

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI

Fakulta technologická

Ústav inženýrství ochrany životního prostředí

Sledování vybraných parametrů kvality bazénové vody v krytých bazénech

Diplomová práce

Autor práce:

Lukáš Urbánek

Vedoucí práce:

Ing. Pavel Mrhálek

2005

ABSTRAKT

Cílem této práce bylo sledování vybraných ukazatelů kvality bazénové vody ve třech různých krytých bazénech, které používají k dezinfekci bazénové vody ozon a chlor. Zvláštní pozornost byla věnována oxidačně-redukčnímu potenciálu a jeho závislosti na koncentraci volného chloru a pH. V závěru práce jsou uvedena doporučení pro optimalizaci úpravy bazénové vody.

This dissertation has a monitoring of selected parameters of three different indoor swimming pools which used ozone and chlorine to disinfect pool water in view. Special attention was paid to reduction potential and its dependence on concentration of free chlorine and pH. The dissertation recommends a few measures for improvement of swimming pool water treatment.

Děkuji Ing. Pavlu Mrhálkovi za odborné vedení a výbornou spolupráci v průběhu vypracování této diplomové práce. Děkuji všem pracovníkům z Městských lázní za poskytnuté zázemí a pomoc se získáváním dat. Dále děkuji panu Ing. Bohumilovi Št'astnému Ph.D. z ČVUT za poskytnuté materiály, panu Petrovi Ševelovi z Centroprojektu Zlín za odbornou konzultaci a informace, redakci časopisu Bazén a Sauna za poskytnuté časopisy.

Prohlašuji, že jsem na celé diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem pouze citoval.

Ve Zlíně dne 23.5.2005

.....

OBSAH

OBSAH.....	5
ÚVOD	7
I. TEORETICKÁ ČÁST	8
1 OXIDAČNĚ REDUKČNÍ POTENCIÁL ORP	9
1.1 DEFINICE ORP	9
1.2 OXIDAČNĚ REDUKČNÍ ROVNOVÁHY	10
1.3 MATEMATICKÉ VYJÁDŘENÍ	10
1.4 TYPY ELEKTROD PRO MĚŘENÍ ORP	12
2 OXIDAČNĚ REDUKČNÍ POTENCIÁL A BAZÉNOVÁ VODA	14
2.1 ORP A KVALITA BAZÉNOVÉ VODY	14
2.2 ORP A MIKROORGANISMY	15
2.2.1 Účinek ničení mikroorganismů	16
2.3 PROBLÉMY MĚŘENÍ ORP	17
2.4 VÝHODY MĚŘENÍ ORP	18
3 PLAVECKÝ AREÁL	20
3.1 PLAVECKÝ BAZÉN	20
3.1.1 Faktory ovlivňující kvalitu bazénové vody v krytých a otevřených bazénech	20
3.2 VYROVNÁVACÍ NÁDRŽ	23
3.2.1 ORP ve vyrovnávací nádrži	23
3.3 ČERPADLA	24
3.3.1 Čerpadla	24
3.3.2 Vliv čerpání na ORP	24
3.4 PŘEDÚPRAVA BAZÉNOVÉ VODY	24
3.5 OZONIZACE	26
3.6 FILTRACE	27
3.7 OHŘEV	29
3.8 DEZINFEKCE	29
3.8.1 Důvody dezinfekce	29
3.8.2 Formy chloru ve vodě	31
3.8.3 Vliv pH na dezinfekční účinnost chloru a ORP	32
3.8.4 Účinek HClO a OCl^- při ničení mikroorganismů	34
3.8.5 ORP	35
3.8.6 Vedlejší produkty při dezinfekci vody chlorem	35
3.8.7 Metody stanovení dezinfikantů a jejich metabolitů	37
II. PRAKTICKÁ ČÁST	39
4 MĚSTSKÉ LÁZNĚ	40

4.1	HISTORIE PLAVECKÉHO AREÁLU	40
5	TECHNOLOGICKÉ ČÁSTI PLAVECKÉHO AREÁLU	42
5.1	BAZÉNY	42
5.1.1	50 m bazén	43
5.1.2	Dětský bazén	44
5.1.3	25 m bazén	44
5.2	VÝSTUPNÍ KONTROLA.....	45
5.3	VYROVNÁVACÍ NÁDRŽ	45
5.4	ČERPADLA	46
5.5	PŘEDÚPRAVA BAZÉNOVÉ VODY	46
5.6	OZONIZÁTOR.....	46
5.7	FILTR.....	47
5.8	OHŘEV	48
5.9	DEZINFEKCE	48
6	SLEDOVÁNÍ VYBRANÝCH PARAMETRŮ V BAZÉNOVÉ VODĚ	49
6.1	NÁVŠTĚVNOST PLAVECKÉHO AREÁLU.....	49
6.2	POROVNÁNÍ SLEDOVANÝCH PARAMETRŮ SE SONDOU PRO KONTINUÁLNÍ MĚŘENÍ	51
6.3	LABORATORNÍ (VLASTNÍ) MĚŘENÍ V JEDNOTLIVÝCH BAZÉNECH	55
6.3.1	CHLOR.....	55
6.3.2	pH	58
6.3.3	ORP	59
6.4	ZÁVISLOST ORP NA KONCENTRACI VOLNÉHO CHLORU A pH.....	60
6.5	ZÁVISLOST ORP NA TEPLITĚ	62
6.6	POSTUP STANOVENÍ SLEDOVANÝCH PARAMETRŮ	62
	ZÁVĚR.....	65
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	66
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	69
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	70
	SEZNAM TABULEK	71
	SEZNAM PŘÍLOH.....	72

ÚVOD

Hlavní součástí, každého vodního parku, jsou různé bazény sloužící k relaxaci, sportu a zábavě. Je mnoho typů bazénů, které se liší svým účelem, tvarem, hloubkou, umístěním (krytý, venkovní), povrchovou úpravou (nerez, PVC folie, keramika), atrakcemi (tobogány, skluzavky, vířivky, gejzíry, protiproudy), ale všechny bazény mají jedno společné, a tím je voda.

Z ekonomického hlediska je nutné, aby byla voda recyklována a cirkulovala v systému co nejdéle, proto je součástí každého areálu technologické zařízení pro úpravu bazénové vody. Takto neustále znečišťovaná, čištěná a upravovaná voda musí splňovat fyzikální, chemické a mikrobiologické parametry dle vyhlášky [1].

Každý provozovatel veřejných bazénů a koupališť je povinen sledovat a regulovat kvalitu bazénové vody a její zdravotní nezávadnost. K tomu slouží celá řada opatření a technologií na úpravu bazénové vody a zařízení provozu bazénu. Mezi nejdůležitější ukazatele, které jsou v bazénech sledovány a podle nichž se řídí provoz bazénů, patří pH, oxidačně redukční potenciál (ORP), koncentrace volného chloru a teplota [2]. Sledováním těchto vybraných parametrů se zabývá i tato práce.

Tato diplomová práce si klade za cíl, jak sledování vybraných parametrů kvality může provozovateli pomoci co nejlépe a za vynaložení ekonomicky přijatelných nákladů řídit provoz bazénů tak, aby byly splněny veškeré hygienické požadavky stanovené platnými právními předpisy.

V teoretické části je popsáno, jak mohou jednotlivé parametry ovlivnit kvalitu bazénové vody, a je zde také popsána technologie úpravy vody v krytém bazénu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 OXIDAČNĚ REDUKČNÍ POTENCIÁL ORP

První zkoumání oxidačně redukčního potenciálu v chlorované vodě proběhlo v roce 1936 na Harvardské univerzitě, ale až v roce 1968 Německý státní zdravotní ústav studoval ORP v souvislosti s bazénovou vodou - výskyt mikroorganismů a jejich chování a reakce na různé hladiny ORP.

V roce 1971 Světová zdravotnická organizace (WHO) určila dolní mezní hodnotu ORP pro pitnou vodu 700 milivoltů (mV).

V roce 1996 Health Department Guidelines doporučila stanovit minimální hodnotu ORP na 720 mV pro veřejné bazény při pH 7,2 – 7,8 [2,3].

1.1 Definice ORP

Oxidačně-redukčním potenciálem se rozumí potenciál roztoku, způsobený přítomností oxidovaných a redukovaných složek vzorku. Měří se jako rozdíl napětí článku, který se skládá z inertní indikační elektrody (zpravidla platinové) a z referenční elektrody obvykle chloridostříbrné), vyjadřuje se obvykle v milivoltech .

Značná část chemických a biochemických reakcí probíhajících ve vodách závisí kromě hodnoty pH právě také na hodnotách oxidačně-redukčního potenciálu. V přírodních a užitkových vodách je hodnota ORP dána obvykle koncentrací rozpuštěného kyslíku, pokud nejsou přítomny jiné redoxní systémy ve vyšších koncentracích. Těmi mohou být např. sloučeniny železa, manganu, sulfidické síry, dusíku aj. ORP se pohybuje obvykle v rozmezí asi od -500 mV do 500 mV.(1) Bazénové vody se upravují pomocí dezinfekčních činidel a ORP těchto vod se pohybuje okolo 700 mV [4].

1.2 Oxidačně redukční rovnováhy

Prvky se ve vodách vyskytují v různém oxidačním stupni, s čímž souvisejí i jejich rozdílné vlastnosti (toxická, hydrolyzovatelnost, schopnost tvořit málo rozpustné sloučeniny aj.). Pokusy o aplikaci oxidačně-redukčního potenciálu v hydrochemii a v technologii vody se datují asi od roku 1940. Oxidačně-redukčního potenciál slouží k výpočtu poměrného zastoupení jednotlivých oxidačních stupňů daného prvku ve vodě a je použitelný při kontrole odželezování, odmanganování a chlorace vody. ORP se také uplatňuje v limnologii při charakterizaci trofie povrchových vod. Zvláštní význam mají oxidačně-redukční rovnováhy v geochemii vod.

Celkový oxidačně-redukční proces se skládá ze dvou parciálních reakcí. Podle mezinárodní konvence IUPAC se tyto parciální reakce zapisují rovnicí ve tvaru

$\text{Ox} + n\text{e} = \text{Red}$ tak, aby složky ve vyšším oxidačním stupni byly vždy na levé straně rovnice [4].

1.3 Matematické vyjádření

Hodnotu ORP lze vypočítat dosazením aktivit reagujících látek do *Nesrstovy-Petersovy* rovnice:

$$E = E^0 - \frac{RT}{nF} \ln Q \quad (1)$$

$$Q = \frac{a(\text{Red})}{a(\text{Ox})} \quad (2)$$

$$E = E^0 - \frac{2,3RT}{nF} \log Q \quad (3)$$

kde R je molární plynová konstanta, T – termodynamická teplota, F – Faradayova konstanta a n – celkový počet elektronů podílejících se na reakci. Při teplotě 25 °C se výraz $\frac{2,3RT}{nF}$ rovná $0,059 \text{ J C}^{-1}$ (0,059 V). V případě dostatečně zředěných roztoků lze aktivity nahradit látkovými koncentracemi [4].

Standardní potenciál E^0 je oxidačně-redukční potenciál roztoku, v němž jsou aktivity reagujících složek jednotkové. Jestliže se reakce zúčastňují vodíkové ionty, pak E^0 je mírou redukční, resp. oxidační schopnosti systému v roztocích o $\text{pH} = 0$ [$a(\text{H}^+) = 10^0 = 1,0$]. Hodnoty standardních potenciálů pro některé vybrané reakce, modelující různé chemické a biochemické procesy ve vodách, jsou uvedeny v tabulkách. Hodnoty E a E^0 se vztahují k potenciálu standardní vodíkové elektrody [4]. Její podstatnou částí je platinový plíšek potažený platinovou černí, ponořený do roztoku kyseliny o jednotkové aktivitě vodíkových iontů a sycen vodíkem o parciálním tlaku 101,3 kPa. [5] Na elektrodě probíhá následující reakce, při které se uvolňuje vodík:



$$E^0 = 0 \quad (5)$$

Soustava mající pozitivnější E^0 je schopna oxidovat soustavu o negativnějším potenciálu. Kvantitativně mohou proběhnout jen ty páry parciálních reakcí, jejichž E^0 leží dostatečně daleko od sebe. Při malé hodnotě ΔE^0 se reakce nemusí uskutečnit. Někdy je nutná přítomnost katalyzátoru. Je-li $n = 1$, je kvantitativní průběh reakce možný jen při ΔE^0 min. 0,36V, resp. při ΔpE^0 min. 6,1. Pro $n > 1$ již postačí menší difference standardních potenciálů. V přírodních vodách se oxidačně-redukční termodynamická rovnováha ustavuje zpravidla jen zvolna, u bazénových vod dochází k ustálení rovnováhy rychleji.

Pro zjednodušení výpočtů a při grafických řešeních se do Nesrstovy-Petersovy rovnice někdy zavádí symbol pE . Tato bezrozměrná veličina se definuje jako *relativní aktivita elektronů*, $pE = -\log a(e)$ [2]. Vztah k ORP ve voltech je při 25°C dán rovnicí

$$E = 2,3RTF^{-1}pE = 0,059pE \quad (6)$$

$$pE = 16,95E \quad (7)$$

Nesrstova-Petersova rovnice má potom tvar:

$$pE = pE^0 - \frac{1}{n} \log \frac{a(Re d)}{a(Ox)} \quad (8)$$

1.4 Typy elektrod pro měření ORP

Podle toho, zda se kov elektrody přímo zúčastňuje elektrochemické reakce, nebo zda slouží jen jako vodič zprostředkující výměnu elektronů při oxidačně-redukčním ději a podle druhu fází, jež se stýkají, rozlišujeme typy elektrod:

A. Elektrody typu kov – roztok vlastních iontů

Elektrody I. druhu (kov v roztoku svých iontů)

Elektrody amalgamové

Elektrody II. druhu

B. Elektrody typu nekov – roztok jeho iontů

Elektrody plynové

Elektrody tuhé, nekovové

C. Elektrody oxidačně redukční

Pro měření oxidačně redukčního potenciálu se nejčastěji používá elektroda II. druhu. Je tvořena kovem, který je ve styku se svou málo rozpustnou solí a ponořen do roztoku elektrolytu obsahujícího přebytek aniontu výše uvedené málo rozpustné soli.

Při měření ORP bazénové vody se nejčastěji používá elektroda chloridostříbrná Ag/AgCl. Na elektrodě probíhá reakce:



Potenciál elektrody II. druhu závisí tedy na aktivitě aniontu, který tvoří málo rozpustnou sůl. Elektrod II. druhu se velmi často používá jako referenčních při praktickém měření, zejména pro jeho dobrou reprodukovatelnost [5].

2 OXIDAČNĚ REDUKČNÍ POTENCIÁL A BAZÉNOVÁ VODA

Hodnoty ORP v bazénové vodě se stanovují pro různá rozmezí pH. Při pH v rozmezí 6,5 – 7,5 by měly být hodnoty ORP vyšší než 700 mV, při rozsahu pH 7,5 – 7,8 by měly ležet nad hranicí 720 mV. Při těchto hodnotách je účinnost dezinfekce chlorem prakticky okamžitá.

Tyto hodnoty platí pro chlorovanou sladkou vodu a měly by být měřeny referenčním systémem stříbro-chlorid stříbrný.

Pro lázně s minerální vodou, termální koupele aj. je vždy zapotřebí stanovit experimentálně redoxní hodnotu, kterou je třeba dodržovat [6].

2.1 ORP a kvalita bazénové vody

Hodnota oxidačně redukčního potenciálu vody je dána poměrem oxidačních a redukčních účinků. Čím vyšší jsou oxidační účinky, tím lépe probíhá dezinfekce, tzn. hubení mikroorganismů ve vodě. Rychlost hubení mikroorganismů není závislá pouze na obsahu chloru a ORP, ale také na druhu a množství nečistot, které se ve vodě vyskytují [6].

V bazénové vodě jsou oxidačními látkami všechna dezinfekční činidla. Mezi redukční činidla patří všechny nečistoty včetně mikroorganismů. Při kontaktu chloru nebo jiné dezinfekční látky, dochází k výměně elektronů, kdy bakterie předávají elektrony dezinfikantu a ten je redukován. Bakterie je naopak oxidována. Tento proces výměny elektronů způsobuje velmi malé napětí (mV), které se měří jako oxidačně redukční potenciál [2].

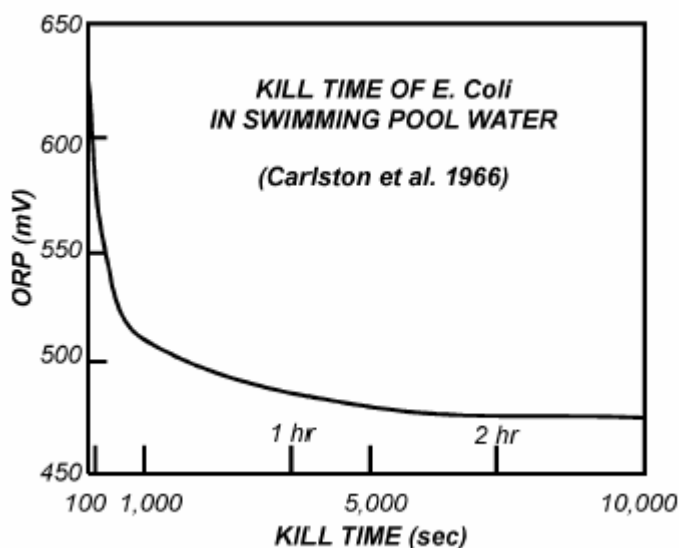
Kontinuální měření oxidačně redukčního potenciálu představuje kontrolní postup, s jehož pomocí je možné nepřetržitě prověřovat účinnost hubení mikroorganismů a kvalitu bazénové vody.

Hodnota oxidačně redukčního napětí je při tom závislá na poměru koncentrace oxidačních a redukčních látek. Stejný obsah chloru může v jedné vodě například vykazovat

jednou vysoké a jednou nízké oxidačně redukční potenciály, ale rozhodující je při tom vždy množství nečistot ve vodě[6].

2.2 ORP a mikroorganismy

Jedním z nebezpečí, které může pocházet z bazénové vody, je výskyt patogenních mikroorganismů, zejména bakterie *Escherichia coli*. Literatura [7] uvádí, že účinnost usmrcení bakterie *Escherichia coli* v plaveckých bazénech je závislá na hodnotě ORP a ne na obsahu volného chloru v bazénové vodě. Čas potřebný k usmrcení *E. coli* je řádově několik sekund při hodnotě ORP 650 mV. S klesajícím ORP se doba potřebná k usmrcení mikroorganismů prodlužuje až na několik hodin, jak je patrné z Obr. 1.



Obr. 1. Čas usmrcení *Escherichia coli* v
plaveckém bazénu [8]

Literatura [1] uvádí, že ORP je významným ukazatelem bakteriologické kvality bazénové vody.

James C. Brown zjistil, že celkové a fekální znečištění vody mikroorganismy není spolehlivým indikátorem bakteriologické kvality vody. Za spolehlivý ukazatel označil právě ORP. Voda, která měla ORP blízký se hodnotě 650 mV, a nebo vyšší, velmi dobře splňovala bakteriologická kritéria pro hubení mikroorganismů [7].

2.2.1 Účinek ničení mikroorganismů

Uvnitř každé buňky jednoho mikroorganismu existuje v úzkém rozmezí pH určitý redoxní systém. Oxidačně redukční potenciál a hodnota pH ovlivňují systém enzymů a tím také látkovou výměnu, dýchání, růst a buněčné dělení mikroorganismů přítomných ve vodě.

Většina mikroorganismů se může vyvíjet pouze v prostředí s nízkým ORP. Oxidačně redukční potenciál uvnitř buňky a v mediu který ji obklopuje by měl být téměř v rovnováze. Pokud se ORP okolního média zvýší pomocí přidavku dalších oxidačních prostředků, vznikne porucha v látkové výměně mikroorganismů. Enzymový systém buňky utrpí nezvratné škody a mikroorganismus odumře [6].

V následující tabulce I je uveden přehled mikroorganismů a jejich čas přežití při různých hodnotách ORP [8].

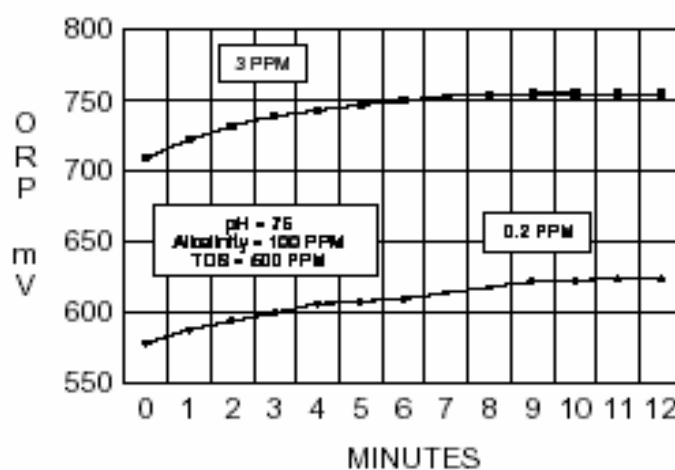
Tab. 1. Čas přežití mikroorganismů ve vodě v závislosti na ORP

Druh mikroorganismu / ORP (mV)	< 485	550 < x < 620	> 665
Escherichia coli O157:H7	>300 s	< 60 s	< 10 s
Salmonella spp.	>300 s	>300 s	< 20 s
Listeria monocytogenes	>300 s	>300 s	< 30 s
termotolerantní koliformní	>48 h	> 48 h	< 30 s

2.3 Problémy měření ORP

Nejčastěji zmiňovaným problémem při měření ORP je doba ustavování rovnováhy. Oxidačně redukční rovnováhy se totiž ve vodách ustavují poměrně zvolna. Ustavení rovnovážného stavu může trvat hodinu i déle [9].

