ, B., JURÁŇ, J., LEPŠOVÁ-SKÁCELOVÁ, O., PITELKOVÁ, P., PUSZTAI, M., ŠKALOUD, P., ŠTASTNÝ, J., ČAPKOVÁ, K., BOHUNICKÁ, M. & MÜHLSTEINOVÁ, R. 2018a: *Atlas sinic a řas České republiky 1*. Jihočeská univerzita.

KAŠTOVSKÝ, J., HAUER, T., GERIŠ, R., CHATTOVÁ, B., JURÁŇ, J., LEPŠOVÁ-SKÁCELOVÁ, O., PITELKOVÁ, P., PUSZTAI, M., ŠKALOUD, P., ŠTASTNÝ, J., ČAPKOVÁ, K., BOHUNICKÁ, M. & MÜHLSTEINOVÁ, R. 2018b: *Atlas sinic a řas ČR 2*. Jihočeská univerzita.

KUNÁŠOVÁ, Beáta. *Složení fytoplanktonu na předzdrži VN Žermanice a jeho možný vliv na kvalitu vody v nádrži* [online]. Ostrava, 2015 [cit. 19-04-2023]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/l81prn/>. Bakalářská práce. Ostravská univerzita, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Mgr. Alena Kočárková, Ph.D.

LANGE-BERTALOT, H., HOFMANN, G., WERUM, M., CANTONATI, M., KELLY, M. ed. 2017: *Freshwater benthic diatoms of Central Europe: over 800 common species used in ecological assessment : with 3578 figures on 135 plates. English edition with updated taxonomy and added species*. Schmitten-Oberreifenberg: Koeltz Botanical Books, 942s.

LELLÁK, J., KUBÍČEK, F. 1991: *Hydrobiologie*. Praha: Karolinum, 257s.

LINNE VON BERG, K.-H., HOEF-EMDEN, K., BIRGER, M., & MELKONIAN, M. 2012: *Der kosmos-algenführer: süßwasseralgen unter dem mikroskop: ein bestimmungsbuch*. Kosmos, Stuttgart, 366s.

Mapy, 2023 [online]. [cit. 15-11-2022]. Dostupný z: <https://mapy.cz/zakladni?x=15.6968508&y=50.6147762&z=16>.

Ministerstvo zdravotnictví České republiky. 2022: [online]. [cit. 03-02-2023]. Dostupný z: <https://www.mzcr.cz/seznam-prirodnich-koupalisk-na-povrchovych-vodach-a-dalsich-povrchovych-vod-ke-koupani-pro-rok-2021/>.

MUDRLOVÁ, Hana. *Floristický průzkum okolí Černého Dolu v Krkonoších* [online]. Hradec Králové, 2010 [cit. 04-02-2023]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/xwbftn/>. Bakalářská práce. Univerzita Hradec Králové, UHK, Pedagogická fakulta. Vedoucí práce Romana Prausová.

NETRVAL, L., 2016: pH vody – koncentrace vodíkových iontu. [online]. [cit. 11-4-2023]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/442984-Ph-vody-koncentrace-vodikovych-iontu.html>.

PAULL, T. M., HAMILTON, P. B., GAJEWSKI, K. & LEBLANC, M. 2008: *Numerical analysis of small Arctic diatoms (Bacillariophyceae) representing the Staurosira and Staurosirella species complexes*. Phycologia, 47(2): 213-224.

PODHOLOVÁ, Pavlína. *Vliv sjezdového lyžování na společenstva kříšů (Hemiptera: Auchenorrhyncha) v travních porostech Krkonoš – pilotní studie* [online]. Brno, 2020 [cit. 04-02-2023]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/ufv98/>. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Igor MALENOVSKÝ.

POULÍČKOVÁ, A. 2011: *Základy ekologie sinic a řas*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 91s.

PUMANN, P., CHLUPÁČOVÁ M., KOŽÍŠEK, F. 2008: *Zdravotní a hygienická rizika z přírodních koupacích vod*. Hygiena: časopis pro ochranu a podporu zdraví

[online]. 53, 3, [cit. 31-10-2022]. Dostupný z: <https://www.researchgate.net/publication/237494680_Zdravotni_a_hygienicka_rizika_z_prirodnich_koupacich_vod_Health_and_hygiene_risks_caused_by_natural_bathing_water>.

