

# De klimaatinstallatie- vriend of vijand bij milieucatastrofes en bio-terreur?

*Klimaatinstallaties zijn bedoeld om mensen een veilig, gezond, behaaglijk en productief binnenmilieu te verschaffen. Dat de installatiesector hiermee niet altijd succes heeft, en soms zelfs faalt, is bekend. Het beruchte Sick Building Syndroom (SBS) komt het meest voor in gebouwen met een uitgebreide klimaatinstallatie.*

*Te weinig ventilatielucht, slecht onderhoud en een gecompliceerd installatieontwerp vormen hiervoor de belangrijkste risicofactoren. Dit lijstje kan nog worden uitgebreid met het beruchte probleem van “kortsluiting”, gevolg van een onjuiste locatie van de lucht-aanzuiging ten opzichte van de afvoer van interne verontreinigingen.*

*Naast deze potentiële inherente onveiligheid van installaties zijn er ook externe risico's. Wat te doen als de kwaliteit van de buitenlucht niet voldoet aan hygiënische maatstaven? Als vuile lucht, smog, rook, roet e.d. de lucht ongeschikt maken voor menselijke consumptie? Als de buitenlucht door een milieucatastrofe is verontreinigd? Of als vandalen of terroristen de ventilatielucht opzettelijk verontreinigen of besmetten?*

*-door ing. B. Bronsema\**

**L**ucht is een vitaal levensmiddel waaraan hoge eisen moeten worden gesteld. Ventilatie van verblijfsruimten is dan ook voor de hygiëne en de gezondheid van het binnenmilieu van groot belang.

Volgens het woordenboek (Van Dale 2000) is ventilatie “de aanvoer van verse en afvoer van bedorven lucht naar en van een ruimte”. In de bovengenoemde gevallen is de aanvoer van verse lucht een probleem, maar dat niet alleen. Verontreinigingen, onschuldige maar ook gevaarlijke en zelfs dode-

lijke, kunnen via de luchtbehandeling door een heel gebouw worden verspreid. Is het mogelijk de luchtkwaliteit te monitoren? Kan een klimaatinstallatie de ventilatielucht zuiveren?

Moet de installatie altijd worden uitgeschakeld? Wat betekent dit voor de kwaliteit van de binnenlucht en voor het functioneren van de organisatie in een gebouw? Kunnen installaties bescherming bieden of vergroten ze de risico's? Zijn er wat dit aspect betreft verschillen tussen de diverse klimaat-systemen?

## VDI-RICHTLIJNEN

De Verein Deutscher Ingenieure heeft richtlijnen gepubliceerd voor het functioneren van luchttechnische installaties in perioden van luchtverontreiniging (VDI 1993). Onderscheiden worden algemene principes, smogsituaties, radioactieve emissies en overige verontreinigingen. Als algemene, en min of meer vanzelfsprekende principes worden genoemd:

- uitschakelen van de ventilatie. Bij een infiltratievoud van  $0,3 \text{ h}^{-1}$  duurt het dan, afgezien van adsorptie- en desorptie in het interieur, 13 uur voordat de verontreiniging van de binnenlucht die van de buitenlucht benadert. Bij een infiltratievoud van  $0,1 \text{ h}^{-1}$  is dit zelfs 39 uur [1];
- reinigen van de ventilatielucht met behulp van filters, luchtwassers, absorptie, katalytische oxidatie enz;
- de bedrijfsvoering van de ventilatie afstemmen op pieken en dalen in de luchtverontreiniging door bedrijfsbeperking, intervalschakeling e.d.

## KORTSLUITING

Kortsluiting treedt op als de aangezogen buitenlucht wordt “besmet” door de uitstoot van gassen en verontreinigde lucht uit het gebouw. Luchtverontreinigingen kunnen hierdoor in principe door het gebouw worden verspreid. Veel mensen zijn met dit verschijnsel bekend als ze op hun werkplek op gezette tijden of bij een bepaalde windrichting de kroketten ruiken die op

\* Bronsema Consult – TU Delft, Faculteit der Bouwkunde

dat moment in de keuken worden gebakken. De afzuiglucht uit de keuken wordt in deze gevallen door de wind in de richting van de aanzuigopening van de buitenlucht gedreven en komt daar, meestal sterk verdund, via de luchtbehandeling in het gebouw terecht.

