



UPPSALA
UNIVERSITET

UPTEC W13030

Examensarbete 30 hp
Oktober 2013

Analys av vattenkvalitet i ett kommunalt badhus

Analysis of the water quality in a municipal
indoor swimming pool

Elin Liljegren

Referat

Analys av vattenkvalitet i ett kommunalt badhus

Elin Liljegren

Bad har varit del i människans historia under lång tid. Dagens badhus erbjuder bland annat simkurser, motion och rekreation för alla åldrar. Högdalens simhall byggdes under 60-talet, ligger i Stockholms län och drivs i kommunal regi. Simhallen har sammanlagt 6 bassänger. Två större bassänger, en lekbassäng för det minsta barnen, två relaxpooler och ett bubbelbad. Fram till oktober 2009 bestod Högdalens simhalls reningsverk av ett grovt galler, kemisk rening med flockningsmedel (polyaluminiumhydroxidklorid), mekanisk rening med ett sandfilter, därefter tillsättning av natriumhypoklorit och pH-justering innan vattnet gick tillbaka till bassänger. Spädvatten tillsattes för att hålla en jämn vattenvolym. Natriumhypoklorit är ett effektivt desinfektionsmedel men tillsammans med organiskt material bildas klorerade biprodukter vilket leder till sänkt desinficerande förmåga och klorerade biprodukter som kan vara hälsofarliga. Under oktober 2009 installerades UV-ljus och aktivt kolfilter. Detta för att komma till rätta med för höga bakteriehalter (heterotrofa bakterier) och klorerade biprodukter. Syftet med denna uppsats är att utvärdera den teknik som installerades under oktober 2009. Simhallens laboratorieresultat och driftjournaler har jämförts före och efter oktober 2009 och analyserats med hjälp av envägs anovatest. Heterotrofa bakterier och fritt aktivt klor visar inte en statistisk signifikant förändring efter det att ny teknik installerats. Det gör däremot bundet aktivt klor, totalt klor och TOC. Installation av UV-ljus och kolfilter har effektivt minskat klorerade biprodukter och organiskt material. Höga halter heterotrofa bakterier före oktober 2009 berodde på att fritt aktivt klor bildade klorerade biprodukter och då fick heterotrofa bakterier möjlighet att växa till. Höga halter heterotrofa bakterier efter oktober 2009 berodde på att halten fritt aktivt klor var för låg. Trots att inte heterotrofa bakterier minskade tillräckligt har badvattenkvaliteten förbättrats betydligt då bundet aktivt klor, totalt klor och TOC sjunkit. Lägre halter bundet aktivt klor innebär mindre hälsorisker för badare och personal som vistas i vattnet och andas luften i lokalen.

Nyckelord: Kommunalt badhus, desinficering av badvatten, bundet aktivt klor, klorerade biprodukter, THM, UV-lampa, kolfilter, natriumhypoklorit.

Institutionen för informationsteknologi, Systemteknik, Uppsala universitet, Box 337, SE-751 05 Uppsala, Sverige.

Abstract

Analysis of water quality in a municipal indoor swimming pool

Elin Liljegren

Bath has been a part of human history for a long time. Today bathing/swimming in municipal pools is for people of all ages and it is possible to take swimming courses, exercise or enjoy recreation. The municipal indoor pool of Högdalen in Sweden was built in the sixties and has had problems with high levels of heterotrophic bacteria. The facility has two larger pools, one adventure park for young kids, two smaller bath tubs and a jacuzzi. To improve water quality UV light and coal filter were installed in October 2009 to the already existing purification system. The water purification starts with a mechanical grid followed by flocculation and then through a sand filter before pH adjustment and chlorine. To adjust water levels in the pools drinking water is added when needed. Chlorine is a common and effective disinfectant but are also known to react with organic material and form disinfection by products (DBP) which decreases the disinfection level and could be a health problem. The goal of this essay is to evaluate the technology that was installed in October 2009. Investigations of laboratory data, comparing data before and after with a one way anova test, do not show a significant improvement of heterotrophic bacteria and free chlorine but TOC, DBP and total chlorine have improved significantly. The conclusion is that UV-light and coal filter effectively decreased levels of DBP and TOC in the pool water of Högdalen. High levels of heterotrophic bacteria before October 2009 was a result of free chlorine forming chlorinated byproducts with organic material which led to low levels of free chlorine. After October 2009 the level of free chlorine was not high enough to disinfect the water properly because of adjustment problems to new technology. Total chlorine levels have decreased after October 2009 which makes it possible to add more chlorine. Although heterotrophic bacteria did not decrease as expected the improvement of DBP levels decreases health risks for both swimmers and employees staying in the pool area.

Keyword: Municipal pool, poolwater decinfection, DBP, UV-lamp, THM, chlorineamines, chlorine.

Department of Information Technology, Division of Systems and Control, Uppsala University, Box 337, SE-751 05 Uppsala, Sweden.

ISSN 1401-5765

Förord

Våren 2009 blev jag tillfrågad av Idrottsförvaltningen i Stockholm stad att i mitt avslutande examensarbete på 30 hp söka utreda orsakerna till de förhöjda bakterienivåerna som förekommit i Högdalens simhall och att ge förslag till en hållbar lösning. Detta som en del av min civilingenjörsutbildning vid Uppsala universitet. När jag sedan av min handledare, Bror Gustavsson VVS-ingenjör på Idrottsförvaltningen, fick veta att Högdalens simhall planerade att installera ny teknik under sommaren 2009 ändrade uppsatsen inriktning. Det nya målet blev att utvärdera den nya teknik som installerats och att diskutera varför bakterienivåerna varit förhöjda. Av för mig okänd anledning blev installation av ny teknik framflyttad till oktober 2009. Ämnesgranskare har varit Bengt Carlsson på institutionen för Informationsteknologi och examinator har varit Allan Rodhe vid Institutionen för geovetenskaper.

Jag vill tacka min handledare Bror Gustavsson på Idrottsförvaltningen och drifttekniker Sebastian Fredriksson och Haroidja Dugopoljac från Dalkia vid Högdalens simhall för rundvisning, ritningar, kunskap och data. Jag tackar även Allan Rodhe och Bengt Carlsson på Uppsala universitet för att lotsa mig framåt i uppsatsprocessen. Min kära mor, Kerstin Liljegren, förtjänar ett stort tack för att hon alltid trott på mig när det varit motigt. Vidare har Andreas Liljegren och Mette Saagbakken bidragit med ytterligare handledning som betytt väldigt mycket.

Elin Liljegren

Stockholm, december 2009

Copyright © Elin Liljegren och Institutionen för informationsteknologi, Uppsala universitet.

UPTEC W13031, ISSN 1401-5765

Publicerat digitalt vid Institutionen för geovetenskaper, Uppsala universitet oktober 2013.

Populärvetenskaplig sammanfattning

Analys av förbättringar av desinfektion i Högdalens simhall

Elin Liljegren

Många av de dagens 500 simhallar som finns i Sverige byggdes under 60- och 70-talen. Sedan dess har besökarantalet ökat, temperaturen i vattnet höjts och många anläggningar är slitna. En sådan simhall är Högdalens simhall som ligger i södra Stockholm och drivs i kommunal regi. Högdalens simhall har cirka 500 besökare var dag. Anläggningen består av en 25-metersbassäng (Simbassäng), en Undervisningsbassäng, en Plask & lekbassäng, ett Bubbelbad och två Relaxbad. Högdalens simhall har haft problem med för höga halter bakterier vilket lett fram till att ny reningsteknik installerades under oktober 2009. Syftet med denna uppsats är att utvärdera om ny teknik förbättrat vattenkvaliteten och sänkt halten bakterier. Detta har gjorts med hjälp av att värden från laboratorieresultat och driftjournaler från Högdalens simhall har jämförts före och efter installation av ny teknik i oktober 2009. I en simhall återcirkulerar badvatten och det återanvänds upprepade gånger. Det smutsiga vattnet leds bort från bassängerna i Högdalens simhall via skvalprännor och kommer först till ett mekaniskt galler som tar bort större partiklar och föremål som till exempel plåster. Sedan tillsätts en kemikalie (polyaluminiumhydroxidklorid) så att de minsta partiklarna, som svävar fritt i vattnet, skall klumpa ihop sig och fastna i det sandfilter som vattnet sedan går igenom. Därefter förbättras vattnets pH-värde och klor tillsätts innan det går tillbaka till bassängerna. Spädvatten tillsätts från det kommunala dricksvattennätet för att upprätthålla en jämn vattennivå i bassängerna. Under oktober 2009 installerades en UV-lampa, kolfilter och flödet genom bassängerna ökades. God badvattenkvalitet innebär att badvattnet bland annat skall innehålla låga halter näringsämnen (organiskt material) som annars kan göra det möjligt för bakterier att växa till och skapa obehag och sjukdomar hos badare. De bakterier som hamnar i vattnet via badare skall avdödas med det klor som tillsätts. Problemet är att klor även lätt reagerar med andra ämnen i vattnet och ”äts upp” och då minskar den bakteriedödande effekten. Kloret förbrukas utan att döda bakterier och bildar istället klorerade biprodukter. Klorerade biprodukter kan vara ett hälsoproblem eftersom badare kommer i kontakt med det i vattnet men också då det övergår i luften så att alla som vistas i ett badhus andas in dem. Speciellt små barn är känsliga för klorerade biprodukter men även simhallspersonal exponeras under lång tid och påverkas därför mer än en vanlig motionssimmare. Studien visar att bakterienivåerna inte blivit lägre efter installation av ny teknik. Däremot har halten organiskt material och klorerade biprodukter sjunkit vilket ger en bättre vattenkvalitet och inomhusmiljö. Före oktober 2009 berodde höga bakterienivåer på att klor bildade klorerade biprodukter så att den desinficerande förmågan sjönk och det gav bakterier en möjlighet att föröka sig. Efter oktober 2009 berodde för höga halter bakterier på att tillsatsen klor varit för låg. Som första åtgärd bör mer klor tillsättas i badvattnet men om denna åtgärd inte hjälper kan det vara ett tecken på att Högdalens simhall blivit så slitna att det utökade reningssteget inte är ekonomiskt försvarbart utan att det på sikt är bättre att riva och bygga nytt.

Innehållsförteckning

1 Inledning.....	1
1.1 Syfte.....	2
1.2 Begränsningar.....	2
2 Material och metod.....	3
2.1 Besöksstatistik.....	3
2.2 Labresultat.....	4
2.3 Driftjournaler.....	4
2.4 Envägs anovatest.....	5
3 Bakgrund.....	6
3.1 Svenska förhållanden.....	6
3.2 Tidigare forskning.....	6
3.3 Föroreningar.....	7
3.4 Socialstyrelsens allmänna råd.....	8
3.4.1 Smutsigt vatten.....	8
3.4.2 Heterotrofa bakterier.....	8
3.4.3 Kemiskt syreförbrukande ämne, CODMn, och Totalt organiskt kol, TOC ...	8
3.4.4 pH.....	9
3.4.5 Fritt aktivt klor.....	9
3.4.6 Bundet aktivt klor.....	9
3.4.7 Totalt klor.....	9
3.5 Olika sätt att rena badvatten	9
3.5.1 Mekaniskt galler.....	9
3.5.2 Kemisk rening— flockning med polyaluminiumhydroxidklorid	9
3.5.3 Mekanisk rening— sandfilter.....	10
3.5.4 Desinficering med klor	11
3.5.5 UV-lampa.....	11
3.5.6 Aktivt kol och aktivt kolfilter.....	12
3.5.7 Trikloraminybrytare.....	12
3.5.8 Städning av badhuslokalen.....	12
3.6 Biprodukter vid desinficering med klor.....	12
3.6.1 Bundet aktivt klor.....	12
4 Anläggningsbeskrivning.....	15
4.1.1 Högdalens badanläggning	15
4.1.2 Spädvatten.....	17
4.1.3 Simhallens dimensionering.....	17
4.2 Reningsverket.....	19
4.2.1 Rening av badvatten före oktober 2009.....	19
4.2.2 Rening av badvatten efter oktober 2009.....	19
5 Resultat.....	21
5.1 Besöksstatistik.....	21
5.2 Samtliga bassänger.....	21
5.2.1 Resultattabeller.....	22
5.2.2 Heterotrofa bakterier.....	24
5.2.3 Bundet aktivt klor.....	25
5.2.4 Fritt aktivt klor	26
5.2.5 Totalt klor	27

5.2.6 THM	28
5.2.7 TOC.....	29
5.2.8 Bundet aktiv klor mot THM	29
5.2.9 Bunden aktivt klor mot TOC.....	30
5.3 Simbassäng	30
5.4 Undervisningsbassäng.....	32
5.5 Plask & lekbassäng.....	33
5.6 Bubbelbad	34
5.7 Relaxbad.....	35
5.7.1 Babord.....	35
5.7.2 Styrbord.....	36
6 Diskussion.....	37
6.1 Besöksstatistik.....	37
6.2 Samtliga bassänger.....	37
6.2.1 Desinficering med klor	38
6.2.2 Heterotrofa bakterier.....	39
6.3 Enskilda bassänger.....	40
6.3.1 Simbassäng.....	40
6.3.2 Undervisningsbassäng.....	40
6.3.3 Plask & lekbassäng.....	41
6.3.4 Bubbelbad.....	41
6.3.5 Relax/Babord.....	41
6.3.6 Relax/Styrbord.....	41
7 Slutsatser.....	43
8 Referenser.....	44

1 INLEDNING

Bad har haft olika roller genom mänsklighetens historia. Synen på kropp, nakenhet, hygien, simkunnighet, teknisk och medicinsk utvecklingsnivå har påverkat badandet hos människor. Bad är dokumenterat långt tillbaka i tiden. Redan romarna hade för sin tid avancerade vattenledningssystem med varma och kalla bad både för njutning och hälsa för allmänheten. Under medeltiden fanns i Europa badstugor där människor bastade och badade. Dessa badstugor blev en social mötesplats med alkohol och underhållning och utvecklades med tiden mer till bordellverksamhet. När syfilis började spridas via dessa badhus stängdes de ned av staten och kyrkan i tron att det var vattnet som spred sjukdomar. 1600- och 1700-talet var en mörk period för badandet. Bad ansågs ohälsosamt, omoraliskt och simkunnigheten sjönk. I början av 1800-talet kom nya ideal och människan skulle ”tillbaka till naturen”. Det tillsammans med en vetenskaplig utveckling där man förstod att vattnet inte var smittsamt gjorde att bad åter ansågs hälsosamt. Kallbadhus byggdes runt om i Sverige och det var överklassen som först tog till sig denna nya badtrend (Reisnert & Pluntke, 2000). Teknisk utveckling under mitten av 1800-talet i form av avloppsledningsnät och vattenverk gjorde det möjligt att Sveriges första stora inomhusbad byggdes i Stockholm 1885. Mot slutet av 1800-talet påverkade viktorianismen badkulturen och en mer pryd syn på kroppen gjorde att det blev modernt att bada i baddräkt. Under 1900-talet fick en sundare livsstil genomslag med friluftsliv, friskvård, sol och bad och mellankrigstidens sociala och ekonomiska utveckling spred bad till alla samhällsklasser. Under 60- och 70-talet byggdes cirka 500 simhallar runt om i Sverige (Andréasson, 2009).

I dagens Sverige har simhallen en viktig funktion i samhället som mötesplats för människor oavsett generation, etnicitet och kön och simning är den sjätte största motionsidrotten i Sverige. Mycket viktigt är också simhallens simundervisning för barn och vuxna vilket sparar människoliv. Nya kulturella strömningar har återigen påverkat badmodet och synen på kropp och nakenhet. Bad med vanliga kläder och underkläder har blivit vanligare. Att duscha naken och tvätta sig med tvål innan bad är inte längre lika självklart och smink tvättas inte bort utan sitter på in i bassängen.

Stockholms stad driver en rad olika badanläggningar med sammanlagt tusentals besökare varje dag. En av dessa anläggningar är Högdalens sim- och idrottshall som ligger i södra Stockholm. Den byggdes i slutet av 60-talet och har idag cirka 500 besökare i varierande åldrar per dag vilka förväntar sig en behaglig upplevelse med lek och/eller motion i ett rent badvatten. Rent vatten innebär i simhallssammanhang att vattnet uppfyller vissa krav från Socialstyrelsen (Socialstyrelsen, 2004). Att dessa uppfylles sker med egenkontroller som görs kontinuerligt.

Vattenreningens mål är att skapa ett estetiskt tilltalande vatten, att mikroorganismer inte får möjlighet att öka i antal och att vattnet inte skall innebära några hälsorisker för badare eller simhallspersonal. Vanligast är att badvatten desinficeras med klor. Annars är det risk för tillväxt av mikroorganismer som under gynnsamma förhållanden kan leda till irritation i ögon och luftvägar, infektioner och spridning av sjukdomar för de som vistas i badvattnet. Nackdelen med desinficering med klor är att det i kontakt med organiskt material bildar klorerade biprodukter (Bougeard, 2010). Dessa klorerade biprodukter kan vara skadliga för hälsan (Johanson, 2006).

Dagens simhallar har krav att vara ekonomiskt och miljömässigt försvarbara. Kommunala badhus skall effektivt använda skattebetalares pengar, driva ett effektivt reningsverk och energisnål anläggning. Energieffektivitet innebär effektiv, energisnål vattenrening och luftbehandling där uppvärmning av vatten och luft tillsammans med ventilationsfläktar och vattenpumpar är en stor del av simhallens driftskostnader.

Badhus byggda på 50- och 60-talet sliter idag med problem där man antingen måste renovera eller bygga nytt för att kunna nå ekonomiska och miljömässiga krav. Renovera är billigare och besökare hindras inte att bada under lika lång tid. Riva och bygga nytt ger energieffektivare anläggningar med betydligt billigare driftskostnader med ett väl dimensionerat reningsverk och god ventilation men innebär en stor investering (Johansson, 2010).

1.1 SYFTE

Syftet med detta examensarbete är att utvärdera om införandet av kompletterande rening av badvattnet vid Högdalens simhall har förbättrat vattenkvaliteten. Den kompletterande reningen består av en UV-lampan och ett aktivt kolfilter. Huvudmålet är att utreda orsakerna till förhöjda bakterienivåer och om dessa sjunkit efter att ny teknik installerats. Stor vikt kommer att läggas på halten aktivt bundet klor och total organiskt kol (TOC) då de förväntas sjunka med den nya reningen. Detta skall göras utifrån statistik, muntliga källor och aktuell litteratur inom området. Vidare skall ytterligare förbättringar diskuteras.

1.2 BEGRÄNSNINGAR

Det finns många intressanta aspekter av badvattenrening. En effektiv reningsanläggning sparar både energi och pengar vilket är viktigt såväl för miljön som för skattebetalare. Motion i form av simning/badning ger goda hälsoeffekter och ett "dåligt" badvatten kan minska denna positiva effekt till exempel på grund av irritation i luftvägar, ökad risk för astma (Weisel m.fl., 2009) och ökad cancerrisk (Stamyr & Johansson, 2006). Denna uppsats tar främst upp badvatten-kvaliteten utifrån bakterienivåer i badvatten och hur bakterienivåer skall fås att understiga Socialstyrelsens riktvärde.

2 MATERIAL OCH METOD

Denna uppsats kommer utifrån litteratur beskriva svenska förhållanden och sammanfatta tidigare forskning inom badvattenrening. Socialstyrelsens bestämmelser lägger ramen för ett badhus verksamhet med riktvärden som skall följas och Socialstyrelsen ger ut sina egna skrifter om vattenrening av badvatten. Högdalens simhall och reningsverk beskrivs i denna rapport med hjälp av muntliga källor, studiebesök och ritningar för att ge en bild av verksamheten. Ett teoretiskt kapitel ligger till grund för diskussionen kring orsakerna till förhöjda bakteriehalter och ytterligare förbättringar.

Mätvärden från månatliga prover analyserade i laboratorium hos Eurofins och data från driftjournaler har sammanställts. Eurofins är ett av Swedac ackrediterat laboratorium. Besöksstatistik över antal badare har också tagits fram.

Statistiken är representerad med hjälp av Open Office Calc och labresultat har grupperats dels utifrån bassäng, dels utifrån typ av mätvärde. Detta har gjorts för att visa vilka bassänger som har haft problem samt för att se reningsverket som en helhet då vattnet återcirkulerar. Envägs anovatest har utförts på labresultat från Eurofins för att utvärdera om det skett en förändring efter det att ny teknik installerats i oktober 2009. Fokus läggs på att jämföra mätresultat före och efter installation av ny teknik för att kunna se om en förbättring skett. Vidare kommer mätvärden ställas mot besökarantal.

