

OBSAH .....	1
ABSTRAKT .....	3
1. ÚVOD .....	5
1.1. Legislativa .....	6
1.2. Sinice .....	10
1.3. Mikrobiologické indikátory .....	17
1.4. Cíle práce .....	19
2. METODIKA .....	20
2.1. Charakteristika vybraných vodních nádrží .....	20
Odběrová místa .....	20
Přehradní nádrž Hostivař .....	20
Rybník Šeberák .....	23
Vyžlovský rybník .....	25
2.2. Odběry vzorků vody .....	28
2.3. Stanovení mikrobiologických ukazatelů .....	29
2.4. Stanovení chlorofylu-a a ukazatelů fytoplanktonu .....	30
3. VÝSLEDKY .....	36
3.1. Zjištěné koncentrace chlorofylu-a v $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ na lokalitách a hygienicky významných ukazatelů fytoplanktonu .....	36
3.1.1 Kvalitativní a kvantitativní hodnocení vzorků fytoplanktonu .....	40
3.1.1.1. Fytoplankton na Hostivaři .....	40
3.1.1.2. Fytoplankton na Šeberáku .....	40
3.1.1.3. Fytoplankton na Vyžlovce .....	50
3.2. Mikrobiologické indikátory .....	52

4. DISKUSE .....	58
4.1. Fytoplanktonní indikátory .....	58
4.2. Mikrobiologické indikátory .....	64
5. ZÁVĚR .....	67
6. PŘEHLED CITOVANÉ LITERATURY .....	69
7. PŘÍLOHY .....	77

## ABSTRAKT

V této práci jsem se zabývala vlivem odběrového místa na indikátory jakosti vody v přírodních koupalištích (Hostivařská přehrada, rybník Šeberák a Vyžlovský rybník). Zjistila jsem, že odběrová místa u hygienicky významných druhů fytoplanktonu (sinice) mohou být z hlediska jakosti vody odlišná především v případě, kdy se v nádrži vyskytují sinice, které tvoří vodní květ. Povrchový vodní květ může být přesouván vlivem povětrnostních podmínek na závětrnou stranu nádrže (*Microcystis* sp.). Na vodní květ *Aphanizomenon flos-aquae*, který se vznáší ve vodním sloupci, může mít vliv vítr a vodní proud (který je zčásti také větrem ovlivněn). U dominující vláknité sinice *Planktothrix agardhii*, která vodní květ netvoří, je koncentrace chl-a i počtu buněk této sinice na jednotlivých odběrových místech vyrovnaný, i když koncentrace chlorofylu-a se pohybuje okolo 200  $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ . *Microcystis* sp. a *Scenedesmus* sp. v eutrofních podmínkách spolu přežívají v kompetici. Jakost vody z hlediska mikrobiologického se také může lišit v rámci jednotlivých odběrových míst i ve vzdálenosti kratší než 100 m. Vliv na mikrobiální znečištění mohou mít koupající se lidé, vodní ptáci, hospodářská zvířata, pravděpodobně uvolňování mikroorganismů z písku, bahna a sedimentů na pláži nebo pobřeží. Dešťové epizody zvyšují množství *E. coli* pravděpodobně plošně. Jde o rony a strouhy, které splachují hnojenou zemědělskou půdu, fekálie koní, bahno a sedimenty z lesa.

## ABSTRACT

In this diploma thesis, I deal with the influence of the sampling site on water quality in natural bathing lakes (Hostivar reservoir, Seberak pond and Vyzlovka pond) in this. I have established that hygienically significant kinds of phytoplankton may differ in terms of water quality especially where there are cyanobacteria constituting water bloom. Surface water bloom may be moved by wind to the lee side of the water body (*Microcystis* sp.).

*Aphanizomenon flos-aquae* water bloom floating in water column can be affected by wind and by water flow (which may be partly affected by wind as well). With the prevailing fibrous *Planktothrix agardhii* which does not constitute water bloom the concentration of chlorophyll-a and cyanobacterial cell abundance in individual sampling sites are similar although the concentration of chlorophyll-a is about  $200 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ .

*Microcystis* sp. and *Scenedesmus* sp. survive under eutrophic conditions in competition.

From the microbiological perspective, water quality can differ within a single sampling site in places at a distance of less than 100 m. Microbial contamination can be caused by bathers, water birds, farm animals and probably by the removing of microorganisms from sand, mud and sediments on the beach or shore. Rain episodes probably increase the abundance of *E.coli* in the whole area by means of overland flow washing fertilized arable soil, horse feces, mud and sediments from the forests.

# 1. ÚVOD

K letním rekreačním a sportovním aktivitám patří pobyt v přírodě u vody, plavání, koupání a vodní sporty. V ČR jsou tyto aktivity velmi oblíbené a vyhledávané. Každým rokem lidé jezdí k rybníkům, přehradám, jezerům, aby si zde aktivně odpočinuli. Pokud je nádrž v blízkosti bydliště, dojedou lidé odpoledne po práci na kole vykoupat se a tráví zde také část víkendu. Mnoho lidí si zajišťuje místa v kempech a ubytovacích zařízeních v přírodním prostředí, odkud lze chodit na výlety a slunné dny využívat především k vodním aktivitám. Atmosféra prázdnin a týdnů dovolených u vody zanechává v lidech většinou pozitivní dojmy, a tak plánují na další rok opět rekreaci u vody. Koupání s sebou ale nese rizika nemocí a epidemií. Provozovatelé koupališť mají proto povinnost sledovat jakost vody zakotvenou v legislativě. Tato práce se bude týkat indikátorů jakosti vody a místy, na kterých se vzorky vody odebírají – odběrovými místy.

Jestliže budeme pobývat ve vodě, měli bychom mít vždy na paměti rizika úrazů. Nejvážnější nebezpečí představují úrazy při koupání, nikoli onemocnění způsobená sníženou jakostí vody. Provozovatelé koupališť, plováren a krytých bazénů musí pro areál zajistit dostatečný počet školených pracovníků (plavčíků), kteří jsou obeznámeni s poskytnutím první pomoci při nevolnosti, zranění nebo tonutí (Kaufman, 2008).

Obyvatelé Prahy mohou využívat celkem 33 koupacích míst (Internet 1) – přírodních koupališť i krytých bazénů.

## 1.1. Legislativa

### Vliv odběrového místa na výsledná data o jakosti vody

Místa pro odběr vzorků by měla charakterizovat vodu ke koupání u pláží a na místech, kde se lidé koupou a provozují vodní rekreační aktivity. Při výběru odběrového místa by měl být zohledněn jednak vliv hlavních zdrojů znečištění, dále vliv větru (návětrná nebo závětrná strana), topologie nádrže (tvar, zátoky, zálivy, přítoky, ale i hydraulické poměry v koupališti), poloha proudnice, vlnění a pohyb vody, doprava a vodní aktivity (čluny aj.). Je také nutné oddělovat místo pro odběr vzorků (což je bod, v případě plošně integrovaných vzorků více bodů) a místo, na kterém se provádí vizuální stanovení některých ukazatelů (vodní květy, viditelné znečištění, výskyt pěny, apod.), což by v ideálním případě měla být vodní hladina podél celé hodnocené nádrže, popřípadě rozšířená a problematická místa.

V roce 2008, kdy jsem začala odebírat vzorky vody na koupalištích, platila vyhláška 135/2004 Sb. (Anonym, 2004), v roce 2011 začala platit vyhláška 238/2011 Sb. (Anonym, 2011). Požadavky k místu odběru byly zakotveny ve vyhlášce 135/2004 Sb. (Anonym, 2004) a ve směrnici 2006/7/ES (Anonym, 2006).

- Vyhláška č. 135/2004 Sb. v § 4 odst. 2 uvádí: Rozmístění vzorkovacích míst se určí po zhodnocení místní situace, jež zahrnuje zjištění objemu a povahy všech zdrojů znečištění vody, především bodových, a jejich vlivu na jakost vody s ohledem na vzdálenost od koupací oblasti, počet koupajících se osob a s ohledem na technické podmínky odběru vzorku vody (Anonym, 2004).
- Směrnice 2006/7/ES v článku 3 uvádí: Monitorovacím místem je místo, kde: a) se očekává většina koupajících se nebo b) se podle profilu vod ke koupání očekává největší riziko znečištění (Anonym, 2006).

## Jakost vod

Za monitoring vod ke koupání v případě koupacích oblastí je zodpovědná místně příslušná krajská hygienická stanice, v případě koupališť ve volné přírodě je povinen provozovatel koupaliště sledovat jakost vody a výsledky těchto analýz předkládat místně příslušné krajské hygienické stanici. Rozsah a četnost sledování obou typů vod ke koupání je předepsán vyhláškou č. 391/2004 Sb (Anonym, 2004).

V České republice je prováděn dvojitý způsob hodnocení koupacích oblastí a koupališť ve volné přírodě.

První hodnocení, které provádějí krajské hygienické stanice, slouží k průběžnému hodnocení kvality koupacích vod a informování veřejnosti o rizicích spojených s koupáním na konkrétních lokalitách. Podrobný postup hodnocení je popsán v Metodickém návodu pro sjednocení hodnocení jakosti vod využívaných ke koupání ve volné přírodě. Tento metodický návod hlavního hygienika ČR zavádí systém vhodného odstupňování jakosti koupací vody jednotlivých lokalit a sjednocení interpretace výsledků rozborů a terénních šetření z koupališť ve volné přírodě a koupacích oblastí v rámci celé republiky tak, aby podobné výsledky z různých lokalit vyústily v podobné hodnocení. Data jsou v koupací sezoně jedenkrát týdně (vždy v pátek) posílána na CENIA, která je umísťuje na portál veřejné zprávy.

Výsledky druhého způsobu hodnocení slouží Ministerstvu životního prostředí pro potřeby sestavování ročních zpráv pro Komisi Evropských společenství (reportingu) a vychází dosud z postupů stanovených starou směrnicí 76/160/EHS (Anonym, 1976). Hodnocení je prováděno na základě sledování v poslední koupací sezoně. Většina koupacích vod v České republice zahajuje svou koupací sezonu v květnu či červnu a končí v srpnu nebo v září.

Vyhodnocuje se pět ukazatelů – dva mikrobiologické (koliformní a termotolerantní koliformní bakterie) a tři fyzikálně-chemické. Vody ke koupání se pro účely reportingu hodnotí podle následujících hledisek:

- zákaz koupání během koupací sezony
- nevyhovující povinným hodnotám
- vyhovující povinným hodnotám
- vyhovující doporučeným hodnotám

(Kalinová, 2009)

## **Ukazatele jakosti vody vhodné ke koupání ve volné přírodě**

Tyto ukazatele jsou dány přílohou 1 a 2 vyhlášky č. 135/2004 Sb. (Anonym, 2004). V této práci uvádím ukazatele, které jsem sledovala v době platnosti vyhlášky a kterými se měly řídit akreditované laboratoře, v nichž si provozovatel koupaliště nechává udělat rozbor.

- Ukazatele jakosti vody vhodné ke koupání ve volné přírodě a jejich limitní hodnoty:
  - Koliformní bakterie v jednotkách KTJ/100ml, doporučená hodnota 500, limitní hodnota 10000, četnost odběru v koupací sezoně 14 dní
  - Enterokoky v jednotkách KTJ/100ml, doporučená hodnota 100, limitní hodnota 400, četnost odběru v koupací sezoně 14 dní
  - Chlorofyl-a v jednotkách  $\mu\text{g/l}$ , limitní hodnota 50, četnost odběru v koupací sezoně 1x měsíčně
- Limitní hodnoty pro koupaliště ve volné přírodě se zvýšeným rizikem vzniku masového rozvoje sinic
  - Sinice, v jednotkách buňky/ml, I. stupeň 20 000 – 100 000, II. stupeň > 100 000, III. stupeň (-), četnost odběru 14 dní
  - Buněčný objem sinic, v jednotkách  $\text{mm}^3$ , I. stupeň 2 – 10, II. stupeň > 10, III. stupeň (-), četnost odběru 14 dní
  - Chlorofyl-a, v jednotkách mikrogramy/l, I. stupeň 10 – 50, II. stupeň > 50, III. stupeň (-), četnost odběru 14 dní



- Vizuální hodnocení, I. a II. stupeň (-), III. stupeň přítomnost vodního květu, četnost odběru 14 dní
- Mikroskopický obraz, četnost odběru 14 dní

Vizuální hodnocení se provádí při odběru vzorku, ukazatel mikroskopický obraz obsahuje slovní popis, ve kterém jsou uvedeny především dominantní taxony sinic, dále dominantní zástupci fytoplanktonu a jakékoli další informace, které mohou přispět k interpretaci výsledků (Anonym, 2004).

V současné době je v platnosti vyhláška 238/2011 Sb. (Anonym 2011), z níž jsem ve výsledcích a v diskusi také čerpala.

### **Znečištění ovlivňující profily vod ke koupání a jeho parametry**

Asi 70% přírodních jezer a rybníků nebo „přírodních koupacích míst“, které jsou primárně určené k rekreačním účelům v ČR, mají obvykle tendenci během letních měsíců (červenec – září) tvořit vodní květ. Hodnocení rizika - jakosti rekreační vody je založeno na určení a stanovení množství biomasy sinic, tj. počet buněk a/nebo obsah chlorofylu. Požadavky na analýzu cyanotoxinů v rekreačních vodách České republiky nejsou. Systém kategorizace upozornění a výstraha byl v České republice přijat v souladu s nařízením Státního zdravotního ústavu (Metodický pokyn CSN 757712, TNV 757717), který se řídí normami WHO (WHO, 2003).

Pokud je přítomno více než 100 000 buněk/ml, nádrž by měla být uzavřena pro veřejnou rekreaci. Odpovědnost za monitorování jakosti vody leží na majitelích nebo správcích rekreačních míst. Kontrolní útvar, Státní zdravotní ústav by měl dát záruku jakosti vody veřejnosti a provádět odběr vzorků na problematických místech. Velké množství přírodních rekreačních nádrží v České republice není zjevně vhodných k definování „veřejného

koupacího místa“ (krytého předpisem), proto rozhodnutí Státního zdravotního ústavu není povinné a jsou často použity jako doporučení. Není ojedinělé, že lidé, kteří vyhledávají rekreaci, nevěnují těmto doporučením pozornost a plavou v sinicovém šlemu. V této oblasti je potřeba více obecně vzdělávacích aktivit (Maršálek, 2003).

Kvalita vody bývá značně proměnlivá i s měnící se hloubkou, a to jak v počtech mikroorganismů, tak ve fyzikálních i chemických ukazatelích. Hloubka odběru je však striktně dána legislativou, takže pro standardní sledování koupacích vod není možno hloubku odběru nějak upravovat. Vyhláška 135/2004 Sb. jednoznačně stanovuje hloubku odběru vzorku pro mikrobiologické analýzy 30 cm, pro stanovení chlorofylu-a, mikroskopického obrazu a sinic 0-30 cm. V hloubce 30 cm obvykle bývají vyšší počty mikroorganismů než v hlubší části vodního sloupce. Hladinová vrstva může vykazovat odchylné osídlení mikroorganismy z kvalitativního i kvantitativního hlediska.

Výskyt fytoplanktonu bývá v hloubkovém profilu velmi proměnlivý, a proto mohou být z odběrů tak, jak jsou prováděny kvůli hodnocení koupacích vod, učiněny mylné závěry o celkovém oživení lokality (Kalinová, 2009).

## **1.2. Sinice**

Sinice se staly zdravotním a ekologickým problémem v mnoha vodních tělesech v České republice zahrnující rekreační nádrže, rybníky, technické nádrže pro jaderné elektrárny. Ačkoli problém je znám po relativně dlouhou dobu, až do nedávna zdravotní odborníci nedohlíželi na většinu aktivit toxických sinic a management byl závislý na neziskových dobrovolných činnostech a výzkumných fondech. Od roku 1994 několik vědeckých projektů hodnotilo koncentrace mikrocystinu v České republice. V poslední době jsou regulační postupy zaměřeny na vody rekreační i zásoby pitné vody (Maršálek, 2005).

Sinice jsou velmi drobné a velmi jednoduché autotrofní prokaryotické organismy. Stavba buněk je velmi jednoduchá – nemají jako prokaryota žádné jádro ani mitochondrie, Golgiho aparát, endoplazmatické retikulum, vakuoly atd.

Thylakoidy uvnitř buňky – ploché váčky obsahují fotosyntetický aparát. V membráně thylakoidu jsou obsaženy chlorofyl a,  $\alpha$ - i  $\beta$ - karoten a xanthofyly (echinenon, myxoxanthofyl, zeaxanthin). Genetickou informaci nese vinutá kruhová molekula (-y) DNA. DNA není oddělena od ostatní protoplazmy jadernou membránou.

Pro planktonní druhy je typická schopnost vytvářet při nadbytku živin tzv. vodní květ. Mnohé druhy jsou jedovaté, takže způsobují značné vodohospodářské problémy. Jedovaté látky (z farmaceutického hlediska perspektivní) působí zejména proti obratlovcům a ne proti jejich ekologickým konkurentům (zelené řasy) nebo predátorům (korýši) (Internet 2).

### **Prostorové rozmístění fytoplanktonu, *Microcystis***

Změny v rozmístění fytoplanktonu jsou předmětem otázky rozsahu, který studujeme. Je již objasněno, že vodní prostředí se projevuje jako heterogenní, ale vzhledem k prostorovým rozdílům v teplotě, obsahu rozpuštěných látek, k proudění větru, a dalším vlivům a k tomu, že každý z těchto mechanismů může působit nezávisle, se téměř neustále mění. Nemůžeme předpovědět intenzitu větru, který promíchává vodu v nádrži tři týdny nebo více do budoucna, ale můžeme na základě znalostí odhadnout pravděpodobnost, s jakou se určitá intenzita větru prosadí. Změny v teplotě, oslunění, hydraulické výměny a dodání základních živin působí na určité napětí vody a také se objeví na současně měnících se stupnicích přechodného kolísání – z minut na hodiny, při střídání dne a noci, s měnícím se ročním obdobím, meziročně a mnohem širší škále klimatických změn (Reynolds, 2006).

Složení druhů, které tvoří vodní květ, se postupem času mění. Rozdíly jsou především v jejich frekvenci, nastupují druhy, kterým vyhovuje voda eutrofní a intenzivní hospodaření na

rybnících. V současné době jsou neobyčejně rozšířeny *Microcystis ichtyoblabe*, *Anabaena lemmermannii*, v hojné kvantitě se uchovaly *M. aeruginosa*, *M. viridis*, *M. wesenbergii*, *Anabaena sigmaidea*. Dále se objevily nové druhy – *Anabaena compacta*, *A. perturbata*, *A. reniformis*, *Cylindrospermopsis raciborskii*. V menším rozsahu se uchovaly z poloviny 50. let 20. století *Aphanizomenon flos-aquae*, *Anabaena circinalis*, *A. flos-aquae*, *A. crassa*, ad., *Microcystis flos-aquae*, druhy *Planktothrix* a *Limnothrix*. Druhy se velmi ojediněle šíří z tropů, z Evropských lokalit pak druhy sinic, které mají původní areál rozšíření s pravidelným výskytem jinde, v ČR se objevují přechodně a mizí nebo se objevují druhy, které mají původ nejasný – *Aphanizomenon yezoense* a *A. issatschenkoi*. (Komárek et al., 2008).

V eutrofních nádržích v ČR se vyskytuje nejčastěji pět druhů kokální sinice rodu *Microcystis* – *M. ichtyoblabe*, *M. flos-aquae*, *M. viridis*, *M. aeruginosa* a *M. wesenbergii*. Jsou to druhy, které tvoří kolonie různých tvarů s různým nahuštěním buněk ve slizovém obalu. U druhu *M. ichtyoblabe* sliz někdy chybí. *M. aeruginosa* má buňky velké 4 – 6  $\mu\text{m}$ , tvoří laločnaté kolonie, některé s otvory, buňky jsou nahuštěny pravidelně rovnoměrně, sliz je rozplývavý Internet (3).

## **Růst sinic**

Zdroj živin, sluneční svit a teplota je obecně důležitým aspektem pro růst sinic. Juany et al. (2008) zjistil, že velký vzrůst *Microcystis* a produkce microcystinu je určeno přítomností  $\text{NaNO}_3 > 1.27 \text{ mM}$ ,  $\text{K}_2\text{HPO}_4 > 0.1 \text{ mM}$ , železo  $> 0.1 \text{ mM}$ , intenzitou světla  $> 26 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  a teplotou  $> 18,8^\circ\text{C}$ . (Chen et al., 2009) ukazuje, že při poklesu celkového dusíku, celkového fosforu a  $\text{NH}_4^+$  během dvou let v jezeře Taihu v Číně klesla také v tomto období hodnota chlorofylu-a. Sinicový vodní květ určuje dynamika a obměna fytoplanktonu.

Korelace mezi environmentálními faktory a počtem buněk sinic odvodil Onderka (2007) za sledování růstu sinic ve slovenské nádrži Liptovská Mara. Vyvinul jednoduchý předpovědní model pro počet buněk sinic. K vysvětlení a matematické úpravě byly brány v úvahu hlavní faktory, které ovlivňují růst sinic: totální dusík TN, fosfor P-PO4 a teplota vody T. Regresní model sestává ze tří rovnic. V každé z těchto rovnic byly jako vstupní proměnná využity některé z dat chemie vody (TN, P-PO4 a teploty vody). Pokud se daly dohromady všechny tři rovnice, aktuální počet buněk opisoval předpovědní model nejlépe. (V modelech byly využity TN, P-PO4 a teplota vody a kombinace P-PO4 a teplota vody.) Bližší zkoumání v průběhu hmotnostního poměru TN:TP během času a aktuálního počtu buněk ukazuje, že vodní květ se vyvíjí především během období vzrůstu poměru TN:TP.