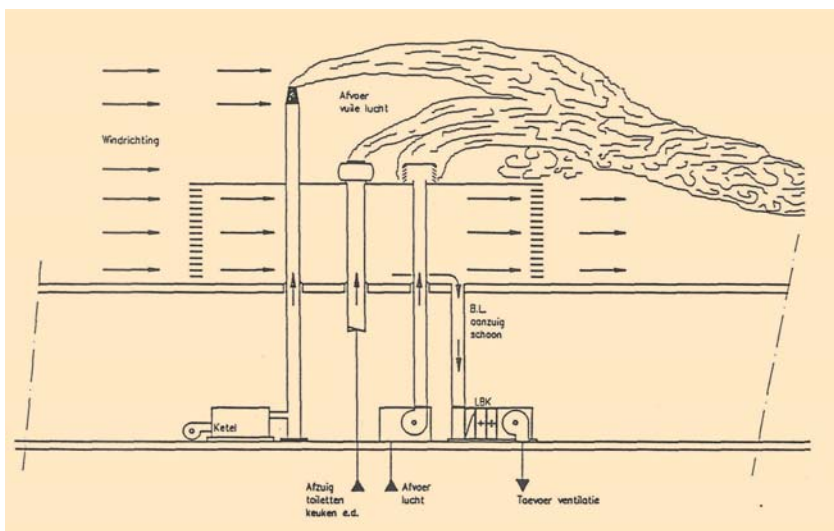
Erger wordt het als met legionella bacteriën besmette lucht, bijvoorbeeld uit een koeltoren, in een gebouw terecht komt. Een berucht risico bij ziekenhuizen is verder de verspreiding van ziektekiemen uit de afgezogen lucht door kortsluiting. De geschiedenis van de klimaattechniek kent hiervan verschillende voorbeelden, ook in Nederland. We komen dan al dicht in de buurt van het risico van bio-terreur. Het is een wezenlijke taak van installatieontwerpers het kortsluitrisico uit te sluiten, al is dit soms niet eenvoudig. Figuur 1 toont een voorbeeld van een zogenaamde "kortsluitveilige" lucht-aanzuiging. Hierbij wordt, onafhankelijk van de windrichting, vanaf de loefzijde van het gebouw altijd schone buitenlucht aangezogen en verontreinigde lucht met de wind mee aan de lijzijde afgevoerd.

Een dergelijke oplossing moet in een vroeg stadium van het bouwkundig ontwerp worden ingebracht. Hiervoor is noodzakelijk dat de installatie-ontwerper al in het schetsplanstadium bij de planontwikkeling is betrokken, en zich dan ook al een goed beeld heeft gevormd van de mogelijke klimaatsystemen inclusief de grootte en optimale locatie van de bijbehorende techniekruimten. Het gaat hier om wat met recht een "Planologische Kernbeslissing" zou kunnen worden genoemd, waar de architect uiteraard een belangrijke stem in heeft. Daag hem uit er iets moois van te maken!!

### EEN VEILIGE LUCHTAANZUIG

Het is niet de bedoeling van dit artikel alle ins en outs van de luchtaanzuig te behandelen; daarvoor wordt verwezen naar de literatuur. Een uitgebreid referentieoverzicht is door het AIVC [2,3] gepubliceerd (Limb 1995).

Moedwillige vervuiling van de aangezogen lucht door baldadigheid, molest en terreur moet worden voorkomen. Een rookbommetje in de aanzuigopening van de buitenlucht kan nog een vrij onschuldige grap lijken. Erger wordt het al met een traangaspatroon.



**Kortsluitveilige luchtaanzuiging**

-FIGUUR 1-



**Het Haags Gemeentemuseum links de voorzijde, rechts de achterzijde**

-Foto 1-

Levensbedreigende terreur wordt het als dodelijke ziektekiemen opzettelijk in de lucht terecht komen. Berichten hierover kwamen recentelijk uit Amerika, waar terroristen ervan worden verdacht de luchtbehandeling van het Capitool te hebben willen gebruiken voor hun lugubere en perverse doeleinden.

De aanzuigopening van de ventilatie-lucht moet daarom op een van buitenaf onopvallende en/of ontoegankelijke plaats zijn aangebracht. Aanzuigopeningen op maaiveldniveau zijn niet aanvaardbaar, niet alleen in verband met molest, maar ook omdat vervuiling van de aangezogen lucht door uitlaatgassen, stuifmeel en andere verontreinigingen hierbij vaak groot is. Luchtaanzuig via een koekoek onder maaiveldniveau, zoals men soms ziet bij in kelders opgestelde luchtbehandelingskasten, is helemaal uit den boze vanwege de te verwachten opeenhoping

van vocht, vuil en de inherente schimmel- en bacteriehaarden in deze ruimten.

Als voorbeeld van een onopvallende en moeilijk bereikbare plaats van de aanzuigopening toont bovenstaande foto de achterzijde van het Haags Gemeentemuseum, waar in het kader van de grote renovatie van enkele jaren geleden ook een klimaatinstallatie is aangebracht. De luchtbehandelingscentrale is ondergebracht in de kelder. De luchtaanzuigopening is prominent op de foto te zien, maar waar? [3]

### LUCHTKLEPPEN

Aansluitingen op de luchtbehandelingscentrale voor de aanzuig van buitenlucht en de afvoer van gebruikte lucht moeten altijd worden voorzien van servomotorbediende luchtkleppen. Deze kleppen behoren te zijn uitgevoerd met goede afdichtingen, waar-

door de gesloten stand ook inderdaad een goede luchtdichtheid verzekert. In geval van een dreigende milieucatastrofe of een bio-terroristische aanval moeten deze kleppen worden gesloten. Een interessante vraag is waar het signaal voor dit sluitcommando vandaan zou moeten komen. Geur en stank hebben beide de gunstige eigenschap dat ze mensen zich snel bewust doen worden van het feit dat iets aan de hand is. Dit geldt eveneens voor prikkelende chemische stoffen als chloor, ammoniak e.d. Op basis van menselijke waarneming zou een hiervoor bevoegde persoon of instantie het signaal "Buitenluchtkleppen sluiten" kunnen geven. Hierbij moeten uiteraard ook eventuele open ramen worden gesloten.

