

Universita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta

Ústav pro životní prostředí

Státní zdravotní ústav

**Proměnlivost ukazatelů kvality vody ve
vybraném přírodním koupališti**

Variability of water quality indicators in chosen natural
bathing pool

Jitka Šimková

Květen 2009

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně s využitím uvedené literatury a informací, na něž odkazuji. Svoluji k jejímu zapůjčení s tím, že veškeré (i přejaté) informace budou řádně citovány.

4.5.2009

Šimková

Ráda bych tímto poděkovala vedoucímu diplomové práce, panu **Mgr. Petru Pumannovi** ze SZÚ, za výborné metodické vedení a odborné konzultace, které mi poskytl při zpracování mé diplomové práce.

Dále bych chtěla poděkovat mé rodině a přátelům (jmenovitě Tereza Valchářová, Tereza Prošková, Ondra Kosejk, ale i jiní), kteří mi pomáhali při sběru dat, psychické podpoře a dílčích úkolech, kterými jsem je zahrnovala.

Práce byla z části zpracována v rámci projektu podpory vědy a výzkumu MŽP SP/2e7/58/08 „Zjištění parametrů ovlivňujících profily vod ke koupání z hlediska životního prostředí“.

Obsah

Abstrakt.....	- 3 -
Abstract.....	- 4 -
1. Úvod.....	- 5 -
1.1 Cíle diplomové práce	- 9 -
1.2 Onemocnění spojená s koupacími vodami	- 9 -
1.3 Sinice.....	- 13 -
1.4 Hodnocené ukazatele	- 18 -
1.5 Legislativa.....	- 19 -
2. Materiál a metodika	- 22 -
Výběr vhodné lokality.....	- 25 -
Použité metody.....	- 26 -
3. Výsledky	- 33 -
Počet návštěvníků	- 33 -
Počasí	- 33 -
Vodní květ a mikroskopický obraz	- 34 -
Chlorofyl-a.....	- 38 -
Průhlednost	- 39 -
Zákal	- 39 -
E. coli a koliformní bakterie	- 40 -
Enterokoky.....	- 41 -
Souvislosti mezi ukazateli.....	- 41 -
Počet lidí vs. zákal	- 42 -
Průhlednost vs. zákal	- 43 -

Počet lidí vs. enterokoky	- 44 -
Počet lidí vs. <i>E. coli</i>	- 45 -
Počet lidí vs. koliformní bakterie	- 46 -
Sinice vs. chlorofyl-a	- 47 -
Změna ukazatelů kvality vody při experimentu s vířením.....	- 49 -
Změna ukazatelů kvality vody po dešti	- 49 -
4. Diskuse.....	- 51 -
5. Závěr	- 58 -
6. Použitá literatura	- 59 -
Přílohy.....	- 64 -

Abstrakt

Odběry pro rozbor vody na přírodních koupacích vodách se odebírají ve všední den dopoledne (většinou v pondělí). Všední dny se však nevyznačují vysokou návštěvností. Moje práce se zabývá výzkumem, jakým způsobem počet lidí ovlivňuje vybrané ukazatele kvality vody, zda měření není prováděno s metodickou chybou. Jakost vody odebrané za malé přítomnosti lidí může být rozdílná než na přeplněném koupališti, lidé mohou zaprvé vnášet do vody různé mikroorganismy na svém těle, zadruhé mohou rozvířit sedimenty, čímž resuspendují mikroorganismy do vodního sloupce.

Výzkum byl prováděn na vodní nádrži Hostivař v Praze. Výsledky ukázaly, že množství koupajících se lidí pravděpodobně ovlivňuje sledované ukazatele kvality vody enterokoky a *Escherichia coli* jen nevýznamně. Významné zvýšení ukazatelů fekálního znečištění bylo naměřeno den po prudkém dešti, do dvou dnů se hodnoty snížily na běžnou hodnotu. Při žádném z měření nebyly překročeny limitní hodnoty určené legislativou.

Druhá část mého výzkumu se zaměřila na výskyt sinic během dne v horizontu 0 až 30 cm. Během dvou sledovaných sezón převládaly vláknité sinice. Změny výskytu sinic během dne byly malé a nelze zjistit, zda nelezené rozdíly byly způsobeny rozdílným výskytem sinic v jednotlivých vzorcích nebo nízkou opakovatelností metody.

Nezdá se tedy, že by díky odběru ve všední den dopoledne, byl opominut významný rizikový faktor. Přítomnost lidí statisticky významně neovlivňuje sledované ukazatele vody. Naopak množství sinic se během dne mění jen málo, takže pokud budou na Hostivaři nadále převládat vláknité sinice, bylo by možné připustit provádění odběru i v odpoledních hodinách.

Abstract

Water samplings in natural bathing waters is usually carried out before midday, (usually on Mondays), although the attendance of water bodies is not very high on weekdays. My Diploma Thesis deals with a research of the influence of number of swimgoers on the selected water quality indicators. I wanted to find out, whether the commonly used measurements contain a methodical mistake, or not. Water samples taken during low attendance can have different quality than water samples taken during a rush hour. People can either pollute water with body microorganisms, or raise sediments from the bottom, which makes organisms resuspend into a water column.

This research was carried out in Hostivař Water Reservoir, Prague. The results have shown that the number of swimgoers has only an insignificant influence on the selected water quality indicators – Enterococci and *Escherichia coli*. A significant increase in fecal pollution indicators was noticed after a heavy rain; the limits leveled off to original values in 2 days. None of the measures have noticed higher levels of pollution than the Czech laws permit.

The second part of my research was focused on appearance of cyanobacterium during day in depth 0 to 30 cm in Hostivař Water Reservoir. During two tested seasons the fibrous cyanobacterium predominated. Changes of appearance of cyanobacterium during the day are small and it is not possible to find out, if the found differences were caused by different appearance of cyanobacterium in individual samples, or by low repeatability of the method.

In conclusion, it seems that by carrying the water samples on weekday before midday, no significant risk factor is forgotten. Attendance of people statistically does not influence the selected indicators of water quality. The number of cyanobacterium changes slightly during the day, so if the filamentous cyanobacterium will still dominate in Hostivař Water Reservoir, the water samples carrying in afternoon hours could be admitted.

1. Úvod

Každé léto lidé vyhledávají osvěžení v podobě míst ke koupání. Koupat se mohou v různých typech vodních ploch. Pokud se budeme zabývat přírodními plochami, mohou to být tekoucí vody, vodní nádrže, zatopené lomy, rybníky apod. V dnešní době hrají důležitou roli bazény u rodinných domků nebo aquaparky, díky kterým klesá návštěvnost přírodních vodních ploch. Avšak stále mnoho lidí buď bazén nevlastní, anebo dává přednost přírodnímu prostředí. Dále se budu zabývat pouze těmito přírodními koupacími plochami.

Při pobytu ve vodě může však dojít ke zdravotním problémům. Mohou to být jednak onemocnění či úrazy spojené s pobytom ve vodě jako takovým – při skoku do vody, křeče či dokonce utonutí. Druhou skupinou jsou onemocnění související s kvalitou vody. V přírodních koupalištích je kvalita vody málo ovlivnitelná. Člověk může zasahovat do přírodního ekosystému, ale pouze omezeně. V souvislosti s vodou se tak děje především při snižování důsledků eutrofizace, při omezování masového rozvoje sinic produkujících cyanotoxiny. Je to proces velmi problematický, pro který neexistuje jednotný postup. Některé z mnohých postupů jsou publikovány (např. Maršálek a kol. (ed.), 2008).

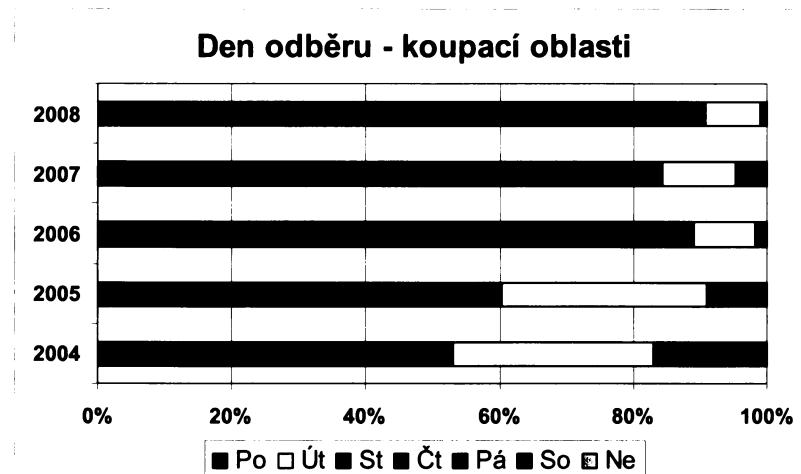
Onemocnění z vody však nemusí souviset jen se sinicemi. Podle analýzy epidemii z přírodních koupacích vod v USA (Craun a Wade, 2008) naleží etiologie nemocí nejvíce prvkům, pak bakteriím či virům. Při zvýšeném výskytu těchto zdrojů mikroorganismů se mohou onemocnění vyskytovat jak v ojedinělých případech, tak v rozsahu epidemií.

Pro eliminaci nebezpečí plynoucích z nedostatečné kvality koupacích vod je tedy potřeba pravidelná kontrola. Odběry pro zjištění kvality koupacích vod se zpravidla

provádějí ve všední den dopoledne. Tento termín není určený, avšak je dána lhůta odevzdání výsledků, a to vždy ve čtvrtek do dvanácti hodin. To musí akreditované laboratoře odevzdat zjištěné výsledky do informačního systému PiVo Ministerstva zdravotnictví ČR. Tento termín je dán pokynem hlavního hygienika ČR u odběru zajišťovaných státem (hlavní hygienik, 2006). Ty jsou prováděny na koupacích oblastech¹, rozbory jsou zajišťovny krajskými hygienickými stanicemi v naprosté většině případů prostřednictvím laboratoří zdravotních ústavů. Pokud laboratoře mají tento termín stihnout, musí provádět odběry vzorků v pondělí dopoledne, jelikož některé analýzy trvají až 48 hodin. Proto většina odběrů probíhá v pondělí. Kvalitu vody u koupališť ve volné přírodě s provozovatelem zajišťují samotní provozovatelé také u akreditovaných laboratoří (zdravotních ústavů nebo soukromých laboratoří). Na provozovatele se však nevztahuje výše uvedený pokyn hlavního hygienika. To se odráží i na dni odběru. Na grafech č. 1 a 2 vidíme rozložení odběrů od roku 2004 podle jednotlivých dnů odběru. U koupacích oblastí v posledních třech koupacích sezónách probíhaly odběry v naprosté většině právě v pondělí.

¹ Koupací oblasti jsou povrchové vody využívané ke koupání, bez provozovatele. Všechny koupací oblasti jsou vypsány ve vyhlášce č. 152/2008 Sb., kterou se mění vyhláška č. 159/2003 Sb., kterou se stanoví povrchové vody využívané ke koupání osob, ve znění vyhlášky č. 168/2006 Sb.

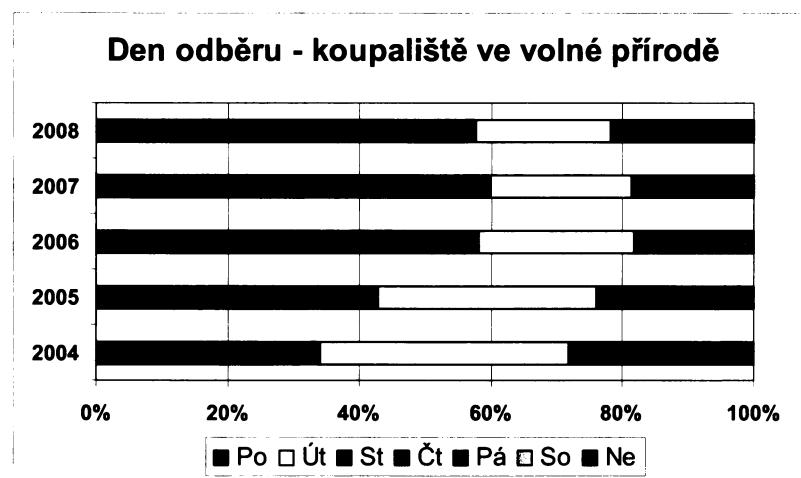
Graf č. 1 – Rozložení dnů odběrů prováděných v koupacích oblastech



Zdroj: data IS PiVo²

V případě koupališť ve volné přírodě je počet odběrů v pondělí sice nižší, je tak však stále uskutečňován za poslední tři roky ve více jak 50 %. Do devadesáti procent doplňují odběry v úterý a středu.

Graf č. 2 – Rozložení dnů odběrů prováděných v koupalištích ve volné přírodě



Zdroj: data IS PiVo

² IS PiVo - Informační systém pitná voda (neveřejná internetová databáze k ukládání a hodnocení dat z monitorování pitných a koupacích vod)

Odběry se obvykle uskutečňují mezi 6. – 11. hodinou, což je požadavek metodické normy pro stanovení a odběr planktonních sinic (Anonym, 2004; Anonym, 2008). Do metodické normy byl požadavek zařazen především kvůli dennímu rytmu sinic rodu *Microcystis*. V této době se sinice nejvíce vyskytují u hladiny, během dne počet sinic v hladinové vrstvě klesá, aby v noci a k ránu opět vzrostl.

Otázkou je, zda při tomto způsobu odběru míra znečištění koupacích vod je či není ovlivněna množstvím koupajících se lidí. Ve všední den dopoledne (nejčastější den odběru je pondělí) se všeobecně na koupalištích nevyskytuje moc lidí, kdežto víkend je vždy nejnavštěvovanější část týdne. Je či není v systému odběrů pro kontrolu kvality vody systematická chyba? Je kvalita vody jiná, pokud se v odebírané vodě koupe menší či větší množství lidí? Jak závisí kvalita vody na množství koupajících se lidí, bude hlavní předmět zkoumání mé diplomové práce. Sledovat budu především indikátory fekálního znečištění.

Druhá část se bude zabývat chováním sinic během dne. Jak už bylo řečeno, sinice mají určitý denní rytmus, ve kterém se pohybují vertikálně ve vodním sloupci. Otázkou je, zda na VN Hostivař, kde se obvykle vyskytují především jiné sinice než *Microcystis*, je nutné striktně dodržovat předepsanou dobu odběru. Mým cílem tedy bude zjistit rozdíly ve výskytu sinic ve vzorcích odebraných standardním způsobem v průběhu dne.

1.1 Cíle diplomové práce

Stanovila jsem si dva cíle mé práce:

- 1. Ověřit, jak koupající se lidé ovlivňují výskyt indikátorů fekálního znečištění.**
- 2. Ověřit, zda je důležité na nádrži přírodního typu dodržovat dobu odběru kvůli dennímu pohybu sinic.**

1.2 Onemocnění spojená s koupacími vodami

Pravidelné kontroly kvality koupacích vod mají svůj účel. Tím je ochrana obyvatel před nemocemi, které by mohla nekvalitní voda vyvolat. Jak již bylo zmíněno, původci nemocí mohou být různí prvoci, viry či bakterie, avšak onemocnět můžeme i z toxinů sinic či z chemikalií (Craun a Wade, 2008). Mezi nejčastější onemocnění, která byla zjištěna při epidemiích z rekreačních vod v USA v letech 1995 – 2004 (Craun a Wade, 2008), patří například gastrointestinální onemocnění (65% z 212 epidemií), dále kožní onemocnění (15 %) nebo akutní respirační onemocnění (4%). Toto jsou však jen onemocnění, které byly příčinou epidemii. Nenahlášených nemocí může být mnohem více.

Co se týká epidemií v České republice, zde jsou informace strohé. V letech 1995 až 2005 zde bylo evidováno celkem 33 epidemií, avšak pouze jedna epidemie souvisela s koupáním, a to konkrétně s koupáním v umělém bazénu – vířivce (Kožíšek a

kol., 2008). Situace v našich krajích je tedy zdánlivě klidná, ale nevíme, kolik epidemií uniká pozornosti. O jednotlivých přídech ani nemluvě.

Existují různé zdroje, ze kterých se do vody dostávají patogenní látky. Kontaminace může pocházet z odpadních vod z lidských sídel, domácích i volně žijících zvířat, a také ze samotných koupajících se osob. I když Světová zdravotnická organizace (WHO – World Health Organization) sice považuje koupající se osoby za méně významný zdroj znečištění, při analýze epidemií z koupacích vod v USA se ukázalo, že nejvíce jich způsobili právě lidé, kteří měli přímý kontakt s vodou (Pumann a kol., 2008).

Studie (Gerba, 2000) uvádí konkrétní čísla o vnosu organismů fekálního původu koupajícími se lidmi. Průměrné množství fekálních materiálů uvolněných jedním člověkem do vody (jedná se o smývání, ne únik stolice) je 0,14 g. Přitom maximum může být až 10 g na osobu. Koncentrace střevních prvoků ve stolici nakažených osob se může pohybovat v rozpětí od 10^5 do 10^7 na gram, oproti tomu koncentrace střevních virů ve stolici může být 10^5 až 10^{12} na gram. Největší vnos střevních mikroorganismů při kontaktu infikované osoby s vodou probíhá během prvních 15 minut.