### **Sezonní cyklus planktonních sinic využívajících N<sub>2</sub>**

Nízké zimní teploty způsobují homogenizaci vodního sloupce (s dusíkem o koncentraci okolo 10 mmol N/m<sup>3</sup>) téměř ke dnu (polovina března). Vzrůst teploty a sluneční záření začátkem dubna má za následek rychlé míchání v povrchové vrstvě a umožňuje fytoplanktonu přijímat dusík a růst. Maximální koncentrace fytoplanktonu se vyskytuje koncem dubna. Od začátku května je další koncentrace dusíku z povrchu vyčerpána (méně než 0,1 mmol N/m<sup>3</sup>) a vede k poklesu jarního vodního květu. Během června a července mírně stoupnou podpovrchové koncentrace fytoplanktonu, který se ještě může nacházet v linii přísunu živin, kde zvýšené koncentrace dusíku podporují trvalý růst v úrovních nižšího ozáření.

Vysoké povrchové teploty od půlky června do začátku září příznivě ovlivňují růst sinic. Jejich schopnost fixovat N<sub>2</sub> a nárůst nezávisle na množství přístupného rozpuštěného anorganického dusíku vede k vysokým povrchovým koncentracím s maximem na konci července a začátkem srpna. Malá vznášivost buněk má následek povrchové akumulace biomasy ve svrchních

5 metrech. Povrchový květ sinic silně redukuje průnik slunečního záření a zastíňuje podpovrchový fytoplankton, který skoro zmizí před koncem července. Pokles povrchových teplot pod 13 °C ukončuje rychle růst sinic. V této době kombinací efektů demineralizace odumřelé organické hmoty, většími povětrnostními podmínkami a teplotního míchání na podzim se zvýší povrchová koncentrace dusíku. Fytoplankton reaguje na nově dostupný dusík a vodní květ v malé míře se vyskytne v září a říjnu (Hense, 2006).

### **Toxiny sinic**

Pokrok v analytické chemii umožnil izolaci a identifikaci struktury tří neurotoxinů s poněkud odlišnými způsoby blokace přenosu neuronového signálu (anatoxin-a, anatoxin-a(s) a saxitoxiny), jeden hlavní cytotoxin, který inhibuje syntézu proteinů (cylindrospermopsin) a skupinu toxinů microcystinů, které inhibují proteinovou fosfatázu. Inhibice fosfatázy je cytotoxická, ale microcystiny jsou zejména hepatotoxické, protože využívají nosičů žlučových kyselin k průchodu buněčnou membránou. Nachází se nejen v sinicích *Microcystis*, ale také v dalších druzích sinic (WHO, 2003).

Množství publikací o toxinech sinic, jejich původu, jejich izolaci a podrobné údaje působení na zdraví člověka (také působení bezobratlé živočichy, kteří žijí ve vodních nádržích, na ryby a suchozemské obratlovce) naznačuje, že problému sinicových toxinů je věnována v 90. letech a v prvním desetiletí 21. století pozornost. Výzkum se provádí na všech obydlených kontinentech a je zaměřen jak na sinice a na vodní nádrže s masovým rozvojem vodního květu, které se vyskytují na celé Zemi, tak především na toxiny, legislativu, zdravotní orgány a zdravotní opatření v jednotlivých zemích.

Microcystin-LR (MCLR) je účinný inhibitor proteinové fosfatázy, který způsobuje změny cytoskeletálních vláken a morfologické změny, které jsou významné při apoptoze krysích jaterních buněk. Je také zaznamenáno několik úmrtí a onemocnění lidí způsobených tímto

toxinem (Batista et al., 2003). Autoři hodnotili toxicitu MCLR na základní lidské jaterní buňky. Aktinové sítě v centru buněk byly kolabované. Buňky dělaly puchýře, rozpadaly se a oddělovaly se od ostatních buněk. Jádra napadených buněk se zahušťovaly. Účinek MCLR na morfologii základních lidských jaterních buněk závisí na dávce MCLR a době vystavení tomuto toxinu. Odhadnutá  $EC_{50}$  pro lidské jaterní buňky po 6 hodinách inkubace přibližně 25 nM MCLR (Batista et al., 2003).

Microcystin je jeden z faktorů, který způsobuje úmrtí ryb v době výskytu vodního květu (Ibelings et al., 2005).

V letech 1993 – 2005 se prováděla analýza množství microcystinu na mnoha lokalitách v ČR, která přinesla první výsledky dlouhodobého sledování toxických sinic v ČR. Hlavní závěry vyplývající z výsledků jsou:

1. nejasná tendence vzestupu a poklesu v koncentracích microcystinů
2. koncentrace microcystinů v biomase (až k  $7 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  absolutní hmotnosti) je mezi největšími celosvětovými záznamy
3. nejsou stálé sezonní trendy, které by dovolovaly předpovědět období (měsíce) s maximálním píkem koncentrací
4. *M. aeruginosa* je hlavní druh sinice, který produkuje microcystiny v nádržích ČR

Souvislost mezi dominancí fytoplanktonu a rozpuštěnými microcystiny: Pro vzorky s microcystiny s hodnotou větší než  $1 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$  je *M. aeruginosa* hlavní dominantní skupinou, za níž následují další druhy *Microcystis*, jež jsou jen v menšinovém výskytu sinic (Maršálek, 2006).

V letech 2005 až 2008 se ve Francii prováděl průzkum vodní nádrže využívané k rekreačním účelům (Champs-sur Marne, Paris suburb) na dvou lokalitách. Zaznamenávala se koncentrace chlorofylu-a, výskyt toxických sinic, cyanotoxického microcystinu, anatoxinu-a a saxitoxinu. Potenciálně toxické druhy *Aphanizomenon*, *Planktothrix* a *Microcystis* se pozorovaly během monitorovací sezony, sinice byly v nádrži dominantní (více než 30% fytoplanktonu).

Dominance jednotlivých druhů sinic v nádrži se během let měnila. Pokud byla dominantním druhem *Microcystis*, v nádrži převládal microcystin-LR. V období, kdy dominantní cyanobacterií byl *Aphanizomenon*, microcystin nahradil v nádrži saxitoxin. Bylo zjištěno, že z cyanobacterií přítomných v nádrži saxitoxin nejpravděpodobněji produkuje *Aphanizomenon gracile* (Ledreux et al., 2010).

Autoři Preußel et al. (2006) izolovali významné množství hepatotoxinu cylindrospermopsinu (2,3 – 6,6 mg.g<sup>-1</sup> suché buněčné váhy) ze sinice *Aphanizomenon flos-aquae*.

Rizika ze sinic mohou být tyto:

- riziko vážné akutní otravy na lokalitách s masivním vodním květem toxických sinic. Rekreační lidé by se měli vyvarovat koupání s možným požitím vody nebo vdechováním aerosolu
- zdravotní dopady chronické expozice microcystinům z koupacích vod lze těžko předvídat na základě existujících dat. Vzhledem k bezpečnostním faktorům využitým při konstrukci limitů a omezené době koupání během roku nebudou velké
- u citlivých jedinců lze očekávat lehčí zdravotní problémy i v případech s velmi nízkým výskytem sinic. Tito lidé by se zřejmě měli vyvarovat preventivně kontaktu s přírodními koupacími vodami (Pummann, 2008)



## 2.3. Mikrobiologické indikátory

Patogenní mikroorganismy vyvolávající onemocnění se z řady důvodů nestanovují přímo, protože se ve vodním prostředí vyskytují nárazově. Jsou vylučovány pouze infikovanými jedinci, jejich detekce bývá složitá a řada z nich neroste na běžných kultivačních médiích. Ke kontrole zdravotní nezávadnosti se užívá indikátorů jakosti vod, z nichž nejvýznamnější jsou indikátory fekálního znečištění. Ty jsou v současné době reprezentované především stanovením druhu *Escherichia coli* a intestinálních enterokoků, jejichž nepřítomnost ve vodním prostředí by měla zaručit, že voda nebyla fekálně znečištěna (Kalinová, 2009).

### *Escherichia coli*

Gramnegativní fakultativně anaerobní tyčinka *E. coli* (typový druh rodu *Escherichia* z čeledi Enterobacteriaceae) žije jako komensál v tlustém střevu člověka a teplokrevných živočichů a slouží jako indikátor fekálního znečištění prostředí. Může však být příčinou řady onemocnění. Nejenže všechny kmeny *E. coli* mohou způsobovat sekundární infekce vyvolávající průjemy, infekce močového ústrojí a nozokomiální nákazy včetně septikémie a meningitidy, ale některé kmeny jsou i primárními patogeny. Je známa řada sérotypů verocytotoxigenních kmenů *E. coli*, nejrozšířenějším celosvětovým patogenem z této skupiny je sérotyp *E. coli* O157:H7. Jejím rezervoárem je především střevní trakt dobytka. (Kalinová, 2009)

*E. coli* O157: Tento patogen pochází primárně z chovu dobytka. Má nízké infekční dávky, které jsou příčinou prudkých průjmů a mohou být spojovány se syndromy hemolytické urémie. Onemocnění má významnou nemocnost a úmrtnost. Přenos *E. coli* O157 rekreační vodou byl zdokumentován v roce 1997. V povodí s výskytem dobytčích výkalů je možné riziko přenosu na člověka (WHO, 2003).

*E. coli* se ve vodním prostředí nerozmnožuje. (Kalinová, 2009)

### **Intestinální enterokoky**

Intestinální enterokoky jsou grampozitivní koky většinou uspořádané do řetízků s antigenovou skupinou D a negativní katalázou. Mají schopnost množit se v rozmezí teploty 10 – 45 °C. Podle současného taxonomického systému patří do rodů *Enterococcus* s celkem 16 druhů a *Sterptococcus*. Současně platné metody stanovují především druhy *Enterococcus faecalis*, *E. faecium*, *E. durans* a *E. hirae*, které se často vyskytují ve fekáliích lidí a teplokrevných živočichů. Kromě toho, že intestinální enterokoky indikují fekální znečištění, některé druhy patří mezi tzv. potenciální patogeny a jsou známy svojí rezistencí na antibiotika. Nejčastěji způsobují onemocnění močového systému, méně často bakteriémie, byly popsány i případy endokarditidy. Intestinální enterokoky jsou citlivější vůči vnějším vlivům než skupina koliformních bakterií a ve vodě se zřídka pomnožují. Mohou tedy být považovány za ukazatele čerstvého fekálního znečištění. Poměr počtu fekálních koliformních bakterií a enterokoků může ukazovat na původ fekálního znečištění (z humánních a nehumánních, resp. ostatních zdrojů). (Kalinová, 2009).

Z hlediska krátkodobého znečištění mohou kvalitu koupací vody z mikrobiologického hlediska ovlivňovat sezonní aktivity vlivů v okolí koupacího místa (hnízdění vodních ptáků, provozování pastvin) a hodnoty mikrobiologických ukazatelů mohou být vyšší než v dlouhodobém normálu. Stejně tak je třeba přihlídnout k meteorologickým vlivům. Vhodné je věnovat pozornost režimu manipulace s vodní hladinou (hydraulika nádrže, obnažení sedimentů, apod.).

Přehled zdrojů fekálního znečištění v okolí koupacího místa by měl upřesnit celkové vyhodnocení rizika znečištění vody ke koupání. Zvlášť by se měla provádět analýza samotné vody ke koupání a zvlášť jejího souvisejícího okolí.

Zdrojem znečištění vody ke koupání mohou být sami koupající se. (Kalinová, 2009)  
Výskyt enterokoků ve vodě je úzce propojen s jejich výskytem v půdě, na rostlinách i v živočiších. Indikátorem znečištění je druh *E. faecalis*, který se do vody dostává např. při fertilizaci půdy hnojivy přírodního původu nebo přímou kontaminací feces člověka nebo živočichů (Wheeler et al., 2002).

## 1.4. Cíle práce

Na základě stanovení koncentrace chlorofylu-a a množství fekálních indikátorů – *E. coli* a enterokoků z různých odběrových míst (konkrétně na třech lokalitách – Hostivařské přehradě, rybníku Šeberáku a Vyžlovském rybníku) nádrže zjišťuji, v jaké koncentraci (množství) se tyto indikátory jakosti vody vyskytují v různých částech nádrže. Zjišťuji tedy variability koncentrace chlorofylu-a a variability počtu buněk dominantních organismů fytoplanktonu se zaměřením na hygienicky významné organismy (sinice) a variability množství *E. coli* a enterokoků na jednotlivých místech a srovnám jakost vody na molu – odběrové místo, kde na koupališti provádí stanovení jakosti vody provozovatel s jakostí vody na ostatních odběrových místech. Snažím se vysvětlit, jaké vlivy mohou na případnou rozdílnou jakost vody na různých odběrových místech mít vliv.

## **2. METODIKA**

### **2.1. Charakteristika vybraných vodních nádrží**

Vzorkování vody se provádělo na třech lokalitách, koupalištích ve volné přírodě: přehradní nádrži Hostivař, rybníku Šeberáku a Vyžlovském rybníku. Na Hostivaři a Šeberáku Oddělení hygieny vody SZÚ sleduje před začátkem koupací sezony a v koupací sezoně jakost vody pravidelně. Na Vyžlovce se voda odebírá jednou nebo dvakrát v koupací sezoně. Odběrová místa SZÚ jsou volena dle potřeb a účelu monitoringu, vždy je odběrovým místem molo. Provozovatelům těchto tří koupališť zajišťují pravidelné sledování jakosti vody akreditované laboratoře (v souladu s legislativou) a standardními odběrovými místy jsou mola koupališť.

#### **Odběrová místa:**

Byla volena podle návštěvnosti (přítomnosti, případně hustoty koupajících se, mola na koupalištích), topografie lokality (výběžky břehů, zátoky, přítok, hráz), přírodního charakteru lokality (koupaliště s loukou, les, lesní cesta, louka mimo koupaliště). Byla vybrána podle dostupnosti terénu tak, aby bylo možné zhodnotit celé pobřeží nádrží. Jde o malé mělké vodní nádrže, eutrofní.

#### **Přehradní nádrž Hostivař**

Nádrž je umístěna v udržovaném přírodním prostředí vyhledávaném pro sport a odpočinek, v chráněném údolí obklopeném lesoparkem. Přehrada byla postavena v letech 1961 – 1963 z důvodu ochrany před záplavami a regulace vody, napuštěna byla v roce 1964. V areálu

koupaliště, jehož provozovatelem je firma HOSTIK s.r.o., se nachází hlavní pláž a ve vzdálenosti cca 800 m směrem k Petrovicím nudistická pláž. Pláže propojuje silnice, která vede od hlavního vchodu z Hostivaře ke vchodu z Petrovic. U hlavní pláže je postaveno sociální zařízení, převlékárny, stánky s občerstvením a restaurace. Koupaliště je vybaveno beach volejbalovými kurty, kurty na tenis, nohejbal a streetball, dětským hřištěm, toboganem a půjčovnou loděk (Internet 10). Pláže mají vyhrazený prostor kolem 350 x 20 m. Dno je bahnité, místy písčité (Internet 5). Provozovatel uvádí maximální návštěvnost koupaliště 3000 osob, ačkoli koupaliště by dovolovalo vyšší hustotu rekreatantů (Pumann, 2010).

Výměra vodní plochy se uvádí 43,8 ha, maximální hloubka u hráze činí 13 m. Nádrž leží ve výšce 250 m n. m. Průměrný průtok  $Q_a=0,350 \text{ m}^3/\text{s}$ , průměrná teoretická doba zdržení vody při  $Q_a$  a průměrné hloubce odhadem 4,0 m je cca 58 dní. Nádrž přijímá dešťové splachy z urbanizovaného území, ale krátkodobé znečištění v oblasti pláže koupaliště ani nudistické pláže nebylo prokázáno (Internet 8). V roce 2010 byla nádrž vypuštěna a v současné době probíhá její odbahnění. Koupaliště bude opět otevřeno v létě 2012 (Internet 10).

Povodí Vltavy, s.p. v hodnocení kvality vody nádrže Hostivař uvádí tyto údaje: Nádrž je silně eutrofní, dominantním zdrojem fosforu jsou zdroje bodové, především několik ČOV v povodí. Rizikovost přísunu fosforu je v tomto případě extrémní podobně jako z difúzního zdroje osídlení v povodí Botiče. K vysokému riziku přísunu fosforu z difúzního zdroje patří erozní ohrožení na pravém břehu Pitkovického potoka, sedimenty v nádrži a rybí obsádka s vysokým zastoupením planktonofágů. Sedimenty jsou ale pouze produkt přísunu látek přítoky. Vytěženo bylo asi 200 tis.  $\text{m}^3$  sedimentů. Rozhodující příčinou eutrofního charakteru nádrže je přísun P Botičem. (V Praze Křeslicích byla na Botiči v letech 2008 – 2010 průměrná roční koncentrace P v rozmezí  $0,288 - 0,330 \text{ mg.l}^{-1}$ , až 60% tvořil fosforečnanový fosfor.) Mikrobiální znečištění z bodových zdrojů má vysokou rizikovost, z difúzních zdrojů je riziko nízké. Na koupališti Hostivař má voda z hlediska mikrobiálního znečištění jakost

vyhovující. Koncentrace obsahu fosforu v nádrži Hostivař kolísají dle vlivu polohy odběrové lokality v rozmezí  $0,05 - 0,25 \text{ mg.l}^{-1}$ , jim odpovídají koncentrace chlorofylu-a typické  $50 - 100 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$  s maximy  $150 - 350 \text{ mg.l}^{-1}$ . Počty sinicových buněk se pohybují v rozmezí  $10^4 - 10^5$ , z pohledu koupání jsou vysoké. Hodnota pH běžně překračuje 9,0, průhlednost dosahuje  $0,4 - 0,8 \text{ m}$ . V rozvoji fytoplanktonu toxikologicky rizikové sinice hrají důležitou roli, vytváří vodní květy. Hodnocení hygienickou službou využívá stupeň 4 (voda nevhodná ke koupání), výjimečně stupeň 5 (zákaz koupání, rok 2007) (Internet 8).

Na nádrži Hostivař jsem prováděla odběry na těchto místech: 1) nuda pláž – nachází se v zátocce, má travnatou pláž. 2) koupaliště, molo 1 – odběry se prováděly z mola na koupališti, pláž je na tomto místě písčítá. 3) hráz – betonová konstrukce (umožňovala vstup do vody velmi těžce). 4) naproti koupališti – nachází se na zalesněné straně nádrže přímo naproti koupališti. Od chodníku k nádrži je terén svažité s listnatými stromy, u břehů můžeme najít kosatce. Po chodníku podél koupaliště jdeme naučnou stezkou. Podél břehů na této straně je několik míst, která lidé navštěvují z důvodu rekreace – slunění, koupání, ale také rybaření. Jsou zde ohniště. 5) výběžek – travnaté místo se nachází na výběžku reliéfu, od chodníku je snadno přístupné. 6) naproti nuda pláži – několikametrový pruh navštěvovaný koupajícími se rekreanty, pod svahem velmi úzký. 7) molo u přítoku – čtvercová kovová ohrazená plošina se nachází několik metrů od přítoku nádrže, Botič napájí nádrž od Petrovic.

Obrázek 1: Mapa přehradní nádrže Hostivař s vyznačenými odběrovými místy



Zdroj: Internet (9), úprava

## Rybník Šeberák

Šeberák obklopují travnaté plochy, vstup do vody je pozvolný (Internet 5). Na jižní straně se nachází koupaliště, na východní straně je podél rybníka úzký pruh louky využívaný jako nudistická pláž.

Provozovatelem koupaliště je firma POHODA TEAM a.s. Kapacita areálu je 1 tisíc osob (Internet 11). K vybavení koupaliště patří WC, venkovní sprcha, oddělené převlékárny, restaurace i různá sportoviště.

Šeberák leží na 9,5 – 10,5 říčním kilometru Kunratického potoka, je průtočnou zemní sypanou nádrží napájený dvěma přítoky: potoky na severní části východní strany - Kunratický a na jižní části východní strany, přítoky nad Šeberákem protékají několika rybníky. Z hráze odtéká Kunratický potok do Hornomlýnského a Dolnomlýnského rybníka, teče pod Thomayerovou nemocnicí a ústí do Vltavy. Povodí není velké, vodou se musí šetřit. Správcem rybníka jsou Lesy hlavního města Prahy, které jsou podřízeny Magistrátu, odboru ŽP. Správcem vodního toku je Povodí Vltavy.

Šeberák je krajinnotvorný prvek, akumuluje vodu a reguluje odtok po dešti. Vodou se zavlažuje růžový sad a pole jahod. K dalším funkcím patří napouštění rybníků, retence povodňových průtoků, požární záloha, koupání a rekreace.