Gezondheidsbedreigende gassen als koolmonoxide en bepaalde organismen van biologische oorsprong zoals legionella- en miltvuurbacterie of -sporen zijn voor mensen niet waarneembaar. Sensoren hiervoor zijn echter ofwel reeds beschikbaar, ofwel in ontwikkeling. Met behulp van massaspectrografie is men er in geslaagd roetdeeltjes, radioactieve isotopen, bacteriën en sporen te detecteren "De kant en klare bacteriedetector lijkt slechts een kwestie van tijd" (Marijnissen 2001, Schrauwers 2001).

Regionale en gemeentelijke rampenplannen dienen te voorzien in waarschuwingen voor de verschillende alarmfasen, en gebouwbeheerders moeten weten wat hen dan te doen staat. Hoe lang de luchtkwaliteit in een van de buitenlucht afgesloten gebouw aanvaardbaar zal blijven hangt sterk af van de personendichtheid in het gebouw, de luchtdichtheid van de buitengevel en de recirculatiemogelijkheden van de klimaatinstallatie.

## RECIRCULATIE VAN LUCHT

Aanzuigopeningen voor buitenlucht worden normaliter gedimensioneerd op het benodigde ventilatiedebiet van een gebouw, normaliter ca 2 à 3 luchtwisselingen per uur betrokken op het nuttig vloeroppervlak. Bij de zgn. all-air systemen wordt de gehele ruimtekoeling van een gebouw door lucht verzorgd waarvoor het luchtdebiet meestal aanzienlijk moet worden verhoogd. Een bekend voorbeeld hiervan is het VAV (Variable Air Volume) of Variabel Debietsysteem, waarbij een

groot deel van de lucht wordt gerecirculeerd. Om energie te besparen werken deze systemen, als de buitenluchtcondities dit mogelijk maken, met 100 % buitenlucht. Dit heeft twee implicaties, te weten:

- de aanzuigopening van de buitenlucht wordt 2 à 3 keer zo groot, waardoor de potentiële risico's op kortsluiting worden vergroot;
- de gerecirculeerde lucht is voor een groot deel uit het gebouw zelf afkomstig en kan dus ook vanuit het gebouw worden besmet.

Onderzoek heeft aangetoond dat systemen die werken met recirculatie de risico's op het eerder vermelde Sick Building Syndroom vergroten, omdat hierbij ook tabaksrook en vluchtige organische componenten uit het interieur worden verspreid. De proceedings van de Healthy Buildings en Indoor Air conferenties [4] geven hiervan talloze voorbeelden. In Noordwest Europa hebben deze systemen hierdoor sinds het midden van de tachtiger jaren aan populariteit ingeboet. In kantoorgebouwen worden ze in Nederland niet vaak meer toegepast. In Amerika zijn ze daarentegen nog onverminderd populair.

Vooral het gegeven dat recirculerende systemen vanuit het gebouw zelf kunnen worden besmet, levert een groter risico voor bio-terreur. De terrorist kan een onopvallende medewerker uit de organisatie zijn, die vanaf zijn werkplek ongezien zijn lugubere werk kan uitvoeren.

## HET BINNENMILIEU BIJ GESLOTEN BUITENLUCHTKLEPPEN

### Systemen zonder recirculatievoorziening

Luchtbehandelingssystemen die werken met 100% buitenlucht, zonder voorzieningen voor recirculatie, moeten bij calamiteiten buiten bedrijf worden gesteld. De kwaliteit van de ruimtelucht gaat hierbij snel achteruit omdat voor opname van de bio-emissies slechts het fysieke ruimtevolumen beschikbaar is.

Als de lucht ook als medium wordt gebruikt voor ruimteverwarming en -koeling is het klimaatstelsel hiermee in feite geheel lamgelegd. Dit geldt eveneens voor inductiesystemen, die de drijvende kracht van de lucht nodig hebben voor de levering van warmte en koude.

Klimaatstelsels met fan-coils, (koel)-convectoren en klimaatplafonds kunnen daarentegen het thermisch binnenklimaat ook zonder ventilatie in stand houden.