2.1 BESÖKSSTATISTIK

Besöksstatistik är hämtad från Högdalens simhalls egen databas över registrerade besökare för perioden 090802-100131 och presenteras i diagram. Besökarantalet representeras per dag och per vecka. Det senare är gjort för att se säsongsvängningar. Högdalens simhall registrerar inpasserare genom att dessa drar sitt eget medlemskort eller att de köper en biljett i kassan. Det finns olika typer av medlemskort till exempel 10-gångerskort, gym/bad, gruppträning/bad eller för samtliga aktiviteter. Badhuset har också olika kursaktiviteter i sina lokaler. I besöksstatistiken noteras alla inpasserare i olika kvoter. Högdalens simhall har hög respektive lågsäsong och ett varierande antal besökare under veckan och dygnets öppna timmar. Under högsäsong, 15 september till 1 december och 15 januari till 15 april, tar anläggningen emot cirka 500 badare per dag och flest besökare förekommer vid 17-tiden då det är cirka 350 besökare inne på badet. Högdalens simhall har problem med att få ut exakta siffror på antal badande. Många kunder har olika sorters kombinationsträningskort där både bad, gym och gruppträning ingår. Vad sådana kunder verkligen gör efter att de registrerat sin ingång finns det ingen statistik på. En tumregel är att cirka 10 procent av de med kombinationskort går och simmar (Gustavsson, muntlig). Vidare är det varje dag av olika anledningar personer som släpps in utan att registreras. De kan vara besökare som glömt sitt medlemskort med mera. När besöksstatistiken tagits fram har besökare som inte haft ett uppenbart ärende till bassänger tagits bort. Det är således en stor lucka i badbesöksstatistiken men trots detta är det rimligt att anta att dagar då det totala antalet besökare stiger är det också fler som badar/simmar. Besöksstatistiken är ett hjälpmedel för att kunna bedöma att eventuella ändringar i mätvärden inte beror på uppenbara öknings/minskningar i besökarantalet. En mer exakt bild av besöksstatistiken hade tydligare kunnat visa

sambandet mellan olika vattenvärden och antal besökare. Det hade också varit intressant att förstå hur reningsverket svarar på besökstoppar.

2.2 LABRESULTAT

Labresultat från Eurofins finns lagrade i Idrottsförvaltningens arkiv. Data för perioden 081010-100119 är inmatade för att på ett överskådligt sätt kunna beskriva labresultat från Eurofins före och efter installation av ny teknik. Labresultaten jämförs med Socialstyrelsen riktvärde.

Statistiken presenteras dels utifrån bassäng för att se vad de enskilda bassängerna har för vattenkvalitet och dels utifrån reningsverkets som helhet och då presenteras labresultat för samtliga bassänger. För att få fram totalt klor har fritt aktivt klor och bundet aktivt klor adderats då total klorhalt inte uppgetts från Eurofins.

Vattenprover tas regelbundet en gång i månaden på samtliga bassänger och skickas för analys till Eurofins laboratorium. Om problem uppstår med vattenkvaliteten tas prover oftare. Vattenprover skall tas av driftpersonal i den del av bassängen som anses vara smutsigast, vilket innebär att ytvatten tas av vatten före utlopp till reningsverket. Månatliga prover tas för analys av bundet aktivt klor, fritt aktivt klor, pH, ankomsttemperatur, provtagningstemperatur, heterotrofa bakterier, *Pseudomonas aeruginosa*, COD_{Mn} (kemisk syreförbrukning) och/eller TOC (total organic carbon) samt turbiditet. THM (trihalometaner) har testats mer sällan än varje månad. Turbiditet är inte med i min analys då det inte varit något problem. Ankomsttemperatur anses inte intressant och provtagningstemperatur är inte alltid angiven och kan därför inte användas. *Pseudomonas aeruginosa* tas inte upp då det bara varit över riktvärdet i Plask & lekbassängen vid ett tillfälle och inte i någon annan bassäng. Labresultat från Eurofins har ett glapp i oktober 2009 och det blir därför en naturlig brytpunkt för medianvärdet före och efter. Driftjournaler har däremot delats i mitten av oktober månad (2009-10-10). Provtagningen som skickas till Eurofins laboratorium har övervägande gjorts på måndagar. Under helgen är det kortare öppettider och färre besökare än under veckodagar vilket kunnat leda till lägre provhalter i badvattnet i Högdalens simhall. Data från mellan 13-20 provtagningar har används före installation av ny teknik och data från 5-6 provtagningar efter. Mellan tre och fem prover finns för vardera bassäng. Fler värden hade kunnat visat på en tydligare trend efter installation av ny teknik.

Sedan augusti 2008 har THM testats 10 gånger före ny teknik infördes men det finns endast 2 prover efter oktober 2009. THM har testats för sällan för att på ett tillfredställande sätt kunna indikera en förändring. THM testas separat av Eurofins men ingår i bundet aktivt klor. Detta labresultat tas med då det redan vid låga doser påverkar badvattenkvaliteten.

2.3 DRIFTJOURNALER

Varje morgon kalibreras onlinemätare av driftpersonal så att regleringen av natriumhypoklorit och kolsyra skall bli korrekt under dagen (Fredriksson, muntlig). Värden för bundet aktivt klor, fritt aktivt klor och pH i delflöden från respektive bassäng noteras i en driftjournal på morgonen. Onlinemätare finns för fritt aktivt klor, pH, temperatur och flöden, men dessa värden har inte dokumenterats kontinuerligt. Bundet

aktivt klor noteras men går inte att mäta utan ges av skillnaden mellan det totala klor och fritt aktivt klor. Driftjournaler har används för perioden 090914-091128 där värden för bundet aktivt klor har presenterats både som helhet och utifrån respektive bassäng och för att tydliggöra skillnader före och efter oktober 2009. Värden saknas ofta från helgen och ibland är journalen slarvigt skriven vilket gör att alla dagar inte är med. Det hade varit intressant att se värden för samtliga helger. Värden tas på morgonen då reningsverket har fått gå hela natten utan bidrag från badare. Det borde ge lägre värden än senare under dagen.

2.4 ENVÄGS ANOVATEST

Envägs anovatest har gjorts på labresultat från Eurofins för att jämföra labresultat före och efter oktober 2009. Testet utgår ifrån nollhypotesen där variansen mellan två populationer jämförs under förutsättningen att populationerna är lika. Om sannolikheten understiger (p-värde) 0,05 förkastas nollhypotesen och populationerna är statistiskt signifikant olika med 95% säkerhet. De två populationerna som jämförts mot varandra är labresultat från Eurofins före och efter oktober 2009. Data har matats in i Matlab och envägs anovatest har utförts med kommandot: $p = \text{anova1}(x)$. Resultaten redovisas med p-värde och boxplot. Boxplot visar outliers, max, min, medianvärde och hur 50% av populationen är fördelad. Envägs anovatest är en standardiserat test då denna typ av mätdata jämförs.

Mätvärden för heterotrofa bakterier över 100 CFU/ml (CFU står för Colony forming units) har minskats ned till 100 CFU/ml i envägs anovatest för att Eurofins ibland svarat med >100 CFU/ml då riktvärdet överskridits. I figurer är heterotrofa bakterier representerade med det värde som Eurofins uppgett. För övrigt har inga labresultat ändrats.

3 BAKGRUND

3.1 SVENSKA FÖRHÅLLANDEN

Många av de drygt 500 svenska badhus och simhallar som är i bruk idag byggdes under 60- och 70-talet. Sedan dess har besöksantal, användning och badvattentemperaturer förändrats. Flera av dessa anläggningar är dessutom slitna och man står inför valet att renovera eller riva och bygga nytt. Att renovera kan vara ett billigare alternativ men bygga nytt kan ge energieffektiva anläggningar med bättre reningsverk så att driften kan bli betydligt billigare än tidigare.

Under de senaste åren har flera simhallar rapporterats ha problem med förhöjda halter av bundet aktivt klor. I till exempel Torvalla simhall i Haninge kommun användes stora volymer spädvatten för att lösa problemet men efter att ny teknik (ultrafiltrering och kolfilter) installerats har de kommit till rätta med förhöjda halter bundet aktivt klor och kunnat minska spädvattenförbrukningen vilket också medfört minskade kostnader (Swimtec, 2010). Sundbybergs simhall är ett annat exempel där de efter åtgärder fått bukt med sina problem med för höga halter bundet aktivt klor (Sundbybergs stad, 2007). Flera andra svenska simhallar har också rapporterat förhöjda halter bundet aktivt klor (Pettersson, 2012) och att badare fått kontakta sjukhus på grund av allergiska reaktioner efter simhallsvistelse (Rehman, 2010).

En diskussion har dessutom förts om hur farligt klorets biprodukter är för badhuspersonal och andra som vistas där och i Göteborg har fem simhallar undersökts varvid det visat sig att bundet aktivt klor låg över Socialstyrelsens riktvärde i flera av dem (Johannesson, 2009). Det finns därför hälsomässiga vinningar med att minska halten bundet aktivt klor.

Vidare har media uppmärksammat vikten av att alla badare är noga med hygien före bad för att på så sätt förbättra vattenkvaliteten och då är god hygien inte bara att duscha före bad utan också att inte ha vanliga kläder eller underkläder på sig i bassängen. Det har blivit vanligare att flickor badar i bh och t-shirt och att pojkar har kalsonger under badshortsen. Den så kallade "kalsongtrenden" innebär att främst killar i tonåren behåller kalsongerna på under badbyxorna och då är det inte rena kalsonger utan de som redan satt på före besök på badhuset. Kalsongerna skall sticka upp lite över badshortskanten och helst ha text från en känt märke. Denna trend gör badaren lite mer cool men försämrar badvattenkvaliteten (Lönngren, 2008).

3.2 TIDIGARE FORSKNING

Kommunala badhus erbjuder olika former av rekreation och motion för gamla och unga. Personer med olika behov såsom handikappade, gravida, spädbarn och elitidrottare besöker badhus. De positiva effekterna av alla de aktiviteter som försiggår i badhus och simhallar är självklara. För att undanröja vissa hälsorisker krävs en vattenrening som effektivt desinficerar och eliminerar det som är oönskat i badvattnet. Annars finns det risk för att mikroorganismer kan växa till sig och skapa besvär hos människor. Den temperatur människor tycker är behaglig att bada i är också en fördelaktig miljö för

mikroorganismer som människor bär med sig på kroppen. Utbrott har rapporterats från olika delar av världen där badare drabbats av infektioner (Verma m.fl., 2007; Leoni m.fl., 1999; Friedman m.fl., 1999).

Det vanligaste sättet att desinficera badvatten är att tillsätta klor i form av natriumhypoklorit som oxiderar de flesta mikroorganismer. Nackdelen med klorering av badvatten är att det tillsammans med det organiska material som finns i vattnet bildar en rad olika klorerade biprodukter (Judd & Black, 2000). De största grupperna biprodukter är THM (trihalometaner) och kloraminer. THM var en av de första klorerade biprodukter som identifierades i badvatten (Lahl m.fl., 1981; Aggazzotti m.fl., 1986). Senare har ytterligare klorerade biprodukter detekterats. Orsaker till bildning av klorerade biprodukter är organiskt material från badare, kontinuerlig klorering och recirkulation av badvatten (Glauner m.fl., 2005). Huvudprincipen är att ju mer organiskt material, bland annat urin och svett, som tillförs desto mer klorerade biprodukter bildas. Vilken sort klorerade biprodukter som bildas kan variera (Kim m.fl., 2002). THM kan avgå till luften (Hsu, 2009) och det har visat sig vara en hälsorisk för såväl badare som personal i badhuset. Exponerade kan ta upp THM via inandning, hud och genom att svälja vatten och THM har kunnat påvisas i utandningsluft och blod (Aggazzotti m.fl., 1998). Personal som jobbar på inomhusbad utsätts för högre halter THM än övrig befolkning (Fantuzzi m.fl., 2001). Luftburen THM har visat sig vara cancerogent och öka risken för astma (Rushall & Weisenthal, 2003) och spädbarn verkar vara mer utsatta för dessa risker (Schoefer m.fl., 2008). Enligt en studie från Institutet för miljömedicin finns det en ökad risk för cancer men hälsoriskerna bedöms ändå som försumbara i svenska simhallar (Stamyr & Johansson, 2006).

3.3 FÖRORENINGAR

På ett inomhusbad är det främst badare som tar med sig olika föroreningar till bassängvattnet. De består av organiskt och oorganiskt material från svett, urin, fekalier, lotion, solkräm, kosmetika, tvålrester och olika mikroorganismer som bakterier, virus, protozoa och fungi. Allt det som finns på huden och i håret kan till slut hamna i vattnet. Till övervägande del innehåller föroreningarna olika kombinationer av kväve och/eller kol. Den största källan till kvävehaltiga ämnen är urin och svett men det finns även andra ämnen, även de tillförda av människan, i vattnet som aminosyror, creatinin och ammoniumkväve (Barbor & Moulin, 2008).

Socialstyrelsen delar in mikroorganismer i fem huvudgrupper: bakterier, virus, protozoer, svampar och alger (Socialstyrelsen 2006a). Den temperatur som är i badhus är en god tillväxtmiljö för många mikroorganismer. Exempel på sjukdomsalstrande mikroorganismer är koliforma bakterier, *pseudomonas aeruginosa*, mykobakterier och legionella. Till skillnad från bakterier kan virus inte föröka sig utanför kroppen (Socialstyrelsen 2006b). Det innebär att risken för att virussjukdomar, till exempel HIV, skall spridas i badhusets badvatten är minimal då det inte sker någon tillväxt av viruset i badvattnet. Virus kan spridas på andra sätt i badhus, precis som det för övrigt gör i samhället, men i badhusfallet är det inget reningsverket skulle kunna förebygga. För att ge en uppfattning om hur mycket badvatten i allmänhet förorenas finns det ett teoretiskt värde som kallas badbelastning, där antas det att per kubikmeter badvatten finns det 50 ml urin och 200 ml svett (Judd & Black; 2000).

3.4 SOCIALSTYRELSENS ALLMÄNNA RÅD

Driften av ett badhus utgår ifrån Socialstyrelsens Allmänna råd (Socialstyrelsen, 2004). Där anges riktvärden för en rad olika parametrar som skall uppfyllas för att badvattnet skall vara tjänligt. Verksamhetsutövaren är, enligt miljöbalken som trädde i kraft den 1 januari 1999, ansvarig för kontroll och iakttagande av att badvattnet uppfyller kraven för god vattenkvalitet. Socialstyrelsens Allmänna råd har riktvärden för bland annat mikroorganismer (heterotrofa bakterier, *pseudomonas aeruginosa*), surhet (pH), turbiditet, totalt organiskt kol (TOC) och klorhalter (totalt klor, fritt aktivt klor, THM och bundet aktivt klor) (Socialstyrelse 2006a). Enligt Socialstyrelsens bestämmelser (Socialstyrelsen, 2004) skall verksamhetsutövaren sköta egenkontroll av badvattenkvaliteten och om riktvärden överskrids skall åtgärder vidtas och rapporteras till miljöförvaltningen. Om tekniska förändringar genomförs skall provtagning ske oftare (Socialstyrelsen 2006a). Det skall finnas skriftlig dokumentation över reningsanläggningens kapacitet och beräkningar över dosering av desinfektionsmedel för olika belastning. Alla parametrar är inte relevanta för denna uppsats. Nedan beskrivs de parametrar som är relevanta eftersom dessa riktvärden överskridits i den studerade simhallen under perioden 080801-100124.

3.4.1 Smutsigt vatten

I en inomhuspool är det i huvudsak badarna som tillför "smuts" till bassängen. Allt det som vuxna och barn tar med sig på huden, i håret och på badkläder och som avges i badvattnet är förorenande. Beroende på hur noggranna besökarna är med att tvätta sig före badet tar de med sig olika mängder av hud, hår, saliv, urin, fekalier, kosmetika, solkrämer, hårprodukter, bakterier, virus med mera. Till det kommer också hur mycket besökarna svettas i vattnet och/eller om de urinerar och om de använder badmössa. Vidare påverkar det om "vanliga" kläder såsom kalsonger, t-shirt eller bh används i badet vilket har börjat förekomma i högre utsträckning (Socialstyrelsen 2006a).

3.4.2 Heterotrofa bakterier

Heterotrofa bakterier har god tillväxtförmåga vid kroppstempererat badvatten och de kan ge upphov till infektioner i ögon, öron, näsa, hals och på huden. Antalet heterotrofa bakterier mäts efter att ha odlats i 48 timmar vid 35°C och skall vara färre än 100 CFU/ml men helst mindre än 20 CFU/ml. CFU står för Colony forming units (Socialstyrelsen 2006a).

3.4.3 Kemiskt syreförbrukande ämne, COD_{Mn}, och Totalt organiskt kol, TOC

COD_{Mn} och TOC är två sätt att mäta hur mycket organiskt material som finns tillgängligt i badvattnet. COD_{Mn} är ett mått på syreförbrukande ämne medan TOC mäter den totala halten organiskt kol. Höga COD_{Mn}-värden försämrar reningsförmågan både för att det organiska materialet är näring till mikroorganismer, som därmed kan föröka sig snabbare, men också för att organiskt material kan bilda olika klorerade biprodukter. Riktvärdet för COD_{Mn} är < 4,0 mg O₂/l. Då desinfektionsmetoden ansågs kunna påverka syreförbrukningen har TOC tagits över som mätmetod av organiskt material och den skall inte överstiga 4,0 mg/l (Socialstyrelsen 2006a).

3.4.4 pH

Vattnets pH regleras så att vattnet inte skall var ohälsosamt för badare och för att kloreringen skall fungera så effektivt som möjligt. Socialstyrelsen rekommenderar att pH skall ligga mellan 7,2 och 7,6 på grund av att människans tårvätska har pH 7,3-7,4 men också för att pH under 7,0 kan ge korrosion i reningsverkets ledningssystem. Det finns en rad olika syror som kan användas för att justera pH, bland annat saltsyra, svavelsyra och kolsyra. För att få kolsyra tillsätts koldioxid i vatten och då bildas den svaga syran kolsyra (H_2CO_3) (Socialstyrelsen 2006a).

3.4.5 Fritt aktivt klor

En viss koncentration fritt aktivt klor skall hela tiden finnas i badvattnet så att tillförda mikroorganismer snabbt avdödas och inte får möjlighet att växa till. Fritt aktivt klor skall för bassänger med en temperatur under 35°C ligga på minst 0,4-0,6 mg Cl_2/l beroende på pH-värdet. I bassänger med en temperatur över 35°C skall värdet ligga i ett högre intervall, 0,8-1,0 mg Cl_2/l (Socialstyrelsen 2006a).

3.4.6 Bundet aktivt klor

Bundet aktivt klor är ett samlingsnamn för de biprodukter som fritt aktivt klor bildar med organiska föroreningar i badvattnet, till exempel THM (trihalometaner) och kloraminer. Halten bundet aktivt klor får ej överskrida 0,4 mg Cl_2/l (Socialstyrelsen 2006a).

3.4.7 Totalt klor

Den totala klorhalten är summan av fritt aktivt klor och bundet aktivt klor. Den får inte överstiga 2,0 mg Cl_2/l . Högre halter anses vara hälsovådligt (Socialstyrelsen 2006a).

3.5 OLIKA SÄTT ATT RENA BADVATTEN

Det finns en rad olika möjligheter för desinfektion och rening av badvatten. En av de vanligast förekommande metoderna är att reningen startar med ett grovt mekaniskt galler. Därefter tillsätts ett flockningsmedel som får reagera innan vattnet går genom ett sandfilter. Slutligen tillsätts klor och vattnet pH-justeras innan det går tillbaka till bassäng. Ytterligare rening kan vara att komplettera med en UV-lampa, kolfilter och/eller membranfilter.

3.5.1 Mekaniskt galler

Det mekaniska gallret tar bort större partiklar och föremål som plåster och dylikt.

3.5.2 Kemisk rening— flockning med polyaluminiumhydroxidklorid

Kemisk fällning används för att ytterligare förbättra sandfiltrets avskiljning av partiklar som består av organiskt material och bakterier. Suspenderat material slås ihop under den kemiska fällningen och bildar svårlösliga föreningar som blir så stora att de fastnar i sandfiltret. I den processen kan kvävehaltiga ämnen reduceras men inte ammoniak och

kloraminer. Polyaluminiumhydroxidklorid har ett något bredare pH-område än andra fällningskemikalier och fungerar bäst mellan pH 6 och 7,5. Fällningen är en relativt snabb reaktion medan flockningen tar längre tid och därför behövs en viss uppehållstid före filtret. Då polyaluminiumhydroxidklorid tillsatts i vattnet delar de sig i aluminium respektive kloridjoner. Aluminiumjoner reagerar med vatten och bildar aluminiumhydroxid (reaktion 1) som har en gelatinös och flockbildande struktur. Dessa polymera former av aluminium kan ha upp till 15 plusladdningar per aluminiumjon och eftersom största andelen föroreningar i badvatten har negativ laddning gör det att fällningskemikalien har god förmåga att fälla ut partiklar. Kloridjonen deltar inte i fällningsprocessen (Svenskt vatten 2007; Socialstyrelsen 2006a).