Podobný výzkum je publikován v (Elmir a kol., 2007). Zde se však zaměřili na mořské prostředí, na vnos enterokoků a *Staphylococcus aureus* (zlatého stafylokoka) jednak přímo pokožkou plavců jednak nepřímo prostřednictvím písku, který se na kůži přilepil. Výzkum probíhal paralelně na dvou studiích. První - „Studie ve velkém bazénu“ – zkoumala vnos bakterií do vody, druhá „studie v malém bazénu“ zkoumala navíc vliv plážového písku na tělech dobrovolníků. Výsledky první studie ukázaly, že plavci uvolnili během prvních 15 minut expozice 6×10^5 KTJ (= kolonie tvořící jednotka) enterokoků na osobu a 6×10^6 KTJ zlatých stafylokoků na osobu. Při dalším smočení byl pozorován pokles množství bakterií o 50 % (enterokoky)

a o 40 % (stafylokoky). Výzkum malého bazénu ukázal, že příspěvek enterokoků uvolněných z písků byl nízký (kolem 2% celku) v porovnání s množstvím uvolněným přímo z těl dobrovolníků. Plavci tedy transportují do vody významné množství těchto dvou zkoumaných bakterií.

Potencionální fekální kontaminaci ve vlnami omývaném písku na veřejných koupalištích řeší Alm a kol. (2003). Zjišťuje, že výskyt enterokoků a *E. coli* v dvacetcentimetrové vrstvě mokrého písku je 3 – 38 x vyšší než ve vodním sloupci. Obecně enterokoky byly nejpočetnější v 5-10 cm vrstvě písku a *E. coli* v 0-5 cm vrstvě písku.

Kromě vstupu patogenních látek do vody pomocí koupajících se lidí byl studován i vnos těchto látek do vody jinou cestou. Le Fevre a Levis (2003) ve své práci publikují, že resuspenze enterokoků ze sedimentů na dně u pláže může být zdrojem uvolnění bakterií zpět do vodního sloupce. Tímto způsobem může dojít k překročení limitů kvality vody. V (Bartram a Rees (ed.), 2000) je popsán vliv srážek na indikátory fekálního znečištění. Při dešti mohou být zdroji tohoto znečištění např. zvířecí znečištění smyté z okolní krajiny nebo přetížení čistíren odpadních vod. Zvýšení hodnot enterokoků při popsaném výzkumu obvykle trvalo 1 – 2 dny, než se hodnoty vrátily do normálu.

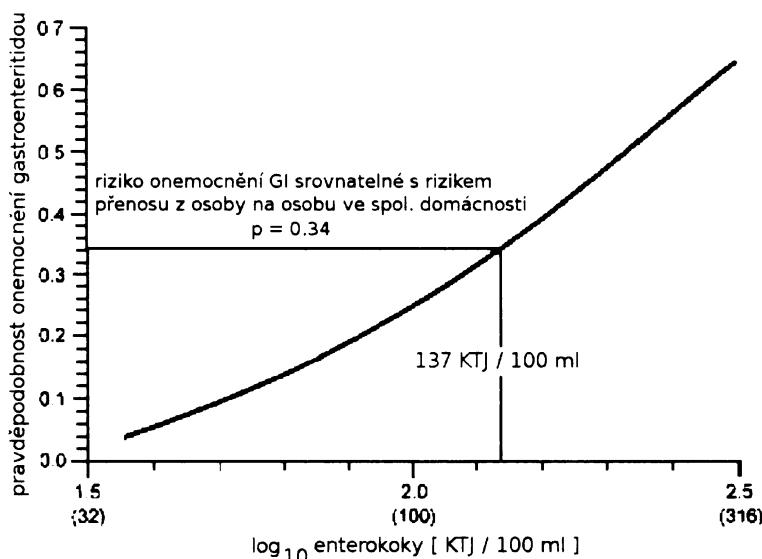
Graczyk a kol. (2007) studovali vliv koupajících se lidí na mikrobiální zatížení rekreačních vod. Zaměřují se konkrétně na spory mikrosporidií. Zjišťují, že počet koupajících se lidí, úroveň zákalu, koncentrace spor a převaha vzorků s pozitivními hodnotami spor jsou významně vyšší u vzorků z víkendů než u vzorků ze všedních dnů. Tento mechanismus tedy může působit jako plošný zdroj kontaminace rekreačních vod sporami *Enterocytozoon bieneusi*. Resuspenze spodních sedimentů způsobená koupajícími se projevuje ve zvýšených hodnotách zákalu. Protože v odběrových dnech

(celkem 60) byly všechny indikátory fekálního znečištění v hodnotách pod limitem stanoveným pro bezpečné koupání, přináší studie vědecké pochybnosti o spolehlivosti bakteriálních indikátorů. Zvýšený výskyt parazitických prvků *Cryptosporidium parvum* a *Giardia lamblia* a zákalu za zvýšené návštěvnosti o víkendu oproti všedním dnům je zjištěn i v další studii (Sunderland a kol., 2007).

Pochybnosti o vhodnosti tradičních fekálních indikátorů přináší i studie (Colford a kol., 2006). Autoři studiovali početnou skupinu návštěvníků pláže v Kalifornii (témař 9000 lidí). Vzorky vody byly hodnoceny na bakteriální indikátory (enterokoky, fekální koliformní bakterie a celkové koliformní bakterie), dále nový bakteriální indikátor (*Bacteroides*) a viry (colifágy, adenoviry, novoviry). Zjistilo se, že jedinými symptomy vyskytujících se hojněji u lidí, kteří se koupali, než u nekoupajících se, byly průjmy a kožní vyrážky. Tyto však nebyly spojeny s žádným s tradičních ukazatelů. Je zde tedy potřeba alternativních indikátorů.

Vhodnost enterokoků jako indikátor fekálního znečištění ukazuje graf č. 3 publikovaný v (Bartram a Rees (ed.), 2000). Zde je vidět závislost množství enterokoků na pravděpodobnosti onemocnění gastroenteritidou, což je jedno z nejčastějších onemocnění souvisejících s koupacími vodami.

Graf č. 3 – Křivka citlivosti stoupající dávky enterokoků na pravděpodobnosti onemocnění gastroenteritidou. Získáno z britské studie mořských vod.



Wiedenmann a kol. (2006) stanovili ve své studii, kterou prováděli v Německu na 5 sladkovodních koupalištích, hodnotou NOAEL³ vybraných mikrobiologických ukazatelů. Pro nás jsou významné dva. A to enterokoky a *E. coli*, oba indikátory sledují ve své práci. Bezpečná hodnota neboli hodnota NOAEL pro *E. coli* byla stanovena jako 100 KTJ/ 100 ml., pro enterokoky 25 KTJ/100 ml.

1.3 Sinice

Sinice, neboli cyanobakterie, jsou autotrofní prokaryotické organismy s jednobuněčnou nebo vláknitou stélkou. Sinice mají fotosyntézu rostlinného typu, spojenou s produkcí kyslíku. Fotosyntetické pigmenty (chlorofyl α, β-karoten,

³ NOAEL - No Observed Adverse Effect Level - hodnota nejvyšší dávky, která ještě nezpůsobila v organismu negativní odezvu

xantofily a fykobiliny) jsou obsaženy v thylakoidech volně prorůstajících plazmou. Četné sinice mají schopnost fixovat plynný dusík a redukovat jej na amonné soli (Kalina, 2001).

Sinice se vyskytují téměř všude. Můžeme je najít např. ve vodě, v půdě, na vlhkých skalách nebo v symbióze s jinými organismy (např. v lišejnících). Výjimkou nejsou pochopitelně ani sladké vody. Eutrofizace má za následek nadměrný rozvoj těchto organismů. Může vznikat tzv. vodní květ, který působí mnoho potíží. Pokud se zaměříme na vodní plochy, které jsou v létě využívány ke koupání, jsou sinice a jejich vodní květ velmi sledovaným a diskutovaným pojmem. V České republice jsou pravidelně od roku 2001 v létě odebírány vzorky z několika desítek rekreačních a vodárenských přehrad. Za první tři roky byly vodní květy opakovaně zjištovány v 70 až 80 % případech (Znachor, 2003). Některé sinice mohou ve svých buňkách vytvářet různé toxiny (cyanotoxiny). Cyanotoxiny můžeme rozdělit podle účinku do několika skupin, např. hepatotoxiny, neurotoxiny, imunotoxiny a imunomodulanty, mutageny a hemotoxiny, embriotoxiny, cytotoxiny a dermatotoxiny (Mašálek¹, 2004). Toxiny sinic mohou přímo vyvolat tři hlavní skupiny onemocnění: poruchy zažívacího traktu, alergické reakce – respirační a kontaktní dermatitidy a onemocnění jater. Často jsou však jako primární funkce onemocnění uváděny jiné příčiny. Např. pacienti trpící poruchami jater často pozorují zhoršení zdravotního stavu po kontaktu s vodním květem a cyanotoxiny, obdobně jako zhoršení akutního stavu pozorují astmatici a ekzematici (Maršálek², 2004). Nejčastěji se setkáváme s hepatotoxiny. Sem patří i nejčastěji u nás i ve světě studované peptidové toxiny microcystiny.

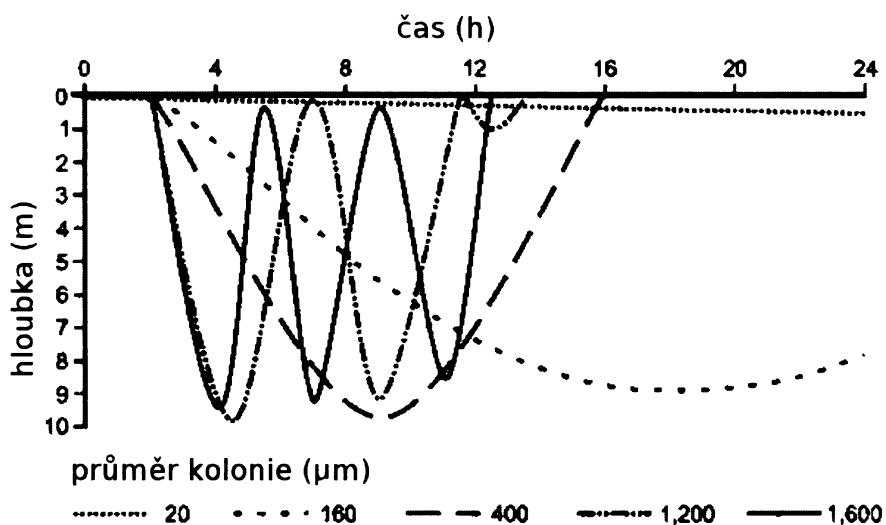
Cyanotoxiny jsou jedním z důvodů, proč se nedoporučuje kontakt s vodou, kde se sinice ve větší míře vyskytují. Jsou popsány případy, kdy po pobytu ve vodě s vodním květem nebo po požití vody s kontaminované cyanotoxiny exponovaní lidé

onemocněli na následky kontaktu s toxiny sinic (např. Chorus a Bartram, 1999; WHO a EU, 2002; Steward a kol., 2006).

Planktonní sinice (se schopností tvořit vodní květ) mají ve svých buňkách plynové vezikuly agregované v rozsáhlé aerotopy. Stěna plynových vezikul je tvořena glykoproteinovými molekulami a je propustná pro všechny plyny rozpustné ve vodě (Kalina, 2001). Tento systém umožňuje sinici regulovat svou polohu ve vodním sloupci. Při naplnění plynových vezikul plynem se sinice nadlehčí a může stoupat vzhůru, do vrstev těsně pod povrchem hladiny. Aby začala opět klesat, začne buňka vytvářet uhlovodíky, které působí jako zátěž (Chorus a Bartram, 1999). Kolonie planktonních sinic regulací vzplývavosti získávají kompetiční výhodu při boji o světlo nad druhy, které tuto schopnost nemají (Ibelings a kol, 1991). Plyn vydrží v plynových vezikulách pouze do určitého tlaku. Při dosažení kritické hodnoty se vezikula zhroutí. Hodnota kritického tlaku závisí především na velikosti (průměru) vezikuly, která se liší podle typu sinice. Bylo vyzkoumáno, že v hlubších jezerech jsou vezikuly úzké a odolnější vyššímu tlaku, v mělkých jezerech jsou vezikuly široké, s vyšším průměrem, avšak odolají nižšímu tlaku (Huisman a kol. (ed.), 2005).

Frekvence vertikální distribuce je závislá na velikosti kolonie (graf č. 4). Nejmenší kolonie *Microcystis aeruginosa* migrují ve vodním sloupci velmi pomalu, čím větší průměr kolonie, tím častěji se během dne ponoří a znova plave k hladině.

Graf č. 4 – Frekvence migrace kolonií *Microcystis aeruginosa* během 24 hodin



Zdroj: Chorus a Bartram, 1999

Výzkum na dvou mělkých jezerech v Nizozemí ohledně denních změn vertikální distribuce v populaci *Microcystis* (Ibelings a kol., 1991) ukázal, že kolonie této planktonní sinice regulovaly vzplývavost méně během dne a více v noci. Při celodenním sledování bylo zjištěno, že kolonie *Microcystis* byly nejpočetnější u hladiny ve 3:00 v noci. Většina kolonií nesestoupila pod termoklinu (zde 1,5m).

Další studie zabývající se denními změnami ve vertikální distribuci fytoplanktonu v hypertrofním jezeře Kasumigaura v Japonsku (Takamura a Yasuno, 1984) zkoumá denní průběh pěti druhů. Jedná se o sinice *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena spoiroides* f. *crassa*, *Aphanizomenon flos-aquae*, rozsivky *Melosira granulata* a *Coscinodiscus lacustris*. Největší množství *Microcystis* u hladiny bylo zjištěno v 6:00 ráno, do nižších hloubek (1,5 m a níže) se kolonie přesunuly během odpoledne a v noci. Naopak *Anabaena* se u hladiny nejvíce zdržovala odpoledne (14:30) a večer (20:00), v ranních hodinách bylo nejvíce těchto sinic u hladiny a v hloubce dvou metrů. U rodu *Aphanizomenon* je vidět, že v noci jsou vlákna

rovnoměrně rozložena po celé hloubce jezera (celkem 4 m), s nárůstem od 2 m níže. U hladiny se tyto sinice opět nejvíce zdržovaly v 14:30. Oba druhy rozsivek mají podobné rozložení, které se během dne měnilo jen málo; minimální výskyt u hladiny, nejvíce se zdržovaly v hloubce pod 3 m.

Studie (Hašler a Pouličková, 2003) zkoumala změny ve vertikální distribuci a morfologii přírodní populace *Planktothrix agardhii* v mělkém rybníce poblíž Olomouce. Zjistilo se, že zatímco výměna biomasy mezi povrchovou vrstvou (0 – 50 cm pod povrchem) byla zřejmá, spodní část populace byla relativně stabilní. Množství vláken během světelné části dne klesal společně se vzrůstem vláken v hloubce 50 cm. Průměrná délka vláken byla nejvyšší na povrchu během dne, zde se také soustředila nejpočetnější část populace.

Reynolds (2006) se také zabývá rozložením sinic ve vertikálním sloupci během dne. Píše, že sinice se kumulují u hladiny až do zhruba půl metru nejvíce v noci, ráno se postupně „vrací“ zpět do větších hloubek a přes den jsou víceméně rovnoměrně rozloženy ve vodním sloupci s větším zastoupením v horní polovině vodního sloupce.

Metodickými problémy kvantifikace sinic se zabývají Pumann a Pouzarová (2009). Ve své práci hledají odpověď na otázku, do jaké míry je možné stejný vzorek hodnotit při počítání různými lidmi a laboratořemi. Docházejí k závěru, že výsledky kvantifikace vláknitých sinic rodu *Planktothrix* jsou lépe reprodukovatelné než výsledky pro sinice kokální.



1.4 Hodnocené ukazatele

Pro svůj výzkum jsem si vybrala několik ukazatelů. Jsou to jak ukazatele kvality vody, tak i ostatní podmínky, které jsem během odběrů sledovala.

Na místě byl odebrán vzorek pro mikrobiologickou analýzu, pro mikroskopický obraz a stanovení chlorofylu-a. V průběhu dne byly zaznamenávány údaje o počtu návštěvníků, vodním květu, průhlednosti a stavu počasí. V laboratoři byly stanoveny tyto ukazatelé: *Escherichia coli* (*E. coli*), koliformní bakterie, enterokoky, chlorofyl-a, sinice a zákal.

Escherichia coli je ukazatel kvality koupací vody zavedený teprve nedávno. Poprvé se s ukazatelem setkáváme v Evropské legislativě, a to konkrétně ve směrnici Evropského parlamentu a Rady 2006/7/ES o řízení jakosti vod ke koupání. *E. coli* nahrazuje tradiční fekální ukazatel – (termotolerantní) koliformní bakterie (Baudišová, 2008).

Pro analýzu *E. coli* jsem použila metodu, při které lze stanovit zároveň i množství *koliformních bakterií*. Proto jsem se rozhodla, že je budu sledovat, i když horní hranice rozsahu použité metody je pouze 2419 KTJ/100 ml, přičemž limitní hodnota podle přílohy č. 1 vyhlášky č. 135/2004 Sb. ke koliformním bakteriím je 10 000 KTJ/100 ml, tedy víc než čtyřnásobně vyšší. Tento ukazatel tudiž nebudu hodnotit s takovým významem jako ostatní.