### Systemen met recirculatievoorziening

Alle luchtbehandelingssystemen met een recirculatiemogelijkheid kunnen bij calamiteiten in principe in bedrijf blijven, zij het met gesloten buitenluchtkleppen. Voor het opnemen van bio-emissies is het gehele, op het ventilatiesysteem aangesloten, ruimtevolumen beschikbaar en de kwaliteit van de binnenlucht daalt hierdoor minder snel dan bij systemen zonder recirculatievoorziening.

Alle klimaatstelsels, inclusief VAV en inductie, kunnen in bedrijf blijven en houden ook zonder ventilatie het thermisch binnenklimaat in stand.

### Degradatie van de binnenluchtkwaliteit

Als parameter voor de luchtkwaliteit kan de CO<sub>2</sub> concentratie in de ruimtelucht worden gebruikt. Als uitgangspunt lijkt het redelijk te veronderstellen dat deze op het moment van het optreden van de calamiteit 800 ppm bedraagt.

De CO<sub>2</sub> concentratie als functie van de tijd kan worden berekend met behulp van de formule:

$$C_i(t) = C_e + (C_o - C_e) \frac{e^{-n \cdot t} + P / (n \cdot V)}{1 - e^{-n \cdot t}} \quad \text{in ppm} \quad (\text{Recknagel 2000})$$

Waarin:

$C_i(t)$  = CO<sub>2</sub> concentratie in de ruimte op tijdstip (t) in ppm

$C_e$  = CO<sub>2</sub> concentratie in de buitenlucht, gesteld op 350 ppm

$C_o$  = CO<sub>2</sub> concentratie in de ruimte op tijdstip (0), gesteld op 800 ppm

$P$  = CO<sub>2</sub> productie in de ruimte cm<sup>3</sup>/h

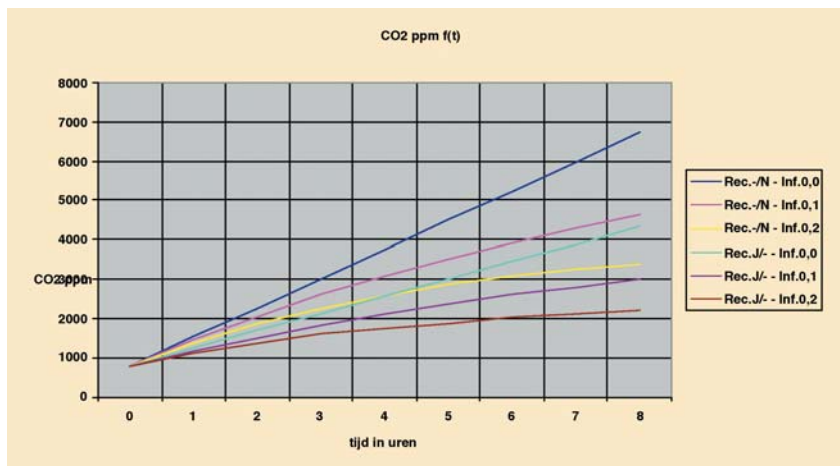
$n$  = Infiltratievoud h<sup>-1</sup>

$V$  = Beschikbaar ruimtevolumen in m<sup>3</sup>

$t$  = Tijd in uur

Het beschikbaar ruimtevolumen  $V$  is bij systemen zonder recirculatiemogelijkheid gesteld op 27 m<sup>3</sup> berekend op basis van een werkplek van 10 m<sup>2</sup> en een vrije ruimte onder het plafond van 2,7 m<sup>1</sup>. Bij systemen met recirculatie is uitgegaan van een gemiddelde personendichtheid van 1 persoon per 15 m<sup>2</sup> en een hoogte inclusief plafondruimte van 3 m<sup>1</sup> waaruit volgt  $V = 45 \text{ m}^3$ . De CO<sub>2</sub> productie is gesteld op 20 l/h





**Globaal rendement van luchtfilters in relatie tot de deeltjesgrootte volgens ASHRAE**

-FIGUUR 2-

of  $0,02 \cdot 10^6 \text{ cm}^3/\text{h}$  per persoon. Voor het infiltratievoud is uitgegaan van 0,1 respectievelijk  $0,2 \text{ h}^{-1}$ .

De ontwikkeling van de  $\text{CO}_2$  concentratie in de ruimte als functie van de tijd is voor de genoemde varianten aangegeven in grafiek 1.

## DISCUSSIE

Volgens de Beleidsregels ARBO heeft een goede kwaliteit binnenlucht een  $\text{CO}_2$  concentratie minder dan 1.000 ppm; als grenswaarde wordt 1.200 ppm gehanteerd. Bij incidentele afwijkingen van het beoogde gebruik, waarbij een grotere verontreiniging optreedt, bijvoorbeeld tijdens een tijdelijk hogere bezetting van de arbeidsplaats, mag de  $\text{CO}_2$  concentratie ten hoogste 1.500 ppm bedragen.

Dit zijn comfortgrenzen die betrekking hebben op de waardering van de geurkwaliteit van de lucht voor mensen die vanuit een frisse ruimte binnenkomen en dus niet zijn geadapteerd aan de luchtkwaliteit (Pettenkofer 1877).

