

# Hvordan påvirker UV-bestråling luftkvalitet i innendørs svømmeanlegg?

Skrevet av: Therese Bergh Nitter (Senter for idrettsanlegg og teknologi, 2018)

## 1. Hvorfor UV-bestråler vi vannet?

UV- bestråling er ment å gi en bakteriologisk forbedring i bassenget. Maksimal ytelse oppnås ved bølgelengder på 265 nm, men ettersom lyset absorberes i vannet er effekten avtagende med dybden og virkningen er kun momentan. Som følge av dette er ikke metoden egnet som eneste desinfiseringsmiddel, og i Norge benyttes UV-bestråling kun som sekundært desinfiseringsmiddel, ofte sammen med klor.

UV-bestråling har vist seg å være effektiv mot dannelsen av bakterien cryptosporidium, en uønsket mikroorganisme som er motstandsdyktig mot klor. Et annet argument for å anvende UV- bestråling er metodens veldokumenterte virkning på å redusere konsentrasjonen av bundet klor i vannet. Bundet klor, eller kloraminer, er en gruppe med desinfiserings-bi produkter (DBPer) som dannes i vann når fritt klor reagerer med nitrogenholdig avfall (som urin og svette) fra oss badende. Denne gruppen består av de tre komponentene monokloramin, dikloramin og trikloramin ( $\text{NCl}_3$ ).

Men, hvorfor reduseres konsentrasjonen av bundet klor i vannet ved UV-bestråling? Jo, når vannet UV-bestråles spaltes de bunnete klorforbindelsene opp. En teori er at det dannes såkalte frie radikaler. Disse klorradikalene bryter bindingen mellom karbon og hydrogen i vannet, og selv om konsentrasjonen av bundet klor går ned, dannes det altså flere av andre helseskadelige bi-produkter. I dag er det lovpålagt, gjennom bassengbadforskriften, å kontinuerlig overvåke konsentrasjonen av bundet klor i vannet. Men bundet klor er også den eneste bi-produktet som reguleres i Norske bassengvann i dag. De andre bi-produktene, som det anslagsvis dannes mer av ved bruk av UV-bestråling, vet vi fint lite om.

## 2. Helseskadelige DBPer i luften over vannflaten

Mono- og dikloraminer er ikke kjent å forårsake alvorlige helseeffekter ved eksponering og av hensyn til helsefare anses eksponering for de fire trihalometanene (THM)  $\text{CHCl}_3$ ,  $\text{CHCl}_2\text{Br}$ ,  $\text{CHClBr}_2$  og  $\text{CHBr}_3$  og  $\text{NCl}_3$  (en bundet klor), å være de viktigste. Disse stoffene er svært flyktige og er representert i høyere konsentrasjoner over vannflaten sammenlignet med i vannet.  $\text{CHCl}_3$ ,  $\text{CHCl}_2\text{Br}$  er av det internasjonale kreftforskningsbyrådet, IARC, merket som mulig kreftfremkallende for mennesker (gruppe 2B).  $\text{NCl}_3$  er den DBPen som anses å være hovedårsaken til akutte helseplager som røde, kløende øyne og hudirritasjoner, og langtidseffekter som astma eller andre mindre alvorlige respirasjonsproblemer.

Resultatene fra tidligere studier tyder på at inhalasjon er den viktigste eksponeringsveien ved opphold i bassenget. Likevel regulerer vi ikke noen DBPer i luften i dag og generelt eksisterer det omtrent ingen krav til luftkvalitet i innendørs svømmeanlegg, hverken i Norge og ellers i Europa. Frankrike er et av få land i verden som har fastsatt en grenseverdi for eksponering for  $\text{NCl}_3$  i luft ( $0,3 \text{ mg/m}^3$ ). Anslagsvis vil det i Frankrike også komme grenseverdier for de to THMene kloroform og bromoform i løpet av 2019. Disse vil være på henholdsvis  $250 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  og  $500 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ .

### 3. UV-bestråling av vannet og konsentrasjonen av THM og $\text{NCl}_3$ i luften

Det er kjent at det dannes mer THM, sammen med andre DBPer i vannet, ved bruk av UV-bestråling, samtidig som UV-bestråling reduserer konsentrasjonen av bundet klor. Men, hvordan påvirkes luftkonsentrasjonen av  $\text{NCl}_3$  og THM ved bruk av UV-bestråling?

For å kartlegge dette ble det mars og april 2018 gjennomført et fem ukers måleprogram hvor det ble tatt luftprøver hver tirsdag og torsdag, først to uker med UV-lyset av, og deretter to uker uten UV. Mellom de to prøvetakingsperiodene var det påskeferie og for å være sikker på at det ikke var tid og utetemperatur som skyltes eventuelle endringer i måleresultater med og uten UV, ble det i siste uke tatt nye prøver mens UV-lyset var avslått. Hver prøvetakingsdag ble det tatt luftprøver fra kl. 09 til kl. 16.

