

Masteroppgave: Luftkvalitet i innendørs svømmeanlegg (2017)

Sammenligning av trihalometaner i to svømmeanlegg som har ulik type klorering og ulik type vann

Therese Bergh Nitter

Sammendrag

Svømmebasseng brukes både til sport og rekreasjon og er populært blant mennesker i alle aldersgrupper. I Norge benyttes ofte klor til å desinfisere badevannet, enten alene eller sammen med UV- bestråling. Desinfisering er viktig for å forhindre fremvekst av mikroorganismer som bakterier, virus, sopp og protozoer. Men, når klor reagerer med organisk og uorganisk materiale fra de badende dannes uønskede desinfiserings bi-produkter (DBPer). Over 700 DBPer er i dag identifisert og flere av disse mistenkes å kunne forårsake ulike helseeffekter som røde og kløende øyne, hudlidelser, respirasjonsproblemer og i verste fall kreft.

En av de viktigste gruppene av DBPer er trihalometan (THM) hvor kloroform (CHCl_3), bromdiklormetan (BDCM), dibromklormetan (DBCM) og bromoform (CHBr_3) dominerer. De fire THMene er flyktige og trenger lett gjennom huden og eksponering skjer ved inhalasjon og hudkontakt. Kloroform og BDCM er klassifisert av det internasjonale kreftforskningsbyrådet (IARC) som mulig kreftfremkallende for mennesker (gruppe 2B). I Norge eksisterer grenseverdier for arbeidsmiljø for kloroform og bromoform, men disse anses ikke som egnet til å beskytte de mest sensible brukergruppene av svømmehallen. Eneste DBP som reguleres i norske svømmeanlegg er konsentrasjonen av bundet klor i vannet.

Hensikten med denne masteroppgaven har vært å gjennomføre en litteraturstudie for å forstå de kjemiske forurensningenes dannelse og opprinnelse samt å utvikle en prøvetakingsstrategi for å kunne ta representative luftprøver av THM. Luftprøvene ble tatt i to innendørs svømmeanlegg i Norge. Svømmeanlegg 1 (S1) bruker $\text{Ca}(\text{OCI})_2$ og svømmeanlegg 2 (S2) bruker NaOCI til å desinfisere. I S2 er ett av bassengene fylt med 33 % saltvann, mens de andre tre studieobjektene er fylt med 100 % ferskvann. Med bruk av et målestativ ble tre prøver tatt samtidig i høydene 5 cm over vannflaten samt 60 cm og

150 cm over gulvet. Prøvetaking ble utført ved å pumpe luft gjennom rør fylt med Tenax TA og med lufthastighet på 50 ml/min i 20 minutter. Prøvetaking og analyse av THM i luften ble gjort basert på US EPA Metode TO-17 og ISO 16017. Prøvene ble analysert ved automatisk termisk desorpsjon (Markes Int Ltd) koblet til Agilent Technologies 5975T LMT-GC/MSD. Til å vurdere helserisikoen knyttet til måleresultatene, ble det foretatt en eksponeringsvurdering basert på metoder fra tilgjengelig litteratur. Kreftrisiko ved livstidseksponering for de fire THMene ble også beregnet.

Sammenlignet med S1 ble det i gjennomsnitt målt 282 % høyere konsentrasjoner av total THM (tTHM) i S2. De fire THMene ble kvantifisert på samtlige prøver fra S2, men kun kloroform og BDCM ble kvantifisert på alle prøver fra S1. Ved begge anleggene ble det målt høyere konsentrasjoner av tTHM 5 cm over vannflaten sammenlignet med 150 cm over gulvet. Forskjellen mellom målingene 60 cm og 150 cm over gulvet var neglisjerbare. Over terapibassengene i S1 og S2 ble det målt høyere konsentrasjoner på morgenen sammenlignet med senere på dagen. Resultatene av eksponeringsvurderingen viser at for enkelte eksponeringsgrupper kan anbefalt tolererbart daglig inntak (TDI) for kloroform og bromoform foreslått av Verdens helseorganisasjon (WHO) overstiges. Selv om kreftrisikoen forbundet med eksponering for tTHM i svømmehallen anses som neglisjerbar, ble kreftrisikoen for eksponeringsgruppene definert i denne oppgaven beregnet å være fra

$8,2 \times 10^{-5}$ til $3,8 \times 10^{-3}$. Dette overstiger 10^{-5} som er definert som akseptabel kreftrisiko av EU kommisjonen.

Konklusjonen av dette studiet er at konsentrasjonen av bromholdige THM i luften er betydelig høyere i S2 hvor NaOCl brukes til å desinfisere badevannet. Uavhengig av om det benyttes $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ eller NaOCl til å desinfisere ble konsentrasjonen av tTHM målt å være høyest i pustesonen til de badende, sammenlignet med 60 cm og 150 cm over gulvet.

