



Kloraminer och exponering i badhus

Kåre Eriksson

Enheten för yrkes- och miljömedicin, Umeå universitet

Pål Graff

Arbets- och miljömedicin, Universitetssjukhuset i Örebro

Sandra Johannesson

Arbets- och miljömedicin, Göteborgs universitet

Gunilla Wastensson

Arbets- och miljömedicin, Göteborgs universitet

ISSN: 1650-3171

Omlagsfoto: Mostphotos

Tryck: Elanders Sverige AB 2015

Innehåll

Förord 5

Förkortningar 6

Sammanfattning 7

Uppdraget 9

Uppgiftskällor 10

Bakgrund 11

Vattenkvalitet i bassängvatten 13

Föreningar i badvatten 13

Filtrering av bassängvatten 14

Allmänt om filtrering 14

Grumlighet 14

Förfilter 14

Filterhastighet 15

Filterspolning 15

Riktvärden avseende vattenkvalitet i bassängvatten 16

Desinficering av bassängvatten 17

Dosering av desinfektionsmedel 18

Fritt och bundet klor 18

pH-justering 18

Kloraminer 19

Bildning av kloraminer i bassänger 19

Kemiska och fysikaliska data 20

Andra klorföreningar 20

Exponering 20

Provtagning, mätning och analys av kloraminer i luft 22

Stationära mätningar 22

Personburna mätningar 22

Filterprovtagning och jonkromatografisk analys (filtermetoden) 23

Filterprovtagning och spektrofotometrisk analys 24

Impingermetod och spektrofotometrisk analys 24

Referensvärde/hygieniskt gränsvärde 24

Exponeringsnivåer 26

- Lufthalter av trikloramin i badhusmiljö 26
 - Publicerade studier 26
 - Svenska ännu ej publicerade studier 35

Hälsoeffekter 37

- Arbetsplatsundersökningar med relation exponering – hälsoeffekter 37
 - Irritativa symptom – förekomst 37
 - Irritativa symptom relaterat till exponeringsnivåer 37
 - Irritativa symptom relaterat till kumulativ exponering 38
 - Besvär från nedre luftvägar och astma 39
 - Kliniska tester – objektiva utfallsmått 39
 - Enskilda studier som undersökt hälsoeffekter relaterat till exponering i arbetsmiljön 40
- Experimentella studier och fallstudier 48
- Carcinogena effekter 49
- Reproduktionseffekter 49
- Cytotoxiska effekter 49

Diskussion 51

- Exponeringsnivåer och mätning av trikloramin 51
- Hälsoeffekter bland badhuspersonal 54

Slutsatser 56

Åtgärder i arbetsmiljön 57

- Ventilationen i badhus 57
- Mätning av lufthalten av trikloramin 57
- Personlig skyddsutrustning: andningsskydd 58
- Personlig hygien bland badgäster 58
- Utspädning och cirkulering av vattnet 58
- Rengöring av bassäng 59
 - Städning 59
 - Badhusets belastning 59

Framtida forskningsbehov 60

- Mät- och analysmetoder 60
- Andra klorerade luftföroreningar i badhusluft 60
- Hälsoeffektstudier 60
- Biologiska markörer 61
- Eliminationstekniska åtgärder 62

Referenser 63

Bilaga 1 65

Förord

Arbetsmiljöverket har fått i uppdrag av regeringen att informera och sprida kunskap om områden av betydelse för arbetsmiljön. Under kommande år publiceras därför ett flertal kunskapssammanställningar där välrenommerade forskare sammanfattat kunskapsläget inom ett antal teman. En vetenskaplig granskning av denna rapport har utförts av professor Gunnar Rosén, Högskolan Dalarna samt Michael Ressner, Folkhälsomyndigheten. Den slutliga utformningen ansvarar dock författarna själva för.

Rapporterna finns kostnadsfritt tillgängliga på Arbetsmiljöverkets webbplats. Där finns även material från seminarier som Arbetsmiljöverket arrangerar i samband med rapporternas publicering.

Projektledare för kunskapssammanställningen vid Arbetsmiljöverket har varit Ulrika Thomsson Myrvang och Carin Håkansta. Vi vill även tacka övriga kollegor vid Arbetsmiljöverket som varit behjälpliga i arbetet med rapporterna.

De åsikter som uttrycks i denna rapport är författarnas egna och speglar inte nödvändigtvis Arbetsmiljöverkets uppfattning.

Förkortningar

CFU	colony forming unit	kolonibildande enhet
CI	confidence interval	konfidensintervall
NO	nitric oxide	kväveoxid
FENO	fraction of exhaled nitric oxide	kväveoxidhalt i utandningsluft
FEV1	forced expiratory volume in one second	forcerad expiratorisk volym på en sekund
FEV%	$FEV\% = FEV1/FVC \times 100$	volymsandel i % som utandas under första sekunden vid forcerad expiration
FNU	formazine nephelometric unit	formazine nefelometrisk enhet
OR	odds ratio	oddskvot
mm Hg	millimetre mercury	millimeter kvicksilver
PEF	peak expiratory flow	maximal utflödes hastighet
ppb	parts per billion	miljarddelar
PR	prevalence ratio	prevalenskvot
RHINE	Respiratory Health in Northern Europe	RHINE-studien
RH	relative humidity	relativ luftfuktighet
µg	microgram	mikrogram
UV	ultra violet radiation	ultraviolet strålning
WHO	World Health Organization	Världshälsorganisationen

Sammanfattning

I Sverige finns ett stort antal badhus som används för såväl simundervisning och motionssimning som rekreationsbad. För att förhindra mikrobiell tillväxt och smittspridning i bassängvattnet används desinfektionsmedel, vanligen natrium- eller kalciumhypoklorit. När klor reagerar med kväveinnehållande föroreningar i vattnet bildas biprodukter, bl.a. mono-, di- och triklorammin. Triklorammin som är mest flyktigt avgår till inomhusluften och kan orsaka negativa hälsoeffekter. I dagsläget saknas ett svenskt hygieniskt gränsvärde för triklorammin i luft. Det av Världshälsoorganisationen (WHO) rekommenderade referensvärdet på $0,5 \text{ mg/m}^3$, baserat på stationär mätning vid bassängkant, används för närvarande även för yrkesmässig exponering. På uppdrag av Arbetsmiljöverket har en genomgång av den vetenskapliga litteraturen utförts avseende exponering för kloraminer och hälsoeffekter bland personal som arbetar i badhus med syfte att sammanfatta kunskapsläget och ge underlag för förebyggande insatser.

Studier i badhus i olika länder visar att halter av triklorammin, mätt stationärt, vanligtvis varierar inom området $0,05$ till $0,8 \text{ mg/m}^3$ med enstaka mätvärden överskridande 1 mg/m^3 . Faktorer som visats påverka halten triklorammin i luft är bl.a. antal badande, halten av fritt eller bundet klor i bassängvattnet samt ventilationen (andelen återluft). Endast en studie har mätt exponering med personburen utrustning, och man fann att halterna var lägre jämfört med stationär mätning vid bassängkant. I de studier som undersökt självskattade besvär bland badhuspersonal fann man överlag en ökad förekomst av irriterande besvär från framför allt ögon och övre luftvägar jämfört med en oexponerad kontrollgrupp. Besvär har rapporterats vid såväl mycket låga som relativt höga halter av triklorammin. I några studier kunde man påvisa ett dos-respons samband mellan lufthalten triklorammin och självskattade irriterande besvär. Hälsobesvär har påvisats vid lufthalter ner mot $0,3 \text{ mg/m}^3$, dvs. under WHO:s rekommenderade referensvärde. I studierna mättes halten av triklorammin stationärt vid bassängkanten, vilket innebär att hälsoeffekter möjligen uppträder vid lägre nivåer än resultaten antyder. I några studier fann man en förvärring av luftvägssymtom bland badhuspersonal med befintlig astma och det finns även indikationer på att exponering för triklorammin kan orsaka astma även hos tidigare luftvägsfriska personer.

Med hänsyn till hälsoaspekter bör man eftersträva att hålla halten triklorammin så låg som möjligt. För att minska behovet av klorering behöver man minska mängden föroreningar i vattnet. Detta kan uppnås genom ökad renlighet bland de badande, förbättrad vattenrening samt kortare omloppstid för vattnet. Det finns behov av ytterligare forskning avseende exponerings-effektstudier för triklorammin som t.ex. kontrollerad human exponering i kammarförsök, effekter på biomarkörer, fler studier med personburen mätning samt studier där olika tekniska åtgärder för att sänka halten triklorammin utvärderas. Vidare finns behov av utveckling av mät- och analysmetoder som medger en kvantifiering av mono-, di- och triklorammin, framtagande av diffusionsprovtagare samt identifiering och kvantifiering av andra ämnen som kan förekomma i luften i badhus.

Uppdraget

Rapporten redovisar resultatet av ett uppdrag från Arbetsmiljöverket till Umeå universitet, Institutionen för folkhälsa och klinisk medicin, Enheten för yrkes- och miljömedicin. Uppdraget är att genomföra en kunskapssammanställning omfattande yrkesmässig exponering för kloraminer vid arbete vid inomhusbadbassänger samt kartlägga hälsomässiga effekter av exponering för kloraminer. Sammanställningen syftar till att ge information och underlag för olika typer av förebyggande insatser.

Uppgiftskällor

Litteratursökning har skett i de vetenskapliga databaserna PubMed och Web Science. Sökningarna resulterade i 28 vetenskapliga artiklar från 1994 t.o.m. 2015. Typiska sökord har varit chloramines, trichloramines, nitrogen trichloride, swimming, pool, indoor, health, effects. Data har även hämtats från ännu ej publicerade undersökningar avseende badhuspersonalens exponering för kloraminer.

Bakgrund

Badhus bedrivs i både kommunal och privat regi. Utöver badhus så förekommer badbassänger bl.a. i hotellanläggningar, hälsoklubbar och spaanläggningar. Den vanligaste typen av bassäng är den rektangulära modellen som används av människor i alla åldrar och för olika aktiviteter. Denna typ av bassäng kan ha en anläggning för simhopp i ena änden. Bassängerna förses vanligtvis med vatten från det kommunala vattennätet (Socialstyrelsen 2006). Vattnet värms upp och håller en temperatur på cirka 26–28 °C. Dessa bassänger kan även användas för rehabiliteringsbad och temperaturen i bassängen höjs då temporärt till 30–32 °C. Vissa anläggningar har separata rehabiliteringsbassänger där vattentemperaturen alltid håller 30–34 °C. Det är vanligt att det även finns en undervisningsbassäng för barn med grundare vattendjup och med en något högre temperatur, cirka 30–34 °C. Det finns även så kallade äventyrsbad där man utöver simbassäng kan ha anläggningar som vattenrutschkanor, våganläggning med mera.

Bassängvattnet kan desinficeras med olika desinfektionsmedel där natrium- eller kalciumhypoklorit är vanligast förekommande. Vid desinficering av badvattnet bildas olika nedbrytningsprodukter, bland annat kloraminer, när desinfektionsmedel reagerar med föroreningar i badvattnet. Dessa nedbrytningsprodukter avgår (emitteras) från badvattnet till luften inne i badanläggningen. Generellt gäller att icke vattenlösliga eller lättflyktiga ämnen avgår relativt snabbt till den omgivande luften, medan mer vattenlösliga eller svårflyktiga ämnen finns kvar i badvattnet under längre tid. Kloraminer är samlingsnamn för mono-, di- och trikloramin. Mono- och dikloramin är vattenlösliga och emitteras sannolikt i liten grad till inomhusluften. Trikloramin är inte vattenlösligt och mycket flyktigt och emitteras därför lätt till inomhusmiljön (Holzwarth m.fl. 1984). Trikloramin har en kraftig irriterande effekt (Gagnaire m.fl. 1994, Bowen m.fl. 2007) och kan orsaka luftvägsbesvär och ögonirritation hos simmare och andra badhusbesökare (WHO 2006). Det har även rapporterats en ökad förekomst av astma bland barn som regelbundet besöker badanläggningar (Bernard m.fl. 2003, 2006). Anställd personal samt personer som badar, simtränar eller vistas i badhus för rekreation exponeras för de ämnen som finns i luften inne i badhuset. För att

minimera exponeringen för dessa ämnen är det viktigt med en väl fungerande ventilation.

Denna kunskapssammanställning fokuserar på personalens exponering för trikloramin och hälsoeffekter relaterade till trikloraminexponering.

Yrkesgrupper som arbetar i badhus är badmästare, badvakter, simlärare, instruktörer i vattengymnastik, fritidsledare, maskinister, vaktmästare, lokalvårdare, personal i badhusets reception samt personal vid mat- eller kaffeservering.

Vattenkvalitet i bassängvatten

Föroreningar i badvatten

Vid bad i inomhusbassänger förorenas badvattnet av bakterier, virus, svampar och andra mikroorganismer, huvudsakligen från de badande själva. Dessa mikroorganismer kan bilda en biofilm som fäster vid olika ytor i badhuset. Biofilmen kan orsaka lokalt höga halter av bakterier med smittorisk för badande och badhuspersonal som följd. Badvattnet kan också förorenas av partiklar som fibrer och smuts från badkläder, hår och avföringsrester från de badande. Till detta kommer urin, svett och saliv. Utöver dessa ämnen tillkommer rester av hudkrämer, kosmetika, deodoranter, tvål och hårschampo. Dessa partiklar och kemiska föroreningar utgör en grund för tillväxt av mikroorganismer (Socialstyrelsen 2006, WHO 2006). Den andel av vattnet som inte ersätts med friskt vatten från det kommunala vattennätet återanvänds och vattnet cirkulerar och renas därför mekaniskt från partikulära föroreningar genom en filtreringsanläggning. Efter det att vattnet renats mekaniskt tillsätts desinfektionsmedel för att minimera risken för mikrobiell tillväxt i bassängvattnet. Efter rening kontrolleras även pH och justering sker om nödvändigt.

Filtrering av bassängvatten

Allmänt om filtrering

Grundkravet för en filteranläggning är att huvudparten av alla partiklar avlägsnas så att det filtrerade vattnet får en låg grumlighet. Dessutom är det önskvärt att även mycket små partiklar av organiska föroreningar avlägsnas så mycket som möjligt, vilket innebär att flockningsmedel kan behöva tillsättas. Kvävehaltiga ämnen är särskilt viktiga att avlägsna eftersom de vid desinfektion med klorhaltiga medel bildar kloraminer.

Filtren i filteranläggningen kan indelas i två huvudgrupper, öppna filter och slutna filter (tryckfilter). Filtren kan ha olika material som filtermedia, där vart och ett har en egen speciell karaktär vad gäller filtersystem, dimensionerande hydraulisk ytbelastning (filterhastighet), livslängd, installations- och driftskostnader samt arbetstidsåtgång vid drift och skötsel.

De vanligaste förekommande filtermaterialen vid svenska offentliga badanläggningar är sandfilter. Dessutom finns mineralullfilter, tuff-filter (lavaprodukt), flermediafilter (sand + antracit), patronfilter samt påsfilter av syntetmaterial. Filter med aktivt kol eller zeolit används vanligen för reducering av kloraminer (IVL 2015).

Grumlighet

I badvatten från inomhusbassänger förekommer partiklar i storleksordningen mindre än 1 till cirka 30 mikrometer (1 mikrometer = 0,001 mm). Genom en fortlöpande filtrering kommer de uppslammade föroreningarna att avlägsnas så att det filtrerade vattnet får en låg grumlighet. Riktvärdet för grumlighet efter filtret är < 0,2 FNU (se tabell 1).

Förfilter

Många anläggningar är utrustade med ett förfilter. Förfiltret sitter före cirkulationspumpen och ska fånga upp de största fasta partiklarna. Detta görs dels för att skydda pumpen, dels för att partiklarna kan vara svåra att bli av med vid resturspolning av filtret (IVL 2015).

Filterhastighet

Filterhastigheten eller den hydrauliska ytbelastningen är ett mått på vattnets hastighet genom filtret. Om filterhastigheten är för hög kan partiklarna passera genom filtret eller slås sönder så att det blir fler partiklar än det antal som tillförs filtret. Är filterhastigheten för låg finns risk för kanalbildning i filtret vilket i sin tur reducerar den effektiva filterytan (IVL 2015).

Filterspolning

Vid filterspolning (retur- eller backspolning) pumpas vattnet bakvägen genom filtret till ett avlopp. Filterspolning ska ske regelbundet. Leverantören av filtret anger ett maxvärde vad gäller filtermotstånd då filtret absolut måste rengöras. Det är viktigt att genomföra filterspolning bl.a. eftersom organiska föreningar som fastnat i filtret kan lösas upp av desinfektionsmedlet i vattnet och därigenom tillförs badvattnet igen (IVL 2015).

Bundet klor reduceras mest effektivt genom spädning med nytt vatten från det kommunala nätet (IVL 2015).

Riktvärden avseende vattenkvalitet i bassängvatten

Folkhälsomyndigheten har i sina allmänna råd (FoHMFS 2014:12) om bassängbad angett riktvärden för att säkerställa vattnets kvalitet. För mikroorganismer är det heterotrofa (odlingsbara) mikroorganismer samt *Pseudomonas aeruginosa* som har riktvärden (tabell 1).

Tabell 1. Riktvärden i vattenkvalitet (FoHMFS 2014:12)

Parameter	Riktvärde	Enhet
<i>Mikroorganismer</i>		
Heterotrofa (odlingsbara) mikroorganismer ¹	< 100	CFU ^a /ml
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	< 1	CFU ^a /100 ml
<i>Turbiditet och syreförbrukning</i>		
Grumlighet före filter	< 0,4	FNU ^b
Grumlighet efter filter	< 0,2	FNU ^b
Kemisk syreförbrukning	< 4	mg O ₂ /l
<i>Surhet</i>		
pH utan klorering	6,8–7,8	pH
pH vid klorering	7,2–7,6	pH

^a kolonibildande enhet

^b formazine nephelometric unit

Desinficering av bassängvatten

För att förhindra eller minimera risk för mikrobiologisk tillväxt och smittspridning av bakterier, virus och svampar i ett bad med återcirkulation tillsätts desinfektionsmedel till badvattnet. Ett grundläggande krav på ett desinfektionsmedel är att det är snabbverkande och har en lång uppehållstid i vattnet för att få en så effektiv desinfektion som möjligt (Socialstyrelsen 2006, WHO 2006).

Olika desinfektionsmedel och desinfektionstekniker används. Klorering med klorgas (Cl_2), natriumhypoklorit (NaClO), kalciumhypoklorit $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, ibland i kombination med ozon eller UV-behandling, är vanligt förekommande (tabell 2). I Sverige används huvudsakligen klorering med NaClO eller $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, ofta i kombination med UV-behandling, i inomhusbassänger. Även andra desinfektionsmedel som klordioxid, bromföreningar, jod eller väteperoxid kan förekomma (tabell 2).