3.5.3 Mekanisk rening— sandfilter

Sandfilter är ett av de vanligast förekommande filtren i offentliga badanläggningar och det är en typ av djupfilter där vattnet antingen strömmar nedåt eller uppåt. Vanligast är nedåtgående vattenriktning och det finns både öppna och slutna sandfilter. Det slutna filtret kallas för trycksandfilter. Reningsprincipen är den samma, men vid ett öppet nedåtgående filter drivs filtreringen av gravitationen och i ett trycksandfilter drivs filtreringen av det inkommande vattnet genom en sluten behållare. Det öppna sandfiltret konstrueras vanligtvis som en rektangulär eller kvadratisk betongbassäng. Längst ner finns en filterbotten som leder bort det renade vattnet. Det kan vara polyetenrör kopplade till ett centrallrör nedbäddat i 30 cm grus med diametern 3-5 mm. Ovanför ligger filtersand med en tjocklek av cirka 1 m. Överst finns en spolränna som skall avleda returpolvatten. Suspenderade partiklar i vattnet avskiljs både på ytan av filtret och längre ner i filtermassan. I en porös bädd som ett sandfilter kan partiklar mindre än bäddens porer avskiljas med hjälp av mekanismer som sedimentering, tröghetskrafter och diffusion. Beroende på partiklars koncentration, kornstorlek, hastighet på vattnet och partikelstorleksfördelning hos filtermassan så renas vattnet i olika grad. Den hastighet vattnet går igenom filtret med kallas för filterhastighet eller hydraulisk ytbelastning. Den optimala ytbelastningen är unik för varje filter beroende på filtrets konstruktion och material. För hög ytbelastning leder till att flockade partiklar slås sönder i filtret och följer med det renade vattnet ut ur filtret medan en för låg belastning kan skapa kanaler vilket också minskar reningsförmågan. Vattenkvaliteten ut ur filtret bestämmer när filtret skall backspolas och det sker då turbiditeten på vattnet som renats av sandfiltret är för hög. Vid backspolning spolas vatten och/eller luft in underifrån så att hela bädden lyfter. De partiklar som satt igen filtret tappas av längst upp vid filterbehållaren och leds bort. Sanden bör helst vara kvarts eller fältspat och det är eftersträfvansvärt att kornen är så runda som möjligt så att porositeten blir så stor som möjligt. Ett bra sandfilter skall ha en porositet på strax under 40%. Kornstorlek och kornstorleksfördelning på filtersanden beskrivs med förhållandet mellan d_{60}/d_{10} . Effektiv kornstorlek, d_{10} och d_{60} , på sanden tas fram genom att sand siktas genom ett galler/sil med bestämd storlek. Sand som siktas genom den minsta silen (till exempel 0,6 mm) får bara 10% sand passera och det beskriver begreppet d_{10} . Effektiv kornstorlek, d_{10} , skall ligga mellan 0,6 och 0,8 mm eller mellan 0,8 och 1,2 mm. Den större silen skall släppa igenom 60% av sanden och beskriver begreppet d_{60} .

Förhållandet mellan d_{60} och d_{10} kallas olikformighetstalet (d_{60}/d_{10}) skall inte överstiga 1,5 och beskriver siktkurvans lutning. Kornstorlek har betydelse då för liten storlek leder till högt tryckfall i början av filtret och snabb igensättning medan för stor kornstorlek kan försämra vattenkvaliteten då mindre partiklar inte fastnar i filtret. För att filterkapaciteten skall hållas hög skall vattennivån ovan bädden regleras så att den ligger på en konstant nivå. Reningsförmågan mäts i turbiditet före och efter filter och reducering av suspenderat material kan vara 70-80%. Fosforavskiljningen i sandfilter är god men kväve existerar i löst form i badvattnet och sänks inte tillräckligt i filtret. Vidare eliminerar sandfiltret mikroorganismer och tar bort de kemiska ämnen och partiklar som badare tagit med sig och som klumpats ihop med flockningsmedlet. Studier visar att sandfilter kan vara en källa till olika klorerade biprodukter eftersom organiskt material ökar i koncentration i filtret tillsammans med att klor från bassängen får tid att reagera (Frimmel, 2004).

3.5.4 Desinficering med klor

Vanligast är desinfektion med klor, men brom och jod förekommer också och fungerar principiellt på samma sätt som klor. Ozon anses vara ett effektivt sätt att rena vatten men klor måste ändå tillsättas så att ingen tillväxt sker i badvattnet. Dock krävs det mindre klor då ozon används.

Vid desinficering med klor är det vanligast att man tillsätter klorgas eller natriumhypoklorit i flytande form. Högdalens simhall tillsätter natriumhypoklorit, dels för att direkt döda mikroorganismer, dels för att förhindra tillväxt av mikroorganismer i badvattnet. Den bakteriedödande effekten är både pH- och temperaturberoende. Natriumhypoklorit (NaOCl) bildar i vatten följande reaktion:



HOCl (underklorsyrlighet) och OCl^- (hypoklorit), som tillsammans kallas för fritt aktivt klor, är det som har den bakteriedödande verkan. Förhållandet mellan underklorsyrlighet och hypoklorit är pH-beroende. Vid pH 7,5 förekommer båda i lika hög halt och ju högre pH ligger över 7,5 desto mer hypoklorit. Det är eftersträvansvärt att ha så stor andel underklorsyrlighet som möjligt eftersom den har störst bakteriedödande effekt. Den bakteriedödande effekten är också temperaturberoende. Ju högre temperatur desto mer natriumhypoklorit behövs för att uppnå samma bakteriedödande verkan. Ett bubbelbad med 37 °C behöver mer klor för att åstadkomma samma resultat som en bassäng på 27 °C (Socialstyrelsen 2006a).

3.5.5 UV-lampa

UV-ljus används i kombination med annat desinfektionsmedel, till exempel klor. Cirkulerande vatten bestrålas och mikroorganismer dödas genom en fotokemisk process där bestrålningen angriper mikroorganismers DNA. Den optimala våglängden för DNAs adsorption är 280 nm där även tidsexponeringen är viktig. Det finns låg, medel och hög

typ av UV-lampa, och vanligast är att medeltryckslampor används då de når ett bredare spektralområde (Kolch, 1999). Om en UV-lampa installeras i ett badhusreningsverk kan den minska halten bundet aktivt klor i badhusvattnet medan förbrukningen av fritt aktivt klor kan öka (Cassan m.fl., 2006).

3.5.6 Aktivt kol och aktivt kolfilter

Aktivt kol är ett adsorbtionsmaterial vilket innebär att organiska ämnen dras till ytan och fastnar. Aktivt kol finns i pulverform eller som filter och adsorberar kloraminer, trihalometaner och andra organiska halogener. Även fritt aktivt klor adsorberas vilket leder till en ökad klorförbrukning (Barbot m.fl., 2008). Kolfilter kan dimensioneras för en delström av det totala flödet. Då används minst 10% av det totala flödet och filterhastigheten kan ligga mellan 5-25 m/h. När kolet förbrukats måste det regenereras eller bytas.

Hydroantracit är ett relativt grovt material, med partikelstorlek 5-7 mm, som läggs ovanpå sanden i en filterbädd. Den bidrar till reningen dels mekaniskt genom sin större porositet, dels för att hydroantracit innehåller 10% aktivt kol (Petersson, 2004).

3.5.7 Trikloraminytäre

Företaget Vattenkvalité har utvecklat reningsutrustning som utlovar att kraftigt reducera halten bundet aktivt klor i badvattnet. Utrustningen kallas för Trikloraminytäre eller Stadsvattnepolerare. Det spädvatten som annars tas direkt ifrån ledningsnätet renas först genom Trikloraminytären, dels med adsorbtionsfilter och jonbytare, dels med hjälp av så kallad omvänd osmos där vatten mekaniskt trycks genom ett membran. Denna teknik skall rena vattnet från salter, bakterier och organiskt material (Vattenkvalitet, 2010a).

3.5.8 Städning av badhuslokalen

Städning av en badhuslokal är en stor och viktig del i arbetet med att hålla rent och bakteriefritt i vattnet. Vattenkvaliteten påverkas av hur hela anläggningen hålls ren och vilka städprodukter som används. Det finns speciella städprodukter framtagna som inte innehåller tensider, kväve eller kol vilka annars kan bidra till bildningen av klorerade biprodukter (Vattenkvalitet, 2010b).

3.6 BIPRODUKTER VID DESINFICERING MED KLOR

3.6.1 Bundet aktivt klor

Badare bidrar kontinuerligt med organiskt material som bland annat består av olika kol- och kvävehaltiga föreningar. Det, i kombination med att en simhall återcirkulerar vatten under lång tid, gör att fritt aktivt klor (HOCl och OCl^-) reagerar med det organiska materialet och bildar en mängd olika klorerade biprodukter. Huvudgrupperna, som utgör störst andel av det bundna klor, är kloraminer och THM (Judd & Bullock, 2003). Utöver kloraminer och THM finns det hundratals olika biprodukter där många ännu ej är detekterade. Några exempel på biprodukter vid klorering är klorättiksyra, kloracetnitril, kloralhydrat, klorpicrin och klorat (Johansson, 2006; Weaver m.fl., 2009). Senare forskning har visat att det även bildas ketoner och aldehyder (Zwienier

m.fl., 2007). Klor är en effektiv kemikalie för att desinficera vatten, men klor har också lätt för att binda sig med det organiska material badare tar med sig till bassängen. Detta mäts i halten bundet aktivt klor, vilket är skillnaden mellan totalt klor och fritt aktivt klor. Reaktionen med organiskt material konsumerar fritt aktivt klor och gör att desinfektionsnivån sjunker. Beroende på reningsmetod kan reningsverket i varierande grad eliminera klorerade biprodukter. Det finns studier som visar att klorerade biprodukter ackumuleras vid hög badbelastning (Barbor & Moulin, 2008). Aktivt kol i pulverform adsorberar både kloraminer och trihalometaner (Barbor & Moulin, 2008). Studier visar att bildningen av bundet aktivt klor vid laboratorieförsök är högre efter 72 timmar än efter 24 timmar (Kim m.fl., 2002).

När fritt aktivt klor reagerar med kvävehaltiga ämnen från till exempel svett och urin bildas bland annat kloraminer (Ressner, 2009). Beroende på pH i vattnet bildas det mono- eller dikloramin. I det pH-intervall som förekommer i badvatten förekommer nästan uteslutande monokloraminer. Trikloraminer bildas inte i det pH-intervall som förekommer i badhus men är likaväl mätbart i badhus. Troligtvis bildas trikloraminer som en reaktion mellan underklorsyrighet och tetraklorcarbamid och de kan därför förekomma även vid neutrala pH, men viss osäkerhet råder om hur trikloraminer verkligen bildas. Trikloramin förekommer i mycket lägre halter än mono- och dikloraminer, men är redan vid låga koncentrationer irriterande på ögon och slemhinnor och därför oönskade (Csontos m.fl., 2008). Så länge fritt aktivt klor och kvävehaltiga ämnen finns att tillgå i badvattnet kommer kloraminer att bildas men sambandet är inte linjärt. Kloraminhalten ökar med ökande klorhalt upp till 5 mg klor per mg $\text{NH}_4\text{-N}$. Därefter avtar halten och har ett minimum vid 7 mg klor per mg $\text{NH}_4\text{-N}$, sedan ökar kloraminhalten igen med ökande klorhalt (Csontos m.fl., 2008). Nedbrytning av kloraminer kan göras med hjälp av en UV-lampa. Studier visar att halten kloraminer kunde sänkas betydligt med hjälp av UV-ljus (Csontos, m.fl., 2008)

Sönderfall av mono-, di- och trikloraminer sker vid olika våglängder för de olika kloraminerna. Monokloramin sönderfaller vid 245 nm, dikloraminer vid 297 nm och trikloraminer vid 340 nm. För att inte behöva använda tre olika UV-lampor så eliminerar medeltryckslampor samtliga kloraminer effektivt i det våglängdsintervall den kan producera, 260 nm till 340 nm. Spädmatning sänker halten kloraminer då kommunalt vatten innehåller lägre halter än badvatten som gått genom simhallens reningsverk, speciellt vid hög badbelastning.

Trihalometaner är ett samlingsnamn för triklormetan, bromdiklormetan, dibromklormetan och tribrommetan. THM är en typ av biprodukter som bildas då organiskt material och en halogen, till exempel klor eller brom, reagerar i badvattnet. Klor tillsätts som desinficering och brom finns i små mängder i vattnet. Vanligast är kloroform (triklormetan) som utgör cirka 90% av trihalometanerna men det bildas även bromdiklormetan, dibromklormetan och bromoform (tribrommetan) (Stamyr & Johansson, 2006).

På Högdalens simhall testas vattnet på THM (trihalometaner). THM bildas så länge det finns tillgång till organiskt material och fritt aktivt klor (Stamyr & Johansson, 2006). Vilken typ och vilken koncentration som bildas beror på tillgång på organiskt material, kloreringsgrad, mängd klor och brom, temperatur och pH. Viss andel THM avgår även till luften och det är så den kommer i kontakt med badare och personal. Det råder osäkerhet i om huruvida UV-ljus minskar halten THM, viss forskning visar att

halten THM istället ökar vid UV-behandling (Petersson, 2004). Ozon som desinfektion med kompletterande klor är mycket effektivt men det saknas uppgifter om hur THM påverkas specifikt. Aktivt kolpulver kan tillsättas före sandfiltret och adsorberar effektivt THM.

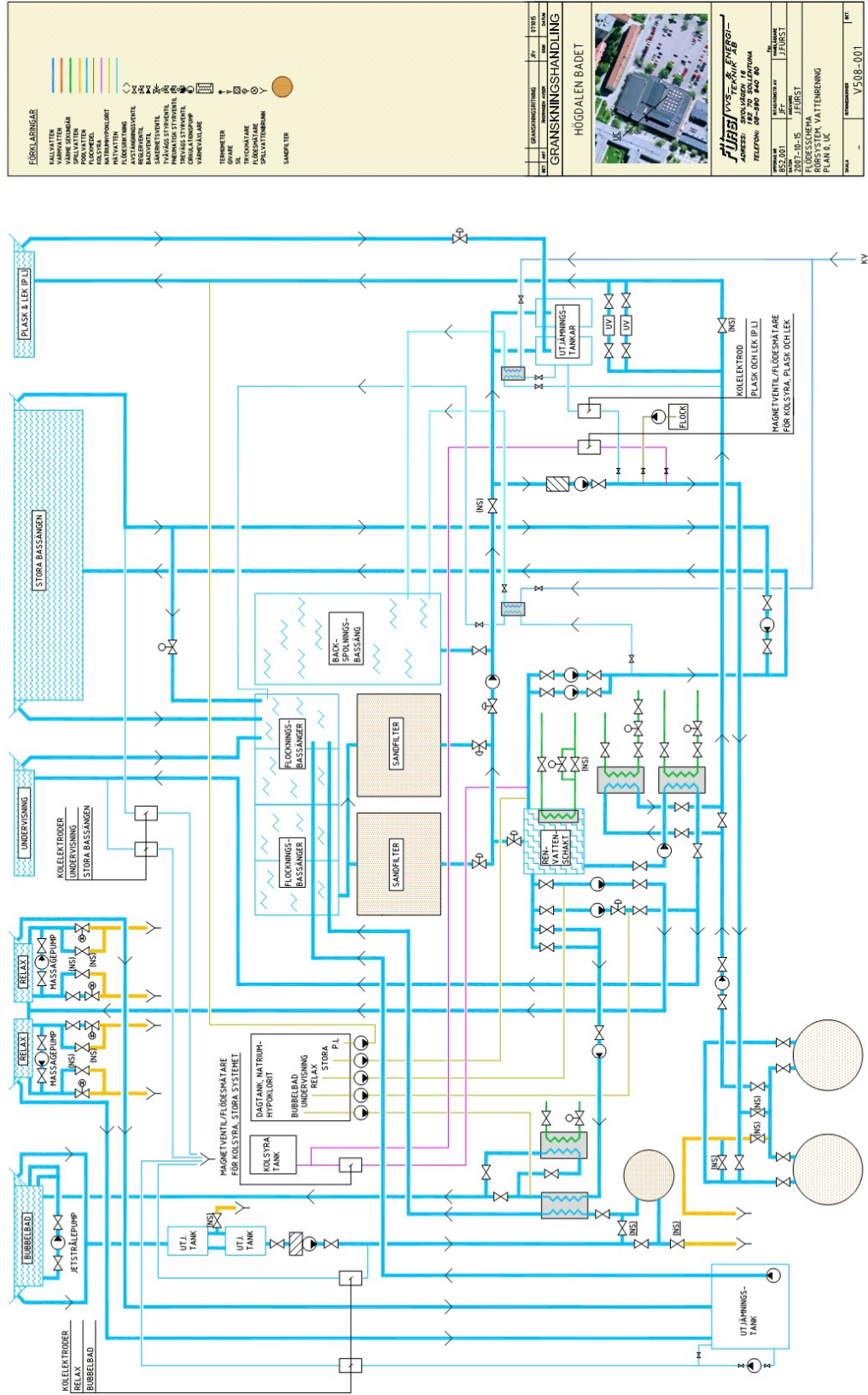
Det finns hälsoaspekter med höga THM-värden. Tävlings-simmare utsätter sig för störst risk, eftersom de tränar hårt med hög puls och hög inandningsintensitet med flera pass dagligen. Badvakter vistas under långa perioder i bassängmiljö där de exponeras för THM, speciellt om det är dålig ventilation i lokalen. Små barn har oftast inte så lång exponeringstid, men då de har sämre immunförsvar och på grund av sin mindre kroppsstorlek är de känsligare för kemikalier än vuxna. Riskerna bedöms ändå som små (Stamyr & Johansson, 2006).

4 ANLÄGGNINGSBESKRIVNING

4.1.1 Högdalens badanläggning

Högdalens sim- och idrottshall byggdes 1965 och består idag av en 25-metersbassäng (Simbassäng), en Undervisningsbassäng, ett Bubbelbad på herravdelningen, två relaxbad (Babord och Styrbord) som är belägna på herr respektive damavdelningen samt en äventyrsdel (Plask & lekbassäng). Simbassängen är i huvudsak till för motionssimning för vuxna och för föreningsverksamhet, men används även till vattengympa cirka en gång i veckan. Undervisningsbassängen riktar sig till barn men har också olika gruppaktiviteter och vattengympa utövas 1 till 2 gånger per dag. Plask & lekbassängen är anpassad för barn under 7 år och det är där de yngre barnen som inte är simkunniga håller till. En översikt över bassänger och reningsanläggning visas i figur 1, och bassängers längd, djup, volym och temperatur visas i tabell 1.

50 RÖRSYSTEM, VATTENRENING SIMBASSÄNGER



Figur 1 Vattenrening, bassänger och rörsystem på Högdalens simhall före oktober 2009 (källa: Stockholms stad).

Tabell 1 Bassängerna i Högdalens simhall.

Bassäng	Area [m ²]	Djup [m]	Volym [m ³]	Temperatur [C°]
Simbassäng	25 x 12,5	3,6	705	27
Undervisning	5 x 10	1,2	60	29
Plask & lekbassäng	Olika*	0,3	36	29
Bubbelbad	-	-	10	37
Relax(Babord)	3 x 2	2	12	27
Relax(Styrbord)	3 x 2	2	12	27

*Oregelbunden form.

4.1.2 Spädvatten

Spädvatten tillsätts från kommunens dricksvattenledningsnät och anses rent då det uppfyller kraven från Socialstyrelsen på dricksvatten. Enligt Stockholm vattens egen hemsida har de inga problem med att understiga dessa riktvärden. Vatten kommer från Lovön och Norsborgs vattenverk. Medelvärde för THM på spädvattnet är <0,001 µg/l (mindre än detektionsgränsen) för Lovön och 0,008 mg/l för Norsborgs vattenverken. TOC har ett medelvärde på 4,0 mg/l från Lovön och 3,6 mg/l från Norsborgs vattenverk (Stockholm vatten, 2010).

4.1.3 Simhallens dimensionering

Reningsverket är dimensionerat för 1200 besökare per dag. När anläggningen togs i bruk 1965 var temperaturen lägre i bassängerna och vissa riktvärdena från Socialstyrelsen var därmed annorlunda. Till exempel krävdes det mindre klor för att uppnå samma effekt då temperaturen var lägre. Dagens högre temperatur och ökat besökarantal gör att det ställs högre krav på desinficeringen. Enligt nuvarande norm skall badare ha 2 m³ vatten eller 4,5 m² vattenyta per person (Socialstyrelsen, 2006b).

Exempel på max antal besökare utifrån dimensionering:

$$\text{Total volym bassängvatten} = 705 + 60 + 36 + 12 + 12 + 10 = 835 \text{ m}^3$$

$$\text{Max antal badare} = 835 \text{ m}^3 / 2 (\text{m}^3 \text{ per badare}) \approx 417 \text{ badare i hela anläggningen}$$

$$\text{Max antal badare i Undervisningsbassängen} = 60 \text{ m}^3 / 2 (\text{m}^3 \text{ per badare}) = 30 \text{ badare}$$

Värden för max antal badare i övriga bassänger finns i tabell 2.