Konsentrasjonen av bromoform over bassenget med 33 % saltvann var mye høyere (226 %) ved 5 cm sammenlignet med 150 cm. Ettersom de bromholdige THMene anses som mer toksiske sammenlignet med kloroform, er det nødvendig å måle så nær vannflaten som mulig, særlig dersom bromholdige THM er representert. Mer oppmerksomhet bør rettes mot hvilke friskluftsmengder og luftutskiftningsrater som er nødvendig for å redusere konsentrasjonen av flyktige DBPer i luften. Basert på eksponeringsvurderingen gjort i dette studiet bør videre kartlegging gjennomføres og eksponeringsreducerende tiltak bør vurderes. Dette gjelder særlig S2 hvor det, sammenlignet med S1, i gjennomsnitt ble målt 282 % høyere konsentrasjoner av tTHM.

Abstract

The use of swimming pools for sport and recreation is popular among every age group worldwide. In Norway, chlorine- based water treatment is the most common disinfectant used in swimming pool waters, sometimes in combination with UV- treatment. Disinfection is important to prevent microorganisms such as bacteria, virus, fungus and protozoa from growing. However, when chlorine react with organic and inorganic matters from the swimmers, hazardous disinfection bi-products (DBPs) are formed. To date, more than 700 DBPs are identified and some have been linked to a variety of health issues such as red and itchy eyes, skin problems, respiratory problems and even cancer.

Among the most important groups within DBPs are trihalomethanes (THMs), where chloroform (CHCl_3), bromdichlormethane (BDCM), dibromochloromethane (DBCM) and bromoform (CHBr_3) dominate. These four compounds are volatile and can easily penetrate the skin and exposure occurs though inhalation and dermal contact. Chloroform and BDCM have been classified by the International Agency of Research on Cancer (IARC) as possibly carcinogenetic to humans (group 2B). In Norway, occupational exposure limits for chloroform and bromoform exist, but these are not considered suitable for protecting the most sensible users of the swimming pools. The only DBP regulated in Norwegian pool facilities is the concentration of combined chlorine present in the water.

The aim of this Master thesis was to review available literature to build up an understanding of the formation and the origin of DBPs in the water and air of chlorinated indoor swimming pools. Also, a sampling strategy for collecting air samples of THMs was developed. Air samples were collected from two indoor swimming pool facilities in Norway. Facility 1 (S1) use $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ and facility 2 (S2) use NaOCl for water treatment. In S2, one of the swimming pools is filled with 33 % seawater, while the other three pools in this study are filled with freshwater. Using a test stand, three air samples were collected simultaneously; 5 cm above water surface and 60 cm and 150 cm above the floor. Air samples where obtained by pulling air through stainless steel tubes containing Tenax TA, with an average flowrate of 50 ml/min for 20 minutes. The sampling and analysis of THM in the air were based on US EPA Method TO-17 and ISO 16017. Determination of THMs in the air was performed by using Unity thermal desorber (Markes Int Ltd) coupled with Agilent Technologies 5975T LMT-GC/MSD. To address the health risk associated with the measures from this study, an exposure assessment was carried out based on methods from previous studies. In addition, the lifetime cancer risk caused by the four THMs was calculated.

Compared with S1, in average 282 % higher concentrations of total THM (tTHM) were measured in S2. All four THMs where quantified on all samples in S2, while only chloroform and BDCM were quantified on all samples in S1. In both facilities, higher values of tTHM were measured at 5 cm compared to 150 cm. Negligible difference between the measurements 60 cm and 150 cm above floor levels were obtained. Over the therapy pools in S1 and S2, higher concentrations were measured in the morning compared to in the afternoon. The result of the exposure assessment show that for some exposure groups, the tolerable daily intake values (TDI) for chloroform and bromoform given by the World Health Organization (WHO) can be exceeded. Even though cancer risk associated with swimming is considered negligible; for the exposure groups defined in this study, the cancer risks were in

the range of 8.2×10^{-5} to 3.8×10^{-3} . This exceeds the value of 10^{-5} defined as acceptable cancer risk by the European Commission.

The conclusion of this study is that the concentration of brominated THMs in the air appears to be much higher in S2 where NaOCl is used for water treatment. Regardless of whether $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ or NaOCl is used for water treatment, the concentration of tTHMs were measured to be higher in the breathing zone of the swimmers compared to 60 cm and 150 cm above the floor. The concentration of bromoform above the pool with 33 % seawater were measured to be much higher (226 %) at 5 cm compared to 150 cm. Considering the increased toxicity of the brominated THMs, it is crucial to measure as close to the water surface as possible, especially when brominated THMs are present. More attention should be paid to the effect of supplied amount of fresh air and air exchange rates necessary to reduce the concentration of volatile DBPs in the air. Based on the exposure assessment in this study, further evaluation should be carried out and exposure-reducing measurements should be considered. This is particularly important in S2 where, compared to S1, on average 282 % higher concentrations of tTHM were measured.