Tabell 2. Desinfektionsmedel och desinfektionssystem som används i simbassänger och liknande anläggningar (FoHMFS 2014:12)

Desinfektionsmedel som används i simbassänger med hög besöksfrekvens	Desinfektionsmedel som används i mindre bassänger och utomhuspooler
Klorgas	Bromid/hypoklorit
Kalcium eller natriumhypoklorit	UV
Elektrolytisk generering av natriumhypoklorit	UV-ozon ^a
Klorerade isocyanurater (vanligtvis i utomhuspooler)	Jod
Klordioxid ^a	Väteperoxid
Ozon ^a	
UV ^a	
^a används ofta i kombination med klor- eller brombaserade medel	

Desinfektionsmedel är reaktiva ämnen som reagerar med föroreningar i vattnet eller på väggar och botten i bassängen och därmed förbrukas. Tillsätts för lite desinfektionsmedel finns det risk för att mikroorganismer inte avdödas och att risk för smitta bland badande och anställda uppstår (Socialstyrelsen 2006, WHO 2006).

Dosering av desinfektionsmedel

Dosering av desinfektionsmedel sker oftast automatiskt. Efter den mekaniska reningen av badvattnet återförs det renade vattnet till bassängen via en vattenledning. I denna finns vanligen en detektor som mäter halten av desinfektionsmedel i det tillförda vattnet. Är halten för låg så initieras en automatisk tillsats av desinfektionsmedel till det vatten som återförs.

Fritt och bundet klor

När ett klorerat desinfektionsmedel doseras till simbassängen är det "fritt klor" som angriper bakterier och föroreningar. Om natriumhypoklorit används som desinfektionsmedel avser fritt klor klorföreningarna hypoklorit och underklorosylighet (hypoklorsyra). Efterhand som klorret verkar, dvs. reagerar med föroreningar i vattnet, övergår det från fritt till bundet klor. Bundet klor består av kloraminer och andra klorföreningar som förekommer i bassängvatten. Halten fritt klor, bundet klor och totalhalten av klor i bassängvattnet samt pH måste mätas varje dag. Halten av bundet klor fås genom att man subtraherar den fria halten klor från totalhalten av klor i vattnet. I tabell 3 redovisas riktvärden för fritt respektive bundet klor i bassängvatten (FoHMFS 2014:12).

pH-justering

Vattnet i bassängen bör vara neutralt, dvs. pH-värdet bör vara cirka 7,2–7,6 (tabell 3). pH-justering sker vanligtvis automatiskt via en inkopplad pH-meter som avläser surhetsgraden i det mekaniskt renade vattnet som återförs till bassängen. Koldioxid (CO₂) används ofta i svenska badhus som pH-justerande kemikalie. Ett annat ämne som kan användas i detta syfte är saltsyra (HCl).

Tabell 3. Riktvärden avseende halten aktiv fritt klor och halten bundet klor i bassängvatten (FoHMFS 2014:12)

Klorhalt	Riktvärde (mg Cl ₂ /l)
<i>Aktivt fritt klor för vattentemperatur under 35 °C</i>	
Vid pH 7,2	≥ 0,4
Vid pH 7,4	≥ 0,5
Vid pH 7,6	≥ 0,6
<i>Aktivt fritt klor för vattentemperatur över 35 °C</i>	
Vid pH 7,2	≥ 0,8
Vid pH 7,4	≥ 0,9
Vid pH 7,6	≥ 1,0
<i>Halt bundet klor vid alla vattentemperaturer</i>	
Vid pH 7,2–7,6	≤ 0,4

Kloraminer

Bildning av kloraminer i bassänger

I bassängvattnet övergår tillsatt natrium- eller kalciumhypoklorit till hypokloritjoner (ClO^-) som står i jämvikt med hypoklorsyra eller underklorsyrlighet (HClO). I bassängvattnet finns kväveinnehållande föroreningar som urea, ammoniak, kreatinin, L-histidin, hippursyra och urinsyra (Schmalz m.fl. 2011b). När hypoklorsyran reagerar med kväveinnehållande ämnen, till exempel ammoniak (NH_3), bildas bland annat mono-, di- och trikloramin.



De relativa mängder av mono-, di- och trikloraminer som bildas i bassängvatten beror på vattnets pH och kvoten mellan klor och kväve (Cl/N) i vattnet. Vid lägre pH eller när kvoten Cl/N ökar bildas störst mängd trikloramin. Vid $\text{pH} > 8$ bildas större mängd dikloramin. På grund av kloraminers olika löslighet i vatten och olika flyktighet avges trikloramin cirka 100 gånger snabbare än dikloramin och cirka 300 gånger snabbare än monokloramin från bassängvatten (Holzwarth m.fl. 1984).

Kemiska och fysikaliska data

Egenskap	Monokloramin	Dikloramin	Trikloramin
Synonymer:	Kloramin, kloramid	Klorimid	Kvävetriklorid, triklornitrid
Molekylformel:	NH ₂ Cl	NHCl ₂	NCl ₃
Molekylvikt:	51,48 g/mol	85,92 g/mol	120,36 g/mol
CAS-nummer:	10599-90-3	3400-09-7	10025-85-1
Kokpunkt:	-40 °C (sönderfaller) Stabil i vattenlösning	iu	71 °C
Ångtryck:	iu	iu	131 mm Hg vid 25 °C
Smältpunkt:	-66 °C	iu	-40 °C
Egenskaper:	iu	iu	Gul, oljig vätska med uttalad lukt. Inte blandbar med vatten.

iu = ingen uppgift

Andra klorföreningar

Andra klorföreningar som kan förekomma i klorerat bassängvatten är dikloroacetonitril (C₂HCl₂N), cyanogenklorid (CNC₁) enligt Afifi m.fl. (2015), diklorättiksyra (CHCl₂COOH), triklorättiksyra (CCl₃COOH) enligt Cardador m.fl. (2011) och diklormetylamin (CH₃NCl₂) enligt Weng m.fl. (2011). Dessa ämnen uppges av författarna vara relativt lättflyktiga och luftvägsirriterande, men inga mätdata avseende lufthalter i simhallar finns redovisade i ovan refererade studier.

Exponering

Trikloramin, som är den mest lättflyktiga av kloraminerna, avgår från vattnet till luften och står för den typiska "klorlukten" i inomhusbad. Mono- och dikloramin förekommer huvudsakligen i vattnet på grund av relativt hög vattenlöslighet och i begränsad mängd i luft på grund av relativt låg flyktighet. Halterna av dessa ämnen i badhusluften är därför sannolikt mycket låga (Holzwarth m.fl. 1984). Badhuspersonal exponeras således för trikloramin, med huvudsaklig exponering via inandning (Bonvallot m.fl. 2010).

Exponering för trikloramin kan påverkas av flera faktorer, såsom var i simhallen personen arbetar och vilken typ av aktivitet som personen utför. Vid fysisk ansträngning ökar andningsfrekvensen och större mängd luft inandas per tidsenhet, vilket innebär att exponeringsdosen ökar. Till skillnad från personer som badar eller vistas i simhallen för rekreation exponeras badhuspersonal för luften

i inomhusbadet flera timmar per dag och under lång tid. Vid bedömning av badhuspersonalens exponering för trikloramin i relation till hälsoeffekter är det sannolikt viktigt att ta hänsyn till både genomsnittshalt och kortvariga höga exponeringar (exponeringstoppar) samt exponeringstiden. Det finns inga vetenskapliga studier som undersökt hudupptag av kloraminer (Bonvallot m.fl. 2010).

Provtagning, mätning och analys av kloraminer i luft

Exponeringsmätningar för bedömning av arbetstagares exponering för trikloraminn kan genomföras som stationära mätningar eller som personburna mätningar.

Mätning kan till exempel ske under den tid som arbetstagare befinner sig inom ett arbetsområde där man misstänker att det kan ske exponering för kloraminer. Mätning kan också genomföras under en hel arbetsdag, vilket är att föredra om man vill bedöma exponeringen mot det av WHO rekommenderade referensvärdet (se Referensvärden/hygieniskt gränsvärde). Utifrån de uppmätta halterna gör man en bedömning av personalens exponering under ett arbetspass. Andra klorföreningar inklusive mono- och dikloramin som kan avgå till inomhusluften från badvattnet kan bidra till att exponeringen för trikloraminn överskattas. Filtermetoden (se nedan) som vanligen används i Sverige är känslig för bidrag av andra klorföreningar än trikloraminn och även för kloridjoner (Cl⁻).

Stationära mätningar

Stationära mätningar innebär att mätutrustningen placeras ut på olika ställen på en arbetsplats där man vill kartlägga lufthalten av kloraminer. Förutom för att bedöma den personliga exponeringen kan stationära mätningar genomföras vid t.ex. kartläggning av misstänkta emissionskällor för kloraminer. Stationära mätningar vid tilluftsdon kan också göras för att bedöma om kloraminer tillförs via återluft.

Personburna mätningar

Vid personburen mätning bär arbetstagaren mätutrustningen. Den filterkassett som används vid trikloraminnmätningar (se nedan) fästs i andningszonen på individen.

Filterprovtagning och jonkromatografisk analys (filtermetoden) Mätning av lufthalten av trikloraminn kan ske genom aktiv provtagning med pump. Till pumpen fästs en 37-mm filterkassett (provtagare) med ett kvartsfilter impregnerat med en vattenlösning av

arseniktrioxid (As_2O_3), natriumkarbonat (NaCO_3) och glycerol ($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$). För att korrigera för eventuellt genombrott av kloraminer genom kvartsfiltret appliceras ytterligare ett impregnerat kvartsfiltret efter det första filtret. För att skydda mot vattenstänk genomförs provtagning så att luftflödet in till filtren passerar genom en liten öppning i ett plastlock på provtagaren. För att ytterligare skydda mot stänk av vatten vid provtagning kan ett teflonfilter appliceras före det första kvartsfiltret. Bassängvattnet innehåller mono- och dikloramin, kloridjoner och andra klorföreningar och om vattendroppar kommer i kontakt med kvartsfiltret under provtagningen så kan halten av trikloramin i luften överskattas.

Mätning av kloraminer med denna filtermetod baseras på två på varandra följande kemiska reaktioner som sker på filtret:

- vid det höga pH som erhålls av impregnering med NaCO_3 -vattenlösningen så sönderfaller trikloramin till ammoniak och hypoklorit (ClO^-)
- hypokloritjonen reduceras till kloridjon (Cl^-) av trevärt arsenik As(III) (Héry m.fl. 1995).

Efter provtagningen så elueras filtret med dubbelavjoniserat vatten och därefter analyseras halten kloridjoner i elutionslösningen med jonkromatografi. Detektions- och kvantifieringsgränsen varierar, bland annat beroende på flödet genom filtret och provtagningstiden. Exempelvis bestämdes detektionsgränsen till $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och kvantifieringsgränsen till $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vid två timmars provtagning med ett flöde av 1 l/min (Nordberg m.fl. 2012).

Filterprovtagning och spektrofotometrisk analys

Det finns även annan utrustning för provtagning och analys av trikloramin (www.syclope.fr, www.selectech.co.za). Utrustningen säljs i ett kit bestående av spektrofotometer, provtagningspump, impregnerade filter för provtagning av trikloramin, kemisk lösning för desorption av provtagna filter samt reagenslösningar och övrigt material som behövs. Distributören tillhandahåller en detaljerad beskrivning av hur man går till väga för att genomföra en mätning samt instruktioner för en spektrofotometrisk analys. Vid användning av denna utrustning får man resultatet direkt i samband med mätningen, vilket kan vara en fördel jämfört med filtermetoden där analys sker vid ett laboratorium och resultatet redovisas vid ett senare tillfälle.

Enligt leverantörerna av utrustningen har metoden en detektionsgräns på cirka $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vid en provtagningstid på 45–480 minuter och vid ett provtagningsflöde av $1 \text{ l}/\text{min}$.

Impingermetod och spektrofotometrisk analys

Predieri m.fl. (2012) har nyligen utvecklat en impingermetod för att mäta triklorammin i badhus. Två impingerflaskor kopplas i serie till en pump via en slang av plast. Till var och en av impingerflaskorna tillsätts avjoniserat vatten, dietyl-p-fenylendiamin samt kaliumjodid. Triklorammin reagerar med kaliumjodiden varpå jodidjoner (I^-) frigörs. Jodidjonerna reagerar i sin tur med dietyl-p-fenylendiamin och vattenlösningen färgas rosa. Färgens intensitet är proportionell mot mängden triklorammin i vattenlösningen. Halten av triklorammin bestäms i båda impingerflaskorna med spektrofotometri, där halten i flaskan närmast pumpen är ett blankvärde, men också indikerar ett eventuellt genombrott av triklorammin under provtagningen.

Detektionsgränsen anges av författarna till $8,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Klorerade organiska ämnen som t.ex. dikloramin och diklormetylamin kan interferera med analysen och ge en överskattning av halten triklorammin (Weng m.fl. 2011).

Referensvärde/hygieniskt gränsvärde

Det finns sparsamt med toxikologiska data om triklorammin i vetenskaplig litteratur och något toxikologiskt referensvärde, referenskoncentration, lågrisknivå eller referensdos för människa finns inte angivet i de toxikologiska databaserna (Bonvallot m.fl. 2010). Gagnaire m.fl. (1994) genomförde exponeringsförsök på grupper av möss som exponerades i 60 minuter för åtta olika halter av triklorammin i intervallet $4,5\text{--}25 \text{ mg}/\text{m}^3$ och mätte andningsfrekvensen under samtliga exponeringar. Man fann en effekt på andningsfrekvensen som indikerade sensorisk irritation. Baserat på detta djurförsök rekommenderade författarna ett hygieniskt gränsvärde på $0,5 \text{ mg}/\text{m}^3$ för exponering under en 8 timmars arbetsdag samt ett korttidsvärde på $1,5 \text{ mg}/\text{m}^3$ som medelvärde för exponering under en 15-minutersperiod.

Världshälsoorganisationen (WHO) har angett ett referensvärde för triklorammin på $0,5 \text{ mg}/\text{m}^3$ baserat på stationära mätningar vid bassängkant och irriterande effekter (Héry m.fl. 1995). Detta referensvärde är ett komfortvärde för besökare i badhus, men används för

närvarande som ett referensvärde även för yrkesmässig exponering. I Frankrike har French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety (ANSES) rekommenderat ett referensvärde på 0,3 mg/m³ (ANSES 2012). Sverige har för närvarande inget hygieniskt gränsvärde för trikloramin i arbetsmiljön.

Exponeringsnivåer

Lufthalter av trikloramin i badhusmiljö

Publicerade studier

Nedan redovisas 16 publicerade studier av mätningar av trikloramin i badhus. Samtliga studier redovisar resultat från stationära mätningar. I en av studierna (Westerlund m.fl. 2015) har även personburna mätningar utförts. Utöver dessa redovisas opublicerade resultat där mätdata från mätprojekt som genomförts vid några av de arbets- och miljömedicinska klinikerna i Sverige slagits samman.

I tabell 4 redovisas i vilken typ av badhus mätning utförts, under vilken årstid mätning skett, antalet mättillfällen (dagar), vilken mätmetod som använts, provtagningstid, mätplatser, antalet prover samt lufthalter av trikloramin. Medelvärden som anges i de enskilda studierna är aritmetiska medelvärden om inte annat anges.

I 10 av dessa publicerade studier har man undersökt eventuella samband mellan uppmätta lufthalter av trikloramin och ett antal faktorer som skulle kunna påverka lufthalterna såsom vattenkvalitet (t.ex. fritt klor, bundet klor), antal badande, ventilation, vattentemperatur, pH etc. Resultaten sammanfattas i tabell 5.

Afifi m.fl. (2015). I studien undersöktes en inomhusbassäng på en gymnasieskola i USA. Bassängen användes av studenterna på lektionstid och för träning för tävlingssimmare. Lufthalten av trikloramin mättes en gång per dag (provtagningstid anges inte), måndag till fredag varje vecka under ett läsår. Vattenprover från bassängen liksom vattentemperaturen mättes vid varje mättillfälle. Vattenproverna analyserades med avseende på mono-, di- och trikloramin, fritt och bundet klor, pH och halten urea. Luftprovtagning av trikloramin genomfördes med impingermetoden enligt Predieri m.fl. (2012).

Bassängens vatten renades genom två parallella sandfilter. Efter filtren fanns en kontrollmodul för analys av halten fritt klor i vattnet, och tillsats av CaOCl_2 i pelletsform styrdes av klorhalten i vattnet efter mekanisk rening. Badhusets volym var cirka $3\,200\text{ m}^3$ och luftomsättningen var cirka nio luftomsättningar per timme. pH i badvattnet varierade mellan 6,9 och 8,2 och vattentemperaturen var 26–30 °C. Halten fritt klor varierade mellan 0,8 och 8,0 mg/l och bundet klor mellan 0,1 och cirka 1,8 mg/l under hela läsåret. Halten urea i bassängvattnet varierade mellan 0,02 och 0,8 mg/l och ökade med antalet badande.

Halten av trikloramin i luften varierade mellan $< 0,010$ och $0,62$ mg/m^3 med ett medelvärde på $0,15$ mg/m^3 . Den högsta halten uppmättes när 54 tävlingssimmare tränade i bassängen. Halten trikloramin i luft ökade med antalet badande samt halten trikloramin i bassängvattnet. Författarna betonade också att simmarnas aktivitet påverkar halten, där intensiv simning ökar avgången av trikloramin från vatten till luft.

Bessonneau m.fl. (2011). Studien inkluderar 15 badhus i Bretagne, Frankrike och syftade till att undersöka vilka faktorer som påverkar lufthalter av trikloramin. Man ville i förväg välja ut badhus med olika belastning, mätt som kvoten mellan antalet besökare per år (mätt som antal skolbarn i området) och den totala bassängvolymen i badhuset. Mätningar utfördes under för- och eftermiddag under en hög- och en lågintensiv dag under sommar respektive höstsäsong (juni-november). Totalt utfördes åtta mätningar i varje badhus. Mätning utfördes på tre punkter i varje badhus; två prover vid bassängkant ($1,5$ m höjd) samt ett prov cirka $0,25$ m ovanför vattenytan. Luftprovtagning gjordes med filtermetoden och analys med jonkromatografi enligt Héry m.fl. (1995). Uppgifter om antal badande under mätning, badhusets storlek (hallvolym), andel återluft i ventilationen, lufttemperatur, halter av fritt och bundet klor i vattnet, pH och vattentemperatur noterades.

Ingen skillnad förelåg mellan uppmätta halter på $1,5$ m höjd och prover tagna nära vattenytan, varför samtliga resultat slogs ihop för beräkning av medelvärdet. Uppmätta halter av trikloramin i luft varierade mellan $0,020$ och $1,26$ mg/m^3 med ett geometriskt medelvärde (GM) på $0,19$ mg/m^3 . För 5 procent av proverna var halten högre än $0,5$ mg/m^3 och för 17 procent av proverna översteg halten $0,3$ mg/m^3 . Man fann signifikanta samband mellan lufthalten av trikloramin och antalet badande, lufttemperaturen i badhuset, pH i vattnet, badhusets volym, årstid, samt kvoten mellan antalet besökare och total bassängvattenvolym. Fler badande, högre lufttemperatur och en ökad andel återluft resulterade i högre halter av trikloramin, medan större hallvolym och högre pH minskade halten trikloramin.