Tabell 2 Max antal badare i Högdalens simhall.

Bassäng	Max antal badare
Hela badet	417
Simbassäng	352
Undervisningsbassäng	30
Plask & lekbassäng	18
Bubbelbad	5
Relax (Babord)	6
Relax (Styrbord)	6

4.2 RENINGSVERKET

4.2.1 Rening av badvatten före oktober 2009

Vattenrensningens första steg i Högdalens simhall består av ett mekaniskt galler som rensar bort större partiklar som hår, plåster, tuggummi med mera. Vattnet går sedan till en flockningsbassäng där flockningsmedlet, polyaluminiumhydroxidklorid, tillsätts under omrörning. Polyaluminiumhydroxidklorid tillsätts med 1,5 dl/h där verksamt substans är 10,5% Al_2O_3 . Vattnet går vidare in i ett öppet sandfilter som är ett nedströms djupfilter där vattnet har en hastighet på 7-8 m/h. Sandfiltret är konstruerat efter Socialstyrelsens riktlinjer och består av en kvadratisk betonglåda där smutsigt vatten tillförs ovanifrån och rinner igenom 1 m sandlager i storleken 1,0 - 1,2 mm. Därefter kommer 15 cm med grus i storleken 3,0-5,0 mm. Det renade vattnet fångas upp av rör i botten som leder det vidare i reningsverket. Filtret backspolas 2 gånger i veckan. Efter sandfiltret mäts halten fritt aktivt klor kontinuerligt och natriumhypoklorit tillsätts för att uppnå riktvärdet i bassängen. Efter oktober 2009 har åtgången klor ökat. PH-värdet mäts online efter sandfiltret och kolsyra tillsätts så att vattnet skall ha pH-värde 7,2. Spädmatning tillsätts utifrån nivån i bassängerna. Eventuellt tillsätts det 30-60 liter spädvatten per dag (Gustavsson, muntlig).

Vattnet som går till rening från Bubbelbadet förs först genom ett trycksandfilter med kapacitet på 15-20 m/h sedan till samma flockningsbassäng som för övriga bassängerna och vidare genom reningsverket.

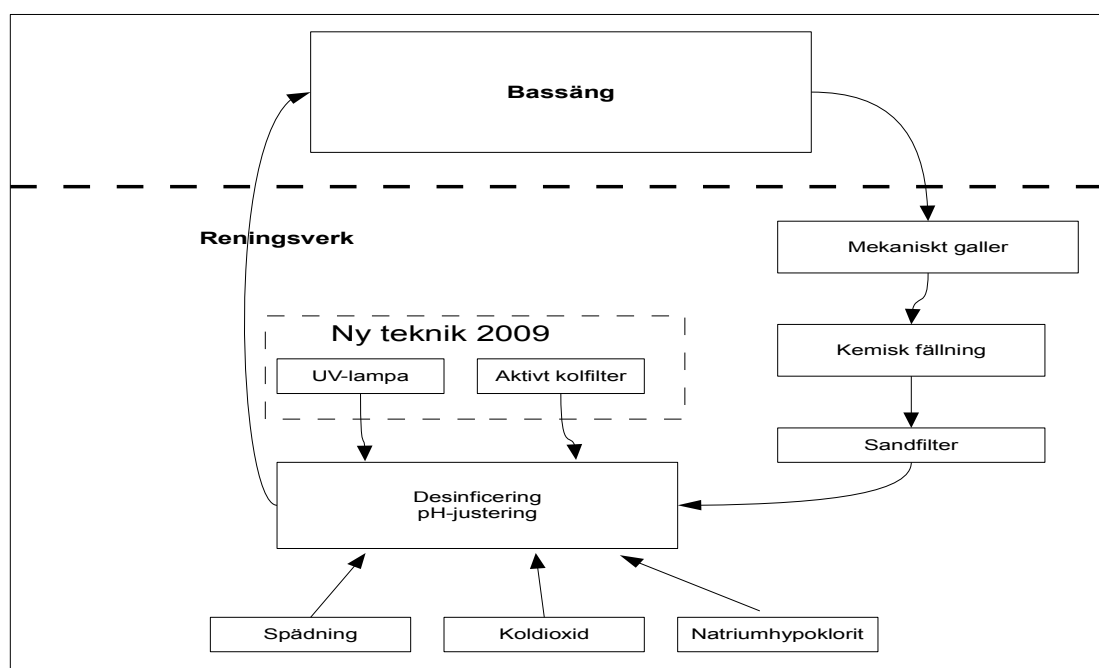
Bassängvatten anses smutsigast vid vattenytan och helst skall därför vattnet till reningsanläggning tas via skvalprännor. Partiklar/ämnen som inte håller sig flytande faller till botten och därför rengörs botten med bottensug så att organiskt material i bassängen skall minimeras.

4.2.2 Rening av badvatten efter oktober 2009

Under oktober 2009 installerades UV-lampor som bestrålar vattnet som gått genom reningsverket före det går tillbaka till respektive bassäng. Ett aktivt kolfilter installerades också med ett flöde på 20 m³/h (figur 2). Målet var att dessa två åtgärder skulle samverka och desinficera vattnet, reducera halten bundet aktivt klor, samt minska halten organiskt material. Vidare har nya pumpar installerats och flödet genom reningsverket ökat och omsättningstiden i bassängerna minskat (tabell 3). Värden för flöden före oktober 2009 finns ej att tillgå (Dugopoljac, muntlig).

Tabell 3 Flöden och omsättningstid i bassängerna efter oktober 2009.

Bassäng	Flöde [m ³ /h]	Omsättningstid [h]
Simbassäng	102	7
Undervisningsbassäng	30	2
Plask & lekbassäng	100	0,5
Bubbelbad	10	1
Relax(Babord)	1,25	10
Relax(Styrbord)	1,25	10



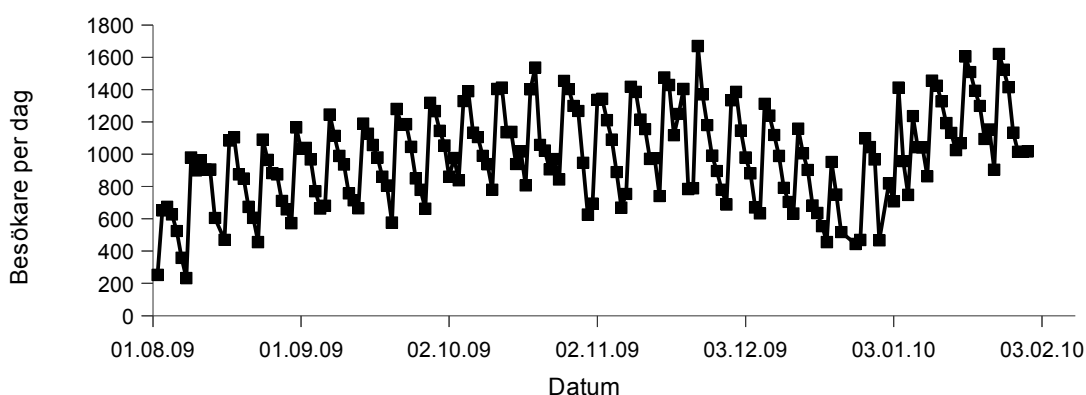
Figur 2 Schematisk bild över reningsverket och ändringar gjorda i oktober 2009.

5 RESULTAT

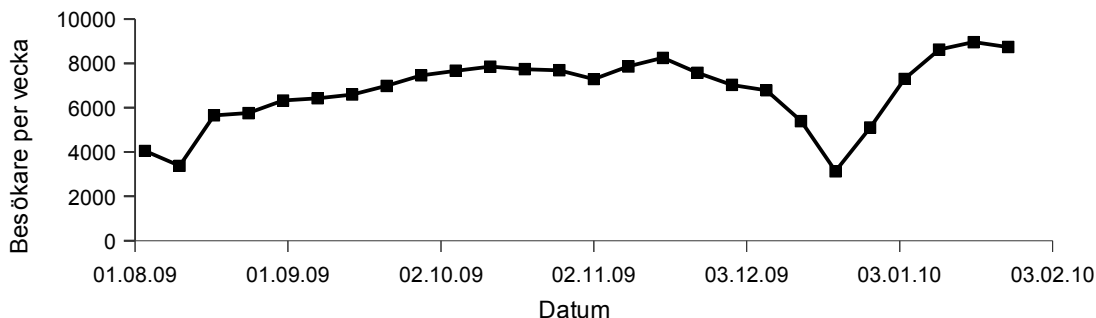
Besöksstatistik från Högdalens simhalls eget besöksregister redovisas i avsnitt 5.1. I avsnitt 5.2 betraktas Högdalens simhall med dess reningsanläggning som en helhet och enskilda mätvärden redovisas. Vidare sammanfattas mätvärden från enskilda bassänger i avsnitt 5.3-5.7.

5.1 BESÖKSSTATISTIK

Figur 3 visar hur besöksstatistiken varierade under 090801-100131. Generellt sett var det högst antal besökare på måndagar och tisdagar, sedan minskade antalet under veckan för att öka något igen under helgen. Högst besökarantal per vecka förekom i oktober till februari med en nedgång i besökarantal kring julafton (figur 4).



Figur 3 Antal besökare till Högdalens simhall per dag från 090801-100131.



Figur 4 Antal besökare per vecka i Högdalens simhall från 090801-100131

5.2 SAMTLIGA BASSÄNGER

I avsnitt 5.2.1 sammanfattas antal över- och underskridna värden före och efter oktober 2009 för labresultat från Eurofins i Högdalens simhall för samtliga bassänger. Avsnittet innehåller också medianvärde och standardavvikelse för såväl samtliga som enskilda bassänger före och efter oktober 2009. Labresultat från Eurofins från samtliga bassänger för heterotrofa bakterier redovisas i avsnitt 5.2.2. På samma sätt visas bundet aktivt klor i 5.2.3, fritt aktivt klor i 5.2.4, totalt klor i 5.2.5, THM i 5.2.6 och TOC i 5.2.7. Slutligen

beskrivs sambandet mellan bundet aktivt klor och THM i 5.2.8. Detta görs även för bundet aktivt klor och TOC i 5.2.9.

5.2.1 Resultattabeller

Tabell 4 visar hur många mätvärden som legat över eller under sitt riktvärde från Socialstyrelsen före och efter oktober 2009, både för enskilda bassänger och för samtliga bassänger. Bundet aktivt klor och TOC visade på de största förbättringarna. Före oktober 2009 var bundet aktivt klor överskridet vid 64 av 80 provtagningstillfällen i samtliga bassänger medan det efter oktober inte överskreds någon gång vid 29 provtagningar. TOC hade 34 av 80 överskridna värden före och efter oktober 2009 var det 1 av 29 värden som var över. Fritt aktivt klor var det enda mätvärdet som visade på en försämring. Före oktober 2009 var fritt aktivt klor för samtliga bassänger för lågt vid 7 av 80 provtagningar medan efter var 5 av 29 prover för låga.

Tabell 4 Antal prover med överskridna eller underskridna värden från Högdalens simhall före och efter oktober 2009. Labresultat kommer från Eurofins för perioden 081020-100119.

Labresultat från Eurofins	Simbassäng		Undervisningsbassäng		Plask & lek-bassäng		Babord		Styrbord		Bubbelbad		Samtliga bassänger	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Antal prover totalt	13	6	15	5	19	6	10	4	11	4	12	4	80	29
Heterotrofa bakterier	1	1	2	0	3	0	0	0	1	0	1	0	8	1
Bundet aktivt klor	12	0	13	0	11	0	9	0	11	0	8	0	64	0
Fritt aktivt klor	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	6	4	7	5
Totalt klor	2	1	3	0	3	1	1	0	2	0	2	0	13	2
TOC	6	0	9	0	7	1	5	0	2	0	5	0	34	1

Tabell 5 visar medianvärde och standardavvikelse för samtliga labresultat från Eurofins före och efter oktober 2009 i Högdalens simhall. Medianvärden sjönk för bundet aktivt klor, totalt klor och TOC, samtliga visade en statistisk signifikant förbättring vid införandet av ny teknik (tabell 5, tabell 7). Medianvärdet för fritt aktivt klor sjönk men den sänkningen var inte statistiskt signifikant. Medianvärdet för bundet aktivt klor från driftjournaler sjönk också efter installation av ny teknik (tabell 6). Tabell 8 visar att medianvärde för THM var lägre för samtliga bassänger efter oktober 2009.

Tabell 5 Sammanställning för samtliga bassänger i Högdalens simhall. Medianvärde och standardavvikelse före och efter oktober 2009. Labresultat kommer från Eurofins för perioden 081020-100119.

Labresultat från Eurofins	Samtliga bassänger			
	Medianvärde		Standardavvikelse	
	Före	Efter	Före	Efter
Heterotrofa bakterier [CFU/ml]	8	1	456	176
Bundet aktivt klor [mg/l]	0,6	0,14	0,23	0,07
Fritt aktivt klor [mg/l]	1,03	0,77	0,36	0,51
Totalt klor [mg/l]	1,61	0,91	0,51	0,47
TOC [mg/l]	4	2	1,27	0,74

Tabell 6 Medianvärde och standardavvikelse för bundet aktivt klor före och efter oktober 2009 från Högdalens simhall. Labresultat kommer från driftjournaler för perioden 090914-091108 .

Labresultat från driftjournal	Bundet aktivt klor [mg/l]			
	Medianvärde		Standardavvikelse	
	Före	Efter	Före	Efter
Simbassäng	0,58	0,18	0,15	0,14
Undervisningsbassäng	0,5	0,16	0,13	0,04
Plask & lekbassäng	0,46	0,12	0,17	0,21
Relax (Babord & Styrbord)	0,51	0,13	0,16	0,03
Bubbelbad	0,52	0,12	0,01	0,01
Samtliga bassänger	0,51	0,14	0,15	0,12

Tabell 7 P-värden från envägs anovatest för prover före och efter oktober 2009 från Högdalens simhall. Labresultat kommer från Eurofins för perioden 081020-100119.

Labresultat från Eurofins	p-värde	Nollhypotes förkastas om $p < 0,05$
Heterotrofa bakterier	0,28	
Bundet aktivt klor	$7,6 \cdot 10^{-12}$	Statistiskt signifikant ändring
Fritt aktivt klor	0,63	
Totalt klor	$2,8 \cdot 10^{-3}$	Statistiskt signifikant ändring
TOC	$4,9 \cdot 10^{-9}$	Statistiskt signifikant ändring

Tabell 8 Medianvärde och standardavvikelse för THM före och efter oktober 2009 för samtliga bassänger i Högdalens simhall. Labresultat kommer från Eurofins för perioden 081020-100119.

Labresultat från Eurofins	THM [$\mu\text{g/l}$]			
	Medianvärde		Standardavvikelse	
	Före	Efter	Före	Efter
Samtliga bassänger	99	32	67	8,5

I tabell 9-11 visas medianvärde och standardavvikelse för labresultat från Eurofins före

och efter oktober 2009 för respektive bassäng. Mätvärden från enskilda bassänger redovisas mer noggrant i avsnitt 5.3 – 5.7.

Tabell 9 Medianvärde och standardavvikelse före och efter oktober 2009 för Simbassäng och Undervisningsbassäng i Högdalens simhall. Labresultat kommer från Eurofins för perioden 081020-100119.

Labresultat från Eurofins	Simbassäng				Undervisningsbassäng			
	Medianvärde		Standardavvikelse		Medianvärde		Standardavvikelse	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Heterotrofa bakterier [CFU/ml]	4	1	26,7	387	9	1	630	22,8
Bundet aktivt klor [mg/l]	0,65	0,14	0,2	0,06	0,72	0,19	0,18	0,04
Fritt aktivt klor [mg/l]	0,9	1,17	0,33	0,59	1	0,83	0,32	0,23
Totalt klor [mg/l]	1,66	1,33	0,39	0,58	1,72	1,04	0,34	0,27
TOC [mg/l]	4,2	2	1,13	0,26	4,1	2,2	1,12	0,31

Tabell 10 Medianvärde och standardavvikelse för Plask & lekbassäng och Bubbelbad före och efter oktober 2009 från Högdalens simhall. Labresultat kommer från Eurofins för perioden 081020-100119.

Labresultat från Eurofins	Plask & lekbassäng				Bubbelbad			
	Medianvärde		Standardavvikelse		Medianvärde		Standardavvikelse	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Heterotrofa bakterier [CFU/ml]	1	1	748	32,7	13	1	193	0,5
Bundet aktivt klor [mg/l]	0,46	0,1	0,24	0,05	0,76	0,18	0,2	0,12
Fritt aktivt klor [mg/l]	1,06	0,94	0,51	0,73	0,83	0,76	0,65	0,21
Totalt klor [mg/l]	1,43	1,02	0,67	0,69	1,38	0,91	0,69	0,11
TOC [mg/l]	3,45	2	1,87	1,63	4,25	2,15	0,88	0,17

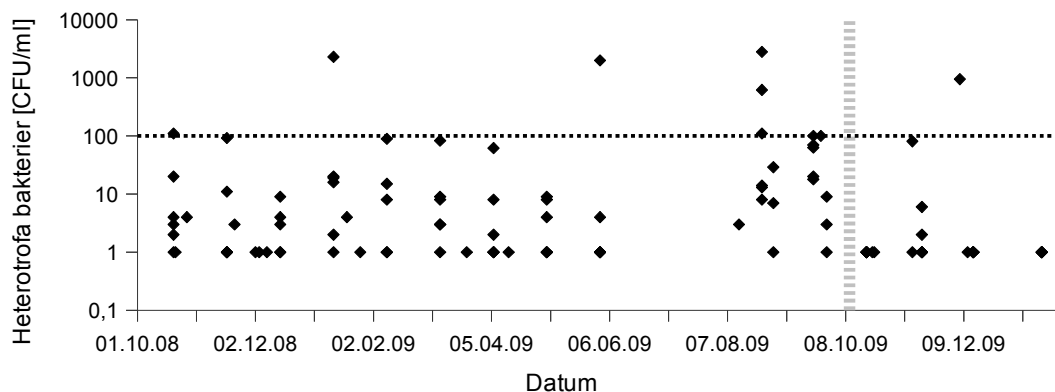
Tabell 11 Medianvärde och standardavvikelse för Babord och Styrbord i Högdalens simhall före och efter oktober 2009. Labresultat kommer från Eurofins för perioden 081020-100119.

Labresultat från Eurofins	Babord				Styrbord			
	Medianvärde		Standardavvikelse		Medianvärde		Standardavvikelse	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
Heterotrofa bakterier [CFU/ml]	2	1	29,9	0	1,5	1	31,1	0
Bundet aktivt klor [mg/l]	0,67	0,14	0,18	0,02	0,76	0,16	0,25	0,03
Fritt aktivt klor [mg/l]	1,05	0,57	0,18	0,13	1,05	0,66	0,3	0,15
Totalt klor [mg/l]	1,68	0,71	0,3	0,14	1,79	0,82	0,52	0,17
TOC [mg/l]	3,6	2,25	1,04	0,14	4,4	2,1	0,96	0,15

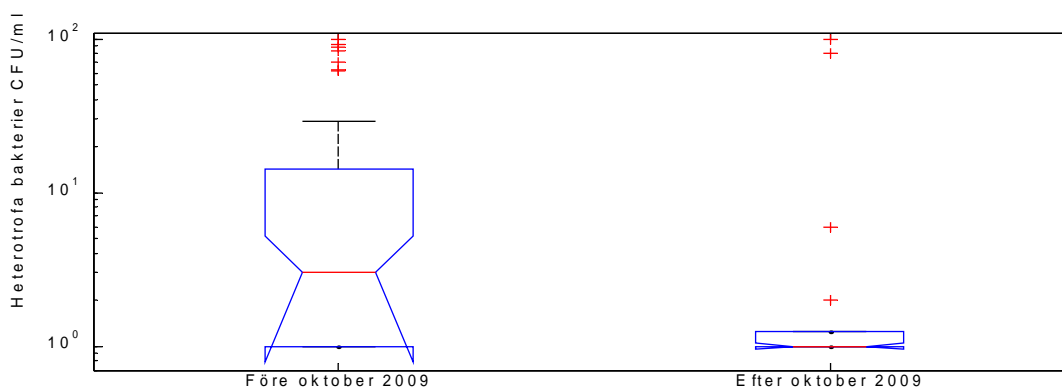
5.2.2 Heterotrofa bakterier

Sammanställning av samtliga labresultat för heterotrofa bakterier (figur 5) för perioden 081020-100119 i Högdalens simhall visar att bakterienivåerna legat över Socialstyrelsen

riktvärde vid 8 av 80 provtagningstillfällen före oktober 2009 och vid 1 av 29 provtagningstillfällen efter (tabell 4). Medianvärdet sjönk från 8 CFU/ml före till 1 CFU/ml efter och standardavvikelsen har också sjunkit. Trots detta visade envägs anovatestet inte på en statistiskt signifikant förbättring av heterotrofa bakterier (figur 6, tabell 7).