Voor openbare gebouwen en sommige kantoren met veel komen en gaan van ambulante, ongeadapteerde personen, is dit een goed uitgangspunt.

Voor sommige geuren vermindert na enige tijd de waarneming door gewening, in dit geval meestal adaptatie genoemd. Dit effect is het sterkst bij menselijke geuren, en treedt ook enigszins op bij matig roken. Als in geval van een calamiteit mensen tijdelijk verstoken zijn van frisse lucht kan de  $\text{CO}_2$  concentratie zonder enig bezwaar aanzienlijk hoger worden. Het is zelfs de vraag of geadapteerde personen dit überhaupt zullen waarnemen!

In dit verband kan worden gewezen

op onderzoek naar de luchtkwaliteit in vliegtuigen, waar  $\text{CO}_2$  concentraties tussen 1.500 en 2.000 ppm eerder regelmaat dan uitzondering zijn. Desondanks werd in één onderzoek de luchtkwaliteit door slechts een kleine minderheid van 4% van de passagiers als slecht beoordeeld (Pierce 1999, Nagda 1991).

De MAC-waarde [5] van  $\text{CO}_2$  concentratie in de lucht is 5.000 ppm. Dit is de maximum concentratie die men zonder schade voor de gezondheid gedurende 8 uur per dag kan inademen. Deze grens wordt in de bovenstaande analyse alleen overschreden als er niet wordt gerecirculeerd en bij een infiltratie van 0 (Rec.-/N-Inf.0,0).

## ADSORPTIE EN DESORPTIE IN HET INTERIEUR

Als bij het optreden van een calamiteit de ventilatie buiten bedrijf wordt gesteld zullen door infiltratie toch verontreinigingen uit de buitenlucht in het binnenmilieu terecht kunnen komen. Voor de snelheid waarmee dit gebeurt worden in VDI 3816 enkele waarden genoemd, waarbij geen rekening is gehouden met absorptie, adsorptie en desorptie in het interieur. Deze verschijnselen zijn echter niet te verwaarlozen zoals uit veel onderzoek blijkt (Indoor Air 99, sessies Q4–Indoor /Outdoor comparison) Het interieur kan gasvormige stoffen absorberen en stofdeeltjes adsorberen [6], waardoor de concentraties van verontreinigingen in het binnenmilieu meestal kleiner zijn dan die in de buitenlucht. Het omgekeerde is het geval als de verontreinigingen in de buitenlucht minder worden, bijvoorbeeld 's nachts,

en het interieur door desorptie stoffen gaat emitteren. Het gaat hierbij in feite om dezelfde, bij ieder bekende, verschijnselen van rook, keuken- of mestgeuren die in kleding blijft hangen en in een schone ruimte weer wordt afgegeven. In de literatuur wordt dit meestal aangeduid als het “sink and source” effect. Dit effect wordt versterkt door een hoge ‘Pluisfactor’ [7], het totale oppervlak van textiele materialen, vloerbedekking, gordijnen en stoelen, gedeeld door het volume van de ruimte. Eenheid  $\text{m}^{-1}$ . (Skov 1990). Het onderzoek naar deze effecten is nog volop gaande, zowel fysiek als met behulp van CFD modellen.

## LUCHTFILTERS

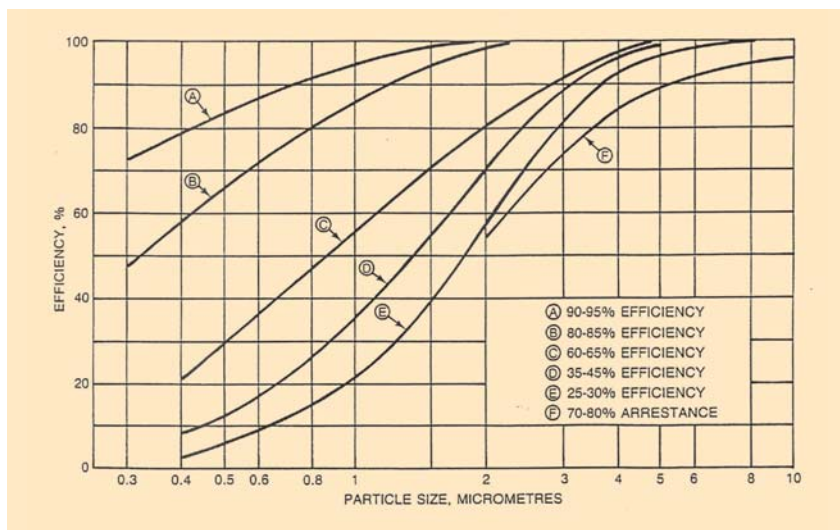
Luchtfilters zijn bij klimaatregeling om hygiënische en technische redenen van cruciaal belang. Zij beschermen niet alleen mensen tegen stofdeeltjes uit de buitenlucht, maar voorkomen ook inwendige vervuiling van de luchtbehandelingsinstallatie, die op zijn beurt weer de luchtkwaliteit in het interieur kan bedreigen.