Författarna föreslog åtgärder såsom ökad luftomsättning för att reducera lufthalterna av trikloramin i inomhusluften i badhus. Högre lufttemperatur ökade halterna, vilket skulle kunna tyda på att avdunstningen av trikloramin från vattnet då ökar. Eftersom antalet badande ökade lufthalten av trikloramin föreslogs även förbättrad renlighet hos de badande som en enkel åtgärd för att minska halten trikloramin.

Catto m.fl. (2012) undersökte variationen över tid av trikloramin

i luft i två allmänna badhus (A och B) i Quebec, Kanada. Mätningar genomfördes under två timmar på för- respektive eftermiddagen under fem dagar i juni och under fem dagar i juli månad. Mätning utfördes stationärt med placering av mätutrustningen på bassängkanten i mitten av bassängen på en höjd av cirka 1,5 m. Mätning gjordes enligt filtermetoden (Héry m.fl. 1995) med efterföljande analys med jonkromatografi. Detektionsgränsen bestämdes till 50 µg/m³. Halten av triklorammin i badhus A varierade mellan 0,11 och 0,35 mg/m³ med ett medelvärde på 0,22 mg/m³. I badhus B varierade halten mellan 0,08 och 0,21 mg/m³ med ett medelvärde på 0,14 mg/m³. Ingen statistiskt signifikant skillnad mellan för- och eftermiddagsmätningarna kunde påvisas. I samband med undersökningen togs vattenprover för analys av totalklor. Man fann ingen korrelation mellan halten totalklor i vattnet och halten triklorammin i luften. Inga uppgifter om antalet badande, vattentemperatur, pH i vattnet etc. samlades in.

Chu m.fl. (2013) genomförde exponeringsmätningar i sammanlagt 10 olika badhus i Tapei, Taiwan; 6 allmänna simhallar och 4 skol- och universitetssimhallar. I 6 av badhusen fanns förutom en vanlig bassäng även en spa-pool. Vattentemperaturen i spa-poolerna var 33–36 °C och i de vanliga bassängerna 26–30 °C. Mätningarna genomfördes med stationär provtagning enligt filtermetoden (Héry m.fl. 1995) och proverna analyserades med jonkromatografi. Filtret placerades på en höjd av cirka 1 m ovanför bassängkanten. Antalet mätpunkter varierade mellan 4 och 10 i respektive badhus (i 8 badhus valdes fem mätpunkter, i ett fyra punkter och i ett mättes på tio platser). Provplatserna fördelades jämnt runt den aktuella bassängen. Provtagnings tiden var 90 minuter, och samtliga mätningar genomfördes mellan april och oktober. Antal badande under mätningen noterades. Ett vattenprov togs i samband med luftmätningen och analyserades med avseende på halten klor (fritt, bundet och totalklor). Medelvärdet av triklorammin i luften för de 10 olika badhusen varierade mellan som lägst 0,021 mg/m³ och som högst 0,066 mg/m³. Det enskilt högsta mätvärdet var 0,15 mg/m³. Medelvärdet för spa-poolerna var 0,059 mg/m³, vilket var signifikant högre än medelvärdet för vanliga simbassänger (0,035 mg/m³). Ventilationen bestod vanligen av öppna fönster, men ett fåtal anläggningar hade separata ventilationssystem. Man fann ett statistiskt signifikant samband mellan halten av triklorammin i luft och antalet badande samt halten fritt klor i vattnet.

Dang m.fl. (2010) genomförde mätningar av triklorammin i ett stort äventyrsbad vid en hotellanläggning i USA. Äventyrsbadet hade 11

vattenrutschkanor, två aktivitetspooler, två varmbad, en vågpoolanläggning, en konstgjord flod och ett antal anläggningar som stänker och sprutar stora volymer vatten. Natriumhypoklorit användes som desinfektionsmedel. Ventilationssystemet var dimensionerat för 100 procent uteluft om utomhustemperaturen översteg 40 °F (4,4 °C), under 40 °F recirkulerades upp till 33 procent av luften. Mätning av triklorammin genomfördes med filtermetoden (Héry m.fl. 1995) och analyserades med atomemissionsspektroskopi med induktivt kopplat plasma (ICP-AES). Mätningarna genomfördes stationärt på en höjd av 90–120 cm ovanför golvytan vid åtta olika mätpunkter i badhuset. Mätning utfördes under åtta timmar (2 × 4 timmar) under två högintensiva dagar med många besökare samt under en lågintensiv dag med få besökare. Mätningarna utfördes under mars och april då utomhustemperaturen översteg 40 °F, vilket innebar att ingen återluft recirkulerades. Under den första högintensiva dagen varierade uppmätta halter av triklorammin från under kvantifieringsgränsen upp till 0,66 mg/m³ med ett medelvärde på 0,44 mg/m³. Fyra av proverna tagna denna dag översteg 0,5 mg/m³. Under den andra högintensiva dagen var endast 20 procent av luftproverna kvantifierbara, dock uppmättes det enskilt högsta mätvärdet (1,06 mg/m³) under denna dag. Under de båda högintensiva dagarna uppmättes de högsta halterna av triklorammin i avdelningen med konstgjord flod, vattenrutschkanor, sprinklers etc. Under den lågintensiva dagen var samtliga prover under kvantifieringsgränsen för triklorammin. Kvantifieringsgränsen varierade dock mellan de olika mätdagarna, och var betydligt högre för proverna tagna under högintensiv dag 2 samt den lågintensiva dagen än för högintensiv dag 1. Luftomsättningen i badhuset beräknades till cirka 1,3–2 omsättningar per timme, vilket understeg rekommenderade 4–8 omsättningar per timme. Otillräcklig ventilation kan enligt författarna förklara den relativt höga halten av triklorammin under de högintensiva dagarna.

Fantuzzi m.fl. (2013) undersökte lufthalten av triklorammin i 20 badhus i Emilia-Romagnaregionen i Italien år 2007–2008. Exponeringsmätningarna genomfördes under vintern. Som desinfektionsmedel användes natriumhypoklorit (7 badhus), triklorisocyanurat (8 badhus) samt en kombination av dessa (5 badhus). Mätning av triklorammin genomfördes med impingerflaskor och spektrofotometri enligt Predieri m.fl. (2012). Utrustningen placerades 1 m över golvet och cirka 3 m från poolkanten. Mätningen genomfördes under cirka 100 minuter med ett luftflöde av 1 l/min. En mätning per anläggning genomfördes och samtidigt togs vattenprover för analys av fritt respektive bundet klor. Vattentemperaturen, relativa fuktigheten i luft och

ventilationen mättes. Antalet badande under mätningen noterades.

I de 20 badhusen varierade vattentemperatur och pH mellan 26 och 30 °C respektive pH 6,8 och 7,6. Medelvärdet av halten fritt klor var 1,31 mg/l och fem av badhusen låg över den i Italien tillåtna halten på 1,7 mg/l. Medelvärdet av bundet klor var 0,51 mg/l och i 15 av bassängerna överskreds den tillåtna halten 0,4 mg/l. Medelvärdet av triklorammin i luft för de 20 badhusen var 0,65 mg/m³ med en spridning på 0,20–1,02 mg/m³. I över 75 procent av badhusen överskred halterna 0,5 mg/m³. Sex badhus hade en halt på över 0,8 mg/m³. Halten av triklorammin i luft var signifikant korrelerad till halten bundet klor i vattnet samt till antalet badande under mättiden. Däremot fann man ingen korrelation mellan halten triklorammin i luft och pH, vattentemperatur, ventilation eller relativ fuktighet i luften. Det var ingen signifikant skillnad i lufthalt av triklorammin beroende på vilket av de tre olika desinfektionsmedlen som användes i badhusen.

Fornander m.fl. (2013) undersökte arbetsrelaterade besvär bland anställda vid 46 badhus i sydöstra Sverige via enkät. Man mätte triklorammin i luften i nio badhus. Mätning utfördes under 3 timmar (1 l/min) vid tre olika platser i badhuset med filtermetoden (Héry m.fl. 1995) och proverna analyserades med jonkromatografi. Medelvärdet för alla nio badhusen var 0,20 mg/m³ (spridning 0,040–0,36 mg/m³). Något högre halter (0,23 mg/m³) detekterades i de tre äventyrsbaden jämfört med de sex traditionella badhusen (0,19 mg/m³).

Héry m.fl. (1995). I samband med att filtermetoden utvecklades och validerades mättes halten av triklorammin i sju traditionella badhus samt fem äventyrsbad i Frankrike. Badhusen hade bassänger på 25 eller 50 m. De fem äventyrsbaden hade en eller flera rutschbanor, vågmaskiner, fontäner etc. En mätning genomfördes också i ett rehabiliteringsbad. Mätningar genomfördes under två på varandra följande dagar i 10 av de 12 badhusen. I två av äventyrsbaden genomfördes mätningar under två på varandra följande dagar under våren och under två på varandra följande dagar under hösten samma år. I ett av badhusen gjordes enbart en mätning. Antalet luftprover som togs i de olika badanläggningarna varierade mellan 4 och 28 under dag 1 och mellan 4 och 30 under dag 2.

Ingen signifikant skillnad i lufthalten triklorammin mellan dag 1 och dag 2 noterades i de olika badhusen och inte heller mellan vår- och höstmätningarna. För de sju traditionella simhallarna varierade medelvärdet i respektive hall mellan 0,15 och 0,39 mg/m³. Medelvärdet för alla sju simhallarna var 0,27 mg/m³. I det äventyrsbad som hade lägst halter var medelvärdet 0,33 mg/m³ och i det med högst halter var medelvärdet 1,25 mg/m³. Medelvärdet för alla sju

äventyrsbaden var $0,57 \text{ mg/m}^3$. Generellt uppmättes högre halter av trikloraminn i äventyrsbaden jämfört med de traditionella simhallarna, men ingen statistisk jämförelse gjordes. Lägst halter uppmättes i rehabiliteringsbadet (medelvärde $< 0,05 \text{ mg/m}^3$). I ett av badhusen undersöktes även hur återcirkulation av inomhusluften påverkade halten av trikloraminn. Vid maximal återluft var halten $1,2 \text{ mg/m}^3$ och vid minimal återcirkulering av inomhusluften $0,9 \text{ mg/m}^3$, skillnaden var statistiskt signifikant. Det anges dock inte var i badhuset mätutrustningen placerades vid denna mätning, dvs. vid luftinsläppet eller på en annan plats i badhuset. I ett av badhusen utfördes mätningar när bubbelbadet var igång ($n=6$) och när det inte användes ($n=6$) och man fann en statistiskt signifikant lägre halt ($0,40 \text{ mg/m}^3$) när bubbelbadet inte var igång jämfört när det användes ($1,14 \text{ mg/m}^3$).

Jacobs m.fl. (2007) utförde mätningar av trikloraminn i samband med att besvärshänsen bland anställda vid totalt 38 badhus i Nederländerna undersöktes via enkät (se avsnittet om hälsoeffekter). Mätningar utfördes i sex badhus, dels i de tre badhus med högst frekvens av rapporterade besvär, dels i de tre badhusen med lägst frekvens av besvär. Mätning genomfördes med filtermetoden och jonkromatografisk analys (Héry m.fl. 1995) under tre påföljande mätperioder om vardera 2 timmar under en dag. I ett av badhusen mätte man under fem på varandra följande dagar. I detta badhus mätte man trikloraminn på 30 resp. 150 cm (andningszon) höjd över golvytan. Under mätning noterades lufttemperatur, relativ fuktighet, antalet badande under mätperioden, vattentemperatur, pH, koncentrationen av fritt klor, storleken på poolen samt takhöjd och hur ofta man rengjorde filtren för vattenreningssystemet.

Totalt analyserades 119 prov. Den genomsnittliga halten av trikloraminn var $0,56 \text{ mg/m}^3$ och det högsta uppmätta värdet var $1,34 \text{ mg/m}^3$. Man fann ingen statistisk signifikant skillnad i halten trikloraminn i luften mellan mätningar gjorda vid tävlingsbassänger respektive fritidsbad. Det fanns inte heller någon signifikant skillnad i halten trikloraminn i luften vid 30 respektive 150 cm höjd. En regressionsanalys visade att antalet badande var signifikant associerat med halten trikloraminn i luften, där en ökning med 50 badande resulterade i en ökning av lufthalten trikloraminn med $0,4 \text{ mg/m}^3$. Även ökad halt fritt klor i vattnet och lägre takhöjd var associerade med en högre lufthalt av trikloraminn.

Tre av badhusen använde natriumhypoklorit och tre använde en elektrolytisk metod för att generera klor till desinfektionen av bassängvattnet. Högre halt av trikloraminn uppmättes när man använde

hypoklorit ($0,63 \text{ mg/m}^3$) jämfört med elektrolytisk generering av klor ($0,54 \text{ mg/m}^3$), men skillnaden var inte statistiskt signifikant.

Lévesque m.fl. (2015) genomförde mätning av triklorammin i ett badhus i Quebec i Kanada under sju olika veckor under oktober till december 2011. Bassängvattnet desinficerades med natriumhypoklorit och renades genom två filter av natursten. Mätning utfördes vid minst tre dagar per vecka och ett eller två prov togs vid varje mättillfälle. För att undersöka hur tidpunkt på dagen påverkade halterna utfördes mätning på en förmiddag, en eftermiddag och en kväll varje vecka. Provtagnings tiden var 3 timmar och mätning skedde enligt filtermetoden och analys med jonkromatografi (Héry m.fl. 1995). Mätutrustningen placerades vid mitten av bassängen på en höjd av cirka 30 cm, 60 cm från poolkanten. Under tiden för mätning togs ett vattenprov för analys av fritt och bundet klor, pH och konduktivitet. Ventilationssystemet hade en kapacitet på cirka 382 m^3 luft per minut med ett värmeåtervinningssystem samt avfuktningssystem. Tilluftsdonet var placerat vid golvnivån invid en av bassängens väggar. Luftomsättningen i badhuset beräknades. Antalet badande noterades under aktuellt mättillfälle.

Medelvärdet för triklorammin var $0,38 \text{ mg/m}^3$ och varierade mellan som lägst $0,11 \text{ mg/m}^3$ och som högst $0,70 \text{ mg/m}^3$. Luftomsättningen i badhuset påverkade lufthalten av triklorammin, där en signifikant lägre halt av triklorammin (medel $0,30 \text{ mg/m}^3$) uppmättes vid luftomsättning över 2 oms per timme jämfört med då luftomsättningen var mindre än 1 oms/timme (medel $0,50 \text{ mg/m}^3$). Man fann att tidpunkt på dagen då mätningen utfördes var viktig, lufthalten av triklorammin på morgonen (medel $0,35 \text{ mg/m}^3$) var signifikant lägre jämfört med halten på kvällen (medel $0,51 \text{ mg/m}^3$).

Man kunde även relatera lufthalten av triklorammin till mängden färskvatten som pumpades in i bassängen, där en ökning av mängden färskvatten var associerat till lägre halter av triklorammin. Ingen korrelation kunde påvisas mellan antalet badande under mätningen och halten av triklorammin i luften. Dock menar författarna att den högre halt som noterades under kvällstid jämfört med dagtid kan ha avspeglat den samlade aktiviteten i bassängen under dagen.

Massin m.fl. (1998). I studien genomfördes ett stort antal mätningar av triklorammin i 46 kommunala badhus samt i 17 äventyrsbad i Frankrike. I de kommunala badhusen togs sammanlagt 860 luftprover och i äventyrsbaden togs 402 luftprover. Mätningar utfördes stationärt under 3-4 timmar och utrustningen placerades inom områden där badpersonalen vanligen befann sig under arbetet. Mätningarna utfördes med filtermetoden (Héry m.fl. 1995) och för

analys användes jonkromatografi. Inga uppgifter om halten fritt eller bundet klor i vattnet, pH eller vattentemperatur redovisas. Medelvärde av halten triklorammin i de 46 kommunala badhusen var $0,24 \text{ mg/m}^3$, i två av badhusen uppmättes halter kring $0,60 \text{ mg/m}^3$. För de 17 äventyrsbaden var medelvärdet $0,67 \text{ mg/m}^3$.

Nordberg m.fl. (2012). Artikeln beskriver huvudsakligen en experimentell studie av försökspersoner i badhusmiljö, se avsnitt om hälsoeffekter. I artikeln redovisas även mätningar av triklorammin från 10 badhus (sju allmänna badhus och tre äventyrsbad) i Västerbotten, Norrbotten och Ångermanland. Mätningarna utfördes stationärt (1,5 m) nära bassängen under 3 timmar på 3–4 platser i varje badhus, under tre dagar på vintern och tre på sommaren i respektive badhus. För mätning användes filtermetoden (Héry m.fl. 1995) och analys med jonkromatografi. Natriumhypoklorit användes som desinfektionsmedel i alla badhusen. Medelvärdet av triklorammin för respektive badhus varierade mellan $0,09$ och $0,32 \text{ mg/m}^3$. Enskilda prover varierade mellan som lägst $0,001 \text{ mg/m}^3$ och som högst $0,77 \text{ mg/m}^3$.

Parrat m.fl. (2012) undersökte halter av triklorammin i 30 badhus i Schweiz. Alla mätningar utfördes under vintern 2007–2008 och under hög belastning av badhuset. Luftmätningarna gjordes vid fyra mätpunkter (1,3 m) fördelat runt om i badhuset. Vid mättillfället noterades antal badande, halten av fritt och bundet klor, pH, ventilation, temperatur, storlek på badhuset etc. Av de 30 badhus som undersöktes var 11 rehabiliteringsbad, 10 allmänna badhus och 8 simhallar på skolor. Fem av anläggningarna desinficerades med klorgas, ibland i kombination med UV. Nitton av anläggningarna använde natriumhypoklorit, ibland i kombination med ozon, medan sex av badhusen använde elektrolys med natrium- eller kalciumklorid. Totalt analyserades 146 luftprover från de 30 badhusen.

Arton badhus hade en genomsnittlig halt av triklorammin som understeg $0,1 \text{ mg/m}^3$, i åtta av badhusen varierade halten av triklorammin i luften mellan $0,1$ och $0,2 \text{ mg/m}^3$ och i fyra badhus var medelvärdet $0,3 \text{ mg/m}^3$ eller högre. Det högsta medelvärdet i ett badhus var $0,52 \text{ mg/m}^3$. Medelvärdet för samtliga 30 badhus var $0,114 \text{ mg/m}^3$. Ingen statistiskt signifikant skillnad kunde påvisas mellan de tre olika typerna av badhus (rehabilitering, allmänna och skolor) och inte heller mellan typ av desinficeringsmetod. I det badhus som hade högst halter av triklorammin utfördes mätningar på 16 cm ($n=6$) respektive 130 cm ($n=6$) ovanför vattenytan, men ingen signifikant skillnad kunde påvisas. Man fann ingen korrelation mellan halten av triklorammin i luften och fritt eller bundet klor och urea i vattnet.

Thickett m.fl. (2002) genomförde mätningar i ett badhus i Storbri-

tannien i samband med utredningen av misstänkt yrkesastma hos en anställd. Stationär mätning av triklorammin gjordes med filtermetoden (Héry m.fl. 1995) på 1 m höjd ovan golvytan vid en vanlig simbas-säng samt en mindre undervisningsbassäng. Totalt togs 15 luftprover under två dagar, provtagningstid anges inte. Vid den större bassängen uppmättes halter av triklorammin mellan 0,10 och 0,31 mg/m³, och vid undervisningsbassängen mellan 0,23 och 0,57 mg/m³.

Weng m.fl. (2011) studerade faktorer som påverkar hur triklorammin som bildas i bassängvattnet övergår i gasfas. För att mäta triklorammin användes impingermetoden enligt Predieri och man utvärderade även impingermetoden med avseende på analytiska interferenser av andra desinfektionsbiprodukter. Mätningar utfördes vid bassängkanten i fyra olika badhus. I det första badhuset utfördes mätningar dagligen (förmiddag respektive eftermiddag) under två månaders tid. I ett andra och tredje badhus mättes halter under en högintensiv dag (tävlingssimning) medan fokus i det fjärde badhuset låg på att studera ventilationens inverkan.

Uppmätta halter i de fyra olika badhusen varierade mellan 0,05 och 0,8 mg/m³. I det badhus där mätning utfördes dagligen under två månader fann man en god korrelation mellan antal badande och lufthalt av triklorammin. Däremot förelåg ingen korrelation mellan triklorammin i luft och triklorammin i bassängvattnet.

I samtliga fyra badhus kunde man se en ökning av halten triklorammin i luft när det var fler badande i bassängen. Även aktiviteten hos de badande påverkade lufthalten av triklorammin, där tävlingssimmare genererade mer luftburen triklorammin per person än lekande barn. I de två badhus där mätning utfördes under simtävling ökade lufthalterna från cirka 0,2 upp till 0,6–0,7 mg/m³ under pågående tävlingar. Författarna betonar att de kraftiga vattenrörelser som tävlingssimmare genererar särskilt ökar avgången av triklorammin från vatten till luft. I det fjärde badhuset gjordes ett försök där man installerade en forcerad ventilation med utsug nära vattenytan, vilket reducerade halten av triklorammin från 0,1 mg/m³ till under 0,03 mg/m³.

Westerlund m.fl. (2015) utförde mätningar av triklorammin i åtta olika simhallar i Sverige. Mätning utfördes både personburet på personalen och stationärt vid olika platser i badhuset. Provtagningsstiden för de personburna mätningarna varierade mellan 2 och 10 timmar, där 75 procent av mätningarna var längre än 6 timmar. Sammanlagt utfördes 52 personburna och 110 stationära mätningar.

Medelvärde för de personburna mätningarna var 0,07 mg/m³, och varierade från 0,001 upp till 0,24 mg/m³. De lägsta halterna

uppmättes för personal som hade andra arbetsuppgifter (t.ex. receptionist) och som inte befann sig vid bassängerna. För personal som tillbringade minst halva sin arbetstid inne i simhallen vid bassängerna var det geometriska medelvärdet (GM) $0,11 \text{ mg/m}^3$ och varierade mellan som lägst $0,05 \text{ mg/m}^3$ och som högst $0,24 \text{ mg/m}^3$. De högsta personburna halterna uppmättes för en livvakt och en simlärare. Medelvärdet för samtliga stationära mätningar var $0,17 \text{ mg/m}^3$, och varierade mellan som lägst $0,001 \text{ mg/m}^3$ (reception) och upp till $0,64 \text{ mg/m}^3$ (mätning under vattenaerobics). Medelvärden för stationära mätningar vid bassänger (flera olika typer) varierade mellan $0,15$ och $0,37 \text{ mg/m}^3$.

En linjär regressionsanalys som inkluderade personburna mätningar från personal som tillbringade minst 50 procent av tiden vid bassängen och parallella stationära mätningar visade att personburna halter var lägre än de stationära, i genomsnitt 60 procent av motsvarande stationär mätning. Författarna argumenterar för att detta bör tas i beaktande när man ska bestämma ett eventuellt gränsvärde för triklorammin då de mätningar som hittills är gjorda är stationära. Detta medför troligen att de hälsobesvär som har blivit rapporterade har uppkommit vid lägre halter än det som är uppmätt vid de stationära mätningarna.

I denna studie mättes även halter av trihalometaner, båda stationärt och personburet och den dominerade trihalometanen var kloroform. Halter av trihalometaner i luft samvarierade med triklorammin.

Svenska ännu ej publicerade studier

Mätningar i badhus har utförts av Yrkes- och miljömedicin i Umeå, Arbets- och miljömedicin i Linköping, Arbets- och miljömedicin i Örebro samt Arbets- och miljömedicin i Göteborg inom ramen för olika forskningsprojekt eller i samarbete med berörda kommuner. En vetenskaplig publikation av dessa mätningar är under arbete. Mätningar har utförts i sammanlagt 42 olika badanläggningar i olika delar av Sverige.

Merparten av mätningarna har utförts i allmänna traditionella simhallar (30 stycken) med en 25-metersbassäng. I flera av simhallarna fanns även en mindre och grundare undervisningsbassäng för barn (i samma hall eller i angränsande avskild hall). Mätningar har även utförts på sju olika äventyrsbad där det funnits vågmaskiner, vattenrutschbanor etc. I materialet ingår dessutom mätningar från 12 rehabiliteringsbad där man har högre vattentemperatur.

Samtliga mätningar har skett stationärt med mätutrustningen

placerad intill bassängkanten på stativ cirka 1,2–1,3 m ovan golvet. Tidpunkt på dagen då mätningen utfördes har varierat, liksom provtagningstiderna (1–8 timmar). Antalet mätdagar i varje badhus har varierat. I traditionella simhallar har antalet mätdagar varierat från mätning under en dag upp till sex olika mätdagar i samma badhus. I majoriteten av badhusen har mätningar utförts under minst två olika dagar. Även antalet mätpunkter i varje badhus har varierat. Ett geometriskt medelvärde (GM) har beräknats för varje badhus och därefter har ett genomsnitt av dessa medelvärden beräknats för varje typ av badhus.

För allmänna, traditionella simhallar var GM för trikloramin 0,13 mg/m³. Medelvärdet för en enskild hall varierade mellan som lägst 0,02 mg/m³ och som högst 0,29 mg/m³. För de sju äventyrsbaden var GM 0,20 mg/m³, och varierade mellan som lägst 0,03 mg/m³ och som högst 0,40 mg/m³. I de 12 olika rehabiliteringsbaden uppmättes i allmänhet betydligt lägre halter av trikloramin, för vilka GM var 0,03 mg/m³ och varierade mellan 0,002 och 0,33 mg/m³.

Hälsoeffekter

Arbetsplatsundersökningar med relation exponering – hälsoeffekter

Nedan redovisas 11 vetenskapliga studier som undersökt hälsoeffekter bland badhuspersonal relaterat till exponering i arbetsmiljön (tabell 6). Samtliga studier utom en är tvärsnittundersökningar, vilket innebär att exponering och utfall undersökts vid samma tillfälle. I åtta av studierna anges resultat från exponeringsmätningar. Tio av studierna har använt självskattade symptom som utfallsmått. I fyra studier redovisas resultat från objektiva kliniska tester av bland annat lungfunktion, bronkiell hyperreaktivitet och luftvägsinflammation. Resultaten från de enskilda studierna sammanfattas först under olika rubriker nedan och beskrivs därefter i detalj.

Irritativa symptom – förekomst

Ett flertal studier som undersökt självskattade besvär bland badhuspersonal via enkät har funnit en signifikant ökad förekomst av irritativa besvär från framför allt ögon och övre luftvägar jämfört med en oexponerad kontrollgrupp (Chu m.fl. 2013, Dang m.fl. 2010, Fantuzzi m.fl. 2013, Jacobs m.fl. 2007, Parrat m.fl. 2012). De genomsnittshalter av triklorammin i luft som anges i de olika studierna varierar från mycket låga, 0,035 mg/m³ (Chu m.fl. 2013) till relativt höga, 0,65 mg/m³ (Fantuzzi m.fl. 2013). Demange m.fl. (2009) rapporterade en hög förekomst av irritativa besvär från ögon och luftvägar bland badhuspersonal, men kontrollgrupp saknades och exponeringsnivåer anges inte.

Irritativa symptom relaterat till exponeringsnivåer

I några studier har man kunnat påvisa ett dos-responssamband mellan lufthalten triklorammin och självskattade irritativa besvär (Fantuzzi m.fl. 2013, Héry m.fl. 1995, Parrat m.fl. 2012), men inte i andra (Fornander m.fl. 2013, Jacobs m.fl. 2007). Fantuzzi m.fl. (2013) rapporterade en signifikant ökad förekomst av irritativa besvär från ögon och övre luftvägar vid en lufthalt triklorammin > 0,5 mg/m³ och fann även ett tydligt dos-responssamband. I samband med att filter-

metoden utvecklades och validerades av Héry m.fl. (1995) ombads badhuspersonalen att rapportera eventuella irriterande symptom i samband med att man gjorde mätningar. Badhuspersonalen rapporterade besvär vid en lufthalt av trikloramin från 0,5 mg/m³ och vid 0,7 mg/m³ kände samtliga tillfrågade av besvär. Parrat m.fl. (2012) rapporterade att badhuspersonal som arbetade i lokaler med en lufthalt trikloramin som var > 0,29 mg/m³ hade en signifikant högre förekomst av irritation i ögon och näsa det senaste året vid jämförelse med personal som arbetade i lokaler där lufthalten trikloramin var < 0,1 mg/m³. Kroniska besvär med irritation i näsan var också vanligare i den högst exponerade gruppen. Fornander m.fl. (2013) kunde däremot inte påvisa något samband mellan uppmätta halter av trikloramin i badhusluften och förekomsten av luftvägssymtom bland badhuspersonal. Genomsnittshalten trikloramin i luft i de aktuella inomhusbaden var 0,20 mg/m³. Jacobs m.fl. (2007) rapporterade att simlärare eller anställda som kombinerade arbetet som simlärare med andra arbetsuppgifter i signifikant högre grad angav irriterande besvär från övre luftvägar relaterade till arbetet jämfört med personal i reception, servering och administration. Genomsnittshalterna trikloramin i de aktuella inomhusbaden var 0,56 mg/m³. Det fanns dock inget samband mellan exponeringsnivåer och förekomst av symptom.

Irriterande symptom relaterat till kumulativ exponering

I några studier kunde man påvisa ett samband mellan kumulativ exponering och självskattade besvär (Jacobs m.fl. 2007, Massin m.fl. 1998, Nordberg m.fl. 2012, Parrat m.fl. 2012). Jacobs m.fl. (2007) fann ett samband mellan kumulativ exponering och flertalet symptom från övre luftvägar och Massin m.fl. (1998) rapporterade ett signifikant dos-responssamband mellan kumulativ exponering och irriterande symptom från ögon, näsa och hals. Nordberg m.fl. (2012) utgick från uppgifter om arbetsförhållanden och yrkestitel för att indela den studerade gruppen i tre exponeringskategorier och fann ett statistiskt signifikant samband mellan antalet timmar med vistelse i inomhusbad och en ökad förekomst av arbetsrelaterade besvär från ögon och luftvägar. Parrat m.fl. (2012) fann att badhuspersonal som arbetade i inomhusbad med en lufthalt trikloramin på 0,2–0,39 mg/m³, 40 timmar per vecka, hade en signifikant ökad förekomst av irriterande besvär från ögon och näsa, såväl aktuella som kroniska besvär.

Besvär från nedre luftvägar och astma

I några studier fann man en signifikant ökad förekomst av besvär från nedre luftvägar och förvärring av luftvägssymtom bland badhuspersonal med befintlig astma (Dang m.fl. 2010, Jacobs m.fl. 2007, Nordberg m.fl. 2012). Dang m.fl. (2010) rapporterade att badvakter hade en signifikant högre förekomst av arbetsrelaterade symptom från de nedre luftvägarna (justerat för rökvanor och astmadiagnos) vid jämförelse med övrig badhuspersonal som utgjorde kontrollgrupp. Samtliga sex badvakter med befintlig astma i den exponerade gruppen angav förvärrade symptom på arbetet, men ingen av de sju personerna med astma i kontrollgruppen. Jacobs m.fl. (2007) fann en signifikant högre förekomst av symptom från de nedre luftvägarna, läkardiagnosticerad astma, astmaanfall och användning av astma-medikament det senaste året bland badhuspersonal i jämförelse med allmänbefolkningen. Genomsnittshalten trikloramin i de aktuella inomhusbaden var 0,56 mg/m³. Nordberg m.fl. (2012) rapporterade en statistiskt signifikant högre förekomst av självrapporterade astmaattacker eller medicinering mot astma (12,3 %) i en kohort badhusanställda jämfört med en tidigare studerad kontrollgrupp (8,1 %). I samma studie jämförde man de 44 fall av självrapporterad astma som debuterat efter att personen börjat arbeta i inomhusbad med 128 köns- och åldersmatchade kontroller. Man fann en ökad risk för astma bland personer som tillbringade merparten av sin arbetstid i inomhusbad (OR 2,3), dock inte statistiskt signifikant. Fantuzzi m.fl. (2013) studerade badvakter och simlärare som arbetade i inomhusbad där genomsnittshalten trikloramin var 0,65 mg/m³, men kunde inte påvisa något dos-responssamband mellan stigande halter trikloramin i badhusluften och symptom från nedre luftvägar och astma; antalet personer med självrapporterad astma var dock få. Massin m.fl. (1998) undersökte förekomsten av kroniska luftvägsbesvär bland badvakter som arbetade i inomhusbad där genomsnittshalterna trikloramin var 0,24 mg/m³ (simhall) respektive 0,67 mg/m³ (äventyrsbad), men kunde inte påvisa något dos-responssamband med vare sig exponeringsnivåer eller kumulativ exponering.

Kliniska tester – objektiva utfallsmått

I några av studierna har man använt objektiva kliniska test för att utvärdera eventuell påverkan på lungfunktion, hyperreaktivitet i luftrören och inflammation i luftvägarnas slemhinnor. Demange m.fl. (2009) undersökte badvakter med tester på lungfunktion och bronkiell hyperreaktivitet samt mätte kväveoxidhalt i utandningsluft

(FENO), som är en surrogatmarkör för luftvägsinflammation. Överlag låg badvakternas lungfunktion över förväntade värden. Andelen personer med bronkiell hyperreaktivitet uttryckt som positivt metakolintest var relativt hög (38,5 %), men kontrollgrupp saknades liksom exponeringsdata. Medianvärdet för FENO var högre i gruppen med positivt metakolintest (18,9 ppb) jämfört med övriga (12,5 ppb), men låg inom normalintervall. Erkul m.fl. (2013) undersökte förekomsten av allergiska näsbesvär bland exponerad badhuspersonal och fann att dessa hade signifikant ökat antal eosinofila celler i prov från nässlemhinnan som tecken på inflammation, jämfört med en kontrollgrupp. Andelen med positivt pricktest (allergitest) skiljde sig inte signifikant mellan grupperna. Några exponeringsnivåer redovisas inte. Fornander m.fl. (2012) mätte FENO bland badhuspersonal som arbetade i inomhusbad där genomsnittshalten trikloramin i luft var 0,20 mg/m³. FENO låg hos merparten inom normalintervallet och det fanns inget samband mellan halten trikloramin i badhusluften och FENO. Personer som rapporterade besvär från luftvägarna hade en typisk proteinprofil i nässköljvätska. Massin m.fl. (1998) undersökte badvaktens lungfunktion med spirometri och eventuell bronkiell hyperreaktivitet med metakolintest. Genomsnittshalterna av trikloramin i de inomhusbad där badvakterna arbetade var 0,24 mg/m³ (simhall) respektive 0,67 mg/m³ (äventyrsbad). Något samband mellan exponeringsnivåer och badvakternas lungfunktion och bronkiell hyperreaktivitet mätt som positivt metakolintest kunde inte påvisas.

Enskilda studier som undersökt hälsoeffekter relaterat till exponering i arbetsmiljön

Chu m.fl. (2013) undersökte förekomsten av arbetsrelaterade symptom från luftvägar och ögon bland badhuspersonal i Tapei, Taiwan. Ett frågeformulär skickades till 61 personer (36 män och 25 kvinnor) som arbetade som badvakter eller simlärare vid tio olika inomhusbad. Arbetsrelaterade symptom definierades som symptom som uppträdde under eller direkt efter ett arbetspass. Samma frågeformulär skickades till 43 personer (15 män och 28 kvinnor) som arbetade i reception eller med drift och skötsel vid samma inomhusbad. Dessa utgjorde kontrollgruppen då deras exponering bedömdes vara begränsad. Den exponerade gruppen hade jämfört med kontrollgruppen en något lägre medelålder (25 år/32 år) och en större andel män (59 %/35 %). Stationära mätningar av trikloramin utfördes i samtliga tio inomhusbassänger, varav sex hade en spa-pool. Uppmätta halter

av triklorammin i luften varierade mellan 0,017 till 0,15 mg/m³ i de olika simbassängerna. Medelvärdet var 0,035 mg/m³ vid simbassängerna jämfört med spa-poolerna, där medelvärdet var signifikant högre, 0,059 mg/m³. Frågeformulären skickades ut mellan maj och oktober samtidigt som exponeringsmätningarna genomfördes. Resultaten redovisades enbart som jämförelse på gruppnivå mellan exponerade och kontrollgrupp; förekomsten av symptom kopplat till lufthalten triklorammin under enskilda dagar redovisades inte. Förekomsten av symptom var överlag högre i den exponerade gruppen jämfört med kontrollgruppen (förutom andnöd, irritation i näsan och pip i bröstet). Man fann en statistiskt signifikant skillnad i förekomst av symptom för irritation i hals (oddskvot (OR) 11,28; 95 % CI: 1,44–88,33) och slembildning (OR 4,22; 95 % CI: 1,16–15,4). Dock var antalet personer i kontrollgruppen som rapporterade vissa symptom få, vilket kan ha påverkat de statistiska analyserna, vilket påpekas av författarna. Författarna drog slutsatsen att det av WHO rekommenderade referensvärdet 0,5 mg/m³ för triklorammin inte är tillräckligt lågt för att skydda badhuspersonal från negativa hälsoeffekter.

Dang m.fl. (2010) undersökte förekomsten av symptom bland badvakter vid en stor badanläggning i USA. Badvakterna (n=69, 37 män och 32 kvinnor) tillsändes en enkät med frågor inkluderande rökvanor, arbetsförhållanden, tidigare astmasjukdom och andra allergiska sjukdomar. Eventuella symptom från luftvägar och ögon relaterade till arbetet den senaste månaden efterfrågades, dvs. symptom som uppträdde under arbetet och förbättrades under lediga dagar. Samma enkät skickades till 74 personer (24 män och 50 kvinnor) som arbetade med andra arbetsuppgifter utanför poolområdet och dessa utgjorde kontrollgruppen. Den exponerade gruppen hade jämfört med kontrollgruppen en lägre medelålder (20 år/30 år) och en högre andel män (53 %/32 %). Samtliga personer som hade astma (12 + 9 personer) uppgav att de hade fått sin diagnos innan de började arbeta på badanläggningen. Den exponerade gruppen hade vid jämförelse med kontrollgruppen en signifikant högre förekomst av arbetsrelaterade symptom från luftvägarna såsom hosta (prevalenskvot (PR) 10,24; 95 % CI: 4,33–24,23), pip i bröstet (PR 9,74; 95 % CI: 2,36–40,19) andnöd (PR 6,70; 95 % CI: 2,47–18,20) och trånghets känsla i bröstet (PR 6,67; 95 % CI: 2,08–21,35), justerat för rökvanor och astmadiagnos. De hade även en ökad förekomst av irritation i hals (PR 11,80; 95 % CI: 2,88–48,31), näsa (PR 3,54; 95 % CI: 1,89–6,62) och ögon (PR 8,99; 95 % CI: 4,12–19,61). Sex personer i den exponerade gruppen med aktuell astma angav förvärrade symptom på arbetet, medan ingen av de sju personer med aktuell astmasjukdom

i kontrollgruppen angav det. Badvakterna fick dessutom föra symptomdagbok under två högintensiva dagar med många badande samt under en lågintensiv dag med färre besökare samtidigt som det gjordes stationära mätningar av triklorammin. Totalt fyllde 43 badvakter i symptomdagboken under de högintensiva dagarna och 27 badvakter under den lågintensiva dagen. Under den första högintensiva dagen var medelvärdet för uppmätta lufthalter 0,44 mg/m³. Under den andra högintensiva dagen var endast 20 procent av luftproverna kvantifierbara, dock uppmättes det enskilt högsta mätvärdet (1,06 mg/m³) under denna dag. Under den lågintensiva dagen låg samtliga prover under kvantifieringsgränsen för triklorammin. Under högintensiva dagar var förekomsten av arbetsrelaterade symptom signifikant högre jämfört med den lågintensiva dagen avseende ögonirritation (PR 1,96; 95 % CI: 1,22–3,17) och hosta (PR 2,23; 95 % CI: 1,10–4,52) (justerat för rökvanor, astmatiker exkluderade).

Demange m.fl. (2009) undersökte förekomsten av luftvägsinflammation och bronkiell hyperreaktivitet hos 39 badvakter (10 kvinnor och 29 män) som arbetade vid sex olika inomhuspooler i östra Frankrike. Badvakterna fick besvara ett frågeformulär om tidigare och aktuella symptom från nedre luftvägar, irriterande besvär från ögon och luftvägar relaterade till arbetet samt rökvanor och eventuell allergi. De fick genomgå en lungfunktionsundersökning (spirometri) samt ett metakolintest för att undersöka eventuell bronkiell hyperreaktivitet. Kväveoxidhalten i utandningsluft (FENO), som är en surrogatmarkör för luftvägsinflammation, mättes. Syftet var att undersöka om FENO var associerad med ökad bronkiell hyperreaktivitet bland badvakter som exponeras för irriterande i arbetsmiljön. Kontrollgrupp saknades liksom exponeringsdata. En större andel av kvinnorna var rökare jämfört med männen (40 %/31 %). Arbetsrelaterade symptom var vanligt förekommande bland både kvinnor och män som irritation i ögon (72 %/70 %), näsa (52 %/50 %) och hals (48 %/30 %). Lungfunktion uttryckt som FEV1 (forcerad expiratorisk volym på en sekund) låg över förväntat värde för både kvinnor och män (119 %/121 %). Andelen personer med bronkiell hyperreaktivitet uttryckt som positivt metakolintest var relativt hög (38,5 %) och skiljde sig inte åt mellan kvinnor och män (40 %/38 %). Medianvärdet för FENO låg högre i gruppen med positivt metakolintest (18,9 ppb) jämfört med övriga (12,5 ppb). Författarna drog slutsatsen att mätning av kväveoxidhalt i utandningsluften kan vara användbart för att upptäcka ökad bronkiell hyperreaktivitet hos personer som arbetar i inomhusbad.

Erkul m.fl. (2013) undersökte förekomsten av allergiska näsbesvär

bland simlärare, badvakter och simhallsskötare (n=27, 13 män och 14 kvinnor) vid en inomhusbadanläggning i Turkiet. Kontrollgruppen bestod av 49 personer (22 män och 27 kvinnor) som arbetade i kontorsmiljö. Studiedeltagarna fick genomgå en läkarundersökning inklusive en noggrann genomgång av deras sjukhistoria samt öron-näsa-hals-undersökning. Därefter togs cellprov från näshålan och man gjorde även ett allergitest (pricktest). Inomhusbadet använde klor som desinficeringsmedel, men det gjordes inga mätningar av halten trikloramin i badhusluften. Drygt hälften i den exponerade gruppen och i kontrollgruppen var kvinnor (52 %/55 %) och grupperna var lika även med avseende på ålder. I den exponerade gruppen hade 30 procent av personerna positivt pricktest jämfört med 18 procent i kontrollgruppen, men skillnaden var inte statistiskt signifikant. Den exponerade gruppen hade signifikant ökat antal eosinofila celler i prov från nässlemhinnan som tecken på allergisk inflammation jämfört med kontrollgruppen. Författarna konkluderar att detta kan bero på exponering för luftvägsirriterande ämnen.

Fantuzzi m.fl. (2013) undersökte förekomsten av självrapporterade symtom bland 128 personer som arbetade vid 20 olika inomhuspooler i Emilia-Romagnaregionen i Italien. Samtlig personal fick besvara en enkät med frågor om bland annat arbetsuppgifter, rökvanor, hälsostatus samt hur ofta irriterativa symtom från luftvägar och ögon förekom. Det framgår inte huruvida samband mellan arbete och besvär efterfrågades specifikt. Personer som arbetade som badvakter eller simlärare (81 personer varav 40 män och 41 kvinnor) definierades som exponerade. Övriga anställda (47 personer varav 21 män och 26 kvinnor) som arbetade som receptionister, kontorspersonal, tekniker eller bartenders utgjorde kontrollgrupp. Drygt 30 procent i båda grupperna hade arbetat i inomhusbad mer än 10 år och i övrigt fanns det inte heller några skillnader mellan grupperna avseende kön, ålder och rökvanor. Stationära mätningar av trikloramin visade ett medelvärde på 0,65 mg/m³ med en spridning på 0,20–1,02 mg/m³. Badvakter och simlärare rapporterade i högre grad besvär från ögon och övre luftvägar än övrig badhuspersonal. Den exponerade gruppen delades in i fem subgrupper med stigande exponeringsnivåer från ≤ 0,5 mg/m³ upp till > 0,8 mg/m³ utifrån mätdata. Badhuspersonal som bedömdes vara exponerade för en lufthalt av trikloramin > 0,5 mg/m³ hade en signifikant högre förekomst av rinnsnuva (OR 2,91; 95 % CI: 1,22–6,93), röstförlust (OR 3,56; 95 % CI: 1,60–7,95), röda ögon (OR 3,16; 95 % CI: 1,46–6,82) och kliande ögon (OR 2,23; 95 % CI: 1,04–4,78) jämfört med kontrollgruppen. Det fanns ett tydligt dos-responssamband mellan symtom från övre luftvägar

och ögon och stigande halter av trikloramin i badhusluften. Något sådant samband kunde dock inte påvisas för symptom från nedre luftvägar och astma; antalet personer med självrapporterad astma var dock få. Författarna drog slutsatsen att det av WHO rekommenderade referensvärdet 0,5 mg/m³ för trikloramin är tillräckligt för att skydda badhuspersonal från negativa hälsoeffekter.

Fornander m.fl. (2013) undersökte 146 personer (58 män och 88 kvinnor) anställda som badhuspersonal vid 46 olika inomhusbad i sydöstra Sverige med intervju och frågeformulär avseende arbetsförhållanden och arbetsrelaterade symptom. Cirka en femtedel (17 %) av samtliga arbetstagare rapporterade arbetsrelaterade luftvägssymptom. Det fanns ingen signifikant skillnad mellan kvinnor och män. Förekomsten av luftvägsbesvär var högst (31 %) bland personal med kort anställningstid (1–3 år) och minskade därefter till 6 procent bland de som varit anställda 4–7 år för att återigen öka till 22 procent bland dem som hade arbetat mer än 7 år. Författarna förklarade fyndet med att känsliga personer som upplever besvär sannolikt lämnar yrket inom 3 år medan mindre känsliga personer blir kvar, men att besvärsfrekvensen ökar över tid även i denna grupp. Merparten av de anställda (64 %) som rapporterade luftvägssymtom arbetade vid 6 av de totalt 46 inomhusbaden.

Man valde ut fem av de inomhusbad där en hög andel av de anställda rapporterade besvär (13/20) och fyra inomhusbad där ingen rapporterade några besvär (0/19) för fördjupad undersökning med mätning av halten trikloramin i badhusluften. Parallellt undersöktes badhuspersonalen med mätning av kväveoxidhalten (NO) i utandningsluft som är en surrogatmarkör för luftvägsinflammation, och de fick även besvara ett frågeformulär om bland annat arbetsrelaterade luftvägsbesvär. Medelvärdet för uppmätta nivåer av trikloramin i luft var 0,20 mg/m³ med en spridning på 0,04–0,36 mg/m³ mellan de olika inomhusbaden. Uppmätt NO låg hos merparten av badhuspersonalen (n=39) inom normalintervall (medelvärde 15 ±13 ppb). Det kunde inte påvisas något samband mellan uppmätta halter av trikloramin i badhusluften, uppmätta halter av NO utandningsluft och förekomsten av luftvägssymtom. Totalt 13 personer, varav 9 badhusanställda och 4 friska frivilliga försökspersoner, undersöktes med analys av proteinprofil i nässköljväska. Personer som rapporterade besvär från luftvägarna hade en typisk proteinprofil med högre värden av de inflammatoriska proteinerna alfa-1-antitrypsin och laktoferrin i nässköljväska och lägre värden av protein S100-A8. Författarnas drog slutsatsen att det kan finnas andra faktorer än trikloramin i inomhusmiljön i baden som kan bidra till de upplevda luftvägsbesvären.

Héry m.fl. (1995) mätte halten av triklorammin i sju olika badhus och i fem äventyrsbad i Frankrike (se avsnittet om exponeringsnivåer). Mätutrustningen placerades på platser som bedömdes vara representativa för simlärarnas exponering. Medelvärdet för alla simhallarna var 0,27 mg/m³ med en spridning på 0,15–0,39 mg/m³ mellan de olika simhallarna. Medelvärdet för äventyrsbaden var 0,57 mg/m³ med en spridning på 0,33–1,25 mg/m³ mellan de olika baden. Enligt författarna ombads badhuspersonalen att rapportera eventuella irriterande symptom i samband med att mätningarna utfördes. Badhuspersonalen rapporterade besvär vid en lufthalt av triklorammin från 0,5 mg/m³ och vid 0,7 mg/m³ upplevde samtliga tillfrågade besvär. Antalet personer i badhuspersonalen som deltog i studien redovisas inte och inte heller specifikt vilken typ av irriterande besvär som rapporterades.

Jacobs m.fl. (2007) undersökte besvärsfrekvensen bland badhusanställda vid 38 olika badhus i Nederländerna. Ett frågeformulär skickades ut till de badhusanställda (totalt 1 066 personer), svarsfrekvensen var 59 procent. I enkäten frågades om arbetsförhållanden, levnadsvanor, hälsorelaterade besvär med speciellt fokus på allergier och symptom från luftvägarna. Specifikt efterfrågades symptom som uppträdde under eller direkt efter ett arbetspass. Totalt analyserades enkätsvar från 624 personer (384 (62 %) kvinnor och 240 män). Ett slumpvis urval från allmänbefolkningen (n=2 711) utgjorde kontrollgrupp. Mätningar av triklorammin gjordes vid sex olika badhus; de tre badhus där högst andel av de anställda upplevde brister i inomhusmiljön och de tre badhus där lägst andel av de anställda upplevde brister i inomhusmiljön. Medelvärdet för samtliga mätningar var 0,56 mg/m³ med en spridning på 0,13–1,34 mg/m³. Anställda som bedömdes vara högst exponerade (simlärare) rapporterade i högre grad besvär från övre luftvägar relaterade till arbetet såsom bihålebesvär (OR 2,4; 95 % CI: 1,2–4,9), kronisk förkylning (OR 3,4; 95 % CI: 1,2–10,1) och halsirritation (OR 2,4; 95 % CI: 1,2–4,5) jämfört med en referensgrupp som utgjordes av personal i reception, servering och administration. Även anställda som kombinerade arbetet som simlärare med andra arbetsuppgifter rapporterade i högre grad besvär från övre luftvägar (OR 2,2–3,7). Förekomsten av luftvägssymptom var högre bland de personer som rapporterade brister i inomhusmiljön. Det fanns inget samband mellan uppskattade exponeringsnivåer för triklorammin i badhusluften och förekomst av symptom. Däremot fanns det ett samband mellan beräknad kumulativ exponering och flertalet symptom från övre luftvägar såsom heshet (OR 1,6; 95 % CI: 1,2–2,1), röstförlust (OR 1,5; 95 % CI:

1,1–2,0), bihålebesvär (OR 1,4; 95 % CI: > 1,0–1,8) och rinnsnuva (OR 1,3; 95 % CI: 1,3–1,6). Badhuspersonalen hade en högre förekomst av symptom från de nedre luftvägarna (OR 1,4–7,2) i jämförelse med allmänbefolkningen. Det var också vanligare med läkardiagnosticerad astma (OR 2,1; 95 % CI: 1,5–3,0), astmaanfall (OR 2,6; 95 % CI: 1,5–4,6) och användning av astmamediciner det senaste året (OR 3,6; 95 % CI: 2,4–5,3) bland badhuspersonalen. Författarna drog slutsatsen att försämring av befintlig luftvägssjukdom eller interaktioner mellan luftvägsirriteranter och exponering för allergen sannolikt kan förklara de observerade sambanden.

Massin m.fl. (1998) undersökte förekomsten av irriterativa besvär samt kroniska luftvägssymptom bland 334 badvakter (256 män och 78 kvinnor) som rekryterades från 46 kommunala badhus och 17 äventyrsbad i Frankrike. Studiedeltagarna fick besvara frågor om rökvanor, tidigare och aktuella luftvägssjukdomar samt eventuella irriterativa symptom som uppträdde under arbetet och försvann under lediga dagar via enkät. De fick även genomgå ett lungfunktionstest (spirometri) och ett förenklat metakolintest. Halten av triklorammin i de kommunala badhusen (n=46) hade ett medelvärde på 0,24 mg/m³ och i äventyrsbaden (n=17) var medelvärdet 0,67 mg/m³. Utifrån mätdata indelades badvakterna i fyra olika exponeringsgrupper med stigande exponeringsnivåer från < 0,14 mg/m³ upp till > 0,5 mg/m³. Varje person tilldelades även ett kumulativt exponeringsindex utifrån mätdata och antalet arbetade år. Det fanns ett signifikant dos-responssamband mellan förekomst av irriterativa besvär i ögon, näsa, hals och luftrör i form av torrhosta och stigande halter triklorammin i badhusluften. Det fanns även ett signifikant dos-responssamband mellan irritation i ögon, näsa och hals och kumulativ exponering. Oddskvoter redovisas inte. Oavsett vilket exponeringsmått som användes kunde dock inte något dos-responssamband påvisas för kroniska luftvägsbesvär. Något samband mellan exponering och lungfunktion mätt med spirometri kunde inte heller påvisas. Det var dubbelt så vanligt med ett positivt metakolintest bland kvinnor som bland män (28 %/14 %). Det fanns inget samband mellan exponering och bronkiell hyperreaktivitet mätt som positivt metakolintest. Författarna drar slutsatsen att exponering för triklorammin i inomhusbad innebär en risk för personalen att utveckla irriterativa besvär från ögon och övre luftvägar, men att det är svårt att uttala sig om huruvida det föreligger en risk för utveckling av övergående bronkiell hyperreaktivitet.

Nordberg m.fl. (2012) undersökte förekomsten av besvär från luftvägar och ögon samt astma i en kohort med badhuspersonal i

Sverige. En enkät inkluderande frågor om yrke, arbetsförhållanden, besvär från luftvägar och ögon samt eventuell medicinering för astma skickades till 1 741 personer som svarat att de arbetade i inomhusbad i Folk- och bostadsräkningen 1990. Svarsfrekvensen var 63 procent och det kvarstod då 1 102 personer varav 589 kvinnor och 513 män. Medelåldern i hela gruppen var 51,2±12 år. Det fanns inga mätdata, men utifrån uppgifter om yrkestitel och arbetsförhållanden indelades gruppen i tre exponeringskategorier där kategori 0 utgjordes av personer utan exponering och kategori 2 av personer som tillbringade merparten av sin arbetstid i inomhusbadet. Det fanns ett statistiskt signifikant samband mellan förekomsten av arbetsrelaterade besvär och antalet timmar med vistelse i inomhusbad. De vanligaste rapporterade besvären var irritation i ögon (37 %), näsa (29 %) och hals (24 %) samt hosta (23 %) och andnöd (13 %). Förekomsten av självrapporterade astmaattacker eller medicinering mot astma var statistiskt signifikant högre (12,3 %) hos badhusanställda jämfört med en tidigare studerad kontrollgrupp (RHINE) från Sverige (8,1 %). I kohorten fanns 44 fall av självrapporterad astma som debuterat efter att personen börjat arbeta i inomhusbad och dessa jämfördes i en fall-kontrollstudie med 128 köns- och åldersmatchade kontroller. Personer i kategori 2 hade efter korrektion för ärftlighet en ökad risk för astma (OR 2,3; 95 % CI: 0,8–6,7), dock inte statistiskt signifikant. Författarna konkluderade att deras resultat ger stöd åt tidigare framförda hypoteser att exponering för triklorammin kan ge upphov till akuta symtom från luftvägar och ögon samt bidra till utvecklingen av astma.

Parrat m.fl. (2012) undersökte förekomsten av besvär bland badhuspersonal i Schweiz. Totalt 178 personer (61 kvinnor (34 %) och 117 män) från 30 olika inomhusbad besvarade ett frågeformulär om arbetsförhållanden samt besvär från ögon och luftvägar relaterade till arbetet som uppträtt det senaste året (aktuella besvär) alternativt både tidigare (> 1 år sedan) och det senaste året (kroniska besvär). Kontrollgruppen, som besvarade samma frågeformulär, bestod av 71 personer (33 kvinnor (46 %) och 38 män) som arbetade i kontorsmiljö. Medelvärdet för de uppmätta nivåerna av triklorammin i luft i de 30 inomhusbaderna var 0,114 mg/m³. Enbart 4 inomhusbad hade en genomsnittlig lufthalt som översteg 0,3 mg/m³ och det högsta var 0,52 mg/m³. Förekomsten av irritation i ögon, hals och näsa var signifikant högre hos badhuspersonalen jämfört med kontrollgruppen. Utifrån mätdata indelades badhuspersonalen i tre exponeringsgrupper. Badhuspersonal med högst exponering arbetade i lokaler med lufthalter av triklorammin som var > 0,29 mg/m³ och gruppen med

lägst exponering arbetade i lokaler där lufthalten triklorammin var < 0,1 mg/m³. Den högst exponerade badhuspersonalen hade en signifikant högre förekomst av irritation i ögon (OR 5,6; 95 % CI: 1,3–23,7) och näsa (OR 4,2; 95 % CI: 1,4–13,1) det senaste året. Förekomst av kroniska besvär med irritation i näsan (OR 4,3; 95 % CI: 1,5–12,6) var också vanligare jämfört med kontrollgruppen. Ett kumulativt exponeringsindex beräknades för varje person utifrån mätdata, arbetstid och hur stor del av arbetstiden som tillbringades i lokaler med sannolik exponering för triklorammin. Fem exponeringsgrupper definierades. I den högsta exponeringsgruppen, med en lufthalt triklorammin på 0,2–0,39 mg/m³ i 40 timmar per vecka, var förekomsten av ögonirritation signifikant högre, såväl aktuella besvär (OR 6,3; 95 % CI: 1,4–29,3) som kroniska besvär (OR 4,8; 95 % CI: 1,4–17,2) jämfört med kontrollgruppen. Likaså var det vanligare med irritation i näsan. Både aktuella (OR 4,4; 95 % CI: 1,2–15,2) och kroniska besvär (OR 5,1; 95 % CI: 1,5–17,3) var vanligare i den högsta exponeringsgruppen. Även vid lägre exponering motsvarande lufthalter av triklorammin på 0,1–0,39 mg/m³ var risken för ögonbesvär signifikant ökad. Författarna drog slutsatsen att risken för irriterande besvär ökar signifikant vid lufthalter > 0,3 mg/m³ och föreslog ett gränsvärde på 0,3 mg/m³ för exponering för triklorammin i arbetsmiljön.

Experimentella studier och fallstudier

Nordberg *et al* (2012) undersökte i en svensk studie friska frivilliga personer som under två timmar exponerades för badhusluft under samtidig måttlig fysisk ansträngning omväxlande med vila medan eventuella förändringar i deras lungfunktion noterades. Totalt deltog 51 personer i studien varav 37 tidigare oexponerade externa forskningspersoner (20 män och 17 kvinnor) med en medelålder på 24,5 år samt 14 personer anställda i badhuset (5 män och 10 kvinnor) med en medelålder på 39,9 år. Samtliga deltagare var icke-rökare. Mätningar av triklorammin utfördes personburet; medelvärdet för de 37 externa forskningspersonerna var 0,23 mg/m³ och för de 14 personer som var anställda i badhuset 0,15 mg/m³. Deltagarnas lungfunktion undersöktes med spirometri före och efter exponering. Som kontroll användes exponering för ren filtrerad luft i kammare. Det påvisades en statistiskt signifikant sänkning i deltagarnas lungfunktion efter exponering för badhusluft; för de externa deltagarna både i FEV1 (forcerad expiratorisk volym på en sekund) och FEV% (hur stor del av volymen i % som andas ut under undersökningens första sekund

vid forcerad expiration) och för de badhusanställda enbart i FEV%.

Thickett *et al* (2002) undersökte två badvakter (en kvinna och en man) och en simlärare (kvinna) med misstänkt yrkesastma som följd av exponering för triklorammin vilka kom från tre olika badhus i Storbritannien. Två av personerna hade tidigare fått diagnosen astma och hade även allergiska besvär. De utreddes med lungfunktionsmätningar (PEF, maximal utflödes hastighet) och provokationstest. Två personer hade PEF-kurvor typiska för arbetsrelaterad astma och även positivt provokationstest i kammare vid en lufthalt triklorammin av 0,5 mg/m³. Den tredje personen reagerade med astmasymptom vid exponering för badhusluft på arbetsplatsen. Exponeringsmätningar i inomhusbadet visade att, lufthalterna av triklorammin var 0,1 - 0,57 mg/m³. Författarna konkluderar att exponering för triklorammin kan orsaka yrkesrelaterad astma.

Carcinogena effekter

Inga studier avseende carcinogena effekter av triklorammin bland exponerad badhuspersonal har återfunnits. International Agency for Research on Cancer (IARC) har i sin utvärdering angett kloramin som ej klassificerbar (grupp 3).

Reproduktionseffekter

Inga studier avseende reproduktionseffekter av triklorammin bland exponerad badhuspersonal har återfunnits.

Cytotoxiska effekter

Schmalz m.fl. (2011a) använde ett in vitro-system för bedömning av toxiciteten av triklorammin och badhusluft. I testsystemet användes humana alveolära epitelceller (A-549). I flera laborieförsök exponerades cellerna för trikloramminkoncentrationer på 0,4–40 mg/m³. Som en mått på inflammationsrespons mättes halterna av interleukinerna IL-6 och IL-8. Halter av triklorammin på 20–30 mg/m³ inducerade en kraftig ökning av halten IL-6. För IL-8 sågs en ökning av produktionen i koncentrationer mellan 10 och 30 mg/m³. Samma exponeringssystem placerades sedan ut i ett badhus där luft från badhuset pumpades över cellerna och halten triklorammin i badhuset

mättes. Försöket upprepades två gånger. Vid första försöket uppmättes lufthalten trikloramin till 0,19 och 0,17 mg/m³ på 0,20 respektive 1,50 m över vattenytan. Vid andra försöket var halten 0,16 mg/m³ vid båda mätpunkterna. Cellerna exponerades för badhusluften i 2, 24 eller 48 timmar. Vid exponering i 24 timmar, men inte vid 2 och 48 timmar, fann man en ökad utsöndring av IL-6 för celler som hade blivit exponerade för badhusluft jämfört med celler som hade blivit exponerade för ren luft. Ingen skillnad påvisades för IL-8.

Författarna tolkade resultatet som att luft från badhus kan ge en inflammatorisk reaktion i lungepitelet och att denna reaktion sker vid lägre halter av trikloramin än de man fann i laboratorieförsök med exponering för enbart trikloramin. Enligt författarna indikerar resultatet att det kan finnas andra föroreningar i badhusluften än trikloramin som bidrar till den inflammatoriska responsen.

Diskussion

Exponeringsnivåer och mätning av trikloramin

I 16 av de studier som redovisas i denna kunskapssammanställning har man genomfört stationära mätningar av trikloramin i luft och de visar att uppmätta halter vanligtvis varierar mellan cirka 0,05 till 0,8 mg/m³ med enstaka värden överskridande 1 mg/m³. Äventyrsbad med vattenrutschbanor, vågmaskiner, sprinklers etc. uppvisar de högsta halterna.

De mät- och analysmetoder som använts i redovisade studier för att bedöma lufthalten av trikloramin är relativt ospecifika. Det innebär att andra klorerade luftföroreningar som förekommer i luften i ett badhus kan interferera vid analysen, vilket gör att exponeringen för trikloramin kan överskattas. Andra klorföreningar som kan förekomma i klorerat bassängvatten är dikloroacetonitril (C₂HCl₂N), cyanogenklorid (CNCl) enligt Afifi m.fl. (2015), diklorättiksyra (CHCl₂COOH), triklorättiksyra (CCl₃COOH) enligt Cardador m.fl. (2011) samt dikloramin och diklormetylamin (CH₃NCl₂) enligt Weng m.fl. (2011). Weng m.fl. visade att dikloramin och diklormetylamin interfererar vid den spektrofotometriska analysen utvecklad av Predieri m.fl. (2012) och ger en cirka 2,5-procentig överskattning av lufthalten av trikloramin. Hypoklorit, kloridjoner, mono- eller dikloramin kan ge en överskattning av trikloraminhalten på cirka 10 procent vid provtagning med filtermetoden (Héry m.fl. 1995). Ett eventuellt bidrag av dikloroacetonitril, cyanogenklorid, diklorättiksyra eller triklorättiksyra vid provtagning och analys enligt Predieri eller Héry har inte undersökts. Kloroform (CHCl₃) har identifierats i inomhusluften i svenska badhus (Westerlund m.fl. 2015). Kloroform, som är ett organiskt ämne, ger sannolikt inte något bidrag vid en jonkromatografisk analys och reagerar sannolikt inte heller med kaliumjodid vid användning av Predieri m.fls metod för luftprovtagning av trikloramin.

Halter av luftföroreningar varierar både mellan och inom olika dagar. I flera av studierna har mätning utförts endast en dag per badhus. Upprepade mätningar av trikloramin ger ett bättre underlag för att bedöma exponeringen över tid. I en studie där man utfört mätning på förmiddagar, eftermiddagar respektive kvällar fann man att uppmätta halter var högre på kväll jämfört med förmiddag (Lé-

vesque m.fl. 2015). Detta skulle kunna tyda på att halter byggs upp under dagen till följd av otillräcklig ventilation och/eller ökande belastning av badgäster i bassängen.

I de studier där man relaterat exponeringsdata till hälsobesvär har stationära mätningar utförts med mätutrustning placerad på olika platser i badhuset (vanligen vid bassängkanten) och med en provtagningstid på 1,5 till tre timmar. Man har antagit att den genomsnittshalt av triklorammin som erhållits vid de stationära mätplatserna avspeglar den personliga exponeringen för personalen under en arbetsdag eller under den totala tid som personen arbetat i badhusmiljö. Detta bör bedömas med försiktighet eftersom personalen rör sig mellan olika platser i badhuset där lufthalten kan vara högre eller lägre jämfört med den plats där stationär mätning genomförs. Den enskilde individens exponering kan därför under- eller överskattas utifrån stationära mätningar, vilket är en generell svaghet i redovisade studier och speciellt i de studier där man vill relatera exponeringen till hälsobesvär bland de anställda. Kortvariga mätningar kan dock utföras för att kartlägga halter under särskilda moment där man misstänker att exponeringen är förhöjd, som t.ex. vid vattengymnastik, simträning och tävlingar.

Endast en studie har mätt exponeringen för triklorammin med personburen utrustning (Westerlund m.fl. 2015). I studien fann man att för personal som vistades minst halva arbetstiden inne i simhallen var exponeringen mätt personburet cirka 60 procent av de halter som erhållits från parallella stationära mätningar. Resultatet från denna studie visar att de stationära mätningarna vid bassängkanten överskattade den personliga exponeringen och pekar på vikten av att genomföra personburna mätningar vid exponerings- och hälsoeffektstudier. Upprepade mätningar ger information om eventuella dag-till-dag-variationer i den personliga exponeringen.

Stationära mätningar är av vikt för att kartlägga halter i badhus, identifiera emissionskällor, för att undersöka hur halter varierar över dagen och mellan olika dagar samt för att undersöka hur olika faktorer (ventilation, vattenkvalitet etc.) och aktiviteter i bassängen påverkar halterna. Stationära mätningar kan även utföras vid särskilda aktiviteter som kan antas generera ökad avgång av triklorammin från bassängvattnet. Stationära mätningar är även av vikt för att jämföra halter mellan olika badhus. För personal som är stationerade på samma plats under en stor del av arbetet, t.ex. badvakter, kan stationära mätningar vid bassängkanten sannolikt ge ett relativt bra mått på exponeringen.

Bland de 10 publicerade artiklar som sammanfattas i tabell 5 varie-

rar antalet faktorer som undersökts mellan de olika studierna. Även vilka faktorer man undersökt skiljer sig mellan studierna. Vilka, och hur många, faktorer som undersökts beror sannolikt på vilka uppgifter man haft tillgång till när studien genomfördes.

Den faktor som i flest studier funnits vara korrelerad till halten av trikloram i luft är antal badande (Afifi m.fl. 2015, Bessonneau m.fl. 2011, Chu m.fl. 2013, Fantuzzi m.fl. 2013, Jacobs m.fl. 2007, Weng m.fl. 2011). Klorhalt i bassängvattnet (mätt som fritt eller bundet klor) har i tre av studierna (Chu m.fl. 2013, Fantuzzi m.fl. 2013, Jacobs m.fl. 2007) funnits korrelera med halten trikloram i luft, medan tre andra studier (Bessonneau m.fl. 2011, Lévesque m.fl. 2015, Parrat m.fl. 2012) inte kunde påvisa något samband. Afifi m.fl. (2015) fann att trikloram i luft samvarierade med halten i trikloram i bassängvattnet, medan Catto m.fl. (2012) inte fann någon korrelation med halten kloraminer i vattnet. Utspädning är ett sätt att minska halten föroreningar i badvattnet. I den studie som undersökt detta gav ett ökat inflöde av färskvatten upphov till lägre halter av trikloram i luft (Lévesque m.fl. 2015).

Ventilationen i badhuset har till uppgift att transportera bort luftföroreningar. En lägre luftomsättning (angivet som beräknat antal luftomsättningar per timme) ledde till högre lufthalter av trikloram (Lévesque m.fl. 2015). I studien av Bessonneau m.fl. (2011) fann man ett samband mellan trikloram och årstid, där kallare årstid var associerat med högre halt, vilket antogs avspegla ett minskat friskluftsintag vid lägre utomhustemperatur. I två studier har badhusets storlek (hallvolym respektive takhöjd) relaterats till uppmätt halt av trikloram, där större badhus var associerat med lägre halter (Bessonneau m.fl. 2011, Jacobs m.fl. 2007). I tre studier som undersökt badhus med olika klorerade desinfektionsmedel kunde ingen skillnad i lufthalt av trikloram påvisas (Fantuzzi m.fl. 2013, Jacobs m.fl. 2007, Parrat m.fl. 2012).

Övriga faktorer som undersökts är till exempel de badandes aktivitet, särskilt högintensiva episoder som simtävlingar, om bubbelpool varit igång eller inte, lufttemperatur och relativ luftfuktighet (RH), vattentemperatur och pH.

Dessa studier visar på nödvändigheten av att kartlägga alla de faktorer som kan påverka lufthalten av trikloram i ett badhus innan man genomför mätningar. Med en väl genomarbetad mätstrategi ökar sannolikt möjligheten att få klarhet i vilka faktorer som kan påverka trikloramhalten i badhus och detta kan därmed ligga till grund för att genomföra tekniska eller andra förändringar i syfte att minska personalens exponering för trikloram.

Hälsoeffekter bland badhuspersonal

I de ovan redovisade studierna fann man överlag en ökad förekomst av irriterande besvär från framför allt ögon och övre luftvägar bland personal som arbetar i badhus där det används klorerade desinfektionsmedel jämfört med en icke exponerad kontrollgrupp. I några studier har man även påvisat en ökad förekomst av irriterande besvär i nedre luftvägar bland exponerad badhuspersonal. De genomsnittshalter av triklorammin i luft som anges i de olika studierna varierar från mycket låga, 0,035 mg/m³ (Chu m.fl. 2013) till relativt höga, 0,65 mg/m³ (Fantuzzi m.fl. 2013). I några studier har man påvisat ett dos-responssamband mellan lufthalten triklorammin och besvärsfrekvens. En ökad förekomst av irriterande besvär har påvisats vid lufthalter över 0,5 mg triklorammin/m³ (Fantuzzi m.fl. 2013, Héry m.fl. 1995) och även ner mot 0,3 mg/m³ (Parrat m.fl. 2012) dvs. under WHO:s rekommenderade referensvärde. I dessa studier mättes halten av triklorammin stationärt vid bassängkanten. Som nämnts ovan under rubriken "Personburna mätningar eller stationära mätningar" kan stationära mätningar ibland överskatta den personliga exponeringen. Detta innebär att effekter möjligen uppträder vid lägre nivåer än resultaten antyder.

I några studier kunde man inte påvisa något dos-responssamband mellan lufthalten triklorammin och besvär (Fornander m.fl. 2013, Jacobs m.fl. 2007). Möjliga orsaker till att man inte ser något sådant samband, speciellt vid låga exponeringsnivåer, kan vara att enbart känsliga personer reagerar med besvär (Fornander m.fl. 2013). Graden av fysisk aktivitet under arbetspasset kan påverka exponeringsdosen och vidare kan kortvariga höga exponeringstoppar under arbetspasset (som inte avspeglas i genomsnittshalten) bidra till ökade besvär. I studien av Jacobs m.fl. (2007) rapporterade simlärare eller anställda som kombinerade arbetet som simlärare med andra arbetsuppgifter i signifikant högre grad irriterande besvär i övre luftvägar relaterade till arbetet jämfört med övrig badhuspersonal, men något samband med exponeringsnivån kunde inte visas. Andra faktorer som kan påverka utfallet är hur frågeformuläret distribueras tidsmässigt i förhållande till mätningar av triklorammin och utformningen av frågorna - i några studier har man frågat efter besvär det senaste året och i andra studier efter besvär i anslutning till det senaste arbetspasset. Det kan även finnas andra faktorer i badhusmiljön som kan bidra till besvär bland personalen. Förutom de klorföreningar som nämnts tidigare (se ovan) kan sannolikt även bristande ventilation, hög lufttemperatur och luftfuktighet, endotoxiner, mikroorganismer samt eventuella fuktskador i byggnaden bidra till ökad besvärsfrekvens hos personalen.

I de undersökningar som redovisas där man relaterat hälsoeffekter gentemot exponering för triklorammin har man genomfört stationära mätningar under en del av arbetsdagen (1–3 timmar) och ofta under endast en dag. Detta ger en svaghet i exponeringsbedömningen. Förutom lufthalten triklorammin är det rimligt att anta att även den tid som personalen exponeras påverkar graden av upplevda besvär. I några studier fann man ett dos-responssamband då man förutom lufthalten triklorammin även tog hänsyn till exponeringstid, dvs. kumulativ exponering (Jacobs m.fl. 2007, Massin m.fl. 1998, Nordberg m.fl. 2012, Parrat m.fl. 2012).

I några av studierna fann man en förvärring av luftvägssymtom bland badhuspersonal med befintlig astma (Dang m.fl. 2010, Jacobs m.fl. 2007, Nordberg m.fl. 2012, Thickett m.fl. 2002). Dos-responssamband mellan exponeringsnivåer och symptom från nedre luftvägar och astma har dock inte kunnat påvisas i de få studier som studerat detta (Fantuzzi m.fl. 2013, Massin m.fl. 1998). En orsak kan vara att inte tillräckligt många personer med astma deltog i studierna. Personer med astma kan ha olika benägenhet att reagera med besvär vid exponering för luftvägsirriterande ämnen och denna känslighet kan också variera över tid hos samma person. I några studier undersökte man eventuell påverkan på nedre luftvägar med objektiva test på lungfunktion, bronkiell hyperreaktivitet och kronisk inflammation i luftvägar, men man fann inget samband med exponeringsnivåerna. Det finns indikationer på att exponering för triklorammin kan orsaka en tillfällig påverkan på lungfunktionen samt orsaka astma även hos tidigare luftvägsfriska personer (Nordberg m.fl. 2012).