Detailnější studie ke zjištění počátečních hodnot při měření ORP byla provedena u elektrody ponořené do chlorované vody. Studie prokázala, že se hodnota ORP v průběhu několika málo minut po ponoření neustále zvyšuje a k ustálení hodnoty ORP dochází až po cca 10 minutách (viz.Obr. č.2), a to nezávisle na koncentraci chloru ve vodě. [9] A proto je důležité sledovat kinetiku procesu a odečítat hlavně konečné hodnoty ORP. U roztoků standardů a u roztoků obsahujících jen jeden anorganický redox pár se rovnováha ustavuje poměrně rychle, naopak nejpomaleji pak v biologických systémech [9].



Obr. 2. Reakce ORP elektrody ponořené do bazénové vody při dvou rozdílných koncentracích volného chloru [10]

Měření ORP komplikuje také inaktivace měřící elektrody. Problémy působí nečistoty z vody, které se mohou významně sorbovat na platinové elektrodě a působit jako kontaktní

jedy. Takto mohou velmi významně ovlivnit naměřené hodnoty ORP a někdy i správné měření znemožnit. Proto většina metod popisujících stanovení ORP uvádí podrobnější postupy pro čištění elektrod [9].

Interpretaci naměřených výsledků významně znesnadňuje také velká závislost ORP na hodnotě pH systému a proto je nutné s ORP měřit současně také pH a uvádět jej do protokolu [9].

Hodnota ORP závisí také na teplotě. Korekce na teplotu je poměrně složitá, protože souvisí kromě jiného s počtem vyměňovaných elektronů v příslušné oxidačně-redukční reakci. Doporučuje se proto, aby měření bylo prováděno při teplotě 18°C až 25°C udržované v rozmezí $\pm 1^\circ\text{C}$. Tato teplota by měla pokud možno odpovídat teplotě vzorku při odběru a při výpočtu se používá hodnota standardu při stejné teplotě [9].

Ve vodách relativně bohatých na O_2 bude oxidačně redukční potenciál ovlivňován nejen látkami obsaženými ve vodě, ale také tvorbou oxidu platiny na povrchu elektrody [6].

Ve vodách dezinfikovaných Cl_2 resp. ClO_2 (oxid chloričitý) nemají po úpravě trvalí vysoké hodnoty oxidačně redukčního potenciálu O_2 žádný vliv, protože platinová elektroda je pomocí oxidační vrstvy pasivní (setrvačné chování elektrody) [6].

Měření ORP vody, která je dezinfikována pomocí peroxidu vodíku a peroxokyselin nelze provést [8].

2.4 Výhody měření ORP

Podaří-li se přesně změřit ORP vody, je z naměřené hodnoty ORP možné vyvodit následující závěry:

- 1) Kromě koncentrace dezinfikantů lze lépe určit jejich aktivity ve vodě. [9]
- 2) Měření ORP je oproti stanovení obsahu volného chloru pomocí DPD přesnější.
- 3) ORP elektrody jsou velmi citlivé a dokáží měřit vodu s koncentrací chloru (HClO) nižší než $0,001 \text{ mg.l}^{-1}$ [2].
- 4) Technicky správně navržený a udržovaný systém měření ORP zaručuje prevenci před výskytem Legionelly a jiných mikroorganismů jak v chladicích věžích, tak přímo v bazénech a lázních [2].

3 PLAVECKÝ AREÁL

Tato práce se zabývá sledováním parametrů v krytých bazénech, proto v následujícím textu bude popsáno schéma modelového bazénu tak, jak na sebe navazují jednotlivé části.

Každý plavecký areál se skládá z několika technologických částí (příloha VI), které slouží k úpravě bazénové vody. Úprava bazénové vody se děje v technickém zázemí zcela mimo dohled běžného návštěvníka. Hlavní součástí technologické úpravy vody je filtrační a dezinfekční jednotka. V následující kapitole budou popsány chronologicky jednotlivé kroky úpravy vody tak jak jsou sestaveny na některých bazénech v ČR.

3.1 Plavecký bazén

Bazénová voda

Udržení bazénové vody v co nejlepším stavu vyžaduje dobrou technologii úpravy vody, která je schopna odbourat a vyčistit neustále se znečišťující vodu a zabezpečit její dezinfekci. Kvalita bazénové vody a s ní související hodnota ORP závisí na mnoha faktorech.

3.1.1 Faktory ovlivňující kvalitu bazénové vody v krytých a otevřených bazénech

Kvalita vody v krytém bazénu je zpravidla sledována kontinuálním měřením ORP, pH a dezinfekčních prostředků, tedy nejčastěji volného chloru.

Dezinfekční prostředky

Nejpoužívanějším dezinfekčním činidlem užívaným k dezinfekci bazénové vody je chlor, který se používá v různých modifikacích. Chlor vystupuje jako oxidační činidlo, a tak působí na znečišťující látky, čímž automaticky zvyšuje ORP. Aktivita chloru je závislá na pH. Se vzrůstajícím množstvím aktivního chloru se zvětšuje hodnota ORP [7].

pH

Na hodnotě pH závisí poměrné složení forem rozpuštěného chloru (kyselina chlorná, chlornanový anion) v bazénové vodě. Se vzrůstajícím pH klesá aktivita volného chloru a klesá ORP [7].

Návštěvníci

Každý návštěvník vstupující do bazénu je zdrojem znečišťujících látek. Je zjištěno, že plavec po jedné hodině v bazénu po sobě zanechá v průměru cca 50 ml moče a cca 100 ml potu při teplotě vody 24 °C a teplotě vzduchu 38 °C a až 600 miliónů mikroorganismů, z čehož je 1 – 10 miliónů střevního původu. Na základě naměřených hodnot byl sestaven přehled látek obsažených v těchto zdrojích. Viz tabulka II [11].

Tab. 2. Látky obsažené v moči a potu jednoho uživatele bazénu [10]

Znečištění	Moč (mg)	Pot (mg)	Celkem (mg)
Sodík (Na^+)	150	280	430
Chloridy (Cl^-)	250	300	550
Fosforečnany (PO_4^{3-})	190	40	230
Sírany (SO_4^{4-})	180	60	240
Draslík (K^+)	90	60	150
Hořčík (Mg^{2+})	150	30	45
Amonné ionty (NH_4^+)	50	20	70
Močovina	1200	140	1340
Kreatinin	80	2	82
Močová kyselina	20	2	22
Kreatin	50	-	50

Tyto látky ovlivňují také vzhledovou kvalitu vody, narušují dezinfekční efekt chloru a jeho spotřebu, která se pohybuje běžně kolem 16 g na uživatele, a snižují též hodnotu ORP [11].

Údržba bazénu a okolních prostor

Pro udržení dobré kvality bazénové vody, je důležité eliminovat všechny potencionální zdroje znečištění, se kterými by mohli návštěvníci areálu přijít do kontaktu. Problémům se znečištěním bazénové vody se dá předejít pravidelným úklidem ochozů, sprch, šaten a pravidelným mechanickým dočišťováním vnitřních ploch bazénu (vysávání usazenin ze dna, čištění krajů bazénů na úrovni hladiny, kde dochází k usazování nečistot).

Pravidelný úklid okolních prostor bazénu snižuje zatížení bazénové vody znečišťujícími látkami, snižuje zatížení filtrů, prodlužuje jejich životnost a napomáhá udržet stále dobrou kvalitu bazénové vody.

3.2 Vyrovnávací nádrž

Vyrovnávací nádrž

Bazénová voda, která se přelije přes hrany bazénu do sběrných žlábků je samospádem svedena do vyrovnávací nádrže, odkud je čerpána čerpadly a poháněna k dalšímu technologickému zařízením upravující kvalitu vody.

Doplňování ředící vody

Koagulace, filtrace a dezinfekce samy o sobě nestačí k odstranění všech nežádoucích látek vyskytujících se v bazénové vodě. Proto projekční návrh a provoz bazénu musí počítat se spotřebou vody pro ředění bazénu čerstvou zpravidla pitnou vodou z vodovodního řádu. Objem ředící vody je ovlivněn stupněm znečištění (pot, moč), množstvím vedlejších produktů dezinfekce a celkovým obsahem rozpuštěných látek v bazénové vodě. Jako minimální se udává hodnota 30 l ředící vody na jednoho návštěvníka bazénu [12].

3.2.1 ORP ve vyrovnávací nádrži

Ve vyrovnávací nádrži nedochází k žádné cílené regulaci kvality bazénové vody, voda jí pouze protéká. ORP je v tomto místě technologického systému ovlivňován pouze přidávkem plnicí vody. Plnicí voda obsahuje méně dezinfekčních látek jako voda bazénová a její ORP je nižší.

Ve vyrovnávací nádrži tedy při doplňování plnicí vodou dochází k poklesu ORP.

3.3 Čerpadla

3.3.1 Čerpadla

Čerpadla v technologickém procesu úpravy vody slouží pouze jako hnací jednotky a mají zanedbatelný vliv na kvalitu bazénové vody.

3.3.2 Vliv čerpání na ORP

Vlivem čerpání dochází k intenzivnímu promíchávání bazénové vody a k turbulencím způsobených silným prouděním vody. Vzhledem k tomu, že čerpadla slouží pouze jako hnací síla v systému tak na ORP nemají vliv. Komplikace mohou nastat v případě poruchy a následnému zavzdušnění čerpadla, čímž by byla voda intenzivně provzdušněna a takové okolnosti by ovlivnily ORP bazénové vody.

3.4 Předúprava bazénové vody

V bazénové vodě lze očekávat výskyt bakterií a choroboplodných mikroorganismů, z nichž některé mohou způsobit závažná infekční onemocnění (cholera, hepatitida, tyfus,...), a také biologické znečištění (řasy). V bazénové vodě je nutné klást velký důraz na takové hygienické zabezpečení vody, aby byli uživatelé bazénu spolehlivě ochráněni před těmito chorobami a znečištěním, aniž by byli ohroženi použitými chemikáliemi. Z tohoto důvodu je nutná preventivní dezinfekce vody v bazénu. Chlor a další dezinfekční prostředky jako brom, jod, manganistan draselný a peroxid vodíku používané pro úpravu bazénové vody se chovají jako dezinfekční a oxidační činidla. Jako redukční činidla v bazénové vodě se chovají všechny nečistoty (moč, pot, bakterie atd.) [12].

Chemická úprava bazénových vod především zahrnuje :

1. Úpravu pH
2. Koagulaci [12]

Úprava pH

Udržování pH vody v bazénu v požadovaných mezích je velmi důležité pro zajištění efektivní dezinfekce, koagulace a ochrany přístrojů. Jestliže je pH příliš nízké (pod 6,5) je větší pravděpodobnost výskytu jemných nerozpuštěných látek ve vodě a voda se tak stává agresivnější pro použitá technologická zařízení a materiál. Jakmile se pH přiblíží hranici 8,0 ztrácí volný chlor svoji aktivitu. Např. pouze 20% volného chloru je okamžitě k dispozici jako kyselina chlorná k usmrcení choroboplodných mikroorganismů. Ideální je udržovat hodnotu pH kolem 7,4. Jedná se o úroveň blízkou hodnotě pH lidského oka, čímž nedochází k jeho dráždění. Druh požadované chemikálie pro udržení pH v uvedených mezích závisí na chemické reakci vody a vodním zdroji, z něhož je voda odebírána. K zásaditým hmotám patří hydrogenuhlíčan sodný. K úpravě pH do oblasti kyselé se používá kyselina chlorovodíková, případně kyselina sírová [12].

Koagulace

Některé látky způsobující znečištění bazénové vody se vyskytují ve formě koloidních roztoků a je velmi obtížné je běžnými filtračními procesy odstranit. Proto se obvykle sráží a převádějí do makrodisperzní formy, která je lépe separovatelná. Přídavkem vhodného činidla vznikají sloučeniny s nízkým součinem rozpustnosti. Vzájemnou interakcí se tvoří objemné vločky, které již lze separovat a zachytit na filtru.

V bazénové technologii se většinou používá jako koagulační činidlo síran hlinitý nebo modernější přípravek polyaluminiumchlorid (PAX) [12].

3.5 OZONIZACE

V moderních technologiích úpravy bazénové vody se dnes nejčastěji používá ozonizace.

Ozon

Ozón je tříatomový kyslík – vyráběný buď koronárním výbojem na elektrodě vysokého napětí nebo UV zářením. Je to plyn se silnými oxidačními účinky (až 100x silnějšími než chlor).

Výhody použití ozónu

- při jeho aplikaci nevznikají žádné přídavné negativní produkty.
- vyrábí se v místě užití a nemusí se přepravovat a uskladňovat.
- ničí veškeré bakterie a viry (chlor jen 90-95%).
- při správné koncentraci rozkládá organické a anorganické látky ve vodě které se zachycují ve filtru.
- při spojení s chlorem nevznikají páchnoucí či dráždivé chemické sloučeniny.
- zlepšuje čistotu a průzračnost vody.
- snižuje spotřebu chloru a koagulantu.

Nevýhody použití ozónu

- molekuly O_3 jsou nestabilní a rozpadají se během 10-20 minut na kyslík
- nelze ho použít jako samotné dezinfekční činidlo k hygienickému zabezpečení vody, ale pouze v kombinaci s chlorem či brómem, kde je zajištěn dlouhodobý dezinfekční účinek.
- hůře se ve vodě rozpouští (s vyšší teplotou roste i jeho rozpustnost).
- při vysoké dávce může být karcinogenní.

Ozón je v současné době jedním z nejdostupnějších a nejsilnějších oxidačních prostředků použitelným pro dezinfekci bazénové vody. Úkolem ozonizačních systémů je vyrobit a zpracovat potřebné množství plynu tak, aby byla oxidace vody zajištěna [13].

Podmínkou pro úspěšnou ozonizaci je [13]:

- a) přesný výpočet množství ozónu nutného k zajištění výsledného efektu dezinfekce.
- b) používat ozon ve správný čas, na správném místě a správným způsobem

Ozón je velmi efektivní v ničení mikroorganismů a nepříjemného zápachu způsobovaného chloraminy a dodává vodě jiskřivou čistotu. Je také velmi účinný při oxidaci olejů a tuků zvláště v lázních a v horkých bazéncích a také ve filtrech. Je však málo účinný proti růstu řas [7].

.

3.6 FILTRACE

Filtrace je dalším stupněm úpravy bazénové vody, která slouží k odstraňování mechanických a nečistot z vody. Filtrací nejčastěji v kombinaci s vysáváním dna bazénu se odstraní z bazénu většina nečistot a tím se sníží rozklad a zahnívání pevných částí v bazénové vodě. Zredukuje se tím dávkování chemikálií, potřebných pro úpravu vody. Filtrací lze poměrně úspěšně dosáhnout snížení finančních nákladů na úpravu vody [14].

Typy používaných filtrů

Pískový filtr si svojí jednoduchou obsluhou, finanční nenáročností a pohodlnou obsluhou zajistil stálé místo na trhu. I tyto filtry se vyrábí z různých materiálů (plastové, ovíjený sklolaminát, nerezové), ve tvarově odlišných verzích (s vrchním plněním, půlené) a s různým umístěním 6-ti cestného ventilu (umístění nahoře, z boku). Znečištěný písek, který vznikne při filtraci, vyčistíme zpětným průplachem (otočení cirkulace vody, zviření písku a nečistoty a vypuštěním nečistoty do kanalizace) [14].

Kartušový filtr funguje podobně jako filtr na kávu, či vzduchový filtr v autě. Voda opět prochází přes kartuši, na které se zachycují nečistoty. Kartuše sice zachytí jemnější nečistoty než písek, avšak se častěji zanáší a je ji nutno vyměnit nebo vyjmout a propláchnout vodou [14].

Filtry na bázi filtrační textilních vaků fungují stejně jako kartušové filtry s tím rozdílem, že pro zachytávání nečistot mají filtrační pytel, který po znečištění vyjmeme a vypereme [14].

Filtrace znamená oddělování složek směsi o dvou fázích pomocí propustného materiálu (filtračního média, filtrační přepážky), kterým prochází pouze jedna z obou fází. Nejčastěji se odděluje kapalina od tuhých látek, které jsou v ní rozptýleny. Účelem filtrace v bazénové technologii je získání kapaliny (vody) zbavené mechanických nečistot. Jako filtrační média se používají: křemenný písek, diatomit, zeolit, aktivní uhlí atd [14].

Aktivní uhlí – uhlík je nejrozšířenějším prvkem na Zemi. Mezi nejběžnější formy uhlíku patří uhlí, skořápky kokosových ořechů, dřevo, rašelina a lignit. Uhlí, skořápky kokosových ořechů a dřevo jsou nejdůležitějšími surovinami, používané při výrobě aktivního uhlí. Vyrobené aktivní uhlí je vysoce účinným adsorbentem s množstvím rozdílně velkých pórů, od mikropórů (molekulární rozměry, $r < 1$ nm) přes mezipóry ($1 \text{ nm} < r < 25$ nm) až po makropóry ($r > 25$ nm).

Zrněné uhlí se v bazénové technologii používá především při použití ozonizace k odstranění zbytkových koncentrací ozonu. Je uloženo v adsorbérech (kontaktních tělesech) s pevným lůžkem (sítnicí s tryskami) nebo difúzorem. Stacionární vrstvou aktivního uhlí protéká proud vody (většinou shora dolů). Pro odstranění hrubých nečistot se musí použít předřazené pískové filtry. Hrubé nečistoty by totiž velmi rychle ucpaly póry v aktivním uhlí, a tím by došlo k velmi rychlému vyčerpání adsorpční kapacity. Případné zbytkové nečistoty se odstraňují z aktivního uhlí zpětným proplachem (praním). Rámcové podmínky pro úpravu vody na aktivním uhlí jsou následující:

- doba kontaktu podle typu použitého aktivního uhlí 5 – 30 minut, max. 60 minut.
- průtoková rychlost 5 – 15 km/h.
- výška vrstvy min. 0,5 m, běžně 1,5 – 3 m.
- poměr filtrační výšky k průměru filtrační vrstvy asi 2 : 1.

- rychlost zpětného proplachu 30 – 40 km/h (počítá se s 30 % expanzí vrstvy) [14].

3.7 Ohřev

Vytápění a ohřev vody je v našich klimatických podmínkách nutnou součástí každého plaveckého areálu. Voda má několikanásobně větší hustotu než vzduch, a proto dochází k daleko intenzivnější výměně tepla mezi návštěvníkem a vodou. Je důležité najít rovnováhu mezi teplotou vody a finančními náklady na její ohřev. Náklady na ohřev vody je ekonomicky největší položkou provozu plaveckých areálů.

K ohřevu bazénové vody na 26 - 27°C se nejčastěji používá jako tepelného média vodní pára. V menší míře je využíváno slunečních kolektorů a geotermálních pramenů, které jsou však k dispozici pouze v některých lokalitách.

Nakonec se voda před vstupem dezinfikuje přidavkem dezinfekčního činidla.

3.8 Dezinfekce

3.8.1 Důvody dezinfekce

Dezinfekce bazénové vody je jedním z kroků zabezpečujících hygienickou nezávadnost vody.

Dezinfekce je posledním technologickým krokem v úpravě bazénové vody. Jejím cílem je zneškodnit všechny nebezpečné bakterie a viry, které by jinak mohly způsobit různé choroby, případně smrt. Aby dezinfekce byla dostatečně účinná, musí být vybrán efektivní dezinfikant, který vykazuje dostatečnou zbytkovou koncentraci v bazénu, neboť nositeli bakterií a virů jsou samotní návštěvníci plaveckého areálu.

K dezinfekci bazénové vody se používá chlor, brom, jod a jejich sloučeniny, ozón, peroxid vodíku, manganistan draselný. [10] V ČR se nejvíce používá chlor a jeho deriváty.

Dezinfekce produkty na bázi chloru

Dezinfekce chlorem je jedním z nejstarších způsobů úpravy vody. Má široké použití. Používá se jak při úpravě vody pro zásobování obyvatel pitnou vodou, tak při dezinfekci bazénových vod, ale i k dezinfekci odpadní vody [15].

Dezinfekce bazénové vody se provádí těmito dezinfekčními činidly na bázi chloru:

- Elementární plynný chlor
- Tekutý – chlornan sodný
- Granulovaný – chlornan vápenatý
- Stabilizační chlorové tablety nebo granule – kyselina kyanurová, trichlor
- Oxid chloričitý
- Elektrochlorace[12]

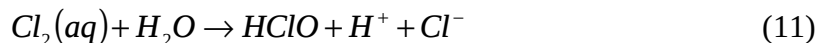
V ČR se nejvíce používá k dezinfekci bazénové vody nejčastěji plynný chlor, který je uchováván v tlakových lahvích.