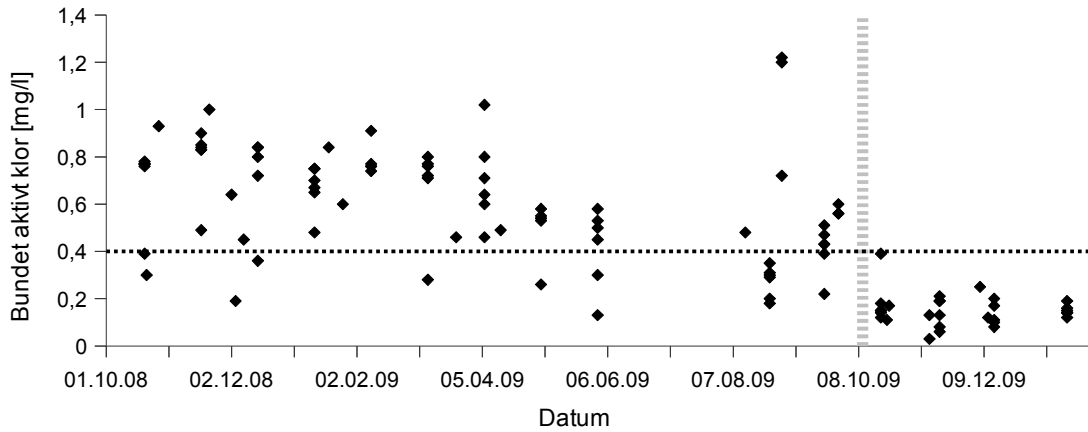
Figur 5 Heterotrofa bakterier i samtliga Högdalens bassänger före och efter oktober 2009. Socialstyrelsens riktvärde är <100 CFU/ml för heterotrofa bakterier och detektionsgränsen är 1,0 CFU/ml. Labresultat kommer från Eurofins för perioden 081020-100119.



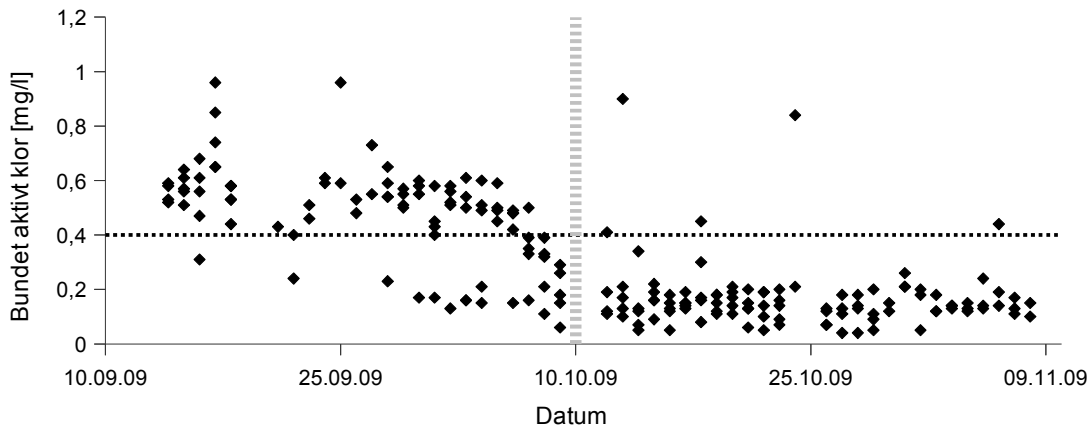
Figur 6 Boxplot för heterotrofa bakterier i samtliga bassänger från Högdalens simhall före och efter oktober 2009. Labresultat kommer från Eurofins för perioden 081020-100119.

5.2.3 Bundet aktivt klor

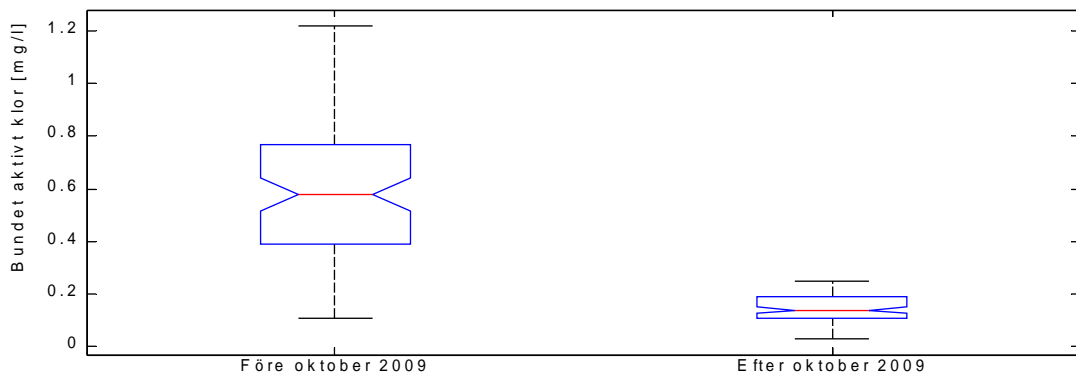
Labresultat från Eurofins för bundet aktivt klor i samtliga bassänger i Högdalens simhall låg över Socialstyrelsens riktvärde vid 64 av 80 provtagningstillfällen före oktober 2009 och efter låg samtliga 29 prover under (tabell 4, figur 7). Medianvärdet av bundet aktivt klor från Eurofins var 0,61 mg/l före och 0,14 mg/l efter och standardavvikelsen sjönk (tabell 5). Envägs anovatestet visade att förbättringen var statistiskt signifikant med ett p-värde på $7,6 \cdot 10^{-12}$ (tabell 7, figur 9). Driftjournalers medianvärde för bundet aktivt klor för perioden 090914-091010 var 0,51 mg/l och för perioden 091011-091101 var den 0,14 mg/l (tabell 6, figur 8).



Figur 7 Bundet aktivt klor i samtliga bassänger i Högdalens simhall före och efter oktober 2009. Socialstyrelsens riktvärde är på 4,0 mgC₂/l. Labresultat kommer från Eurofins för perioden 081020-100119.



Figur 8 Bundet aktivt klor i samtliga bassänger i Högdalens simhall före och efter 10 oktober 2009. Värden kommer från Högdalens simhalls driftjournaler för perioden 090914-091101.

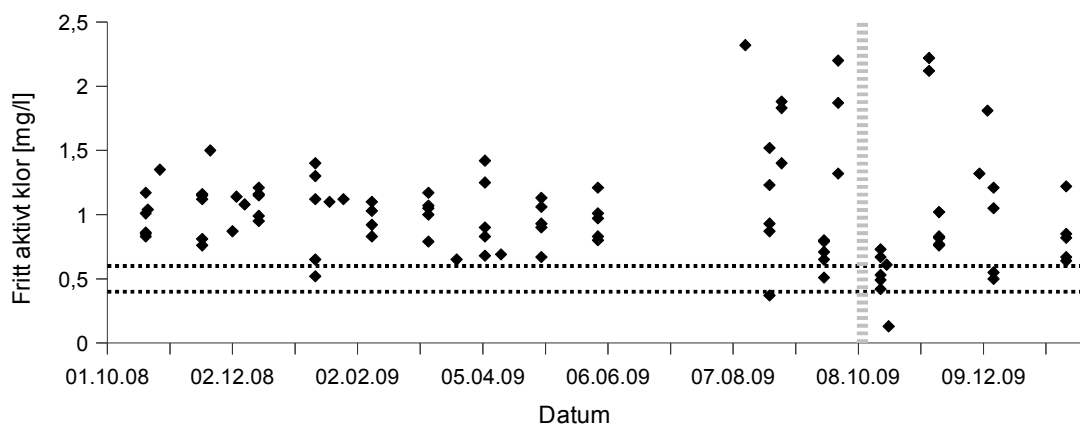


Figur 9 Boxplot för bundet aktivt klor för Högdalens simhall för samtliga bassänger före och efter oktober 2009. Labresultat kommer från Eurofins för perioden 081020-100119.

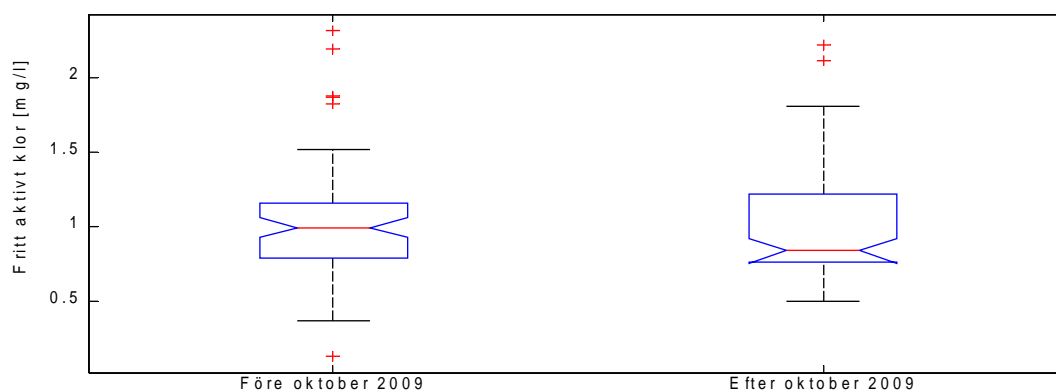
5.2.4 Fritt aktivt klor

Vid 7 av 80 provtagningstillfällen låg fritt aktivt klor under Socialstyrelsens riktvärde (skall ligga över) i samtliga bassänger i Högdalens simhall före oktober 2009 och vid 5

av 29 gånger efter (tabell 4, figur 10). Medianvärdet för fritt aktivt klor var 1,03 mg/l före och 0,77 mg/l efter (tabell 5) men denna försämring var ej statistiskt signifikant med ett p-värde på 0,63 (tabell 7, figur 11).



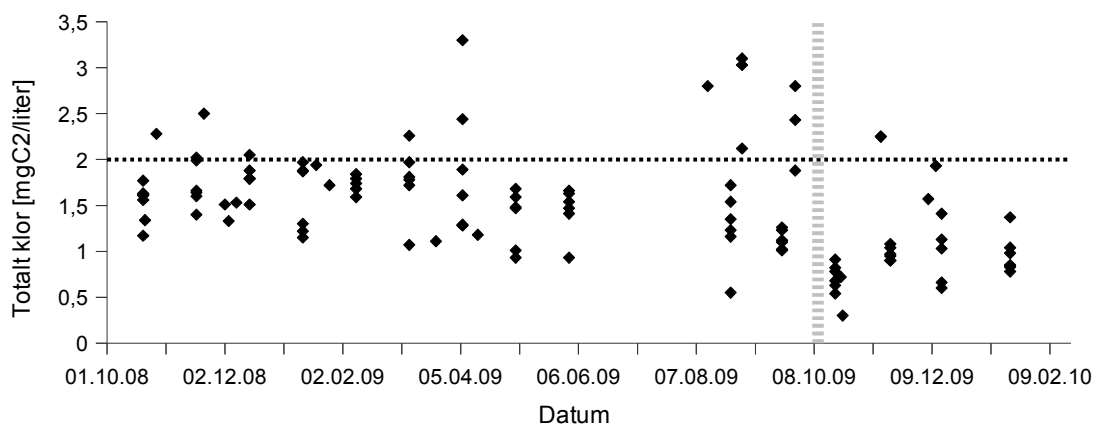
Figur 10 Fritt aktivt klor i samtliga bassänger, undantag Bubbelbad, före och efter oktober 2009 i Högdalens simhall. Riktvärdet ligger mellan 0,4-0,6 mg/l beroende på pH för bad under 35°C. Labresultat kommer från Eurofins för perioden 081020-100119.



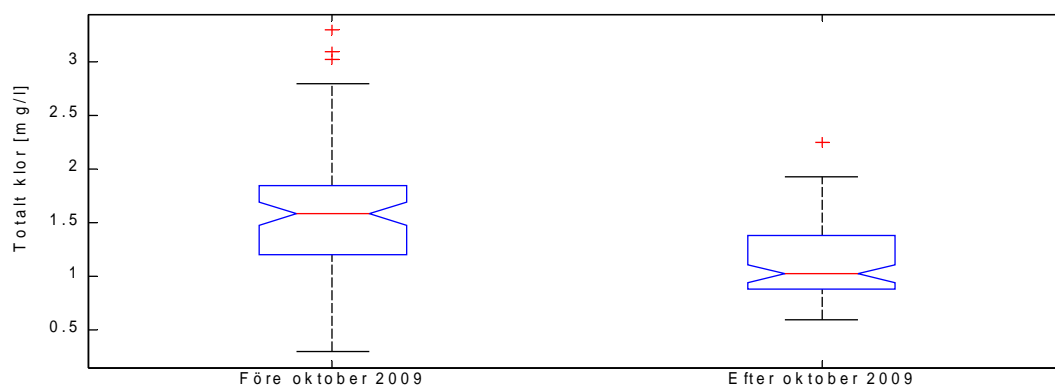
Figur 11 Boxplot för fritt aktivt klor i Högdalens simhall före och efter oktober 2009. Labresultat kommer från Eurofins för perioden 081020-100119.

5.2.5 Totalt klor

Den totala klorhalten i samtliga bassänger i Högdalens simhall låg över Socialstyrelsens riktvärde på 2,0 mgC₂/l vid 13 av 80 provtagningstillfällen före oktober 2009 och vid 2 av 29 efter (tabell 4, figur 12). Medianen för totalt klor var 1,61 mg/l före och 0,91 mg/l efter (tabell 5) och denna sänkning var statistiskt signifikant med ett p-värde på $2,8 \cdot 10^{-3}$ (tabell 7, figur 13).



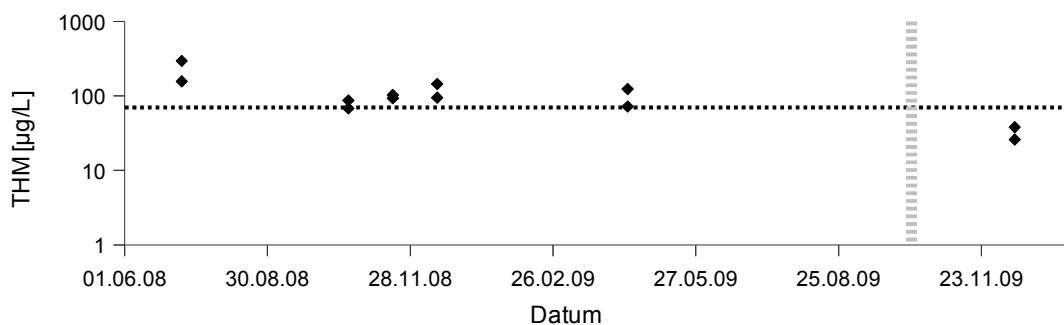
Figur 12 Totalt klor i samtliga bassänger i Högdalens simhall före och efter oktober 2009. Socialstyrelsens riktvärde för totalt klor är 2,0 mgC₂/l. Labresultat kommer från Eurofins för perioden 081020-100119.



Figur 13 Boxplot för totalt klor för samtliga bassänger från Högdalens simhall före och efter oktober 2009. Labvärden kommer från Eurofins för perioden 081020-100119.

5.2.6 THM

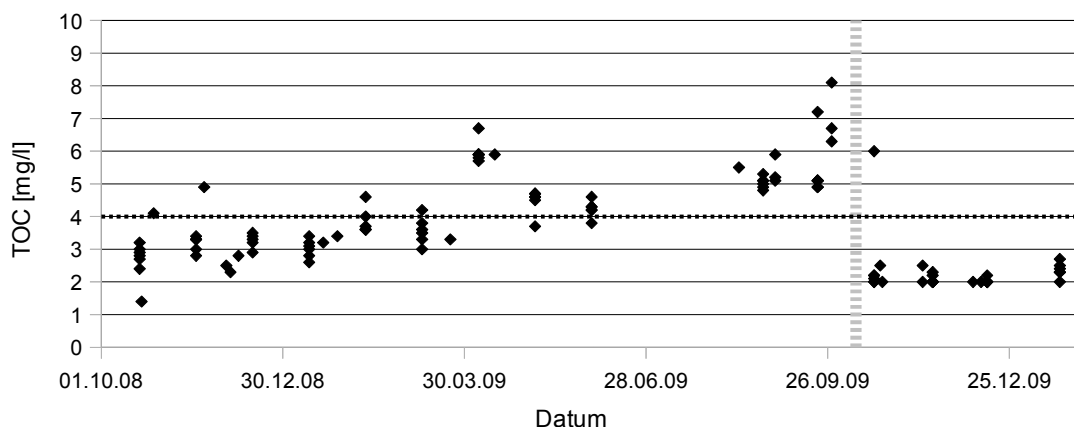
Labresultat för THM i samtliga bassänger i Högdalens simhall visar att 9 av 10 värden låg över Socialstyrelsens riktvärde på 70 µg/l före oktober 2009 medan 2 av 2 värden låg under på prover tagna efter (figur 14). Medianen ändrades från 99 µg/l före till 32 µg/l efter (tabell 8).



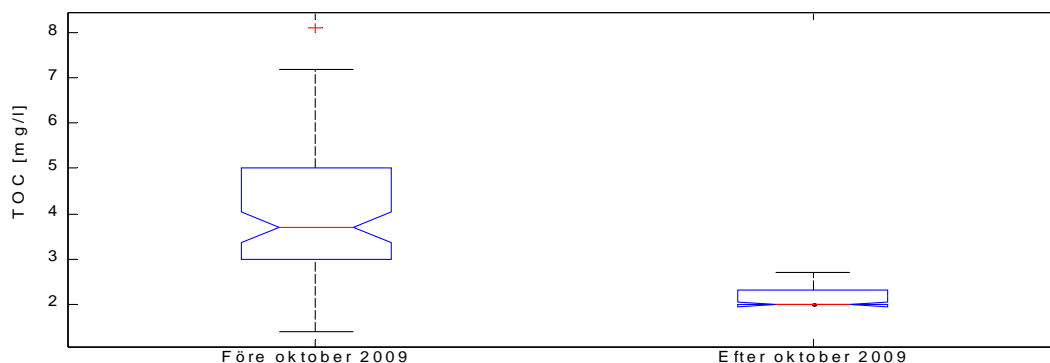
Figur 14 THM i samtliga bassänger i Högdalens simhall före och efter oktober 2009. Socialstyrelsens riktvärde är <70 µg/l. Labresultat kommer från Eurofins för perioden 081020-100119.

5.2.7 TOC

Labvärden för TOC i samtliga bassänger i Högdalens simhall låg över riktvärdet vid 34 av 80 provtagningstillfällen före oktober 2009 och vid 1 av 29 efter (tabell 4, figur 15). Medianen för TOC var 4,0 mg/l före och 2,0 mg/l efter (tabell 5). Minskningen efter oktober 2009 var statistiskt signifikant med ett p-värde på $4,94 \cdot 10^{-9}$ (tabell 7, figur 16).



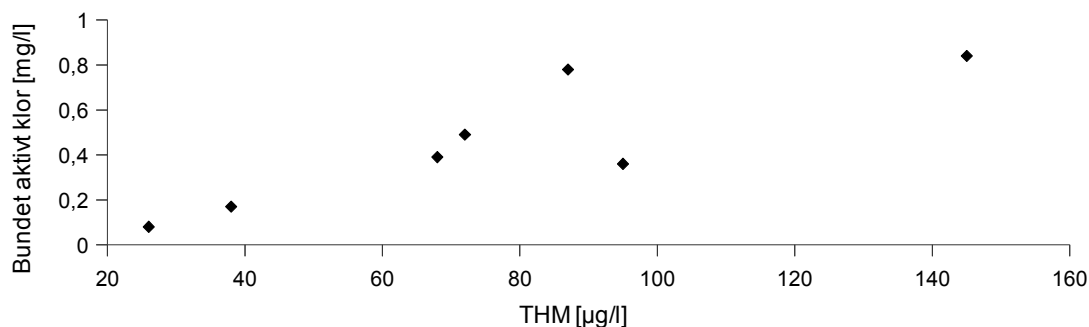
Figur 15 TOC för samtliga bassänger i Högdalens simhall före och efter oktober 2009. Sociastyrelsens riktvärde för TOC är < 4,0 mg/l. Labresultat kommer från Eurofins för perioden 081020-100119.



Figur 16 Boxplot för TOC från Högdalens simhall före och efter oktober 2009. Labresultat kommer från Eurofins för perioden 081020-100119.