PUMANN, P. 2009: Zdravotní rizika ze sinic v koupacích vodách [online]. Praha, Státní zdravotní ústav. [cit. 25-2-2023]. Dostupné z: <<https://heis.vuv.cz/data/webmap/datovesady/projekty/hodnocenikoupacichvod/default.asp?lang=&tab=4&wmap=>>.

QUITT, E. 1971: *Klimatické oblasti Československa*. Geografický ústav ČSAV.

RANDÁK, T. et al. 2015: *Rybářství ve volných vodách*. 2. aktualizované vydání. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod. ISBN 978-80-7514-013-5.

ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, J. 2003: *Aplikovaná a technická hydrobiologie*. Vyd. 2. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze.

SOMMER, U. (ed.), 1989: *Plankton Ecology. Succession in Plankton Communities*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York London Paris Tokyo, 369 s.

SOMMER, U., GLIWICZ, Z. M., LAMPERT, W. & DUNCAN, A. 1986: *The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in fresh water*. Archiv Fur Hydrobiologie.

STEWART, I., WEBB, PM., SCHLUTER, P., SHAW, G. 2006: *Recreational and occupational field exposure to freshwater cyanobacteria – a review of anecdotal and case reports, epidemiological studies and the challenges for epidemiologic assessment*. Environmental Health: A Global Access Science Source 5:6 doi:10.1186/1476-069X-5-6.

ŠRÁMEK-HUŠEK, R. 1946: *Úvod do limnobiologie*. Praha: Kropáč & Kucharský, 211 s.

TOMÁŠEK, M. 2007: *Půdy České republiky*. Praha: Česká geologická služba, 67 s.

TYLŠ, J. 2016: *Manipulační řád rybníka ATC Slunečná*. Rybníkářské služby s.r.o., 15 s.

VRÁNA, K., BERAN, J. 1998: *Rybníky a účelové nádrže*. Praha: České vysoké učení technické

Seznam obrázků

Obrázek 1: Hlavní rysy vývoje rybničního ekosystému při nízkém predačním tlaku obsádky (Hartman, 2005).....	9
Obrázek 2: Hlavní rysy vývoje rybničního ekosystému při vysokém predačním tlaku obsádky (Hartman, 2005)	10
Obrázek 3: Přírodní koupaliště ATC Slunečná (Česká geologická služba, 2023)	19
Obrázek 4: Geologické podloží okolí přírodního koupaliště Slunečná (Česká geologická služba, 2023)	21
Obrázek 5: Pedologické poměry okolí přírodního koupaliště Slunečná (Česká geologická služba, 2023)	22
Obrázek 6: Vypuštěná nádrž (Tylš, 2016)	26
Obrázek 7: Výpustné zařízení (Tylš, 2016)	26
Obrázek 8: Odběrová místa (Mapy, 2022, upraveno)	27
Obrázek 9: Postup vybírání buněk. Černé počítáme, bílé nepočítáme (zdroj: vlastní)	32
Obrázek 10: Postup při výběru čtverců (zdroj: vlastní).....	32

Seznam grafů

Graf 1: Naměřené teploty vody na jednotlivých odběrových místech.....	33
Graf 2: Naměřené hodnoty pH na jednotlivých odběrových místech	34
Graf 3: Naměřené hodnoty elektrické vodivosti vody na jednotlivých odběrových místech	35
Graf 4: Naměřené hodnoty průhlednosti vody přírodního koupaliště Slunečná	36
Graf 5: Počet taxonů determinovaných v jednotlivých dnech odběrů.....	37
Graf 6: Porovnání počtu buněk na 1 ml nalezených na odběrovém místě č. 1 a č. 2 v přírodním koupališti Slunečná ve vegetační sezóně 2022.....	39
Graf 7: Procentuální zastoupení jednotlivých skupin řas a sinic na odběrovém místě č. 1, přičemž 100% odpovídá celkové abundanci fytoplanktonu na odběrovém místě.....	40
Graf 8: Procentuální zastoupení jednotlivých skupin řas a sinic na odběrovém místě č. 2, přičemž 100% odpovídá celkové abundanci fytoplanktonu na odběrovém místě.....	41

Seznam tabulek

Tabulka 1: Trofie vodní nádrže: Abiotické parametry a řasové bioindikátory (Ambrožová 2003; Hartman 2005; Bellinger 2010)	7
Tabulka 2: Hlavní toxiny sinic a jejich účinky na zdraví člověka (Drobac et. al., 2013).....	16
Tabulka 3: Charakteristiky klimatických oblastí MT2 a CH7 dle Quitta (1971)	24
Tabulka 4: Počet buněk sinic a řas v 1 ml vody v přírodním koupališti Slunečná na jednotlivých odběrových místech ve vegetační sezóně 2022	38

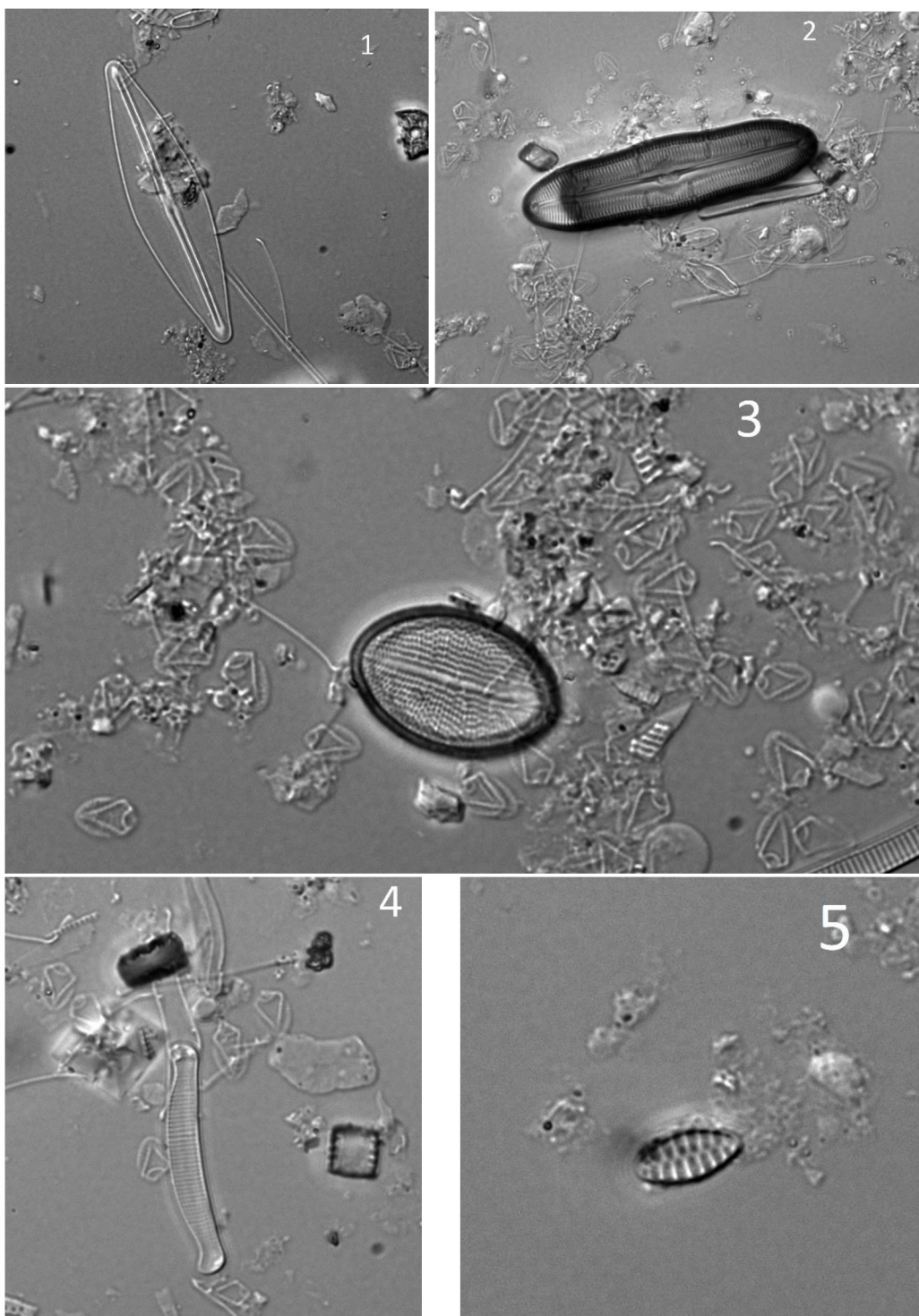
Tabulka 5: Seznam nalezených taxonů sinic a řas v jednotlivých termínech odběru s jejich relativní četností.....	44
--	----