Dezinfekce plynným chlorem

Injektováním elementárního plynného chloru z tlakové lahve do bazénové vody se připraví tzv. chlorová voda, která je pak dávkována do samotného cirkulačního systému. Při kontaktu s vodou dochází reakci za vzniku kyseliny chlorné a chlornanového aniontu. Za přítomnosti amonných solí a dusíkatých látek vznikají vedlejší produkty chloraminy [4].

Chlorování se v technologii bazénové vody používá k hygienickému zabezpečení vody. Roztok chloru ve vodě má chlorační a oxidační účinky. Chlor se ve vodě rozpouští na chlorovou vodu (při teplotě 10 °C se rozpustí asi 10g chloru v 1 litru).

Chlor reaguje s vodou endotermicky podle rovnic[8]:



Hydrolyza chloru probíhá podle rovnice (11) velmi rychle a rovnováha se ustavuje během několika sekund. Vodný roztok chloru není na slunečním světle stabilní a podléhá fotochemickému rozkladu podle rovnice:



Proto je nutné uchovávat roztoky chloru ve tmě. Fotochemický rozklad je jednou z příčin úbytku chloru z vody v otevřených bazénech (kromě úbytku oxidací organických látek).

Účinnost dezinfekčních činidel na bázi chloru

Bez ohledu na to, jaký přípravek na bázi chloru se použije k dezinfekci bazénové vody, vždy se ustaví rovnováha mezi $HClO$ a ClO^- . Jelikož $HClO$ má 80x – 100x větší dezinfekční účinnost než ClO^- , je z důvodu dezinfekce žádoucí co největší podíl kyseliny chlorné a proto je výhodné udržovat pH bazénové vody nejlépe v rozmezí 6,5 – 7,0 [16].

3.8.2 Formy chloru ve vodě

Chlor se ve vodě může vyskytovat v několika formách [15]:

- volný chlor – tvoří molekulární chlor Cl_2 , kyselina chlorná $HClO$, chlornany ClO^- , chloritany ClO_2^- , oxid chloričitý ClO_2 a chlorové vápno $Ca(ClO)Cl$

- vázaný chlor – představují jej anorganické a organické chloraminy, tento chlor má výrazně nižší baktericidní účinnost, většinou způsobuje pachové a chuťové potíže
- celkový chlor – znamená souhrnný obsah volného chloru a vázaného chloru
- organický chlor – je to obsah chloru vázaného na kyselinu isocyanurovou, která působí jako stabilizátor chloru a brání vázání dočasně nespotřebovaného chloru na amonné ionty např. v močovině a nastartování chloraminového cyklu. Při chlorování se používá buď málo rozpustná kyselina trichloro-iso-cyanurová nebo sodná sůl kyseliny dichloro-iso-cyanurové.

3.8.3 Vliv pH na dezinfekční účinnost chloru a ORP

Dezinfekční účinnost chloru při dezinfekci vody je závislá na hodnotě pH. Hodnota pH ovlivňuje formy chloru vznikající reakcemi při kontaktu chloru s bazénovou vodou.

V závislosti na hodnotě pH přicházejí při chloraci v úvahu následující formy chloru $Cl_2(aq)$, $HClO$, ClO^- a Cl^- . Elementární chlor se může ve vodě vyskytovat pouze při hodnotách pH menších než 2. Kyselina chlorná a chlornanový anion jsou zastoupeny v látkovém poměru 1:1 při pH 7,5 a teplotě 25°C. pH je hlavním faktorem určujícím množství chloru a bromu zastoupené formou $HClO$ a $HBrO$ ve vodě. $HClO$ a $HBrO$ jsou asi 80x – 100x účinnější dezinfikanty než jsou ClO^- a OBr^- ionty.

$HOCl$ a $HBrO$ mají schopnost proniknout do buněčné struktury, narušit ji a usmrtit buňku. S rostoucím pH klesají dezinfekční účinky. Brom má větší disociační konstantu a tak je jeho použití výhodnější při pH od 8 do 9 než použití chloru [1].

$HClO$ je biologicky účinnější při dezinfekci než ClO^- . Kyselina chlorná a chlornany jsou lepšími oxidačními činidly než elementární chlor viz následující rovnice[4]:



Tab. 3. Vliv pH na množství HOCl a HOBr [2]

pH	Volný chlor		Volný brom	
	% HOCl	% ClO^-	% HOBr	% OBr^-
6,5	91	9	99	1
7,0	75	25	98	2
7,5	49	51	93	7
8,0	23	77	81	19
8,5	9	91	58	42
9,0	3	97	30	70

Se vzrůstajícím pH klesá účinnost volného chloru a hladina ORP. Jestliže se bude brát v úvahu $0,33 \text{ mg.l}^{-1} \text{ Cl}_2$ jako dostatečná koncentrace pro dezinfekci bazénové vody při pH 7,5 tak při pH 8 bude potřeba k dosažení stejné úrovně dezinfekce $0,5 \text{ mg.l}^{-1} \text{ Cl}_2$. Při pH 8,5 to už bude $1,4 \text{ mg.l}^{-1}$ a při pH 9 se musí do vody nadávkovat $4,3 \text{ mg.l}^{-1} \text{ Cl}_2$ k dosažení stejné účinnosti dezinfekce [2].

3.8.4 Účinek HClO a OCl^- při ničení mikroorganismů

HClO je 80x až 300x účinnější při dezinfekci vody než OCl^- . Pro příklad, to je více než 100x účinnější než OCl^- proti cystám a 60 až 70x účinnější než OCl^- proti *E. coli*. Účinnost OCl^- jako dezinfekčního činidla může být porovnávána s účinností dezinfekce chloraminů [7].

3.8.5 ORP

Oxidačně redukční potenciál neudává žádné informace o koncentraci oxidačních a redukčních látek ve vodě, a tím např. také žádnou informaci o koncentraci dezinfekčních prostředků, ale umožňuje rozpoznat danou účinnost dezinfekce.

3.8.6 Vedlejší produkty při dezinfekci vody chlorem

Při dezinfekci chlorem bazénové vody dochází k tvorbě řady vedlejších produktů jako jsou trihalometany, halogenoctové kyseliny, chlorečnany, chloraminy, haloacetonitrily, halo ketony, chloralhydrát, chloropikrin a chlorkyan, které se ve vodě vyskytují jako vázaný chlor. Převážnou část vázaného chloru tvoří chloraminy [11,12].

Chloraminy

Chemismus chloru ve vodě je řízen důležitým faktorem – poměrem volného chlóru ke koncentraci dusíkatých nebo amonných iontů ve vodě.

Chloraminy vznikají oxidací chloru s amoniakem při hodnotách pH 7 – 8. Reakce je závislá na mnoha faktorech, např. na pH, na zastoupení amoniakového dusíku, reakční době a na ORP. Hubící účinnost chloraminů pro různé druhy mikroorganismů je 80 až 100x nižší než u volného chloru, HClO [10].

Zdroje amoniakálního dusíku v bazénové vodě

Obecně v bazénových vodách rozeznáváme několik zdrojů látek, které obsahují amoniak:

- a) z těl plavců – pot, sliny, moč, špína, kosmetické prostředky, opalovací krémy, pleťové vody apod.
- b) z okolního prostředí – vítr, déšť, prachové částice, pyl, hmyz, kousky trávy a listů, vzdušné znečištění

- c) vstupní voda – dle směrnice pro vodovodní sítě : kation NH_4^+ - 0,5 mg.l⁻¹ a volný NH_3 – 0,01 mg.l⁻¹ .

Amoniak se ve vodě rozpouští za vzniku hydrátu $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, který disociuje na ionty NH_4^+ a OH^- . Distribuce forem NH_3 a NH_4^+ je závislá na pH vody a její teplotě.

Chloraminy dále způsobují ve vodě a při svém přestupu do ovzduší silný chlorový zápach. První známky stížností od zákazníků se projevují již při koncentraci 0,05 mg.m⁻³ vázaného chloru v ovzduší a při koncentraci 0,7 mg.m⁻³ je pach již zřetelný. S narůstajícím množstvím vázaného chloru může docházet k podráždění očí, kůže a sliznic. Při dlouhodobějším vystavení chloru, může pak dojít k poruchám spánku, podráždění horních cest dýchacích a plic, světlání vlasů i kažení zubů [11].

Tvorba chloraminů

Pro řádnou dezinfekci vody by měl být poměr Cl : N tak vysoký, jak je to jen možné. Nejnižší přípustný poměr je 5:1 (pokud by byl nižší, znamenalo by to únik chloru anebo nárůst znečišťujících produktů). Téměř všechny chlor ve vodě se přeměňuje na monochloraminy, jako je NHCl_2 [7]. Monochloramin je jako všechny chloraminy mnohem méně účinný dezinfekční prostředek než volný chlor. Není dráždivý a ve vodě je při běžných hodnotách pH stálý.

Pokud je pH v rozmezí 7 a 8 tato přeměna probíhá velmi rychle, ve zlomcích sekund [7].

Když se poměr chloru k dusíku postupně zvyšuje na více jak 5: 1, přidáním malého množství chloru se monochloraminy přeměňují na dichloraminy [7]. Pokud je pH nízké a hodnota celkového chloru vysoká – vzniká nežádoucí trichloramin.

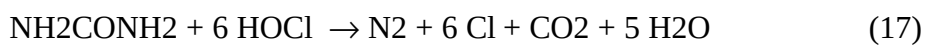
Dichloraminy jsou problematičtější než monochloraminy. Jsou nechvalně známé pro svůj špatný zápach, často označovaný jako chlorový zápach, a pro dráždění očí. Bývají častým zdrojem stížností návštěvníků bazénů a lázní [7].

Když je přidáno do vody větší množství chloru a poměr Cl : N se zvětší na 10:1 a víc, jsou mono a dichloraminy zničeny a rozpadají se na neškodné sloučeniny jako jsou dusíkové sloučeniny a soli chloru[7].

Chlorace do bodu zlomu

Za přítomnosti amoniakálního dusíku ve vodě dochází při chloraci vody k jevu, který se nazývá chlorace do bodu zlomu. Jedná se o takové dávkování chloru, aby se předešlo vzniku chloraminu. K tomu je nutné udržovat množství chloru nad touto zlomovou hranicí. Jinými slovy, množství chloru ve vodě musí být stále udržováno na hodnotě 10x větší než množství dusíkatých látek. To může být dokonalé pouze při pravidelném testování vody nebo snadněji pomocí automatického měření a regulace [9,7].

Proces probíhá ve třech fázích. Při velmi složité reakci (13) dochází nejprve k tvorbě chloraminů, které se následně rozkládají až na plynný dusík a oxid dusný (1). Tento mechanismus lze s výhodou využít pro chemické odstranění amoniakálního dusíku z vody [9,7].



3.8.7 Metody stanovení dezinfikantů a jejich metabolitů

Způsoby stanovení chloru

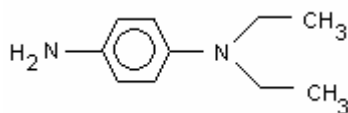
- DPD (N,N-diethyl-p-fenylendiamin)
- jodometricky
- o-tolidinová metoda (již se nepoužívá)
- amperometricky

Nejrozšířenějším způsobem pro měření obsahu volného chloru v bazénové vodě je použití DPD testu. V experimentální části je použito stanovení chloru právě metodou DPD, a proto jí i zde bude věnována největší pozornost.

DPD test a jiné testy na určování obsahu volného chloru nedělají rozdíly mezi dvěma formami chloru – HClO a ClO^- . Z tohoto důvodu nemohou ukázat snižující se koncentraci HClO při vzrůstajícím pH [2].

DPD

Metoda s DPD (N,N-diethyl-p-fenylendiamin, $M_r = 164,25 \text{ g.mol}^{-1}$, struktura na obr.3) je vhodná pro stanovení jak chloru, tak i oxidu chloričitého ve zředěných roztocích v koncentracích od $0,05$ do $5 \text{ mg.l}^{-1} \text{ Cl}_2$ (u ClO_2 do $2,5 \text{ mg.l}^{-1}$) [17]. Tato metoda umožňuje analytickou cestou rozlišit jednotlivé formy chloru, tj. volný chlor, vázaný chlor a celkový chlor [15].



Obr. 3 DPD

Metoda je založena na kolorimetrickém stanovení, kdy DPD reaguje s chlorem za vzniku červeného barviva, které je vhodné pro spektrofotometrické stanovení [18].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 MĚSTSKÉ LÁZNĚ

Pro tuto práci byly zvoleny kryté bazény v Městských lázních Zlín, které pro svou podobnost technologií a možnost sledování a řízení provozu bazénů pomocí kontinuálních měřicích sond dobře vyhovovaly zamýšlenému účelu této práce. Bylo možné dobře porovnat údaje poskytnuté měřicími sondami a naměřené laboratorními přístroji, které k tomuto účelu poskytl útvar Laboratoře Zlínské vodárenské, a.s. V experimentální části byly sledovány parametry kvality vody ORP, pH, chlor, teplota ve třech krytých bazénech a posuzováno jejich vzájemné působení.

V úvodu experimentální části je uvedeno krátké pojednání o historii Městských lázní ve Zlíně a popsána současná technologie úpravy bazénové vody v jednotlivých bazénech. Dále jsou uvedeny vybrané parametry a jejich sledované závislosti.

4.1 Historie plaveckého areálu

Kryté bazény mají ve Zlíně dlouholetou tradici. První krytý bazén resp. zimní koupaliště, jehož výstavbu financoval Tomáš Baťa, využívali obyvatelé Zlína již v roce 1931. Současný plavecký areál Městských lázní začal vznikat až v padesátých letech minulého století a jeho výstavba a rekonstrukce pokračují prakticky dodnes. 25m bazén byl postaven v roce 1952 a dlouhou dobu sloužil jako jediný krytý bazén ve Zlíně. Zbývající části areálu s 50m, dětským a 25m venkovním bazénem byly postaveny až v roce 1985.

Všechny bazény od svého postavení prošly řadou úprav a rekonstrukcemi. Největší zásahy se týkaly výměny vodovodního potrubí a technologií úpravy bazénové vody. V roce 1999 byla modernizována bazénová technologie na 50m bazénu, kde byla poprvé ve Zlíně použita dezinfekce bazénové vody pomocí ozonu. Hlavním dezinfekčním činidlem zůstal plynný chlor. V roce 2000 následovala rekonstrukce 25m bazénu, který byl již několik let uzavřen pro svůj havarijní stav. Na tomto bazénu byla rovněž použita ozonizace, která si vyžádala stejně jako na 50m bazénu nové filtrační jednotky obsahující aktivní uhlí, namísto písku, k pohlcení zbytkového ozonu. Zároveň se úpravy týkaly i oprav samotné vany bazénu, která v konečné fázi dostala povrchovou úpravu z PVC fólie. Poslední úpravy

v roce 2004 se týkaly dětského bazénu, kde byla také zavedena technologie používající ozon k dezinfekci vody. V současné době probíhá výměna rozvodného potrubí a filtrů u venkovního bazénu.

5 TECHNOLOGICKÉ ČÁSTI PLAVECKÉHO AREÁLU

Sledování ORP, pH, koncentrace volného chloru a teploty probíhalo ve třech krytých bazénech. Samotné parametry a hlavně ORP vypovídají nejen o kvalitě bazénové vody, ale také o tom, jak je účinný celý proces úpravy vody. Hodnoty ORP, pH, koncentrace chloru a teploty vody jsou ovlivňovány jednotlivými kroky úpravy a proto je nutné porozumět i technologii a vlivu jednotlivých částí úpravy vody na kvalitu vody. Podrobné technologické schéma je uvedeno v příloze PIV.

5.1 BAZÉNY

Ve zlínském areálu jsou celkem čtyři bazény. Podrobně budou popsány tři kryté bazény: velký plavecký 50 m, dětský bazén a malý plavecký 25 m. Každý bazén má svůj cirkulační systém, tudíž nedochází k vzájemnému promíchávání bazénové vody. 50m a 25m bazén mají stejnou technologii úpravy vody včetně ozonizace, liší se pouze počtem a velikostí jednotlivých částí. Dětský bazén má technologické prvky ve stejném pořadí až na ozonizaci, která je řešena jiným způsobem.

Všechny sledované bazény vyhovují nejnovějším požadavkům z hlediska hydrodynamiky. Veškerá voda je přiváděna do bazénů pouze přes trysky umístěné ve dně. Odtok vody z bazénu je řešen pomocí přepadových žlábků a odběrovými dnovými tryskami.

Tab. 4. Základní parametry krytých bazénů v plaveckém areálu Zlín

Bazén	50 m	Dětský	25 m
Rozměr bazénu [m]	50 x 21 m	12 x 9	25,02 x 12
Hloubka bazénu [m]	1,4 – 1,8 – 1,4	0,4 – 0,9	0,95 – 3,65
Vodní plocha [m ²]	1 050	108	300,24
Objem bazénu [m ³]	1 700	124	650
Povrchová úprava	keramika	keramika	PVC
Max. návštěvnost [osob/den]	3000	350	1000
Cyklus výměny osob[h]	1,5	1,5	1,5
Denní provoz[h]	15	11	15

5.1.1 50 m bazén

Je to největší bazén v areálu, který je využíván především jako plavecký bazén. Jako všechny bazény v areálu slouží pro širokou veřejnost, tak i pro různé zájmové skupiny, např. plavci PK(plavecký klub) Zlín. Tento bazén je nejvytíženějším bazénem v areálu pro své umístění hned za výstupem ze sprch. Kolem tohoto bazénu prochází každý návštěvník, včetně malých dětí v doprovodu rodičů, jdoucí na ostatní bazény v areálu, a tak je velká pravděpodobnost, že téměř každý návštěvník navštíví 50 m bazén. Pro svou hloubku 1,4 m je určen jak pro plavce, tak i pro neplavce větší výšky. Tento bazén je hodně využíván spíše dospělými lidmi, méně už mládeží, která přišla za zábavou. Ze strany seniorů je to nejnavštěvovanější bazén, právě pro svou snadnou dostupnost.

50m bazén jako největší z bazénů v areálu má i největší požadavky na výkon čerpadel pohánějících vodu v systému. Za jednu hodinu je přečerpáno přes tři filtry 675 m³ vody, což odpovídá 40% celkového množství vody v bazénu. 545m³ je přiváděno přímo na filtry a 130m³ je nejdříve odkloněno do reakční nádoby, kde bazénová voda při zdržení 4 – 5 min. je dezinfikována ozonem. Na každý 1m³ je dávkováno 1g O₃. Množství vody přes

ozonizátor tvoří přibližně 20% z celkového množství. Zbytkové koncentrace ozonu se odstraňují na filtrech s aktivním uhlím.

5.1.2 Dětský bazén

Je to nejmenší bazén v areálu, který je určen pouze pro děti do deseti let za doprovodu osoby starší patnácti let. Na tomto bazénu ve všední dny probíhá dopoledne (8 – 14 hodin) výuka plavání dětí z mateřských a základních škol (jedná se o náhlé zatěžování bazénové vody, protože děti jsou 45 min ve vodě a 15 min mimo bazén). V odpoledních hodinách je bazén využíván veřejností a z menší části kurzem určeným pro plavání batolat. Vzhledem k mladšímu spektru návštěvníků je voda v bazénu vyhřívána na 29 – 30 °C a teplota vzduchu se pohybuje mezi 29 – 31 °C.

Dětský bazén je z hlediska použité technologie úpravy vody odlišný oproti ostatním bazénům, svým řešením ozonizace. Část vody z vyrovnávací nádrže je přečerpávána přes reakční nádobu, kde je dezinfikována ozonem. Dávkování ozonu je nastavené na takovou koncentraci, aby všechen stihl zreagovat a rozpadl se před tím, než se dostane přes následné technologické části úpravy vody do bazénu. Celkový průtok vody přes filtr je 46 m³.

Vzhledem k tomu, že nebyla k dispozici projektová dokumentace dětského bazénu (jiný projektant) nebylo možné přesně určit dávkování ozonu.

5.1.3 25 m bazén

Je to bazén s výrazně rozdílným profilem dna, kdy jedna strana bazénu je využitelná i pro neplavce. Oproti ostatním bazénům, které mají keramický povrch, tento bazén má povrchovou úpravu z hydroisolační PVC folie. Ve všední dny je v dopoledních hodinách bazén určen pro trénink plavců a plaveckou školu. Veřejnost má více prostoru v odpoledních a večerních hodinách. Pro svou velkou hloubku umožňující skoky do vody, je tento bazén navštěvován hlavně mládeží.

Řešení technologie úpravy vody je obdobné jako u 50m bazénu. Celkový průtok vody přes filtry je 152 m^3 a z toho je 70 m^3 je odváděno do ozonizátoru, kde je dávkováno po jednom gramu ozonu na 1 m^3 bazénové vody. Množství vody dezinfikováno ozonem tvoří přibližně 46% z celkového množství. U tohoto bazénu je největší podíl vody upravovaný pomocí ozonu.

5.2 VÝSTUPNÍ KONTROLA

Všechny tři bazény jsou nepřetržitě monitorovány a kontrolovány. Z každého bazénu se pomocí hadičky z PVC přivádí samospádem voda do prostoru měřící cely, ve které jsou umístěny elektrody (výrobce Dinotec) pro kontinuální měření pH, ORP a koncentrace volného chloru. Všechny údaje jsou zaznamenávány a zpracovávány pomocí softwaru Dinowin na PC. Data z tohoto SW byla použita pro porovnání s měřením získaným laboratorními metodami použitými ke stanovení výše uvedených parametrů.