Enterokoky (nebo také fekální streptokoky) jsou vhodnější indikátor pro sledování kvality koupacích vod. Jsou citlivější vůči vnějším vlivům, na rozdíl od koliformních bakterií, proto jsou považovány za indikátory čerstvého fekálního znečištění (Baudišová, 2007). WHO používá enterokoky jako jeden z nevhodnějších indikátorů pro zjištění kvality koupacích vod, protože splňují všechny požadavky na

indikátory. Mezi tyto požadavky např. patří, že indikátor má adekvátní dostupné informace pocházející např. z hodnot epidemiologických výzkumů. Další podmínkou je, že indikátor je dostatečně stabilní ve vzorcích vody, aby mohly být získány významné výsledky. Metody stanovení indikátoru nesmí být drahé či příliš náročné (WHO, 2003).

Chlorofyl-a je hlavní pigment účastnící se fotosyntézy v sinicích a řasách. Údaj o jeho koncentraci je všeobecně akceptován jako vhodná míra celkového množství biomasy fytoplanktonu. Je proto indikátorem trofie a potencionální fotosyntetické aktivity řas a sinic (Pitter, 1999).

Zákal (turbidita) je parametr, kterým se hodnotí optická vlastnost vody. Hodnota zákalu se stanoví dle množství světla, které je odraženo od nerozpuštěných látek v okolním roztoku (Internet 1).

1.5 Legislativa

Koupacích vod se týká několik právních dokumentů jak v české legislativě, tak v legislativě Evropského společenství.

Jedná se o tyto dokumenty:

- Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví - v tomto zákoně se koupacími vodami zabývá § 6 - Koupaliště a sauny. Jsou zde popsány základní povinnosti provozovatele koupališť ve volné přírodě, umělých koupališť a saun.

Mezi tyto povinnosti například patří, že každý provozovatel koupališť ve volné přírodě musí zajistit u držitele osvědčení o akreditaci, držitele osvědčení o správné činnosti laboratoře nebo u držitele autorizace kontrolu kvality vody.

- Prováděcí předpis k zákonu č. 258/2000 Sb. - vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 135/2004 Sb. kterou se stanoví hygienické požadavky na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch – dokument stanovuje základní pojmy v dané oblasti, např.:

- Vodní květ sinic (cyanobakterií) je stav, při kterém jsou pouhým okem vidět shluky sinic u hladiny, ve vodním sloupci nebo povlak sinic na hladině. Masový výskyt sinic (cyanobakterií) je stav, při kterém jsou sinice přítomny jako vodní květ nebo, v případě, že vodní květ není vytvořen, se vyskytují v koncentracích převyšujících 100 tisíc buněk/ml.
- Koupací sezónou je vzhledem ke klimatickým podmínkám časový úsek, obvykle od začátku června do konce srpna.

Důležitější ve vyhlášce je však Část druhá – Koupaliště ve volné přírodě a k tomu náležící přílohy. V příloze č. 1 je vyjmenováno celkem 18 ukazatelů jakosti vody vhodné ke koupání ve volné přírodě. Ke každému ukazateli je stanovena limitní hodnota či nejnižší četnost odběru v koupací sezóně. Prvních 13 ukazatelů vychází ze staré Směrnice rady 76/160/EHS o jakosti vod pro koupání.

V příloze č. 2 vyhlášky jsou limitní hodnoty pro koupaliště ve volné přírodě se zvýšeným rizikem vzniku masového rozvoje sinic. Jsou zde následující ukazatele: sinice, chlorofyl-a, vizuální hodnocení a mikroskopický obraz. Hodnoty u těchto ukazatelů jsou převzaty z doporučení Světové zdravotnické organizace (WHO, 2003).

Tabulka č. 1 – Příloha č. 2 vyhlášky č. 135/2004 Sb. – Limitní hodnoty pro koupaliště ve volné přírodě se zvýšeným rizikem vzniku masového rozvoje sinic

Ukazatel	Jednotka	I. stupeň	II. stupeň	III. stupeň	Četnost	Vysvětlivky
sinice	buňky/ml	20 000 až 100 000	>100 000	-	14 denní	1
	mm ³ /l	2–10	>10	-	14 denní	1
chlorofyl-a	µg/l	10–50	>50	-	14 denní	
vizuální hodnocení		-	-	vodní květ přítomen	14 denní	2
mikroskopický obraz					14 denní	3

Použité zkratky:

mm³/l – buněčný objem sinic

Vysvětlivky:

1. Stačí vyjádření pouze jedním způsobem (buňky/ml nebo jako buněčný objem). Je-li nutné zahuštění vzorku provádí se membránovou filtrací. Stanovení se provádí podle TNV 75 7717.
2. Hodnocení se provádí při odběru vzorku.
3. 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.

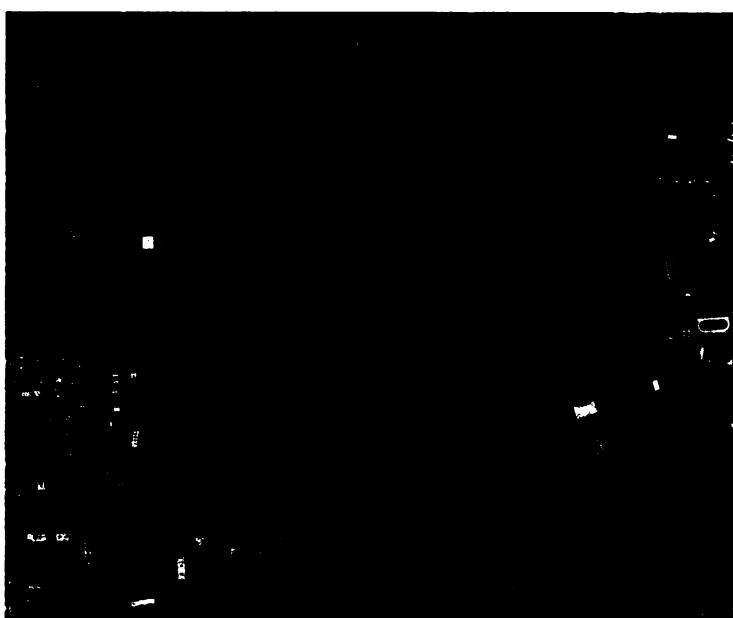
Každé koupaliště musí být v průběhu koupací sezóny sledováno. První odběr musí být podle této vyhlášky uskutečněn minimálně 14 dní před předpokládaným začátkem koupací sezóny. Nejnižší četnost odběrů na jednotlivé ukazatele se liší, nejčastěji je to četnost 14 dní nebo v případě podezření. Při zhoršené kvalitě vody se může provozovatel rozhodnout, že zajistí rozbor vody častěji.

- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/7/ES o řízení jakosti vod ke koupání – tato směrnice nahrazuje již zmíněnou Směrnici rady 76/160/EHS. Zavádí nové ukazatele kvality vody, a to enterokoky a *E. coli*.

2. Materiál a metodika

Materiál zpracovávaný v této diplomové práci pocházejí z vodní nádrže Hostivař (foto č. 1). Vzorky jsem odebírala a analyzovala (pokud není řečeno jinak) sama (foto č. 2), v průběhu dvou koupacích sezón, v letech 2007 a 2008.

Foto č. 1 – Letecký snímek vodní nádrže Hostivař



Zdroj: www.mapy.cz

Odběry jsem prováděla téměř vždy během celého dne, v několikahodinových intervalech. Pro dobré stanovení závěrů byla potřeba vysoká návštěvnost na koupališti, vybírala jsem si tedy většinou teplé neděle.

Foto č. 2 – Odběr vzorků, 6. 8. 2007 z mola 2



Autor: Tereza Prošková

Odebrané vzorky jsem během dne chladila v termotašce, při zpracovávání v dalším dni jsem vzorky uchovávala v ledničce. Odběrovými místy byly konce dvou mol na pláži. Jako molo 1 jsem označila molo blíž ke hrázi vyskytující se na západní straně nádrže; molo 2 je vedlejší, blíž k tobogánu (foto č. 3).

Foto č. 3 – Fotografický detail VN Hostivař



Legenda

- | | |
|--|----------------|
| | Mola |
| | Oblast koupání |
| | Oblast pláže |

Zdroj: www.mapy.cz, vlastní úprava

Odběr probíhal téměř vždy paralelně na obou molech, v časech 9:30, 12:00, 14:30 a 17:00. První z odběrů na vodní nádrži Hostivař v roce 2007 jsem prováděla jen na mole 1, v době mezi 9:00 a 17:00 po dvou hodinách, celkem tedy 5 vzorků, přičemž v 17:00 byl odebrán navíc kontrolní vzorek.

Ve dnech 20. a 22. 8. 07 byl uskutečněn odběr pro zjištění stavu ukazatelů kvality vody den a tři dny po prudkém dešti. Podle údajů Českého hydrometeorologického ústavu byl na území Prahy zjištěn 19. 8. nejvyšší denní úhrnný srážek za měsíc srpen, a to 22,6 mm za den (Internet 2).

Dne 30. 7. 08 jsme s pracovníky Laboratoří hygieny vody Státního zdravotního ústavu prováděli jednorázové odběry (pouze pro mikrobiologický rozbor); odebírali jsme vzorky za běžného stavu a následně po několikaminutovém víření vody a sedimentu přímo u odběrového místa. Cílem tohoto pokusu bylo zjistit, jak se zvěřením sedimentu v místě odběru změní hodnocené ukazatele.

Při odběru dne 26. 8. 07 došlo k technickému problému, kdy jsem v 9:30 na místo odběru dorazila bez trubkového odběráku, pomůcky potřebné k odběru vzorku pro mikroskopický rozbor, stanovení chlorovou-a a zákalu. Z důvodů urychlení jsem provedla jen mikrobiologický odběr. Odběry od 12:00 už probíhaly v plném rozsahu.

Při posledním odběru, tedy 3. 8. 08 jsem odebírala vzorky pouze pro mikrobiologický rozbor. Tento den tedy není hodnocený zákal, chlorofyl-a a mikroskopický rozbor.

Odběry i následné laboratorní analýzy probíhaly podle normovaných postupů. Kvalitativní a kvantitativní stanovení sinic proběhlo v průběhu roku. Všechna stanovení a analýzy byly provedeny v Laboratořích hygieny vody Státního zdravotního ústavu v Praze. Ke zpracování výsledků byl použit program Microsoft Office Excel 2007.

Pro statistické porovnání dvou souborů dat jsem použila korelační koeficient.

V této práci jsou používány kromě mnou zjištěných výsledků také data z běžně prováděných odběrů akreditovanými laboratořemi. Laboratoře tato data vkládají do databáze Ministerstva zdravotnictví – informační systém PiVo.

Výběr vhodné lokality

Na začátku práce jsem se chtěla zaměřit na několik přírodních koupališť. Začala jsem odebírat vzorky na Komárovském rybníku v okrese Mladá Boleslav. Kvalita vody na tomto koupališti se však po krátké době velmi zhoršila, návštěvnost byla velmi nízká. Za tohoto stavu bych nemohla provádět svůj výzkum, tedy srovnávat návštěvnost s ukazateli kvality vody. Jako další možnou lokalitu jsem si vybrala přírodní koupaliště Vyžlovka v okrese Kolín. Zde jsem předpokládala výskyt druhu sinice *Microcystis* sp., ty se však ve vzorku na konci června nevyskytovaly. Proto jsem upustila i od tohoto koupaliště. Z praktických důvodů jsem se rozhodla, že zaměřím svou diplomovou práci pouze na pražskou vodní nádrž Hostivař. Jelikož jsem všechny vzorky analyzovala ve Státním zdravotním ústavu v Praze, nemusela jsem s nimi cestovat daleko.

Vodní nádrž (VN) Hostivař se nachází na jihovýchodním okraji hlavního města Prahy. Hostivařská přehrada byla vybudovaná v údolní nivě Botičského potoka v letech 1961 až 1963. Zemní sypaná hráz na severozápadním okraji nádrže je vysoká 13 m a dlouhá 112 m. Rozloha nádrže je 43,8 ha. Důvodem vystavení nádrže byla ochrana před povodněmi. Vodní nádrž může zadržet až 2,1 mil. m³ vody (Internet 3). Druhou funkcí nádrže je rekreace. Jsou zde dvě pláže, jedna hlavní, u které se soustředí občerstvovací, sportovní a kulturní zázemí; druhá, nudistická pláž se nachází ve vzdálenosti asi 800 m směrem k městské části Petrovice. Provozovatel uvádí jako celkovou kapacitu přehrady

až deset tisíc návštěvníků (Internet 3). Obě mola, ze kterých jsem odebírala vzorky pro diplomovou práci, se nacházejí na první pláži.

Použité metody

Odběr pro mikrobiologický rozbor - vzorky byly odebírány do sterilní vzorkovnice z hloubky 30 cm. Rukou jsem ponořila vzorkovnici hrdlem dolu, v hloubce 30 cm jsem vzorkovnicí otočila, aby do ní natekla voda. Nechala jsem bublinu na promíchávání (Anonym, 2007).

Odběr pro stanovení sinic, chlorofylu-a a zákalu – odběr jsem prováděla trubkovým odběrákem, pomocí něhož jsem odebrala směsný vzorek vody z horizontu 0 – 30 cm (viz na foto č. 2) (Anonym, 2007). Vzorek pro stanovení sinic byl odebrán do samostatné nádoby a ihned fixován Lugolovým roztokem (úprava dle Utermöhla).

Průhlednost – ke stanovení průhlednosti jsem použila zkušební desku – čtvercovou desku bílé barvy, zatíženou závažím. Na provázek, na kterém byla deska zavěšena, byla nanесена stupnice po 5 cm, pomocí které jsem odečítala průhlednost. Tu jsem měřila v momentě, kdy se vizuálně ztratily bílé hrany desky v okolní vodě (Anonym, 2000).

Počet návštěvníků - na určení počtu návštěvníků není stanovena žádná norma. Určila jsem si, v jaké oblasti budu návštěvníky počítat. Jednak to bylo ve vodě, v ohrazené oblasti dané dřevěnými tyčemi na vodě; druhá oblast zahrnovala pláž a k tomu na druhé straně cesty přiléhající travnatá plocha (viz foto č. 3). Při malém počtu

nebyl problém návštěvníky v daném okamžiku spočítat pohledem. Při větším počtu jsem si návštěvníky rozdělila do několika oblastí a každou oblast jsem spočítala zvlášť. Případně jsem si dané oblasti vyfotografovala (viz foto č. 4) a na fotce počet lidí spočítala.

Foto č. 4 – Určování počtu lidí podle zachycení na fotografii, 6.8.2007, 14:30



Autor: Jitka Šimková

Vodní květ – ke stanovení vodního květu byla použita stupnice RNDr. Jindřicha Durase, Ph.D. z Povodí Vltavy – závod Berounka. Jedná se o pětiúrovňovou škálu se stupni 1 – 5. Každý stupeň označuje různé množství vodního květu.

Tabulka č. 2 – Stupnice pro hodnocení vodního květu RNDr. Jindřicha Durase, Ph.D.

Body	Popis
1	žádný vodní květ (VK)
2	drobné vločky řídce až roztroušeně ve vodním sloupci (VS)
3	drobné vločky středně hustě ve VS
4	vločky sinic hustě ve VS, tendence k vytváření hladinových povlaků

Pokračování tabulky č. 2

5	masový výskyt sinic
---	---------------------

Zdroj: ústní sdělení – Mgr. Petr Pumann, SZÚ

Počasí – stanovena byla síla větru a oblačnost. Sílu větru jsem určovala podle Beaufortovy stupnice větru (tabulka č. 3). Jelikož na místě odběru nebylo možné určit rychlosť větru podle kouře (jak je běžné), který tam nebyl, určovala jsem tuto rychlosť podle projevů větru podle jiných ukazatelů. Množství oblačnosti se určuje mírou pokrytí oblohy, je počítáno odhadem v osminách – 0/8 až 8/8. Podle počtu osmin lze množství oblačnosti popsat meteorologickými pojmy, běžně užívanými při popisu či předpovědi počasí.

Tabulka č. 3 – Beaufortova stupnice větru

Stupeň	Vítr	Rychlosť		Projevy na souši
		m/s	km/h	
0	Bezvětrí	0 – 0,2	< 1	Kouř stoupá svisle vzhůru (na tváři není cítit žádný vítr)
1	Vánek	0,3 – 1,5	1 – 5	Kouř už nestoupá úplně svisle, korouhev nereaguje, na tváři je cítit vítr (velké listy se lehce pohybují)
2	Slabý vítr	1,6 – 3,3	6 – 11	Vítr je cítit ve tváři, listí šelestí, korouhev se pohybuje
3	Mírný vítr	3,3 – 5,4	12 - 19	Listy a větvičky v pohybu, vítr napíná prapory

Zdroj: Internet 4, vlastní úprava

Tabulka č. 4 – Oblačnost a její popis

Počet osmin	Používaný pojem
0/8	Jasno
1/8	Jasno
2/8	Skoro jasno
3/8	Malá oblačnost
4/8	Polooblačno, polojasno
5/8	Oblačno
6/8	Oblačno
7/8	Skoro zataženo
8/8	Zataženo

Zdroj: Internet 5

Chlorofyl-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°C a spektrofotometricky změřen při vlnové délce 665 a 750 nm vždy před a po okyselení extraktu kyselinou chlorovodíkovou.