Hoe kleiner de stofdeeltjes, des te moeilijker wordt het ze in een luchtfilter te vangen. De tegenwoordig meestal toegepaste luchtfilters hebben een rendement van 80 – 85 % bij een deeltjesgrootte van 1 micron, terwijl 90 – 95 % voor comfortdoeleinden [8] het best bereikbare is. Figuur 2 brengt dit in een beeld.

De deeltjesgrootte van bacteriën ligt tussen 0,3 en 30 micron; de grafiek laat zien dat bij gebruik van de optimale filterkwaliteit (A) de submicron deeltjes slechts gedeeltelijk worden afgescheiden. Virussen zijn kleiner dan 0,05 micron en kunnen dit filter grotendeels ongehinderd passeren. Het is trouwens ook maar de vraag wat het gedrag van deze micro-organismen in een luchtfilter zou zijn als ze wel zouden worden gevangen. Een weelderige vermenigvuldiging op de voedingsbodem van nutriënten (stof), vocht en zuurstof, zoals die in luchtfilters aanwezig is, ligt voor de hand en is overigens ook reeds meerdere malen vastgesteld.

## ELEKTROSTATISCHE LUCHTFILTERS

Een luchtfilter met een rendement van vrijwel 100% bij deeltjes van ca 0,3 micron en groter is het elektrostatisch



**Ontwikkeling CO<sub>2</sub> concentratie in de ruimte zonder ventilatie**

-GRAFIEK 1-

filter. In een ionisatiesectie worden de deeltjes elektrisch geladen en in een collectorsectie onder invloed van elektrostatische krachten neergeslagen. De collectorsectie wordt periodiek gereinigd met water waaraan een reinigingsmiddel is toegevoegd. Voor grotere installaties wordt veelal een automatische wasinrichting aangebracht.

Elektrostatische filters zijn zoals gezegd in staat zeer kleine deeltjes af te scheiden; naast micro-biologische deeltjes ook tabaksrook, stuifmeel, vliegias, roet e.d. Tevens wordt in het hoogspanningsveld ozon geproduceerd dat door oxidatie geurstoffen neutraliseert en bacteriën en virussen doodt door verbranding. Vooral hun eigenschap ook zeer fijne stofdeeltjes af te kunnen scheiden, die bij verontreiniging van de buitenlucht in principe besmet dan wel verzadigd zijn met schadelijke stoffen, maakt deze filters interessant voor situaties waarin hoge eisen aan de luchtkwaliteit worden gesteld.

Een ideale filtercombinatie bestaat uit een elektrostatisch filter en een nageschakelde luchtwasser, die eventuele restozon neutraliseert, geurstoffen absorbeert, en de lucht koelt en droogt dan wel bevochtigt. Door de buitengewoon effectieve reiniging van de lucht kan in geval van nood zeer lange tijd met 100% recirculatie worden gewerkt, zonder dat de luchtkwaliteit in gevaar komt (Bronsema 1996 en 1997).

De werking van deze filter/wassercombinatie kan worden vergeleken met een onweersbui na een hete en smogrijke dag als zuurstofrijk koud water de lucht niet alleen reinigt, maar tevens een tintelend frisse atmosfeer geeft. Dergelijke luchtfilters zouden bij mi-

lieucalamiteiten in principe een uitstekende bescherming kunnen bieden, ook in geval van bio-terreur, en eveneens een bijdrage kunnen leveren aan energiebesparing en verbetering van de kwaliteit van de binnenlucht bij alle systemen van luchtbehandeling en ventilatie. Ze zijn in allerlei uitvoeringen op de markt verkrijgbaar. Slechts de hoge prijs, 5 à 10 keer de prijs van traditionele luchtfilters, de lange terugverdientijd van ca 15 jaar en het "high tech" karakter, dat installateurs en gebruikers afschrikt, hebben toepassing voor comfortdoeleinden tot op heden verhinderd (Bronsema 1996). In Amerika, waar de meeste woningen zijn voorzien van luchtverwarming, is het elektrostatisch filter een heel gewoon gebruiksvoorwerp. Men wast ze één keer per week in de vaatwasser, en is daardoor altijd verzekerd van schone lucht in huis.

#### NATUURLIJKE VENTILATIE?

De voorgaande beschouwingen gelden voornamelijk voor mechanisch geventileerde bedrijfsgebouwen. Woningen en woongebouwen worden overwegend natuurlijk geventileerd, maar ook voor bedrijfsgebouwen neemt de belangstelling voor natuurlijke en hybride ventilatiesystemen toe.