5.3 VYROVNÁVACÍ NÁDRŽ

Do vyrovnávací nádrže přitéká samospádem voda ze sběrných žlábků okolo bazénu a voda odebíraná ze dna bazénu. Tato nádrž vyrovnává výkyvy objemu vody v bazénu, které jsou závislé na množství návštěvníků v bazénu. Při velké návštěvnosti vyrovnávací nádrž nemusí pojmout veškerou vodu a přebytek přetéká do kanalizace.

V případě poklesu hladiny nebo při spotřebě vody z vyrovnávací nádrže k praní filtrů se ztráta vody automaticky doplňuje vodou pitnou. Spotřebu pitné vody použité k obměně se nepodařilo zjistit z důvodu společného vodoměru pro více odběrových míst.

5.4 ČERPADLA

Čerpadla jsou jedinou hnací silou v celém koloběhu bazénové vody. Přecherpávají vodu z vyrovnávací nádrže, která je přiváděna na filtr. Část vody je přiváděna na filtr přímo a zbytek prochází přes reaktor s ozónem.

Tab. 5. Druhy čerpadel na jednotlivých bazénech

Bazén	50 m	Dětský	25 m
Typ čerpadla	FD 132 V	FD 15	KR 1000
Výkon čerpadla [m ³ /h]	225	46	141
Počet čerpadel [ks]	3	1	2

5.5 PŘEDÚPRAVA BAZÉNOVÉ VODY

Před vstupem vody na filtry se automaticky upravuje pH vody a dávkuje se flokulační činidlo síran hlinitý.

5.6 OZONIZÁTOR

Je to nádoba složená z ovíjené laminátové nádoby se spodním a horním tryskovým rozdělovačem sloužícím k dokonalému promísení vody, bočním revizním otvorem, automaticky odvzdušňovacím ventilem pro odvod vzduchu s ozónem do likvidátoru zbytkového ozónu, vypouštěcí zátkou a z nástěnky s manometry a odběrnými kohouty.

Tab.6. Technická data

Bazén	50 m	25 m
Objem reakční nádoby [m ³]	8,20	4,25
Průměr reakční nádoby [mm]	2000	1800
Výkon ozonizátoru [g O ₃ /m ³]	1	1
Max. průtok [m ³ /h]	130	70
Max. teplota [°C]	1 - 50	1 – 50

5.7 FILTR

Všechny sledované bazény používají k filtraci vody filtry od stejného výrobce, ale každý bazén má filtrační jednotky přizpůsobené svým potřebám. Jednotlivé filtry se liší svou velikostí tzn. objemem filtračních náplní a jejich poměrem.

Tab. 7. Filtrace

Bazén	50 m	Dětský	25 m
Průměr filtrační nádoby [mm]	2350	1200	1800
Hmotnost náplně [kg]	3675	1950	2300
Silex (3 – 5 mm)	675	175	400
Gravel (1- 2 mm)	675	175	400
Písek (0,4 – 0,8 mm)	2325	1600	1500
Objem aktivní náplně [l]	2600	1950	1550
Výkon filtrační stanice [m ³ .h ⁻¹]	230	46	76
Max. provozní tlak [bar]	2,5	2,5	2,5
Počet [ks]	3	1	2

5.8 OHŘEV

Veškeré ztráty bazénové vody jsou nahrazovány vodou z vodovodního řadu, která má teplotu okolo 17 °C. Takto studenou vodu je potřeba před vypuštěním do bazénu ohřát. Voda kontinuálně protéká přes tepelný výměník, kde ohřívacím médiem je vodní pára, kterou plavecký areál odebírá z městské teplárny. Pára slouží nejen k ohřevu bazénové vody, ale také k vytápění vnitřních prostor areálu a parních kabin pro návštěvníky umístěných ve sprchách.

5.9 DEZINFEKCE

Bazénová voda je dezinfikována plynným chlorem. Chlor z tlakových lahví je přes injektor přímo dávkován do vody za ohřívací jednotkou. Takto upravená voda je rozváděna potrubím k jednotlivým tryskám a teče do bazénu.

6 SLEDOVÁNÍ VYBRANÝCH PARAMETRŮ V BAZÉNOVÉ VODĚ

Měření probíhalo v 5 – 6ti denních blocích v období od 12.10.2004 do 13.3.2005 v pěti týdnech, celkem 30 měřících dnů a to v intervalech (12. – 18.10.2004, 7. – 13.11.2004, 29.11. – 4.12.2004, 14. – 19.2.2005, 7.- 11.3.2005). Měřenými parametry byly: teplota vzduchu, teplota vody, koncentrace volného chloru, koncentrace celkového chloru, ORP a pH. Navíc byla stanovena koncentrace vázaného chloru výpočtem z rozdílu koncentrace celkového a volného chloru.

V průběhu dne se měření provedlo celkem třikrát. První měření bylo vždy před zahájením provozu (před šestou hodinou), druhé měření v dopoledních hodinách (cca v 10 hodin) a třetí odpoledne (cca v 17 hodin). Vždy byly měřeny všechny tři sledované bazény v následujícím pořadí: 50m bazén, 25m bazén a dětský bazén.

Pro srovnání byly použity také údaje (koncentrace volného chloru, ORP, pH) získané sondami, pro kontinuální měření, nainstalovanými na úpravně bazénové vody.

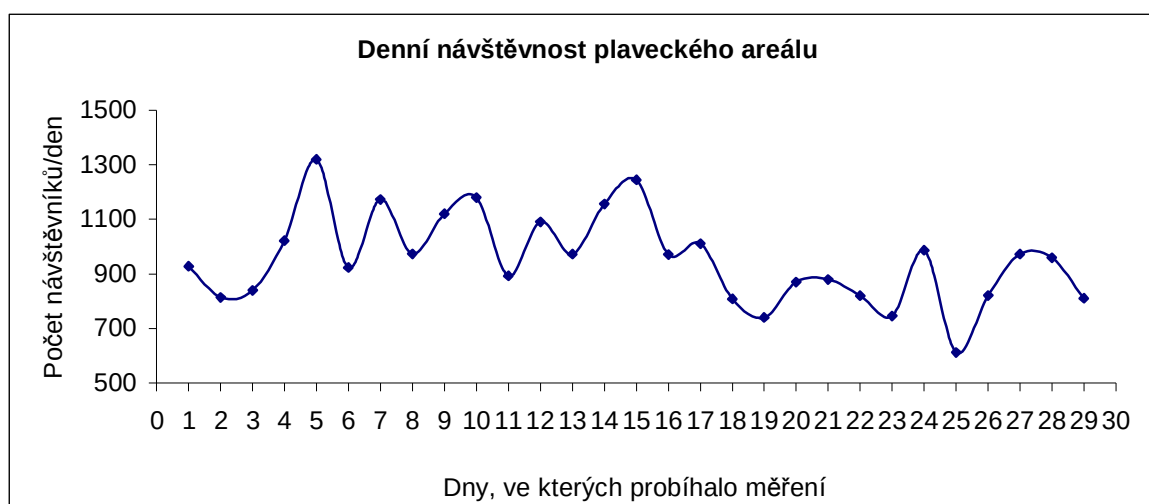
V průběhu měření se účelově nezasahovalo do automatického zařízení sloužícího k dávkování chemikálií a k úpravě bazénové vody. Měření probíhalo zcela nezávisle na provozu plaveckého areálu.

Kvalita bazénové vody je nejvíce ovlivněna počtem návštěvníků bazénu, a proto ve dnech měření probíhala evidence návštěvníků plaveckého areálu.

6.1 Návštěvnost plaveckého areálu

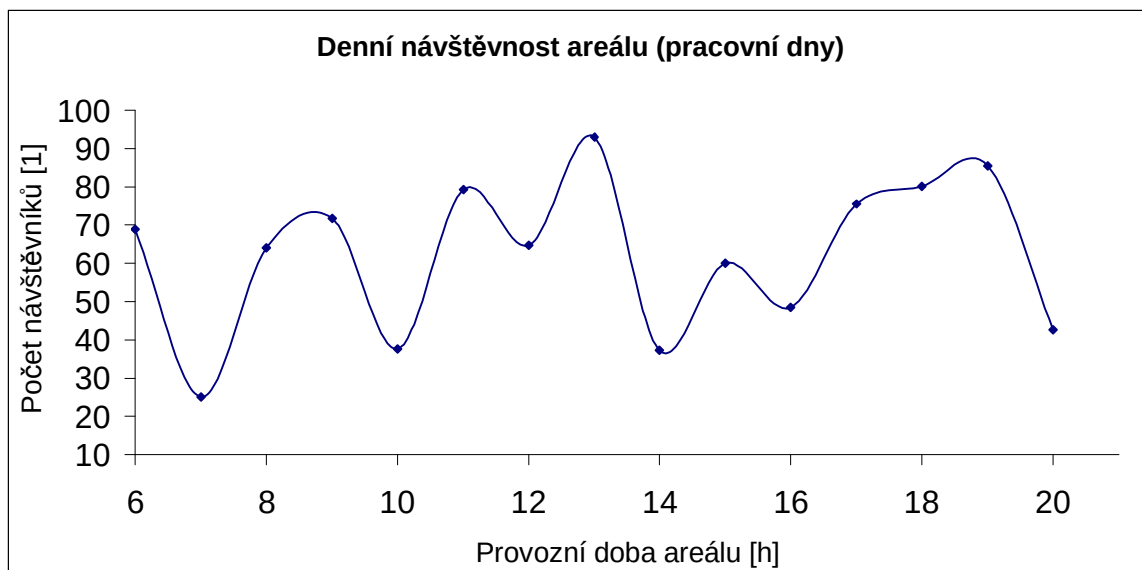
Každý den, kdy probíhalo měření byli evidováni všichni návštěvníci kupující si vstup na bazén. Plavecký bazén nabízí i jiné služby než plavání, ale ty nebyly předmětem evidence. Měření probíhalo po dobu třiceti standardních dnů tzn. , že do evidence návštěvnosti nebyly zařazeny dny v nichž byly konány sportovní soutěže a provoz areálu byl po tuto dobu omezen. Ze záznamu o denní návštěvnosti z pokladny a z informací posbíraných

z docházkových knih od plavců a ostatních provozovatelů různých kurzů byly sestaveny celkové počty návštěvníků využívajících plavecký areál v daný den.



Obr. 4. Denní návštěvnost plaveckého bazénu ve dnech, kdy probíhalo laboratorní měření

Průměrná návštěvnost byla tedy 954 lidí za den. Jedná se o celkový počet návštěvníků bez ohledu na pohlaví, věk a který bazén dotyčný návštěvník využil. Vzhledem k velikosti areálu nebylo možné evidovat návštěvnost jednotlivých bazénů po celý den. Přesné údaje o návštěvnosti daného bazénu byli k dispozici pouze v případě celkového pronájmu, kdy celý bazén byl využíván jednou nebo více skupinami např. trénink plavců. Jelikož příslušníci takových skupin tvoří pouze 30% z celkové návštěvnosti tak nebylo možné tyto hodnoty použít pro evidenci návštěvnosti jednotlivých bazénů, protože zbylých 70% návštěvníků by muselo být náhodně rozmístěno do zbývajících bazénů a tyto údaje by byly zatíženy velkou chybou.

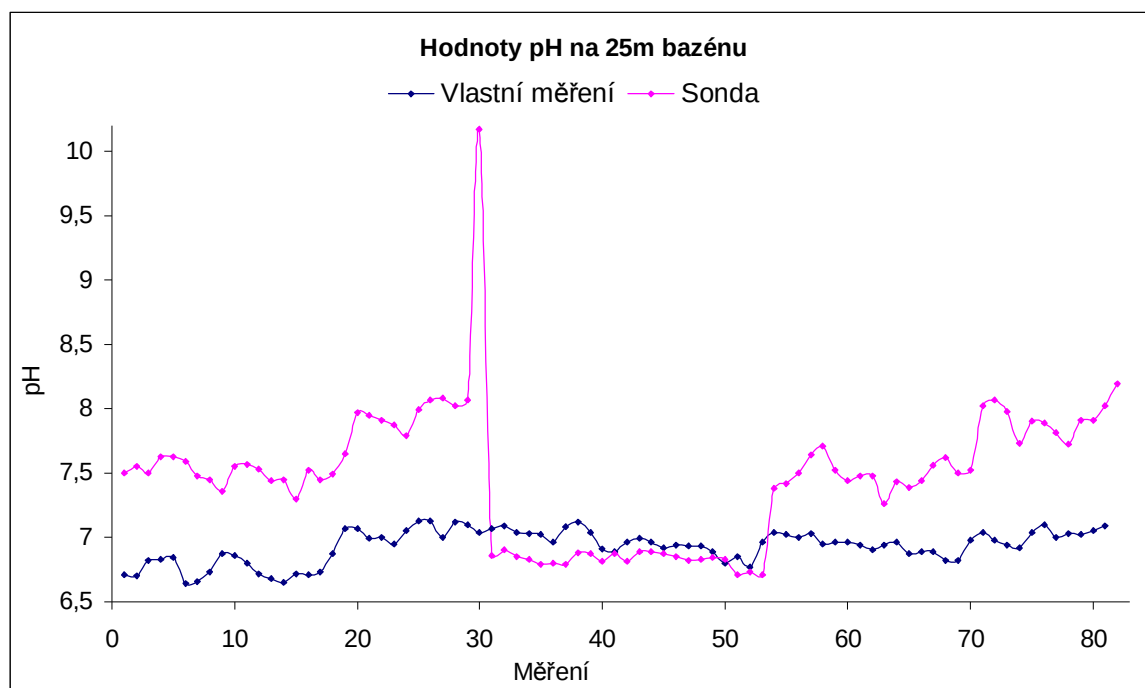
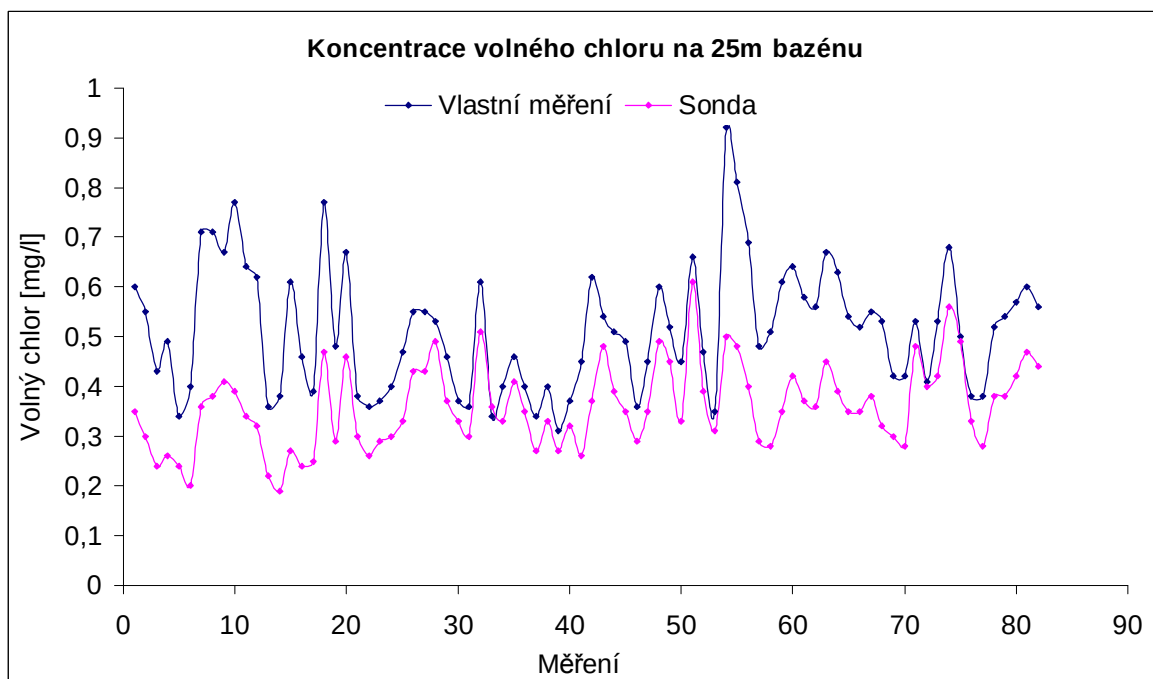


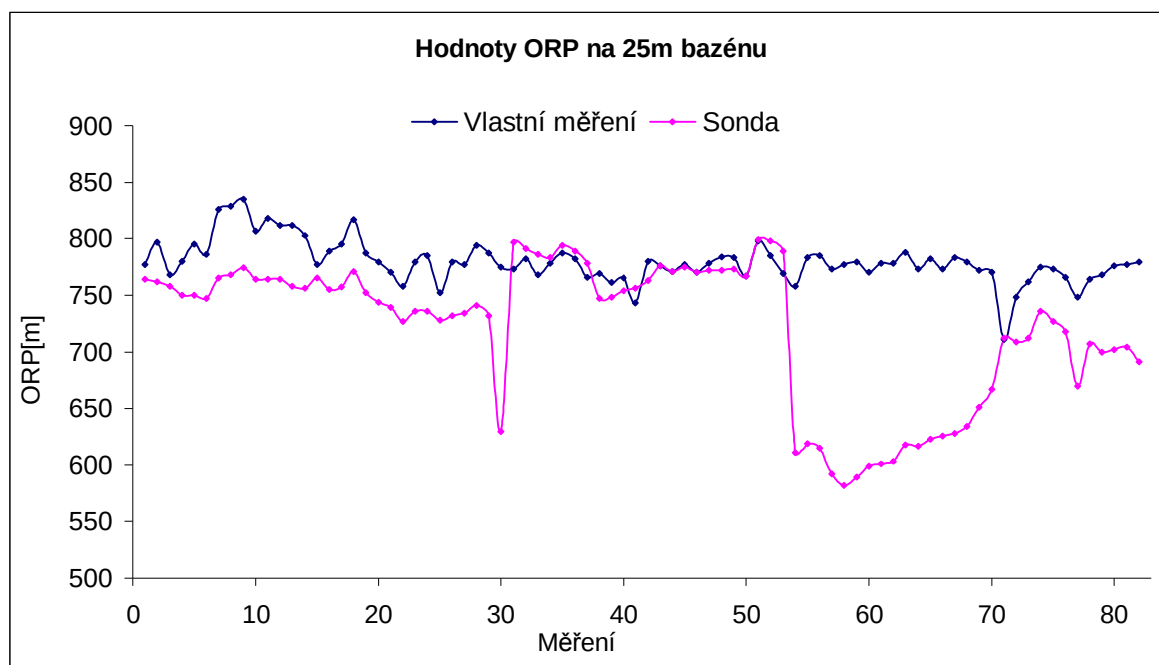
Obr. 5. Denní návštěvnost areálu (pracovní dny)

6.2 POROVNÁNÍ SLEDOVANÝCH PARAMETRŮ SE SONDOU PRO KONTINUÁLNÍ MĚŘENÍ

Laboratorně naměřené hodnoty sledovaných parametrů byly nejprve srovnány s hodnotami z kontinuálních sond. Ze znázorněných dat obr. (hodnoty pH) je vidět, že zatímco data měřená laboratorními přístroji mají téměř konstantní průběh, u sondy můžeme pozorovat v několika případech značné výkyvy. Protože o provozu sond nebyly vedeny žádné záznamy, nepodařilo se zjistit příčinu těchto výkyvů. Lze se domnívat, že provozní sondu na pH je nutno častěji kalibrovat a čistit.

Protože i ostatní parametry (ORP, koncentrace volného chloru) vykazovaly podobné závislosti včetně neočekávaných odchylek u měření ze sond (viz obr) bylo rozhodnuto držet se dále jen výsledků naměřenými laboratorními přístroji. Údaje ze sond nebyly dále vzaty v úvahu pro tuto práci.

*Obr. 6. Hodnoty pH na 25m bazénu**Obr. 7. Koncentrace volného chloru na 25m bazénu*



Obr. 8. Hodnoty ORP na 25m bazénu

Stejné rozdíly v hodnotách byly pozorovány i u zbývajících bazénů jak je uvedené v příloze I a II.

Pro provozovatele bazénů je nejdůležitější zabezpečit hygienicky nezávadnou bazénovou vodu tak aby vyhovovala požadavkům vyhlášky [1]. V další tabulce je uvedeno srovnání celkového počtu hodnot a hodnot nevyhovujících vyhlášce [1].

Tab. 8. Srovnání s vyhláškou [1]

BAZÉN	Nevyhovující hodnoty					
	Vlastní měření			Sonda		
	50m	Dětský	25m	50m	Dětský	25m
Celkový počet hodnot	80	81	82	80	81	82
Volný chlor pod 0,3 mg.l ⁻¹	3	16	0	29	34	20
Volný chlor nad 0,6 mg.l ⁻¹	4	35	20	0	1	1
pH pod 6,5	0	0	0	0	0	0
pH nad 7,6	0	0	0	46	53	29
ORP pod 680 mV	0	8	0	17	63	19

Z porovnání hodnot s vyhláškou je patrné, že některé hodnoty vyhlášce nevyhovují. Nejvíce odchylek od předepsaných hodnot se vyskytlo u hodnot ze sondy, kde na dětském bazénu ORP nesplňoval kritéria celkem v 63 případech z 81 tj. v 74% hodnot. U vlastního měření bylo nejvíce nevyhovujících hodnot na dětském bazénu, kde byla koncentrace volného chloru překročena celkem 35x tj. 43% hodnot.