Normální hladina akumulované vody je 279,60 m n. m., celkový objem akumulované vody je 169,8 tisíc m<sup>3</sup>, délka vzduť při maximální hladině je 600 metrů. Plocha povodí rybníka je 15,73 km<sup>2</sup>. Minimální zůstatkový průtok pod hrází je 0,012 m<sup>3</sup>/s (Doležal, 2011). Šeberák má rozlohu 7,5 ha, hloubka u hráze činí 6 m, průměrný průtok  $Q_a=0,051$  m<sup>3</sup>/s. Průměrná teoretická doba zdržení vody v rybníce při zvažované průměrné hloubce 2,0 m je cca 34 dní (Internet 8). Rybník by se tedy mohl z uvedených charakteristik považovat za stojatou vodu. Povodí Vltavy, s.p. v hodnocení kvality vody uvádí následující údaje: Rybník je vysoce eutrofní, koncentrace P se pohybuje v desetinách mg.l<sup>-1</sup>, sinice i jiný fytoplankton se rozvíjí

masově. Především v srpnu se hromadně vyskytují toxikologicky rizikové druhy, pravidelné jsou silné květy sinic. Běžné letní hodnoty chlorofylu-a byly několikanásobně vyšší než  $50 \mu\text{g.l}^{-1}$ , výjimkou byl rok 2010, kdy přes obvyklé koncentrace P klesla biomasa fytoplanktonu na hodnoty kolem  $10 \mu\text{g.l}^{-1}$ , sinice (*Aphanizomenon*) se objevily koncem léta ve zlomku obvyklé biomasy. Rizikovost přísunu fosforu ČOV je nízká (koncentrace P v odpadní vodě jsou  $0,2 \text{ mg.l}^{-1}$  a celkové emise P cca 4 kg/rok), z difúzních zdrojů – sídel v povodí – extrémní, z rybníků v povodí vysoká – zejména Olšanský rybník, který slouží zvláště za dešťů jako významný zdroj P a zdroj inokula sinic, rybí obsádka a sedimenty mají rizikovost přísunu P extrémní. Mikrobiální znečištění mělo jakost vyhovující. Hodnocení hygienickou službou bylo mírné, obvykle stupněm 3 (zhoršená jakost vody), výjimečně stupněm 4 (voda ke koupání nevhodná, 2x v r. 2008). V roce 2010 byl rybník zimován a poté nenasazen, uplatnila se ponořená vegetace, zelené vláknité řasy a filtrační aktivita zooplanktonu (perloočky). Jakost vody byla proto v r. 2010 lepší (Internet 8).

Na Šeberáku jsem prováděla odběry na těchto místech: 1) hráz – na západní straně nádrže je hráz – odtok a 15 metrů od odtoku vede z úzké silničky vybetonovaná plošina do vody rybníka. Odběr se prováděl z této plošiny z hloubky 1 metru. U břehu rostou listnaté stromy. Silnička vede podél severní strany rybníka mezi domky, pod nimiž je krátký strmý sráz s keři. U břehů na této straně Šeberáku se odběr prováděl pouze jednou – naproti koupališti, terén je těžko dostupný, lidé se ale zde koupou. 2) koupaliště molo – molo ve tvaru čtverce se nachází nad hladinou rybníka do vzdálenosti od břehu asi 2 metrů. Břehy tvoří loučka s listnatými stromy. Za areálem koupaliště leží obhospodařovaná květinová zahrada, za zahradou pak vede silnice. 3) Nuda jih výběžek se nachází na východní straně rybníka, jižní část. Břeh vybíhá do rybníka, je obrostlý rákosem a makrofyty, pláž tvoří loučka, za kterou leží pole. Směrem k severu se loučka zužuje, u břehů s makrofyty roste několik nízkých listnatých stromů, ve střední části naproti hrázi se nachází odběrové místo 4) nuda střed a v zátocce asi 100 metrů od přítoku odběrové místo 5) nuda sever.



Obrázek 2: Mapa rybníka Šeberáku s vyznačenými odběrovými místy



Zdroj: Internet (9), úprava

### **Vyžlovský rybník**

Koupaliště je orientováno na jih, má travnatou pláž, v areálu je od roku 2009 beach volejbalové hřiště. Koupaliště má sprchu a převlékárny, provozovatelem je obec Vyžlovka. Na severní straně se nachází Národní přírodní rezervace Voděradské bučiny (Internet 7). Nádrž leží ve výšce 403 m n. m., plocha rybníka je 20 ha. Hloubka u hráze činí 4,5 m, při průměrné hloubce 1,5 a 2,0 m je průměrná doba zdržení vody v nádrži 61 a 81 dní.  $Q_a=0,057 \text{ m}^3/\text{s}$ , specifický odtok  $q_a=4,35 \text{ l/s.km}^2$ . Břeh a dno koupaliště jsou písčité (Internet 8).

Povodí Vltavy, s. p. udává následující kvalitu vody Vyžlovského rybníka: nádrž je silně eutrofní s proměnlivými hodnotami P, převažují hodnoty nad  $0,2 \text{ mg.l}^{-1}$ . Sinice jsou pravidelnou součástí, ale nikoli dominantní složkou fytoplanktonu, konkurují rychle rostoucí zelené řasy. V r. 2008 sinice překročily limitní hodnotu, hodnocení hygienickou službou bylo stupeň 5 – zákaz koupání, v ostatních letech měla kvalita vody hodnocení stupněm 1 – 2

(max. mírně zhoršené vlastnosti), ačkoli koncentrace chlorofylu-a byly 49 – 196  $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ .

Hodnota pH 9,0 byla překročena v roce 2008, průhlednost vody se pohybuje kolem 0,5 m.

Rizikovitost přísunu fosforu z ČOV Louňovice je vysoká, z ČOV Vyžlovka extrémní. Sídla v povodí Vyžlovky, zemědělské objekty v lokalitě Tehovec mají rizikovitost extrémní, rybníky v povodí Vyžlovky vysokou. Rybářsky obhospodařované rybníky Požár, Louňovický a Pařez (bez hnojení a vápnění, s příkrmováním) jsou emisemi fosforu, ale mají schopnost retence P. Rizikovitost rybí obsádky rybníka Vyžlovky je také vysoká. Z hlediska mikrobiálního znečištění má voda v nádrži nevyhovující jakost (Internet 8).

Na koupališti jsem odebírala vodu z míst: 1) koupaliště levý plot, 2) výtok z trubky, 3) koupaliště molo a 4) koupaliště pravý plot. Pláž koupaliště má z obou stran plot z kovového pletiva, který vchází do vody a končí asi 4 metry od břehů. Trubkou mezi levým plotem a molem těsně u břehu ústí drenážní sběr vody, který potrubím prochází pravděpodobně pod pláží k zahradám domů a silniče, odkud je voda nad koupalištěm sbírána. U levého a pravého plotu, mola a z trubky byly odebírány vzorky pro mikrobiologická stanovení, pro stanovení chlorofylu-a byl odebírán vzorek u mola.

Vyžlovský rybník je součástí kaskády rybníků napájených Jevanským potokem.

Nad Vyžlovským rybníkem leží mezi obcemi Louňovice a Vyžlovka rybník Pařez obklopený polem a lesem. Z hráze Pařezu vytéká potůček, který ústí po sto padesáti metrech do Vyžlovského rybníka. Potůček protéká lesními mokřinami. Podél hráze Pařezu vede zpevněná lesní cesta na úzkou silnici procházející lesem NPR Voděradských bučin obklopujících východní a jižní břehy Vyžlovského rybníka, kterou je možné projít až k jeho hrázi. Z této strany má rybník ještě dva přítoky – rony z lesa, které se po dešti rozlévají lesem a tvoří mokřiny. Odběrové místo 5) přítok les před školkami má břehy u lesa, nad vodou jsou větve listnatých stromů, dno je bahnité. Vzorky se v srpnu 2009 a v koupací sezoně 2010 z tohoto místa neodebíraly, protože u břehů byly skleněné střepy. K odběrovému místu

6) mezi školkami vede lesní stezka, na břehu tvoří malé prostranství a chodí se k němu koupat lidé. Odběrové místo 7) naproti koupališti od silničky vzdáleno asi 4m, terén se ke břehu prudce svažuje a na břehu tvoří malé prostranství. Na tomto místě se lidé také koupou. Po silničce chodí koně, jejich trus na cestě zůstává. Odběrové místo 8) 50m od hráze bylo využito k jednomu odběru, leží blízko silničky, břeh u lesa je členitý, zatravněný, tvoří večerní a pravděpodobně také noční útočiště pro kachny s mláďaty. Odběrové místo 9) je jižní část hráze rybníka, odtok. Byla zde provedena úprava dna vybetonováním s betonovými výčnělky, pravděpodobně také proto, aby se zabránilo mytí aut, odběry se proto na tomto místě v roce 2010 neprováděly. Od severní části hráze ke koupališti není ke břehům Vyžlovského rybníka přístup. Z této části je rybník napájen strouhou z malého rybníka Nohavičky, který leží na zamokřené louce a je napájen rony nad Vyžlovkou. Zasahují k němu také soukromé pozemky, ke kterým vedou přístupové cesty z komunikací Vyžlovky. Na Vyžlovském rybníku žijí vodní ptáci, trvale je zde několik kachen divokých, které se ale převážně zdržují a pravděpodobně hnízdí na rybníku Pařez.

Obrázek 3: Mapa Vyžlovského rybníka s vyznačenými odběrovými místy



Zdroj: Internet (9), úprava

## 2.2. Odběry vzorků vody

Odběry vzorků vody byly prováděny v souladu s vyhláškou č. 238/2011 Sb. (Anonym, 2011), respektive s vyhláškou č. 135/2004 Sb. (Anonym, 2004). Odběr byl prováděn z mola koupaliště (Hostivař, Šeberák) a po vstupu do vody v plavkách nebo prsačkách do hloubky 1m. Odběry byly prováděny v koupací sezoně v letech 2008 – 2010 na Šeberáku a Vyžlovce, v roce 2008 a 2009 na přehradní nádrži Hostivař (v roce 2010 byla vypuštěna).

Vzorkovnicemi pro mikrobiologický rozbor vody byly sterilní skleněné nádoby se zábrusným uzávěrem, pro stanovení chlorofylu-a a mikroskopického obrazu sinic (řas) byly použity vypláchnuté 1,5 litrové PET lahve od balených vod bez příchutě. Do mapy s odběrovými místy byla zaznamenána přítomnost koupajících se, směr větru, počasí, doba odběru.

Odběry byly prováděny v pořadí odběr pro mikrobiologická stanovení a dále odběr pro stanovení chlorofylu-a.

### **Odběr vzorků pro mikrobiologický rozbor:**

Po vstupu do vody (a z mola) byla vzorkovnice otevřena, ponořena hrdlem dolů do hloubky 30 cm, kde byla otočena a naplněna vodou. Část vody byla hned odlita, aby ve vzorkovnici zbyla vzduchová bublina k protřepání (Anonym, 2007). Uzavřená vzorkovnice přikrytá alobalem byla dopravována do laboratoře SZÚ v chladičí brašně s chladičími vložkami.

## **Odběr vzorků pro stanovení chlorofylu-a, sinic a mikroskopického obrazu:**

Byl odebrán směsný vzorek vody trubkovým odběrákem s plastovou lahvičkou s odstraněným dnem uzavírající horní konec trubky z nádrže v místech, kde byla hloubka 1m (a mola).

Vzorek byl odebrán z horizontu 0 – 30 cm. Před vytažením odběráku nad hladinu byl palcem uzavřen horní konec a dlaní druhé ruky dno odběráku. Voda byla vypuštěna do vzorkovnice a stejným způsobem byly odebrány dílčí vzorky z okruhu 3 – 4 m (Anonym, 2007).

Vzorkovnice byly naplněny do 4/5 objemu a do laboratoře SZÚ dopraveny v batohu.

Odběry se prováděly v dopoledních a brzkých popoledních hodinách, (10.30 – 13.30).

Odebrané vzorky vody se dopravily do SZÚ do dvou hodin po posledním odběru.

## **2.3. Stanovení mikrobiologických ukazatelů**

### **Stanovení *Escherichia coli* a koliformních bakterií:**

*E. coli* byla testována pomocí metody Colilert-18 společnosti IDEXX, vzorky vody se zpracovávaly ihned po jejich dopravení do laboratoře (do 5 hodin od odběru). Každá vzorkovnice byla nejprve důkladně promíchána otáčením hrdlem a dnem vzhůru. Do odměrné 100 ml lahvičky z testovací sady bylo odlito 100 ml vzorku a přidáno činidlo. Obsah lahvičky byl promíchán a činidlo ve vzorku úplně rozpuštěno. Po čtvrt hodině byl vzorek s činidlem nalit do plata Quanti-Tray®/2000 (počet bakterií 1-2.419) a v zatavovačce zataven. Plato bylo vloženo do inkubátoru vyhřátého na 37 °C. Po 18 hodinách byl zjištěn počet žlutě zbarvených velkých i malých komůrek plata pro stanovení celkového počtu koliformních bakterií a pod UV lampou se světlem 365 nm byly odečteny žluté/fluoreskující komůrky

pro stanovení *E. coli* (Internet 4). Potom byl z normalizovaných tabulek (Internet 6) odečten tzv. nejpravděpodobnější počet (MPN) koliformních bakterií a *E. coli* ve 100 ml vzorku.

### **Stanovení počtu intestinálních enterokoků:**

Intestinální enterokoky byly stanovovány metodou membránových filtrů podle ČSN EN ISO 7899-2 (Anonym, 2001). Vzorky vody byly zpracovány do 5 hodin po odběru. Obsah vzorkovnice byl důkladně promíchán obracením dnem a hrdlem vzhůru. K filtraci byla použita laboratorní vývěva s filtračním nástavcem, do nějž byl upevněn membránový filtr s velikostí pórů 0,45  $\mu\text{m}$ . Pro odměření 10 ml vzorku byla používána skleněná pipeta, pro odměření 100 ml vzorku odměrný válec. Filtr byl přenesen na označenou Petriho misku se Slanetz-Bartley médiem výrobce MERCK (případně OXOID) a inkubován 48 hodin v inkubátoru vytemperovaného na  $36\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Pro confirmaci presumtivních kolonií byl filtr s narostlými koloniemi přenesen na žluč-eskulin-azidový agar předeřátý na  $44\text{ }^{\circ}\text{C}$  a po 2 hodinách inkubace byly odečteny kolonie, které vytvořily v médiu tmavě zbarvený kruh.

## **2.4. Stanovení chlorofylu-a a ukazatelů fytoplanktonu**

### **Stanovení chlorofylu-a:**

Laboratorní stanovení chlorofylu-a bylo prováděno podle ČSN ISO 10260 (Anonym, 1996). Jedná se o metodu, při které je filtrován vzorek, filtrát extrahován etanolem ve vodní lázni za teploty  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$  a spektrofotometricky změřen při vlnové délce 665 a 750 nm vždy

před a po okyselení extraktu kyselinou chlorovodíkovou. Obsah každé PET lahve byl homogenizován důkladným promícháváním - obracením hrdlem a dnem vzhůru. K filtraci byla použita laboratorní vývěva Millipore s filtračním nástavcem a filtrem Whatman GF/B o průměru 47 mm a velikosti pórů 1 $\mu$ m. Byl přefiltrován vzorek o objemu 250 ml (podle přítomnosti vodního květu 200 ml nebo 150 ml). Filtr z filtrační aparatury byl vyjmut pinzetou tak, aby strana se zachyceným materiálem zůstala nedotčená, přehnut napůl a nůžkami rozstříhán na tenké proužky. Rozstříhané proužky byly vloženy do připravené centrifugační zkumavky s 90% ethanolem, která byla silně protřepána a umístěna do temna, aby se chlorofyl-a v 90% ethanolu nerozkládal. Filtrát byl extrahován ve vodní lázni EL-20 R vyhřáté na 75°C ( $\pm$  1°C) po dobu 5 minut. Teplota v lázni byla měřena digitálním teploměrem.

Extrakt byl odstředěn v laboratorní odstředivce HETTICH ROTINA 46-R při 4000 otáčkách/min po dobu 10 minut, chlazení na 20°C, rotor se nebrzdil. Odstředěný čirý extrakt byl měřen na spektrofotometru Helios  $\alpha$  – UV – VIS oproti referenční kyvetě s pracovním roztokem ethanolu při vlnové délce 665nm a 750 nm s použitím kyvet s optickou dráhou 4 cm. Absorbance neokyseleného roztoku by se měla pohybovat mezi 0,01 a 0,8. Pokud je vyšší, extrakt se naředí. Vzorky přímo v kyvetě byly následně okyseleny 10  $\mu$ l 3M kyseliny chlorovodíkové a po 5 – 30 minutách opět měřeny. Objem přefiltrovaného vzorku, teplota ve vodní lázni a výsledky byly zaznamenány do pracovního protokolu.

Výpočet: v MS Excel, výsledky se udávají v  $\mu$ g/l s přesností na jedno desetinné místo.

Koncentrace chlorofylu-a ( $P_c$ ) v  $\mu\text{g/l}$ :

$$P_c = \frac{A - A_a}{K_c} \times \frac{R}{R - 1} \times \frac{1000 \times V_e}{V_s \times d}$$

kde je:  $A = A_{665} - A_{750}$  absorbance extraktu před okyselením

$A_a = A_{665} - A_{750}$  absorbance extraktu po okyselení

$K_c = 82 \text{ l}/\mu\text{g}\cdot\text{cm}$ ; pracovní spektrální absorpční koeficient chlorofylu-a

$R = 1,7$ ; poměr  $A/A_0$  pro roztok čistého chlorofylu, který je převeden na feofytin okyselením

$V_e$  = objem extraktu v mililitrech

$V_s$  = objem filtrovaného vzorku v litrech

$d$  = optická dráha kyvety

Kvalita byla kontrolována provedením paralelních měření, stanovení nesmí překročit variační koeficient 20%. V každém odběrovém dni byl takto kontrolován minimálně jeden vzorek.



### **Stanovení sinic:**

Stanovení sinic bylo provedeno podle ČSN 75 7717 (Anonym, 2008), stanovení přítomných řas pak podle ČSN 75 7712 (Anonym, 2005). Určování i počítání bylo provedeno na fixovaných vzorcích. Vzorek vody byl v den odběru v PET lahvi důkladně promíchán a 80-100 ml fixováno 5-8 kapkami Lugolovým roztokem dle Utermöhl. Takto fixovaný vzorek vody se může používat ke kvalitativnímu a kvantitativnímu stanovení sinic a řas po dobu 2 let. Fixované vzorky byly uchovány v temnu v laboratoři.

### **Kvalitativní a kvantitativní určení fytoplanktonu:**

Sinice a řasy přítomné ve vzorku byly určovány pod mikroskopem NIKON E400 v Cyrus I komůrce. Stanovení organismů v komůrce bylo prováděno s objektivem zvětšujícím 20x. Vzorky dostatečně oživené se počítaly nezahuštěné. Vzorky s nízkou hodnotou koncentrace chlorofylu-a se počítaly zahuštěné odstředěním.

Pokud vzorek obsahoval kolonie *Microcystis* sp., byla provedena pro kvantitativní stanovení sinice dezintegrace vzorku tímto způsobem: 5 ml vzorku bylo dezintegrováno v 50 ml kónické zkumavce umístěné ve stojánku. Vzorek se 15x nasál skleněnou stříkačkou s jehlou s upraveným tupým hrotem, vstříkování vzorku do zkumavky se provedlo jehlou vtlačenou do dna zkumavky překonáním tlaku. Vzorek byl prohlédnut pod mikroskopem, zda byly buňky sinic z kolonií uvolněny.

### **Kvalitativní stanovení fytoplanktonu ve vzorku:**

Prohlédnuta byla celá komůrka, při určování organismů se používala determinační literatura sinic a řas (Sládeček, 1996). Do protokolu se zaznamenávaly dominantní taxony, případně všechny taxony, které byly ve vzorku přítomny.

### **Kvantitativní stanovení dominantních fytoplanktonních organismů ve vzorku:**

Stanovení bylo provedeno u dominantních taxonů, které tvoří biomasu fytoplanktonu nebo u dvou nebo tří taxonů, které byly ve vzorku v převaze.

- *Microcystis*: pod mikroskopem se jeví jako kokální světle zelené útvary, které v porovnání se zástupci kokálních řas nemají ostře ohraničené okraje. Počítáno bylo 350 - 400 buněk a byly odečteny pásy, ve kterých se buňky nalézaly.

- *Anabaena*: stanoval se počet buněk v každém vláknu, prohlédnuta byla celá komůrka.

- *Planktothrix*, *Aphanizomenon* a další taxony vláknitých sinic s nezřetelnými nebo málo zřetelnými přepážkami mezi buňkami - stanovena byla délka vláken okulárovým mikrometrem alespoň u 40 jedinců. Podle ČSN 75 7717 (Anonym, 2008) je u tohoto typu sinic za jednu buňku považován úsek vlákna o délce 5  $\mu\text{m}$ .

- *Closterium*, *Scenedesmus*, *Cryptomonas* (a další eukaryotní fytoplankton): sečtení byli jedinci v celé komůrce.

Výpočet abundance  $h$  buněk sinic (případně jedinců fytoplanktonu) pro jednotlivé taxony byl proveden v Excelu podle následujícího vzorce:

$$h = \frac{n \times P_k \times 100}{P_p \times V_k}$$

kde je:  $n$  počet buněk na propočítané ploše komůrky

$P_p$  propočítaná plocha komůrky vyjádřená v  $\text{mm}^2$ , počtem polí, pásů, apod.

$P_k$  celková plocha komůrky uvedená ve stejných jednotkách jako  $P_p$

$V_k$  objem komůrky v ml

Výsledkem kvantitativního stanovení je součet abundancí všech taxonů sinic nebo jiného dominantního taxonu a sinic v 1 ml původního vzorku.

Kontrola kvality výsledků byla provedena paralelním stanovením vybraných vzorků.

### **Opakovatelnost měření**

Stanovení chlorofylu-a a mikroskopické stanovení sinic je zatíženo nejistotou. Relativní směrodatná odchylka opakovatelnosti – směrodatná odchylka z opakovaných měření téhož vzorku provedených jednou laboratoří získaná z pěti programů zkoušení způsobilosti pro laboratoř hygieny SZÚ se obvykle pohybovala mezi 15 – 20 % (Pumann et al., 2009). U vybraných vzorků se prováděla duplicitní měření chl-a vždy alespoň jeden vzorek z odběrového dne. Pro hodnoty koncentrace chl-a byla relativní směrodatná odchylka opakovatelnosti do 20 %.

### 3. VÝSLEDKY

#### 3.1. Zjištěné koncentrace chlorofylu-a v $\mu\text{g.l}^{-1}$ na lokalitách – ukazatele fytoplanktonu

Hodnoty koncentrace chlorofylu-a v  $\mu\text{g.l}^{-1}$ , které byly naměřeny, jsou uváděny v tabulkách 1 – 3.

Z důvodu různé sezonní koncentrace fytoplanktonu se porovnávají variability v koncentracích chlorofylu-a na jednotlivých odběrových místech, vhodné je použití Levenova testu homogenity variancí a pro malé počty dat je lépe brát v úvahu nenormální rozdělení naměřených hodnot. (K hodnocení normality naměřených byl použit Shapiro-Wilk test, hodnoty koncentrace chlorofylu-a ze všech tří lokalit měly nenormální rozdělení.)

Na lokalitě Hostivař byla naměřená p-hodnota Levenova testu 0,006236. Tato hodnota je na hranici statisticky významných variabilit. Vzorky byly v letní sezoně 2008 a 2009 mnohodruhové, nevyskytovaly se pouze sinice, ale také různé druhy fytoplanktonních řas, *Cryptomonas* sp. a *Rhodomonas* sp. Hygienicky jsou tyto druhy nevýznamné.

Na lokalitě Vyžlovka byla naměřená p-hodnota Levenova testu 0,4828 – nevýznamné variability v koncentracích chlorofylu-a. V roce 2008 byly ve vzorcích přítomny vláknité sinice *Planktothrix* sp., *Aphanizomenon* sp., tenké vláknité sinice (*Pseudanabaena*), *Anabaena flos-aquae*. V roce 2009 v odběrových dnech 8.7. a 10.8. byla biomasou dominantním druhem řasa *Closterium*, která je hygienicky nevýznamná. V roce 2010 v odběrový den 10.8. byl vzorek mnohodruhový, biomasou převládala řasa *Closterium*, chlorofyl-a byl na odběrových místech srovnatelný. Na lokalitě Šeberák byla p-hodnota Levenova testu 0,1359 – nevýznamné variability v koncentracích chlorofylu-a. 4.8.2008

a 19.8.2008 byly zvýšené hodnoty koncentrace chlorofylu-a naměřeny na severní straně nudistické pláže. V odběrových dnech 27.7.2009 a 1.9.2009 byla biomasou dominantním druhem řasa *Scenedesmus* sp., v nádrži spolu se sinicemi *Microcystis* sp., které tvořily vodní květ. Dominantním druhem v roce 2010 byla sinice *Aphanizomenon flos-aquae*. V letních měsících vodní květ tvořila, v druhé polovině září už vodní květ na lokalitě ustupoval – výskyt vodního květu odpovídá koncentracím chlorofylu-a. Patrně se vyskytovaly shluky pod hladinou.

Levenův test statisticky významně neprokázal variability v počtu buněk dominantního hygienicky významného a hygienicky nevýznamného fytoplanktonu. Velké rozdíly jsou ale u Cryptomonad na jednotlivých odběrových místech na Hostivaři.

**Tabulka 1: Hostivař – koncentrace chlorofylu-a v  $\mu\text{g.l}^{-1}$ , profil 0 – 30 cm**

	15.7.2008	20.8.2008	4.9.2008	22.7.2009	11.8.2009
nuda pláž	98,2	150	96,6	400	144
koupaliště, molo 1	91,3	149	69,3	124	168
hráz	84,9	101	91,8		
naproti koupališti	95,3	155	136	117	122
výběžek	90,3	133	88,9	249	146
naproti nuda pláži	111	123	200	90,1	152
molo u přítoku	30,6	71,7	139	218	116

Odběry byly prováděny v koupací sezoně roku 2008 třikrát, v roce 2009 dvakrát.

V odběrových dnech v letních měsících převládají v nádrži ze sinic vláknité druhy – *Planktothrix*, *Aphanizomenon*, *Pseudanabaena*, ojediněle *Raphidiopsis*, *Anabaena*. Tyto druhy na Hostivaři vodní květ netvořily, převládal *Planktothrix*, začátkem sezony 2008 (v odběrový den 15.7.) *Pseudanabaena*. Pokud bylo ve vzorku zastoupeno větší množství kokální *Microcystis*, bylo možné pozorovat velmi ojediněle na odběrovém místě na hladině vodní květ jako 1 – 3 milimetrové zelené polštářky. Většinou se lišilo složení fytoplanktonu na odběrových místech podél levého i pravého břehu koupaliště a místa 7) u přítoku.

Na Šeberáku byly odběry prováděny v koupací sezoně v roce 2008 třikrát, v roce 2009 dvakrát, v roce 2010 dvakrát a po koupací sezoně jednou. Složení fytoplanktonu se měnilo během sledování v roce 2008 – 2010, v roce 2008 převládala v odběrových dnech v letních měsících sinice *Microcystis* sp., a řasa *Scenedesmus* sp.. V roce 2009 byly dominantními druhy v odběrových dnech sinice *Microcystis* sp. a řasa *Scenedesmus* sp., v zimě začátkem roku 2010 byla nádrž vypuštěna nešetrným způsobem a dominantním druhem v koupací sezoně byl *Aphanizomenon flos-aquae*. Tato sinice byla pozorována i v době, kdy se odběry na stanovení chlorofylu-a a fytoplanktonu neprováděly nebo byly prováděny pracovníky Oddělení hygieny vody SZÚ. Vodní květ byl přítomen v prázdninových měsících, výrazně od konce července (Pumann, 2010). *Microcystis* sp. tvořil vodní květ v roce 2008 a 2009, na hladině byl přítomen především na straně nudistické pláže (převládající směr větru k nudistické pláži), nejvíce na severní části jako zelené bochánky u břehů nahlučené i do několikacentimetrových útvarů. V roce 2010 během července, srpna a začátkem září tvořil vodní květ *Aphanizomenon flos-aquae*, jehličkovité útvary se vznášely volně ve vodním sloupci. Během září 2010 vodní květ ustoupil. 19.8.2008 nebyl odběr prováděn na místě nuda střed, ale pro screening nádrže naproti koupališti, na obtížně dostupném místě. Koncentrace chlorofylu-a byla 233 µg/l. Odběry na Vyžlovce se prováděly v roce 2008 třikrát, v roce 2009 dvakrát, v roce 2010 jednou. V odběrových dnech v letních měsících na lokalitě ze sinic převažují vláknité druhy – *Planktothrix*, *Aphanizomenon*, *Anabaena*, ojediněle *Raphidiopsis*. 7.8.2008 se odběr prováděl na biomasu a toxiny, výsledek chlorofylu-a ze dvou odběrových míst je zahrnut do statistiky. 23.7.2008 se prováděl odběr na hrázi, koncentrace chlorofylu-a zde byla 210 µg/l. Od tohoto odběrového místa bylo upuštěno, neboť se nachází v blízkosti hráze-odtoku a terén je obtížně dostupný.

**Tabulka 2: Šeberák – koncentrace chlorofylu-a v  $\mu\text{g.l}^{-1}$ , profil 0 – 30 cm**

	21.7.2008	4.8.2008	19.8.2008	27.7.2009	1.9.2009	22.6.2010	1.9.2010	20.9.2010
hráz	116	98,5	112	181	146	2,8	2,7	36,5
koupaliště molo	118	82,6	103	215	151	2,3	14,7	16,3
nuda jih výběžek	111	85,9	82,9	213	142	3,1	31,3	14,8
nuda střed	108	110		202	126	2,7	31,2	26,5
nuda sever	111	121	135	182	137	2,8	84,7	21,3

**Tabulka 3: Vyžlovka – koncentrace chlorofylu-a v  $\mu\text{g.l}^{-1}$ , profil 0 – 30 cm**

	23.7.2008	7.8.2008	25.8.2008	8.7.2009	10.8.2009	10.8.2010
koupaliště molo	203	126	177	99,2	172	88,0
přítok les před školkami	200	105	147	107		
mezi školkami			146		161	86,4
naproti koupališti	200		145	113	141	84,5
hráz-odtok	211		187	111		

### **3.1.1 Kvalitativní a kvantitativní hodnocení vzorků fytoplanktonu**

Kvantitativní výsledky mikroskopických obrazů – především sinic, které byly ve vzorcích přítomny v hygienicky významném množství a organismů fytoplanktonu, které byly biomasou kodominantní nebo jinak korelovaly s naměřenými koncentracemi chlorofylu-a jsou uvedeny v příloze v tabulkách.

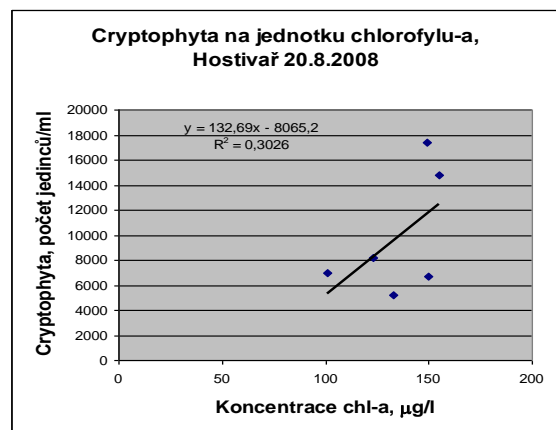
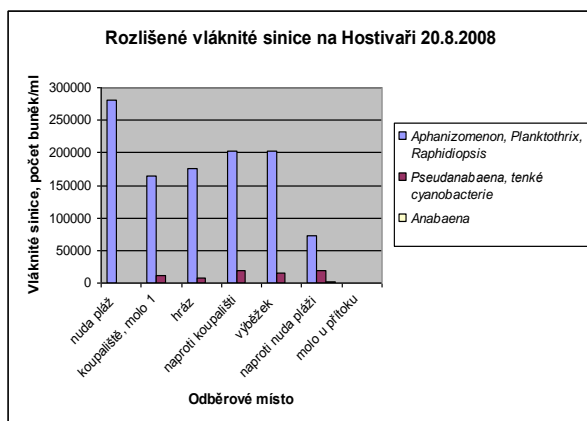
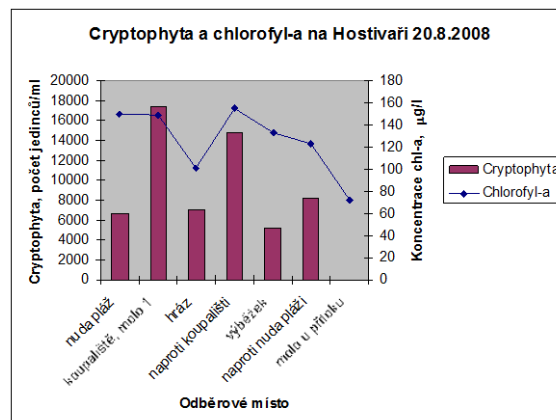
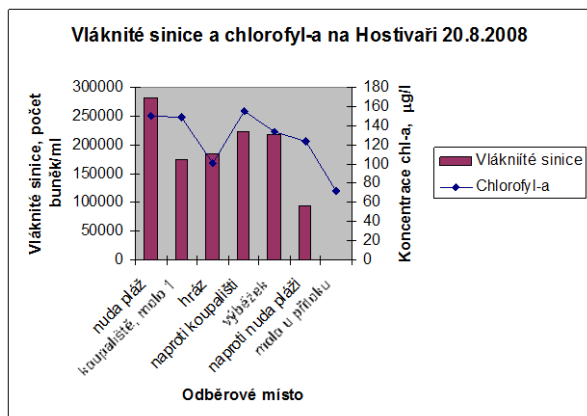
#### **3.1.1.1. Fytoplankton na Hostivaři:**

Na Hostivaři byla v odběrový den 15.7.2008 z vláknitých sinic zjištěna pouze *Pseudanabaena limnetica* v hygienicky nevýznamném množství. Vyskytovala se na odběrových místech (1 – 6), tedy s výjimkou mola u přítoku. Mikroskopický kvantitativní obraz se neprováděl. Na koncentraci chlorofylu-a se podílely fytoplanktonní řasy: převážně *Closterium* sp., *Coelastrum* sp., *Scenedesmus* sp. a zelené kokální řasy.



## Grafy fytoplanktonu na Hostivaři 20.8.2008:

**Graf 1:** Vláknnité sinice a chlorofyl-a na Hostivaři 20.8.2008, **Graf 2:** Rozlišené vláknnité sinice na Hostivaři 20.8.2008, **Graf 3:** Cryptophyta a chlorofyl-a na Hostivaři 20.8.2008, **Graf 4:** Cryptophyta na jednotku chlorofylu-a, Hostivař 20.8.2008

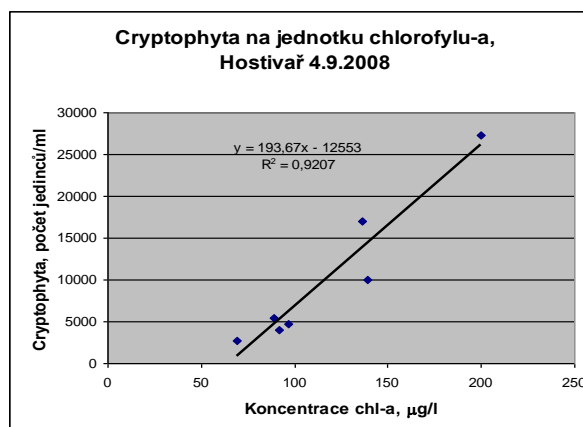
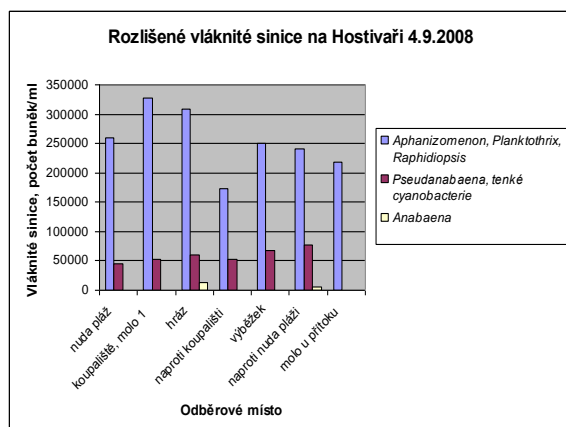
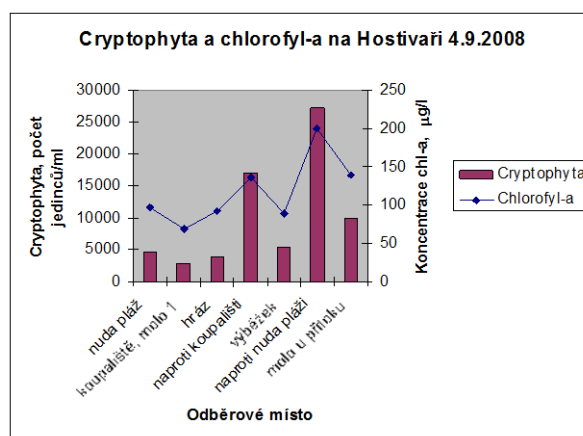
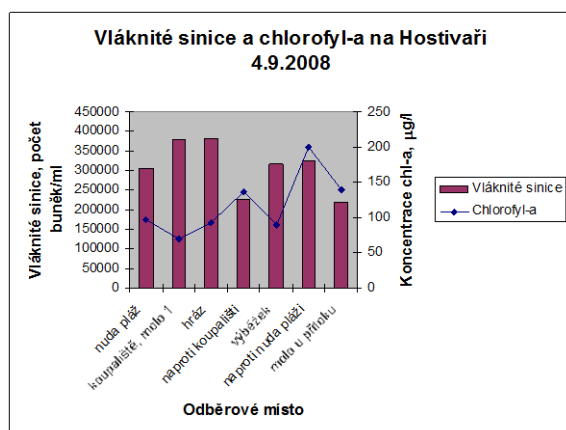


Dne 20.8.2008 byly na Hostivaři na odběrových místech 1 – 6 přítomny vláknnité sinice v hygienicky významném množství – *Aphanizomenon flos-aquae*, *A. issatschenkoi*, *A. aphanizomenoides*, *Planktothrix agardhii*, *Raphidiopsis mediterranea*. Dále se vyskytovala tenká vláknnitá *Pseudanabaena limnetica* a v menší míře *Anabaena flos-aquae* (viz tab. 10). V hygienicky nevýznamném množství byla přítomna *Microcystis* sp.. Na odběrovém místě 7) molo u přítoku se vyskytovaly *Closterium* sp. ve větším množství než na ostatních odběrových místech a pravděpodobně zde byly dominantní biomasou. Na tomto odběrovém místě nebyly přítomny vláknnité sinice, které tvořily pravděpodobně dominantní podíl chlorofylu-a na odběrových místech 1 – 6. Na místech 1 – 6 se podílely na koncentraci chlorofylu-a Cryptophyta: *Cryptomonas reflexa*, *C. curvata*, *C. marssonii*. a *Rhodomonas* sp. (viz tab. 11). Z fytoplanktonních řas byly dále zjištěny: zelené kulovité řasy, *Nitzschia* sp.,

*Scenedesmus* sp., *Coelastrum* sp., *Pediastrum* sp.. Vítř měl směr od hráze k přítoku, v noci byl silný déšť.

### Grafy fytoplanktonu na Hostivaři 4.9.2008:

**Graf 5:** Vlákňité sinice a chlorofyl-a na Hostivaři 4.9.2008, **Graf 6:** Rozlišené vlákňité sinice na Hostivaři 4.9.2008, **Graf 7:** Cryptophyta a chlorofyl-a na Hostivaři 4.9.2008, **Graf 8:** Cryptophyta na jednotku chlorofylu-a, Hostivař 4.9.2008



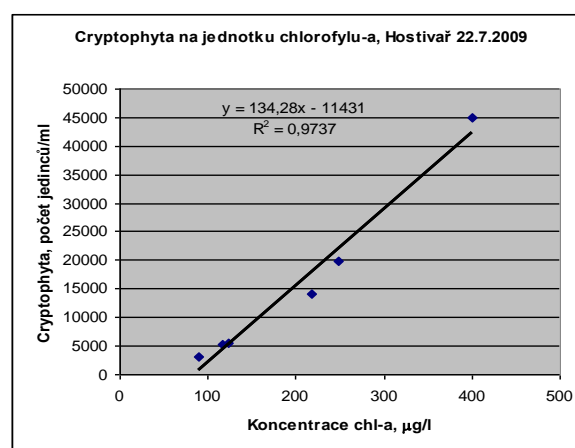
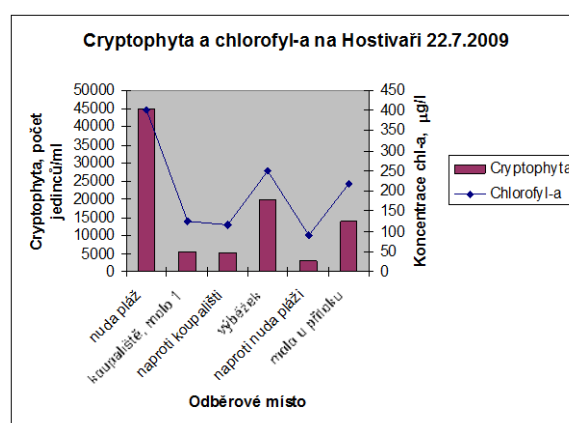
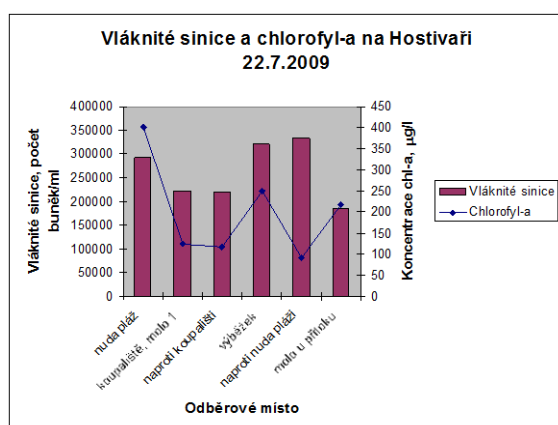
Dne 4.9.2008 byly na Hostivaři přítomny vlákňité sinice v hygienicky významném množství – *Aphanizomenon flos-aquae*, *A. issatschenkoi*, *A. aphanizomenoides*, *Planktothrix agardhii*, *Raphidiopsis mediterranea* a v menší míře *Anabaena flos-aquae*. Na odběrových místech 1 – 6 se vyskytovala tenká vlákňitá *Pseudanabaena limnetica* (viz tab. 12).

V hygienicky nevýznamné míře byla přítomna *Microcystis* sp.. S koncentracemi chlorofylu-a korelovala Cryptophyta: *Cryptomonas reflexa*, *C. curvata*, *C. marssonii*. a *Rhodomonas* sp.

(viz tab. 13). Z fytoplanktonních řas byly přítomny: *Cosmarium* sp., *Coelastrum* sp., *Scenedesmus* sp., *Closterium* sp., *Nitzschia* sp., *Pediastrum* sp., zástupci obrněnek.

## Grafy fytoplanktonu na Hostivaři 22.7.2009:

**Graf 9:** Vlákňité sinice a chlorofyl-a na Hostivaři 22.7.2009, **Graf 10:** Rozlišené vlákňité sinice na Hostivaři 22.7.2009, **Graf 11:** Cryptophyta a chlorofyl-a na Hostivaři 22.7.2009, **Graf 12:** Cryptophyta na jednotku chlorofylu-a, Hostivař 22.7.2009

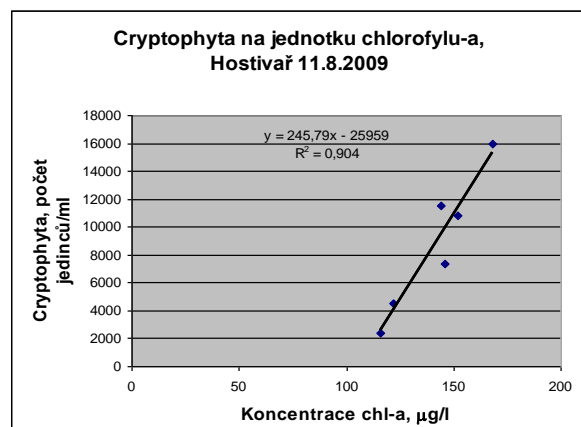
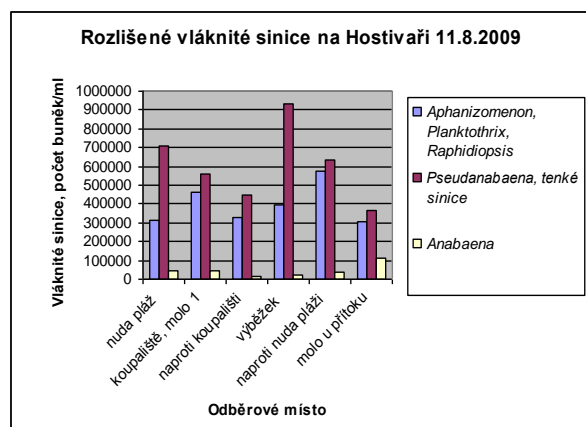
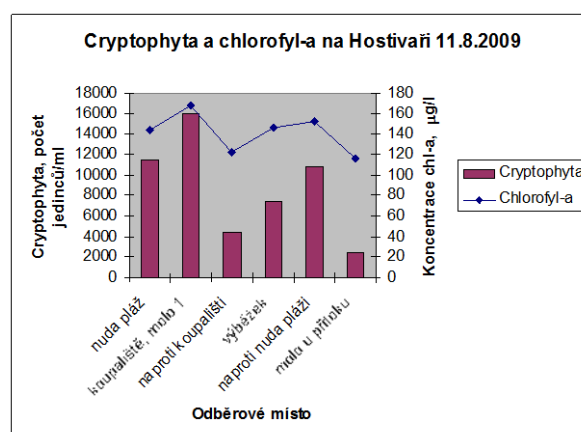
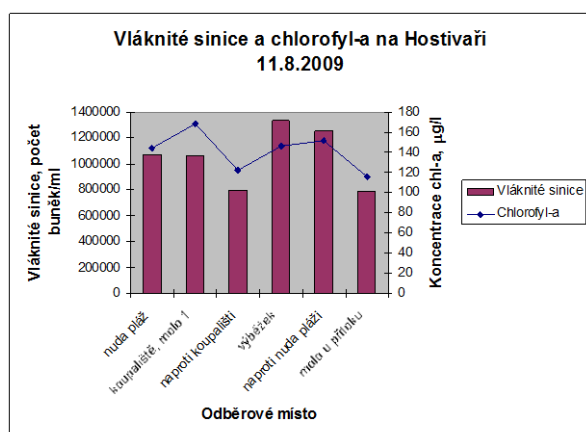


Dne 22.7.2009 byly na Hostivaři přítomny vlákňité sinice v hygienicky významném množství – *Aphanizomenon flos-aquae*, *A. issatschenkoi*, *A. aphanizomenoides*, *Planktothrix agardhii*, *Raphidiopsis mediterranea*, tenká vlákňitá *Pseudanabaena limnetica*. Dále v menší míře *Anabaena flos-aquae* (viz tab. 14). Různá koncentrace chlorofylu-a na jednotlivých odběrových místech je pravděpodobně určena rozmístěním Cryptomonad v nádrži, z nichž se vyskytovaly převážně *Cryptomonas reflexa*, *C. curvata*, *C. marssonii*. *Rhodomonas* sp. v mikroskopickém obraze byly zjištěny jen ojediněle (viz tab. 15). *Microcystis* sp. byly

nalezeny v množství do 50 000 buněk/ml, z ostatních organismů fytoplanktonu byly zjištěny v menší míře: *Scenedesmus* sp., *Nitzschia* sp., krásivky, zelené kulovité řasy, obrněnky, *Cosmarium* sp., *Pediastrum* sp., ojediněle *Melosira varians*. Směr větru byl od přítoku k hrázi.

### Grafy fytoplanktonu na Hostivaři 11.8.2009:

**Graf 13:** Vlákňité sinice a chlorofyl-a na Hostivaři 11.8.2009, **Graf 14:** Rozlišené vlákňité sinice na Hostivaři 11.8.2009, **Graf 15:** Cryptophyta a chlorofyl-a na Hostivaři 11.8.2009, **Graf 16:** Cryptophyta na jednotku chlorofylu-a, Hostivař 11.8.2009



V odběrový den 11.8.2009 byly na Hostivaři přítomny z vlákňitých sinic v hygienicky významném množství: *Aphanizomenon flos-aquae*, *A. issatschenkoi*, *A. aphanizomenoides*, *Planktothrix agardhii*, *Raphidiopsis mediterranea*. Tenké vlákňité sinice, především *Pseudanabaena limnetica*. V mikroskopickém obraze byla zjištěna vedle sinice *Anabaena*

*flos-aquae* také *A. compacta* (viz tab. 16). Ze skrytěk: *Cryptomonas reflexa*, *C. curvata*, *C. marssonii*, *Rhodomonas* sp. (viz tab. 17).

Z fytoplanktonních organismů se dále vyskytovaly: *Microcystis* sp. (do 50 000 buněk/ml), v menší míře *Cosmarium* sp., *Scenedesmus* sp., zelené kokální řasy, *Closterium* sp., cenobia *Pediastrum* sp.

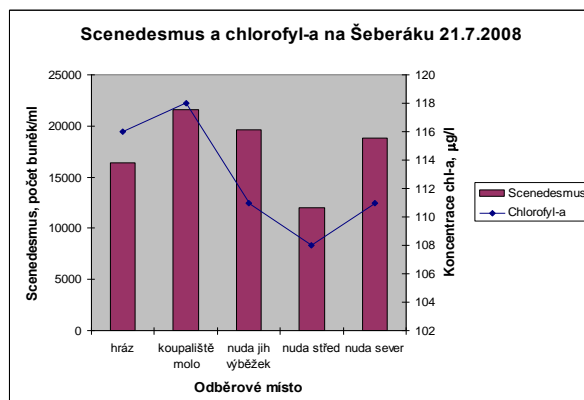
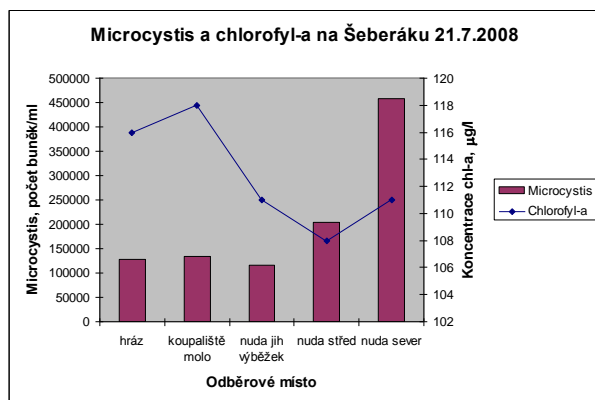
Vítr byl silnější, směr od hráze k přítoku, bylo oblačno.

### 3.1.1.2. Fytoplankton na Šeberáku:

#### Grafy fytoplanktonu na Šeberáku 21.7.2008:

**Graf 17:** *Microcystis* a chlorofyl-a na Šeberáku 21.7.2008,

**Graf 18:** *Scenedesmus* a chlorofyl-a na Šeberáku 21.7.2008



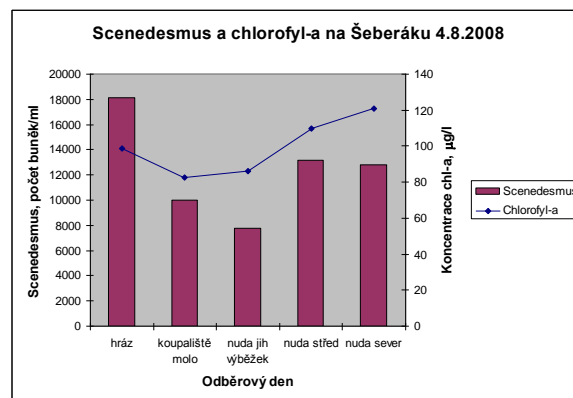
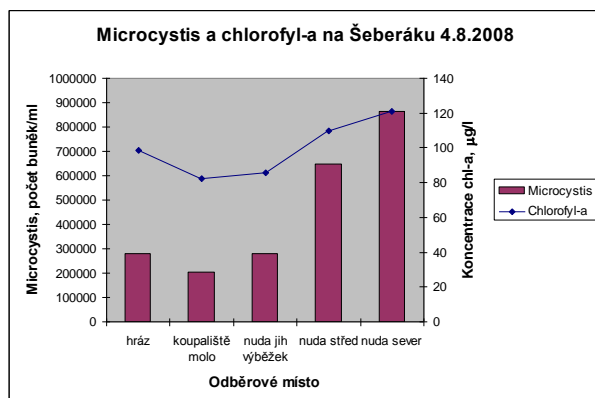
Dne 21.7.2008 byly na Šeberáku pozorovány sinice *Microcystis* sp. (viz tab. 18), skrytčky *Cryptomonas* sp, z fytoplanktonních řas převládaly *Scenedesmus* sp. (viz tab. 18), dále *Pediastrum* sp., *Closterium* sp., krásivky (viz tab. 19), *Oocystis* sp., *Aulacoseira* sp., zelené kokální řasy.

Na Šeberáku měl vítr směr většinou od jižní strany nuda pláže k protilehlé straně rybníka (naproti koupališti) a stáčil se k přítoku – nuda sever.

## Grafy fytoplanktonu na Šeberáku 4.8.2008:

**Graf 19:** *Microcystis* a chlorofyl-a na Šeberáku 4.8.2008,

**Graf 20:** *Scenedesmus* a chlorofyl-a na Šeberáku 4.8.2008



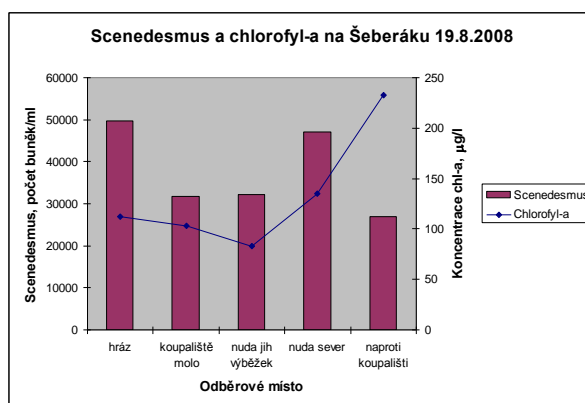
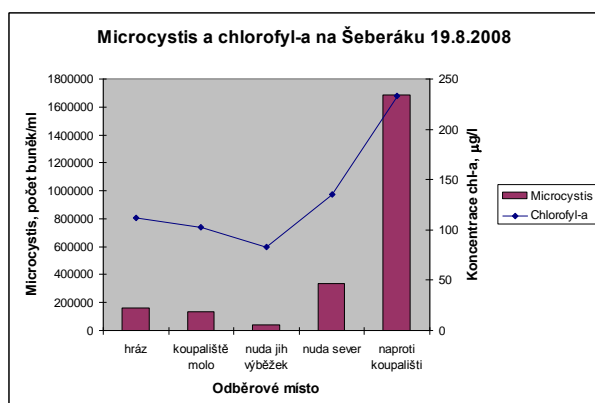
Dne 4.8.2008 byly na Šeberáku pozorovány sinice – převážně *Microcystis ichthyoblabe* (viz tab. 20) s buňkami o velikosti okolo 3µm, v menší míře vláknité sinice – *Planktothrix agardhii*, *Aphanizomenon flos-aquae* a *Anabaena flos-aquae*.

Z fytoplanktonních řas převládaly *Scenedesmus* sp. (viz tab. 20). Dále fytoplankton tvořily *Pediastrum* sp., *Oocystis* sp., *Closterium* sp., *Nitzschia* sp. Na nuda pláži byl u břehu na hladině navátý vodní květ. Vítr měl směr ke břehům nuda pláže od hráze a koupaliště.

## Grafy fytoplanktonu na Šeberáku 19.8.2008:

**Graf 21:** *Microcystis* a chlorofyl-a na Šeberáku 19.8.2008,

**Graf 22:** *Scenedesmus* a chlorofyl-a na Šeberáku 19.8.2008



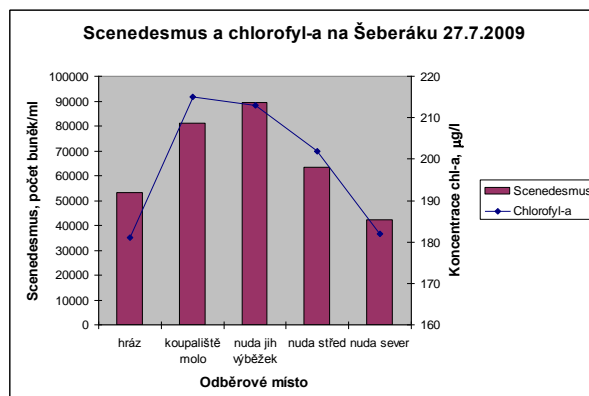
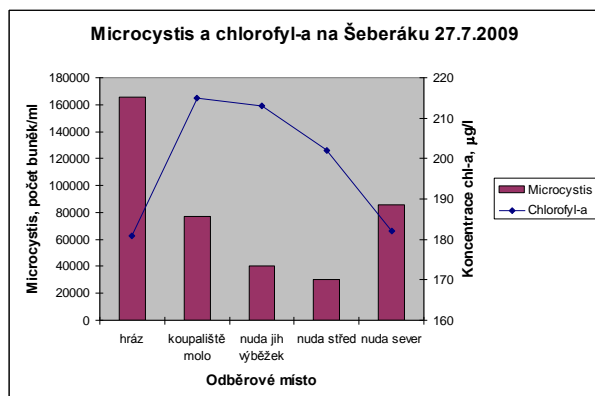
Dne 19.8.2008 byly na Šeberáku pozorovány sinice *Microcystis* sp. (viz tab. 21), v menší míře vláknitá *Planktothrix agardhii*, z fytoplanktonních řas převládaly *Scenedesmus* sp. (viz tab. 21) a dále se v menší míře vyskytovaly *Pediastrum* sp.

a *Cryptomonas* sp..Odběr se prováděl tento den na místě naproti koupališti. (S výsledky z tohoto odběrového místa je počítáno ve statistice Levenova testu homogenity variancí, hodnoty chlorofylu-a a fytoplanktonu jsou znázorněny v grafech.)

### Grafy fytoplanktonu na Šeberáku 27.7.2009:

**Graf 23:** *Microcystis* a chlorofyl-a na Šeberáku 27.7.2009,

**Graf 24:** *Scenedesmus* a chlorofyl-a na Šeberáku 27.7.2009

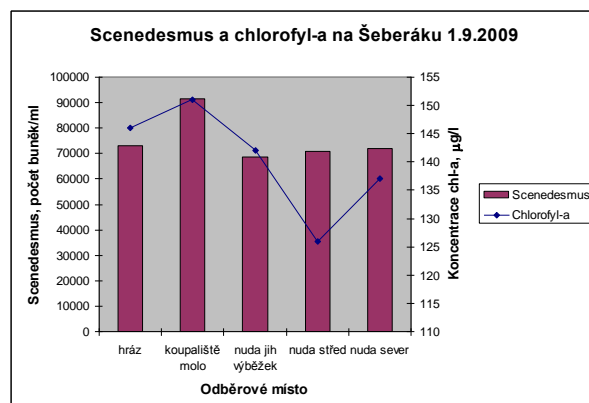
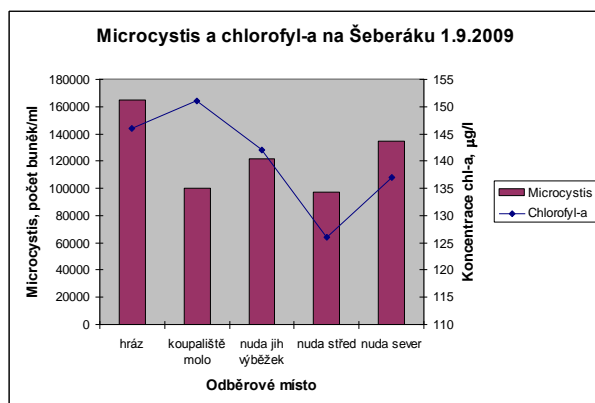


Dne 27.7.2009 převládaly na Šeberáku sinice *Microcystis* sp. a řasy *Scenedesmus* sp. (viz tab. 22). Další fytoplanktonní řasy se vyskytovaly v menší míře. Vítr foukal od jižní strany nuda pláže k protilehlé straně rybníka a stácel se k přítoku. U hráze měl vítr směr od nuda pláže.

### Grafy fytoplanktonu na Šeberáku 1.9.2009:

**Graf 25:** *Microcystis* a chlorofyl-a na Šeberáku 1.9.2009,

**Graf 26:** *Scenedesmus* a chlorofyl-a na Šeberáku 1.9.2009



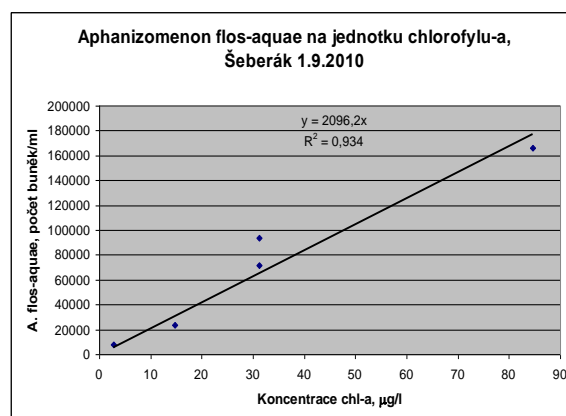
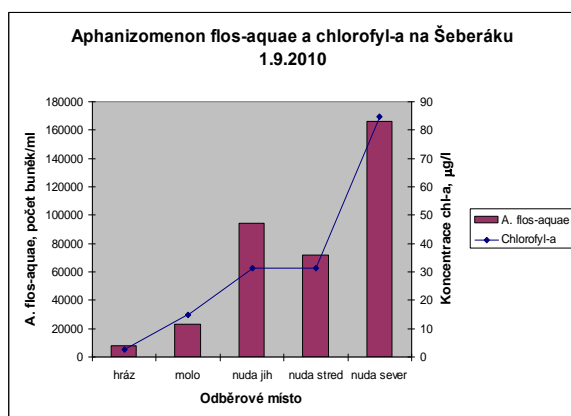
Dne 1.9.2009 na Šeberáku stále převládaly sinice *Microcystis* sp. s řasami *Scenedesmus* sp. (viz tab. 23). Ostatní fytoplanktonní řasy se vyskytovaly v menší míře.

Dne 22.6.2010 byla na Šeberáku na všech odběrových místech velmi nízká koncentrace chlorofylu-a, 2-3 µg/l. V nádrži byla přítomna sinice *Aphanizomenon flos-aquae*, ale v hygienicky nevýznamném množství. Mikroskopický kvantitativní obraz se proto neprováděl. *Aphanizomenon flos-aquae* byl narostlý rovnoměrně v celém rybníku. Směr větru byl od jižní strany nuda pláže k protilehlé straně rybníka a k hrázi. Na severní straně nuda pláže se stáčel v zátocě k přítoku.

### Grafy fytoplanktonu na Šeberáku 1.9.2010:

**Graf 27:** *Aphanizomenon flos-aquae* a chlorofyl-a na Šeberáku 1.9.2010,

**Graf 28:** *Aphanizomenon flos-aquae* na jednotku chlorofylu-a na Šeberák 1.9.2010



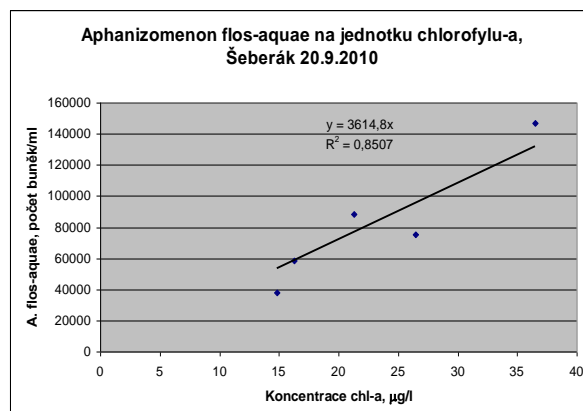
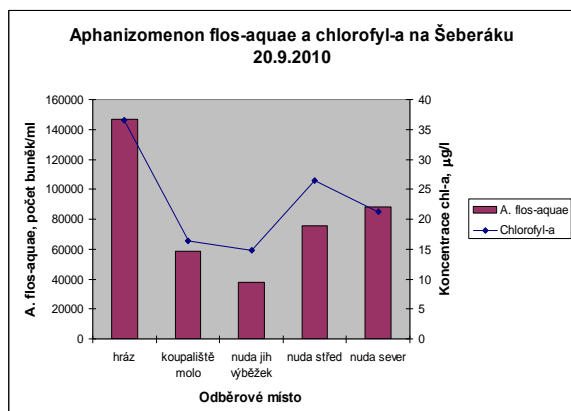
Dne 1.9.2010 byla na Šeberáku přítomna sinice *Aphanizomenon flos-aquae* (viz tab. 24). V srpnu *A. flos-aquae* tvořil v nádrži viditelný vodní květ, světle zelené jehličkovité shluky se vznášely ve vodním sloupci. V září začal vodní květ ustupovat. V mikroskopickém obrazu se vyskytoval *A. flos-aquae* téměř výhradně, proto byla v regresi proložena přímkou s počátkem  $y=0$ , koncentrace chlorofylu-a v nulové hodnotě µg/l odpovídá nulovému počtu buněk *A. flos-aquae*.



## Grafy fytoplanktonu na Šeberáku 20.9.2010:

**Graf 29:** *Aphanizomenon flos-aquae* a chlorofyl-a na Šeberáku 20.9.2010,

**Graf 30:** *Aphanizomenon flos-aquae* na jednotku chlorofylu-a na Šeberáku 20.9.2010



Dne 20.9.2010 přetrvávala na Šeberáku sinice *A. flos-aquae* a tvořila akinety (viz tab. 25), v mikroskopickém obraze byl téměř výhradně přítomen *A. flos-aquae*. V regresi je proto opět proložena přímkou s počátkem  $y=0$ .



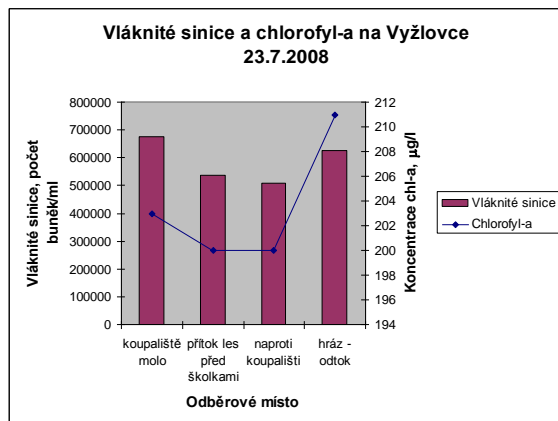
Obrázek 4:

Plovatka bahenní (*Lymnaea stagnalis*)  
a vodní květ *Aphanizomenon flos-aquae*  
Šeberák, srpen 2011  
Foto: Myra Zelinková

### 3.1.1.3. Fytoplankton na Vyžlovce:

#### Graf fytoplanktonu na Vyžlovce 23.7.2008:

**Graf 31:** Vláknnité sinice a chlorofyl-a na Vyžlovce 23.7.2008



Dne 23.7.2008 z vláknitých sinic

v hygienicky významném množství

dominoval *Planktothrix agardhii*. Dále se

vyskytovali *Aphanizomenon* sp., *Anabaena flos-aquae* (viz tab. 26), z fytoplanktonních

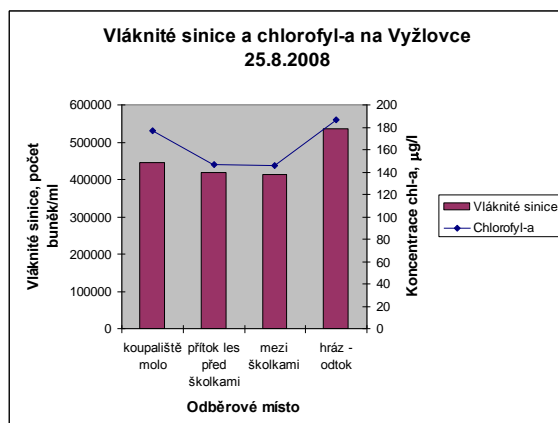
řas *Scenedesmus* sp. a *Closterium* sp.. Vítr

foukal slabý od přítoku k hrázi, bylo oblačno. U břehů rybníka podél lesa se tvořily vlnky a šplouchaly ke břehu.

Dne 7.8.2008 se odebíraly vzorky pouze na dvou odběrových místech, ve statistice je s výsledky koncentrace chlorofylu-a počítáno. Vzorky se odebíraly na biomasu a toxiny. Dominantním druhem byl *Planktothrix agardhii*, kvantitativní stanovení se neprovádělo.

#### Graf fytoplanktonu na Vyžlovce 25.8.2008:

**Graf 32:** Vláknnité sinice a chlorofyl-a na Vyžlovce 25.8.2008



Dne 25.8.2008 se na Vyžlovce vyskytoval

z vláknitých sinic převážně *Planktothrix*

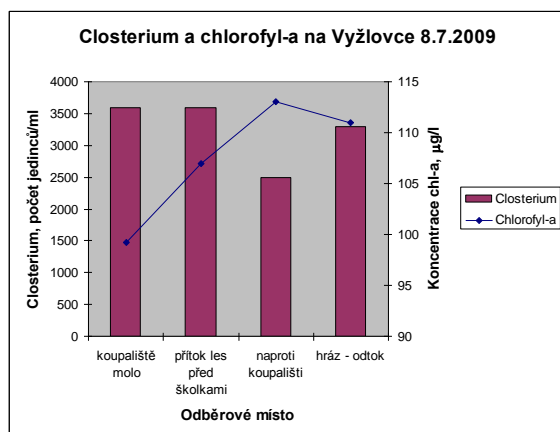
*agardhii*, dále *Aphanizomenon* sp., *Anabaena flos-aquae* (viz tab.27). Fytoplankton tvořily

v menší míře *Cryptomonas* sp., z řas

*Closterium* sp., *Staurastrum* sp., *Scenedesmus* sp..

## Graf fytoplanktonu na Vyžlovce 8.7.2009:

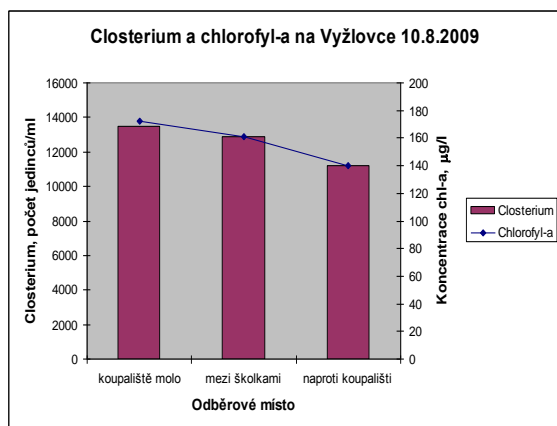
**Graf 33:** *Closterium* a chlorofyl-a na Vyžlovce 8.7.2009



Dne 8.7.2009 byly na Vyžlovce vzorky mnohodruhové. Vyskytovaly se větší měrou řasy *Closterium* sp. (viz tab. 28) a *Cryptomonas* sp.. Dále byly přítomny z fytoplanktonních řas *Scenedesmus* sp., *Pediastrum* sp., *Euglena*. U břehu koupaliště byl navátý zelený povlak vodního květu. Bylo zataženo, vítr vál slabý od přítoku k hrázi a směrem ke koupališti.

## Graf fytoplanktonu na Vyžlovce 10.8.2009:

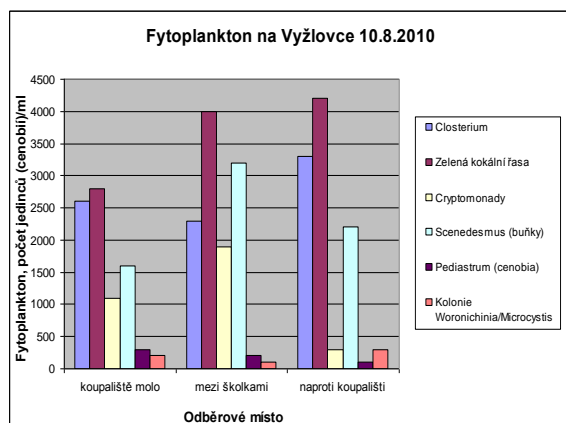
**Graf 34:** *Closterium* a chlorofyl-a na Vyžlovce 10.8.2009



Dne 10.8.2009 na Vyžlovce dominovaly řasy *Closterium* sp. (viz tab. 29). Ve vzorcích byl zjištěn *Planktothrix agardhii* v hygienicky nevýznamném množství a ve velmi malé míře. Bylo téměř bezvětří, pokud vítr zavál, pak směrem od hráze ke koupališti a k přítoku.

## Graf fytoplanktonu na Vyžlovce 10.8.2010:

**Graf 35:** Fytoplankton na Vyžlovce 10.8.2010



Dne 10.8.2010 byly na Vyžlovce na třech odběrových místech srovnatelné koncentrace chlorofylu-a a vzorky mnohodruhové.

Biomasou pravděpodobně převažovaly řasy *Closterium* sp., početné byly zelené kokální řasy a *Cryptomonas* sp.. Fytoplankton dále

tvořily *Scenedesmus* sp., *Pediastrum boryanum* a *P. duplex* (viz tab. 30), *Coelastrum* sp., *Oocystis* sp., *Trachelomonas* sp. a zástupci rozsivek. V hygienicky nevýznamném množství se vyskytly kolonie sinic *Woronichinia naegeliana* a *Microcystis* sp..

Zooplankton zjištěný pod mikroskopem byl nalezen jen velice ojediněle. Na Vyžlovce nálevníci a perloočky, na Šeberáku perloočky, na Hostivaři perloočky. V srpnu 2010 byl u břehu koupaliště Šeberáku u mola zooplankton pozorován cíleně. V souvislosti s absencí ryb byl zjištěn velký zooplanktonu pozorovatelný v sítku okem, pravděpodobně větší druh *Daphnie*.

### 3.2. Mikrobiologické indikátory:

Dne 8.7.2009 se na Vyžlovce odebíral vzorek vody také na místě přítok les před školkami, byla zjištěna hodnota množství *E. coli* 32,3 MPN/100ml a množství enterokoků 52 KTJ/1.

Také u mikrobiologických indikátorů se brala v úvahu data s nenormálním rozdělením.

(Testování Shapiro-Wilk testem ukázalo, že data mají rozdělení nenormální.) Pro porovnání variabilit množství indikátorů se použil Levenův test homogenity variancí.

Na Hostivaři byly variability množství *E. coli* nevýznamné, p-hodnota Levenova testu je 0,2171. U enterokoků je variabilita také nevýznamná, p-hodnota je 0,5312.

*E. coli* na Šeberáku jeví významné variability množství ve vzorcích jednotlivých odběrových dní. p-hodnota Levenova testu je 0,001443. Enterokoky mají nevýznamnou variabilitu množství na jednotlivých místech, p-hodnota je 0,0387.

Na Vyžlovce byly variability množství *E. coli* v odběrových dnech nevýznamné. p-hodnota Levenova testu je 0.4528. p-hodnota pro enterokoky je 0,2553 – nevýznamné variability.

Na Hostivaři bylo v odběrových dnech 20.8.2008 a 22.7.2009 skoro jasno, na nuda pláži nebylo více než deset návštěvníků, někteří se koupali. 11.8.2009 bylo zataženo, nikdo z lidí, kteří byli přítomni na nuda pláži, se nekoupal. Na hlavní pláži u mola byla situace podobná. Dne 10.8.2010 bylo po mírné povodni, hladina na Vyžlovce byla zvýšená, před tímto dnem přšlo skoro vytrvale tři dny. Z lesa na pravé straně rybníku teklo mnoho struh a ronů, nad břehy rybníka se slévaly a zaplavovaly nízký porost (bylinné patro). Na Šeberáku na nuda pláži teklo po deštivém dni do rybníka přes pole mnoho stroužek a ronů, na pláži se slévaly, tvořily kaluže. Ve dnech, kdy bylo o prázdninách jasno, přišlo na nuda pláž od dopoledních hodin několik desítek návštěvníků, běžně 30 – 50, na koupališti se také rekreovalo několik desítek lidí. Lidé se v rybníku často koupali, na nuda pláži využívali plochu od loučky nuda jih výběžku až po severní část pláže, na koupališti se zdržovali převážně v okolí mola.

Na Vyžlovce se lidé rekreovali především o víkendu, o víkendovém dnu v srpnu 2010 bylo spočítáno na koupališti po 16. hodině 167 návštěvníků, několik lidí se koupalo na koupališti, ale lidé se koupali i na místě mezi školkami a naproti koupališti. Ve všední dny přišlo dopoledne na koupaliště několik lidí, pokud byla obloha jasná. Ve slunečných dnech

na Hostivaři byli koupající se na obou stranách nádrže, tedy na koupališti a mimo koupaliště na přístupných místech většinou po poledni. Okolí Hostivařské nádrže a Vyžlovského rybníka je využíváno k procházkám, Vyžlovka také k houbaření.

Zjištěné množství mikrobiologických ukazatelů na lokalitách je uvedeno v tabulkách 4 – 9.

Kvalita vody podle vyhlášky 238/2011 Sb. (Anonym, 2011) je uvedena pro každou lokalitu v příloze v tabulkách 31 – 33.

**Tabulka 4: Hostivař – množství Escherichia coli v MPN/100ml**

	20.8.2008	22.7.2009	11.8.2009
nuda pláž	20,3	18,5	2,0
koupaliště, molo 1	14,5	770,1	1,0
naproti koupališti		13,5	2,0
výběžek		35,4	3,1
naproti nuda pláži		155,3	16,9
molo u přítoku		613,1	307,6

**Tabulka 5: Hostivař – množství enterokoků v KTJ/100ml**

	20.8.2008	22.7.2009	11.8.2009
nuda pláž	21	34	4
koupaliště, molo 1	13	52	10
naproti koupališti		49	50
výběžek		56	22
naproti nuda pláži		76	16
molo u přítoku		82	260

**Tabulka 6: Šeberák – množství Escherichia coli v MPN/100ml**

	19.8.2008	8.7.2009	27.7.2009	1.9.2009	22.6.2010	4.8.2010	11.8.2010	1.9.2010	20.9.2010	11.10.2010	18.10.2010
hráz			46,4	50,4	11	248,1	66,3	90,6	7,4	13,2	5,2
koupaliště molo	23,1	50,4	141,4	52	2	16,9	61,3	13,2	19,9	18,7	17,3
nuda jih výběžek	80,9	61,3	>2419,2	151,5	9,7	27,5	178,2	9,8	10,8	25,9	13,1
nuda střed		69,1	517,2	81,3	8,5	4,1	73,8	12,1	32,3	11	15,6
nuda sever	81,6	52,1	1203,3	128,1	4,1	15,6	77,6	137,1	13,2	307,6	6,3

**Tabulka 7: Šeberák – množství enterokoků v KTJ/100ml**

	19.8.2008	8.7.2009	27.7.2009	1.9.2009	22.6.2010	4.8.2010	11.8.2010	1.9.2010	20.9.2010	11.10.2010	18.10.2010
hráz			35	37	8	49	10	390	30	2	1
koupaliště molo	41	15	85	24	3	17	12	5	15	1	1
nuda jih výběžek	230	31	1700	67	1	12	40	5	5	1	3
nuda střed		20	106	30	0	1	10	3	1	8	2
nuda sever	210	58	1000	38	0	6	20	2	2	29	1



**Tabulka 8: Vyžlovka – množství Escherichia coli v MPN/100ml**

	25.8.2008	8.7.2009	10.8.2009	8.9.2009	15.6.2010	27.7.2010	10.8.2010	12.10.2010
koupaliště levý plot		5,2	6,3	5,2	54,6	27,8	517,2	37,9
koupaliště výtok trubka			35,9	2,0	204,6	187,2	>2419,2	18,7
koupaliště molo	3,1		4,1		88,2	20,1	686,7	30,9
koupaliště pravý plot		29,2	2,0	4,1	178,5	34,1	517,2	15,8
mezi školkami	5,2		66,9	9,6	10,9	145	547,5	39,9
naproti koupališti	3,0	39,3	3,0	18,5	6,3	27,8	579,4	21,8

**Tabulka 9: Vyžlovka – množství enterokoků v KTJ/100ml**

	25.8.2008	8.7.2009	10.8.2009	8.9.2009	15.6.2010	27.7.2010	10.8.2010	12.10.2010
koupaliště levý plot		23	6	83	30	35	7	9
koupaliště výtok trubka			36	7	44	200	22	6
koupaliště molo	2		4		145	31	9	11
koupaliště pravý plot		118	9	113	134	20	4	7
mezi školkami	12		99	153	11	170	11	22
naproti koupališti	16	29	8	65	7	41	12	1

## 4. DISKUSE

### 4.1. Fytoplanktonní indikátory

V průběhu koupací sezony se měnila koncentrace chlorofylu-a na všech třech sledovaných lokalitách. Různá byla také koncentrace chlorofylu-a na sledovaných lokalitách ve srovnatelném období a odlišné bylo i kvalitativní složení fytoplanktonu.

Měnil se také makroskopický obraz vodního sloupce a hladiny nádrží. Ačkoli při statistickém hodnocení variabilit koncentrace chlorofylu-a ze souboru naměřených dat byla na hranici statistické významnosti pouze lokalita Hostivař, ukazují data z Hostivaře a také ze Šeberáku, že v několika odběrových dnech se hodnota koncentrace chlorofylu-a na odběrovém místě mohl lišit 2x až 3x s jiným odběrovým místem. V období, kdy se na lokalitách vyskytoval vodní květ *Microcystis* sp. nebo *Aphanizomenon flos-aquae*, byly zelené polštářky naváté u břehů (*Microcystis* sp.) a jehličkovité útvary ve vodním sloupci tvořily větší nahloučené agregáty (*Aphanizomenon flos-aquae*). Povětrnostní podmínky mohly hrát roli při hromadění vodního květu v souladu s Reynoldsem, který uvádí, že pohyby planktonu ve vertikální rovině mohou vrstvit odlišná advektivní políčka v horizontální rovině. Mechanismus je podobný způsobu oddělování při Langmuirově proudění, jen ve větším měřítku. Pohyby směřující vzhůru jsou u vzplývavých organismů vystupňované ve vzestupném proudu (stáčí se nahoru), ale odolné vůči proudění, které se stáčí dolů. Naopak klesající organismy se zrychlují v sestupném proudu, ale hromadí se ve vzestupném proudění. Pozitivně vzplývavé organismy se hromadí v závětrí na břehu, negativně vzplývavé organismy jsou relativně ve větším množství na návětrné straně (Reynolds, 2006). Tak tomu mohlo být na Šeberáku koncem července a v srpnu 2008, což ukazuje také změřený chlorofyl-a v odběrových dnech 4.8.2008 a 19.8.2008. Dne 19.8.2008 byl vzhledem k vodnímu květu proveden odběr také naproti koupališti, kde byla ve srovnání s molem více než dvojnásobná koncentrace chlorofylu-a

a v mikroskopickém obrazu početně i biomasou převládaly sinice *Microcystis* sp.. Mohlo tomu tak být i v případě nepovrchového vodního květu *Aphanizomenon flos-aquae*, který se vyskytoval v červenci, srpnu a v září roku 2010 na Šeberáku a u něhož byla v odběrové dny 1.9.2010 a 20.9.2010 změřena koncentrace chlorofylu-a. V regresních grafech z těchto dní se liší také sklon (směrnice) přímky závislosti množství buněk *A. flos-aquae* na chlorofylu-a. To by naznačovalo, že koncem léta s ústupem vodního květu, tvorbě akinet a přípravě na zimní období se mění také koncentrace chlorofylu-a v buňkách sinice. Strmější sklon přímky ze dne 20.9.2010 v porovnání se dnem 1.9.2010 naznačuje, že chlorofylu-a v buňkách ubývá.

Moreno-Ostos et al. (2007) zjišťovali prostorové rozmístění dominujících sinic *Aphanizomenon flos-aquae*, *Aphanizomenon* sp. a *Anabaena flos-aquae*. Horizontální rozmístění sinic bylo ve dvou hlavních směrech větru. Sinice se hromadily na návětrné straně, kam byly dopravovány prouděním větru při povrchu nádrže a tvořily zde husté ostrůvky květu. U těchto vzplývavých organismů nahromadění květu určovaly převládající povětrnostní podmínky. Na Šeberáku se k povětrnostním podmínkám mohlo přidat také proudění vody v rybníku.

Na Šeberáku bylo zjištěno v odběrových dnech v sezoně 2008 a 2009 většinou více druhů sinice rodu *Microcystis* s různou velikostí buněk, až do 5 – 6  $\mu\text{m}$ , vyskytovala se hojně *M. aeruginosa*. Vodní květ *Microcystis* sp., pokud se vyskytoval, byl v největším množství nahromaděný na severní straně břehů nudistické pláže (a 19.8.2008 zjištěn také naproti koupališti). V odběrových dnech v roce 2009 byl vysoký počet buněk *Microcystis* sp. také na místě hráz, ale navátý vodní květ se zde v porovnání s místem nuda sever tolik nevyskytoval, ačkoli na místě nuda sever bylo také velké množství buněk *Microcystis* sp. Vliv mohl nejen vítr, ale také proud (od přítoků na straně nuda pláže k hrázi). Wu et al. (2010) uvádí, že na velkém a mělkém jezeru Taihu v Číně je horizontální distribuce vodního květu ovlivněna povětrnostními podmínkami a nahromadění *Microcystis* je určeno

povrchovým unášením větrem. Proud je v tomto ohledu na Taihu méně důležitý než vítr.

Vzhledem k tomu, že na Šeberáku byly *Microcystis* sp. a *Scenedesmus* sp. v kompetici, o korelaci počtu buněk sinice nebo řasy s chl-a rozhodovala také úživnost rybníka.

Heterogenita v množství živin na jednotlivých odběrových místech je k velikosti nádrže spíše zanedbatelná (viz dále).