Bij natuurlijke ventilatie, en hybride systemen wordt de ventilatielucht direct van buiten door gevelroosters en/of ramen toegevoerd. Het wordt hierbij moeilijker de ventilatielucht vanaf een centrale plek te besmetten. Hybride ventilatiesystemen voor bedrijfsgebouwen zijn momenteel volop in ontwikkeling. Ruimtekoeling kan

hierbij worden gerealiseerd met behulp van in het gebouw geïntegreerde systemen, zoals koelplafonds, gekoelde vloeren of bouwdeelactivering (koeling en/of verwarming van de bouwmasse). Bij natuurlijke luchttoevoer is in het algemeen de stofconcentratie in het interieur kleiner dan buiten het gebouw, waardoor een zekere inherente veiligheid wordt verkregen. Stofdeeltjes in het interieur hebben, zoals hiervoor reeds werd aangegeven, de neiging zich te hechten aan wanden, vloeren, plafonds en meubilair van de ruimte, en blijven daardoor minder lang in de lucht zweven. Dit is echter mede afhankelijk van de adsorberende eigenschappen van deze oppervlakken en de lucht-beweging die wordt veroorzaakt door menselijke activiteiten, koelventilatoren van computers e.d.

Eén ding is zeker: Bij een dreigende terroristische activiteit, maar uiteraard ook in het geval van een milieucatastrofe kunnen mensen in natuurlijk en hybride geventileerde gebouwen zichzelf enigszins beschermen door het sluiten van de ramen en de ventilatieroosters.

#### CONCLUSIES

Klimaatinstallaties kunnen een risicofactor zijn in geval van milieucatastrofes, waarvan bio-terreur wellicht kan worden beschouwd als de meest ernstige vorm. Anderzijds zijn ze, mits goed ontworpen, ook in staat hiertegen bescherming te bieden.

In geval van een milieucatastrofe kan een klimaatinstallatie gedurende lange tijd in recirculatiebedrijf werken, zonder dat dit gezondheidsrisico's voor de gebruikers oplevert.

Installaties dienen bij voorkeur te zijn uitgevoerd met recirculatiemogelijkheid, ook al zijn ze ontworpen voor 100% buitenlucht.

Het signaal "Buitenluchtkleppen Sluiten en Retourkleppen Openen" dient hoog in de hiërarchie van beslissingen te staan. Voorkomen moet worden dat hiervan misbruik wordt gemaakt, bijvoorbeeld om energie te besparen.

Gebouwen op potentieel kwetsbare locaties en gebouwen van groot openbaar belang waaronder crisiscentra, zouden moeten worden voorzien van de best mogelijke luchtreiniging, bijvoorbeeld de hiervoor omschreven combinatie van elektrostatisch filter en luchtwasser.

Gebouwbeheerders moeten goed weten

wat hen bij calamiteiten te doen staat, in grote trekken:

- ramen en gevelroosters sluiten;
- luchtbehandelingssystemen met 100% buitenlucht: > Ventilatoren stoppen en buitenluchtkleppen sluiten;
- luchtbehandelingssystemen met recirculatie: > Buitenluchtkleppen sluiten en overgaan op 100% recirculatie.

Voor elk gebouw moeten uitgewerkte scenario's beschikbaar zijn, aangestuurd vanuit een rampenplan. Dergelijke scenario's bewijzen hun dienst bij alle milieucatastrofes.


## EPILOOG

“Er is geen enkele aanleiding om in Nederland het bouwen of gebruik van gebouwen te gaan afstemmen op bio-terrorisme. De kans op een aanval met bijvoorbeeld een sproeivliegtuig is zeer gering. Belangrijker is dat er andere, grotere gevaren zijn voor onze gezondheid die meer aandacht verdienen. Ten eerste is er het risico van een chemisch ongeval in de omgeving van chemische bedrijven en transportroutes voor gevaarlijke stoffen. Voor een bio-terroristische aanslag gelden dezelfde regels als bij een ongeval met chemische stoffen, met als basisscenario: als de sirene gaat, ga dan naar binnen, sluit ramen en deuren en luister naar radio of tv. Ter verdere bescherming zijn speciale instrumenten ontwikkeld, zoals waarschuwingssystemen voor doven, radiografisch en centraal uit te schakelen ventilatiesystemen in flatgebouwen en bijzondere schuilsenario's. Voor dat laatste geldt dat schuilen in een gebouw aan de lizijde, met de binnen-deuren gesloten, extra bescherming geeft. De concentratie van stoffen is daar namelijk veel lager en het duurt er langer voordat stoffen het gebouw binnendringen.....”

Aldus het hoofd van de afdeling Medische Milieukunde GGD Rotterdam. (Woudenberg 2001).

Het was nieuwsgierigheid en geen sensatiezucht die mij aanzette tot het schrijven van dit artikel. Die nieuwsgierigheid is voor het moment wel bevredigd, maar toch vraag ik me af en hoe de relatie tussen gemeentelijke/regionale rampenplannen en die op gebouwniveau is geregeld. Zouden bepaalde gebouwen, die in rampsituaties als crisiscentrum moeten fungeren niet aan speciale eisen moeten voldoen?