Rozdílné výsledky mohou být způsobeny odlišným postupem měření. Všechny hodnoty vlastního měření nejsou získány elektrochemicky oproti metodám ze sond. K měření koncentrace chloru byla použita metoda DPD a u ORP a pH mohou být rozdíly způsobeny použitím odlišných typů elektrod. Z porovnání nelze ale říci, jestli hodnoty získaných parametrů korespondují se skutečnými hodnotami bazénové vody.

6.3 LABORATORNÍ (VLASTNÍ) MĚŘENÍ V JEDNOTLIVÝCH BAZÉNECH

Tab. 9. Průměrné hodnoty sledovaných parametrů, které vyhovují vyhlášce [1]

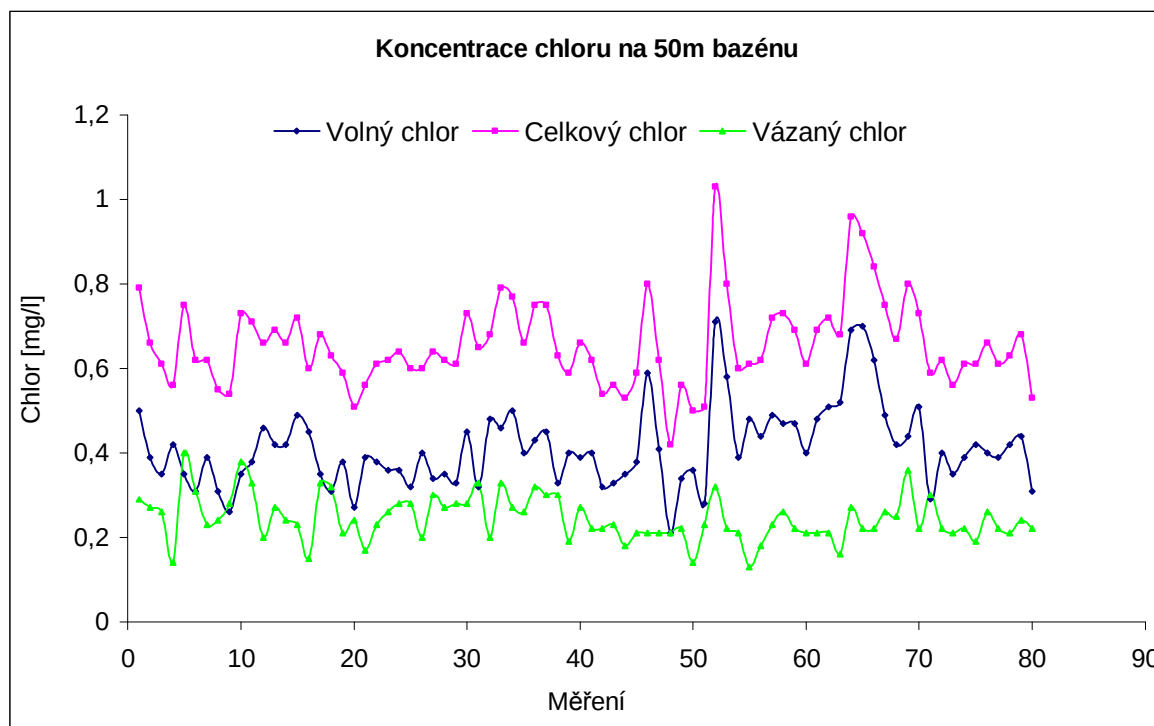
BAZÉN	TEPLOTA [°C]		CHLOR [mg.l ⁻¹]			pH	ORP [mV]
	Vody	Vzduchu	Volný	Vázaný	Celkový		
50m	26,81	26,49	0,412	0,245	0,657	7,199	749,7
Dětský	29,42	29,91	0,551	0,342	0,894	7,012	730,9
25m	27,11	26,21	0,501	0,247	0,749	6,799	760,3

6.3.1 CHLOR

Chlor je jediným dezinfikantem (oxidačním činidlem), protože ozon je odstraněn na filtrech, který působí přímo v místě znečištění, v bazénu. Koncentrace chloru je rozhodující pro správnou dezinfekci bazénové vody. Chlor se do vody dávkuje jako plyný, ale téměř okamžitě v bazénové vodě disociuje. Ve vodě se pak vyskytuje ve formě kyseliny chlorné a chlornanového aniontu (viz strana 31 a 32).

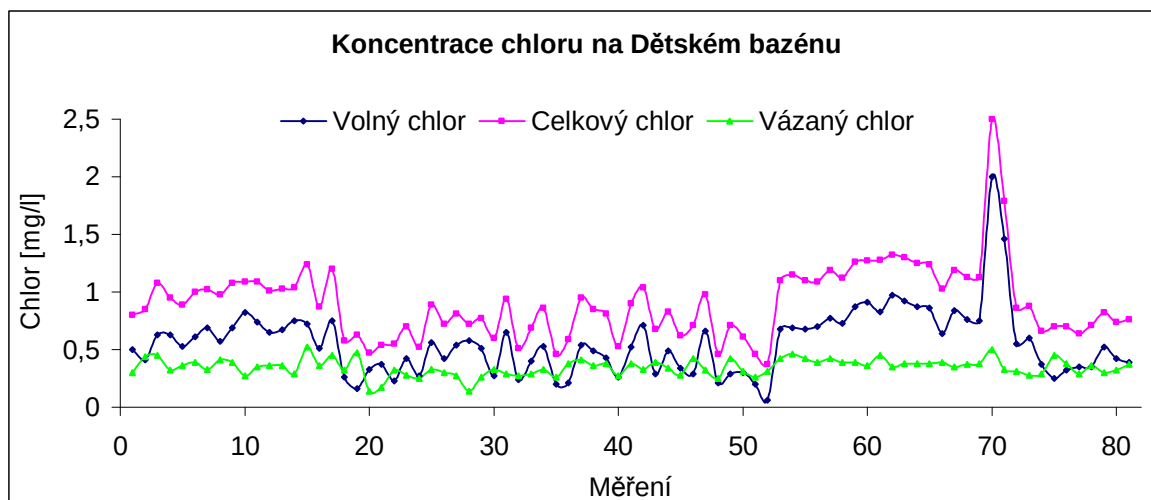
Největší dezinfekční účinnost má samotný volný chlor, a to až 100x vyšší než chlor vázaný, který je ve vodě přítomen nejčastěji ve formě chloraminu.

Na 50m bazénu koncentrace volného chloru nevyhovovala vyhlášce pouze v 8,75 % případů. Zbylé hodnoty vyhovovaly viz. tabulka 8. Průměrná koncentrace volného chloru byla 0,412 mg.l⁻¹ viz. tabulka 9.

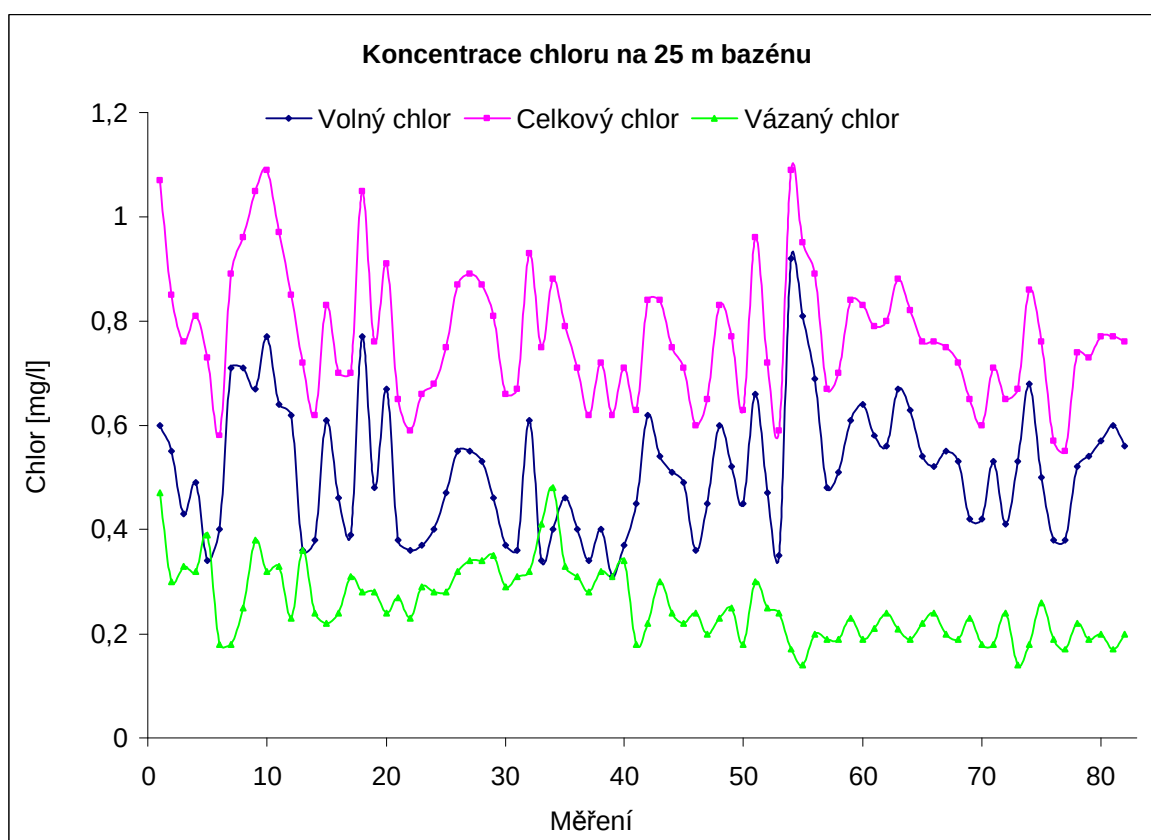


Obr. 9. Koncentrace chloru na 50m bazénu

Na dětském bazénu koncentrace volného chloru velmi kolísala. Tato nestabilita je ovlivněna několika faktory: věk návštěvníků a s tím související větší pravděpodobnost znečištění, malý objem bazénu (ze všech sledovaných bazénů nejmenší), nárazové zatížení návštěvníky. Koncentrace volného chloru nevyhovovala v 63 % naměřených hodnot, přičemž v 19,8 % případů se jednalo o nižší koncentraci než $0,3 \text{ mg.l}^{-1}$ viz. tabulka viz. tabulka 8. Průměrná hodnota koncentrací byla $0,551 \text{ mg.l}^{-1}$ viz. tabulka 9.

*Obr. 10. Koncentrace chloru na Dětském bazénu*

25m bazén je jediným bazénem, kde byla překročena pouze horní hranice $0,6 \text{ mg.l}^{-1}$ a to ve 24,40 % případů viz. tabulka 8.. Průměrná hodnota všech koncentrací je $0,501 \text{ mg.l}^{-1}$ viz. tabulka 9., tato hodnota je srovnatelná s ostatními bazény.

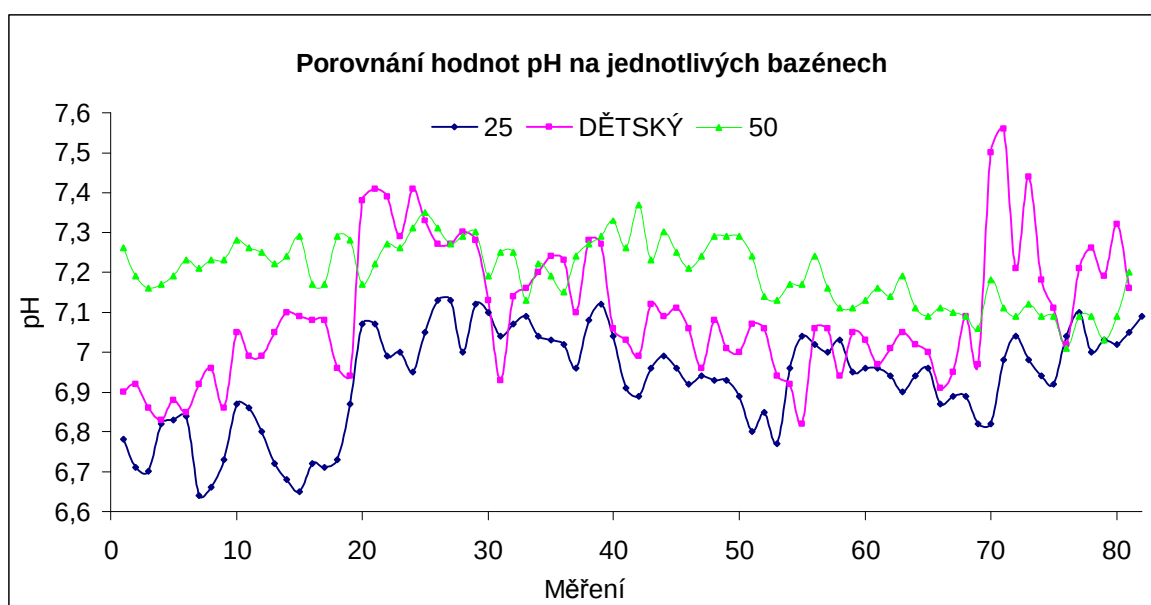
*Obr. 11. Koncentrace chloru na 25m bazénu*

6.3.2 pH

Hodnota pH rozhoduje o tom, v jakém poměru bude zastoupena kyselina chlorná a chlornanový anion. Z hlediska vyšší dezinfekční účinnosti kyseliny chlorné je žádoucí aby byla přítomna v co největším množství. Její procentuální zastoupení roste se snižující se hodnotou pH. Vyhláška [1] povoluje minimální hodnotu pH 6,5 a právě při této hodnotě lze dosáhnout nejlepšího poměru koncentrace volného chloru a účinnosti dezinfekce.

Plavecký areál využívá ke svému provozu vodu z vodovodního řádu. Tato voda má hodnotu pH cca 7,6 a to je horní hranice pro bazénovou vodu. Z tohoto důvodu je nutné hodnotu pH snižovat pomocí kyseliny sírové. Dalším pomocníkem při úpravě pH je plynný chlor, který se také podílí na snižování pH. V bazénu je pak hodnota pH zvyšována různými kosmetickými přípravky používanými návštěvníky např. make-up, deodoranty, antiperspiranty a alkalická mýdla.

Z naměřených hodnot viz. tabulka 8. je patrné, že oproti koncentraci volného chloru a pH u všech bazénů vyhovují parametry vyhlášce [1]. Nejvyšší průměrná hodnota pH byla na 50m bazénu a to 7,199, na Dětském bazénu 7,012 a na 25m bazénu 6,799 viz. tabulka 9.

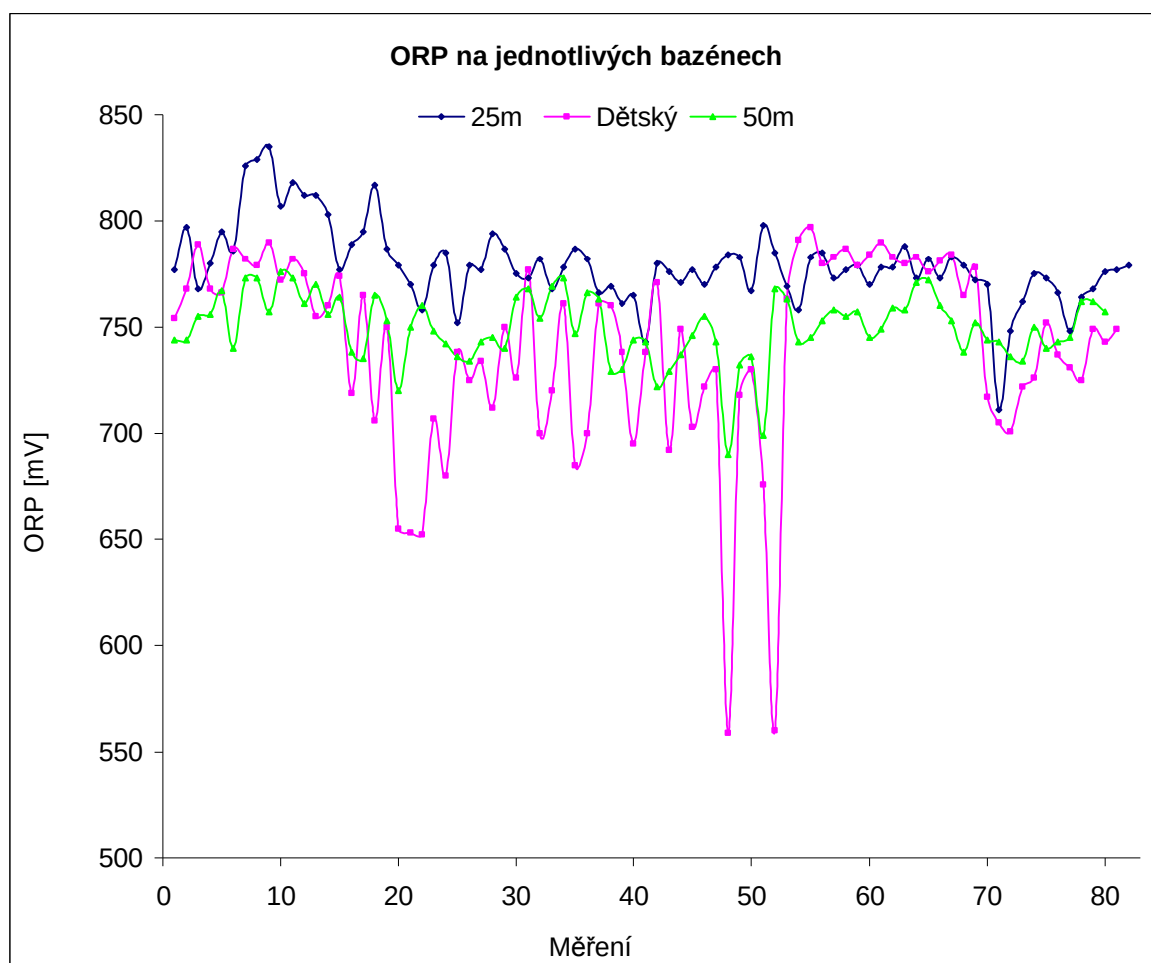


Obr. 12. Porovnání hodnot pH na jednotlivých bazénech

6.3.3 ORP

Oxidačně redukční potenciál je považován za jediný parametr, který vypovídá o účinnosti dezinfekce. Jeho hodnota je závislá na pH, na koncentraci volného chloru resp. kyseliny chlorné a na teplotě. Vyhláška [1] stanovuje minimální hodnotu ORP při pH 6,5 – 7,3 na 680 mV a při pH 7,3 – 7,6 na 700 mV.

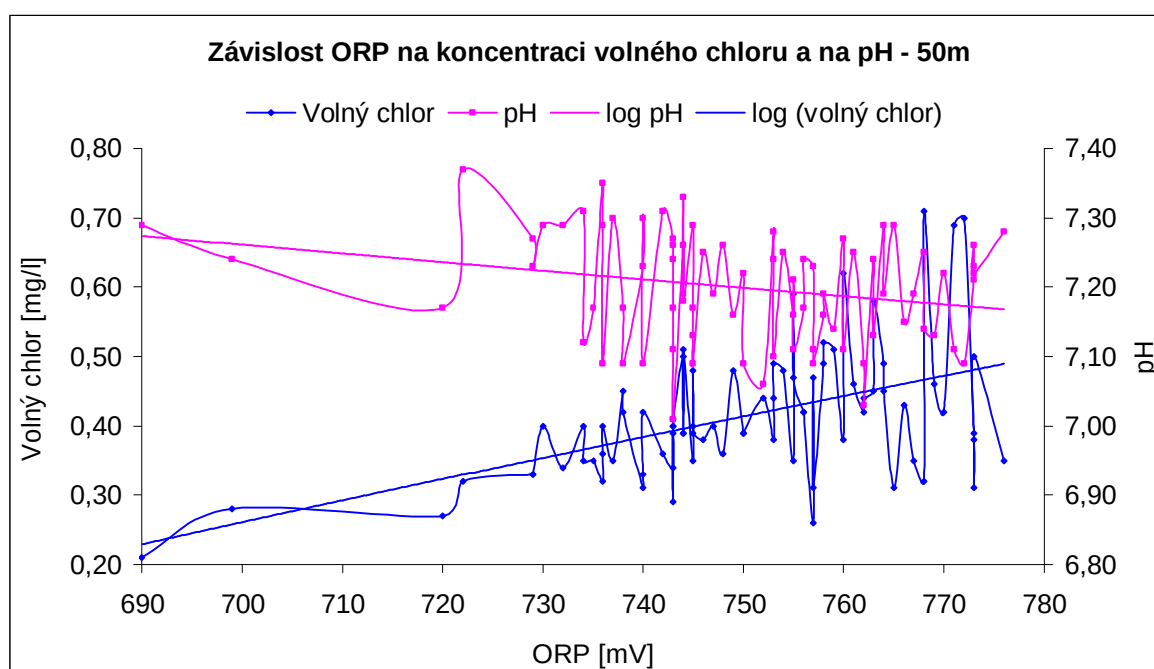
Z grafu vyplývá že nejvyšší průměrná hodnota ORP byla na 25m bazénu, kde byla zároveň nejnižší hodnota pH a druhá nejvyšší koncentrace volného chloru viz. tabulka IX., to dokazuje závislost ORP na pH, ale nelze potvrdit, že lze dosáhnout stejně velké hodnoty ORP při nižší koncentraci volného chloru a nižším pH.



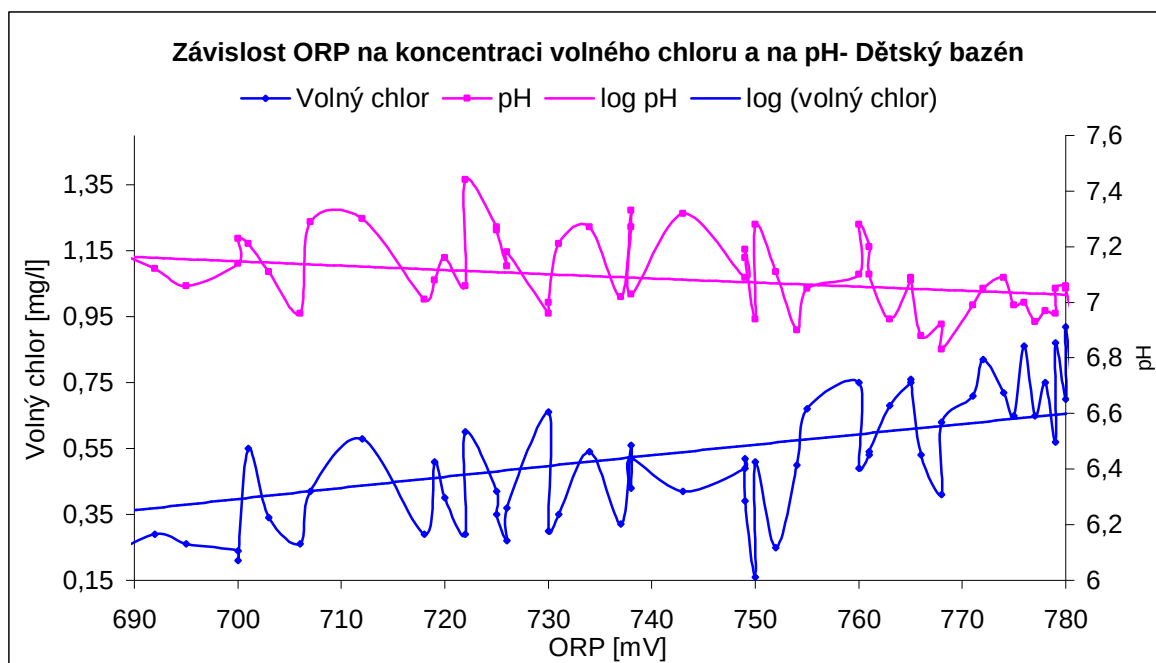
Obr. 13. Porovnání hodnot ORP na jednotlivých bazénech

6.4 ZÁVISLOST ORP NA KONCENTRACI VOLNÉHO CHLORU A pH

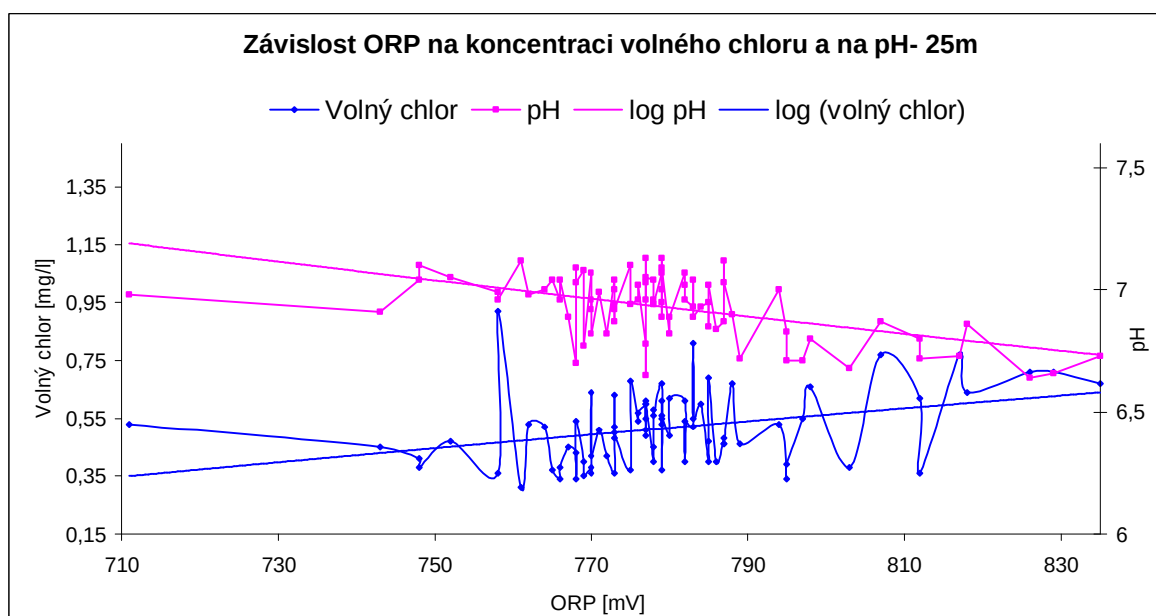
Se zvyšující se koncentrací HClO roste také hodnota ORP. Dalším parametrem ovlivňujícím ORP je pH. Se zvyšujícím se pH logaritmicky klesá hodnota ORP. Obě tyto závislosti jsou ukázány na Obr. 14, 15, 16.



Obr. 14. Závislost ORP na koncentraci volného chloru a na pH – 50m bazén



Obr. 15. Závislost ORP na koncentraci volného chloru a na pH – Dětský bazén



Obr. 16. Závislost ORP na koncentraci volného chloru a na pH – 25m bazén

6.5 Závislost ORP na teplotě

Vzhledem k velmi malému rozptylu teplot vody (1°C) v jednotlivých bazénech nebylo možné vypořádat tuto závislost.

6.6 Postup stanovení sledovaných parametrů

Pro potřeby měření a sledování ORP, pH a volného chloru byla v plaveckém areálu vybudována provizorní laboratoř. Výhodou laboratoře byla její dostupnost tzn., že bazénová voda mohla být analyzována bezprostředně po odběru. Další výhodou byla možnost použít veškeré potřebné laboratorní aparatury a přístroje, které provozovatel neměl k dispozici a byly zapůjčeny útvarem Laboratoře, Zlínská vodárenská a.s.

Odběr vzorků se řídil vyhláškou. Analýza vzorků probíhala dle standardních pracovních postupů [19].

Vybavení laboratoře

Digitální teploměr Greisinger GTH 160, spektrofotometr Hach Odyssey 2500 pro měření koncentrace chloru, skleněné kyvety o průměru 1 palec (inch), prášková činidla fy HACH Free Chlorine a Total chlorine v sáčkách, skleněná elektroda Theta 90 typ HC 113 BAZ, Gryf 259 pro měření pH a ORP, elektroda Hamilton typ Polyplast ORP, laboratorní sklo třídy A, skleněné vzorkovnice, stříčky s destilovanou vodou, magnetická míchačka se skleněným míchadlem, kovový laboratorní stojan se třemi úchyty.

.

Diskuze výsledků

Ve třech krytých bazénech Městských lázní Zlín (dětský, 25 m a 50 m plavecký bazén) byly sledovány ORP, pH a koncentrace volného chloru.

Snahou každého provozovatele bazénu je dodržet všechny požadavky na kvalitu bazénové vody stanovené legislativním předpisem [1]. Měřením vybraných parametrů bylo však prokázáno, že ne vždy se to podaří. Nejčastěji byla nevyhovující koncentrace volného chloru, která byla překročena ve všech třech sledovaných krytých bazénech. Jak je vidět v tabulce 8, nejhorší byl obsah volného chloru v dětském bazénu, kde více než 1/3 výsledků byla vyšší než povolený hygienický limit. Toto bylo možné očekávat, neboť dětský bazén je nejmenší ze sledovaných bazénů a má také nejmenší objem a již malé nárazové zvýšení počtu návštěvníků se může výrazněji projevit na zhoršení kvality vody v bazénu.

Práce se snažila ukázat, že ORP je jedním z nejdůležitějších parametrů, který je nutné sledovat v bazénové vodě. ORP může být s úspěchem k řízení provozu a technologie úpravy vody v bazénu. Potvrdily se i teoretické závislosti mezi ORP a pH a ORP a volným chlorem (na obrázcích 14,15,16 na stranách 59 a 60). Bylo potvrzeno, že čím nižší je pH tím vyšší je ORP a čím vyšší je volný chlor tím vyšší je ORP. Teoretický předpoklad, že už při velmi malém zvýšení volného chloru prudce vzroste i ORP, přičemž při dalším zvýšení koncentrace volného chloru je nárůst ORP již pozvolnější a závislost je tak s největší pravděpodobností logaritmická se zcela nepotvrdil. Příčinou by mohl být jeden nebo více rušivých vlivů které provázely celé sledování a z nichž jako nejdůležitější lze označit např. počet návštěvníků, možné poruchy dávkovacího zařízení, nesprávně zkalibrované průtočné měřicí sondy nebo náhodné vlivy jako je třeba vniknutí vzduchových bublinek do prostoru měřicí elektrody apodobně.

Nejvyšší ORP byl naměřen v 25m bazénu a to až 760 mV. Svými rozměry patří tento bazén mezi středně velké, ale důvodem proč je v něm tak vysoký ORP je asi to, že je v něm největší podíl vody v prvním stupni desinfekce upravován ozonem. Navíc je v něm i dostatečně vysoká koncentrace volného chloru a nejnižší pH ve srovnání s ostatními dvěma bazény.

Voda v 50 m bazénu byla z hlediska její kvality nejstabilnější což vzhledem k velikosti bazénu a poměrně velkému objemu ředící vody nebylo překvapivé.

Jak již bylo řečeno údaje o sledovaných parametrech získané laboratorními přístroji byly přesnější a spolehlivější než stejná data z průtočných provozních sond. Je to pravděpodobně způsobeno především nedostatečnou údržbou a kalibrací těchto sond. Cílem optimálního provozování bazénů by mělo být dosažení požadované kvality vody při efektivních nákladech na úpravu vody.

Vliv počtu návštěvníků a jejich příspěvek k celkovému znečištění vody v bazénech nebylo možno objektivně vyhodnotit, i když logicky je jejich příspěvek značný, jak ukazují údaje z teoretické části této práce. Vlastní posouzení vlivu návštěvníků bylo znemožněno právě značnými výkyvy parametrů, které byly regulovány obsluhou. Tato regulace byla však velmi nepravidelná a nahodilá, neboť obsluha reaguje okamžitě na jakoukoliv změnu sledovaných parametrů, které jsou zaznamenávány provozními sondami a provede úpravu dávkování chemikálií ihned po odečtení údajů ze sond. Vliv počtu návštěvníků by bylo možné vyhodnotit pouze v případě, že by údaje poskytnuté sondami byly konstantní tedy i proces úpravy vody a dávkování chemikálií by bylo stabilní po celou dobu sledování. Proto je nutné počet návštěvníků brát pouze jako orientační údaj, který vypovídá jen o zátěži a využití jednotlivých bazénů v různé denní době v níž probíhalo sledování.

ZÁVĚR

Výsledky laboratorního měření poukázaly na některé nedostatky v kvalitě bazénové vody. Ze tří sledovaných bazénů byly největší problémy, s dodržáním limitů stanovených vyhláškou, na dětském bazénu. Zbylé bazény byly až na ojedinělé výjimky v pořádku. Největší problémy s kvalitou vody na dětském bazénu souvisí s jeho velikostí, s technologií úpravy vody a v neposlední řadě i s nejmladšími návštěvníky z celého plaveckého areálu.

Naměřené laboratorní hodnoty potvrdili závislost oxidačně redukčního potenciálu na koncentraci volného chloru a na hodnotě pH. To jenom dokazuje důležitost sledování ORP, který vypovídá o tom, jak je účinná dezinfekce a úprava bazénové vody.

Do budoucna by bylo vhodné věnovat zvýšenou pozornost údržbě a kalibraci sond pro kontinuální měření na které je napojeno automatické zařízení pro dávkování chemikálií a předejít tak výkyvům kvality bazénové vody. Určitě by bylo zajímavé, provést také sledování kvality bazénové vody v areálu koupaliště Zelené, kde je jiná technologie úpravy vody, kde je větší pestrost bazénů a vodních atrakcí.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Vyhláška číslo 135/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch.
- [2] Topping, Bert. Aquarius Technologies Pty Ltd.: Understanding oxidising biocides and ORP control, June 2000
- [3] Steininger, Jacques M. National Enviromental Health Association: ORP testing and chemical automation for swimming pools and spas, 1990
- [4] PITTER, Pavel. Hydrochemie: Oxidačně-redukční rovnováhy, 124-129s., 1990
- [5] ŠIMEK, Lubomír. Fyzikální chemie I: Elektrochemie, vyd., Brno: Vysoké učení technické v Brně, 135-149s., 1988
- [6] URBÁNEK, M. Abeceda technologie úpravy bazénové vody – Redox: Bazén a sauna 2002, č. 5/6
- [7] Steininger, Jacques M. Swimming Pool Age & Spa Merchandiser: PPM or ORP Which should be used?, November 1985
- [8] Suslow, Trevor V. Publication 8149: Oxidation-Reduction Potencial (ORP) for water disinfection monitoring, control, and documentation, Department of vegetable crops - University of California, 2004
- [9] Král, P. Hydrochémia 2004: Stanovení ORP a jeho aplikace v hydrochemii, 2004. 108-121s. ISBN: 80-89062-37-7

- [10] Steininger, Jacques M., Pareja C., NSPI Water chemistry symposium: ORP sensor response in chlorinated water, Phoenix, AZ published in Symposium Series, Vol. 1 (1996")
- [11] ŠŤASTNÝ, Bohumil. Odstraňování chloraminů z bazénových vod 1. část., Bazén a sauna 2002, č. 1/2
- [12] ŠŤASTNÝ, Bohumil. Volba vhodného dezinfekčního prostředku k zabezpečení bazénových vod: Bazén a sauna 2002 č.11/12
- [13] URBÁNEK, M. Abeceda technologie úpravy bazénové vody – Ozonizace: Bazén a sauna 2003 č. 3/4
- [14] Filtrační média [online]: [cit. 2004-12-16]. Dostupný z WWW: <http://www.ghcinvest.cz/pdf/odbor/filtracni_media.pdf>
- [15] BRICHTA, J., HALAMA, I.: Měření a vyhodnocování koncentrace chlóru ve vodě, Firemní materiál společnosti ProMinent Dosierttechnik s.r.o., září 1996
- [16] HOUŽVIČKA, J. Účinnost chloru ve vodě v závislosti na pH: Bazén a sauna 2004 č.5/6

- [17] KOZLÍK, V., ROUŠOVÁ, M. Zkušenosti s dávkováním chlordioxidu a chloritany na ÚV Moravská Nová Ves: Sborník příspěvků k pracovnímu semináři „Oxid chloričitý a jeho užití ve vodárenství“, Brno, 2.10.2001
- [18] SOBOČÍKOVÁ, E., DARMOVZALOVÁ, E., DARMOVZAL, O. Praktické zkušenosti se stanovením chloritanů v pitných vodách: Sborník příspěvků VII. mezinárodní konference „Voda Zlín 2003“, 26.-27.3.2003
- [19] Firemní materiál společnosti Vodovody a Kanalizace Zlín, a.s., 2003

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

aj.	a jiné
atd.	a tak dále
ČR	Česká republika
DPD	dietyl-p-fenilendiamin
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
JC	Joule Coulomb
Max.	Maximální
mV	Milivolt
obr:	Obrázek
ORP	oxidačně-redukční potenciál
PAX	Polyaluminiumchlorid
tzn.	to znamená

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Čas usmrcení Escherichia coli v plaveckém bazénu	15
Obr. 2. Reakce ORP elektrody ponořené do bazénové vody při dvou rozdílných koncentracích volného chloru	17
Obr. 3 DPD	37
Obr. 4. Denní návštěvnost plaveckého bazénu ve dnech, kdy probíhalo laboratorní měření.....	49
Obr. 5. Denní návštěvnost areálu (pracovní dny).....	50
Obr. 6. Hodnoty pH na 25m bazénu.....	51
Obr. 7. Koncentrace volného chloru na 25m bazénu	51
Obr. 8. Hodnoty ORP na 25m bazénu.....	52
Obr. 9. Koncentrace chloru na 50m bazénu.....	55
Obr. 10. Koncentrace chloru na Dětském bazénu.....	55
Obr. 11. Koncentrace chloru na 25m bazénu.....	56
Obr. 12. Porovnání hodnot pH na jednotlivých bazénech	57
Obr. 13. Porovnání hodnot ORP na jednotlivých bazénech	58
Obr. 14. Závislost ORP na koncentraci volného chloru a na pH – 50m bazén	59
Obr. 15. Závislost ORP na koncentraci volného chloru a na pH – Dětský bazén	60
Obr. 16. Závislost ORP na koncentraci volného chloru a na pH – 25m bazén	60

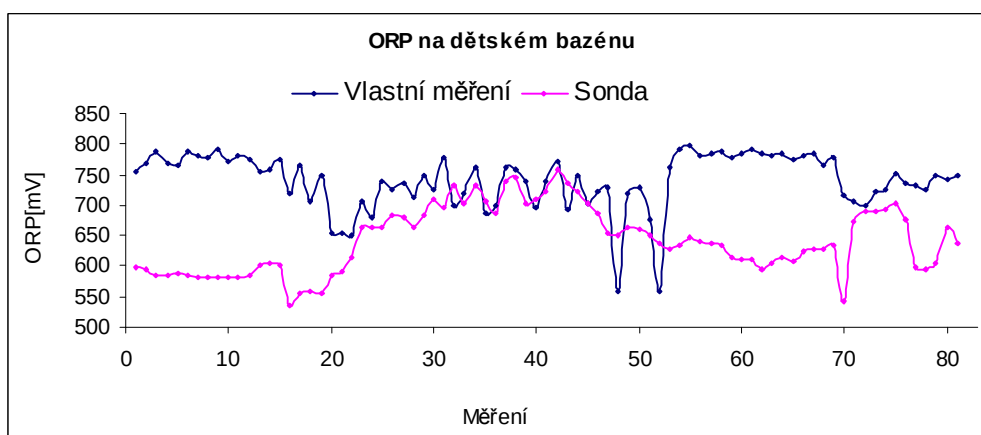
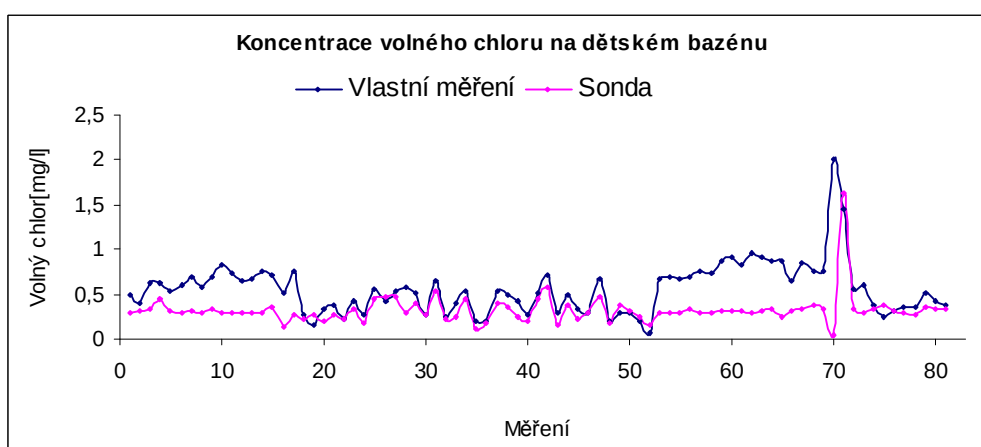
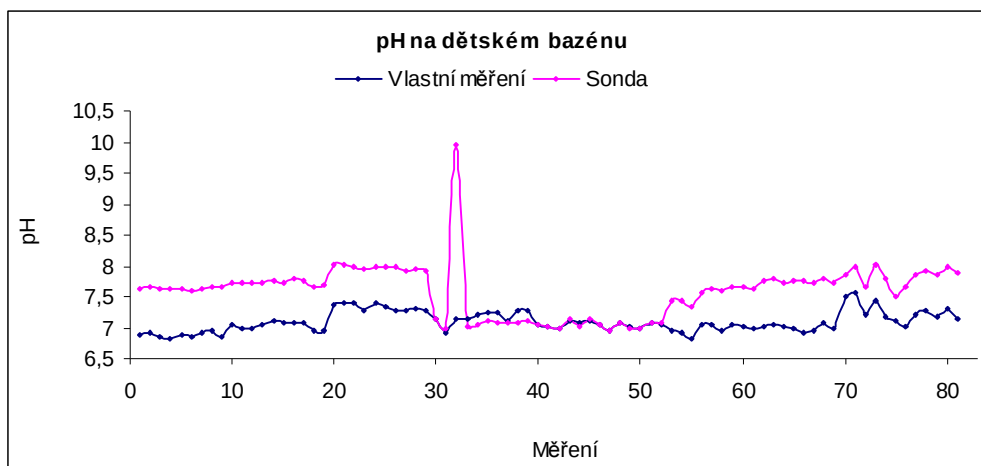
SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Čas přežití mikroorganismů ve vodě v závislosti na ORP	16
Tab. 2. Látky obsažené v moči a potu jednoho uživatele bazénu	22
Tab. 3. Vliv pH na množství HOCl a HOBr	33
Tab. 4. Základní parametry krytých bazénů v plaveckém areálu Zlín	42
Tab. 5. Druhy čerpadel na jednotlivých bazénech	45
Tab.6. Technická data	46
Tab. 7. Filtrace	46
Tab. 8. Srovnání s vyhláškou	53
Tab. 9. Průměrné hodnoty sledovaných parametrů, které vyhovují vyhlášce	54

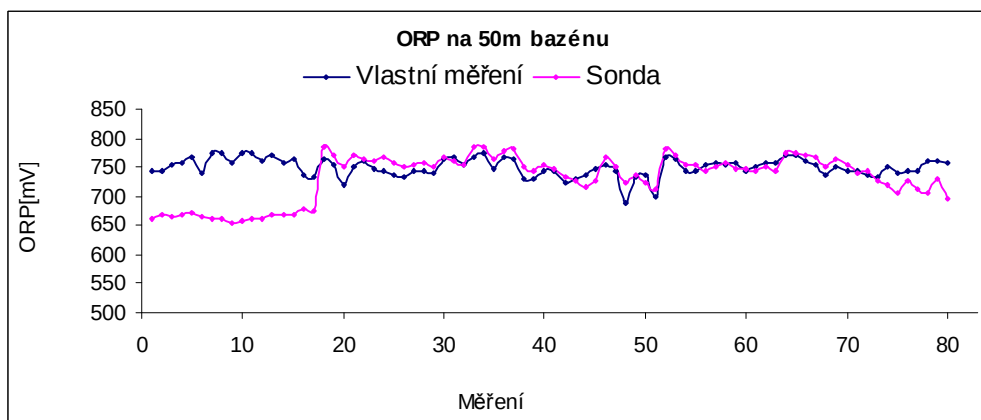
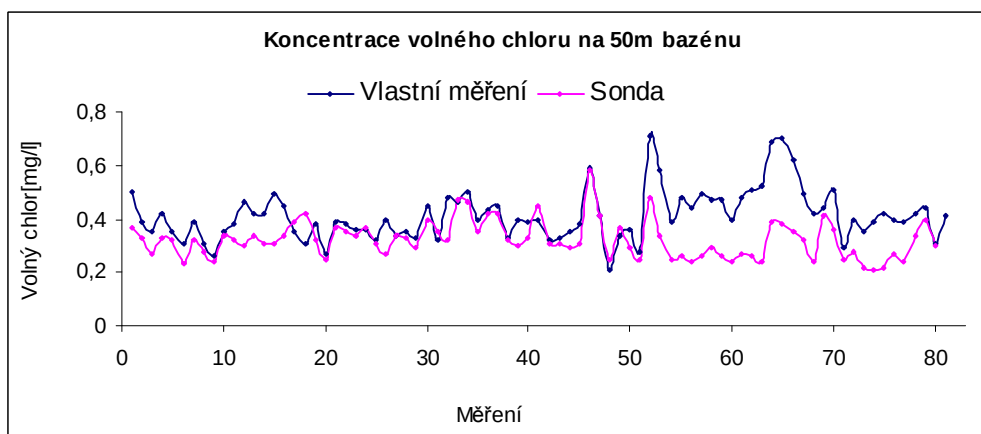
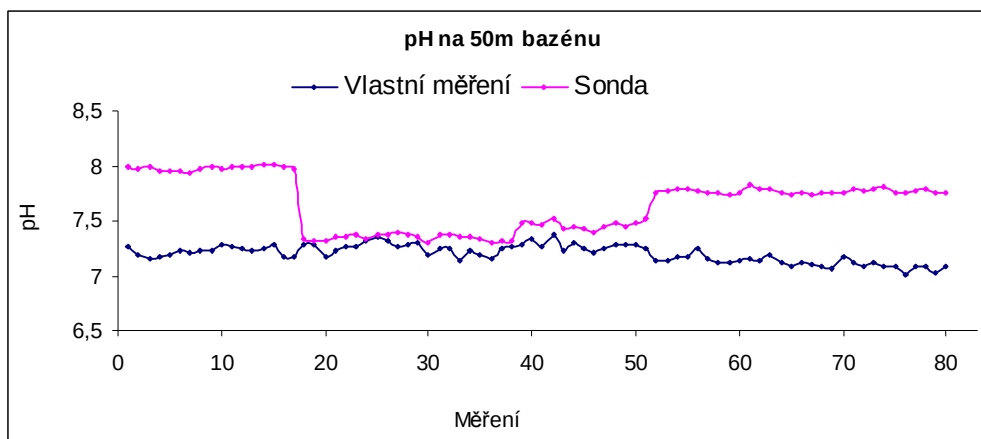
SEZNAM PŘÍLOH

- P I Porovnání vlastního měření se sondami na dětském bazénu.
- P II Porovnání vlastního měření se sondami na 50m bazénu.
- P III Laboratorní měření a hodnoty ze sondy na 50m bazénu.
- P IV Laboratorní měření a hodnoty ze sondy na dětském bazénu.
- P V Laboratorní měření a hodnoty ze sondy na 25m bazénu.
- P VI Technologické schéma úpravy bazénové vody

P I: POROVNÁNÍ VLASTNÍHO MĚŘENÍ SE SONDAMI NA DĚTSKÉM BAZÉNU.



P II: POROVNÁNÍ VLASTNÍHO MĚŘENÍ SE SONDAMI NA 50M BAZÉNU.



P III: LABORATORNÍ MĚŘENÍ A HODNOTY ZE SONDY NA 50M BAZÉNU

50 m bazén														
			Laboratorní měření							Sonda - výstup				
Vzorek	Datum měření		Teplota [°C]		Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]	Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]
			Voda	Vzduch	Volný	Celkový	Vázaný			Volný	Celkový	Vázaný		
1	12.10.2004	6:00	26,5	26,6	0,50	0,79	0,29	7,26	744	0,37			8,00	662
2	12.10.2004	10:00	26,7	26,7	0,39	0,66	0,27	7,19	744	0,33			7,98	667
3	12.10.2004	17:00	26,7	26,5	0,35	0,61	0,26	7,16	755	0,27			7,99	664
4	13.10.2004	6:00	26,3	25,5	0,42	0,56	0,14	7,17	756	0,33			7,96	668
5	13.10.2004	10:00	26,4	26,7	0,35	0,75	0,40	7,19	767	0,32			7,95	671
6	13.10.2004	17:00	26,7	25,5	0,31	0,62	0,31	7,23	740	0,23			7,95	664
7	14.10.2004	6:00	27,1	26,7	0,39	0,62	0,23	7,21	773	0,32			7,93	662
8	14.10.2004	10:00	26,9	26,7	0,31	0,55	0,24	7,23	773	0,28			7,98	660
9	14.10.2004	17:00	27,2	27,3	0,26	0,54	0,28	7,23	757	0,24			7,99	653
10	15.10.2004	6:00	26,3	25,9	0,35	0,73	0,38	7,28	776	0,34			7,98	658
11	15.10.2004	10:00	26,6	26,5	0,38	0,71	0,33	7,26	773	0,32			8,00	661
12	15.10.2004	17:00	27,0	26,7	0,46	0,66	0,20	7,25	761	0,30			8,00	660

50 m bazén														
			Laboratorní měření							Sonda - výstup				
Vzorek	Datum měření		Teplota [°C]		Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]	Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]
			Voda	Vzduch	Volný	Celkový	Vázaný			Volný	Celkový	Vázaný		
13	16.10.2004	6:00	26,5	26,4	0,42	0,69	0,27	7,22	770	0,34			7,99	668
14	16.10.2004	10:00	26,6	26,4	0,42	0,66	0,24	7,24	756	0,31			8,01	667
15	16.10.2004	17:00	26,6	27,2	0,49	0,72	0,23	7,29	764	0,31			8,01	668
16	17.10.2004	10:00	27,0	27,0	0,45	0,60	0,15	7,17	738	0,34			7,99	680
17	17.10.2004	17:00	27,0	26,8	0,35	0,68	0,33	7,17	735	0,39			7,98	674
18	18.10.2004	6:00	26,4	26,7		0,56	0,56	7,21	766	0,43			7,98	681
19	18.10.2004	17:00			0,38	0,61	0,23	7,26	734	0,34			8,02	672
20	7.11.2004	7:30	27,2	26,6	0,31	0,63	0,32	7,29	765	0,42			7,33	785
21	7.11.2004	11:00	26,6	26,4	0,38	0,59	0,21	7,28	753	0,32			7,32	770
22	7.11.2004	16:00	26,8	26,2	0,27	0,51	0,24	7,17	720	0,25			7,32	751
23	8.11.2004	6:00	26,6	25,0	0,39	0,56	0,17	7,22	750	0,37			7,35	771
24	8.11.2004	10:00	27,0	25,2	0,38	0,61	0,23	7,27	760	0,35			7,36	764
25	8.11.2004	17:00	27,0	26,9	0,36	0,62	0,26	7,26	748	0,34			7,38	761

50 m bazén														
			Laboratorní měření							Sonda - výstup				
Vzorek	Datum měření		Teplota [°C]		Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]	Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]
			Voda	Vzduch	Volný	Celkový	Vázaný			Volný	Celkový	Vázaný		
26	9.11.2004	6:00	27,1	26,4	0,36	0,64	0,28	7,31	742	0,37			7,33	768
27	9.11.2004	10:00	27,0	26,3	0,32	0,60	0,28	7,35	736	0,31			7,37	756
28	9.11.2004	17:00	27,1	26,5	0,40	0,60	0,20	7,31	734	0,27			7,38	750
29	10.11.2004	6:00	26,4	26,1	0,34	0,64	0,30	7,27	743	0,34			7,39	754
30	10.11.2004	10:00	26,6	26,0	0,35	0,62	0,27	7,29	745	0,33			7,37	757
31	10.11.2004	17:00	26,6	26,5	0,33	0,61	0,28	7,30	740	0,29			7,36	750
32	11.11.2004	6:00	26,6	26,1	0,45	0,73	0,28	7,19	764	0,40			7,30	767
33	11.11.2004	10:00	26,6	25,8	0,32	0,65	0,33	7,25	768	0,35			7,38	760
34	11.11.2004	17:00	26,6	25,8	0,48	0,68	0,20	7,25	754	0,32			7,37	753
35	12.11.2004	6:00	26,5	25,8	0,46	0,79	0,33	7,13	769	0,47			7,35	786
36	12.11.2004	10:00	26,6	25,8	0,50	0,77	0,27	7,22	773	0,46			7,35	784
37	12.11.2004	17:00	26,9	25,6	0,40	0,66	0,26	7,19	747	0,35			7,34	764
38	13.11.2004	7:00	26,6	25,6	0,43	0,75	0,32	7,15	766	0,42			7,30	778

50 m bazén														
			Laboratorní měření							Sonda - výstup				
Vzorek	Datum měření		Teplota [°C]		Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]	Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]
			Voda	Vzduch	Volný	Celkový	Vázaný			Volný	Celkový	Vázaný		
39	13.11.2004	10:00	26,4	25,6	0,45	0,75	0,30	7,24	763	0,42			7,31	783
40	13.11.2004	16:00	26,6	26,1	0,33	0,63	0,30	7,27	729	0,32			7,32	751
41	29.11.2004	6:00	27,2	26,6	0,28	0,61	0,33			0,34			7,45	750
42	29.11.2004	10:00	27,6	26,6	0,40	0,59	0,19	7,29	730	0,30			7,48	744
43	29.11.2004	17:00	27,6	26,8	0,39	0,66	0,27	7,33	744	0,33			7,48	753
44	30.11.2004	6:00	26,9	26,2	0,40	0,62	0,22	7,26	743	0,45			7,46	748
45	30.11.2004	10:00	27,4	26,8	0,28	0,51	0,23	7,34	736					
46	30.11.2004	17:00	27,2	26,8	0,32	0,54	0,22	7,37	722	0,31			7,51	733
47	1.12.2004	6:00	27,1	27,5	0,33	0,56	0,23	7,23	729	0,31			7,42	727
48	1.12.2004	10:00	27,3	26,9	0,35	0,53	0,18	7,30	737	0,29			7,45	716
49	1.12.2004	17:00	27,3	26,8	0,38	0,59	0,21	7,25	746	0,31			7,42	728
50	2.12.2004	6:00	26,9	26,5	0,59	0,80	0,21	7,21	755	0,58			7,39	767
51	2.12.2004	10:00	26,9	26,3	0,41	0,62	0,21	7,24	743	0,41			7,44	751

50 m bazén														
			Laboratorní měření							Sonda - výstup				
Vzorek	Datum měření		Teplota [°C]		Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]	Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]
			Voda	Vzduch	Volný	Celkový	Vázaný			Volný	Celkový	Vázaný		
52	2.12.2004	17:00	26,8	26,4	0,21	0,42	0,21	7,29	690	0,25			7,48	722
53	3.12.2004	6:00	26,8	26,1	0,34	0,56	0,22	7,29	732	0,37			7,45	737
54	3.12.2004	10:00	26,6	25,6	0,36	0,50	0,14	7,29	736	0,29			7,48	722
55	3.12.2004	17:00	27,0	25,7	0,28	0,51	0,23	7,24	699	0,25			7,51	714
56	4.12.2004	6:00	27,0	25,9	0,47	0,70	0,23	7,29	745					
57	4.12.2004	10:00	27,5	26,8	0,35	0,57	0,22	7,19	725					
58	14.2.2005	6:00	27,1	27,5	0,71	1,03	0,32	7,14	768	0,48			7,76	782
59	14.2.2005	10:00	27,2	27,5	0,58	0,80	0,22	7,13	763	0,34			7,77	770
60	14.2.2005	16:00	27,0	27,0	0,39	0,60	0,21	7,17	743	0,25			7,79	754
61	15.2.2005	6:00	26,9	26,8	0,48	0,61	0,13	7,17	745	0,26			7,79	754
62	15.2.2005	10:00	26,5	26,8	0,44	0,62	0,18	7,24	753	0,24			7,77	742
63	15.2.2005	16:00	27,0	27,0	0,49	0,72	0,23	7,16	758	0,26			7,76	749
64	16.2.2005	6:00	26,5	26,9	0,47	0,73	0,26	7,11	755	0,29			7,76	759

50 m bazén														
			Laboratorní měření							Sonda - výstup				
Vzorek	Datum měření		Teplota [°C]		Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]	Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]
			Voda	Vzduch	Volný	Celkový	Vázaný			Volný	Celkový	Vázaný		
65	16.2.2005	10:00	26,6	27,2	0,47	0,69	0,22	7,11	757	0,26			7,74	747
66	16.2.2005	16:00	26,9	27,2	0,40	0,61	0,21	7,13	745	0,24			7,76	746
67	17.2.2005	6:00	27,1	27,3	0,48	0,69	0,21	7,16	749	0,27			7,83	745
68	17.2.2005	10:00	27,1	27,3	0,51	0,72	0,21	7,14	759	0,26			7,80	750
69	17.2.2005	14:00	27,0	27,5	0,52	0,68	0,16	7,19	758	0,24			7,79	744
70	18.2.2005	6:00	26,6	26,5	0,69	0,96	0,27	7,11	771	0,39			7,75	773
71	18.2.2005	10:00	26,5	26,5	0,70	0,92	0,22	7,09	772	0,38			7,74	774
72	18.2.2005	15:00	26,4	27,0	0,62	0,84	0,22	7,11	760	0,35			7,75	770
73	19.2.2005	7:00	26,7	26,8	0,49	0,75	0,26	7,10	753	0,32			7,73	767
74	19.2.2005	16:00	26,6	27,0	0,42	0,67	0,25	7,09	738	0,24			7,75	750
75	7.3.2005	6:00	26,4	26,0	0,44	0,80	0,36	7,06	752	0,41			7,76	763
76	7.3.2005	10:00	27,0	26,1	0,51	0,73	0,22	7,18	744	0,36			7,75	754
77	7.3.2005	16:00	26,2	25,5	0,29	0,59	0,30	7,11	743	0,25			7,79	741

50 m bazén														
			Laboratorní měření							Sonda - výstup				
Vzorek	Datum měření		Teplota [°C]		Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]	Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]
			Voda	Vzduch	Volný	Celkový	Vázaný			Volný	Celkový	Vázaný		
78	8.3.2005	6:00	26,6	26,1	0,40	0,62	0,22	7,09	736	0,28			7,78	744
79	8.3.2005	10:00	26,4	26,3	0,35	0,56	0,21	7,12	734	0,22			7,79	726
80	8.3.2005	17:00	26,4	26,3	0,39	0,61	0,22	7,09	750	0,21			7,81	720
81	9.3.2005	6:00								0,24			7,77	727
82	9.3.2005	10:00								0,22			7,77	712
83	9.3.2005	14:30	27,0	27,4	0,42	0,61	0,19	7,09	740	0,22			7,76	705
84	10.3.2005	6:00	27,3	26,6	0,40	0,66	0,26	7,01	743	0,27			7,76	728
85	10.3.2005	10:00	27,3	27,0	0,39	0,61	0,22	7,09	745	0,24			7,77	712
86	10.3.2005	16:00	26,6	26,6	0,42	0,63	0,21	7,09	762	0,34			7,80	707
87	11.3.2005	6:00	27,5	26,4	0,44	0,68	0,24	7,03	762	0,40			7,76	729
88	11.3.2005	10:00								0,34			7,74	709
89	11.3.2005	14:30	27,1	27,4	0,31	0,53	0,22	7,09	757	0,30			7,76	697
90	12.3.2005	9:45	26,7	27,4	0,40	0,60	0,20	7,09	744					

P IV: LABORATORNÍ MĚŘENÍ A HODNOTY ZE SONDY NA DĚTSKÉM BAZÉNU

Dětský bazén														
			Laboratorní měření							Sonda - výstup				
Vzorek	Datum měření		Teplota [°C]		Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]	Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]
			Voda	Vzduch	Volný	Celkový	Vázaný			Volný	Celkový	Vázaný		
1	12.10.2004	6:00	29,7	28,5	0,50	0,80	0,30	6,90	754	0,30			7,63	598
2	12.10.2004	10:00	30,0	30,9	0,41	0,85	0,44	6,92	768	0,31			7,67	594
3	12.10.2004	17:00	30,0	29,7	0,63	1,08	0,45	6,86	789	0,33			7,64	586
4	13.10.2004	6:00	29,5	29,5	0,63	0,95	0,32	6,83	768	0,45			7,62	586
5	13.10.2004	10:00	29,5	29,7	0,53	0,89	0,36	6,88	766	0,32			7,64	587
6	13.10.2004	17:00	29,8	30,3	0,61	1,00	0,39	6,85	787	0,29			7,59	584
7	14.10.2004	6:00	29,5	30,4	0,69	1,02	0,33	6,92	782	0,31			7,63	581
8	14.10.2004	10:00	29,3	29,8	0,57	0,98	0,41	6,96	779	0,28			7,67	581
9	14.10.2004	17:00	29,3	30,0	0,69	1,08	0,39	6,86	790	0,33			7,66	583
10	15.10.2004	6:00	29,3	29,6	0,82	1,09	0,27	7,05	772	0,30			7,71	582
11	15.10.2004	10:00	29,7	30,0	0,74	1,09	0,35	6,99	782	0,29			7,73	582

Dětský bazén														
			Laboratorní měření							Sonda - výstup				
Vzorek	Datum měření		Teplota [°C]		Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]	Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]
			Voda	Vzduch	Volný	Celkový	Vázaný			Volný	Celkový	Vázaný		
12	15.10.2004	17:00	29,5	29,8	0,65	1,01	0,36	6,99	775	0,28			7,72	586
13	16.10.2004	6:00	29,3	30,0	0,67	1,03	0,36	7,05	755	0,30			7,71	603
14	16.10.2004	10:00	29,4	29,4	0,75	1,04	0,29	7,10	760	0,29			7,77	604
15	16.10.2004	17:00	29,6	30,0	0,72	1,24	0,52	7,09	774	0,35			7,73	603
16	17.10.2004	10:00	29,4	29,5	0,51	0,87	0,36	7,08	719	0,14			7,80	536
17	17.10.2004	17:00	29,4	29,5	0,75	1,20	0,45	7,08	765	0,27			7,76	556
18	18.10.2004	6:00	29,3	29,7	0,26	0,58	0,32	6,96	706	0,22			7,66	560
19	18.10.2004	17:00	29,3	29,6	0,16	0,63	0,47	6,94	750	0,26			7,69	555
20	7.11.2004	7:30	29,7	28,8	0,33	0,47	0,14	7,38	655	0,20			8,02	584
21	7.11.2004	11:00	29,6	27,9	0,37	0,54	0,17	7,41	653	0,27			8,01	592
22	7.11.2004	16:00	29,0	28,2	0,23	0,55	0,32	7,39	652	0,23			7,98	613
23	8.11.2004	6:00	29,4	29,3	0,42	0,70	0,28	7,29	707	0,34			7,94	662
24	8.11.2004	10:00	29,3	28,6	0,27	0,52	0,25	7,41	680	0,18			7,98	665
25	8.11.2004	17:00	29,6	30,5	0,56	0,89	0,33	7,33	738	0,44			7,97	665