V případě květu *Microcystis* podle modelu autorů (Okada et al., 1986) vertikální míchání vody v nádrži mělo účinek na pokles průměrné hodnoty specifické rychlosti růstu zvláště když koncentrace kolonií byla velká. Modelování vertikální migrace a růstu *M. aeruginosa* těchto autorů (Okada et al., 1983) vykládá periodickou vertikální migraci drobných kolonií s periodou okolo tří dní. Pozorování potvrdilo denní objevování se a mizení vodního květu. Povětrnostní podmínky mohou mít rozdílný vliv na sinice, které vytváří povrchové vodní květy a sinice, jejichž vodní květ se volně vznáší ve vodním sloupci. Práce, která se rovněž zabývá vlivem odběrového místa na množství sinic ve vzorku vody (Pobel et al., 2011), sleduje směr proudění vzduchu a rozmístění sinicové biomasy v nádrži. Studie byla prováděná na mělké nádrži Place na rovině Forez ve střední Francii, květ *Microcystis aeruginosa* se zde vyskytuje každé léto. V létě 2008 zde ve fytoplanktonu dominovaly dva druhy cyanobacterií: *Microcystis aeruginosa* a *Aphanizomenon flos-aquae*. Prostorová variabilita koncentrací buněk obou druhů byla odhadnuta variačním koeficientem v průměru množství pro každý den odběru pro každý druh z výsledků získaných na šesti odběrových místech. Tyto koeficienty byly vždy vyšší u *A. flos-aquae* než pro *M. aeruginosa* (Wilcoxon test), což naznačovalo větší horizontální variabilitu *A. flos-aquae*. Neprokázala se korelace (Spearman koeficient) mezi variačním koeficientem a průměrem počtu buněk pro *A. flos-aquae* a jen slabá korelace byla nalezena pro *M. aeruginosa*.

Autoři zjišťovali, zda rychlost a směr větru může vysvětlit rozdíly v horizontální distribuci sinicových buněk v nádrži. Zaznamenávali pro oba druhy, pro každý odběrový den ze šesti

odběrových míst nejvyšší počet buněk. Z dat, kdy byl zaznamenán směr větru o rychlosti větší než  $2,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  5 hodin před odběrem, byla nalezena spojitost mezi nejvyšším počtem buněk *M. aeruginosa* v nejnižněji položených odběrových místech (jih a jihovýchod) a směrem větru od severozápadu, překvapivě na místech položených naproti sobě na západě a východě nádrže při směru větru od jihovýchodu a na dvou odběrových místech na severu nádrže při směru větru rovněž od severozápadu a jihovýchodu. Pro *A. flos-aquae* nebyla nalezena zřejmá spojitost mezi směrem větru a rozmístěním této sinice.

Kvalitativní složení na všech třech lokalitách se dle hodnocení v odběrových dnech během jedné sezony nijak výrazně neměnilo. Byly zjištěny hygienicky významné taxony, které uvádí Povodí Vltavy, s. p. jako zpracovatel hodnocení jakosti vody sledovaných koupališť (Internet 8) a další taxony fytoplanktonu – řasy, především zelené řasy (viz Příloha, tab. 10 – 30).

Na Šeberáku se vyskytovaly v koupací sezoně 2008 a 2009 (zjištěno v odběrových dnech) spolu se sinicemi *Microcystis* sp. řasy *Scenedesmus* sp. (viz grafy 17 – 26). Tyto dva taxony byly převládající na všech odběrových místech ve vzorcích. 21.7.2008 pík řas *Scenedesmus* sp. na koupališti molo odpovídá píku na křivce chlorofylu-a, ale dalo by říci z průběhu křivky chlorofylu-a u odběrových míst a množství *Microcystis* sp. a *Scenedesmus* sp., že se sinice i řasy významnou měrou podílely na koncentraci chl-a. 4.8.2008 a 19.8.2008 odpovídá křivka koncentrace chlorofylu-a u odběrových míst výšce píků množství *Microcystis* sp., 27.7.2009 křivka koncentrace chlorofylu-a u odběrových míst odpovídá výšce píků množství řas *Scenedesmus* sp., 1.9.2009 se významně podílely na koncentraci chl-a oba taxony, koncentrace chl-a na hrázi zřejmě odpovídá více množství *Microcystis* sp. a koncentrace chl-a na koupališti molu více odpovídá množství *Scenedesmus* sp. Pravděpodobně tyto taxony byly v eutrofních podmínkách v kompetici a mohou spolu přežívat dlouhou dobu. K tomuto závěru dochází Zhu et al. (2009) s upřesněním, že nižší hladiny živin v pokusném médiu

upřednostňuje *M. aeruginosa*, vyšší hladiny jsou vhodné pro *S. quadricauda*. Eutrofní pokusné podmínky byly 2 – 4 mg.l<sup>-1</sup> N a 0,2 mg.l<sup>-1</sup> P, inhibiční efekt *M. aeruginosa* na *S. quadricauda* při N/P=10 nebyl zřejmý, u N/P=15 byl silný a s dále zvyšujícím se N/P se zmenšoval.

V souladu s Ozawa et al. (2005) bylo největší množství buněk sledováno u břehů Šeberáku (viditelné bochánky vodního květu). Autoři na různých odběrových místech zjistili až několikanásobné rozdíly počtu buněk *Microcystis* sp. a uvádí také, že toxin microcystin koresponduje s hustotou buněk *Microcystis* sp.. Backer et al. (2010) potvrzují, že během rekreačních aktivit v koupacích vodách s výskytem vodního květu se mohou tvořit aerosolizované cyanotoxiny, jejichž inhalací se koupající se lidé vystavují.

Na Hostivaři se vodní květ *Microcystis* téměř nevyskytoval. Ve vodním sloupci se nevyskytoval ani květ vláknitých sinic. Na Hostivaři převládaly vláknité sinice, které nevytváří kolonie (*Planktothrix agardhii*, různé vločky netvořící taxony rodu *Aphanizomenon*, *Raphidiopsis* a tenké vláknité sinice rodu *Pseudanabaena*). Chlorofyl-a byl na Hostivaři ve dnech 4.9.2008, 22.7.2009 a 11.8.2009 variabilní především v důsledku výskytu Cryptophyt (viz graf 7, 11, 15). Píky jejich množství a křivka chl-a u odběrových míst mají zřejmou souvislost, počet jedinců Cryptophyt na jednotku chl-a má v regresi dne 4.9.2008  $R^2 = 0,92$ , dne 22.7.2009  $R^2 = 0,97$ , dne 11.8.2009  $R^2 = 0,90$  (viz graf 8,12,16). Dne 20.8.2008 není korelace zřejmá, na koncentraci chlorofylu-a se podílely Cryptophyta spolu s vláknitými sinicemi,  $R^2=0,30$  (viz graf 3 a 4). Sladkovodní druhy Cryptomonad v nádrži vykazují diafototaxi (orientují se kolmo na směr světelného záření) ovlivněnou UV radiací (Häder et al., 1990). Jejich nejsilnější nahromadění na různých odběrových místech na Hostivaři by vypovídalo o diafototaxi a/nebo aktivním pohybu za živinami. Hodnocení Povodí Vltavy (Internet 8) uvádí, že koncentrace obsahu fosforu v nádrži Hostivař kolísají dle vlivu polohy odběrové lokality v rozmezí 0,05 – 0,25 mg.l<sup>-1</sup>, jim odpovídají koncentrace chlorofylu-a typické 50 – 100 µg.l<sup>-1</sup> s maximy 150 – 350 mg.l<sup>-1</sup>. Počty sinicových buněk se

pohybují v rozmezí  $10^4 - 10^5$ , z pohledu koupání jsou vysoké. V rámci diplomové práce bylo zjištěno, že vláknité sinice se na přehradě vyskytují v množství řádově  $10^5$ , jsou zde v hygienicky významném množství. Menší rozdíly v množství nejsou nekorelují s rozdíly koncentrace chl-a. V roce 2007 Šimková (2009) zjistila na Hostivaři stejné druhy vláknitých sinic, které se vyskytovaly v odběrových dnech let 2008 a 2009 a také sinici *Microcystis aeruginosa*.

Na Vyžlovce byly v odběrových dnech v roce 2008 zjištěny vláknité sinice, především *Planktothrix agardhii*, který vodní květ netvořil, proto pravděpodobně byly koncentrace chl-a hodně vyrovnané a vyrovnané bylo také množství buněk v ml vzorku. V roce 2009 a 2010 byla na Vyžlovce převažujícím organismem řasa *Closterium* sp. a 10.8.2010 mnohodruhový vzorek s vyrovnanými počty buněk příslušných druhů organismů fytoplanktonu. Ačkoli přítomné řasy jsou organismy hygienicky nevýznamné, můžeme si všimnout koncentrací chl-a, kterou biomasa tvořila – byly také vyrovnané. Tyto organismy netvoří kolonie ani shluky. Maximálně byl na hladině na koupališti u břehu viditelný zelený povlak (šlem), který se netáhl daleko do nádrže. Povlak byl způsobený sinicí *Microcystis aeruginosa* a *Woronichinia* sp. v hygienicky nevýznamném množství na odběrových místech v rybníku.

Monitoring jakosti vody na více místech je pracný a náročný časově. Jednou z možností mapování sinic a vodního květu v blízké budoucnosti je použití satelitních multispektrálních čidel. Sensor MERIS (Medium Resolution Imaging Spectrometer) detekuje absorpci charakteristickou pro phycocyanin, kolem 630 nm a malý pík spektra okolo 650 nm, absorpce jsou charakteristické pouze pro sinice. Sensor je schopný rozlišit při vysokých koncentracích chlorofy-a sinice a řasy tvořící fytoplankton. Mezidruhová variabilita je snadno detekovatelná především při koncentracích chl-a  $300 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ . Zařízení bylo použito k detekci fytoplanktonu na pobřeží Baltského moře a otevřené vodě (Kutser et al., 2006). Mohlo by být

využito k detekci sinic na velkých nádržích, například na Orlické přehradě, Lipně, Liptovské Mare. Sensor by mohl ukázat na přítomnost vodního květu v zátokách a porovnat výskyt sinic u břehů rozlehlých vodních ploch. Na vybraných místech nádrží by pomocí sensoru mohlo být určeno složení fytoplanktonu.

## 4.2. Mikrobiologické indikátory

Pro hodnocení mikrobiologických ukazatelů bereme v úvahu klasifikaci podle vyhlášky 238/2001 Sb. (Anonym 2011). Za sledované období, ve kterém byly prováděny mikrobiologické rozbory, se spočítal 90. a 95. percentil. V porovnání s koupalištěm, molo 1 na Hostivaři, kde byla pro *E. coli* kvalita vody přijatelná, byla na místě molo u přítoku dobrá a na ostatních místech výborná. Pro enterokoky byla na místě koupaliště molo 1 kvalita vody výborná, na místě molo u přítoku dobrá, na ostatních místech výborná (viz tab. 31). Šimková (2009) uvádí, že koupající se mají vliv na mikrobiologické ukazatele. Na Šeberáku, kde byla zjištěna významná variabilita množství *E. coli* mezi jednotlivými odběrovými místy, byla kvalita vody na koupališti molo pro *E. coli* a enterokoky výborná, zatímco na místech nuda jih výběžek a nuda sever byla kvalita vody pro *E. coli* dobrá, na zbývajících místech výborná, pro enterokoky na hrázi dobrá, na nuda jih výběžek a nuda sever přijatelná a na nuda střed výborná (viz tab. 32). Levenův test prokázal významnou variabilitu dat u *E. coli* na Šeberáku. Na Vyžlovce byla kvalita vody pro *E. coli* na místě koupaliště molo dobrá, pro enterokoky výborná. Nevyhovující byla u výtoku z trubky, toto místo ale není místem koupacím. Rozdíly byly mezi místem levý plot – pro *E. coli* a enterokoky výborná a místem pravý plot – pro *E. coli* a enterokoky dobrá. Tato místa jsou od sebe vzdálena asi 100 m. Pro *E. coli* byla kvalita vody na odběrových místech mezi školkami a naproti koupališti výborná, pro enterokoky na místě mezi školkami dobrá, naproti koupališti výborná (viz tab. 33). Na Hostivaři a na



Šeberáku, kde byla stanovována *E. coli* prakticky na místě přítoku, byla kvalita vody pro tento ukazatel dobrá. Pokud je možné srovnávat tato přítoková místa s přítoky řek na Gibraltar do moří, je možné uvést, že Garrido-Pérez et al. (2008) z 18 odběrových míst na pobřeží v délce větší než 140 km zjišťují nejvyšší koncentrace fekálních koliformů (dále jen jako FC) a *Clostridium perfringens* v ústí řek. Na plážích pak v místech s nízkou obnovou vodní masy a vysokého nahromadění jemných sedimentů. Autoři zjistili významnou korelaci mezi koncentracemi FC v sedimentech a FC ve vodě proprané v koupací zóně. Část FC přítomných v sedimentech migruje do vodního sloupce. Bergstein Ben-Dan et al. (2001) studovali společenství bakterií v kontaktní zóně řeky Jordan a jezera Kinneret v Izraeli. Změny v počtech tří skupin bakterií (FC, *E. coli* a *Klebsiella pneumoniae*) podél silného proudu souhlasily se změnami v koncentraci suspendovaných částic vzniklých sedimentací částic.

Množství fekálních indikátorů v písku a sedimentu a ve vodním sloupci si všimli Alm et al. (2003). Výskyt fekálních indikátorů na několika místech sladkovodních pláží podobného složení písku a sedimentu, kam šplouchala voda v porovnání těchto indikátorů vyskytujících se ve vodním sloupci byl určen na základě jednotky hmotnosti. Hlavní výskyt enterokoků a *E. coli* byl 3-38x vyšší v hloubce 20cm ve střední části mokrého písku než ve vodním sloupci. *E. coli* byla 4x více početnější ve vodě v porovnání s enterokoky, ale počet obou indikátorů v písku byl podobný.

Rozdíly v množství fekálních indikátorů lze hodnotit také z hlediska zjištěné hodnoty NOAEL – hodnota nejvyšší dávky, která ještě nezpůsobila v organismu negativní odezvu (Wiedenmann et al., 2006), která je pro *E. coli* 100 MPN/100 ml, pro enterokoky 25 KTJ/100 ml. Model Kay et al. (1994) zjištěný na koupajících se v moři stanovuje prahovou výrazného vzrůstu rizika gastroenteritid hodnotu pro enterokoky 33 KTJ/100 ml vzorku vody. V rámci odběrového dne vidíme u jednotlivých odběrových míst u *E. coli* i enterokoků řádově stejné hodnoty s výkyvy v řádu hodnot množství indikátorů mezi jednotlivými odběrovými dny.

Dne 10.8.2010 po deštivých dnech byla na odběrových místech podél celého Vyžlovského rybníka hodnota *E. coli* 500 – 700 MPN/100 ml, u výtoku z trubky na koupališti hodnota nad 2419,2 MPN/100ml (viz tab. 8), ale je to ústí drenážního svodu ze zahrad a polí nad koupalištěm, zatímco do rybníka spláchla dešťová voda hnojenou zemědělskou půdou, půdou s opadem z lesa, sedimenty, bahnitou půdou. Hodnoty byly vysoké, vyrovnané. Hodnoty enterokoků byly naopak nízké (4 – 12 KTJ/100ml, u výtoku z trubky 22 KTJ/100 ml, viz tab. 9), možné je, že důvodem byla nepřítomnost koupajících se a během deště také koní v lese u rybníka. Vysoké hodnoty *E. coli* si deštěm můžeme vysvětlit, vliv dešťových srážek na mikrobiální znečištění vody zjistili Bartram et al. (2000). Velké rozdíly v množství fekálních indikátorů na místech vzdálených do 100m od sebe bychom mohli vysvětlit jejich uvolňováním z pobřeží (písku, bahna, sedimentů). Na všech lokalitách vyšším hodnotám množství *E. coli* v rámci odběrového dne odpovídaly vyšší hodnoty enterokoků s výjimkou dne 10.8.2008 na Vyžlovce, kdy v rozvodněném rybníku byla vysoká hladina množství *E. coli* a nízká hladina množství enterokoků.

Davis et al. (2005) zjistili malé horizontální rozdíly v množství fekálních indikátorů na 14 odběrových místech v jezeru Canyon Lake v Jižní Carolině, USA a silný vertikální gradient množství *E. coli* a enterokoků (10x větší množství fekálních indikátorů pod termoklinou ve srovnání s povrchovým množstvím), zatímco množství celkových bakterií, celkových virů a celkových koliformních bakterií se s hloubkou neměnilo. Autoři zaznamenali také sezonní změny v množství fekálních indikátorů.

## 5. ZÁVĚR

V této práci byla variabilita koncentrace chlorofylu-a mezi jednotlivými odběrovými místy na hranici statistické významnosti na Hostivaři, mikroskopický obraz ukázal, že rozdíly v koncentraci chl-a odpovídají rozdíly v počtu jedinců *Cryptomonad* a vláknité sinice, které byly v hygienicky významném množství, nemají statisticky významné variability v počtech buněk mezi odběrovými místy.

Na Šeberáku nebyla prokázána statistická významnost variabilit koncentrací chl-a a počtu buněk hygienicky významných organismů fytoplanktonu. V některých odběrových dnech se tyto hodnoty lišily 2 – 3 násobně na jednotlivých odběrových místech.

Na Vyžlovce byly koncentrace chl-a vyrovnané.

Rozdíly mezi kvalitou vody zjišťovanou provozovatelem u mola a ostatními odběrovými místy byly na Hostivaři a Šeberáku výrazné. Na Šeberáku u kokálních *Microcystis* sp. byl příčinou pravděpodobně vodní květ, který se hromadí na hladině a může být přesouván větrem, u *Aphanizomenon flos-aquae* je květ rozptýlen více ve vodním sloupci, vítr zde může také hrát roli spolu s proudy v nádrži.

Variabilita jakosti vody mikrobiologického charakteru byla statisticky prokázána na Šeberáku u *E. coli*. Co se týká jednotlivých odběrových míst a mola, kde zjišťuje kvalitu vody provozovatel, kvalita vody se liší během sledovaného období na některých odběrových místech na všech lokalitách. Příčinou mohou být koupající se, vodní ptáci, hospodářská zvířata, uvolňování fekálních indikátorů ze sedimentů. Dešťové epizody zvýší množství *E. coli* pravděpodobně plošně.

Lze tedy říci, že jednotlivá odběrová místa se ve sledovaných indikátorech jakosti vody mohou lišit, rozdíly mezi molem a ostatními odběrovými místy byly zjištěny v koncentraci chl-a dvojnásobné až trojnásobné, u fekálních indikátorů několikanásobně až řádově. U fekálních indikátorů výrazné rozdíly vznikají také mezi místy, které jsou ve vzdálenosti i 70 – 100 m

od sebe.

Konkrétnější závěry pro fytoplankton by bylo možné učinit změřením koncentrace chl-a, N a P na Hostivaři (větší nádrže, kde můžeme heterogenitu koncentrace P již předpokládat) provedením mikroskopického obrazu a zjištěním převládajícího směru větru a intenzity větru alespoň 5 hodin před odběrem. Pro mikrobiologickou jakost vody sledováním počtu koupajících se návštěvníků, cíleným sledováním abundance mikrobiologických indikátorů těsně po dešti a mapováním stékání ronů z okolní krajiny (les, pole, zahrady), zjištěním míst, kterými fekální indikátory přitékají (přítoky rybníků, na Vyžlovce výtok z trubky na koupališti).

Způsob snížení množství sinic není předmětem této práce, ale přímo souvisí s ovlivněním kvality vody a s limity počtu buněk sinic v souladu s legislativou. V tomto ohledu bych ošetření nádrže chemickými přípravky nedoporučovala vzhledem k přírodnímu ekosystému v nádrži, ale také vzhledem k tomu, že z nádrže voda dále protéká krajinou. Přírodní koupaliště v urbanizované krajině tvoří ekologický celek. Fytoplanktonní organismy v něm mohou žít v kompetici (*Microcystis* sp. a *Scenedesmus* sp. v koupací sezoně v letech 2008 a 2009 na Šeberáku) nebo v jiných vztazích, s ostatními organismy tvoří trofické řetězce. Snížila bych úživnost rybníků, především bych upravila účinnost ČOV. Splachy z polí budou mít pravděpodobně nadále vliv na eutrofizaci rybníků.

Na Hostivaři a Vyžlovce by stačila odebírat jako doposud voda z mola, na Šeberáku by stálo za úvahu přidat odběrové místo na nuda pláži, vzhledem k hromadění vodního květu na nuda sever.

## 6. PŘEHLED CITOVANÉ LITERATURY

Alm, E.W., Burke, J., Spain A. (2003) Fecal indicator are abundant in wet sand at freshwater beaches. *Water Research* 37: 3978 – 3982

Anonym (1976) – 76/160/EHS – Směrnice rady o jakosti vod pro koupání

Anonym (1996) – ČSN ISO 10260 (75 7575) – Jakost vod. Měření biochemických ukazatelů. Spektrofotometrické stanovení koncentrace chlorofylu-a

Anonym (2001) – ČSN EN ISO 7899-2 (757831) – Jakost vod. Stanovení intestinálních enterokoků – Část 2: Metoda membránových filtrů

Anonym (2004) – Vyhláška č. 135/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch

Anonym (2004) – Vyhláška 391/2004Sb. o rozsahu údajů v evidencích stavu povrchových a podzemních vod a o způsobu zpracování, ukládání a předávání těchto údajů do informačních systémů veřejné správy

Anonym (2005) – ČSN 75 7712 – Jakost vod – Biologický rozbor – Stanovení biosestonu

Anonym (2006) – Directive 2006/7/EC of the European parliament and of the council, concerning the management of bathing water quality and repealing Directive 76/160/EEC

Anonym (2007) – ČSN EN ISO 5667-1 (757051) – Jakost vod – Odběr vzorků – Část 1:  
Návod pro návrh programu odběru vzorků a pro způsoby odběru vzorků

Anonym (2008) – ČSN 75 7717 – Jakost vod. Stanovení planktonních sinic

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

Backer L.C., McNeel, S.V., barber, T., Kirkpatrick, B., Williams, Ch., Irvin, M., Zhou, Y.,  
Johnson, T.B., Nierenberg, K., Aubel, M., LePrell, R., Chapman, A., Foss, A., Corum, S.,  
Hill, V.R., Kieszak, S.M., Cheng, Y.-S. (2010) Recreational exposure to microcystins during  
algal blooms in two California lakes. *Toxicon* 55: 909 – 921

Bartram, J., Rees, G., (ed.) (2000) *Monitoring Bathing Waters – A Practical Guide to the  
Design and Implementation of Assessments and Monitoring Programmes*. E. & FN Spon,  
London. 311 str.

Batista, T., de Sousa, G., Strupi Suput, J., Rahmani, R., Šuput, D. (2003) Microcystin-LR  
causes the collapse of actin filaments in primary human hepatocytes. *Aquatic Toxicology* 65:  
85 – 91

Bergstein Ben-Dan, T., Shteinman, B., Kamenir, Y., tzhak, O., Hochman, A. (2001)  
Hydrodynamical effect on spatial spatial distribution of enteric bacteria in the Jordan River –  
Lake Kinnert contact zone. *Water Research* 35: 311 – 314

Chen, F.-Z., Song, X.-L., Hu, Y.-H., Liu, Z.-W., Qin B.-Q. (2009) Water quality improvement and phytoplankton response in the drinking water source in Meiliang Bay of Lake Taihu, China. *Ecological Engineering* 35: 1637 – 1645

Davis, K., Anderson, M.A., Yates, M.V. (2005) Distribution of indicator bacteria in Canyon Lake, California. *Water Research* 39: 1277 – 1288

Doležal, M. (2011) vodohospodářský odbor MČ Praha 4 – Kunratice – ústní sdělení

Garrido-Pérez, M.C., Anfuso, E., Acevedo, A., Perales-Vargas-Machuca, J.A. (2008) Microbial indicators of faecal contamination in waters and sediments of beach bathing zones. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 211: 510 – 517

Häder, D.-P., Häder, M. (1990) Effects of UV radiation on motility, photo-orientation and pigmentation in a freshwater *Cryptomonas*. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 5: 105 – 114

Hense, I., Beckmann, A. (2006) Towards a model of cyanobacteria life cycle—effects of growing and resting stages on bloom formation of N<sub>2</sub>-fixing species. *Ecological Modelling* 195: 205 – 218

Ibelings, B.W., Bruning, K., de Jonge, J., Wolfstein, K., Dionisio Pires, L.M., Postma, J., Burger, T. (2005) Distribution of Microcystins in a Lake Foodweb: No Evidence for Biomagnification. *Microbial Ecology* 49: 487 – 500

Internet (1) <http://www.ceska-koupaliste.cz>

Internet (2) [www.sinicearasy.cz/134/Cyanobacteria](http://www.sinicearasy.cz/134/Cyanobacteria)

Internet(3) <http://www.sinice.cz/res/file/docs/microcystis-morfotypy.pdf>

Internet (4) <http://www.vody.cz/products/colilert/index.html>

Internet (5) <http://www.hygpaha.cz>

Internet (6) <http://www.vody.cz/products/refs/096323501.pdf>

Internet (7) <http://www.vyzlovka.cz/obec/kultura-volny-cas-a-sport/plaz-koupaliste-vyzlovka>.

Internet (8) <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/povrchove-vody-vyuzivane-ke-koupani/povodi-vltavy-statni-podnik/povodi-dolni-vltavy/>

Internet (9) <http://www.mapy.cz>

Internet (10) <http://www.hostivarskaprehrada.cz>

Internet (11) <http://www.seberak.cz>

Jiang, Y., Ji, B., Wong, R.N.S., Wong M.H. (2008) Statistical study on the effects of environmental factors on the growth and microcystins production of bloom-forming cyanobacterium – *Microcystis aeruginosa*. Harmful Algae 7: 127 – 136



Kalinová, M. a kol. (2009) Profil vod ke koupání jeho náplň a popis. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, veřejná výzkumná organizace Praha. 84 str.

Kaufman, J. (2008) Koupání a riziko úrazů a tonutí. Hygiena 3, ročník 53: 112 – 113

Kay, D., Fleisher, J.M., Salmon R.L., Jones, F., Ster M.D., Godfree A.F., Zelenauch-Jacquotte, Z., Shore R. (1994) Predicting likelihood of gastroenteritis from sea bathing: results from randomised exposure. Lancet 344: 905 – 909

Komárek, J., Komárková J. (2008) Výskyt a šíření planktonních sinic v ČR. Sborník konference Cyanobacterie 2008, Centrum pro cyanobacterie a jejich toxiny, Botanický ústav AV ČR, Průhonice

Kutser, T., Metsamaa, L., Strömbeck, N., Vahtmäe, E. (2006) Monitoring cyanobacterial blooms by satellite remote sensing. Estuarine, Coastal and Shelf Science 67: 303 – 312

Ledreux, A., Thomazeau, S., Catherine, A., Duval, C., Yéprémian, C., Marie, A., Bernard, C. (2010) Evidence for saxitoxins production by the cyanobacterium *Aphanizomenon gracile* in a French recreational water body. Harmful Algae 10: 88 – 97

Maršálek, B. (2003) Dva příklady „českoevropské“ legislativy v oblasti povrchové a pitné vody. Biologické ukazatele a metody v platné a připravované legislativě. Sborník. 54 str.

Maršálek, B., Bláha, L., Bláhová, L., Babica., P. (2005) Management and regulation of the cyanobacteria and cyanotoxins. In Current approaches to cyanotoxin risk assessment, risk

management and regulations in different countries. Federal Environmental Agency, (Umweltbundesamt), Dessau, Germany. str. 37 – 39

Maršálek, B., Bláha, L., Babica, P., Adamovský, O., Kohoutek, J., Bláhová, L., Maršálková, E., Sukačová, K., Feldemannová, M. (2006) The system for komplex monitoring of toxic cyanobacteria in the Czech republic reservoirs. The 5th International Conference on Reservoir Limnology and Water Quality, 30.8.2006. Centre for Cyanobacteria and their Toxins, Kamenice, Brno

Okada, M., Aiba, S. (1983) Simulation of water-bloom in a eutrophic lake—III. Modeling the vertical migration and growth of *Microcystis aeruginosa*. *Water Research* 17: 883 – 893

Okada, M., Aiba, S. (1986) Simulation of water-bloom in a eutrophic lake—IV Modeling the vertical migration in a population of *Microcystis aeruginosa*. *Water Research* 20: 485 – 490

Onderka, M. (2007) Correlations between several environmental factors affecting the bloom events of cyanobacteria in Liptovska Mara reservoir (Slovakia)—A simple regression model. *Ecological Modelling* 209: 412 – 416

Ozawa, K., Fujioka, H., Muranaka, M., Yokoyama, A., Katagami, Y., Homma, T., Ishikawa, K., Tsujimura, S., Kumagai, M., Watanabe M.F., Park H.-D. (2005) Spatial distribution and temporal variation of *Microcystis* species composition and microcystin concentration in Lake Biwa. *Environmental Toxicology* 3: 270 – 276

Pobel, D., Robin, J., Hubert, J.-F. (2011) Influence of sampling strategies on the monitoring of cyanobacteria in shallow lakes: Lessons from a case study in France. *Water Research* 45: 1005 – 1014

Preußel, K., Stüken, A., Wiedner, C., Chorus, I., Fastner, J. (2006) First report on cylindrospermopsin producing *Aphanizomenon flos-aquae* (Cyanobacteria) isolated from two German lakes. *Toxicon* 47: 156 – 162

Pumann, P., Chlupáčová, M., Kožíšek, F. (2008) Zdravotní a hygienická rizika z přírodních koupacích vod. *Hygiena* 3, ročník 53: 102 – 107

Pumann, P., Pouzarová, T. (2009) (Ne)reprodukovatelnost mikroskopického stanovení sinic. Sborník konference Vodárenská biologie: 182 – 186

Pumann, P., (2010) Oddělení hygieny vody SZÚ, Praha 10 – ústní sdělení

Reynolds, C. (2006) *Ecology of Phytoplankton*. Cambridge University Press Cambridge. 535 str.

Sládeček, V., Sládečková, A. (1996) Atlas vodních organismů se zřetelem na vodárenství, povrchové vody a čistírny odpadních vod. VŠCHT, Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, Praha Agrospoj. 350 str.

Šimková, J. (2009) Proměnlivost ukazatelů kvality vody ve vybraném přírodním koupališti. Diplomová práce, Universita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta. 69 str.

Wheeler A.L., Hartel P.G., Godfrey D.G., Hill J.L., Segars W.I. (2002) Potential of *Enterococcus faecalis* as a human source fecal indicator for microbial source tracking. *J. Environ. Qual* 31: 1286-1293

WHO (2003) Guidelines for safe recreational – water environments. WHO Geneva. 219 str.

Wiedenmann, A., Krüger, P., Dietz, K., López-Pila, J.M., Szewzyk, R., Botzenhart, K. (2006)  
A Randomized Controlled Trial Assessing Infectious Disease Risks from Bathing in Fresh  
Recreational Waters in Relation to the Concentration of *Escherichia coli*, Intestinal  
Enterococci, *Clostridium Perfringens*, and Somatic Coliphages. Environ Health Prospect 2:  
228 – 236

Wu, X., Kong, F., Chen, Y., Qian, X., Zhang, L., Yu, Y., Zhang, M., Xing, P. (2010)  
Horizontal distribution and transport processes of bloom-forming *Microcystis* in a large  
shallow lake (Taihu, China). Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters 40:  
8 – 15

Zhu, W., Wan, L., Zhao, L. (2010) Effect of nutrient level on phytoplankton community  
structure in different water bodies. Journal of Environmental Sciences 22: 32 – 39

## 7. PŘÍLOHY

**Tabulka 10:**

Hostivař 20.8.2008 - vláknité sinice rozlišené, počet buněk/ml				
	<i>Aphanizomenon</i> , <i>Planktothrix</i> , <i>Raphidiopsis</i>	<i>Pseudanabaena</i> a tenké vláknité sinice	<i>Anabaena</i>	součet počtu buněk vláknitých sinic
nuda pláž	281000	0	0	281000
koupaliště, molo 1	163429	11000	0	174429
hráz	175333	7500	834	183667
naproti koupališti	202667	18166	667	221500
výběžek	202286	16000	0	218286
naproti nuda pláži	73000	18400	2400	93800
molo u přítoku	0	0	0	0

**Tabulka 11:**

Hostivař 20.8.2008 - Cryptophyta, počet jedinců/ml			
	<i>Crypto-</i> <i>monas</i>	<i>Rhodo-</i> <i>monas</i>	Cryptophyta celkem
nuda pláž	5333	1334	6667
koupaliště, molo 1	16800	600	17400
hráz	6400	600	7000
naproti koupališti	13500	1250	14750
výběžek	5200	0	5200
naproti nuda pláži	8000	200	8200
molo u přítoku	0	0	0

**Tabulka 12:**

Hostivař 4.9.2008 - vláknité sinice rozlišené, počet buněk/ml				
	<i>Aphanizomenon,</i> <i>Planktothrix,</i> <i>Raphidiopsis</i>	<i>Pseudanabaena</i> a tenké vláknité sinice	<i>Anabaena</i>	součet počtu buněk vláknitých sinic
nuda pláž	260500	45000	0	305500
koupaliště, molo 1	328250	51750	0	380000
hráz	308333	61000	13000	382333
naproti koupališti	173250	52000	0	225250
výběžek	250000	67000	0	317000
naproti nuda pláži	240500	77750	5250	323500
molo u přítoku	218667	0	0	218667

**Tabulka 13:**

Hostivař 4.9.2008 - Cryptophyta, počet jedinců/ml			
	<i>Crypto-</i> <i>monas</i>	<i>Rhodo-</i> <i>monas</i>	Cryptophyta celkem
nuda pláž	3750	1000	4750
koupaliště, molo 1	2500	250	2750
hráz	3500	500	4000
naproti koupališti	9750	7250	17000
výběžek	3750	1750	5500
naproti nuda pláži	19250	8000	27250
molo u přítoku	8500	1500	10000

**Tabulka 14:**

Hostivař 22.7.2009 - vláknité sinice rozlišené, počet buněk/ml				
	<i>Aphanizomenon,</i> <i>Planktothrix,</i> <i>Raphidiopsis</i>	<i>Pseudanabaena</i> a tenké vláknité sinice	<i>Anabaena</i>	součet počtu buněk vláknitých sinic
nuda pláž	206750	84250	1750	292750
koupaliště, molo 1	152000	63000	5800	220800
naproti koupališti	73667	145000	1667	220334
výběžek	235750	86250	0	322000
naproti nuda pláži	249500	71000	13500	334000
molo u přítoku	96250	87000	1500	184750

**Tabulka 15:**

Hostivař 22.7.2009 - Cryptophyta, počet jedinců/ml	
nuda pláž	44900
koupaliště, molo 1	5400
naproti koupališti	5200
výběžek	19800
naproti nuda pláži	3000
molo u přítoku	14000

**Tabulka 16:**

Hostivař 11.8.2009 - vláknité sinice rozlišené, počet buněk/ml				
	<i>Aphanizomenon</i> , <i>Planktothrix</i> , <i>Raphidiopsis</i>	<i>Pseudanabaena</i> a tenké vláknité sinice	<i>Anabaena</i>	součet počtu buněk vláknitých sinic
nuda pláž	314000	712000	44333	1070333
koupaliště, molo 1	459500	563333	43000	1065833
naproti koupališti	329000	446000	18000	793000
výběžek	397000	931333	21667	1332000
naproti nuda pláži	576500	636000	41000	1253500
molo u přítoku	309600	363200	115200	788000

**Tabulka 17:**

Hostivař 11.8.2009 - Cryptophyta, počet jedinců/ml			
	<i>Crypto-</i> <i>monas</i>	<i>Rhodo-</i> <i>monas</i>	Cryptophyta celkem
nuda pláž	10571	1000	11571
koupaliště, molo 1	14400	1600	16000
naproti koupališti	4333	167	4500
výběžek	6800	600	7400
naproti nuda pláži	9600	1200	10800
molo u přítoku	2400	0	2400

**Tabulka 18:**

Šeberák 21.7.2008 – <i>Microcystis</i> sp. a <i>Scenedesmus</i> sp., počet buněk/ml		
	<i>Microcystis</i> sp.	<i>Scenedesmus</i> sp.
hráz	129000	16400
koupaliště molo	133500	21600
nuda jih výběžek	115500	19600
nuda střed	204000	12000
nuda sever	458000	18800

**Tabulka 19:**

Šeberák 21.7.2008 – fytoplanktonní řasy				
	<i>Pediastrum</i> , počet cenobií/ml	<i>Closterium</i> , počet buněk/ml	Krásivky, počet buněk/ml	
hráz	400	100	100	100
koupaliště molo	700	400	300	300
nuda jih výběžek	400	0	300	300
nuda střed	750	300	100	100
nuda sever	500	150	0	0

**Tabulka 20:**

Šeberák 4.8.2008 – <i>Microcystis ichthyoblabe</i> a <i>Scenedesmus</i> sp., počet buněk/ml		
	<i>Microcystis ichthyoblabe</i>	<i>Scenedesmus</i> sp.
hráz	279500	18100
koupaliště molo	205500	10000
nuda jih výběžek	278500	7800
nuda střed	647300	13200
nuda sever	866000	12800



**Tabulka 21:**

Šeberák 19.8.2008 – <i>Microcystis</i> sp. a <i>Scenedesmus</i> sp., počet buněk/ml		
	<i>Microcystis</i> sp.	<i>Scenedesmus</i> sp.
hráz	161600	49600
koupaliště molo	131500	31800
nuda jih výběžek	43000	32100
nuda sever	335000	47100
naproti koupališti	1687000	27000

**Tabulka 22:**

Šeberák 27.7.2009 – <i>Microcystis</i> sp. a <i>Scenedesmus</i> sp., počet buněk/ml		
	<i>Microcystis</i> sp.	<i>Scenedesmus</i> sp.
hráz	165750	53200
koupaliště molo	76800	81300
nuda jih výběžek	40600	89400
nuda střed	30000	63400
nuda sever	85600	42100

**Tabulka 23:**

Šeberák 1.9.2009 – <i>Microcystis</i> sp. a <i>Scenedesmus</i> sp., počet buněk/ml		
	<i>Microcystis</i> sp.	<i>Scenedesmus</i> sp.
hráz	164800	72900
koupaliště molo	100000	91500
nuda jih výběžek	121714	68600
nuda střed	97111	70900
nuda sever	134667	71800

**Tabulka 24:**

Šeberák 1.9.2010 – <i>Aphanizomenon flos-aquae</i> , počet buněk/ml	
hráz	8235
koupaliště molo	23400
nuda jih výběžek	94000
nuda střed	71550
nuda sever	166000

**Tabulka 25:**

Šeberák 20.9.2010 – <i>Aphanizomenon flos-aquae</i> , počet buněk/ml	
hráz	146800
koupaliště molo	58400
nuda jih výběžek	37667
nuda střed	75400
nuda sever	88300

**Tabulka 26:**

Vyžlovka 23.7.2008 – <i>Planktothrix agardhii</i> , <i>Anabaena flos-</i> <i>aquae</i> , <i>Aphanizomenon</i> sp., počet buněk/ml	
koupaliště molo	674000
přítok les před školkami	536800
naproti koupališti	508000
hráz - odtok	626400

**Tabulka 27:**

Vyžlovka 25.8.2008 – <i>Planktothrix agardhii</i> , <i>Anabaena flos-aquae</i> , <i>Aphanizomenon</i> sp., počet buněk/ml	
koupaliště molo	444667
přítok les před školkami	419333
mezi školkami	413333
hráz - odtok	535667

**Tabulka 28:**

Vyžlovka 8.7.2009 – <i>Closterium</i> sp., počet jedinců/ml	
koupaliště molo	3600
přítok les před školkami	3600
naproti koupališti	2500
hráz - odtok	3300

**Tabulka 29:**

Vyžlovka 10.8.2009 – <i>Closterium</i> sp., počet jedinců/ml	
koupaliště molo	13500
mezi školkami	12900
naproti koupališti	11200

**Tabulka 30:**

Vyžlovka 10.8.2010 – fytoplankton						
	<i>Closterium</i>	Zelená kokální řasa	<i>Crypto- monas</i>	<i>Scene- desmus</i> (buňky)	<i>Pediastrum</i> (cenobia)	Kolonie <i>Woronichinia/ Microcystis</i>
koupaliště molo	2600	2800	1100	400	300	200
mezi školkami	2300	4000	1900	800	200	100
naproti koupališti	3300	4200	300	500	100	300

**Tabulka 31: Klasifikace mikrobiologických ukazatelů na Hostivaři**

	E. coli			Enterokoky			klasifikace celková
	90. percentil	95. percentil	klasifikace pro ukazatele	90. percentil	95. percentil	klasifikace pro ukazatele	
nuda pláž	35,89	53,24	výborná	45,95	64,38	výborná	výborná
koupaliště, molo 1	740,67	2023,19	příjatelná	47,79	62,37	výborná	příjatelná
naproti koupališti	17,67	25,11	výborná	50,14	50,33	výborná	výborná
výběžek	49,90	78,12	výborná	63,89	75,87	výborná	výborná
naproti nuda pláži	212,32	319,33	výborná	94,67	126,11	výborná	výborná
molo u přítoku	675,72	767,16	dobrá	305,94	378,31	dobrá	dobrá

**Tabulka 32: Klasifikace mikrobiologických ukazatelů na Šeberáku**

	E. coli			Enterokoky			klasifikace celková
	90. percentil	95. percentil	klasifikace pro ukazatele	90. percentil	95. percentil	klasifikace pro ukazatele	
hráz	143,91	225,80	výborná	149,27	278,47	dobrá	dobrá
koupaliště molo	91,66	134,69	výborná	54,71	90,40	výborná	výborná
nuda jih výběžek	376,75	680,71	dobrá	280,52	629,86	příjatelná	příjatelná
nuda střed	168,13	277,04	výborná	40,67	71,83	výborná	výborná
nuda sever	438,71	800,41	dobrá	233,54	517,53	příjatelná	příjatelná

**Tabulka 33: Klasifikace mikrobiologických ukazatelů na Vyžlovce**

	E. coli			Enterokoky			klasifikace celková
	90. percentil	95. percentil	klasifikace pro ukazatele	90. percentil	95. percentil	klasifikace pro ukazatele	
koupaliště levý plot	177,39	313,69	výborná	58,84	81,95	výborná	výborná
koupaliště výtok trubka	1212,34	2741,48	nevyhovující	117,92	182,47	výborná	nevyhovující
koupaliště molo	294,03	577,70	dobrá	73,53	122,69	výborná	dobrá
koupaliště pravý plot	280,35	545,92	dobrá	157,32	262,53	dobrá	dobrá
mezi školkami	274,61	484,31	výborná	165,06	255,05	dobrá	dobrá
naproti koupališti	144,28	259,67	výborná	61,82	96,66	výborná	výborná

## **Seznam použitých zkratk:**

FC – Fekální koliformy

KTJ – kolonie tvořící jednotka

MPN – Mean probable number – nejpravděpodobnější počet

NOAEL – No Observed Adverse Effect Level – hodnota nejvyšší dávky,

která ještě nezpůsobila v organismu negativní odezvu

SZÚ – Státní zdravotní ústav

WHO – Světová zdravotnická organizace