Koliformní bakterie a E. coli – pro laboratorní stanovení těchto dvou ukazatelů kvality vody byla použita metoda Colilert 18/Quanti Tray. Tato metoda je založena na principu patentovaného substrátu společnosti IDDEX. Přípravek Colilert 18 se vsype do 100 ml vzorku, nechá rozpustit a naplní se jím plato Quanti Tray, které se následně zataví. Naplněné plato se po 18 hodinách v inkubátoru nastaveném na 35°C vyhodnotí. Pokud živný indikátor v přípravku Colilert 18 metabolizují koliformní bakterie, vzorek se zbarví žlutě. V případě, že živný indikátor metabolizuje bakterie *E. coli*, vzorek fluoreskuje po osvícení UV světlem (Internet 6).

Enterokoky – stanovení množství enterokoků v odebraných vzorcích vody proběhlo podle ČSN EN ISO 7899-2 (Anonym, 2001), stanovení je založeno na filtraci vzorku přes membránový filtr a následnou kultivaci filtru na médiu podle Slanetze a Bartleyové s potvrzením na žluč-aesculin-azidovém médiu (foto č. 5). Vzhledem k poměrně nízkým počtům enterokoků ve vzorcích bylo vždy filtrováno jen 100 ml.

Foto č. 5 –Enterokoky na médiu podle Slanetze a Bartleyové 20. 8. 07



Foto: Mgr. Petr Pumann, 22. 8. 07

Zákal – stanovení zákalu bylo provedeno turbidimetrem 2100 P na základě normy ČSN EN ISO 7027 (Anonym, 2000).

Stanovení počtu sinic (případně dalších mikroskopických organismů) bylo provedeno na mikroskopu Nikon E400 podle TNV 75 7717 (Anonym, 2008). Množství sinic ve vzorku jsem počítala pomocí počítací komůrky Cyrus I. U vzorků s nižšími počty organismů jsem vzorky zahušťovala odstředěním. Velikost jednotlivých vláken byla stanovena pomocí okulárového mikrometru.

Chloridy – jako metodu pro stanovení chloridů jsem použila titraci vzorku stříbrnými ionty, kdy se přítomné chloridy kvantitativně sráží za vzniku nerozpustného chloridu stříbrného (Anonym, 2002). Titrováno bylo 100 ml vzorku.

Amonné ionty – Pro stanovení amonných iontů jsem použila metodu, kdy reagují amonné ionty se salicylanem a chlormanovými ionty v přítomnosti nitrosopentakyanoželezitanu sodného. Vzniká modrá sloučenina (při nízkých koncentracích světle žlutá), která se měří spektorfotometricky při vlnové délce 655 nm (Anonym, 1994).

Na začátku práce jsem se zabývala i jinými chemickými látkami, a to konkrétně chloridy a amoniakem z důvodu možného vnosu koupajícími se lidmi (moč, pot). Avšak u amoniaku nebyla překročena v žádném vzorku mez detekce. Při stanovování chloridů zase bylo zaznamenáno během dne minimální rozpětí, nebylo tedy možné zjistit denní průběh. Proto jsem od této ukazatelů nadále upustila.

Relativní směrodatná odchylka opakovatelnosti (RSDr) - RSDr pro jednotlivé dny jsem počítala jako podíl výběrové směrodatné odchylky a aritmetického průměru všech výsledků sinic během jednoho dne krát 100.

Aby byla zajištěna kontrola kvality měřených mých dat, bylo provedeno několik paralelních měření. Kvůli zajištění správnosti zhodnocení hydrobiologického rozboru provedl Mgr. Petr Pumann rozbor paralelního vzorku ze dne 6. 7. 08, čas odběru 9:30. Celkový počet sinic se liší velmi málo, hodnota naměřená mnou je 55 235 buněk/ml, hodnota zjištěná vedoucím práce byla 47 567 buněk/ml.

Další kontrolu kvality jsem prováděla při mikrobiologickém rozboru. Při celodenním odběru jsem vzorky v laboratoři analyzovala vždy následující den. Pro kontrolu, zda se přes noc změní či nezmění množství enterokoků ve vzorku, jsem při odběru 3. 8. 08 analyzovala všechny vzorky večer v den odběru a znovu následující den. Při porovnání těchto analýz (tabulka č. 5) jsem došla k závěru, že analyzování vzorků den po odběru není systematicky chybné.

Tabulka č. 5 – porovnání výsledků analýz stejných vzorků, den odběru 3. 8. 08

Charakteristiky	Měření 3. 8. 08	Měření 4. 8. 08
průměr	4,12	3,62
medián	4	3
maximum	7	8
minimum	1	1

3. Výsledky

Veškeré výsledky jednotlivých ukazatelů jsou uvedeny v příloze.

V následujících kapitolách sledované ukazatele popíšu.

Počet návštěvníků

Zjištěné výsledky hodně souvisí s počtem návštěvníků na koupališti. Odebírala jsem jak za velké, tak za nízké návštěvnosti. Ve dvou dnech (6. 7. 08 a 27. 7. 08) byla návštěvnost ve stovkách lidí, nejnižší návštěvnost byla shodně ve dnech 26. 8. 07 a 3. 8. 08. Nulová návštěvnost byla ve dnech, kdy jsem odebírala vzorky jednorázově, ne po celý den, tedy 20. a 22. 8. 07 a 30. 7. 08.

Počasí

Během jednotlivých dnů, s výjimkou 30. 7. 08, jsem hodnotila počasí, zvlášť oblačnost a sílu větru.

Z osmi hodnocených dnů byly tři, kdy byla oblačnost nízká nebo žádná. Bylo to 23. 7. 07, 6. 8. 07 a 27. 7. 08. V těchto dnech bylo pokrytí oblohy maximálně 2/8, což odpovídá podle meteorologického značení jasno až skoro jasno. Dne 6. 7. 08 se během dne oblačnost pohybovala mezi 2/8 až 4/8. Podobná oblačnost byla také dne 26. 8. 07,

kdy byla mezi 3/8 až 5/8, tedy malá oblačnost až oblačno. Ve dnech 20. a 22. 8. 07 byla oblačnost shodná, a to s hodnotou 4/8. Nejvíce byla obloha pokrytá 3. 8. 08, kdy množství oblaků pokrývalo 5/8 až 8/8.

Při odběrech se na obloze vyskytovaly tyto druhy oblaků: cirrus, cirrocumulus, altocumulus a stratocumulus.

Síla větru během jednotlivých dnů nebyla výrazná. Ve dnech 23. 7. 07, 20. 8. 07, 22. 8. 07, 6. 7. 08 a 27. 7. 08 se na vodní nádrži Hostivař vyskytovalo bezvětří až vánek, tedy rychlosť větru mezi 0 až 5 km/h. Dne 6. 8. 07 byla síla větru odpovídající stupňům 1 a 2 (vánek a slabý vítr). V posledních odběrových dnech za obě léta, 26. 8. 07 a 3. 8. 08, dosahovala síla větru stupňů 2 a 3. To odpovídá rychlostem 6 – 19 km/h.

Vodní květ a mikroskopický obraz

Vodní květ je jeden ze snadno zjistitelných ukazatelů, že voda není příliš vhodná ke koupání. Je zřejmý na pohled i laikovi. Hodnotila jsem vizuálně vodní květ, podle stupnice Durase. Toto hodnocení jsem použila na oblast u pláže, místo, kde se vyskytují koupající se lidé. Avšak vodní květ byl vždy naváty v menší či silnější vrstvě také u hráze na západní straně vodní nádrže.

V roce 2007 byl vodní květ masivnější. Po tři odběrové dny, kdy jsem množství vodního květu hodnotila, jsou výsledky následující:

23. 7. 07 – stupeň 3

6. 8. 07 – stupeň 2

26. 8. 07 – stupeň 4.

Na konci srpna byla vodní nádrž silně oživená sinicemi tvořícími vodní květ.

V roce 2008 byl na koupališti Hostivař vodní květ znatelně slabší. První odběrový den, tedy 6. 7. 08 jsem vyhodnotila množství vodního květu na Durasově stupnici hodnotou 1, tedy „žádný vodní květ“. Zbylé dny se vyznačovaly stupněm 2.

Tato situace byla zjištěna i při hodnocení mikroskopického obrazu. V laboratoři byly hodnoceny zafixované vzorky. Mezi jednotlivými sezónami byly vyšetřeny značné kvalitativní i kvantitativní rozdíly. V roce 2007 byla vyšší početnost dominantních druhů oproti roku 2008. Ten byl na množství i na druhy sinic výrazně chudší. V obou letech převládají vláknité sinice. Výsledky počtů sinic za jednotlivé dny jsou patrné z grafů č. 26 – 34, zastoupení druhů je v příloze v tabulce 2.

23. 7. 07 byly při mikroskopickém rozboru zjištěny tyto dominantní druhy sinic (dominantní druhy jsou stanoveny jako druhy, které se ve vzorku vyskytují v množství buněk nad 10 000 buněk/ml):

- *Aphanizomenon aphanizomenoides* - **37 867** buněk/ml
- *Aphanizomenon flos-aquae* - **49 808** buněk/ml
- *Aphanizomenon issatschenkoi* - **38 858** buněk/ml
- *Microcystis* sp. - **21 575** buněk/ml.

Foto č. 6 – *Aphanizomenon aphanizomenoides*

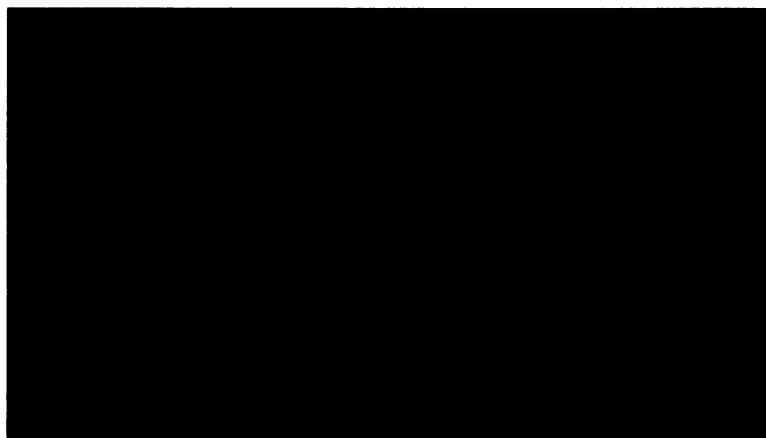


Foto Mgr. Petr Pumann, 7. 8. 07

Dne 6. 8. 07 podle rozboru převládaly na vodní nádrži Hostivař tyto druhy sinic:

- *Aphanizomenon issatschenkoi* - **259 730** buněk/ml
- *Raphidiopsis mediterranea* - **142 696** buněk/ml
- tenké – *Pseudanabaena* - **79 288** buněk/ml
- *Planktothrix agardhii* - **31 025** buněk/ml
- *Aphanizomenon flos-aquae* - **12 334** buněk/ml
- *Microcystis* sp. - **10 188** buněk/ml.

Ve dnech 20. 8. 07 a 22. 8. 07 byl mikroskopický obraz velmi rozdílný, co se kvantity týká. To bylo dáno především tím, že vzorky byly odebírány jeden a tři dny po prudkém dešti.

Převládající druhy sinic zjištěné 20. 8. 07:

- *Raphidiopsis mediterranea* - **728 500** buněk/ml
- *Planktothrix agardhii* - **118 863** buněk/ml
- tenké – *Pseudanabaena* - **63 200** buněk/ml
- *Anabaenopsis* - **15 667** buněk/ml

- *Aphanizomenon flos-aquae* - **15 060** buněk/ml
- *Aphanizomenon aphanizomenoides* - **13 100** buněk/ml.

Druhy sinic s množstvím buněk nad 10 000/ml určené dne 22. 8. 07:

- *Raphidiopsis mediterranea* - **256 333** buněk/ml
- tenké – *Pseudanabaena* - **96 879** buněk/ml
- *Planktothrix agardhii* - **71 850** buněk/ml.

Poslední odběrový den roku 2007, tedy 26. 8. byly zjištěné tyto dominantní druhy:

- *Planktothrix agardhii* - **258 754** buněk/ml
- tenké – *Pseudanabaena* - **153 221** buněk/ml
- *Aphanizomenon flos-aquae* - **23 467** buněk/ml
- *Aphanizomenon issatschenkoi* - **17 397** buněk/ml
- *Anabaenopsis* - **10 650** buněk/ml.

V roce 2008 bylo množství sinic výrazně nižší. Mikroskopický obraz jsem stanovovala jen během dvou dnů, a to na začátku a na konci července. V obou dnech se vyskytoval pouze jeden dominantní druh, a to tenké vláknité sinice s převahou rodu *Pseudanabaena*. Dne 6. 7. 08 to bylo množství 55 781 buněk/ml, dne 27. 7. 08 bylo ve vzorku napočítáno 14 760 buněk/ml. V nízkém množství se nadále v těchto dvou vzorcích vyskytovaly tyto druhy: *Microcystis* sp., *Planktothrix agardhii* a *Aphanizomenon aphanizomenoides*. Tyto druhy se ve vzorcích vyskytovaly v množství mezi 1 000 až 5 000 buněk/ml.

Kromě sinic jsem vyhodnocovala ve vzorku ze dne 6. 7. 08 také zelené řasy. Právě v tento den byly řasy hlavní biomasou ve vzorku. Dominovaly zelené řasy (především *Coelastrum* sp.)

Foto č. 7 – tenké vláknité sinice (*Pseudanabaena*)

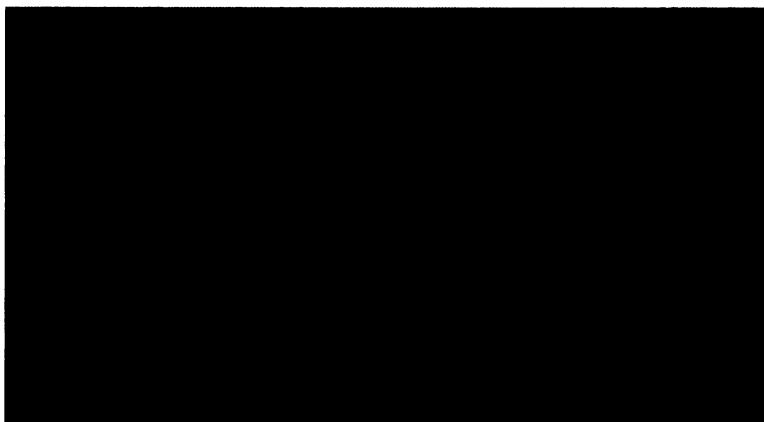


Foto Mgr. Petr Pumann, 23.10. 07

Chlorofyl-a

Hodnoty chlorofylu-a se pohybují při všech měřeních v desítkách jednotek. Nejnižší hodnoty se vyskytovaly dne 27. 7. 08. Při prvním měření v roce 2008 (6. 7.) šest z osmi hodnot z tohoto dne přesáhlo hranici 100 µg/l, je to tedy den s nejvyššími hodnotami chlorofylu-a. Výsledky jsou patrné z grafů 26 – 34.

Průhlednost

Další ukazatel kvality vody, který jsem zjišťovala přímo při odběrech, byla průhlednost. Téměř vždy byla průhlednost na obou molech shodná. Zjištěné hodnoty a jednotlivé dny se pohybují mezi 37 až 67 cm.

Pouze dne 6. 8. 07 byla stanovena průhlednost v 9:30 – 45 cm, po zbytek dne na obou molech to bylo 48 cm. V odběrový den 27. 7. 08 se průhlednost během dne i mezi moly lišila, rozdíl činil až 20 cm.

Zákal

Zákal byl stanovován v roce 2007 ve všech pěti dnech, v roce 2007 pouze při prvních dvou odběrech. Téměř ve všech případech hodnoty kulminují v odpoledních hodinách, tedy při odběrech v 14:30 nebo v 17:00, v případě prvního dne je to čas 15:00. Jedinou výjimkou je den 6. 8. 07, kdy u mola 2 jsou hodnoty velmi vyrovnané celý den, s mírným zvýšením ve 12:00. Dny 20. 8. a 22. 8. 08 nelze v tomto smyslu hodnotit, neboť byl odebrán pouze jeden vzorek za celý den.