I majoriteten av studierna har man använt självskattade symptom som utfallsmått. Detta innebär en risk för att effekterna överskattas i de fall där exponerade personer tenderar att rapportera besvär i högre grad än personer i motsvarande kontrollgrupp. Känsliga personer som upplever besvär i badhusmiljö lämnar sannolikt yrket tidigt (Fornander m.fl. 2013, Nordberg m.fl. 2012), vilket kan leda till att de negativa hälsoeffekterna av exponering för triklorammin underskattas ("healthy worker effect").

Slutsatser

- Halten trikloramin i badhus varierar stort, men ligger oftast i intervallet 0,05–0,8 mg/m³. Faktorer som visats påverka halten i luft är bl.a. antal badande, halten fritt och bundet klor i vattnet samt ventilationen i badhuset.
- Personal som arbetar i badhus där det används klorerade desinfektionsmedel rapporterar överlag en ökad förekomst av irriterande besvär från framför allt ögon och övre luftvägar jämfört med en icke exponerad kontrollgrupp.
- Dos-responssamband mellan lufthalten trikloramin och självskattade irriterande besvär har påvisats i några studier. Hälsobesvär har påvisats vid lufthalter ner mot 0,3 mg/m³, dvs. under WHO:s rekommenderade referensvärde.
- Stationära mätningar kan överskatta den personliga exponeringen, vilket i så fall innebär att hälsoeffekter som påvisats kan uppträda vid lägre halter än resultaten antyder.
- Exponerad personal med befintlig astma rapporterar en förvärring av luftvägssymtom, och det finns även indikationer på att exponering för trikloramin kan orsaka astma hos tidigare luftvägsfriska personer.
- Med hänsyn till hälsoaspekter för personal och besökare bör man eftersträva att hålla halten trikloramin så låg som möjligt.
- De mätmetoder som används vid exponeringsmätningar av trikloramin är relativt ospecifika och kan ge en överskattning av uppmätt halt orsakad av interferens från andra oorganiska klorföreningar eller kloridjoner.

Åtgärder i arbetsmiljön

Uppföljning av om åtgärderna i den fysiska arbetsmiljön är tillräckliga är en del av det systematiska arbetsmiljöarbetet (AFS 2001:1). I föreskrifterna Kemiska arbetsmiljörisker (AFS 2014:43) specificeras kraven på ett systematiskt arbetsmiljöarbete avseende kemiska risker. Där ingår bl.a. skyldigheterna att undersöka och bedöma risker, vidta riskbegränsande åtgärder, planera olycksberedskap och ta fram dokumentation.

Ventilationen i badhus

Andelen återluft bör vara så låg som möjligt i denna miljö. Inställt återluftflöde bör kontrolleras dagligen. En studie (Weng m.fl. 2011) visade att forcerad ventilation med utsug nära vattenytan väsentligen reducerade halten av trikloramin i luft.

Mätning av lufthalten av trikloramin

För att bedöma faktorer som påverkar lufthalten av trikloramin kan mätningar genomföras enligt ett mätprogram utarbetat av arbetsmiljöansvarig vid simhallen i samarbete med den tekniska företagshälsovården. Mätningar bör genomföras personburet vid bedömning av den enskilde individens exponering och förslagsvis under en hel arbetsdag. Personburen mätning kan även genomföras under en del av en arbetsdag exempelvis vid arbete vid bubbelpool eller andra moment där exponeringen kan vara relativt hög och akuta irritativa effekter kan uppkomma. Stationära mätningar kan genomföras för att studera olika faktorer påverkan på lufthalten av trikloramin. Det föreslås att antalet badande noteras, liksom ventilationsparametrar i form av bland annat andelen återluft. Eftersom halten av fritt och bundet klor analyseras dagligen i svenska badhus bör dessa data samlas in under mätperioden och användas för att undersöka en eventuell korrelation till lufthalten av trikloramin tillsammans med ventilationsparametrar, antalet badande och andra relevanta faktorer. Stationära mätningar kan genomföras vid tilluftsdon eller i återluftskanal för att undersöka om trikloramin återförs till lokalerna om återluft används.

Maskinrum och utrymmen där filter är lokaliserade bör särskilt undersökas avseende lufthalten av trikloramin eftersom det kan finnas risk för en spridning av trikloramin från filter, speciellt öppna sandfilter. Man bör även undersöka om tilluften till dessa rum utgörs av friskluft utifrån eller av luft från andra delar av badhuset. Dessa rum är ofta av mindre storlek och placerade under marknivå. Personal kan vistas en betydande del av arbetsdagen i dessa utrymmen.

Personlig skyddsutrustning: andningsskydd

Vid arbete i reningsanläggning i samband med filterbyte, returspolning m.m. kan exponeringen för trikloramin sannolikt bli relativt hög. Det finns dock inga studier avseende personlig exponering vid dessa arbetsmoment som kan verifiera detta antagande. Ett förslag är att andningsskydd med kolfilter används för att minimera exponeringen vid dessa arbetsmoment.

Personlig hygien bland badgäster

Den personliga hygien bland de som badar i inomhusbassängen är viktig för att minimera tillförseln av föroreningar till badvattnet. Att upplysa badgästerna om nödvändigheten av att duscha och tvätta sig innan man badar är en viktig förebyggande åtgärd i simhallar.

Utspädning och cirkulering av vattnet

Flockning, filtrering och desinfektion räcker inte till för att rena badvattnet från alla föroreningar. En kontinuerlig tillförsel av rent vatten, inte mindre än 30 liter per badande rekommenderas. God cirkulering av badvattnet ökar förutsättningen för att hela vattenvolymen i bassängen förses med friskt desinficerat och filtrerat vatten. Renat och friskt vatten måste nå ut till hela bassängen och förorenat vatten föras bort. Det rekommenderas att cirka 75–80 procent av vattnet som förs bort ur bassängen tas från ytskiktet medan återstoden tas från den nedre delen av bassängen (WHO 2006).

Rengöring av bassäng

Bottensugning används regelbundet enligt rutiner för att rengöra bassängbotten. Bassängen bör tömmas och rengöras från fasta fällningar på botten och på väggarna med regelbundenhet (Socialstyrelsen, WHO).

Städning

Vid rengöring av golvytor och andra ytor inne i simhallen bör man undvika att använda kväveinnehållande ämnen. Rester av kväveinnehållande rengöringsmedel kan rinna ned i bassängvattnet och tillföra kväve vilket reagerar med klorerat desinfektionsmedel med bildning av triklorammin som följd.

Badhusets belastning

Det är ofta ett stort tryck på landets badhus – simskolor, skolklasser, simklubbar, motionärer (simning är en mycket populär motionsform), vattengymnastik, olika vattensporter, babysim, rehabiliteringsbad m.m. behöver tillgång till badhus. Simkunnighet och motion är mycket viktigt ur ett samhällsperspektiv. En hög belastning av badande ställer stora krav på reningsystemet och skötsel av badhuset. Det är viktigt med hänsyn till såväl personalens som simmares hälsa att belastningen anpassas till badhusens kapacitet och vice versa.

Framtida forskningsbehov

Mät- och analysmetoder

Nuvarande mätmetoder för kloraminer bygger på pumpad filterprovtagning där kloraminer reduceras till hypoklorit med efterföljande analys av kloridjoner med jonkromatografi, eller på pumpad provtagning genom impingerflaska med reagenslösningar i vilken kloraminer reagerar med ett färgreagens. Metoderna är relativt ospecifika och eftersom andra klorföreningar och kloridjoner kan förekomma i badhusluften finns risk att exponeringen för kloraminer överskattas. En metodutveckling för provtagning och analys av kloraminer som resulterar i att man kan kvantifiera halten av mono-, di- respektive triklorammin var för sig bör genomföras.

Diffusionsprovtagning bygger på principen att det ämne man vill mäta diffunderar in i en provtagare och binds till en adsorbent. Diffusionsprovtagare är små och lätta att använda och arbetstagaren behöver då inte bära en pump. Ett framtagande av en diffusionsprovtagare för kloraminer föreslås.

Andra klorerade luftföroreningar i badhusluft

Studien genomförd av Schmalz m.fl. (2011a) där man exponerat humana lungeepitelceller för luften i ett badhus indikerar att det finns andra ämnen utöver triklorammin i inomhusluften i simhallar som kan ge en toxisk påverkan på dessa celler. Ämnen som nämns är dikloroacetonitril, cyanogenklorid, diklorättiksyra, triklorättiksyra och diklormetylamin (Afifi m.fl. 2015, Cardador m.fl. 2011, Weng m.fl. 2011). Identifiering och kvantifiering av dessa ämnen bör genomföras i svenska simhallar.

Hälsoeffektstudier

De undersökningar som redovisas i denna kunskapssammanställning avseende relationen mellan exponering för triklorammin och hälsoeffekter bygger på stationära mätningar av halten triklorammin i luft. Stationära mätningar kan ge en över- eller underskattning av

den personliga exponeringen. Detta kan innebära att dos-effekt- eller dos-responsförhållandet avseende exponering för trikloramin och hälsoutfall blir svårbedömt. Vi föreslår att fler studier genomförs i badhus med en design av personburna mätningar gentemot observerade hälsoeffekter.

I de flesta studier som redovisas här har man undersökt subjektivt rapporterade besvär. Man bör genomföra studier med objektiva utfallsmått. Det bör genomföras större kohort/fall-kontrollstudier med tillräcklig statistisk "power" för att studera t.ex. relationen mellan exponering för trikloramin och astma. Vi föreslår även att man bör studera hälsomässiga utfall efter upphörd exponering.

I en del studier som redovisas i denna sammanställning har man undersökt kvinnor och män, men inte redovisat hälsoutfallet för män eller kvinnor var för sig. Studier där man redovisar hälsoutfall bland kvinnliga respektive manliga arbetstagare bör genomföras. Studier av akuta effekter hos människa orsakade av trikloramin bör genomföras vid kontrollerade kammarexponeringar.

Biologiska markörer

Ett fåtal studier avseende biomarkörer för trikloramin och relation till biologiska effekter hos människa har genomförts. Demange m.fl. (2009) och Fornander m.fl. (2013) mätte FENO i utandningsluft. Demange m.fl. fann att FENO var associerat med ett positivt metakolintest medan Fornander m.fl. inte fann något samband mellan FENO i utandningsluft och luftvägssymtom. Fler studier som studerar samband mellan FENO och luftvägsbesvär bland badhuspersonal bör därför genomföras.

Fornander m.fl. (2013) analyserade förutom FENO även proteiner i nässköljvätska och fann att personer som rapporterade besvär från luftvägarna hade högre värden av de inflammatoriska proteinerna alfa-1-antitrypsin och laktoferrin, men även lägre värden av proteinet S100-A8. Fler studier med analys av dessa proteiner i nässköljvätska bör genomföras för att få ett bättre underlag vad gäller halten av proteiner i nässköljvätska i relation till luftvägsbesvär bland trikloraminexponerad personal i badhus. Erkul m.fl. (2013) tog cellprov i nässlemhinnan från simlärare, badvakter och simhallsskötare som arbetade i ett badhus med klorerat bassängvatten. Dessa individer hade ett signifikant ökat antal eosinofila celler i nässlemhinnan som ett tecken på allergisk inflammation jämfört med en icke exponerad kontrollgrupp. Detta indikerar enligt författarna att de

är exponerade för luftvägsirriterande ämnen i badhuset, men inga exponeringsmätningar gjordes som kan verifiera detta antagande. Studier med analys av eosinofila celler i näslemhinnan bland anställda i svenska badhus föreslås.

Studier avseende biologiska markörer rekommenderas att genomföras under kontrollerade förhållanden i exponeringskammare samt även i badhusmiljö för verifiering av resultat funna vid kammarexponeringarna.

Eliminationstekniska åtgärder

Det saknas studier avseende kostnadseffektiva lösningar av vattenrening med olika typer av filter eller andra sätt att rena bassängvatten från olika typer av föroreningar. Det saknas även studier avseende kostnadseffektiva ventilationstekniska lösningar i badhus. Sådana studier föreslås genomföras.

Referenser

- Affifi m.fl. (2015). Seasonal dynamics of water and air chemistry in an indoor chlorinated swimming pool. *Water Research* 68: 771–783.
- AFS 2011:18. Hygieniska gränsvärden. Arbetsmiljöverket, Stockholm 2011.
- AFS 2001:1. Systematiskt arbetsmiljöarbete. Arbetsmiljöverket, Stockholm 2001.
- AFS 2011:19. Kemiska arbetsmiljörisker. Arbetsmiljöverket, Stockholm 2011.
- ANSES (2012). Évaluation des risques sanitaires liés aux piscines. Partie I: piscines réglementées. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. www.anses.fr.
- Bernard m.fl. (2003). Lung hyperpermeability and asthma prevalence in schoolchildren: unexpected associations with the attendance at indoor chlorinated swimming pools. *Occup Environ Med*. Jun; 60(6):385–94.
- Bernard m.fl. (2006). Chlorinated pool attendance, atopy, and the risk of asthma during childhood. *Environ Health Perspect*. Oct; 114(10):1567–73.
- Bessonneau m.fl. (2011). Determinants of chlorination by-products in indoor swimming pools. *Int J Hyg Environ Health* Vol. 215(1); 76–85.
- Bonvallot m.fl. (2010). Derivation of a toxicity reference value for nitrogen trichloride as a disinfection by-product. *Regul Toxicol Pharmacol* Vol 56(3); 357–364.
- Bowen m.fl. (2007). Outbreak of short-incubation ocular and respiratory illness following exposure to indoor swimming pools. *Environ Health Perspect*. Feb; 115(2):267–271.
- Cardador m.fl. (2011). Haloacetic acids in swimming pools: Swimmer and worker exposure. *Environ & Tech* 45: 5783–5790.
- Catto m.fl. (2012). Occurrence and spatial and temporal variations of disinfection by-products in the water and air of two indoor swimming pools. *Int J Environ Res Public Health* Vol. 9; 2562–2586.
- Chu m.fl. (2013). Occupational exposures of airborne trichloramine at indoor swimming pools in Taipei. *Sci Total Environ* Vol. 461–462; 317–22.
- Dang m.fl. (2010). Ocular and respiratory symptoms among lifeguards at a hotel indoor waterpark resort. *J Occup Environ Med*. Vol. 52(2); 207–213.
- Demange m.fl. (2009). Exhaled nitric oxide and airway hyper responsiveness in workers: a preliminary study in lifeguards. *BMC Pulmonary Medicine*, 9:53.
- Erkul m.fl. (2013). Effects of indoor swimming pools on the nasal cytology of pool workers. *J Laryngol Otol*; 1–5.
- Fantuzzi m.fl. (2013). Airborne trichloramine (NCl₃) levels and self-reported health symptoms in indoor swimming pool workers: dose-response relationships. *J Expo Sci Environ Epidemiol* Vol. 23; 88–93.
- FoHMFS 2014:12. Folkhälsomyndighetens allmänna råd om bassängbad. Folkhälsomyndighetens författningssamling. Stockholm 2014.
- Fornander m.fl. (2013). Airway irritation among indoor swimming pool personnel: trichloramine exposure, exhaled NO and protein profiling of nasal lavage fluids. *Int Arch Occup Environ Health*. Vol. 86; 571–580.

- Gagnaire m.fl. (1994). Comparison of the sensory irritation response in mice to chlorine and nitrogen trichloride. *J Appl Toxicol* Vol. 14(6); 405–409.
- Héry m.fl. (1995). Exposure to chloramines in the atmosphere of indoor swimming pools. *Ann Occup Hyg* Vol. 39 (4); 427–439.
- Holzwarth m.fl. (1984). The fate of chlorine and chloramines in cooling towers. *Water Res* Vol 18 (11); 1421–1427.
- IARC Monographs, Volume 84 (2004), Lyon France. ISBN 92832 1284-3, ISSN 1017-1606.
- IVL-Rapport B 2231 Aktiva badhus (2015). Alemark m.fl. www.ivl.se. Finns endast som PDF-fil.
- Jacobs m.fl. (2007). Exposure to trichloramine and respiratory symptoms in indoor swimming pool workers. *Eur Respir J* Vol. 29; 690–698.
- Lévesque m.fl. (2015). Investigation of air quality problems in an indoor swimming pool: A case study. *Ann Occup Hyg* doi:10.1093/annhyg/mev038
- Massin m.fl. (1998). Respiratory symptoms and bronchial responsiveness in lifeguards exposed to nitrogen trichloride in indoor swimming pools. *Occup Environ Med* Vol. 55; 258–263.
- Nordberg m.fl. (2012). Lung function in volunteers before and after exposure to trichloramine in indoor pool environments and asthma in a cohort of pool workers. *BMJ Open* 2:e 000973.
- Parrat m.fl. (2012). Assessment of occupational and public exposure to trichloramine in Swiss indoor swimming pools: a proposal for an occupational exposure limit. *Ann Occup Hyg* Vol. 56(3); 264–277.
- Predieri m.fl. (2012). Determination of nitrogen trichloride (NCl₃) levels in the air of indoor chlorinated swimming pools: an impinger method proposal. *Int J Environ Anal Chem* Vol. 92(6); 645–654.
- Schmaltz m.fl. (2011a). Application of an optimized system for the well-defined exposure of human lung cells to trichloramine and indoor pool air. *J Water Health* Vol. 9(3); 586–596.
- Schmaltz m.fl. (2011b). Trichloramine in swimming pools – formation and mass transfer. *Water Res* Vol. 45; 2681–2690.
- Socialstyrelsen (2006). Bassängbad. Hälsorisker, regler och skötsel. Socialstyrelsen, Stockholm. ISBN: 91-85482-03-X.
- Thickett m.fl. (2002). Occupational asthma caused by chloramines in indoor swimming-pool air. *Eur Respir J* Vol. 19:827–832.
- WHO 2006. Guidelines for safe recreational water environments. Volume 2. Swimming pools and similar environments. WHO. Geneva, Switzerland. ISBN 92 4 154680 8.
- Weng m.fl. (2011). Dynamics of gas-phase trichloramine (NCl₃) in chlorinated, indoor swimming pool facilities. *Indoor Air* Vol. 21; 391–399.
- Westerlund m.fl. (2015). Occupational exposure to trichloramine and trihalomethanes in Swedish indoor swimming pools: Evaluation of personal and stationary monitoring. *Ann Occup Hyg* doi:10.1093/annhyg/mev045.
- www.selectech.co.za.
- www.syclope.fr.