5.2.8 Bundet aktiv klor mot THM

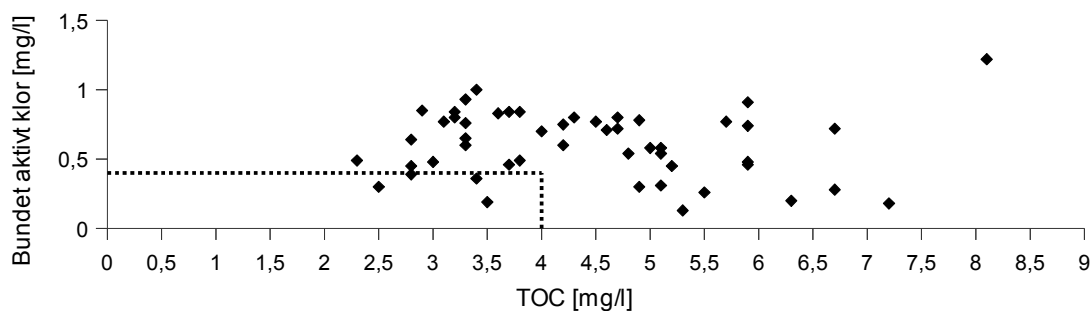
Labvärden för bundet aktivt klor plottades mot THM för samma dag och påvisade ett visst samband (figur 17). Höga värden på bundet aktivt klor gav höga värden på THM.



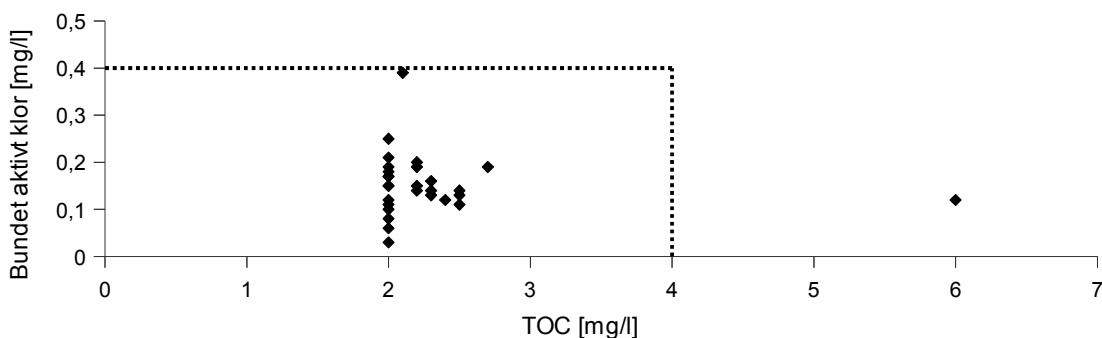
Figur 17 Bundet aktivt klor mot THM för samtliga bassänger i Högdalens simhall. Labresultat kommer från Eurofins för perioden 081020-100119.

5.2.9 Bunden aktivt klor mot TOC

TOC-värden plottades mot bundet aktivt klor före oktober 2009 och visade inte något samband (figur 18). Bundet aktivt klor plottades mot TOC för värden efter oktober 2009 visade en annorlunda figur (figur 19) men visade inte heller på något samband.



Figur 18 Bundet aktivt klor mot TOC i samtliga bassänger i Högdalens simhall före installation av ny teknik. Socialstyrelsens riktvärde är 0,4 mg/l för bundet aktivt klor och 4,0 mg/l för TOC. Labresultat kommer från Eurofins för perioden 081020-091014.

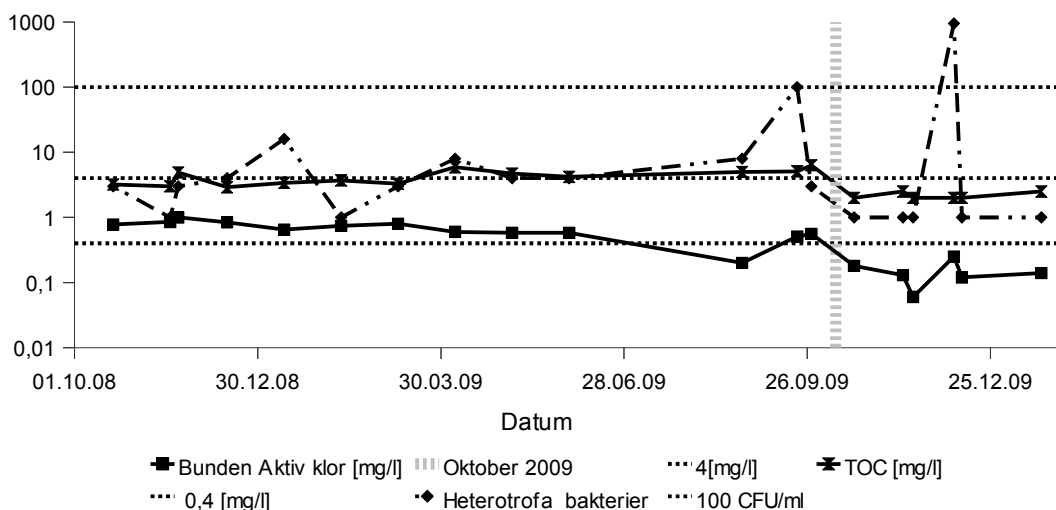


Figur 19 Bundet aktivt klor mot TOC i samtliga bassänger i Högdalens simhall efter installation av ny teknik. Socialstyrelsens riktvärde för bundet aktivt klor är 0,4 mg/l och 4,0 mg/l för TOC. Labresultat kommer från Eurofins för perioden 091014-100119.

5.3 SIMBASSÄNG

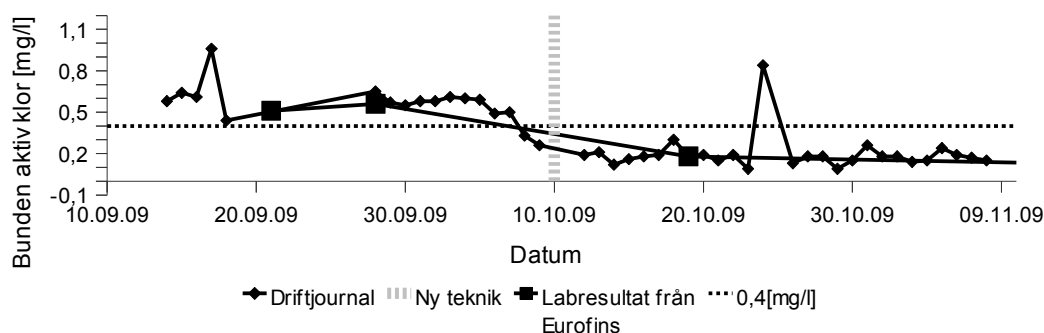
I Simbassängen överskreds riktvärdet för heterotrofa bakterier vid 1 av 13 provtagningstillfällen före oktober 2009 och vid 1 av 6 efter (tabell 4, figur 20). Medianen för heterotrofa bakterier låg på 4 CFU/ml före och minskade till 1 CFU/ml

efter (tabell 9). Bundet aktivt klor låg för högt 12 gånger av 13 före och 0 gånger av 6 efter oktober 2009 (tabell 4, figur 20). Medianen för bundet aktivt klor var 0,65 mg/l före och 0,14 mg/l efter. Medianen från driftjournaler för bundet aktivt klor var 0,58 mg/l före och 0,18 mg/l efter (tabell 6). Figur 21 visar bundet aktivt klor från driftjournaler med labresultat från Eurofins inlagda och värdena stämmer väl överens. Fritt aktivt klor var inte för lågt varken före eller efter oktober 2009 (tabell 4, figur 20). Medianen för fritt aktivt klor före var 0,9 mg/l och 1,17 mg/l efter (tabell 9). Totalt klor var däremot för högt 2 gånger av 13 före och 1 gång av 6 efter (tabell 4, figur 20). Medianen för totalt klor låg på 1,66 mg/l före och på 1,33 mg/l efter (tabell 9).



Figur 20 Bundet aktivt klor med riktvärde 4,0 mg/l, TOC med riktvärde 0,4 mg/l och heterotrofa bakterier med riktvärde <100 CFU/ml i Simbassängen i Högdalens simhall före och efter oktober 2009. Labresultat kommer från Eurofins för perioden 081020-100119.

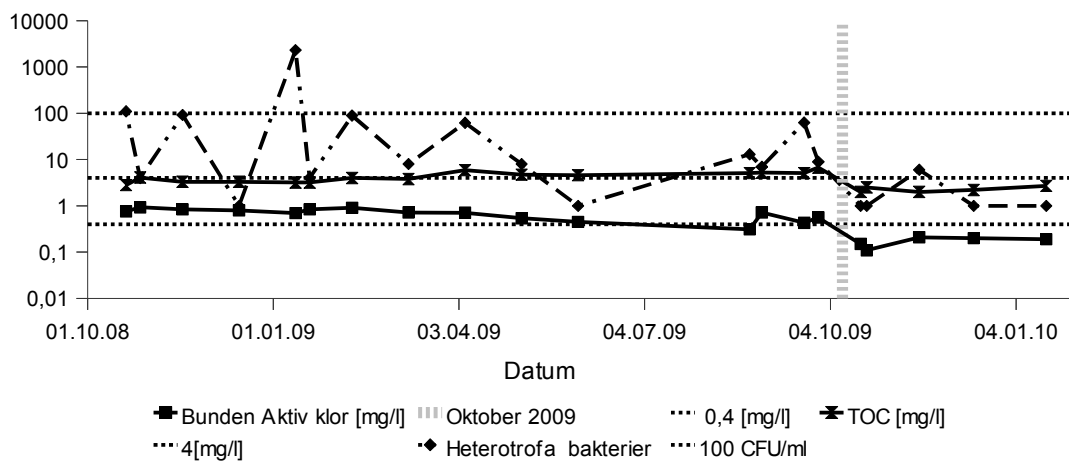
TOC var förhöjd 6 gånger av 13 i simbassängen före oktober 2009 och 0 gånger av 6 efter (tabell 4, figur 20). Medianen för TOC var 4,2 mg/l före och 2,0 mg/l efter (tabell 9).



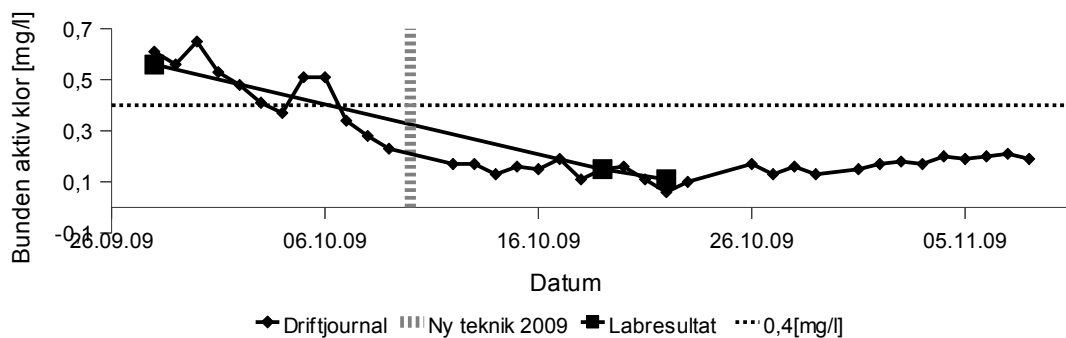
Figur 21 Bundet aktivt klor från Simbassängen i Högdalens simhall före och efter 10 oktober 2009. Riktvärde på 0,4 mg/l kommer från Socialstyrelsen. Värden kommer från driftjournaler för perioden 090914-091108 och jämförs med labresultat från Eurofins för samma period.

5.4 UNDERVISNINGSBASSÄNG

Labresultat för heterotrofa bakterier var över riktvärdet i Undervisningsbassängen 2 av 15 gånger före och 0 gånger av 5 efter oktober 2009 (tabell 4, figur 22). Medianen för heterotrofa bakterier var före 9 CFU/ml och efter 1 CFU/ml (tabell 9). Bundet aktivt klor låg för högt 13 av 15 gånger före och 0 gånger av 5 efter (tabell 4, figur 22). Medianen för bundet aktivt klor låg på 0,72 mg/l före och 0,19 mg/l efter (tabell 9). Driftjournaler hade ett medianvärde för bundet aktivt klor före på 0,5 mg/l och 0,16 mg/l efter (tabell 6). Figur 23 visar bundet aktivt klor från driftjournaler och att de stämde väl överens med prover från Eurofins. Fritt aktivt klor var inte för lågt varken före eller efter oktober 2009 (tabell 4, figur 22). Medianen för fritt aktivt klor var 1,0 mg/l före och 0,83 mg/l efter (tabell 9). Totalt klor var för högt 3 gånger av 15 före och 0 gånger av 5 efter (tabell 4, figur 22) och medianvärdet var 1,72 mg/l före och 1,04 mg/l efter (tabell 9). TOC var för högt 9 gånger av 15 före och 0 gånger av 5 efter (tabell 4, figur 22). Medianen för TOC var 4,1 mg/l före och 2,2 mg/l efter (tabell 9).



Figur 22 Bundet aktivt klor med riktvärde 4,0 mg/l, TOC med riktvärde 0,4 mg/l och heterotrofa bakterier med riktvärde <100 CFU/ml i Undervisningsbassängen i Högdalens simhall före och efter oktober 2009. Labresultat kommer från Eurofins för perioden 081020-100119.

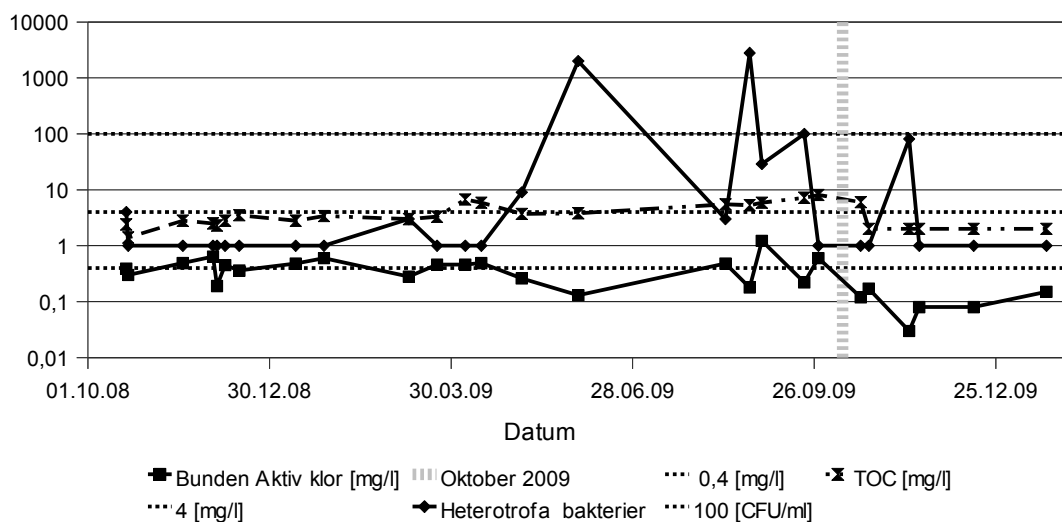


Figur 23 Bundet aktivt klor i Undervisningsbassäng från Högdalens simhall före och efter 10 oktober 2009. Riktvärde på 0,4 mg/l från Socialstyrelsen. Värden kommer från driftjournaler för perioden 090914-091108 och jämförs med labresultat från Eurofins för samma period.

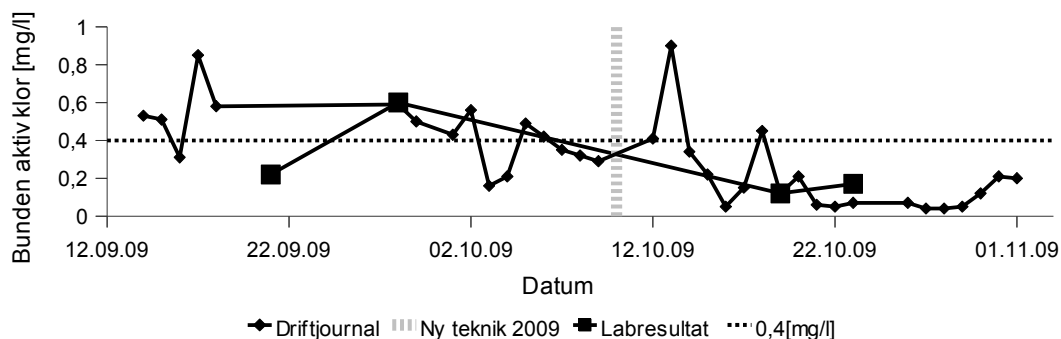
5.5 PLASK & LEKBASSÄNG

Plask & lekbassängen hade för höga värden på heterotrofa bakterier 3 av 19 gånger före oktober 2009 och 0 gånger av 6 efter (tabell 4, figur 24). Medianen för heterotrofa bakterier var 1 CFU/ml före och 1 CFU/ml efter (tabell 10). Bundet aktivt klor var för högt 11 gånger av 19 före och 0 gånger av 6 efter (tabell 4, figur 24). Medianen för bundet aktivt klor var 0,46 mg/l före och 0,1 mg/l efter (tabell 10). Driftjournaler visade ett medianvärdet för bundet aktivt klor på 0,46 mg/l före och 0,12 mg/l efter (tabell 6). Figur 25 visar bundet aktivt klor från driftjournaler och hur de stämde överens med labresultat från Eurofins. Fritt aktivt klor var under riktvärdet 1 gång av 19 före och 1 gång av 6 efter (tabell 4). Medianen för fritt aktivt klor var 1,06 mg/l före och 0,94 mg/l efter (tabell 10). Totalt klor låg för högt 3 gånger av 19 före och 1 gång av 6 efter (tabell 4) och medianvärdet för totalt klor låg på 1,43 mg/l före och 1,02 mg/l efter (tabell 10).

TOC var för högt 7 gånger av 19 före och 1 gång av 6 efter oktober 2009 (tabell 4, figur 24). Medianen för TOC var 3,45 mg/l före och 2,0 mg/l efter (tabell 10).



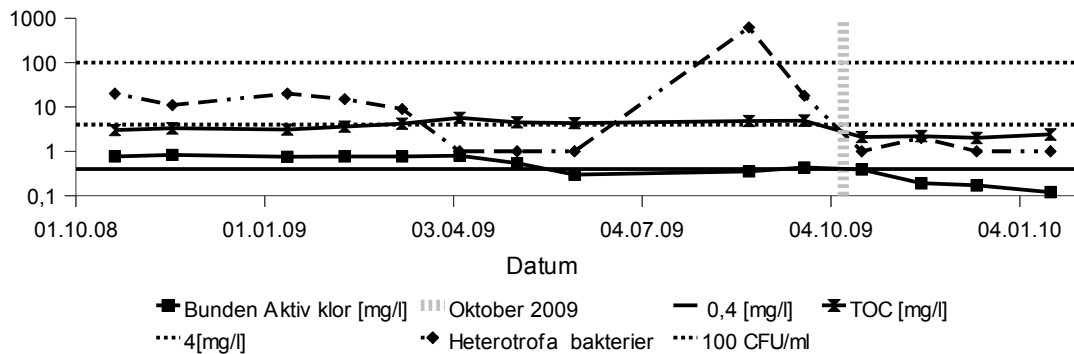
Figur 24 Bundet aktivt klor med riktvärde 4,0 mg/l, TOC med riktvärde 0,4 mg/l och heterotrofa bakterier med riktvärde <100 CFU/ml i Plask & lekbassängen i Högdalens simhall före och efter oktober 2009. Labresultat kommer från Eurofins för perioden 081020-100119.



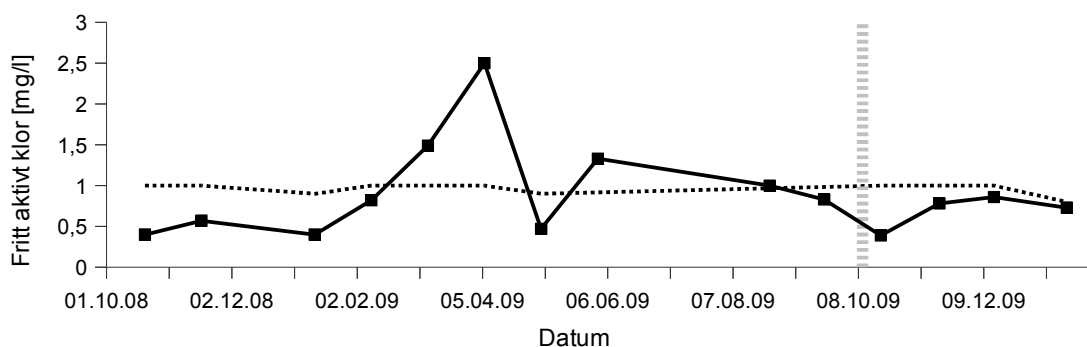
Figur 25 Bundet aktivt klor i Plask & lekbassängen från Högdalens simhall före och efter 10 oktober 2009. Värden kommer från driftjournaler och labresultat från Eurofins perioden 090914-091108. Riktvärde för bundet aktivt klor på 0,4mg/l kommer från Socialstyrelsen.