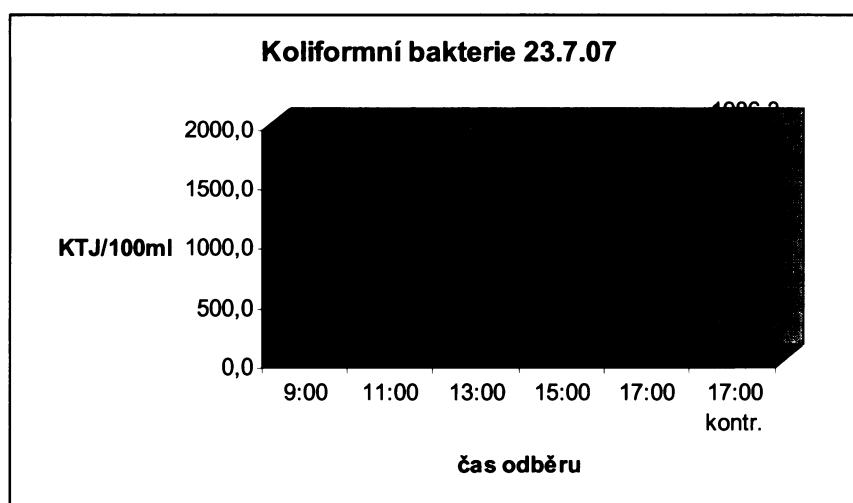
E. coli a koliformní bakterie

Bakterie *Escherichia coli* je jedním z důležitých ukazatelů kvality vody. Výsledky za jednotlivé odběry nevykazují nějaký významný trend, který by se dal jednoduše popsat.

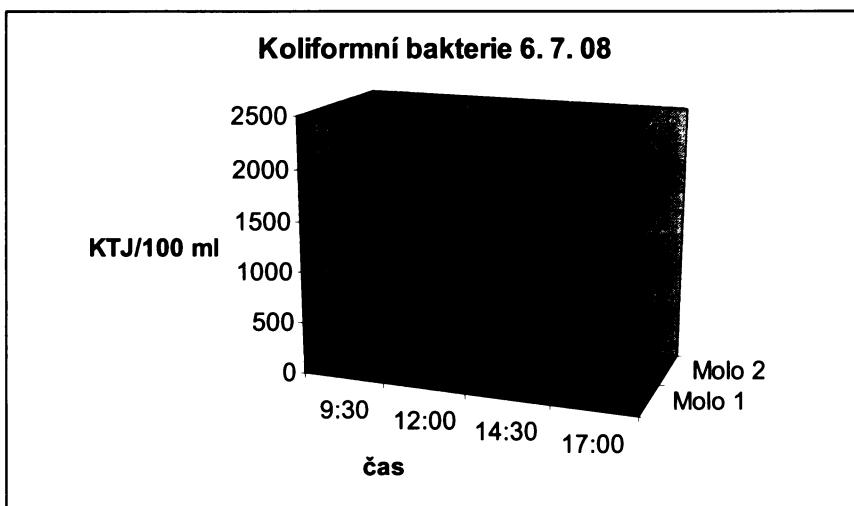
U koliformních bakterií je po obě srovnávaná léta zřejmý stejný trend. Při prvních odběrech (23. 7. 07 a 6. 7. 08) byly zjištěny hodnoty pod nejvyšší mezí (grafy č. 5 a 6). Všechny ostatní odběry překročily horní hodnotu, kterou lze při použití dané metody (bez ředění vzorku) detektovat, tedy více jak 2419 KJT/100 ml.

Dne 6. 7. 08 se od sebe velmi liší vzorky u jednotlivých mol, a to po celý den.

Graf č. 5 – Koliformní bakterie ze dne 23. 7. 07



Graf č. 6 – Koliformní bakterie ze dne 6. 7. 08



Enterokoky

Grampozitivní bakterie enterokoky byly hodnoceny při všech odběrech. Hodnoty se pohybovaly v jednotkách, maximálně v desítkách KTJ/100 ml. Nejvyšších hodnot bylo dosaženo 20. 8. 07. Zde však jsou vysoké hodnoty způsobeny prudkým deštěm z předešlého dne, nejsou to hodnoty vyskytující se za počasí bez srážek.

Souvislosti mezi ukazateli

Mezi některými ukazateli, které jsem hodnotila při svém výzkumu, můžeme hledat určité souvislosti. To je také jedním z cílů mé práce, tedy dokázat či vyvrátit

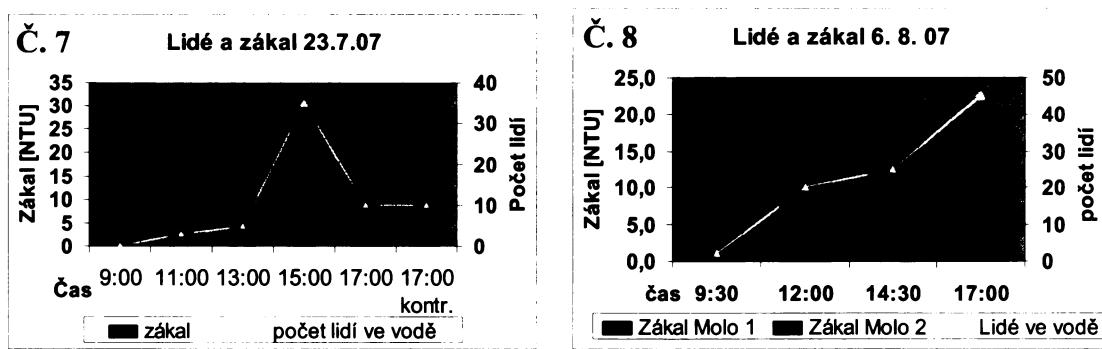
hypotézu, jakým způsobem počet koupajících se lidí ovlivňuje ukazatele kvality koupacích vod.

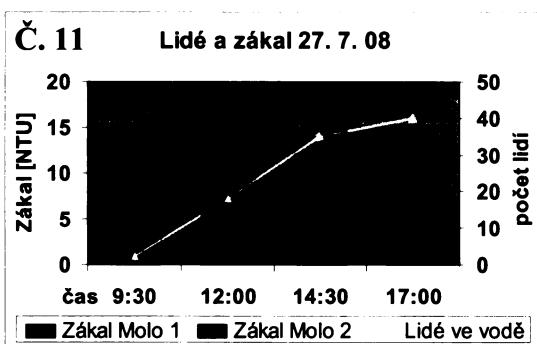
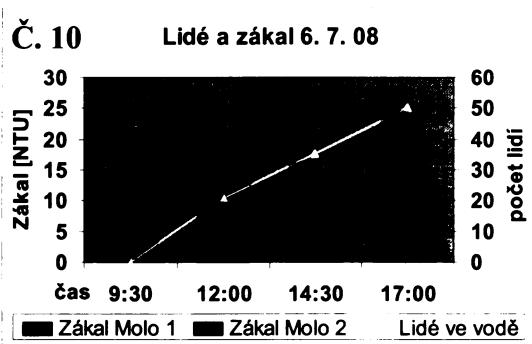
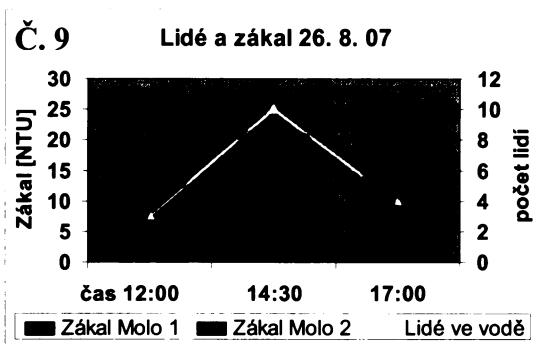
Budu tedy postupně srovnávat množství návštěvníků vodní nádrže Hostivař s vhodnými ukazateli. Také porovnám další vhodné ukazatele mezi sebou.

Počet lidí vs. zákal

Když porovnáme u jednotlivých dnů počet lidí ve vodě s naměřeným zákalem, zjistíme, že převládá podobný trend. Při počtu lidí rostou hodnoty zákalu. Při vzájemném porovnání to dokazují i korelační koeficienty u jednotlivých sledovaných dnů. Ve všech případech, kromě 6. 8. 07 byl spočítán korelační koeficient nad 0,65 (23.7.07 – 0,79; 26.8.07 – 0,78; 6.7.08 – 0,67 a 27.7.08 – 0,73). Pouze dne 6. 8. 07 je korelační koeficient nižší, a to 0,45.

Grafy č. 7 - 11 – Porovnání počtu koupajících se s hodnotami zákalu





Průhlednost vs. zákal

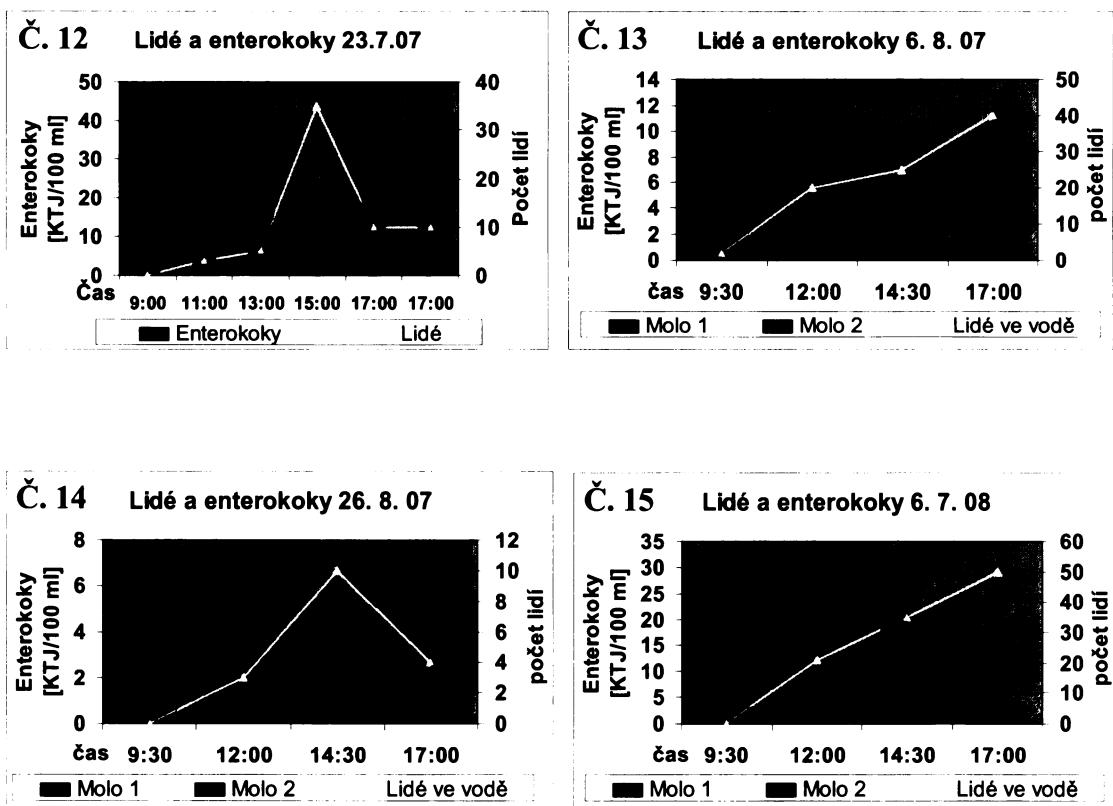
Průhlednost byla po většinu měřených dnů shodná. Proto nemůže být srovnávána s hodnoty zákalu, který se během dne mění. Jediný den, kdy se průhlednost během dne měnila, je 27.7.08. Při vzájemném statistickém porovnání (korelace) zjišťujeme, že mezi veličinami z tohoto dne je vysoká lineární závislost (korelační koeficient = -0,81).

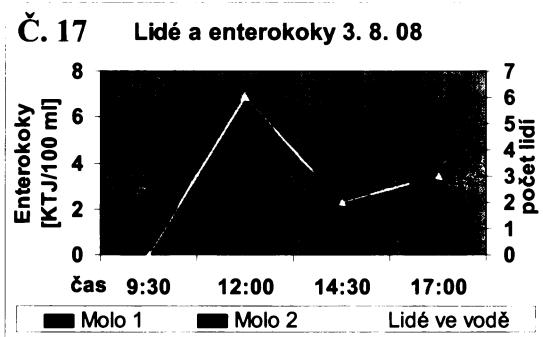
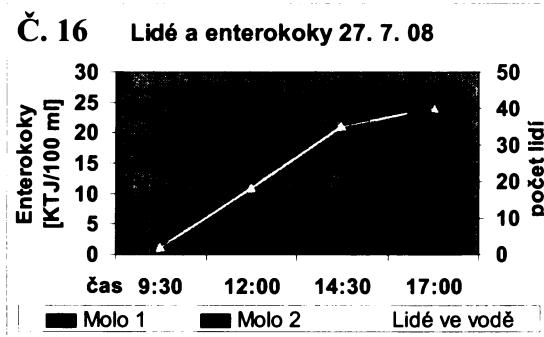
Při porovnání průměrných hodnot zákalu a průhlednosti z měřených dnů vychází korelační koeficient kladný, a to 0,35.

Počet lidí vs. enterokoky

Při porovnání počtu koupajících se lidí s množstvím enterokoků vidíme, že v polovině případů není zřejmá žádná závislost. Avšak u dnů 6. 8. 07, 27. 7. 08 a 3. 8. 08 lze pozorovat vzájemnou souvislost mezi počtem koupajících se lidí a počtem enterokoků. To dokazuje i statistické porovnání. Korelační koeficient u 27. 7. 08 je ze všech dnů nejvyšší (0,81). Ve dnech 6. 8. 07 a 3. 8. 08 jsou vypočítány korelační koeficienty 0,4 a 0,35. Ve zbylých dnech je korelační koeficient velmi malý, případně záporný (23. 7. 07: -0,47; 26. 8. 07: -0,51; 6. 7. 08: 0,19).

Grafy č. 12 - 17 – Porovnání počtu koupajících se s hodnotami enterokoků

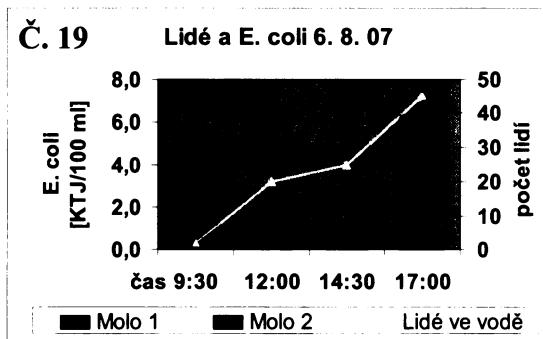
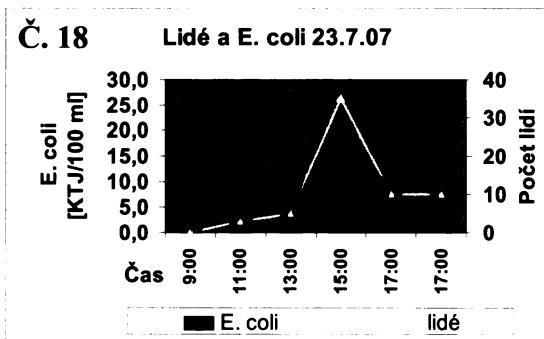


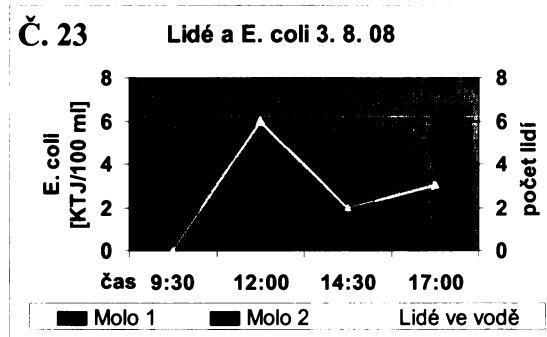
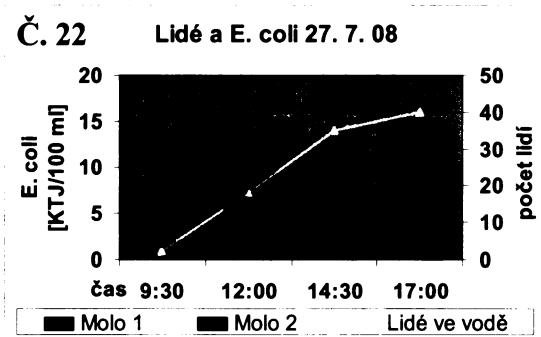
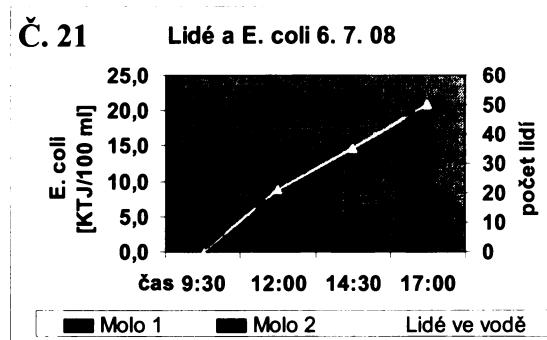
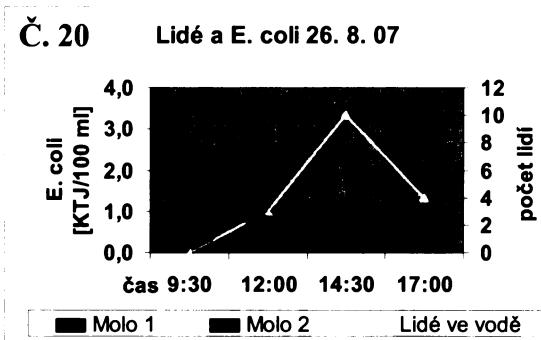


Počet lidí vs. *E. coli*

Počty koupajících se lidí a hodnoty *E. coli* jsem hodnotila během šesti dnů. Každý den zvlášť jsem zkoumala statistickou analýzou, přičemž pouze v jeden den, a to 6. 8. 07, je lineární závislost statisticky prokazatelná (korelační koeficient = 0,6). Dne 27. 7. 08 je korelační koeficient nižší (0,35), zbylé čtyři sledované dny se koeficient pohybuje okolo nuly (23. 7. 07: -0,15; 26. 8. 07: 0,04; 6. 7. 08: 0,01; 3. 8. 08: -0,12). Při porovnání celého souboru dat vychází korelační koeficient 0,21. Není zde tedy statisticky průkazná lineární závislost mezi koupajícími se a *E. coli*.

Grafy č. 18 - 23 – Souvislost mezi počtem koupajících se a indikátorem *E. coli*

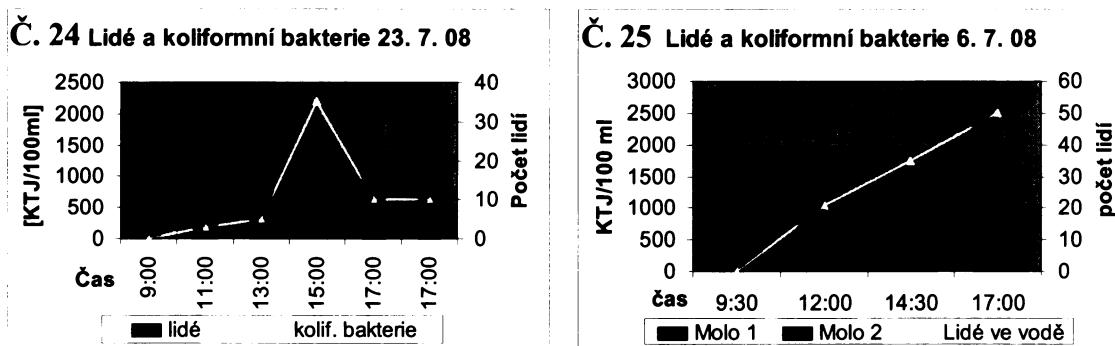




Počet lidí vs. koliformní bakterie

Množství koliformních bakterií mohu s počtem lidí porovnávat pouze ve dvou dnech – 23. 7. 07 a 6. 7. 08. V první den byl zjištěn korelační koeficient 0,42, v druhý den pouze -0,11. Nelze tedy tvrdit, že v těchto dvou dnech je zde statisticky průkazná lineární závislost.

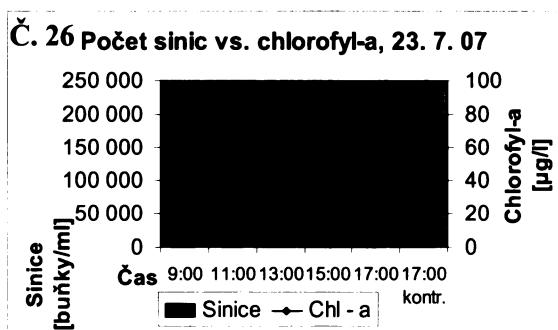
Grafy č. 24 - 25 – Souvislost mezi počtem koupajících se a koliformními bakteriemi



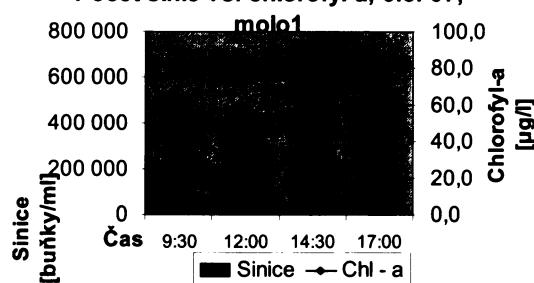
Sinice vs. chlorofyl-a

Při porovnání počtu sinic s příslušným chlorofylem-a vychází korelační koeficient téměř nulový, avšak při hodnocení jednotlivých dnů jsou korelační koeficienty v rozmezí 0,4 až 0,6 (23.7.07: 0,42; 6.8.07: 0,56; 6.7.08: 0,53; 27.7.08: 0,64). Pouze jedený den, a to 26. 8. 07, vychází koeficient -0,4. Zde je však hodnoceno pouze šest vzorků. Při pohledu na grafy je vidět, že se sinice i chlorofyl-a během dne příliš nemění, rozdíly mezi jednotlivými měřeními jsou malé.

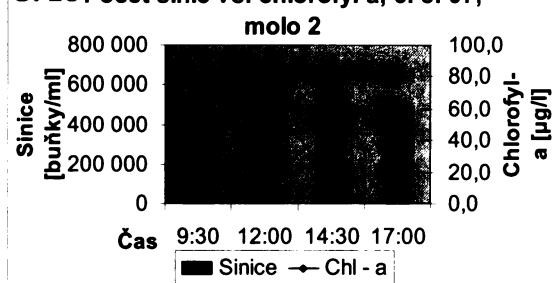
Grafy 26 – 34 – Souvislost mezi počtem sinic a chlorofylem-a



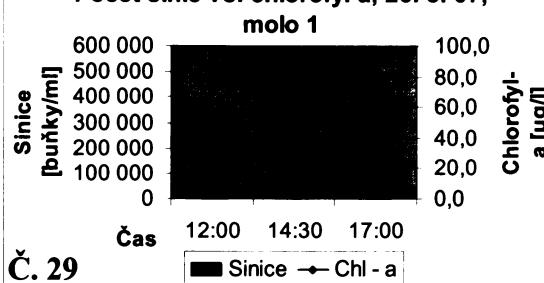
Č. 27 Počet sinic vs. chlorofyl-a, 6.8.07,



Č. 28 Počet sinic vs. chlorofyl-a, 6.8.07,

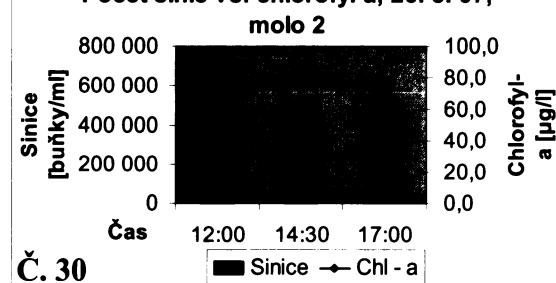


Počet sinic vs. chlorofyl-a, 26.8.07,



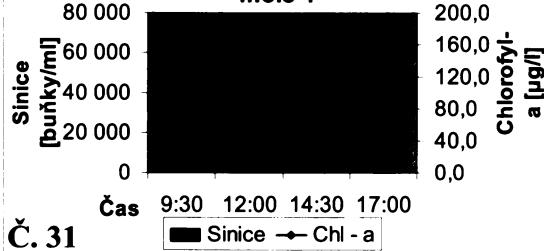
Č. 29

Počet sinic vs. chlorofyl-a, 26.8.07,



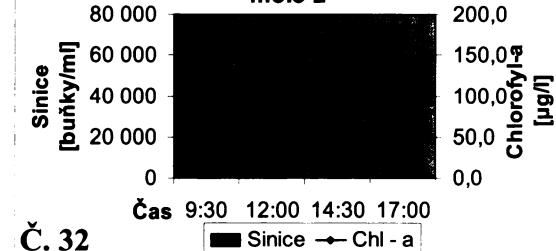
Č. 30

Počet sinic vs. chlorofyl-a, 6.7.08,



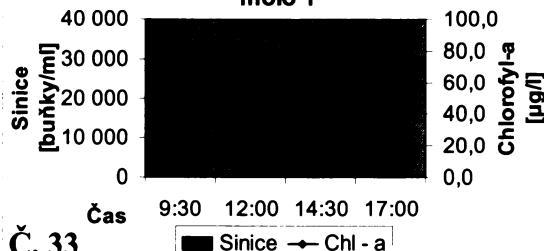
Č. 31

Počet sinic vs. chlorofyl-a, 6.7.08,



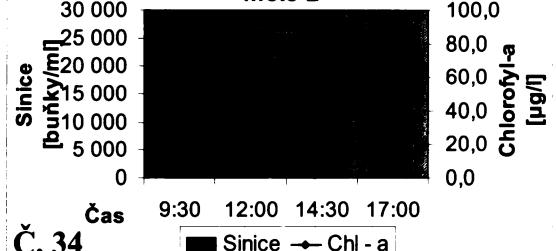
Č. 32

Počet sinic vs. chlorofyl-a, 27.7.08,



Č. 33

Počet sinic vs. chlorofyl-a, 27.7.08,



Č. 34

Změna ukazatelů kvality vody při experimentu s vířením

Při experimentu s vířením jsem sledovala indikátory fekálního znečištění, tedy *E. coli*, koliformní bakterie a enterokoky. Koliformní bakterie překročily ve všech případech nejvyšší hodnotu, která mohla být danou metodou stanovena.

U zbylých dvou ukazatelů došlo u třech odběrů ke zvýšení hodnot, avšak při odběru na molu 2 po víření byl zaznamenán pokles *E. coli*.

Tabulka č. 6 – změna enterokoků a *E. coli* při experimentu s vířením

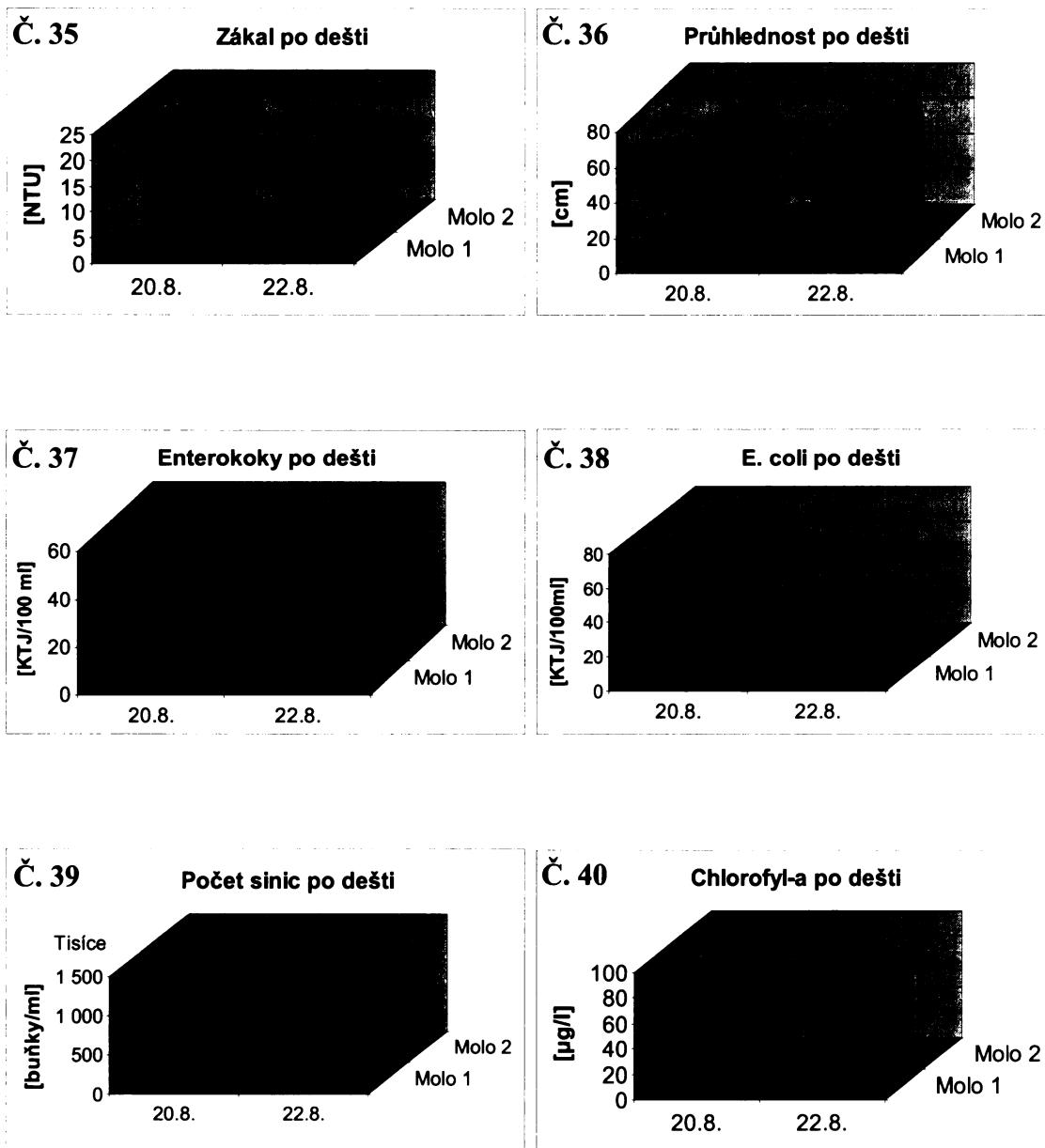
Vzorek	Enterokoky [KTJ/100 ml]	<i>E.coli</i> [KTJ/100 ml]
30.7.08, M1, před vířením	12	9,7
30.7.08, M1, po víření	15	24,6
30.7.08, M2, před vířením	15	18,3
30.7.08, M2, po víření	22	9,7

Změna ukazatelů kvality vody po dešti

Ve dnech 20. a 22. 8. 07 byly měřeny různé ukazatele. Všechny hodnoty se pohybují v hodnotách, které byly zjištěny v ostatních odběrech. Jediné hodnoty, které převyšily běžně naměřené, byly zjištěny u indikátorů fekálního znečištění *E. coli* a enterokoků. Zde bylo při prvním měření (20. 8.) několikanásobně překročeno běžné množství. Při měření 22. 8. se tyto indikátory vrátily do původních hodnot.

Všechny sledované ukazatele byly při druhém měření (tedy tři dny po dešti) nižší. Jen průhlednost byla naměřena vyšší, avšak vyšší průhlednost ukazuje lepší kvalitu vody, tedy sleduje stejný trend jako ostatní ukazatelé.

Grafy č. 35 - 40 – Změna ukazatelů po dešti



4. Diskuse

Prvním cílem mé práce bylo ověřit, jak koupající se lidé ovlivňují výskyt indikátorů fekálního znečištění (enterokoků, *E. coli* a koliformních bakterií), případně i další parametry kvality vody - zákal a průhlednost.

Z šesti dnů, kdy jsem porovnávala počet lidí s enterokoky, jsem zjistila tři dny, kdy je závislost mezi veličinami statisticky významná. V těchto třech dnech byla návštěvnost různá. Nejtěsnější závislost byla naměřena v den s nejvyšší návštěvností (27. 7. 08). Ve zbylé dva dny, kdy byla závislost významná, však byla návštěvnost jen střední či nízká. Ve zbylých třech dnech se vzájemná závislost neprokázala. Nutno však dodat, že při statistické analýze jsem hodnotila jednotlivé dny, tedy nízký počet měření. Proto je statistika enterokoků i dalších ukazatelů zatížena nejistotou. Při porovnání celého souboru dat získáme koeficient korelace 0,18.

U *E.coli* je patrná závislost na počtu koupajících se lidí pouze u jednoho dne (6. 8. 07). Tento den byla návštěvnost střední, tedy v desítkách lidí, nepřesáhla však stovku. Ve zbylých dnech nebyla prokázána žádná lineární závislost. Při porovnání všech dat vyjde korelační koeficient 0,21.

Koliformní bakterie nelze spolehlivě hodnotit, neboť ve čtyřech ze šesti měřených dnů hodnoty překročily horní hranice rozsahu použité metody. A to i při měření po dešti a u pokusu s vířením. Jediné dva dny, kdy koliformní bakterie nepřekročily maximum, byly 23. 7. 07 a 6. 7. 07. V tyto dva dny není souvislost mezi koupajícími se lidmi a koliformními bakteriemi, korelační koeficienty jsou 0,42 a -0,11. Není tedy možné vyvodit spolehlivé závěry z těchto dat.

To, že mezi počtem koupajících se lidí a bakteriálními indikátory fekálního znečištění nebyla pozorována jednoznačná závislost, samozřejmě neznamená, že

koupající se lidé na VN Hostivař a dalších podobných lokalitách kvalitu vody neovlivňují. Zvýšení počtu indikátorových organismů však nebude zpravidla velké. Navíc bude značně prostorově heterogenní. Množství organismů ve vodě bude tedy závislé na okamžiku odběru. Každý odběr jsem prováděla tak, že jsem nejprve odebrala vzorky, pak jsem spočítala koupající se lidi. V momentě, kdy se těsně před odběrem vyskytoval v místě odběru nějaký člověk, pravděpodobnost vnosu bakteriálního znečištění se určitě zvýšila, stejně jako pravděpodobnost, že jsem „kontaminovanou“ vodu nabrala do svého vzorku. Při mém měření jsem nesledovala případné plavce v místě odběru, ale v širší oblasti u pláže (viz foto č. 3). To by mohlo vysvětlit, proč v rámci jednoho dne byly naměřeny píkové hodnoty. Tak tomu bylo např. dne 6. 7. 08, kdy se téměř všechny hodnoty enterokoků pohybují v rozmezí 0 – 4 KTJ/ 100 ml, jedno měření, v 14:30 u mola 2, zjistilo až 30 KTJ/100 ml. Další podobná situace nastala 27. 7. 08 v 14:30 na molu 1 a v 17:00 na obou molech.

Míra znečištění však s dobou pobytu ve vodě klesá nejen tím, že je množství mikroorganismů uvolňovaných z člověka omezené (Elmir a kol., 2006), ale i tím, že se znečištění řídí (WHO, 2003). VN Hostivař patří svou rozlohou mezi středně velké vodní plochy, přičemž oblast, kde se koupou lidé, je relativně malá. Dochází tedy zřejmě k dostatečnému k ředění znečištění. WHO (2003) kategorizuje riziko při různém počtu koupajících se a při různém ředění vody (tabulka č. 7).

Tabulka č. 7 - Potencionální riziko pro lidské zdraví způsobené fekálním znečištěním z koupajících se lidí.

Množství lidí a intenzita ředění	Riziko
Hodně lidí, velké ředění ^a	malé
Málo lidí, vysoké ředění	velmi malé

Pokračování tabulky č. 7

Hodně lidí, nízké ředění ^{a,b}	střední
Málo lidí, nízké ředění ^b	malé

^a zvýšení rizika o stupeň, v případě nepřítomnosti sanitárního zařízení; ^b stojatá voda

Zdroj: (WHO, 2003)

V tabulce 7 je zmíněn i vliv přítomnosti či nepřítomnosti sanitárního zařízení.

Na Hostivaři jsou toalety v dostatečném počtu i vhodné blízkosti od pláže, je zde tedy nepravděpodobné, že by lidé nevyužívali. Kromě toalet je třeba zaměřit se i na sprchy, které jsou umístěné podél cesty oddělující pláž s travnatou plochou. Sprchy byly používány středně často. Převládalo použití sprchy po koupání nad použitím před koupáním. Lidé tedy neoplachovali tělo před koupáním, čímž by snížili možnost vnosu znečištění do vody.

Koupající se lidé mohou ovlivňovat množství fekálních indikátorů přímým smyvem z těl nebo resuspenzí ze sedimentů. Když se podíváme na enterokoky - na pokus s vířením sedimentů, rozdíl mezi zvířeným a nezvířeným vzorkem jsou nízké. Tedy ani zvýšeným pohybem lidí ve vodě enterokoky nenabudou výraznějších hodnot. Hodnoty *E. coli* pohybovaly v rozsahu ostatních měření. Na molu 1 se hodnoty zvýšily 2,5 krát, avšak na molu 2 se hodnoty snížily na polovinu. Zvíření sedimentu, jako další možný zdroj kontaminace vody, se neprokázal jako významný.

Při sledování zákalu jsem zjistila, že závislost na počtu koupajících se lidí byla statisticky prokázána. Až na jedno měření hodnoty korelačního koeficientu při hodnocení jednotlivých dní byla vyšší než 0,65. Lidé tedy zvyšují zákal při pobytu ve vodě, což potvrzuje mimo jiné i studie (Graczyk a kol. 2007). Ti ve své práci však ukazují zvířený sediment jako jeden ze zdrojů biologické kontaminace, což je však zřejmě v případě Hostivaře málo významné. Dno Hostivaře v oblasti vymezené pro

koupání je písčité, tedy bez bahnitých sedimentů (foto č. 8). To vysvětluje nízké hodnoty při umělém zvření vody a sedimentu pod odběrovým místem. Závěrem tedy je, že v případě vodních ploch s písčitým dnem nehrozí zvýšení bakteriologické kontaminace v důsledku víření sedimentů lidmi či jiným způsobem.

Foto 8 – Pohled na dno VN Hostivař při sníženém stavu hladiny



Foto: Mgr. Petr Pumann, dne 14. 4. 09

Možným zdrojem fekální kontaminace nemusí být pouze lidé. Na molu 2 se velmi často vyskytuje velké množství racků, kteří znečišťují svými výkaly jak molo, tak i pláž. Tyto výkaly se můžou podílet na zvýšení fekálního znečištění. Obzvláště to může být znát po dešti, kdy se výkaly z mola smývají do okolní vody.

Zdá se, že na hodnoty fekálních indikátorů v případě VN Hostivař mají mnohem větší vliv než koupající se lidé jiné faktory, např. dešťové srážky. Nejvyšší hodnoty všech ukazatelů byly naměřeny jeden den po prudkém dešti. Tyto několikanásobně přesahovaly běžně naměřené hodnoty. Navýšení enterokoků po dešti je způsobeno splachem nečistot z okolí nádrže do vody. Hodnoty *E. coli* se po dešti zvýšily a při následném měření poklesly, stejně jako tomu bylo u enterokoků. Největší navýšení všech ukazatelů jsem zjistila den po prudkém dešti. Děšť smývá veškeré znečištění

z okolí nádrže přímo do vody. Vliv srážek na mikrobiální znečištění potvrzuje např. Bartram a Rees (ed.) (2000).

U všech hodnot, které jsem naměřila, se však stále pohybujeme daleko pod legislativními hodnotami. Nejvyšší naměřená hodnota enterokoků byla 57 KTJ/100 ml, doporučená hodnota je 100 KTJ/100 ml, limitní hodnota je určena jako 400 KTJ/100 ml. Pro *E. coli* platí evropská legislativa. Zde je limit pro 95. percentil 500 KTJ/100 ml (nejpříznivější stupeň – výborná jakost). Nejvyšší mnou naměřená hodnota *E. coli* byla 67,7 KTJ/100 ml, 95. percentil byl 24,4 KTJ/100 ml.

Při hodnocení vztahu mezi výskytem enterokoků ve vodě a onemocnění gastroenteritidou (WHO, 2003) spadají mé výsledky do nejnižší kategorie (tabulka č. 8). V publikaci je hodnocen 95. percentil pro enterokoky na 100 ml a odhadované riziko vztažené na nejméně desetiminutovou koupel, při které je hlava třikrát ponořena pod vodou. 95. percentil z mých vzorků je 35,5. Několikrát však byla překročena hodnota NOAEL (Wiedenmann a kol., 2006) pro enterokoky 25 KTJ/100 ml, a to hned ve třech navštěvovaných dnech, dále pak jeden den po prudkém dešti.

Tabulka č. 8 – Vztah enterokoků a rizika onemocnění gastroenteritidou

95. percentil pro enterokoky na 100 ml	Odhadované riziko
Do 40	Méně než 1 %
41 – 200	Do 5%
201 – 500	Do 10 %
Nad 500	Více než 10 %

Nezdá se tedy, že by díky odběru ve všední den dopoledne, byla do sledování kvality koupací vody vnášena významná systematická chyba.

Co se týče druhů sinic na VN Hostivař, převládají zde vláknité sinice. Koloniální byla zjištěna pouze *Microcystis* sp., která nebyla dominantním druhem. Z vláknitých sinic byly v roce 2007 dominantní *Raphidiopsis mediterranea*, *Planktothrix agardhii*, *Aphanizomenon issatschenkoi* a tenké vláknité sinice, hlavně *Pseudanabaena*. V roce 2008 jsem hodnotila pouze dva dny v měsíci červenci. Zde byly dominantní tenké vláknité sinice (*Pseudanabaena*), dále se tu ve výrazně nižším množství vyskytoval druh *Aphanizomenon aphanizomenoides*. *Aphanizomenon issatschenkoi* označují Komárek a Komárková (2008) jako invazivní druh, který se objevuje v posledních letech, bez zřejmého původního areálu.

Hodnoty sinic v rámci jednotlivých dnů (tedy od 9, resp. 9.30 do 17 h) se od sebe příliš neliší. Je nutné si uvědomit, že výsledky mikroskopického stanovení sinic jsou zatíženy velkou nejistotou (Pumann a Pouzarová, 2009). Relativní směrodatná odchylka opakovatelnosti (RSDr, tzn. směrodatná odchylka z opakovaných měření téhož vzorku provedených jednou laboratoří), získaná z pěti programů zkoušení způsobilosti pro laboratoř hygieny vody Státního zdravotního ústavu, se obvykle pohybovala mezi 15 a 20% (Pumann a Pouzarová, 2009). Pokud použiji stejný výpočet pro RSDr u všech mých vzorků z jednoho dne, dostanu hodnoty jen o málo vyšší - od 17,4 do 22 % (viz tabulky č. 3 – 8 v příloze). Je tedy evidentní, že rozdíly v počtech sinic v rámci jednoho dne nebyly významné. Bylo by samozřejmě možné zvolit přesnější metodu, ale ČSN (TNV) 75 7717 (Anonym 2004, Anonym 2008) se používá pro běžné sledování koupacích vod, takže bylo její použití zřejmě nejsprávnější cestou.

Z výsledků samozřejmě nelze usuzovat to, že výskyt sinic ve sledované vrstvě 0 – 30 cm během dne je stále stejný. Jak uvádím v kapitole 1.3, především koloniální sinice rodu *Microcystis* mají schopnost měnit svou pozici ve vodním sloupci. Na Hostivaři se však vyskytovaly především sinice vláknité, které netvoří kolonie, u nichž

je možnost regulovat svoji pozici ve vodním sloupci menší. Ve studii Hašlera a Pouličkové (2003) z malé mělké nádrže s dominancí *Planktothrix agardhii* byla u hladiny zjištěna nejvyšší biomasa mezi 8. až 19. hodinou a v té době byla relativně konstantní (s výraznějším maximem v 19 h). I když nelze podmínky z této studie (malá nádrž, významně vyšší biomasa, jiné odběrové hloubky) srovnávat s podmínkami na Hostivaři, nezdá se, že by výsledky byly v rozporu.

Hodnoty chlorofylu-a byly v některých dnech téměř konstantní (oba odběrové dny srpna 2007). Ve třech případech (23. 7. 07, 6. 7. 08, 27. 7. 08) byly zaznamenány proměnlivé výsledky během dne, které však nekorespondují s výsledky sinic. Ty však v obou odběrech v červenci 2008 nebyly dominantními zástupci fytoplanktonu. Ze dne 6. 7. 08 jsem kvantifikovala i řasy a ani ty neodpovídaly dennímu průběhu chlorofylu-a. Jednou z možností, jak tento nesoulad vysvětlit, je i metodická chyba při stanovení chlorofylu-a (při malém roztrěpání filtrů nemusela extrakce proběhnout dokonale), kterou objevili v laboratoři hygieny vody SZÚ v červenci 2008 (Pumann, ústní sdělení). Proto hodnotím data chlorofylu-a ve své práci s opatrností.

Výsledky mé práce tedy naznačují, že výskyt sinic během sledovaných dnů nevykazoval velkou proměnlivost. Pokud budou na Hostivaři nadále převládat vláknité sinice, bylo by možné připustit provádění odběru i v odpoledních hodinách.

5. Závěr

Můj první stanovený cíl, tedy ověřit, jak koupající se lidé ovlivňují výskyt indikátorů fekálního znečištění, má tento závěr: množství koupajících se lidí pravděpodobně ovlivňuje kvalitu vody, konkrétně indikátory fekálního znečištění a zákal, avšak není to statisticky průkazné na daném vzorku dat.

Při aplikaci zjištěných skutečností na praktické využití, tedy zda odběry pro kontrolu jakosti vody prováděných ve větině případů ve všední dny nejsou zatíženy systematickou chybou, když neberou v potaz koupající se lidi, můžeme konstatovat, že zde metodická chyba není významná. Množství lidí sice pravděpodobně ovlivňuje sledované ukazatele, avšak velmi málo. Významnější ovlivnění kvality vody představují např. srážky.

Druhým mým cílem bylo ověřit, zda je důležité na nádrži přírodního typu dodržovat předepsanou dobu odběru (6 – 11 hodin dopoledne) kvůli dennímu pohybu sinic. Rozdíly mezi jednotlivými odběry během dne nejsou významné.

Sinice na VN Hostivař nevykazují významné rozdíly v počtech v průběhu dne. Při odběrech pro stanovení mikroskopického obrazu pro zhodnocení kvality vody nezáleží na hodině odběru.

6. Použitá literatura

Anonym (1994) - ČSN ISO 7150-1 (757451) - Jakost vod. Stanovení amonných iontů.

Část 1: Manuální spektrometrická metoda

Anonym (1996) - ČSN ISO 10260 (757575) - Jakost vod. Měření biochemických ukazatelů. Spektrofotometrické stanovení koncentrace chlorofylu-a

Anonym (2000) - ČSN EN ISO 7027 (757343) - Jakost vod - Stanovení zákalu

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

Anonym (2002) - ČSN EN ISO 15682 (757421) - Jakost vod - Stanovení chloridů průtokovou analýzou (FIA a CFA) se spektrofotometrickou nebo potenciometrickou detekcí

Anonym (2004): TNV 75 7717 – Jakost vod – Stanovení planktonních sinic

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

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

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.

Baudišová, D. (2007) Současné metody mikrobiologického rozboru vody – Příručka pro hydroanalytické laboratoře, VÚV TGM Praha. 100 str.

Baudišová, D. (2008) *Escherichia coli* v českých povrchových vodách. VTEI, příloha Vodního hospodářství 10: 4-5

Colford, J. M. Jr., Wade, T., Schiff, K. C. (2006). Water Quality Indicators and the Risk of Illness at Beaches With Nonpoint Sources of Fecal Contamination. *Epidemiology* 1: 27-35

Council Directive 76/160/EEC, concerning the quality of bathing water

Craun, G. F., Wade, T. J. (2008) Epidemie spojené s rekreačními vodami v USA, 1995 – 2004. *Hygiena* 3: 76-82

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

Elmir, S. M., Wright, M. E., Abdelzaher A. a kol.(2007) Quantitative evaluation of bacteria released by bathers in a marine water. *Water Research* 1: 3-10

Gerba, Ch. P. (2000) Assessment of Enteric Pathogen Shedding by Bathers during Recreational Activity and its Impact on Water Quality. *Quantitative Microbiology* 2: 55 – 68.

Graczyk T. K., Sunderland D., Tamang L. et al. (2007). Quantitative evaluation of the impact of bather density on levels of human-virulent microsporidian spores in recreational water. *Applied and Environ. Microbiol.* 73: 4095-4099.

Hašler, P., Pouličková, A. (2003) Diurnal changes in vertical distribution and morphology of a natural population of *Planktothrix agardhii* (Gom.) Anagnostidis et Komárek (Cyanobacteria). *Hydrobiologia* 1-3: 195-201.

Huisman, J., Matthijs, H. C. P., Visser P. M. (ed.) (2005). Harmful Cyanobacteria. Springer Dordrecht. 241str.

Chorus, I., Bartram, J. (ed.) (1999) Toxic cyanobacteria in water - A Guide to Their Public Health Consequences, Monitoring, and Management. E & FN Spon, London. 161 str.

Ibelings, B. W., Mur, L. R., Walsby, A. E. (1991) Diurnal changes in buoyancy and vertical distribution in populations of *Microcystis* in two shallow lakes. Journal of Plankton Research 2: 419-436.

Internet 1 - http://www.pod.cz/portal/jvn/cz/popis_cz.htm#3d

Internet 2 - <http://www.chmu.cz/meteo/ok/okdat72h.html>

Internet 3 - <http://www.hostivarskaprehrada.cz/>

Internet 4 – http://cs.wikipedia.org/wiki/Beaufortova_stupnice

Internet 5 - <http://cs.wikipedia.org/wiki/Obla%C4%8Dnost>

Internet 6 - <http://www.idexx.com/water/refs/09635900L6G.pdf>

Kalina, T. (2001) Systém a vývoj sinic a řas. Karolinum Praha. 165 str.

Komárek, J., Komárková, J. (2008). Výskyt a šíření planktonních sinic v ČR. Sborník konference Cyanobakterie 2008: 13-17.

Kožíšek, F., Pumann, P., Javoříková, E. a kol. (2008) Nemoci a epidemie spojené s koupáním v České republice. Hygiena 3: 108-109.

Le Fevre, N. M., Levis, G. D. (2003). The role of resuspension in enterococci distribution in water at en urban beach. Water Science and Technology 3: 205-210.

Maršálek¹, B. (2004). Vliv toxinů sinic na teplokrevné obratlovce a člověka. Živa 5: 198-199.

Maršálek², B. (2004). Rozdělení cyanotoxinů – legislativa. Sborník semináře Cyanobakterie 2004: 41–43.

Maršálek a kol. (ed.) (2008) Cyanobakterie 2008 – sborník konference. Botanický ústav AV ČR Průhonice. 138 str.

Pitter, P. (1999) Hydrochemie. VŠCHT Praha. 568 str.

Přípis hlavního hygienika ČR ze dne 7.4.2006 Postup pro ukládání výsledků kvality vody ke koupání do IS PiVo v souvislosti s jejich prezentací na Geoportálu ČR.

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

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

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

Stewart, I., Webb, P. M., Schluter, P. J. a kol. (2006). Recreational and occupational field exposure to freshwater cyanobacteria – a review of anecdotal and case reports, epidemiological studies and the challenges for epidemiologic assessment. Environmental Health 5: 6

Sunderland, D., Graczyk, T. K., Tamang, L. a kol. (2007). Impact of bathers on levels of Cryptosporidium parvum oocysts and Giardia lamblia cysts in recreational beach waters. Water Research 41(15): 3483–3489.

Takamura, N., Yasuno, M. (1984) Diurnal changes in the vertical distribution of phytoplankton in hypertrophic Lake Kasumigaura, Japan. Hydrobiologia 1: 53 – 60.

Vyhláška č. 135/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na koupaliště, sauny a hygienické limity venkovních hracích ploch

Vyhláška č. 152/2008 Sb., kterou se mění vyhláška č. 159/2003 Sb., kterou se stanoví povrchové vody využívané ke koupání osob, ve znění vyhlášky č. 168/2006 Sb.

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

WHO, EU (2002) Eutrofizace a zdraví. SZÚ Praha. 28 str.

Wiedenmann, A., Krüger, P. a kol. (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 Healt Prospect. 2: 228 -236

Znachor, P. (2003) Vodní květy sinic a problémy spojené s jejich výskytem v našich nádržích. Vodní hospodářství 9: 251- 253.

Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů

Přílohy

Seznam použitých zkratek

GI - gastroenteritida

IS PiVo - Informační systém pitná voda (neveřejná internetová databáze k ukládání a hodnocení dat z monitorování pitných a koupacích vod)

KTJ – kolonie tvořící jednotka

NOAEL - No Observed Adverse Effect Level (hodnota nejvyšší dávky, která ještě nezpůsobila v organismu negativní odezvu)

NTU - nefelometrická turbidimetrická jednotka – jednotka zákalu

RSDr – relativní směrodatná odchylka opakovatelnosti

SZÚ – Státní zdravotní ústav

VN – vodní nádrž

WHO – World Health Organization

Tabulka č. 1 – Početní zastoupení taxonů sinic v jednotlivých dnech [buňky/ml]

	23.7.07	6.8.07	20.8.07	22.8.07	26.8.07	6.7.08	27.7.08
<i>Raphidiopsis mediterranea</i>	2 442				1 083	53	929
<i>Planktothrix agardhii</i>	8 833					303	2 592
<i>Aphanizomenon issatschenkoi</i>			3 850	2 300	17 397	45	49
<i>Aphanizomenon aphanizomenoides</i>		8 013		2 400	5 683	71	4 839
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>				6 350	23 467	0	40
<i>Microcystis</i> sp.			7 450	1 250	2 667	1 478	2 096
tenké (<i>Pseudanabaena</i>)	9 092					55 781	14 760
<i>Anabaenopsis</i> sp.	1 150	663		2 750	10 650	0	0
<i>Anabaena flos-aquae</i>	0	0	600	400	1 850	0	21
<i>Anabaena compacta</i>	0	0	0	0	917	0	0
<i>Anabaena mendotae</i>	100	650	0	0	700	0	3
<i>Romeria</i> sp.	375	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudanabaena mucicula</i>	825	0	0	0	0	0	0
Součet	170 925	544 586	966 289	440 512	476 389	57 731	25 329



Tabulka č. 2 – Procentuální zastoupení taxonů sinic v jednotlivých dnech [%]

	23.7.07	6.8.07	20.8.07	22.8.07	26.8.07	6.7.08	27.7.08
<i>Raphidiopsis mediterranea</i>	1,4				0,2	0,1	3,7
<i>Planktothrix agardhii</i>	5,2	5,7	12,3	16,3		0,5	10,2
<i>Aphanizomenon issatschenkoi</i>			0,4	0,5	3,7	0,1	0,2
<i>Aphanizomenon aphanizomenoides</i>		1,5	1,4	0,5	1,2	0,1	19,1
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>		2,3	1,6	1,4	4,9	0,0	0,2
<i>Microcystis</i> sp.	12,6	1,9	0,8	0,3	0,6	2,6	8,3
tenké (<i>Pseudanabaena</i>)	5,3	14,6	6,5	22,0			
<i>Anabaenopsis</i> sp.	0,7	0,1	1,6	0,6	2,2	0,0	0,0
<i>Anabaena flos-aquae</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1
<i>Anabaena compacta</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
<i>Anabaena mendotae</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
<i>Romeria</i> sp.	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Pseudanabaena mucicula</i>	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabulka č. 3 – Množství sinic 23. 7. 07 [buňky/ml]

	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	17:00 kontrolní
<i>Planktothrix agarhii</i>	5 500	6 850	5 000	13 450	11 600	10 600
<i>Aphanizomenon aphanizomenoides</i>	28 300	37 100	43 200	34 000	30 000	54 600
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	55 050	30 300	52 200	53 000	42 100	66 200
<i>Aphanizomenon issatschenkoi</i>	19 500	27 400	42 100	45 850	33 600	64 700
<i>Microcystis</i> sp.	18 300	23 600	18 500	20 250	23 100	25 700
<i>Anabaenopsis</i> sp.	0	0	2 900	1 100	1 900	1 000
Tenké (<i>Pseudanabaena</i>)	5 800	1 700	21 800	6 650	6 400	12 200
<i>Raphidiopsis mediterranea</i>	11 550	3 100	0	0	0	0
<i>Romeria</i> sp.	0	2 250	0	0	0	0
<i>Anabaena mendotae</i>	0	600	0	0	0	0
<i>Pseudanabaena mucicula</i>	0	1 550	0	1 200	800	1 400
celkem	144 000	134 450	185 700	175 500	149 500	236 400

RSDr = 22,0%

Tabulka č. 4 – Množství sinic 6.8.07 [buňky/ml]

	molo1				molo2			
	9:30	12:00	14:30	17:00	9:30	12:00	14:30	17:00
<i>Planktothrix agarhii</i>	56 900	27 800	29 300	19 600	28 800	25 100	44 200	16 500
<i>Aphanizomenon aphanizomenoides</i>	3 900	8 700	8 200	5 300	7 900	14 200	10 800	5 100
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	18 100	2 600	20 000	4 400	11 200	0	40 571	1 800
<i>Aphanizomenon issatschenkoi</i>	346 333	120 625	459 000	289 333	131 800	215 750	262 000	253 000
<i>Microcystis</i> sp.	1 600	16 200	18 200	9 400	20 700	5 000	8 100	2 300
<i>Anabenopsis</i> sp.	2 300	0	1 000	0	1 100	0	0	900
Tenké - <i>Pseudanabaena</i>	58 100	60 300	93 800	96 700	68 400	66 500	97 600	92 900
<i>Anabaena mendotae</i>	0	2 200	0	3 000	0	0	0	0
<i>Raphidiopsis mediterranea</i>	0	179 000	110 143	119 143	230 750	277 250	107 000	118 286
celkem	487 233	417 425	739 643	546 876	500 650	603 800	570 271	490 786

RSDr = 17,9%

Tabulka č. 5 – Množství sinic 20. a 22. 8. 07 [buňky/ml]

	20.8.07 M1	20.8.07 M2	22.8.07 M1	22.8.07 M2
<i>Planktothrix agarhii</i>	88 600	149 125	76 200	67 500
<i>Aphanizomenon aphanizomenoides</i>	17 200	9 000	500	4 300
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	20 320	9 800	12 700	0
<i>Aphnizomenon issatschenkoi</i>	2 000	5 700	2 200	2 400
<i>Raphidiopsis mediterranea</i>	644 000	813 000	243 667	269 000
<i>Microcystis</i> sp.	14 900	0	2 000	500
<i>Anabenopsis</i> sp.	27 333	4 000	4 500	1 000
<i>Anabaena flos-aquae</i>	500	700	0	800
tenké - <i>Pseudanabaena</i>	58 300	68 100	111 857	81 900
celkem	873 153	1 059 425	453 624	427 400

Tabulka č. 6 – Množství sinic 26.8.07 [buňky/ml]

	Molo 1			Molo 2		
	12:00	14:30	17:00	12:00	14:30	17:00
<i>Planktothrix agarhii</i>	141 800	242 000	181 125	328 200	331 800	327 600
<i>Aphanizomenon aphanizomenoides</i>	4 400	1 400	6 500	8 500	11 900	1 400
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	6 900	37 700	41 100	40 800	12 300	2 000
<i>Aphnizomenon issatschenkoi</i>	13 900	8 900	9 500	63 385	6 500	2 200
<i>Microcystis</i> sp.	2 600	2 500	3 300	4 600	600	2 400
<i>Anabenopsis</i> sp.	9 000	13 900	13 400	9 600	8 500	9 500
<i>Anabaena flos-aquae</i>	0	4 000	0	0	7 100	0
tenké - <i>Pseudanabaena</i>	160 600	184 286	133 571	147 700	119 500	173 667
<i>Anabaena mendotae</i>	0	4 200	0	0	0	0
<i>Raphidiopsis mediterranea</i>	4 000	0	2 500	0	0	0
<i>Anabaena compacta</i>	0	0	0	5 500	0	0
celkem	343 200	498 886	390 996	608 285	498 200	518 767

RSDr = 20,0%

Tabulka č. 7 – Množství sinic 6.7.08 [buňky/ml]

	molo 1				molo 2			
	9:30	12:00	14:30	17:00	9:30	12:00	14:30	17:00
<i>Microcystis sp.</i>	960	1 025	1 390	880	2 100	1 260	2 780	1 425
tenké - <i>Pseudanabaena</i>	54 150	61 150	60 350	63 000	33 450	57 450	65 350	51 350
<i>Planktothrix agarhii</i>	65	50	1 090	415	130	385	175	110
<i>Raphidiopsis mediterranea</i>	60	0	0	0	0	360	0	0
<i>Aphanizomenon aphanizomenoides</i>	0	0	280	0	245	45	0	0
<i>Aphanizomenon issatschenkoi</i>	0	0	0	0	0	0	0	360
Celkem	55 235	62 225	63 110	64 295	35 925	59 500	68 305	53 245

RSDr = 17,4%

Tabulka č. 8 – Množství sinic 27.7.08 [buňky/ml]

	molo 1				molo 2			
	9:30	12:00	14:30	17:00	9:30	12:00	14:30	17:00
<i>Microcystis sp.</i>	1625	2790	2775	1785	2755	1115	1645	2275
tenké - <i>Pseudanabaena</i>	11625	15150	23950	12700	11650	10983	17150	14875
<i>Planktothrix agarhii</i>	2580	4875	2755	2330	1405	795	2700	3295
<i>Raphidiopsis mediterranea</i>	215	530	1230	1300	1205	1395	580	980
<i>Aphanizomenon aphanizomenoides</i>	5400	3714	4188	5433	3371	5142	5990	5470
<i>Anabaena mendotae</i>	0	0	0	0	20	0	0	0
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	0	320	0	0	0	0	0	0
<i>Aphanizomenon issatschenkoi</i>	0	395	0	0	0	0	0	0
<i>Anabaena flos-aquae</i>	0	0	0	0	0	170	0	0
Celkem	21 445	27 774	34 898	23 548	20 406	19 600	28 065	26 895

RSDr = 20,2%

Tabulka č. 9 – Počty řas 6.7.08 [jedinci/ml]

	molo 1	molo 2
9:30	717	609
12:00	643	820
14:30	769	710
17:00	723	579

Tabulka č. 10 - Souhrn všech ukazatelů sledovaných na vodní nádrži Hostivař

vzorek	Počet lidí na pláži	Počet lidí ve vodě	Oblačnost	Vítr	Vodní květ	Zákal	Počet sínic	Chl-a	pheo	Enterokoky	E.coli	Koliiformní bakterie	
												Průhlednost	
23.7.07, M1, 9:00	0	1	1/8	0	23,9	50	144 000	75,5	30,0	7	5,2	436,0	
23.7.07, M1, 11:00	3	7	1/8	0	18,7	50	134 450	54,8	24,2	42	24,3	1046,2	
23.7.07, M1, 13:00	5	25	2/8	1	19,5	50	185 700	52,6	27,0	32	11,0	1299,7	
23.7.07, M1, 15:00	35	55	1/8	1	29,5	50	175 500	57,8	26,0	7	9,8	1413,6	
23.7.07, M1, 17:00	10	30	1/8	2	25,4	50	149 500	68,9	21,1	29	10,8	1299,7	
23.7.07, M1, 17:00 kontr.					24,8	50	236 400	82,9	29,4	23	21,8	1986,3	
23.7.07, M1, 9:30	2	8	0/8	1		17,2	45	500 650	73,3	13,0	9	4,1	>2419
6.8.07, M2, 9:30					20	45							
6.8.07, M2, 12:00					25	75	0/8	2	18,4	48	603 800	80,7	14,5
6.8.07, M2, 14:30					45	75	2/8	1	17,8	48	570 271	82,9	10,7
6.8.07, M2, 17:00									17,7	48	490 786	80,0	10,5
20.8.07, M2, 12:00	0	0	4/8	0	-	20,3	55	1 059 425	85,9	8,8	52	60,1	>2419
22.8.07, M2, 12:00	0	0	4/8	0	-	13,5	63	427 400	66,6	9,3	1	2,0	>2419
26.8.07, M1, 9:30	0	0	4/8	2									
26.8.07, M2, 9:30					3	17	5/8	3	20,2	65	608 285	71,9	7,9
26.8.07, M2, 12:00					4				21,1	31	198 916	14,6	9,7
26.8.07, M1, 14:30	10	45	5/8	2		20,9	65	498 200	79,3	8,7	1	2,0	>2419
26.8.07, M2, 14:30					23,1	65	300 033	72,5	10,7	2	<1	>2419	
26.8.07, M1, 17:00	4	40	3/8	0		23,9	65	518 767	73,0	9,1	7	1,0	>2419
26.8.07, M2, 17:00													

Tabulka č. 10 (pokračování) - Souhrn všech ukazatelů sledovaných na vodní nádrži Hostivař

vzorek	Počet lidí na pláži	Počet lidí ve vodě	Oblačnost	Vítr	Vodní květ	Zákal	Počet sinic	Chl-a	pheo	Enterokoky	E.coli	Koliformní bakterie	Měření 3. 8. 08	Měření 4. 8. 08			
												Průhlednos	Počet sinic	Chl-a	pheo	E.coli	Enterokoky
6.7.08, M1, 9:30	0	0	4/8	1		10,7	40	35 925	97,2	34,1	3	15,8	>2419,2	6,3	>2419,2	2	
6.7.08, M2, 9:30																	
6.7.08, M1, 12:00	21	80	3/8	1		13,7	40	59 500	106,4	33,3	0	6,3	770,1	7,4	1732,9	4	
6.7.08, M2, 12:00																	
6.7.08, M1, 14:30	35	170	4/8	1		13,3	40	68 305	126,8	33,8	2	<1	1119,8	30	488	3	
6.7.08, M2, 14:30																	
6.7.08, M1, 17:00	50	130	2/8	1		12,9	40	53 245	134,2	46,5	2	7,4	>2419,2	3	>2419,2	8	
6.7.08, M2, 17:00																	
27.7.08, M1, 9:30	2	8	1/8	1		6,87	50	20 406	41,6	11,7	2	2	2419,2	2	2419,2	2	
27.7.08, M2, 9:30																	
27.7.08, M1, 12:00	18	100	2/8	0		2	11	40	19 600	55,5	16,6	3	12,1	>2419,2	2	>2419,2	2
27.7.08, M2, 12:00																	
27.7.08, M1, 14:30	35	240	2/8	1		14,6	40	28 065	68,5	18,0	28	9,7	>2419,2	2	>2419,2	2	
27.7.08, M2, 14:30																	
27.7.08, M1, 17:00	40	250	2/8	1		9,53	40	26 895	65,7	13,6	18	10,9	>2419,2	2	>2419,2	2	
27.7.08, M2, 17:00																	
30.7.08, M1, před výfukem	0	0	-	-		-	-	-	-	-	53,3	9,1	2419,2	16	24,6	>2419,2	
30.7.08, M2, před výfukem																	
30.7.08, M1, po výfukem	0	0	-	-		-	-	-	-	-	-	-	2419,2	1	18,3	>2419,2	
30.7.08, M2, po výfukem																	
3.8.08, M1, 9:30	0	2	7/8	3		-	-	-	-	-	-	-	4,1	1	4,1	2	
3.8.08, M2, 9:30																	
3.8.08, M1, 12:00	6	14	8/8	2		-	37	-	-	-	-	-	2	6	2	3	
3.8.08, M2, 12:00							37	-	-	-	-	-	4	4,1	>2419,2	4	
3.8.08, M1, 14:30	2	40	5/8	2		2	-	37	-	-	-	-	1	7	1	3	
3.8.08, M2, 14:30								37	-	-	-	-	4	2	>2419,2	1	
3.8.08, M1, 17:00	3	50	6/8	2		-	-	-	-	-	-	-	5,2	5	5,2	3	
3.8.08, M2, 17:00								37	-	-	-	-	1	4	1	5	
								37	-	-	-	-	2	2	6,3	8	

Legenda k tabulce č. 10

Oblačnost - stupeň pokrytí oblohy oblačností

Vítr - stupně podle Beaufortovy stupnice větru

Vodní květ - stupně podle Durosovy stupnice pro hodnocení vodního květu

Zákal - [NTU]

Průhlednost - [cm]

Počet sinic – [buňky/ml]

Chl-a (chlorofyl-a) – [$\mu\text{g/l}$]

Pheo (feopigmenty) - [$\mu\text{g/l}$]

Enterokoky – [KTJ/100 ml]

E. coli – [KTJ/100 ml]

Koliformní bakterie – [KTJ/100 ml]