Dětský bazén														
			Laboratorní měření							Sonda - výstup				
Vzorek	Datum měření		Teplota [°C]		Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]	Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]
			Voda	Vzduch	Volný	Celkový	Vázaný			Volný	Celkový	Vázaný		
26	9.11.2004	6:00	29,6	30,4	0,42	0,72	0,30	7,27	725	0,46			7,97	682
27	9.11.2004	10:00	28,9	30,3	0,54	0,81	0,27	7,27	734	0,47			7,93	681
28	9.11.2004	17:00	29,6	30,8	0,58	0,72	0,14	7,30	712	0,30			7,94	664
29	10.11.2004	6:00	29,4	29,4	0,51	0,77	0,26	7,28	750	0,41			7,93	684
30	10.11.2004	10:00	29,6	30,4	0,14	0,43	0,29	7,23	670	0,17				581
31	10.11.2004	17:00	30,1	30,5	0,27	0,60	0,33	7,13	726	0,27			7,14	708
32	11.11.2004	6:00	29,4	30,1	0,65	0,94	0,29	6,93	777	0,54			6,97	697
33	11.11.2004	10:00	29,1	30,5	0,24	0,51	0,27	7,14	700	0,22			9,94	733
34	11.11.2004	17:00	29,3	31,2	0,40	0,69	0,29	7,16	720	0,25			7,03	703
35	12.11.2004	6:00	29,4	30,1	0,53	0,86	0,33	7,20	761	0,45			7,05	731
36	12.11.2004	10:00	29,8	30,5	0,20	0,46	0,26	7,24	685	0,12			7,11	706
37	12.11.2004	17:00	29,4	29,9	0,21	0,59	0,38	7,23	700	0,17			7,09	686
38	13.11.2004	7:00	29,4	30,5	0,54	0,95	0,41	7,10	761	0,40			7,07	739
39	13.11.2004	10:00	29,4	29,5	0,49	0,85	0,36	7,28	760	0,36			7,09	744

Dětský bazén														
			Laboratorní měření							Sonda - výstup				
Vzorek	Datum měření		Teplota [°C]		Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]	Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]
			Voda	Vzduch	Volný	Celkový	Vázaný			Volný	Celkový	Vázaný		
40	13.11.2004	16:00	29,6	29,5	0,43	0,81	0,38	7,27	738	0,24			7,10	702
41	29.11.2004	7:30	29,6	29,5	0,46	0,78	0,32			0,39			7,00	676
42	29.11.2004	11:00	30,5	29,6	0,26	0,53	0,27	7,06	695	0,20			7,06	708
43	29.11.2004	16:00	29,4	30,2	0,52	0,90	0,38	7,03	738	0,44			7,01	724
44	30.11.2004	6:00	29,0	29,0	0,71	1,04	0,33	6,99	771	0,58			6,98	760
45	30.11.2004	10:00	28,9	30,0	0,46	0,80	0,34	7,11	744					
46	30.11.2004	17:00	29,1	30,0	0,29	0,68	0,39	7,12	692	0,15			7,15	735
47	1.12.2004	6:00	28,8	28,8	0,49	0,83	0,34	7,09	749	0,38			7,03	723
48	1.12.2004	10:00	29,1	30,0	0,34	0,62	0,28	7,11	703	0,22			7,15	703
49	1.12.2004	17:00	31,1	30,0	0,29	0,71	0,42	7,06	722	0,29			7,06	685
50	2.12.2004	6:00	29,4	30,0	0,66	0,98	0,32	6,96	730	0,46			6,95	654
51	2.12.2004	10:00	29,1	29,9	0,21	0,46	0,25	7,08	559	0,18			7,09	651
52	2.12.2004	17:00	29,2	30,0	0,29	0,71	0,42	7,01	718	0,39			7,00	662
53	3.12.2004	6:00	29,0	29,1	0,30	0,61	0,31	7,00	730	0,31			6,99	660

Dětský bazén														
			Laboratorní měření							Sonda - výstup				
Vzorek	Datum měření		Teplota [°C]		Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]	Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]
			Voda	Vzduch	Volný	Celkový	Vázaný			Volný	Celkový	Vázaný		
54	3.12.2004	10:00	29,0	28,5	0,20	0,46	0,26	7,07	676	0,25			7,09	649
55	3.12.2004	17:00	29,1	29,0	0,06	0,37	0,31	7,06	560	0,16			7,09	637
56	4.12.2004	6:00	29,1	30,2	0,32	0,54	0,22	7,08	718					
57	4.12.2004	10:00	29,2	29,7	0,46	0,75	0,29	7,11	745					
58	14.2.2005	6:00	28,7	29,9	0,68	1,10	0,42	6,94	763	0,30			7,45	627
59	14.2.2005	10:00	29,3	30,2	0,69	1,15	0,46	6,92	791	0,29			7,43	634
60	14.2.2005	16:00	29,3	29,2	0,68	1,10	0,42	6,82	797	0,29			7,33	646
61	15.2.2005	6:00	29,8	30,0	0,70	1,09	0,39	7,06	780	0,33			7,55	640
62	15.2.2005	10:00	29,5	30,0	0,77	1,19	0,42	7,06	783	0,30			7,64	636
63	15.2.2005	16:00	29,6	30,3	0,73	1,12	0,39	6,94	787	0,29			7,61	633
64	16.2.2005	6:00	29,4	29,4	0,87	1,26	0,39	7,05	779	0,31			7,67	614
65	16.2.2005	10:00	29,7	30,0	0,91	1,27	0,36	7,03	784	0,31			7,67	612
66	16.2.2005	16:00	31,3	30,3	0,83	1,28	0,45	6,97	790	0,31			7,63	612
67	17.2.2005	6:00	30,1	30,0	0,97	1,32	0,35	7,01	783	0,29			7,76	595

Dětský bazén														
			Laboratorní měření							Sonda - výstup				
Vzorek	Datum měření		Teplota [°C]		Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]	Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]
			Voda	Vzduch	Volný	Celkový	Vázaný			Volný	Celkový	Vázaný		
68	17.2.2005	10:00	30,0	30,5	0,92	1,30	0,38	7,05	780	0,32			7,80	606
69	17.2.2005	14:00	30,1	31,0	0,87	1,25	0,38	7,02	783	0,33			7,74	616
70	18.2.2005	6:00	29,4	28,8	0,86	1,24	0,38	7,00	776	0,24			7,76	609
71	18.2.2005	10:00	29,0	30,3	0,64	1,03	0,39	6,91	781	0,31			7,77	625
72	18.2.2005	15:00	29,0	29,9	0,84	1,19	0,35	6,95	784	0,33			7,73	628
73	19.2.2005	7:00	29,6	30,0	0,76	1,13	0,37	7,09	765	0,37			7,79	629
74	19.2.2005	16:00	29,8	30,0	0,75	1,13	0,38	6,97	778	0,33			7,73	634
75	7.3.2005	6:00	25,3	30,3	2,00	2,50	0,50	7,50	717	0,04			7,85	541
76	7.3.2005	10:00	29,0	31,0	1,46	1,79	0,33	7,56	705	1,63			7,97	674
77	7.3.2005	16:00	29,5	31,5	0,55	0,86	0,31	7,21	701	0,34			7,66	691
78	8.3.2005	6:00	29,0	31,2	0,60	0,88	0,28	7,44	722	0,30			8,01	691
79	8.3.2005	10:00	28,9	30,5	0,37	0,66	0,29	7,18	726	0,33			7,79	694
80	8.3.2005	17:00	27,9	30,5	0,25	0,70	0,45	7,11	752	0,39			7,49	704
81	9.3.2005	6:00								0,33			7,40	711

Dětský bazén														
			Laboratorní měření							Sonda - výstup				
Vzorek	Datum měření		Teplota [°C]		Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]	Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]
			Voda	Vzduch	Volný	Celkový	Vázaný			Volný	Celkový	Vázaný		
82	9.3.2005	10:00								0,26			7,47	707
83	9.3.2005	14:30	30,9	30,0	0,32	0,70	0,38	7,02	737	0,31			7,66	677
84	10.3.2005	6:00	29,7	30,9	0,35	0,64	0,29	7,21	731	0,29			7,84	598
85	10.3.2005	10:00	29,1	30,9	0,35	0,71	0,36	7,26	725	0,27			7,93	596
86	10.3.2005	16:00	29,4	30,6	0,52	0,82	0,30	7,19	749	0,35			7,87	604
87	11.3.2005	6:00	29,3	29,0	0,42	0,74	0,32	7,32	743	0,34			8,00	663
88	11.3.2005	10:00								0,26			7,97	648
89	11.3.2005	15:00	29,4	30,2	0,39	0,76	0,37	7,16	749	0,33			7,89	636

P V: LABORATORNÍ MĚŘENÍ A HODNOTY ZE SONDY NA 25M BAZÉNU

25m bazén														
			Laboratorní měření							Sonda - výstup				
Vzorek	Datum měření		Teplota [°C]		Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]	Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]
			Voda	Vzduch	Volný	Celkový	Vázaný			Volný	Celkový	Vázaný		
1	12.10.2004	6:00	26,9	27,5	0,60	1,07	0,47	6,78	777	0,35			7,50	764
2	12.10.2004	10:00	27,0	26,5	0,55	0,85	0,30	6,71	797	0,30			7,55	762
3	12.10.2004	17:00	27,2	26,6	0,43	0,76	0,33	6,70	768	0,24			7,50	758
4	13.10.2004	6:00	27,6	25,4	0,49	0,81	0,32	6,82	780	0,26			7,63	750
5	13.10.2004	10:00	27,8	27,2	0,34	0,73	0,39	6,83	795	0,24			7,63	750
6	13.10.2004	17:00	28,0	26,6	0,40	0,58	0,18	6,84	786	0,20			7,59	747
7	14.10.2004	6:00	27,8	26,4	0,71	0,89	0,18	6,64	826	0,36			7,48	765
8	14.10.2004	10:00	27,7	26,6	0,71	0,96	0,25	6,66	829	0,38			7,45	768
9	14.10.2004	17:00	27,8	25,9	0,67	1,05	0,38	6,73	835	0,41			7,36	774
10	15.10.2004	6:00	27,4	25,6	0,77	1,09	0,32	6,87	807	0,39			7,55	764
11	15.10.2004	10:00	27,8	26,1	0,64	0,97	0,33	6,86	818	0,34			7,57	764

25m bazén														
			Laboratorní měření							Sonda - výstup				
Vzorek	Datum měření		Teplota [°C]		Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]	Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]
			Voda	Vzduch	Volný	Celkový	Vázaný			Volný	Celkový	Vázaný		
12	15.10.2004	17:00	27,3	25,8	0,62	0,85	0,23	6,80	812	0,32			7,53	764
13	16.10.2004	6:00	27,1	25,4	0,36	0,72	0,36	6,72	812	0,22			7,44	758
14	16.10.2004	10:00	27,2	26,0	0,38	0,62	0,24	6,68	803	0,19			7,45	756
15	16.10.2004	17:00	27,3	25,7	0,61	0,83	0,22	6,65	777	0,27			7,30	765
16	17.10.2004	10:00	27,6	26,1	0,46	0,70	0,24	6,72	789	0,24			7,52	755
17	17.10.2004	17:00	27,4	26,0	0,39	0,70	0,31	6,71	795	0,25			7,45	757
18	18.10.2004	6:00	27,1	25,5	0,77	1,05	0,28	6,73	817	0,47			7,49	771
19	18.10.2004	17:00	27,4	26,2	0,48	0,76	0,28	6,87	787	0,29			7,65	752
20	7.11.2004	7:30	27,4	26,2	0,67	0,91	0,24	7,07	779	0,46			7,97	744
21	7.11.2004	11:00	26,9	26,2	0,38	0,65	0,27	7,07	770	0,30			7,95	739
22	7.11.2004	16:00	27,0	25,3	0,36	0,59	0,23	6,99	758	0,26			7,91	727
23	8.11.2004	6:00	26,9	26,2	0,37	0,66	0,29	7,00	779	0,29			7,87	736

25m bazén														
			Laboratorní měření							Sonda - výstup				
Vzorek	Datum měření		Teplota [°C]		Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]	Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]
			Voda	Vzduch	Volný	Celkový	Vázaný			Volný	Celkový	Vázaný		
24	8.11.2004	10:00	26,9	26,2	0,40	0,68	0,28	6,95	785	0,30			7,79	736
25	8.11.2004	17:00	27,4	26,0	0,47	0,75	0,28	7,05	752	0,33			7,99	728
26	9.11.2004	6:00	27,1	26,3	0,55	0,87	0,32	7,13	779	0,43			8,07	732
27	9.11.2004	10:00	26,8	26,3	0,55	0,89	0,34	7,13	777	0,43			8,08	734
28	9.11.2004	17:00	26,8	25,5	0,53	0,87	0,34	7,00	794	0,49			8,02	741
29	10.11.2004	6:00	26,8	25,0	0,46	0,81	0,35	7,12	787	0,37			8,07	732
30	10.11.2004	10:00	27,1	28,0	0,37	0,66	0,29	7,10	775	0,33			10,17	630
31	10.11.2004	17:00	26,8	25,0	0,36	0,67	0,31	7,04	773	0,30			6,86	797
32	11.11.2004	6:00	26,6	26,2	0,61	0,93	0,32	7,07	782	0,51			6,90	791
33	11.11.2004	10:00	27,2	26,5	0,34	0,75	0,41	7,09	768	0,36			6,85	786
34	11.11.2004	17:00	26,9	26,0	0,40	0,88	0,48	7,04	778	0,33			6,83	783
35	12.11.2004	6:00	26,8	25,8	0,46	0,79	0,33	7,03	787	0,41			6,79	794

25m bazén														
			Laboratorní měření							Sonda - výstup				
Vzorek	Datum měření		Teplota [°C]		Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]	Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]
			Voda	Vzduch	Volný	Celkový	Vázaný			Volný	Celkový	Vázaný		
36	12.11.2004	10:00	27,0	26,8	0,40	0,71	0,31	7,02	782	0,35			6,80	789
37	12.11.2004	17:00	27,0	25,7	0,34	0,62	0,28	6,96	766	0,27			6,79	778
38	13.11.2004	7:00	26,8	25,8	0,40	0,72	0,32	7,08	769	0,33			6,88	747
39	13.11.2004	10:00	27,1	27,4	0,31	0,62	0,31	7,12	761	0,27			6,87	748
40	13.11.2004	16:00	27,1	26,5	0,37	0,71	0,34	7,04	765	0,32			6,81	754
41	29.11.2004	7:30	27,9	26,5	0,34	0,64	0,30			0,28			6,80	779
42	29.11.2004	11:00	27,9	26,5	0,45	0,63	0,18	6,91	743	0,26			6,87	756
43	29.11.2004	16:00	27,4	26,2	0,62	0,84	0,22	6,89	780	0,37			6,81	763
44	30.11.2004	6:00	27,4	26,4	0,54	0,84	0,30	6,96	776	0,48			6,89	776
45	30.11.2004	10:00	27,3	27,4	0,52	0,74	0,22	7,03	772					
46	30.11.2004	17:00	27,1	25,9	0,51	0,75	0,24	6,99	771	0,39			6,89	771
47	1.12.2004	6:00	26,8	25,9	0,49	0,71	0,22	6,96	777	0,35			6,87	775

25m bazén														
			Laboratorní měření							Sonda - výstup				
Vzorek	Datum měření		Teplota [°C]		Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]	Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]
			Voda	Vzduch	Volný	Celkový	Vázaný			Volný	Celkový	Vázaný		
48	1.12.2004	10:00	27,1	26,3	0,36	0,60	0,24	6,92	770	0,29			6,85	770
49	1.12.2004	17:00	27,2	26,2	0,45	0,65	0,20	6,94	778	0,35			6,82	772
50	2.12.2004	6:00	27,4	26,5	0,60	0,83	0,23	6,93	784	0,49			6,83	772
51	2.12.2004	10:00	27,4	26,5	0,52	0,77	0,25	6,93	783	0,45			6,84	773
52	2.12.2004	17:00	27,6	26,4	0,45	0,63	0,18	6,89	767	0,33			6,83	767
53	3.12.2004	6:00	27,3	26,3	0,66	0,96	0,30	6,80	798	0,61			6,71	799
54	3.12.2004	10:00	27,3	26,4	0,47	0,72	0,25	6,85	785	0,39			6,73	798
55	3.12.2004	17:00	27,2	26,2	0,35	0,59	0,24	6,77	769	0,31			6,71	789
56	4.12.2004	6:00	26,4	26,1	0,36	0,62	0,26	6,90	770					
57	4.12.2004	10:00	26,9	26,4	0,44	0,68	0,24	6,85	789					
58	14.2.2005	6:00	27,0	26,0	0,92	1,09	0,17	6,96	758	0,50			7,38	611
59	14.2.2005	10:00	27,2	26,2	0,81	0,95	0,14	7,04	783	0,48			7,42	619

25m bazén														
			Laboratorní měření							Sonda - výstup				
Vzorek	Datum měření		Teplota [°C]		Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]	Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]
			Voda	Vzduch	Volný	Celkový	Vázaný			Volný	Celkový	Vázaný		
60	14.2.2005	16:00	27,1	26,2	0,69	0,89	0,20	7,02	785	0,40			7,50	615
61	15.2.2005	6:00	26,9	26,2	0,48	0,67	0,19	7,00	773	0,29			7,64	592
62	15.2.2005	10:00	26,5	26,2	0,51	0,70	0,19	7,03	777	0,28			7,71	582
63	15.2.2005	16:00	26,9	26,1	0,61	0,84	0,23	6,95	779	0,35			7,52	589
64	16.2.2005	6:00	26,8	26,0	0,64	0,83	0,19	6,96	770	0,42			7,44	599
65	16.2.2005	10:00	27,0	26,2	0,58	0,79	0,21	6,96	778	0,37			7,48	601
66	16.2.2005	16:00	26,9	26,2	0,56	0,80	0,24	6,94	778	0,36			7,48	603
67	17.2.2005	6:00	26,9	26,4	0,67	0,88	0,21	6,90	788	0,45			7,26	618
68	17.2.2005	10:00	26,9	26,1	0,63	0,82	0,19	6,94	773	0,39			7,43	617
69	17.2.2005	14:00	27,0	26,3	0,54	0,76	0,22	6,96	782	0,35			7,39	623
70	18.2.2005	6:00	27,1	26,0	0,52	0,76	0,24	6,87	773	0,35			7,44	626
71	18.2.2005	10:00	27,2	25,8	0,55	0,75	0,20	6,89	783	0,38			7,56	628

25m bazén														
			Laboratorní měření							Sonda - výstup				
Vzorek	Datum měření		Teplota [°C]		Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]	Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]
			Voda	Vzduch	Volný	Celkový	Vázaný			Volný	Celkový	Vázaný		
72	18.2.2005	15:00	27,2	25,9	0,53	0,72	0,19	6,89	779	0,32			7,62	634
73	19.2.2005	7:00	26,7	25,8	0,42	0,65	0,23	6,82	772	0,30			7,50	651
74	19.2.2005	16:00	26,4	25,8	0,42	0,60	0,18	6,82	770	0,28			7,52	667
75	7.3.2005	6:00	26,6	25,3	0,53	0,71	0,18	6,98	711	0,48			8,02	712
76	7.3.2005	10:00	26,8	26,1	0,41	0,65	0,24	7,04	748	0,40			8,07	709
77	7.3.2005	16:00	26,8	26,4	0,53	0,67	0,14	6,98	762	0,42			7,98	712
78	8.3.2005	6:00	26,8	26,7	0,68	0,86	0,18	6,94	775	0,56			7,73	736
79	8.3.2005	10:00	26,8	26,4	0,50	0,76	0,26	6,92	773	0,49			7,90	727
80	8.3.2005	17:00	27,0	26,4	0,38	0,57	0,19	9,90	766	0,33			7,89	718
81	9.3.2005	6:00								0,25			7,88	686
82	9.3.2005	10:00								0,22			7,85	677
83	9.3.2005	14:30	27,1	26,6	0,38	0,55	0,17	7,10	748	0,28			7,81	670

25m bazén														
			Laboratorní měření							Sonda - výstup				
Vzorek	Datum měření		Teplota [°C]		Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]	Koncentrace chloru [mg/l]			pH	ORP [mV]
			Voda	Vzduch	Volný	Celkový	Vázaný			Volný	Celkový	Vázaný		
84	10.3.2005	6:00	26,5	26,0	0,52	0,74	0,22	7,00	764	0,38			7,72	707
85	10.3.2005	10:00	26,6	26,7	0,54	0,73	0,19	7,03	768	0,38			7,91	700
86	10.3.2005	16:00	26,6	27,5	0,57	0,77	0,20	7,02	776	0,42			7,91	702
87	11.3.2005	6:00	27,3	26,6	0,60	0,77	0,17	7,05	777	0,47			8,02	704
88	11.3.2005	10:00								0,40			8,13	693
89	11.3.2005	15:00	27,5	27,4	0,56	0,76	0,20	7,09	779	0,44			8,19	691