5.6 BUBBELBAD

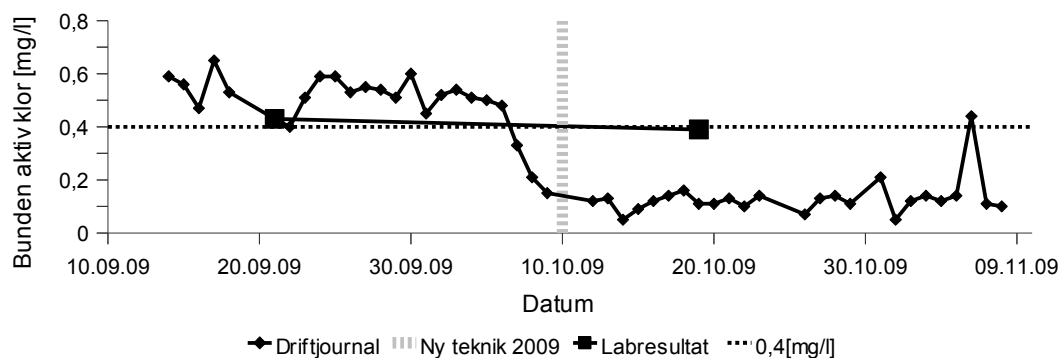
Labresultat från Eurofins för heterotrofa bakterier var för högt vid 1 av 12 provtagningstillfällen före och 0 gånger av 4 efter oktober 2009 (tabell 4, figur 26). Medianen för heterotrofa bakterier före var 13 CFU/ml och 1 CFU/ml efter (tabell 10). Bundet aktivt klor låg för högt vid 8 gånger av 12 före och 0 av 4 gånger efter (tabell 4, figur 26). Medianen för bundet aktivt klor var 0,76 mg/l före och 0,18 mg/l efter (tabell 10). Medianen från driftjournaler för bundet aktivt klor var 0,52 mg/l före och 0,12 mg/l efter (tabell 6). Figur 28 visar bundet aktivt klor från driftjournaler och hur väl de stämde överens med labresultat från Eurofins. Fritt aktivt klor var för lågt vid 6 av 12 tillfällen före och 4 av 4 efter (tabell 4, figur 27). Medianen för fritt aktivt klor var 0,83 mg/l före och 0,76 mg/l efter (tabell 10). Totalt klor var för höga vid 2 tillfällen av 12 före och 0 tillfällen av 4 efter (tabell 4). Medianen för totalt klor var 1,38 mg/l före och 0,91 mg/l efter (tabell 10). TOC var över riktvärdet 5 gånger av 12 före oktober 2009 och 0 gånger av 4 efter (tabell 4, figur 26). Medianen för TOC var 4,25 mg/l före och 2,15 mg/l efter (tabell 10).



Figur 26 Bundet aktivt klor med riktvärde 4,0 mg/l, TOC med riktvärde 0,4 mg/l och heterotrofa bakterier med riktvärde <100 CFU/ml i Bubbelbadet i Högdalens simhall före och efter oktober 2009. Labresultat kommer från Eurofins för perioden 081020-100119.



Figur 27 Fritt aktivt klor i Bubbelbad i Högdalens simhall före och efter oktober 2009. Riktvärden är olika beroende på pH-värde för vattentemperaturer över 35°C. Labresultat kommer från Eurofins för perioden 081020-100119.



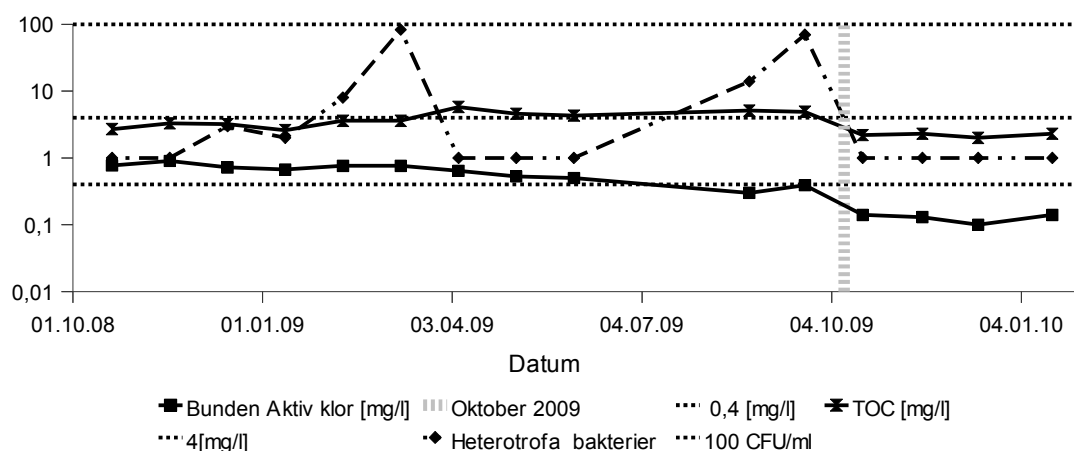
Figur 28 Bundet aktivt klor i Bubbelbad före och efter 10 oktober 2009 i Högdalens simhall. Värden kommer från driftjournaler och labresultat från Eurofins för perioden 090928-091108. Riktvärde för bundet aktivt klor på 0,4mg/l kommer från Socialstyrelsen.

5.7 RELAXBAD

I driftjournalen togs det gemensamma prover för Babord och Styrbord och där hade bundet aktivt klor ett medianvärde på 0,51 mg/l före och 0,13 mg/l efter oktober 2009 (tabell 6).

5.7.1 Babord

Heterotrofa bakterier i Babord var inte över riktvärdet under provtagningsperioden (tabell 4, figur 29). Medianen var 2 CFU/ml före och 1 CFU/ml efter oktober 2009 (tabell 11). Bundet aktivt klor var för högt 9 gånger av 10 före och 0 gånger av 4 efter (tabell 4, figur 29). Medianen för bundet aktivt klor var 0,67 mg/l före och 0,14 mg/l efter (tabell 11). Figur 31 visar hur väl driftjournalers värde för bundet aktivt klor stämde överens med labresultat från Eurofins. Fritt aktivt klor var inte under riktvärdet under provtagningsperioden (tabell 4). Medianen för fritt aktivt klor var 1,05 mg/l före och 0,57 mg/l efter (tabell 11). Totalt klor låg över riktvärdet vid 1 av 10 tillfällen före och 0 av 4 efter (tabell 4). Medianen för totalt klor var 1,68 mg/l före och 0,71 mg/l efter (tabell 11). TOC var för höga 5 gånger av 10 före och 0 gånger av 4 efter (tabell 4, figur 29). Medianen för TOC var 3,6 mg/l före och 2,25 mg/l efter (tabell 11).

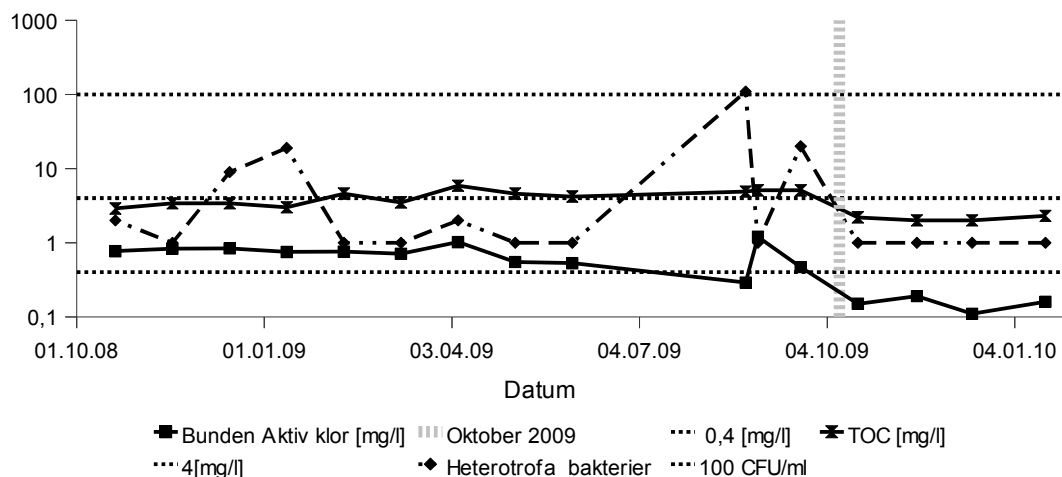


Figur 29 Bundet aktivt klor med riktvärde 4,0 mg/l, TOC med riktvärde 0,4mg/l och heterotrofa bakterier

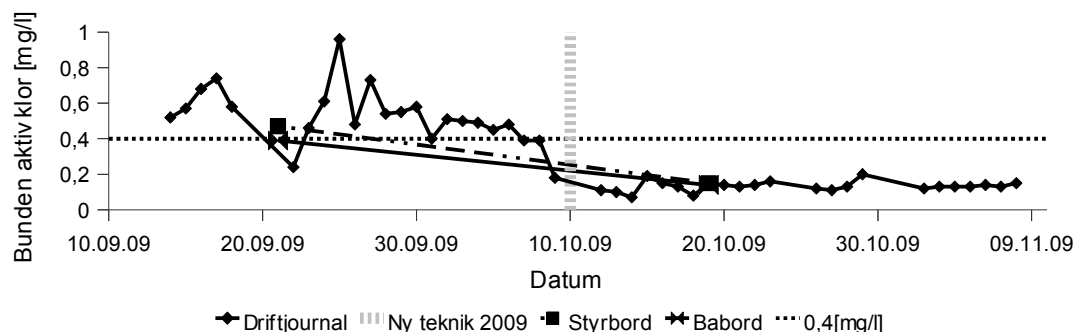
med riktvärde <100 CFU/ml i Relax/Babord i Högdalens simhall före och efter oktober 2009. Labresultat kommer från Eurofins för perioden 081020-100119.

5.7.2 Styrbord

Heterotrofa bakterier i Styrbord var över riktvärdet 1 gång av 11 före och 0 gånger av 4 efter oktober 2009 (tabell 4, figur 30). Medianen var 1,5 mg/l före och 1,0 mg/l efter (tabell 11). Bundet aktivt klor var för högt 11 gånger av 11 före och 0 gånger av 4 efter (tabell 4, figur 30). Medianen för bundet aktivt klor var 0,76 mg/l före och 0,16 mg/l efter (tabell 11). Figur 31 visar hur väl driftjournalers värde för bundet aktivt klor stämde överens med labresultat från Eurofins. Fritt aktivt klor var inte under riktvärdet vid något provtagningstillfälle under testperioden (tabell 4). Medianen för fritt aktivt klor var 1,05 mg/l före och 0,66 mg/l efter (tabell 11). Totalt klor har legat över riktvärdet vid 2 gånger av 11 före och 0 gånger av 4 efter (tabell 4). Medianen för totalt klor var 1,79 mg/l före och 0,82 mg/l efter (tabell 11). TOC har varit för höga 2 gånger av 11 före och 0 gånger av 4 efter (tabell 4, figur 30). Medianen för TOC var 4,4 mg/l före och 2,1 mg/l efter (tabell 11).



Figur 30 Bundet aktivt klor med riktvärde 4,0 mg/l, TOC med riktvärde 0,4 mg/l och heterotrofa bakterier med riktvärde <100 CFU/ml i Relax/Styrbord i Högdalens simhall före och efter oktober 2009. Labresultat kommer från Eurofins för perioden 081020-100119.



Figur 31 Gemensamt prov för bundet aktivt klor i Relax/Babord och Styrbord i Högdalens simhall före och efter 10 oktober 2009. Värden kommer från driftjournaler för perioden 090914-091108. Labresultat för Styrbord respektive Babord kommer från Eurofins för samma period.

6 DISKUSSION

6.1 BESÖKSSTATISTIK

Besöksstatistiken visar i enlighet med muntlig information (Gustavsson, muntlig) om besökarantal att oktober till januari 2009 var högsäsong under den studerade perioden. Det var en minskning av besökare precis runt julen men oktober till januari var månader då reningsverket belastades mer än under augusti och september. Runt den period som ny teknik installerades, oktober 2009, var badbelastningen konstant och det är därför inte troligt att det var en ändring av besökarantalet som skapade den statistiskt signifikanta förändringen av labvärden från Eurofins och driftjournaler som visas i resultatdelen. Detta kommer närmare att diskuteras i kommande avsnitt.

6.2 SAMTLIGA BASSÄNGER

Det skedde en betydande förbättring av TOC efter oktober 2009. Riktvärdet överskreds inte lika ofta och medianvärdet för TOC halverades och lade sig under riktvärdet. Denna sänkning var statistiskt signifikant. Det är anmärkningsvärt att TOC ökade oberoende av om det var hög eller lågsäsong och att TOC började öka redan vid 081001 tills samtliga värden låg över riktvärdet fram till oktober 2009. Det kan vara ett tecken på att organiskt material inte eliminerades i reningsverket utan istället ackumulerades (Frimmel, 2004). I reningsverket tillsätts flockningsmedel så att sandfiltret bättre skall avskilja organiskt material. Höga värden på TOC före oktober 2009 kan vara ett tecken på att den kemiska fällningen och sandfiltret inte fungerade optimalt. Idealt bör badvattnet ha ett pH-värde på 7,2 till 7,6 och pH regleras före det återgår till bassängerna. För optimal fällning med polyaluminiumhydroxidklorid skall pH ligga mellan 6,0 till 7,5. Alltså regleras pH i bassängerna så att de ligger i övre delen av skalan för optimal fällning och riskerar att lägga sig utanför fällnings-pH då vattnet inte pH-justeras före kemisk fällning.

Minskningen av TOC i oktober 2009 berodde på att kolfiltret som installerades effektivt tog bort organiskt material. Organiskt material var en näringskälla för mikroorganismer och bildade biprodukter med klor. Biprodukter som både minskade den desinficerande förmågan och skapade en mindre hälsosamt badmiljö, vilket gjorde att det var viktigt att hålla TOC så låg som möjligt. Det kan göras antingen genom att minimera det badare tar med sig till vattnet eller genom det spädvatten som tillsätts. Eftersom det inte är rimligt att ändra öppettider eller begränsa antal badare kan ytterligare informationsspridning om hygienvanor ge badaren insikt om hur viktigt det är att grundligt tvätta sig med tvål och schampo utan badkläder före bad. Föräldrar bör noga upplysas om hur viktigt det är att få mindre barn att gå på toaletten före bassängbad. Vidare kan simhallspersonal se över rutiner för städning och vilken typ av städutrustning som används. Personal behöver också vara insatta i att bottensug används regelbundet så att inte organiskt material som fallit till botten får tid att reagera med klor.

Det ena sättet att minska bidraget av organiskt material är således att minska det badare kan tillföra. Det andra är att begränsa det som kommer via spädvatten. Även om

spädvattnet kan sänka flera parametrar genom utspädning såsom bundet aktivt klor och THM, så innehåller spädvattnet i medeltal 3,6-4,0 mg/l TOC. Socialstyrelsens riktvärde för TOC är 4,0 mg/l vilket innebär att spädvatten är en källa till organiskt material och även detta reagerar och bildar klorerade biprodukter i kontakt med fritt aktivt klor. Om Högdalens simhall ytterligare vill sänka halterna TOC är därför installation av en trikloraminbrytare ett alternativ vilket på sikt skulle kunna leda till minskad spädvattenförbrukning och minskad förbrukning av natriumhypoklorit.

6.2.1 Desinficering med klor

Ett av målen med ny teknik var att sänka halten bundet aktivt klor. Före oktober 2009 låg en majoritet av labvärdena för bundet aktivt klor från Eurofins över riktvärdet med ett medianvärde över Socialstyrelsens riktvärde. Efter oktober 2009 blev det en betydande förbättring och medianvärdet låg under riktvärdet. Denna sänkning var statistiskt signifikant. Även driftjournaler visade att bundet aktivt klor sjönk efter installation av ny teknik i oktober 2009. Före oktober 2009 låg bundet aktivt klor högt hela året (figur 7). Detta tyder på att bundet aktivt klor inte avskildes effektivt i reningsverket utan snarare ackumulerades (Barbor & Moulin, 2008) och att sandfiltret var en källa till klorerade biprodukter (Frimmel, 2004). Efter oktober 2009 beror de lägre halterna bundet aktivt klor på att UV-ljus och kolfilter effektivt sänkt halten bundet aktivt klor vilket också stämmer väl överens med vad andra simhallar upplevt (Swimtec, 2010; Sundbybergs stad, 2007). Låga halter bundet aktivt klor är en indikator på att reningsverket effektivt kan rensa bort organiskt material och klorerade biprodukter och det lägger en god grund till att fritt aktivt klor skall kunna ligga över riktvärdet och avdöda bakterier.

Låga halter bundet klor innebar också att det blev lägre halter THM och därmed blev luft och vatten mer hälsosamt då THM har visat på vissa hälsorisker vid lång exponering. Barn har kanske mest gott av låga halter då de är mest känsliga. Höga halter bundet aktivt klor skapade inte bara en ohälsosam miljö att bada i utan för att upprätthålla rätt halt fritt aktivt klor tillsattes det ännu mer natriumhypoklorit och halten totalt klor blev för hög. Det bundna klor måste alltså ligga under riktvärdet och så lågt att tillsatsen av natriumhypoklorit blir tillräcklig för att avdöda bakterier i badvattnet samtidigt som inte totalt klor skall överstigas.

Klorerade biprodukter bildas så länge det finns tillgång på organiskt material. Därför var det förväntat att höga TOC-värden skulle ge höga värden på bundet aktivt klor men något sådant samband hittades varken för värdena före eller efter 091014 (figur 18, figur 19). Uteblivet samband kan bero på att bildningen av klorerade biprodukter har en förskjutning i tid på 24-72 timmar (Kim, 2002). Då det inte finns så täta provtagningar på Högdalens simhalls badvatten är detta inte möjligt att testa, även om det varit intressant för att ytterligare förstå hur och när klorerade biprodukter bildas samt hur det skall kunna motverkas.

Fritt aktivt klor låg under Socialstyrelsens riktvärde både före och efter oktober 2009. Det ser ut som om fritt aktivt klor blev ännu lägre efter oktober 2009 men den förändringen var inte statistiskt signifikant. Ny teknik har varken sänkt eller höjt fritt aktivt klor i badvattnet men enligt Högdalens simhall har förbrukningen av natriumhypoklorit ökat efter oktober 2009. Även om fritt aktivt klor ser oförändrad ut så är orsaken till de låga halterna olika före och efter oktober 2009. Före oktober 2009

berodde låga halter fritt aktivt klor på att fritt aktivt klor förbrukades när organiskt material reagerade med klor och bildade klorerade biprodukter. Efter oktober 2009 har TOC och bundet aktivt klor sjunkit så då beror de låga halterna av fritt aktivt klor på att regleringen av natriumhypoklorit inte justerats till nya förhållanden. Installation av kolfilter reducerade fritt aktivt klor efter oktober 2009 och åtgången natriumhypoklorit ökade men trots denna ökning så var inte det tillräckligt. UV-lampa kan öka fritt aktivt klor (Cassan m.fl., 2006) men det har inte skett på Högdalens simhall. Låga halter fritt aktivt klor gjorde att heterotrofa bakterier inte sjönk enligt målet. Det gör också badvattnet mer sårbart för utbrott som kan leda till obehag hos badare. Ytterligare finjustering av reglering av natriumhypoklorit behövs så att fritt aktivt klor ligger över Socialstyrelsens riktvärde.

Totalt klor var för högt vid flera tillfällen före installation av ny teknik och visade en statistiskt signifikant förbättring efter oktober 2009. Totalt klor är summan av bundet aktivt klor och fritt aktivt klor och förhöjda värdena på totalt klor före oktober 2009 berodde på för höga halter bundet aktivt klor. Efter oktober 2009 berodde de förhöjda värdena på totalt klor på för höga halter fritt aktivt klor. Före oktober 2009 bildade fritt aktivt klor klorerade biprodukter vilket gjorde att ännu mer natriumhypoklorit tillsattes och tillslut blev totalt klor för högt. Totalt klor har ett riktvärde som sätter taket för hur mycket natriumhypoklorit som kan tillsättas eftersom för höga halter totalt klor är skadligt för hälsan. Efter oktober 2009 finns det utrymme för att höja tillsättningen av natriumhypoklorit utan att överstiga Socialstyrelsens riktvärde på totalt klor.

Det togs få prover av THM både före och efter oktober 2009. Med detta i beaktning låg samtliga värden före oktober 2009 över riktvärdet och efter oktober 2009 låg samtliga under riktvärdet. Det hittades ett samband mellan THM och aktivt bundet klor där höga halter bundet aktivt klor gav höga halter THM (figur 17). Därför är det rimligt att anta att THM verkligen har sjunkit då bundet aktivt klors sänkning var statistiskt signifikant trots att det finns få provtagningstillfällen. THM bildas på samma sätt som övriga klorerade biprodukter där klor reagerar med organiskt material och klor eller brom. På grund av att en viss andel THM kan avgå till luften och skapa hälsoproblem redan vid relativt låga koncentrationer är THM redan vid låga koncentrationer oönskat. THM är en relativt liten andel av det bundna klorer där riktvärdet för THM är 70 µg/l och riktvärdet för bundet aktivt klor är 0,4 mg/l. Därför är THM inte ett problem för att totalt klor skall överstigas och påverka den desinficerande effekten på samma sätt som andra biprodukter som ingår i gruppen bundet aktivt klor. THM är mest relevant ur ett hälsoperspektiv inte som en orsak till för höga bakteriehalter.