### 4. Prøvetakingsstrategi

Studieobjektet var et terapibasseng, med vanntemperatur på  $34 \text{ }^\circ\text{C}$ , lokalisert i et eget om. I dette bassenget foregår det faste aktiviteter på dagtid og gjennom hele måleperioden har aktivitet og personbelastning derfor vært tilnærmet konstant. Luft tilføres rommet fra gulvet og opp langs den ene vindusfasaden. Avtrekksviften er lokalisert på en av de andre veggene i rommet og strekker seg fra gulv til tak med et totalt areal på  $4 \text{ m}^2$ . Under prøvetaking ble lufttemperatur og relativ fuktighet (RH) logget fra flere steder i lokalet, hvert andre minutt. Hver prøvetakingsdag ble det tatt luftprøver av THM fra to steder i lokalet;  $5 \text{ cm}$  og  $30 \text{ cm}$  over vannflaten og ved bassengkanten (prøvested 1), og  $30 \text{ cm}$  over gulv ved avtrekkets luftinntak (prøvested 2). Luftprøver av  $\text{NCl}_3$  ble også tatt fra prøvested 1 og 2, men kun  $30 \text{ cm}$  over gulv ettersom disse prøvene er mer sårbare for vannsprut. Annenhver dag ble det tatt prøver ved utløpet av tilluftkanalen for å undersøke hvor mye THM som tilbakeføres til bassenglokalet sammen med omluften.

### 5. Resultat og diskusjon

I gjennomsnitt ble det målt  $35 \%$  høyere konsentrasjoner av THM i luften når UV-lyset var på sammenlignet med når UV-lyset var av. Når UV-lyset ble avslått økte konsentrasjonen av bundet klor i vannet med  $228 \%$ . Konsentrasjonen av  $\text{NCl}_3$  i luft økte derimot bare  $17 \%$  når UV-lyset ble tatt av. Dette tyder på at hovedvekten av bundet klor i vannet er mono- og dikloramin. Ettersom det tar seks timer før alt vannet i dette bassenget har vært gjennom filtrene i renseanlegget kan det derfor tenkes at den flyktige  $\text{NCl}_3$  er transportert fra vann til

luft før denne komponenten fjernes i filtrene i renseanlegget. Sammenlignet med den franske grenseverdien for eksponering for  $\text{NCl}_3$  på  $0,3 \text{ mg/m}^3$  oversteg totalt syv av 36 prøver denne verdien. Gjennomsnittskonsentrasjonen for  $\text{NCl}_3$  målt med og uten UV var på henholdsvis  $0,24 \text{ mg/m}^3$  og  $0,28 \text{ mg/m}^3$ . Kun to av 161 prøver oversteg den kommende franske grenseverdien for  $\text{CHCl}_3$  i luft på  $250 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ .

For å spare energi gjenbrukes en stor del av luften i Norske svømmeanlegg, bare en mindre andel (rundt 30 %) er friskluft utenfra. Prøvene tatt av tilluften i dette studieobjektet viser at mellom 60 % og 70 % av konsentrasjonen av THM tilbakeføres til rommet. Filtrene i ventilasjonsanlegget fjerner dermed ikke gasser fra omluften. Dette bør tas i betraktning dersom behovsstyring av ventilasjon i svømmeanlegg vurderes, ettersom økt transport fra vann til luft, og dermed økte konsentrasjoner av helseskadelige bi-produkter i luften gjennom dagen vil medføre at konsentrasjonen akkumuleres sammen med antall timer etter åpningstid.

Ved å gjennomføre en variasjonsanalyse (ANOVA) for THM og  $\text{NCl}_3$  i luft for de to prøvestedene i lokalet, med og uten bruk av UV, viser resultatet at det er god omrøring av luften i lokalet. Dette betyr at, for dette rommet, kan prøver tas både fra avtrekk eller ved bassengkanten, og likevel representere luftkvaliteten i rommet.

## 6. Oppsummert

Konsentrasjonen av THM i luften øker mer når UV-lystet er på sammenlignet med hva konsentrasjonen av  $\text{NCl}_3$  gjør når UV-lyset er av. Det kan derfor tenkes at andre strategier, enn bruk av UV- bestråling, bør anvendes for å redusere konsentrasjonen av bundet klor i vannet. Eksempelvis kan det være hensiktsmessig å øke sirkulasjonshastigheten i vannet. Et annet alternativ er å bruke adsorbenter i omluftkanalen i ventilasjonsanlegget slik at gassene fjernes fra omluften som tilbakeføres til bassenglokalet.

Selv om konsentrasjonen var noe høyere ved bassengkanten sammenlignet med i avtrekket viser variansanalysen likevel at det er homogen konsentrasjon av forurensinger i rommet. Dette betyr at valgt ventilasjonsstrategi mestrer å skape omrøring av luften innad i lokalet og at ett prøvepunkt er tilstrekkelig for å fremskaffe representative måleresultater.

Konsentrasjonen innad i hvert prøvepunkt varierte imidlertid mer og tyder på at det ikke er antall prøvepunkt innad i lokalet som er viktig, men tidsintervallet som prøvene tas over.