Bilaga 1

Tabell 4. Lufthalter av trikloramamin i badhus

Artikel	Land	Typ av badhus (antal)	Årstid	Mätprojektets omfattning, tid på dagen (om anges)	Mätmetod	Provtagningstid	Mätplatser (totalt antal prover)	Uppmätta lufthalter trikloramamin (mg/m ³)
Afifi 2015	USA	High-school simhall (1 st.)	Sep-maj	Dagligen, 5 dagar/vecka under ett läsår	Impingermetod (Aggazzotti, 2007)	Anges ej	Vid bassängkant (anges ej)	AM: 0,15 Min-max: < 0,01-0,62
Bessonneau 2011	Frankrike	Allmän simhall (15 st.)	Vinter och sommar	8 mätningar/simhall 1 hög- resp. 1 lågintensiv dag/säsong, fm och em	Filtermetoden (Héry 1995)	3 tim	3 mätplatser/hall 2 st. vid bassängkant samt 1 st. 0,25 m över vattenytan (360)	GM: 0,19 Min-max: 0,02-1,26 Ingen skillnad mellan mätningar på 1,5 m och 0,25 m över vattenytan, alla resultat samman-slagna för beräkningar.
Catto 2012	Kanada	Allmän simhall (2 st.)	Sommar	Daglig mätning under 2 veckor, fm och em	Filtermetoden (Héry 1995)	2 tim	Vid bassängkant (37)	Badhus A: AM: 0,22 Min-max: 0,11-0,35 Badhus B: AM: 0,14 Min-max: 0,08-0,21
Chu 2013	Taiwan	Allmän simhall (6 st.) Skolsimhall (4 st.) (Totalt 10 st.)	April-okt	1 mätning/simhall	Filtermetoden (Héry 1995)	1,5 tim	Bassängområdet 5 mätplatser i 8 av 10 badhus (54)	Min-max (AM): 0,021-0,066 Min-max: 0,017-0,15 Vanliga bassänger: AM: 0,035 Spapooler: AM: 0,059
Dang 2010	USA	Äventyrsbad (1 st.)	Vår	2 högintensiva dagar och 1 lågintensiv dag	Filtermetoden (Héry 1995)	8 tim (2 x 4 tim)	Bassängområdet, 8 mätplatser (99)	Högint. dag 1: AM: 0,44 Min-max: < LOQ-0,66 Högint. dag 2: AM: - Min-max: < LOQ-1,06 Lågint. dag: alla < LOQ

Artikel	Land	Typ av badhus (antal)	Årstid	Mätprojektets omfattning, tid på dagen (om anges)	Mätmetod	Provtagningsstid	Mätplatser (totalt antal prover)	Uppmätta lufthalter trikloramín (mg/m ³)
Fantuzzi 2013	Italien	Allmän simhall (20 st.)	Vinter	1 mätning/simhall, fm	Impingermetod (Predieri 2012)	100 min	Vid bassängkant (20)	AM: 0,65 Min-max: 0,20–1,02
Fornander 2013	Sverige	Allmän simhall (6 st.) Äventyrsbad (3 st.)	Vinter	1 mätning/simhall	Filtermetoden (Héry 1995)	3 tim	Vid bassängkant 3 platser/simhall (27)	AM: 0,20 Min-max (AM): 0,04–0,36
Héry 1995	Frankrike	Allmän simhall (7 st.) Äventyrsbad (5 st.)	Anges ej	2 dagar i följd (2 äventyrsbad 2 x 2 dagar)	Filtermetoden (Héry 1995)	≤ 3 tim (flera mätningar i följd under dagen)	Bassängområdet där personal vistades (anges ej)	Allmän: AM: 0,27 Min-max (AM): 0,15–0,39 Äventyr: AM: 0,57 Min-max (AM): 0,33–1,25
Jacobs 2007	Nederländerna	Allmän simhall (6 st.)	Anges ej	1 mätdag/simhall (5 st.) samt 5 mätdagar (1 st.)	Filtermetoden (Héry 1995)	3 x 2 tim	Vid bassängkant (119)	AM: 0,56 Min-max: 0,13–1,34
Lévesque 2015	Kanada	Allmän simhall (1 st.)	Höst-vinter	7 veckor fm, em och kväll	Filtermetoden (Héry 1995)	3 tim	Vid bassängkant (26)	AM: 0,38 Min-max: 0,11–0,70
Massin 1998	Frankrike	Allmän simhall (46 st.) Äventyrsbad (17 st.)	Anges ej	1 mätning/simhall	Filtermetoden (Héry 1995)	3–4 tim	Bassängområdet där personal vistades (1 262)	Allmän: AM: 0,24 Äventyr: AM: 0,67
Nordberg 2012	Sverige	Allmän simhall (7 st.) Äventyrsbad (3 st.)	Vinter och sommar	6 mätdagar/simhall	Filtermetoden (Héry 1995)	3 tim	Vid bassängkant 3–4 prover/hall (129)	Min-max (AM): 0,09–0,32 AM (alla): 0,21
Parrat 2012	Schweiz	Allmän simhall (10 st.) Rehabbad (11 st.) Skolor (8 st.)	Vinter	1 mätning/simhall	Filtermetoden (Héry 1995)	2 tim	Vid bassängkant ≥ 4 prover/hall (146)	AM: 0,114 Median: 0,07

Artikel	Land	Typ av badhus (antal)	Årstid	Mätprojektets omfattning, tid på dagen (om anges)	Mätmetod	Provtagningstid	Mätplatser (totalt antal prover)	Uppmätta lufthalter trikloramín (mg/m ³)
Thickett 2002	Storbritannien	Allmän simhall (1 st.)	Anges ej	2 mätdagar	Filtermetoden (Héry 1995)	Anges ej	Bassängområdet (15)	Simbassäng: 0,10–0,31 Undervisningsbassäng: 0,23–0,57
Weng 2011	USA	Allmän simhall (3 st.) samt high-school-simhall (1 st.)	Bad A: Sommar. Övriga bad anges ej	Bad A: 2 mån, fm och em. Bad B-C: 1 högtintensiv dag	Impingermetod (Aggazzotti 2007)	30 min Högint. dag: Upprepade mätningar (å 30 min)	Bassängområdet (anges ej)	Badhus A: upp till 0,7 Badhus B-C: från 0,2–0,7 (halterna ökade under simtävling)
Westerlund 2015	Sverige	Allmän simhall (8 st.)	Vinter	1 mätning/simhall – dag och kväll	Filtermetoden (Héry 1995)	2–10 tim	Personburet på personal i simhall (21) Stationärt vid bassängkant (93)	Personburet AM: 0,11 Min–max: 0,05–0,24 Stat: Min–max (AM): 0,15–0,37
Johannesson opubl.	Sverige	Allmän simhall (30 st.) Äventyrsbad (7 st.) Rehab-bad (12 st.)	Alla årstider. Ca 70 % av proverna tagna okt–mars	1–6 mätdagar/simhall	Filtermetoden (Héry 1995)	1–8 tim	Vid bassängkant Allmän simhall (273), äventyrsbad (53), rehab-bad (68)	Allmän GM: 0,13 Min–max (GM): 0,02–0,29 Äventyrsbad GM: 0,20 Min–max (GM): 0,03–0,40 Rehab-bad GM: 0,03 Min–max (GM): 0,002–0,33

-Min–max: Minsta respektive högsta enskilda mätvärde i studien

Min–max (AM): Minsta respektive högsta aritmetiska medelvärde för en simhall

Min–max (GM): Minsta respektive högsta geometriska medelvärde för en simhall

Tabell 5. Faktorer som påverkar halten av trikloramin i badhus

Artikel	Land	Typ av badhus (antal)	Faktorer som undersöktes	Faktorer som ökade halten trikloramin i luft	Faktorer som minskade halten trikloramin i luft
Afifi 2015	USA	Skolsimhall (1 st.)	Antal badande, trikloramin i vattnet	Fler antal badande Högre halt trikloramin i vattnet	
Bessonneau 2011	Frankrike	Allmän simhall (15 st.)	Antal badande, tid på dagen för mätning, årstid, hallvolym, lufttemp., vattentemp., klor i vattnet (fritt, bundet, totalt), pH	Fler antal badande Kallare årstid Högre lufttemperatur	Större hallvolym Högre pH
Catto 2012	Kanada	Allmän simhall (2 st.)	Kloraminer i vattnet		
Chu 2013	Taiwan	Allmän simhall (6 st.) Skolsimhall (4 st.)	Antal badande, klor i vattnet (fritt, bundet, totalt)	Fler antal badande Högre halt fritt klor	
Fantuzzi 2013	Italien	Allmän simhall (20 st.)	Antal badande, klor i vattnet (fritt, bundet), pH, lufttemp., vattentemp., RH, ventilationshastighet, desinfektionsmedel	Fler antal badande Högre halt bundet klor	
Héry 1995	Frankrike	Allmän simhall (7 st.) Åventyrsbad (5 st.)	Ventilation (minimal resp. maximal återluft), bubbelpool på/av	Bubbelpool på	Minimal mängd återluft
Jacobs 2007	Nederländerna	Allmän simhall (6 st.)	Antal badande, klor i vattnet (fritt), takhöjd, lufttemp., RH, desinfektionsmedel	Fler antal badande Högre halt fritt klor	Högre takhöjd
Lévesque 2015	Kanada	Allmän simhall (1 st.)	Antal badande, tid på dagen för mätning, klor i vattnet (fritt, bundet), luftomsättning (beräknad), färskvatteninflöde	Tid på dagen (kväll > fm)	Ökat färskvatteninflöde Ökad luftomsättning
Parrat 2012	Schweiz	Allmän simhall (10 st.) Rehabbad (11 st.) Skolsimhall (8 st.)	Typ av badhus, desinfektionsmedel, klor i vattnet (fritt, bundet), urea		
Weng 2011	USA	Allmän simhall (3 st.) Skolsimhall (1 st.)	Antal badande, trikloramin i vattnet, forcerat punktutsug i golvnivå	Fler antal badande Hög aktivitet (simtävling)	Forcerat punktutsug

Tabell 6. Effekter av yrkesmässig exponering för kloraminer i inomhusbassänger

Artikel	Typ av studie	Exponerad grupp	Kontrollgrupp	Exponeringsnivåer (medelvärde lufthalt trikloraminn mg/m ³) ^{1,2}	Utfallsmått	Resultat
Chu 2013	Tvårsnittundersökning, Taiwan	Badvakter och simlärare (61 st., 36 män och 25 kvinnor)	Övrig badhuspersonal (43 st., 15 män och 28 kvinnor)	Vanliga bassänger: 0,035 Spapooler: 0,059	Frågeformulär (symptom)	Förekomst av irriterande symptom överlag högre i den exponerade gruppen; skillnaden var statistiskt signifikant för halsirritation (OR 11,28) och slembildning (OR 4,22).
Dang 2010	Tvårsnittundersökning, USA	Badvakter (69 st., 37 män och 32 kvinnor)	Övrig badhuspersonal (74 st., 24 män och 50 kvinnor)	0,44 (högintensiv dag)	Frågeformulär (symptom)	Förekomsten av arbetsrelaterade symptom från nedre luftvägar (PR 6,70–10,24), irritation i hals PR (11,8) näsa (PR 3,54) och ögon (PR 8,99) var signifikant högre i den exponerade gruppen. Under högintensiva dagar signifikant högre förekomst av ögonirritation (PR 1,96) och hosta (PR 2,23) bland badhuspersonalen jämfört med den lågintensiva dagen.
Demange 2009	Tvårsnittundersökning, Frankrike	Badvakter (39 st., 29 män och 10 kvinnor)	Saknas	Saknas	Frågeformulär (symptom), spirometri, metakolintest, FENO	Irriterande symptom från ögon, näsa och hals relaterade till arbetet var vanligt förekommande (30–72 %). Lungfunktion uttryckt som FEV1 låg högre än förväntat och förekomsten av bronkiell hyperreaktivitet (positivt metakolintest) var relativt hög bland badvakterna (38,5 % (män 37,9 %, kvinnor 40 %)). FENO var associerat med positivt metakolintest.
Erkul 2013	Tvårsnittundersökning, Turkiet	Badhuspersonal (27 st., 13 män och 14 kvinnor)	Kontorsarbetare (49 st., 22 män och 27 kvinnor)	Saknas	Nasal cytologi Pricktest	Den exponerade gruppen hade signifikant ökat antal eosinofila celler i nasal cytologi jämfört med kontrollgruppen samt i högre grad positivt prick-test (30 %/18 %) dock ingen signifikant skillnad.

Artikel	Typ av studie	Exponerad grupp	Kontrollgrupp	Exponeringsnivåer (medelvärde lufthalt trikloramin mg/m ³) ^{1,2}	Utfallsmått	Resultat
Fantuzzi 2013	Tvårsnittundersökning, Italien	Badvakter och simlärare (81 st., 40 män och 41 kvinnor)	Övrig badhuspersonal (47 st., 21 män och 26 kvinnor)	0,65	Frågeformulär (symptom)	Badhuspersonal exponerade för lufthalter trikloramin > 0,5 mg/m ³ hade en högre förekomst av rinnsnuva (OR 2,91), röstförlust (OR 3,56), röda ögon (OR 3,16) och kliande ögon (OR 2,23) jämfört med kontrollgruppen. Dos-responssamband påvisat mellan lufthalten trikloramin och symptom från ögon och övre luftvägar, men inte för nedre luftvägar.
Fornander 2012	Tvårsnittundersökning, Sverige	Badhuspersonal (39 st.)	Saknas	0,20	Frågeformulär (symptom) FENO Analys av nässköljvätska	Inget samband mellan uppmätta halter av trikloramin i badhusluften och förekomst av luftvägssymtom och uppmätt NO bland badhuspersonalen. Personer som rapporterade besvär från luftvägarna hade högre värden av de inflammatoriska proteinerna alfa-1-antitrypsin och laktoferrin i nässköljvätska samt lägre värden av protein S100-A8.
Héry 2007	Tvårsnittundersökning, Frankrike	Simlärare (uppgifter saknas om antal, kön och ålder m.m.)	Saknas	Badhus: 0,27 Äventyrsbad: 0,57	Symptom (uppgifter om metod saknas)	Badhuspersonalen började rapportera besvär vid en lufthalt av trikloramin på 0,5 mg/m ³ och när lufthalten kom upp till 0,7 mg/m ³ rapporterade i stort sett samtliga besvär.
Jacobs 2007	Tvårsnittundersökning, Nederländerna	Badhuspersonal (624 st., 384 kvinnor och 240 män)	Allmänbefolkning (2 711 st)	0,56	Frågeformulär (symptom)	Anställda med högst exponering (simlärare) hade en signifikant högre förekomst av besvär från övre luftvägar (OR 2,4–3,4), kronisk förkylning (OR 3,4) jämfört med kontrollgruppen. Det fanns inga samband mellan halten trikloramin i luft och förekomsten av symptom. Det fanns ett samband mellan kumulativ exponering och flera symptom från övre luftvägar (OR 1,3–1,6). Jämfört med allmänbefolkningen fanns det en högre förekomst av symptom från nedre luftvägar (OR 1,4–7,2) bland badhuspersonalen och det var också vanligare med läkardiagnosticerad astma (OR 2,1), astmaanfall (OR 2,6) och användning av astma-medikiner det senaste året (OR 3,6).

Artikel	Typ av studie	Exponerad grupp	Kontrollgrupp	Exponeringsnivåer (medelvärde lufthalt trikloramin mg/m ³) ^{1,2}	Utfallsmått	Resultat
Massin 1998	Tvårsnittundersökning, Frankrike	334 badvakter (256 män och 78 kvinnor)	Saknas	Badhus: 0,24 Äventyrsbad 0,67	Frågeformulär (symptom), spirometri och ett förenklat metakolintest	Signifikant dos-responssamband mellan förekomst av irriterande besvär i ögon, näsa, hals och luftrör (torrhosta) och stigande halter trikloramin i badhusluften. Det fanns även ett signifikant dos-responssamband mellan irritation i ögon, näsa och hals och kumulativ exponering. Inget samband kunde påvisas mellan exponering och kroniska luftvägsbesvär, lungfunktion mätt med spirometri eller bronkiell hyperreaktivitet mätt som positivt metakolintest.
Nordberg 2012	Kohort- och fallkontrollstudie	Badhuspersonal (1 102 st., 589 kvinnor och 513 män) Fallkontrollstudie: 44 fall av astma	Fallkontrollstudie: 128 köns- och åldersmatchade kontroller	Inga mätdata, men utifrån uppgifter om yrkestitel m.m. indelning i tre exponeringskategorier	Frågeformulär (symptom)	Det påvisades ett statistiskt signifikant samband mellan förekomsten av arbetsrelaterade symptom och antal timmar med vistelse i inomhusbad. De vanligaste rapporterade besvären var irritation i ögon (37 %), irritation i näsa (29 %) och hals (24 %) samt hosta (23 %) och andnöd (13 %). I kohorten fanns 44 fall av självrapporterad astma som debuterat efter att personen börjat arbeta i inomhusbad vilka jämfördes med 128 köns- och åldersmatchade kontroller. Personer som tillbringade merparten av arbetstiden i inomhusbadet hade efter korrektion för ärftlighet en ökad risk för astma (OR 2,3), dock inte signifikant.

Artikel	Typ av studie	Exponerad grupp	Kontrollgrupp	Exponeringsnivåer (medelvärde lufthalt trikloramin mg/m ³) ^{1, 2}	Utfallsmått	Resultat
Parrat 2012	Tvärsnittsundersökning, Schweiz	Badhuspersonal (178 st., 61 kvinnor och 117 män)	Kontorsarbetare (71 st., 33 kvinnor och 38 män)	0,114	Frågeformulär (symptom)	Badhuspersonal som arbetade i lokaler med lufthalter av trikloramin som var > 0,29 mg/m ³ hade en ökad förekomst av aktuella besvär med irritation i ögon (OR 5,6) och näsa (OR 4,2) samt kroniska besvär med irritation i näsan (OR 4,3) jämfört med kontrollgruppen. I gruppen med högst kumulativ exponering för trikloramin (0,2–0,39 mg/m ³ i 40 timmar per vecka) var förekomsten av aktuella besvär med ögonirritation (OR 6,3) och för kroniska besvär med irritation i ögon (OR 4,8) signifikant högre jämfört med kontrollgruppen. Likaså var aktuella besvär med irritation i näsan (OR 4,4) och kroniska besvär med irritation i näsan (OR 5,1) vanligare i den högsta exponeringsgruppen.

¹ Stationära mätningar av trikloramin

² Aritmetiskt medelvärde om inte annat anges

Arbetsmiljöverket
112 79 Stockholm
Besöksadress: Lindhagensgatan 133
Telefon 010-730 90 00
E-post: arbetsmiljoverket@av.se
av.se

Den här publikationen kan laddas ner på
www.av.se/arbetsmiljoarbete-och-inspektioner/publikationer/rapporter/

Vår vision: Alla vill och kan skapa en bra arbetsmiljö



**ARBETSMILJÖ
VERKET**