Přílohy

Příloha 1 – fotodokumentace nalezených sinic a řas

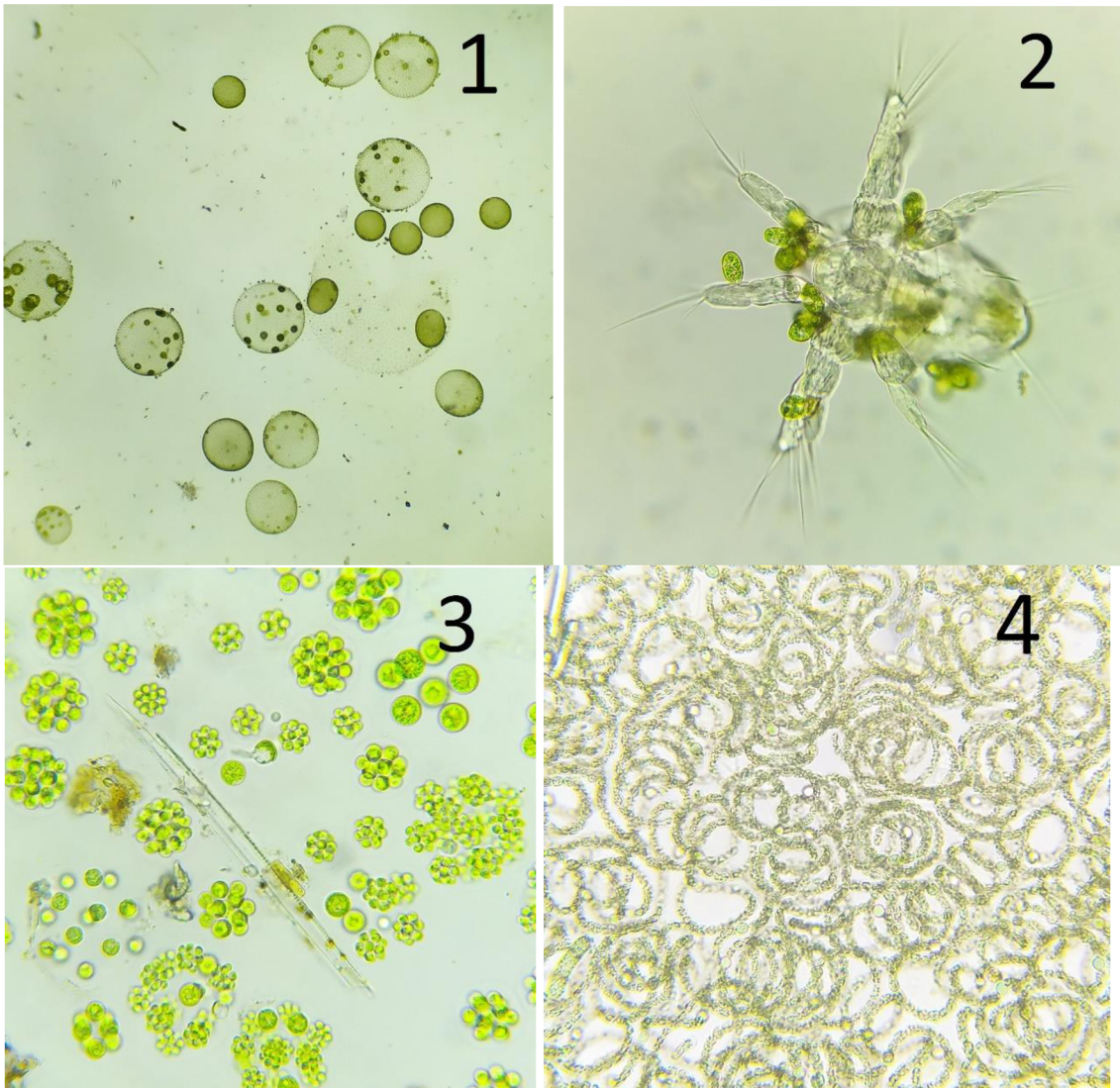
Příloha 1 – fotodokumentace nalezených řas a sinic

Tabule I. Vybraní zástupci Bacillariophyceae



1 – *Frustulia saxonica*; 2 – *Caloneis silicula*; 3 – *Cocconeis placentula*; 4 – *Eunotia bilunaris*; 5 – *Staurosirella pinnata*

Tabule II. Vybraní zástupci Chlorophyta, Cyanobacteria a Euglenophyta



1 - *Volvox aureus*; 2 - *Colacium cyclopicola*; 3 - *Coelastrum microporum*; 4 - *Dolichospermum flos-aquae*