6.2.2 Heterotrofa bakterier

Huvudmålet med införande av ny teknik i oktober 2009 var att sänka heterotrofa bakterier under Socialstyrelsens riktvärde på <100 CFU/ml. Provtagningar visade att det var färre överskridna värden och en minskning av medianvärdet efter oktober 2009, men envägs anovatest visade att denna förändring inte var statistiskt signifikant. Huvudmålet blev alltså inte uppnått. Även om inte heterotrofa bakterier visade på en förbättring var orsakerna till höga bakterienivåer före och efter ny teknik installerats olika. Under optimala förhållanden avdödas alla bakterier i samma stund som badaren når badvattnet. Det fria aktiva klorer har den bästa desinficerande förmågan och det eftersträvas att behålla den på en stabil nivå över riktvärdet, vilket varierar beroende på

pH och temperatur. Tyvärr reagerar fritt aktivt klor med det organiska material som badare för med sig till bassängen och bildar bundet aktivt klor, vilket har en mycket lägre desinficerande effekt. Höga halter organiskt material och dålig reningsförmåga kan då leda till att bakterier får möjlighet att växa till och skapa obehag för badare både på kort och lång sikt. Det skall tilläggas att den temperatur människor tycker är behaglig att bada i också är en ypperlig tillväxttemperatur för bakterier som lever på och kring människor. Före oktober 2009 var det endast fritt aktivt klor som avdödade bakterier och för att hålla fritt aktivt klor tillräcklig högt utan att riktvärdet för totalt klor överskrids måste TOC och bundet aktivt klor hållas låga. Höga halter heterotrofa bakterier före oktober 2009 berodde på att TOC och bundet aktivt klor var för högt. Efter oktober 2009 var det fritt aktivt klor och UV-ljus som desinficerade badvattnet och fritt aktivt klor låg inte stabilt över Socialstyrelsens riktvärde vilket resulterade i för höga halter heterotrofa bakterier. Även om UV-ljus fungerade tillfredställande var inte det tillräckligt om fritt aktivt klor var för lågt i bassängvattnet. Ytterligare förbättringar är nödvändiga för att sänka heterotrofa bakterier. Eftersom halten heterotrofa bakterier är sammankopplat med halterna TOC, bundet aktivt klor, totalt klor och fritt aktivt klor så skall TOC, bundet aktivt klor, totalt klor hållas så låga som möjligt och fritt aktivt klor ligga över Socialstyrelsens riktvärde med hjälp av förbättrad hygien, städrutiner och att ändrad regleringen av Natriumhypoklorit.

6.3 ENSKILDA BASSÄNGER

6.3.1 Simbassäng

Heterotrofa bakterier låg över riktvärdet en gång före oktober 2009 och en gång efter. Simbassängen var den enda bassängen som hade ett förhöjt värde på heterotrofa bakterier efter oktober 2009. Medianvärdet för bundet aktivt klor från labresultat och driftjournaler sjönk under Socialstyrelsens riktvärde efter oktober 2009. TOC sjönk och hade inga överskridna värden efter oktober 2009. Fritt aktivt klor var inte för lågt någon gång. Totalt klor var för högt en gång före och en gång efter teknikbyte. Innan installation av ny teknik berodde den förhöjda halten totalt klor på höga halter bundet aktivt klor och efter på höga halter fritt aktivt klor. Simbassängen är den bassäng som har störst volym och som därmed tål den högsta badbelastningen i Högdalens simhall. Den skall ha goda förutsättningar att desinficera vattnet så detta är en signal på att reningsverket inte fungerade tillräckligt bra efter oktober 2009.

6.3.2 Undervisningsbassäng

Undervisningsbassängen hade problem med heterotrofa bakterier och stora problem med bundet aktivt klor och TOC före oktober 2009 men inga problem med fritt aktivt klor. Även totalt klor låg för högt vid några tillfällen före oktober 2009. Max antal badare i undervisningsbassängen var 30 stycken vilket inte är så stor volym i förhållande till vad den används till. Det förekom vattengymnastik-pass där kunder svettades mer än en ”vanlig” badare. Trots att denna bassäng periodvis var hårt belastad har medianvärdet sjunkit för samtliga labresultat och visade på en tydlig förbättring, då inga labresultat låg över Socialstyrelsens riktvärde efter oktober 2009. Förbättringen av bundet aktivt klor gör att de som är med på vattengymnastik och leder passet blir mindre exponerade för klorerade biprodukter som finns i vattnet och avgår till luften.

6.3.3 Plask & lekbassäng

Plask & lekbassängen var den bassäng som hade flest problem med heterotrofa bakterier före oktober 2009. Den hade också problem med bundet aktivt klor, TOC, fritt aktivt klor och totalt klor. Det som utmärkte Plask & lekbassängen från de andra bassängerna var förhöjda värdena på bundet aktivt klor, TOC och fritt aktivt klor efter oktober 2009 trots att medianvärdet förbättrats. Heterotrofa bakterier hade inte något förhöjt värde efter oktober 2009. Detta berodde troligtvis på bassängens mindre vattenvolym samtidigt som badbelastningen var hög och små barn kissar, bajsar eller kräks oftare vid bad än övriga badare. De är också mer benägna att svälja vatten och är känsligare för dålig vattenkvalitet. Plask & lekbassängen är Högdalens mest känsliga bassäng samtidigt som den är viktigast att hålla en hög vattenkvalitet i så att de minsta barnen utsätts för så små hälsorisker som möjligt.

6.3.4 Bubbelbad

Bubbelbadet hade problem med heterotrofa bakterier, bundet aktivt klor, TOC och totalt klor före oktober 2009. Efter sjönk medianvärdet för heterotrofa bakterier, bundet aktivt klor, TOC och totalt klor. Fritt aktivt klor var ett stort problem både före och efter oktober 2009. Bubbelbadet har med dess högre temperatur, enligt Socialstyrelsen, högre krav på halten fritt aktivt klor då den desinficerande förmågan avtar med temperatur. Den höga temperaturen, höga badbelastning och lilla volym gör den mer gynnsam för tillväxt av mikroorganismer och är det inte tillräckligt med fritt aktivt klor kan det innebära risk för att bakterier kan växa till. Det finns inget underlag på exakt antal badare i bubbelbadet utan det är en bedömning utifrån att bubbelbad vanligtvis är populära. Bubbelbadet har ett eget trycksandfilter vilket renar dess utgående vatten ytterligare innan det går genom resten av reningsverket. Halten fritt aktivt klor borde för bad över 35°C beroende på pH vara minst 0,8-1,0 mg/l. När detta inte upprätthålls är desinficeringen inte tillräcklig och enligt Socialstyrelsens en hälsorisk. Regleringen av natriumhypoklorit behöver justeras och höjas för att ligga över riktvärdet. Det går också att minska badbelastningen genom att begränsa bubbelbadets öppetid och/eller antal badare.

6.3.5 Relax/Babord

Heterotrofa bakterier och fritt aktivt klor var inte något problem varken före eller efter oktober 2009. Halterna bundet aktivt klor, totalt klor och TOC var för höga före oktober 2009 men sjönk och lade sig under riktvärdet och överskreds inte efter oktober 2009. Babord var den bassäng som hade minst problem troligtvis för att badbelastningen var låg då den ligger avskilt i ett omklädningsrum och är så liten att det inte förekom någon aktivitet under dagen. Tidigare problem med bundet aktivt klor, totalt klor och TOC var snarare ett utslag av att reningsverket inte var tillräckligt effektivt. Det är positivt att vattenkvalitet förbättrats och det ger större möjlighet att stå emot en ökning i antal badare.

6.3.6 Relax/Styrbord

Styrbord hade problem med heterotrofa bakterier, totalt klor och TOC före oktober 2009. Efter oktober 2009 sjönk medianvärdet och det var inte några förhöjda värden.

Fritt aktivt klor var inte för lågt varken före eller efter oktober 2009. Styrbord var tillsammans med Relax/Babord en av de bassänger som hade lite problem och precis som Babord, var badbelastningen låg då den ligger avskilt i ett omklädningsrum och så liten att det inte förekom någon aktivitet under dagen. De problemen som förekom innan oktober 2009 berodde på att reningsverket inte fungerade effektivt och sänkning av halter under riktvärden efter oktober 2009 är ett tecken på att ny teknik har förbättrat vattenkvaliteten. Bättre vattenkvalitet gör att Styrbord tål högre badbelastning.

7 SLUTSATSER

Vattenreningens mål är att skapa ett estetiskt tilltalande vatten, att förhindra att mikroorganismer får växa till och att minimera eventuella hälsorisker. Högdalens simhall har inte haft några problem med det estetiska målet. Däremot har mikroorganismer kunnat växa till och orsaka halter över Socialstyrelsens riktvärde och det har inte förbättrats efter installation av ny teknik. Bundet aktivt klor, och THM sjönk med ny teknik och därför har hälsorisker som klorerade biprodukter medför minskat men huvudmålet att sänka halten heterotrofa bakterier har inte nåtts på grund av att fritt aktivt klor inte varit tillräckligt högt. Tillsättningen av natriumhypoklorit bör därför höjas. Det finns utrymme att höja tillsatsen av natriumhypoklorit utan att totalt klor överskrider riktvärdet då bundet aktivt klor och TOC sjunkit. Simbassängen är den enda bassängen som har haft problem med heterotrofa bakterier efter oktober 2009 medan Undervisningsbassängen har fått mycket bättre vattenkvalitet. Plask & lek är den bassäng som är svårast att hålla en god vattenkvalitet i och med sin mindre volym och höga badbelastning samtidigt som det är mest angeläget med många små barn som badar där. Babord och Styrbord har haft minst problem men ändå visat betydliga förbättringar på vattenkvaliteten. Fritt aktivt klor i Bubbelbadet har legat för lågt och ligger fortfarande för lågt vilket strider mot Socialstyrelsens föreskrifter. Bubbelbadet behöver därför ytterligare höja tillsatsen av natriumhypoklorit så att vattnet med dess högre temperatur ligger över Socialstyrelsens riktvärde.

Badvattenkvaliteten har förbättrats med lägre halter organiskt material och klorerade biprodukter men det är anmärkningsvärt att inte bakteriehalten sjunkit mer efter installation av ny teknik. Om studien varat över längre tid kan det hända att Högdalens simhall kommit till rätta med problemet men om inte en höjning av klorhalten sänker bakteriehalten är inte renoveringen hälsomässigt eller ekonomiskt försvarbart. Dessutom har flödet genom bassängerna ökat vilket innebär högre driftskostnader för vattenpumpar. Det talar för att Högdalens simhall kan vara så nedsliten att renovering inte är det bästa alternativet.

Ytterligare fokus bör läggas på hygien i och kring bassängerna. Nya kulturella inflytande kan leda till att det inte längre är lika naturligt att naken tvåla in sig innan bad vilket inte ett badhus från 60-talet är dimensionerat för. Kanske är nya värderingar här för att stanna över en längre period. Om det inte går att ändra allmänhetens attityder är kanske inte det utökade reningssteget (UV-lampa och aktivt kolfilter) tillräckligt för att förbättra vattenkvaliteten.

Ett badhus har fortfarande viktiga samhällsfunktioner; simskola, motion, rekreation och social mötesplats. Om en höjning av tillsatsen av natriumhypoklorit, som en första åtgärd, inte skulle sänka bakterienivåerna är inte den förbättring som gjorts på Högdalens simhall ekonomisk eller hälsomässigt försvarbart. Att riva och bygga nytt har många fördelar där dagens behov/krav ligger till grund för anläggningen som blir mer energieffektiv vilket gör den billigare att driva. Ny byggnation ger också ett modernt reningsverk med till exempel ozonrening som i tillägg till sandfilter och klorering ger mycket god rening. Förbättrad ventilation gör också att simhallen minskar riskerna med klorerade biprodukter som avgår till luft och det blir hälsosammare speciellt för de som exponeras under lång tid, personal, tävlingssimmare och små barn.

8 REFERENSER

Aggazzotti, G., Predieri, G., (1986). Survey of volatile halogenated organics (VHO) in Italy. Levels of VHO in drinking waters, surface waters and swimming pools. *Water research*, Volume 20, s. 959-963.

Aggazzotti, G., Fantuzzi, Right, E., Predieri, G., (1998). Blood and breath analyses as biological indicators of exposure to trihalomethanes in indoor swimming pools. *The Science of the Total Environment*, Volume 217, s. 155-163.

Andréasson, U., (2009). När Lort-Sverige började bada – en berättelse om badrummets historia. http://www.e-magin.se/v5/viewer/files/viewer_s.aspx?gKey=pxd5d00m&gInitPage=6 (publicerat 2009-12-22).

Barbot, E., Moulin, P., (2008). Swimming pool water treatment by ultrafiltration-adsorption process, *Journal of Membrane Science* 314, s. 50-57.

Bougeard, C. M. M., Goslan, E. H., Jefferson, B., Parsons, S. A., (2010). Comparison of the disinfection by-product formation potential of treated waters exposed to chlorine and monochloramine. *Water research*, Volume 44, s. 729-740.

Cassan, D., Mercier, B., Castex, F, Rambaud, A., (2006). Effects of medium-pressure UV lamps radiation on water quality in a chlorinated indoor swimming pool. *Chemosphere* 62, s. 1507-1513.

Csontos, G., Van Esch, R., Kappel, R., (2008). Nedbrytning av Klorväveföreningar i bassängbad med hjälp av UV-belysning. Simens Water Technologies, Wallace & Tiernan GmbH.

Fantuzzi, G., Righi, E., Predieri, G., Ceppelli, G., Gobba, F., Aggazzotti, G., (2001). Occupational exposure to trihalomethanes in indoor swimming pools. *The Science of Total Environment* 264, s. 257-265.

Friedman, M.S., Roels, T., Koehler, J. E., Feldman L., Bibb, W. F., Blake, P., (1999). Escherichia coli O157:H7 outbreak associated with an improperly chlorinated swimming pool. *Clinical Infectious Diseases*, Volume 29(2), s. 298-303.

Frimmel, F. H., Glauner, T., Zwiener, C., (2004). Pool water chemistry and health. *A. B. Arch. Badew* 57 (10), s. 586-594.

Glauner, T., Waldmann, P., Frimmel, F. H., Zwiener, C., (2005). Swimming pool water-fractionation and genotoxicological characterization of organic constituents. *Water research*, Volume 39, s. 4494-4502.

Hsu, H. T., Chen, M. J., Lin, C. H., Chou, W. S., Chen, J. H., (2009). Chloroform in indoor swimming-pool air: Monitoring and modeling coupled with the effect of environmental conditions and occupant activities. *Water research*, Volume 43, s. 3693-3704.

- Johannesson, S., (2009). Mätning av trikloramin i fem simhallar i Göteborgs kommun. Västra Götalandsregionen, Miljömedicinskt centrum.
- Johanson G., (2006). Riskbedömning av bassängbad: Trihalometaner, Föreläsning, Arbetsmiljötoxikologi, Institutionen för miljömedicin, Karolinska Institutet.
- Johansson, R., (2010). Konferensrapport: Riva-renovera-bygga nytt. Kompetenscentrum för Idrottsmiljöer.
- Judd S.J., Black S. H., (2000). Disinfection by-products formation in swimming pool waters: a simple mass balance, *Water research*, Volume 34, no. 5, s. 1611-1619.
- Judd, S. J., Bullock, G., (2003). The fate of chlorine and organic materials in swimming pools. *Chemosphere*, Volume 51, Issue 9, June 2003, s. 869-879.
- Kim, H., Shim, J., Lee, S., (2002). Formation of disinfection by-products in chlorinated swimming pool water, *Chemosphere*, Volume 46, s. 123-130.
- Kolch, A., (1999). Disinfecting drinking water with UV light, *Pollution Engineering*, Volume 31, no 10, oktober, s. 34-36.
- Lahl, U., Bätjer, K., von Düszen, J., Gabel, B., Stachel, B., Thiemann, W., (1981). Distribution and balance of volatile halogenated hydrocarbons in the water and air of covered swimming pools using chlorine for water disinfection. *Water Research*, Volume 15, s. 803-814.
- Leoni, E., Legnani, P., Mucci M.T., Pirani, R., (1999). Prevalence of mycobacteria in a swimming pool environment. *Journal of Applied Microbiology*, Volume 87 (5), s. 683-688.
- Lönngrén, M., (2008). Kalsonger skitar ned badhus, Aftonbladet (publicerat 2008-07-31).
- Petersson B., (2004). Utredning om komplettering av reningsanläggningen i Nacka simhall. Dalkia.
- Petterson, E., (2012). Flera miljöproblem i badhus. Helsingborgs Dagblad . <http://hd.se/angelholm/2012/06/21/flera-miljoproblem-i-badhuset/> (publicerat 2012-06-21)
- Reisnert, A., & Plunke, S., (2000). Ribergsborgs kallbadhus. Stadsantikvarisk avd., Kultur Malmö.
- Rehman, S., (2010). Efter fall av allergireaktioner: Kommunen undersöker Umelagun. <http://www.svt.se/nyheter/regionalt/vasterbottensnytt/efter-fall-av-allergireaktioner-kommunen-undersoker-umelagun> (publicerat 2010-07-06)
- Ressner M., (2009). Höga kvävehalter i badvatten kan ge andningssvårigheter,

<http://www.socialstyrelsen.se> (publicerat 2009-09-09).

Rushall, B. S., Weisenthal, L., (2003). Swimmers asthma: the serious health problems with chlorinated pools. *Select, the National Sports Medicine Institute of the UK*.

Schoefer Y., Zutavern, A., Brockow, I., Schäfer, T., Krämer, U., Schaaf, B., Herbarth, O., von Berg, A., Wichmann H. E., Heinrich, J., (2008). Health risks of early swimming pool attendance. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 211, s. 367-373.

Socialstyrelsen, (2004). Bassängbad. SOSFS 2004:7(M) Allmänna råd.
http://www.socialstyrelsen.se/sosfs/2004-7/Documents/2004_7.pdf

Socialstyrelsen, (2006a). *Vattenrening Handbok för bassängbad*, Sveriges kommuner och Landsting.

Socialstyrelsen, (2006b). *Bassängbad, Hälsorisker, regler och skötsel*.
http://www.socialstyrelsen.se/Lists/Artikelkatalog/Attachments/9405/2006-101-1_20061012.pdf

Stamyr K., Johansson G., (2006). *Hälsoriskbedömning av trihalometaner i bassängbad*, rapport nr 2/2006, Institutet för miljömedicin.

Stockholm vatten, 2010, [http:// www.stockholmvatten.se](http://www.stockholmvatten.se)

Sundbybergs stad, (2007)
<http://www.sundbyberg.se/kulturfridid/renarevattenisimhall.4.116ddd75108fcb3c7580001192.html>. (2010-10-01)

Svenskt vatten AB, (2007). *Avloppsteknik 2, Reningsprocesser*. Elander AB.

Swimtec. Fallstudie-Torvall simhall, Haninge,
http://www.swimtec.se/uploadfiles/file/Fallstudie_Torvalla_swimtec.pdf. (2010-10-01)

Vattenkvalitet, (2010a). <http://www.vattenkvalite.com/index.php?pageId=45>
<http://www.vattenkvalite.com/systemet2.html>

Vattenkvalitet, (2010b). <http://www.vattenkvalite.com/index.php?pageId=53>

Verma, A., Bolton, F. J., Fiefield, D., Lamb, P., Woloschin, E., Smith, N., McCann, R., (2007). An outbreak of E. coli O157 associated with a swimming pool: an unusual vehicle of transmission. *Epidemiology Infection*, Volume 135, s. 989-992.

Weaver W. A., Jing L., Wen, Y., Johnston, J., Blatchley, R. B., Blatchley, E. R., (2009). Volatile disinfection by-products analysis from chlorinated indoor swimming pools. *Water research*, Volume 43, s. 3308-3318.

Weisel C., P., Richardson, S. D., Nemery, B., Aggazzotti, G., Baraldi, E., Blatchley E.

R., Blount, B. C., Carlsen, K., Eggleston, P. A., Frimmel, F. H., Goodman, M., Gordon, G., Grinshpun, S. A., Heederik, D., Kogevinas, M., LaKind, J. S., Nieuwenhuijsen, M. J., Piper, F. C., Satter S. A., (2009). Childhood asthma and environmental exposures at swimming pools: state of the science and research recommendations. *Environmental Health Perspectives*, Volume 117, no. 4, s.500-507.

Zwiener, C., Richardson, S. D., De Marini, D. M., Grummt, T., Glauner, T., Frimmel, F. H., (2007). Drowning in disinfection byproducts? Assessing swimming pool water, *Environmental science & technology*, Volume 41, no. 2, s. 363-372.

Muntliga källor

Gustavsson, Bror, VVS-ingenjör, Idrottsförvaltningen, Stockholms stad.

Fredriksson, Sebastian, drifttekniker, Dalkia.

Dugopoljac, Haroidja, drifttekniker, Dalkia.