Aan het Nederlands Instituut voor Brandweer en Rampenbestrijding NIBRA is een reactie gevraagd op dit artikel. Ook is contact gelegd met ASHRAE [9], waar een commissie is ingesteld, die het bestuur over dit onderwerp moet adviseren.

Als er voldoende belangstelling is zal ik te zijner tijd hierover verslag uitbrengen. Inmiddels houd ik me voor reacties, kritiek en commentaar graag aanbevolen. 

*De in het artikel genoemde bestuurscommissie van ASHRAE heeft inmiddels een eerste rapport over dit onderwerp vrijgegeven onder de titel: “Risk Management Guidance for Health and Safety under Extraordinary Incidents”. Het rapport is te vinden op [www.ashrae.org](http://www.ashrae.org). Het gemakkelijkst is te zoeken onder ANTHRAX. Op de annual meeting in juni zal een vervolgrapport worden gepresenteerd. In het rapport wordt o.a. voorgesteld de commissie uit te breiden met “more individuals with private world, hands on, practical backgrounds”. Iets voor TVVL?*

*Ben Bronsema*

## REFERENTIES

- Bronsema, B. 1996. *Luchtfilters voor een beter milieu*. Syllabus Nationale Milieutechniekdag 1996.
- Bronsema, B. 1997. *An Air Handling Unit for the Next Century*. Proceedings Healthy Buildings Conference 1997, Washington DC.
- Limb, M.J. 1995. *Air Intake Positioning to Avoid Contamination of Ventilation Air*. An Annotated Bibliography. Air Infiltration and Ventilation Centre Document AIC-BIBLIOG-3-1995 ISBN 0 946075 84 0.
- Marijnissen, J. *There's anthrax in the air – Particle analyser recognizes dangerous bacteria in an instant*. Delft f Outlook 2001.4. Delft University of Technology.
- Nagda, N.L. et al 1991. *Carbon dioxide levels in commercial aircraft cabins*. ASHRAE Journal August 1991.
- O'Donnel, A. et al 1999. *Air quality, ventilation, temperature and humidity in aircraft*. ASHRAE Journal April 1991.

- Pettenkofer, M.V. 1877. *Über das Verhalten der Luft zum Wohnhaus des Menschen*. Populäre Vorträge von M.V. Pettenkofer, 1. Heft.
- Pierce, W.M. et al. *Air Quality on Commercial Aircraft*. ASHRAE Journal September 1999.
- Recknagel Sprenger Schramek 2000. *Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik 69.Auflage*. R. Oldenburg Verlag München Wien.
- Schrauwers, A. 1991. *Snuffelmachine tegen bio-terreur*. De Ingenieur 9 november 2001.
- Skov, P. et al 1990. *Influence of indoor climate on the sick building syndrome in an office environment*. Scan J. Work Environ Health 16:363-71.
- VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung. *Betreiben von Raumlufitechnischen Anlagen bei belastenden Aussenluftsituationen*. VDI 3816 Blatt 1 1993: *Grundlagen*. Blatt 2 1993: *Smogsituationen*. Blatt 3 1993: *Radioaktive Emissionen*. Blatt 4 1995: *Sonstige gesundheitsschädliche Emissionen*.
- Woudenberg, F. 2001. *Gevaar van bio-terreur tussen oren of muren?*. GBW nr.6 nov./dec.2001.
- bronconsult@compuserve.com

## TOELICHTING AUTEUR [ ]

- Adsorptie en desorptie in het interieur zijn niet te onderschatten factoren waardoor de vermelde tijden in werkelijkheid langer zullen zijn. Zie de betreffende paragraaf.
- Air Infiltration and Ventilation Centre – HYPERLINK “<http://www.AIVC.org>”
- Door de recente aansluiting op de Haagse Stadsverwarming zijn de schoorstenen overbodig geworden. Ze zijn voorzien van roestvast stalen voeringen en worden nu gebruikt voor de aanzuig van buitenlucht. Berlage zou ongetwijfeld blij zijn geweest met deze oplossing. De restauratie-architect, Job Roos, winnaar van de Berlageprijs 1998, was dit in elk geval.
- “Healthy Buildings” zijn de officiële conferenties van ISIAQ, de International Society of Indoor Air quality and Climate (HYPERLINK “<http://www.isiaq.org>” en HYPERLINK “<http://www.isiaq.nl>”. “Indoor Air”conferenties worden georganiseerd door ISIAS, de International Society for Indoor Air Sciences, een wetenschappelijke vereniging. ISIAQ is meer op de praktijk gericht.
- Maximum Aanvaardbare Concentratie
- Absorberen is “in zich opnemen”. Adsorberen is “aan de oppervlakte vasthouden”
- Pluisfactor - oorspronkelijk “Fleece Factor” vertaling van de auteur.
- Met “comfort” worden in dit verband klimaat-systemen aangeduid die bedoeld zijn voor menselijke behaaglijkheid. Dit in tegenstelling tot industriële toepassingen en klimaatregeling voor computers e.d.
- American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers.