

# Gezonde klimaatinstallaties

Communication No.

000858

Division of Technology  
for Construction

## Samenvatting

Het is sedert 1965 dat zich in moderne kantoorgebouwen in toenemende mate klachten van bewoners manifesteren. De laatste jaren wordt hiervoor de uitdrukking 'Sick Building Syndrome' gehanteerd. Hiermee worden situaties aangeduid waarbij een opvallend groot aantal personen regelmatig acute klachten heeft in de sfeer van ongemak en hinder, zonder dat direct aanwijsbaar is wat de oorzaak van de klachten is. Uit onderzoek is duidelijk geworden dat in de meeste gevallen toch een tastbare aanleiding kan worden gevonden voor de aanwezigheid van deze a-specifieke klachten. Langs indirecte weg kunnen vele zogenaamde SBS-klachten worden opgelost.

Naast klachten zijn er ook aan het gebouw en/of de installatie gerelateerde ziekten ('Building Related Illness'). Van de laatste is de oorzaak rechtstreeks identificeerbaar en de incidentie gelukkig laag. Voorbeelden zijn dermatitis (ontsteking van de huid) door

blootstelling aan minerale vezels en legionellose (infectie leidend tot longontsteking) door blootstelling aan de legionella bacterie.

Een onbehaaglijk thermisch klimaat, tochtklachten en een slechte luchtkwaliteit worden vaak in verband gebracht met de klimaatinstallatie. Deze vormt als het ware het longensysteem van het gebouw en moet zorgen voor een goed thermisch klimaat en een acceptabele luchtkwaliteit. De klimaatinstallatie mag zelf geen oorzaak van klachten zijn. Om de kans daarop zo klein mogelijk te houden moet in het gehele traject van ontwerp, planning en uitvoering, inregeling, oplevering/afname, bediening, onderhoud en beheer van klimaatinstallaties aan een aantal voorwaarden worden voldaan. Opdrachtgever, architect, installatieontwerper, installateur en beheerder c.q. gebruiker hebben hierin allen hun eigen verantwoordelijkheid. In deze publikatie worden aanbevelingen om te komen tot "gezonde" klimaatinstallaties op een rij gezet.



Ir. M. Rolloos



Drs. R.W. Lanting

*In:  
HIGH-TECH IN LICHT, LUCHT,  
WATER EN COMMUNICATIE.  
Jubileumuitgave van de  
NEDERLANDSE TECHNISCHE  
VERENIGING VOOR INSTALLATIES  
IN GEBOUWEN TVVL, december  
1989.*

\* MT-TNO Binnenmilieu

## 1. Inleiding

Een onbehaaglijk thermisch klimaat, tochtklachten en een slechte luchtkwaliteit worden vaak in verband gebracht met de in een gebouw aanwezige klimaatinstallatie. Dit was voor de Rijksgebouwendienst aanleiding om TNO te vragen de kennis over 'gezondheidsaspecten' in relatie tot klimaatinstallaties, oorzaken van klachten en remedies, op een rij te zetten.

Sinds 1965 manifesteren zich in moderne kantoorgebouwen in toenemende mate klachten van bewoners. De Wereld Gezondheidsorganisatie (WHO) schat dat tot 30% van de nieuwe of gerenoveerde utilitaire gebouwen in de geïndustrialiseerde landen problemen vertoont die kunnen leiden tot klachten en verminderde arbeidsprestaties van de bewoners [1]. Aldus kunnen twee populaties van gebouwen worden onderscheiden. In figuur 1 is weergegeven dat 20 tot 30% van de utilitaire gebouwen beschouwd kunnen worden als "probleemgebouwen" en 70 tot 80% als "gebouwen zonder bekende problemen".

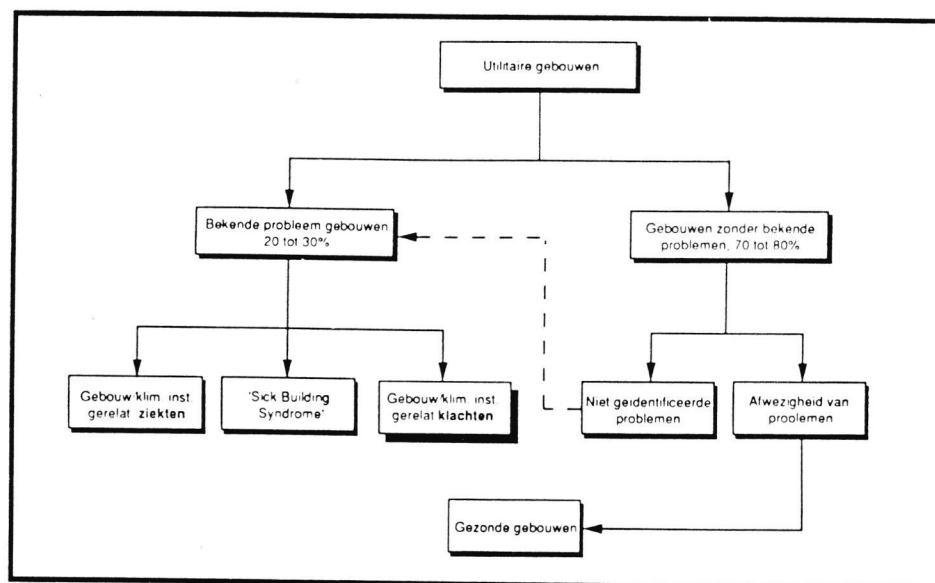
De gezondheidsproblemen in de probleemgebouwen kunnen naar aard en oorzaak van de optredende effecten worden onderscheiden in drie typen:

**1. gebouw en/of installatie gerelateerde ziekten, "Building Related Illness";**

**2. "Sick Building Syndrome" (SBS) (klachten met onbekende oorzaak);**

**3. gebouw en/of installatie gerelateerde klachten (klachten met aanwijsbare oorzaak).**

Klachten van het laatste type vormen de overgrote meerderheid.



Figuur 1.

Twee populaties utilitaire gebouwen, wanneer het gaat om klachten over het binnenmilieu.

### • Gebouw en/of installatie gerelateerde ziekten (GiZ)

Dit betreft situaties waarbij blootstelling aan contaminanten in het binnenmilieu van gebouwen leidt tot ziekte of verzwakking. De oorzaak is rechtstreeks identificeerbaar. Voorbeelden zijn: extrinsieke allergische alveolitis (allergische ontstekingsreactie in de longblaasjes en kleine bronchiën) en bevochtigerskoorts door blootstelling aan micro-organismen, dermatitis door blootstelling aan minerale vezels, legionellose door blootstelling aan de legionella bacterie en intoxicaties door blootstelling aan chemische of biologische agentia (bijvoorbeeld koolmonoxide, radon, mycotoxinen etc.). Het betreft dus een klinisch diagnoseerbaar ziektebeeld, identificeerbare verontreinigingen en langere hersteltijden na het verlaten van het gebouw. Nog een ander kenmerk van BRI is dat succesvolle bestrijding gewoonlijk moet worden gezocht in het wegnemen van de bron. Verhogen van de ventilatie is hier niet zinvol. De incidentie per probleemgebouw is veelal laag (bijvoorbeeld twee of drie gevallen worden gebruikt als een indicator van potentiële GiZ).

### • "Sick Building Syndrome"

Dit begrip wordt gehanteerd voor

situaties waarbij een opvallend groot aantal bewoners (bijvoorbeeld meer dan 20%) regelmatig (bijvoorbeeld meer dan twee weken aanhoudend) acute klachten heeft in de sfeer van ongemak en hinder. De klachten worden geuit in de vorm van a-specifieke symptomen zoals oogirritatie, hoofdpijn, vermoeidheid, slijmvlies- en huidirritaties, astma-achtige symptomen, misselijkheid, vreemde geursensatie. De oorzaak of oorzaken van de klachten zijn moeilijk direct herkenbaar. De klachten nemen voor een belangrijk deel af na het verlaten van het gebouw.

### • Gebouw en/of installatie gerelateerde klachten (GiK)

Ofschoon niet voor alle gevallen, kan toch in de meeste gevallen een tastbare aanleiding worden gevonden voor het optreden van de klachten.

In de afgelopen jaren is een groot aantal gevallen van klachten (in Amerika en Europa, waaronder Nederland) onderzocht. Tastbare oorzaken kunnen in een aantal categorieën worden ondergebracht, zoals:

### 1. Gebrek aan installatie-onderhoud

2. Veranderingen die opgetreden zijn in interne warmtebelastingen of verontreinigingsbronnen, dat wil zeggen afwijkingen van de ontwerp-uitgangscondities.

3. Veranderingen in regelstrategieën om aan nieuwe doelstellingen te voldoen (bijvoorbeeld energiebesparing, kostenbeheersing).

**Fouten of tekortkomingen in het oorspronkelijke ontwerp van de installatie, alsmede bij de inregeling en de bediening.**

**Voorkomende problemen hierbij zijn:**

- inadequate temperatuurregeling; verkeerde instelling van regelapparatuur en beveiliging, verkeerd gesitueerde of onjuist ingestelde thermostaten, onvoldoende koelcapaciteit
- onvoldoende buitenlucht
- onjuiste verdeling van de lucht over de inblaasornamenten
- ontbreken van duidelijke tekeningen, bedieningsschema's en ieningsvoorschriften
- technisch niveau van het bedieningspersoneel is niet aangepast aan het niveau van de installatie.

## 2. Klimaatinstallaties: Wat verwacht men er van?

### 2.1. Functies van de klimaatinstallatie

Van klimaatinstallaties wordt verwacht dat zij een goed thermisch klimaat en een goede luchtkwaliteit tot stand brengen en in stand weten te houden. Bij nieuwbouw of renovatie wordt de klimaatadviseur/ontwerper hiervoor in de meeste gevallen verantwoordelijk geacht. Er is sprake van een acceptabele

luchtkwaliteit wanneer in de lucht geen bekende verontreinigingen aanwezig zijn in schadelijke concentraties en een overgrote meerderheid (80% of meer) van de blootgestelde personen geen ontevredenheid tot uitdrukking brengt (2). Deze definitie omvat zowel de gezondheidscriteria als de behaaglijkheidscriteria van een acceptabele luchtkwaliteit.

Voor het realiseren van een goed klimaat staan de klimaatregelingsinstallatie de volgende functies ter beschikking:

**1. Ventileren, dat wil zeggen toevoeren van voldoende 'verse' buitenlucht om een zuivere atmosfeer te verkrijgen.**

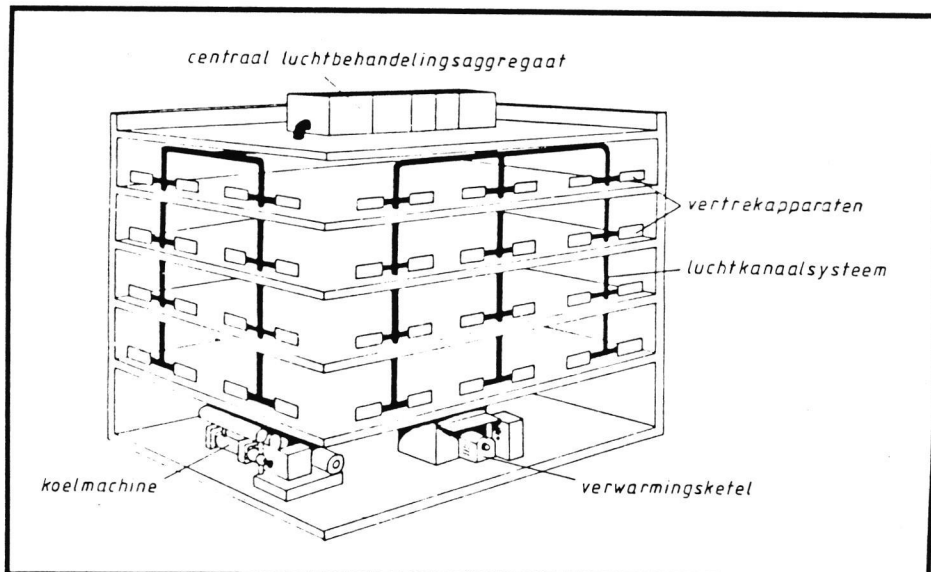
**2. De toe te voeren luchthoeveelheden, die een mengsel kunnen zijn van buitenlucht en retourlucht uit het gebouw:  
reinigen (filteren)  
verwarmen  
koelen  
bevochtigen  
ontvochtigen (drogen)  
transporteren (de juiste hoeveel-**

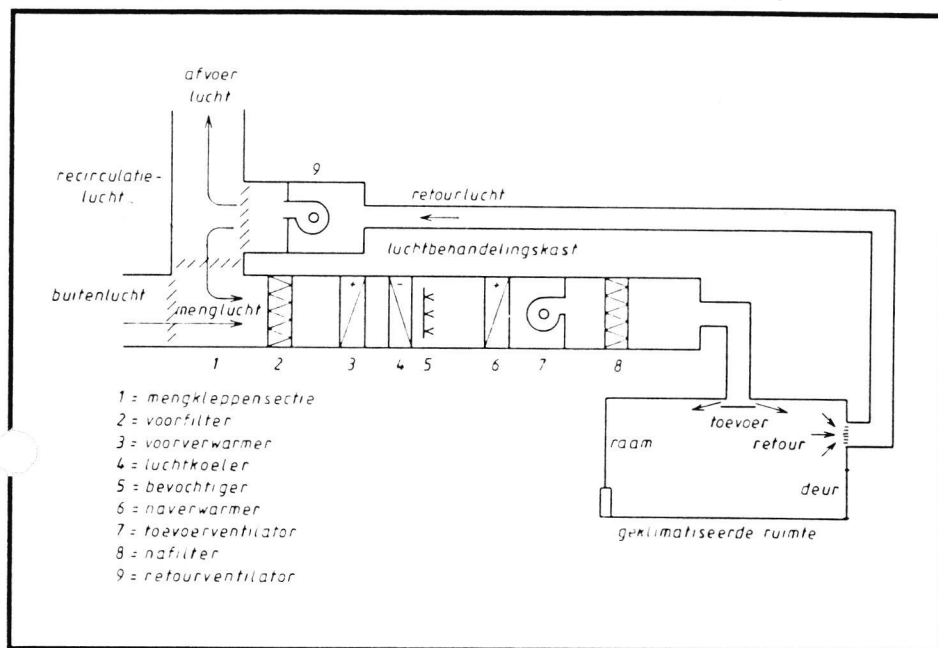
**heden naar de juiste plaatsen) gelijkmatig en tochtvrij verdelen**

**3. Regelen, al of niet automatisch, van de binnencondities.**

In de figuren 2 en 3 zijn de onder de punten 1 en 2 genoemde functies en de daarvoor noodzakelijke componenten aanschouwelijk en schematisch weergegeven. De klimaatinstallatie in een gebouw is te vergelijken met het ademhalingsstelsel in het lichaam. Het in figuur 3 aangegeven nafilter (8) komt in installaties voor kantoorgebouwen niet voor, doch is kenmerkend voor ziekenhuisinstallaties. Analooq aan 'een gezonde geest in een gezond lichaam' moet ook hier worden gestreefd naar 'een gezonde klimaatinstallatie in een gezond gebouw'.

Figuur 2.  
Onderdelen van de klimaatinstallatie in een gebouw





**Figuur 3**  
Schematische voorstelling van  
een luchtbehandelingsinstallatie  
(airconditioning installatie)

## 2.2 Goede luchtfiltratie

Naast een goede temperatuur- en vochtbeheersing is een goede luchtfiltratie een van de belangrijkste functies van een klimaatinstallatie. Het filter in de klimaatinstallatie heeft een tweetal taken:

**a. stof uit de toegevoerde lucht verwijderen voor het schoonhouden en beschermen van klimaatinstallaties, gebouw en daarin aanwezige goederen of processen;**

**b. stof, zwevende deeltjes, uit de toegevoerde lucht verwijderen ter preventie van (potentieel) negatieve effecten op de gezondheidstoestand van de gebruikers van een gebouw.**

Onder stof verstaan we in de atmosfeer verdeeld aanwezige deeltjes van willekeurige vorm, samenstelling, dichtheid en afmeting, gewoonlijk kleiner dan 100  $\mu\text{m}$ . We kunnen het stof naar deeltjesgrootte onderverdelen in:

- grof stof > 10  $\mu\text{m}$
- fijn stof 1... 10  $\mu\text{m}$
- submicron stof < 1  $\mu\text{m}$ .

Globaal wordt gesteld dat 99,9% van alle stofdeeltjes in de buitenlucht kleiner is dan 1  $\mu\text{m}$ , terwijl 70% van het gewicht wordt geleverd door het kleine aantal deeltjes groter dan 1  $\mu\text{m}$ . Praktisch alle luchtfilters hebben een goed rendement voor deze grotere stofdeeltjes, maar een goed filter moet ook de kleine stofdeeltjes (kleiner dan 1  $\mu\text{m}$ ) kunnen vangen.

Tabel 1 geeft een overzicht van deeltjesgrootte en kleinste diameter in  $\mu\text{m}$  van stofvormige verontreinigingen in de binnenlucht. In tabel 2 is de deeltjesgrootte en de bijbehorende depositieplaats in de luchtwegen weergegeven.

Deeltjes kleiner dan 10  $\mu\text{m}$  kunnen gedurende lange tijd in de lucht blijven zweven. Deeltjes onder de 3,5  $\mu\text{m}$  komen bij inademing tot in de alveoli (trossvormige longblaasjes) en worden gerekend tot de respirabele fractie.

Alleen het grove stof boven 15 à 25  $\mu\text{m}$  kunnen we met het blote oog waarnemen. Kleinere partikels zijn nog zichtbaar bij hoge concentraties, zoals sigaretterook. De meeste rookdeeltjes zijn kleiner dan 1  $\mu\text{m}$ ; het grootste deel ligt tussen de 0,1 en 0,3  $\mu\text{m}$ .

## Gezonde klimaatinstallaties

Tabel 1

Deeltjesgrootte en kleinste  
diameter van stofverontreini-  
gingen in de binnenlucht in  $\mu\text{m}$   
(3): (1  $\mu\text{m} = 0,000001$  meter).

|                                                                                |     |   |       |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----|---|-------|
| wolvezels (keratine)                                                           | 500 | - | 100   |
| synthetische vezels                                                            | 500 | - | 100   |
| papierstof                                                                     | 300 | - | 20    |
| katoenvezels (cellulose)                                                       | 500 | - | 15    |
| pollenkorrels                                                                  | 60  | - | 12    |
| kolenstof                                                                      | 400 | - | 10    |
| glasgaren                                                                      | 25  | - | 6     |
| carbonblack                                                                    | 30  | - | 5     |
| steenwol, slakkenwol, glaswol                                                  | 9   | - | 4     |
| stof uit vogelkooien                                                           | 20  | - | 3     |
| Aspergillus Fumigatus sporen                                                   | 6   | - | 2     |
| asbest                                                                         |     | - | 2     |
| hygroscopische sigaretterookdeeltjes na<br>2 à 3 sec. verblijf in de bronchiën | 3   | - | 2     |
| schimmelsporen                                                                 | 20  | - | 1     |
| inhalatie-allergenen in binnenlucht                                            | 20  | - | 0,5   |
| huisstofmijt-faeces partikels                                                  | 10  | - | 25    |
| inhalatie-allergenen van huisstofmijt en<br>kat bestaan voor zo'n 50% uit:     | 1,5 | - | 0,5   |
| druppelkernen                                                                  | 3   | - | 0,5   |
| thermotofiele actinomyceten sporen                                             |     | - | 0,5   |
| Legionella Pnaumophila bacteriën                                               | 5   | - | 0,4   |
| Chlamydia Psittaci extracellulair                                              |     | - | 0,3   |
| glasvezels in ultra- of HEPA-filters                                           | 1   | - | 0,2   |
| bacteriën                                                                      | 50  | - | 0,1   |
| dieselolie/stookolierook                                                       | 0,1 | - | 0,03  |
| witte asbest (chrysotiel)                                                      |     | - | 0,02  |
| sigaretterook, hoofdstroom                                                     | 1   | - | 0,1   |
| sigaretterook, zijstroom                                                       | 0,1 | - | 0,01  |
| virussen                                                                       | 0,1 | - | 0,005 |
| vliegass                                                                       |     | - | 0,005 |

Tabel 2

Deeltjesgrootte en voornaamste  
depositieplaats in de luchtwegen.

|                     |                              |                    |
|---------------------|------------------------------|--------------------|
|                     | deeltjes > 10 $\mu\text{m}$  | neus- en mondholte |
| 3,5 $\mu\text{m}$ < | deeltjes < 10 $\mu\text{m}$  | luchtwegen         |
| 0,3 $\mu\text{m}$ < | deeltjes < 3,5 $\mu\text{m}$ | alveoli            |
|                     | deeltjes < 0,3 $\mu\text{m}$ | uitgeademd         |

Virussen variëren in afmeting tussen 0,005 en 0,1  $\mu\text{m}$ . Ze komen gewoonlijk voor in koloniën of samen met partikels. De afmeting van de meeste bacteriën ligt tussen de 0,4 en 5  $\mu\text{m}$ . Gewoonlijk worden ze gedragen door in de lucht zwevende, grotere partikels.

Behalve naar fijnheid kunnen we stof ook indelen in organisch en anorganisch materiaal. Organisch stof: organische meststoffen, plantendelen, insectendelen, kaartjes, huidschilfers, papier- en textielvezels, meel, zaden, pollen of stuifmeel, schimmelsporen, bacteriën, virussen e.d.

Anorganisch stof: anorganische meststoffen zoals fosfaten, as, asbestvezels, glasvezeltjes, kalk, metaaloxiden (meestal ijzer- en loodoxiden), roet, steenstof, steenwolvezels, vliegias, zoutkristallen e.d.

Het schoonhouden van de klimaatinstallatie heeft tot doel het voorkomen van de aanwezigheid van een voedingsbron voor de groei van micro-organismen.

De bescherming van de installatie heeft tot doel:

- vervuiling van verwarmings- en koelbatterijen tegen te gaan; dit voorkomt rendementsverlies
- voorkomen van corrosie ten gevolge van agressieve stofdeeltjes, bijvoorbeeld  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , chloriden
- voorkomen van vervuiling en in onbalans raken van ventilatoren
- voorkomen van vervuiling van opnemers van meet- en regelapparatuur
- tegengaan van vervuiling van luchtkanalen en inblaasornamenten als roosters, anemostaten en nozzles van inductieapparaten (dit laatste geeft aanleiding tot een verhoogd geluidsniveau).

Het filteren van stof uit de toegevoerde lucht, ten behoeve van de gebruiker van het gebouw, heeft tot doel:

- voorkoming van (potentieel) negatieve effecten op de gezondheidstoestand (allergie, infectie, intoxicatie) van het individu.

### 2.3 Filterklassen en kwaliteit van de filters

Gezien de noodzakelijk bescherming van het individu, de klimaatinstallatie en het gebouw is een goede filtratie van de toevoerlucht van groot belang. Om een goede filtratie kwantitatief aan te kunnen geven, delen we de filters achtereenvolgens in in klassen met bijbehorende filterkwaliteiten.

Filters kunnen worden ingedeeld in drie klassen, zie bijlage 1:

- grofstoffilters of voorfilters
- fijnfilters

- micro- en hepafilters (high efficiency particulate airfilter)

N.B. Voor filters met een zeer hoog rendement bestaan naast HEPA ook ULPA, VHSI en MEGA-filters.

Voor de karakterisering van de kwaliteit van de filters zijn twee begrippen belangrijk. Ten eerste de *stofvangst*. Dit is een maat voor het vermogen van een filter om synthetisch teststof (met korrelgrootten tot 80  $\mu\text{m}$  uit de luchtstroom te scheiden. De bepaling geschiedt gravimetrisch (gewichtstest). De afkorting grav. wordt vaak aan het stofvangstpercentage toegevoegd. Het andere begrip is het *filterrendement*. Dit is een maat voor het vermogen van een filter om buitenlucht van stof te zuiveren. De testmethode berust op een optische bepaling waarbij filtreerpapier, voor en achter het filter geplaatst, door het stof van de buitenlucht verkleurt.

De testmethode wordt ook wel verkleuringstest of dust spot methode genoemd. De afkorting atm., van atmosferisch, wordt vaak aan het filterrendementpercentage toegevoegd. Het bepalen van deze percentages voor voor- en fijnfilters geschiedt volgens ASHRAE Standard 52-76 of Eurovent 4/5.

Voor de filters wordt geen afzonderlijk vangstpercentage voor micro-organismen bepaald. Een voor- of groffilter wordt gebruikt voor het vangen van grote massa's grofstof. Van deze filters wordt het stofvangstpercentage (grav.) bepaald. Voor deeltjes kleiner dan 1  $\mu\text{m}$  is het stofvangstpercentage praktisch nihil.

Een fijnstoffilter wordt gebruikt voor het tegengaan van zichtbare vervuiling en van toxische en irriterende stoffen. Hiervoor is het filterrendement een belangrijk gegeven.

De grof- en fijnfilters worden overeenkomstig ASHRAE Standard 52-76/Eurovent 4/5, ingedeeld als in tabel 3.

Volgens ASHRAE GUIDE and DATA BOOK (zie bijlage) zijn fijnfilters met een filterrendement (atm.) van 70-89% al beperkt werkzaam tegen bacteriën bij hogere filterrendementen. Ze worden met name aanbevolen voor toepassing in kantoorgebouwen. Bij een gemiddeld filterrendement van 85% (EU 7) vindt tevens een behoorlijke filtratie van smettende deeltjes als roet en oliedamp plaats [4], alsmede van irriterende en toxische deeltjes als lood en sulfaten. Ook wordt door deze goede filtratie de vorming van een voedingsbron in de klimaatinstallatie tegengegaan. Deze voedingsbron is één van de noodzakelijke voorwaarden voor de groei en vermenigvuldiging van micro-organismen.

Tabel 3  
Indeling filterklassen naar  
stofvangst (grav.) en  
filterrendement (atm.) in %.

| Filterklasse            | Stofvangst<br>(grav.)% | Filterrendement<br>(atm.) % |
|-------------------------|------------------------|-----------------------------|
| EU 1 groffilters        | < 65                   | -                           |
| EU 2 (gewichtstest)     | 65 - 80                | -                           |
| EU 3                    | 80 - 90                | -                           |
| EU 4                    | > 90                   | -                           |
| EU 5                    | -                      | 40 - 60                     |
| EU 6 fijnfilters        | -                      | 60 - 80                     |
| EU 7 (verkleuringstest) | -                      | 80 - 90                     |
| EU 8                    | -                      | 90 - 95                     |
| EU 9                    | -                      | > 95                        |

## 2.4 Kostenaspecten

De hogere kosten die gepaard gaan met het gebruik van fijnfilters van hogere kwaliteit (minstens EU 7) wegen ruimschoots op tegen de kosten van het schoonhouden en effectief beschermen van de klimaatinstallatie, het gebouw en zijn bewoners. Hierbij vallen de extra investeringskosten voor een beter filter in het niet bij de extra energiekosten door de hogere gemiddelde weerstand van het betere filter. Een zakkenfilter EU 7 (80% ASHRAE verkleuringstest) is circa zestig keer duurder dan een zakkenfilter EU3/4 (25% ASHRAE verkleurings-test).

Uit informatie of catalogi van filterleveranciers kan de extra weerstand van het betere filter worden verkregen. In bovengenoemd geval bijvoorbeeld gemiddeld 60 Pa gedurende de standtijd van het filter. Met de in het vervolg van deze paragraaf gegeven formule kan worden berekend dat het extra energiegebruik bij een bedrijfstijd van 8760 h/jaar en een verplaatste luchthoeveelheid van 100.000 m<sup>3</sup>/uur, dan circa 25.000 kWh/jaar bedraagt.

Bij luchtbehandelingssystemen in kantoorgebouwen wordt meestal

volstaan met één filterinstallatie (op de plaats van het voorfilter, figuur 3). Ter bescherming van het fijnfilter met een hoog rendement kan een groffilter worden voorgeschakeld. De gecombineerde toepassing van een groffilter en een fijnfilter is een economisch optimaliseringsprobleem. De extra investerings-, plaatsruimte- en energieverbruiskosten voor het groffilter moeten opwegen tegen de bereikte besparing door de langere standtijd van het fijnfilter.

Een langere standtijd van het hete fijnfilter wordt ook bereikt door een voldoende groot oppervlak te kiezen. Filters met een groot oppervlak hebben een lage luchtweerstand doordat de snelheid door het filtermedium lager is. Een lagere beginweerstand vergroot de standtijd van het filter en verlaagt het energiegebruik.

Wat de exploitatiekosten betreft, is er een economische eindweerstand. Een hogere eindweerstand betekent een langere periode tussen het wisselen van de filters en daardoor lagere filterkosten. Aan de andere kant doet een hogere eindweerstand van het filter de energiekosten stijgen.

Stel de weerstandstoename tussen twee situaties als hiervoor aangegeven, namelijk met of zonder groffilter, bij twee gelijkwaardige filters met verschillend filteroppervlak of bij één filter na verloop van tijd, is gelijk aan  $\Delta p$  Pa. Het extra energiegebruik van de ventilator is evenredig met het produkt van de weerstandstoename  $\Delta p$  en de luchthoeveelheid  $\phi$  en omgekeerd evenredig met het nuttig effect  $\eta$  van de ventilator (dikwijls 0,6-0,7).

In formulevorm:

$$E = \frac{\Delta p \text{ (Pa)} \cdot \phi \text{ (m}^3/\text{s)}}{\eta} \text{ (Watt)}$$

bij een bedrijfstijd van 8760 h/jaar,

$$E = \frac{\Delta p \cdot \phi \cdot 8760}{\eta \cdot 1000} \text{ (kWh/jaar)}$$

Als vuistregel is uit voornoemde formule af te leiden dat elke 10 Pa weerstandstoename een extra vermogen van 5 W kost per 1000 m<sup>3</sup>/h getransporteerde lucht ( $\eta=0,6$ ).

Tabel 4

Prevalentie van symptomen in gebouwen met verschillende voorzieningen voor ventilatie en verwarming.

| Symptomen           | Natuurlijke ventilatie | Mechanisch ventilatie | Volledige airconditioning |
|---------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------|
| neus                | 5.8                    | 13.7                  | 17.2                      |
| oog                 | 5.8                    | 8.2                   | 17.6                      |
| slijmvliezen        | 8.1                    | 17.8                  | 32.6                      |
| hoofdpijn           | 15.7                   | 37.0                  | 39.5                      |
| droge huid          | 5.7                    | 5.5                   | 14.9                      |
| lethargie (dufheid) | 13.8                   | 45.2                  | 52.5                      |

## 3. Oorzaken voor het optreden van klachten

Onderzoek van Finnigan [5] laat zien dat er een zeker verband is tussen de prevalentie van symptomen in gebouwen en (het functioneren van) de verschillende technische voorzieningen voor ventilatie en klimaatbeheersing (Tabel 1).

Ook andere prevalentieonderzoeken wijzen in de richting dat naarmate meer binnenmilieufactoren kunstmatig worden geconditioneerd de kans op het optreden van klachten groter wordt.

Zo vond Wallingford [6] bij analyse van driehonderd onderzoeken in probleemgebouwen dat de oorzaak in vrijwel alle gevallen hetzij direct hetzij indirect iets te maken had met de ventilatieomstandigheden. In directe zin ten gevolge van onvoldoende verse buitenlucht of toevoer van gecontamineerde lucht, slechte luchtverdeling en slechte temperatuurregeling (61%) en in indirecte zin door onvoldoende afvoer van intern gegenereerde contaminanten (23%).

Uit een door de Rijks Bedrijfsgezondheids- en Bedrijfsveiligheidsdienst (RBB) verrichte analyse [7] van een dertigtal 'sick building problemen' kwamen als voornaamste klachten en oorzaken naar voren:

- thermisch klimaat (te warm, te

koud, tocht) 32%

Oorzaken o.a.: fouten in de (bedrijfsvoering van) de klimaatinstallatie, verkeerd gesitueerde thermostaten, onjuist gesitueerde of gedimensioneerde inblaaspunten, onvoldoende zonwering, onvoldoende vloerisolatie, te hoge interne warmtelast;

- luchtkwaliteit (muffe, bedompte atmosfeer) 25%

Oorzaken o.a.: onvoldoende ventilatie, te hoge bezettingsgraad

- a-specifieke klachten (hoofdpijn, vermoeidheid, lusteloosheid, keel-, neus- en luchtwegirritaties, oogirritaties, huidirritaties.

Als oorzaken worden genoemd te weinig ventilatie en in mindere mate een te hoge bezettingsgraad, alsmede een te hoge luchttemperatuur in het stookseizoen. Over mogelijke stoffen die de directe veroorzakers zijn van de irritaties wordt evenwel geen mededeling gedaan. In 23% van de gevallen waren de a-specifieke klachten niet goed te verklaren.

Ofschoon in hoofdstuk 2 gesteld is dat de klimaatadviseur/ontwerper gewoonlijk verantwoordelijk wordt geacht voor een goed thermisch klimaat en een goede luchtkwaliteit, laat figuur 4 zien dat hij slechts medeverantwoordelijk is voor het resulterende binnenmilieu.

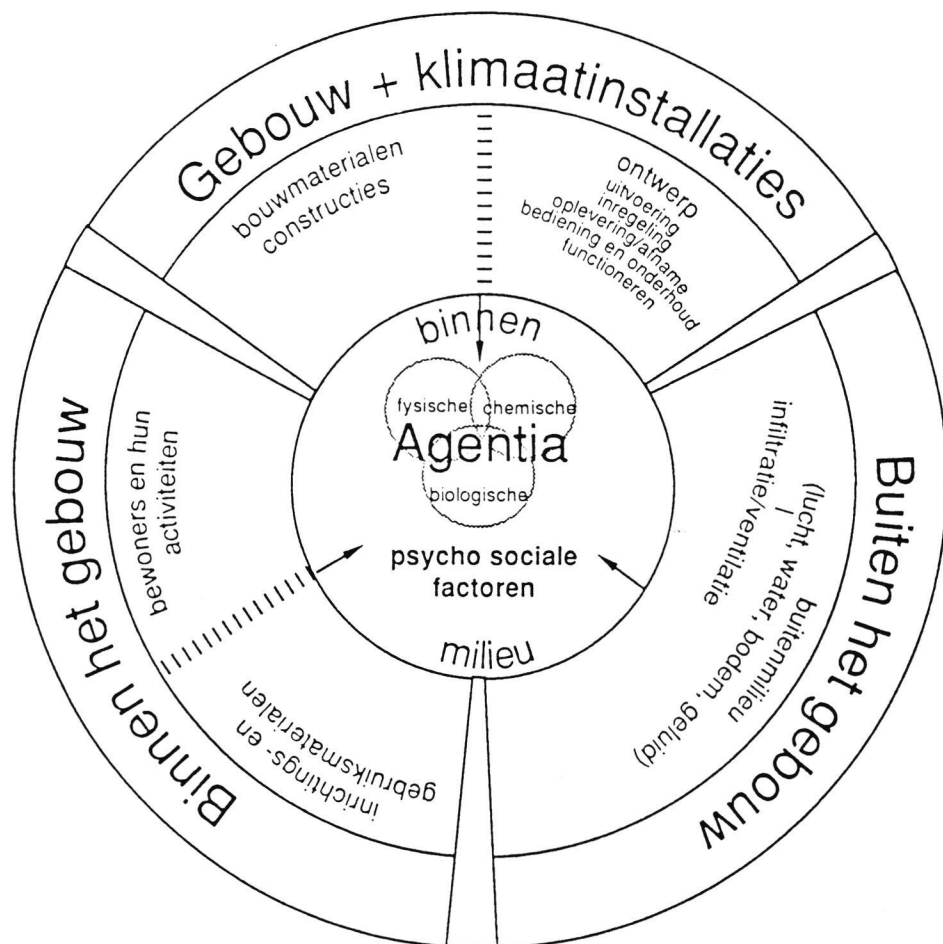
Naast technische voorzieningen

beïnvloeden ook andere factoren als verontreinigingen van buiten, beeldschermwerk, verlichting, emissies uit bouw- en inrichtingsmaterialen, uitzicht, psychische belasting door hoge werkdruk etc. het geestelijk en lichamelijk welbevinden van de gebouwbewoner.

Opdrachtgever, architect, klimaatadviseur, gebouwbeheerder, bewoners en gebruikers hebben allen hun eigen verantwoordelijkheid voor het tot stand brengen en in stand houden van een leefbaar binnenmilieu.

Beperken we ons tot de klimaatinstallaties, dan blijkt dat bij het ontwerp vaak onvoldoende rekening is gehouden met autonome ontwikkelingen achteraf op het gebied van gebouwbeheer en bewoning, terwijl anderzijds het gebouwbeheer vaak geen rekening houdt met de beperkingen die de installatie oplegt.

De energiekosten vormen tegenwoordig een veel groter deel van de exploitatiekosten van gebouwen dan vroeger. Vermindering van de hoeveelheid te conditioneren buitenlucht is de eenvoudigste en goedkoopste manier van energiebezuiniging (stilstand 's nachts en in de weekends, meer recirculatie). Tegelijkertijd is de chemische belasting door interne bronnen sterk



Figuur 4  
Interactie van binnenmilieu  
bepalende factoren.

toegenomen. Te denken valt aan: fotokopieerapparaten, personal computers, spaanplaat, gelijkde vaste vloerbedekking, maar ook kamerplanten en kleinere kantoorartikelen. Toepassing van steeds agressievere schoonmaak-artikelen als antwoord op de kostenbesparingen in het onderhoud draagt eveneens bij aan de totale belasting.

Bij herindeling van kantoren en het geven van andere bestemmingen aan ruimten wordt geen rekening gehouden met het verdelingspatroon van de ventilatielucht met als gevolg locaties met een te lage verse luchttoevoer of een onvoldoende ventilatie-efficiency. Te weinig wordt gerealiseerd dat meer complexe klimaatinstallaties ook hogere eisen aan het opleidingsniveau van het

bedienend personeel stellen. Daarnaast speelt dat deze complexe installaties de bewoners in toenemende mate de mogelijkheid ontzeggen om invloed uit te oefenen op het klimaat op hun werkplek. Dit complex van factoren en hun interacties kan leiden tot een diffuus beeld van a-specifieke klachten. Veelal is het niet mogelijk één stimulus of agens aan te wijzen als de veroorzaker. Zo zal een lage relatieve vochtigheid op zich geen problemen geven, maar dit kan wel tot overgevoeligheid van de slijmvliezen voor andere stimuli (bijvoorbeeld stofdeeltjes, chemische verbindingen) aanleiding geven. Ook is denkbaar dat alle individuele agentia of stimuli binnen aanvaardbare grenzen liggen, terwijl de gecombineerde blootstelling echter tot effecten aanleiding geeft bij een gevoelige populatie. Het

wegnemen van verdachte bronnen, het zo mogelijk verbeteren van de prestaties van de installaties en het verbeteren van de arbeidsomstandigheden leiden in een groot aantal gevallen tot een aanvaardbare situatie.

## 4. Gezondheidsbeïnvloedende aspecten gerelateerd aan klimaatinstallaties

### 4.1 Luchtverontreiniging van buiten

Door mechanische ventilatie wordt een deel van de in de buitenlucht aanwezige luchtverontreiniging in het gebouw gebracht. Met uitzondering van zwaveldioxide dat sterk geabsorbeerd wordt in de bevochtigingssectie leidt conditionering van de verse luchttoevoer slechts tot een geringe afname van de concentratieniveaus. In tabel 2 is, op grond van een praktijksituatie, aangegeven welk percentage van de buitenluchtconcentraties, in een situatie met 100% verse luchttoevoer, de installatie en het kanaalsysteem zal passeren [8].

Doordat in de meeste situaties in ruime mate wordt gerecirculeerd zijn de concentraties aan gasvormige buitenluchtcontaminanten in het gebouw ten gevolge van ad- en absorptie aan stoffering en interieurafwerking slechts een fractie van de buitenluchtconcentraties. In het algemeen zijn dan ook geen gezondheidseffecten te verwachten ten gevolge van infiltratie van bovengenoemde gasvormige buitenluchtcontaminanten.

Dit geldt echter niet voor de koolmonoxideconcentratie die gestaag kan oplopen tot hetzelfde niveau als in de buitenlucht. De grenswaarde voor koolmonoxide,  $6000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  (98 percentiel 8-uursgemiddelde) wordt in steden over een afstand van 220 km trottoirlengte overschreden [9]. In situaties met sterke gevelbelasting door verkeersemissies kan in een gebouw bij een gevoelige populatie stankhinder (verbrandingsgassen, benzinedamp) en hoofdpijn (t.g.v. CO) optreden. Bij de rendementen van thans toegepaste stoffilters in luchtbehandelingsinstallaties van kantoorgebouwen zal ook een groot deel van de fijne looddeeltjes afkomstig van het wegverkeer (diameter  $< 1 \mu\text{m}$ ) in het binnenmilieu penetreren. De grenswaarde voor lood,  $0,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  (jaargemiddelde) wordt in de binnensteden over 420 km troitroirlengte overschreden (1987). Hoewel de loodemissies door het verkeer worden teruggedrongen door de introductie van loodvrije benzine kan worden aangenomen dat thans nog een deel van de kantoorpopulatie een onnodig hoge loodbelasting oploopt. Op de noodzaak van het goed filtreren van stof is reeds gewezen in paragraaf 2.2.

### 4.2 Micro-organismen in klimaatinstallaties

Veel micro-organismen die normaal buiten in de atmosfeer voorkomen worden ook binnen in gebouwen aangetroffen. Deze micro-organismen, voornamelijk virussen, bacteriën, gisten en schimmels, worden naar binnen gebracht door luchtstroming, maar vooral door mens en dier.

De meeste micro-organismen aanwezig in lucht van gebouwen behoren tot de residente huidflora van de mens (o.a. *Staphylococcus epidermidis* en *Micrococcus luteus*) en de naar binnen gebrachte sporen van bacteriën (*Bacillus*) en schimmels (*Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Alternaria*, *Mucor* enz.).

Micro-organismen kunnen zich in de lucht niet vermenigvuldigen maar wel handhaven. De aantallen micro-organismen en hun levensduur in de lucht zijn afhankelijk van factoren als de bezettingsgraad van het gebouw, de relatieve vochtigheid, de temperatuur en het materiaal van het drageraerosol (vuil).

De aanwezigheid van vocht en organisch vuil (voedselresten, dode planten enz.) geven de micro-organismen gelegenheid zich te vermenigvuldigen.

tabel 5  
Percentage van de buitenluchtconcentratie dat via de installatie infiltreert.

| Verontreiniging                                                                | Percentage dat passeert | Opmerkingen                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------|
| SO <sub>2</sub>                                                                | 20 - 30%                | Sterkte absorptie in bevochtigingssectie                |
| NO <sub>2</sub>                                                                | 80 - 90%                |                                                         |
| O <sub>3</sub>                                                                 | 70 - 80%                |                                                         |
| CO                                                                             | ±100%                   |                                                         |
| fijn stof ( $< 2 \mu\text{m}$ )<br>(roet, sulfaten, nitraten, lood zwavelzuur) | 40 - 50%                |                                                         |
|                                                                                |                         | Voor een filter van type Eurovent EU 5 (dust spot test) |

Voorkomen van vuilophoping is dan ook van groot belang.

Met micro-biologisch onderzoek van klimaatinstallaties wordt uitgevoerd om gegevens te verkrijgen inzake aantallen en soorten micro-organismen. In de praktijk is dit zinvol als er een medische indicatie is die in de richting van bepaalde micro-organismen of allergenen wijst.

Als belangrijkste ziekteverwekkers zijn bekend: *Legionella pneumophila*, *Aspergillus fumigatus* en *Histoplasma capsulatum*.

Niet alle schimmelfamilies en -soorten zijn even relevant uit het oogpunt van menselijke gezondheid.

Micro-organismen kunnen zich, indien gunstige groeivoorwaarden aanwezig zijn, sterk vermenigvuldigen in de klimaatinstallatie. Krijgt de langsstromende lucht gelegenheid ze op te nemen dan kunnen ze via het luchtkanaalsysteem en de inblaasornamenten door het gehele gebouw worden verspreid. Gunstige groeivoorwaarden zijn een hoog vochtgehalte, een geschikt temperatuurgebied en de aanwezigheid van een voedingsbron. Mogelijke groeilocaties in de klimaatinstallatie zijn: filters, bevochtigingssecties, koelbatterijen, luchtkanalen en inblaasornamenten (bijvoorbeeld warmtewisselaars van inductieunits).

Veel in klimaatinstallaties aangetroffen micro-organismen zijn: bacteriën, protozoa (amoeben) en schimmels. Twee typen gezondheids-effecten kunnen met blootstelling aan micro-organismen worden geassocieerd: infectie en allergie.

Hoge aantallen micro-organismen en/of allergenen kunnen aanleiding geven tot klachten of ziekteverschijnselen afhankelijk van het soort

micro-organisme.

Sporen van bacteriën en schimmels kunnen allergische reacties geven, terwijl virussen en ziekteverwekkende bacteriën (*Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Legionella pneumophila*) infecties kunnen veroorzaken. Personen met een verminderde weerstand of een allergische gesteldheid lopen groter risico's.

### Infectie

Luchtweginfectie ontstaat door binnendringen van pathogene organismen zoals bacteriën. Een in relatie tot klimaatinstallaties bekend geworden luchtweginfectie is legionellose. Legionellose is een relatief weinig voorkomende ziekte die voor het eerste bekend werd toen zich in 1976 een onbegrepen epidemie van longontsteking voordeed onder oudstrijders ('legionaires') die deelnamen aan een reünie in Philadelphia in de Verenigde Staten. Eén op de zes patiënten overleed aan de ziekte. Het verantwoordelijke micro-organisme bleek een nog niet eerder beschreven bacteriesoort te zijn. Het kreeg de naam *Legionella pneumophila*. Over de gehele wereld is sindsdien een toenemend aantal legionella-infecties waargenomen. Zowel epidemieën als incidentele gevallen zijn gerapporteerd.

De afgelopen jaren is de kennis over *L. pneumophila* en andere legionella-soorten belangrijk toegenomen. Thans zijn 22 legionellasoorten bekend, waarbij van 12 soorten aangetoond is dat zij bij de mens ziekte kunnen veroorzaken. Echter, in de meeste gevallen is *L. pneumophila* de ziekteverwekker. De infectie kan in verschillende vormen voorkomen, variërend van een

griepachtig ziektebeeld (Pontiac Fever) tot een zeer ernstige longontsteking (legionella-pneumonie) die zonder adequate behandeling met antibiotica in ongeveer 20% van de gevallen dodelijk verloopt. In het algemeen neemt men aan dat de infectie optreedt door het inademen van besmette aerosolen. Overdracht van mens op mens is nooit aangetoond en wordt zeer onwaarschijnlijk geacht. Personen met een verminderde afweer vormen de belangrijkste risicogroep.

De incidentie van legionella pneumonie is moeilijk vast te stellen [10]. In de Verenigde Staten schat men deze op ongeveer 12 per 100.000 inwoners per jaar. In Europa wordt de incidentie lager geschat dan in de Verenigde Staten. Men vermoedt dat gemiddeld bij 3% van de patiënten die met een longontsteking in een ziekenhuis worden opgenomen legionella de ziekteverwekker is. In Nederland is de incidentie onbekend. Tot en met 1984 hebben zich in ons land 225 (bewezen) gevallen van legionella pneumonie voorgedaan. Hiervan werd 40% besmet tijdens opname in een ziekenhuis. Bij 35% bestond er verband met een buitenlandse reis. Bij de overige 25% kon een dergelijk verband niet worden aangetoond. Plaatsen waar de aanwezigheid van legionella's is vastgesteld zijn weergegeven in onderstaande tabel.

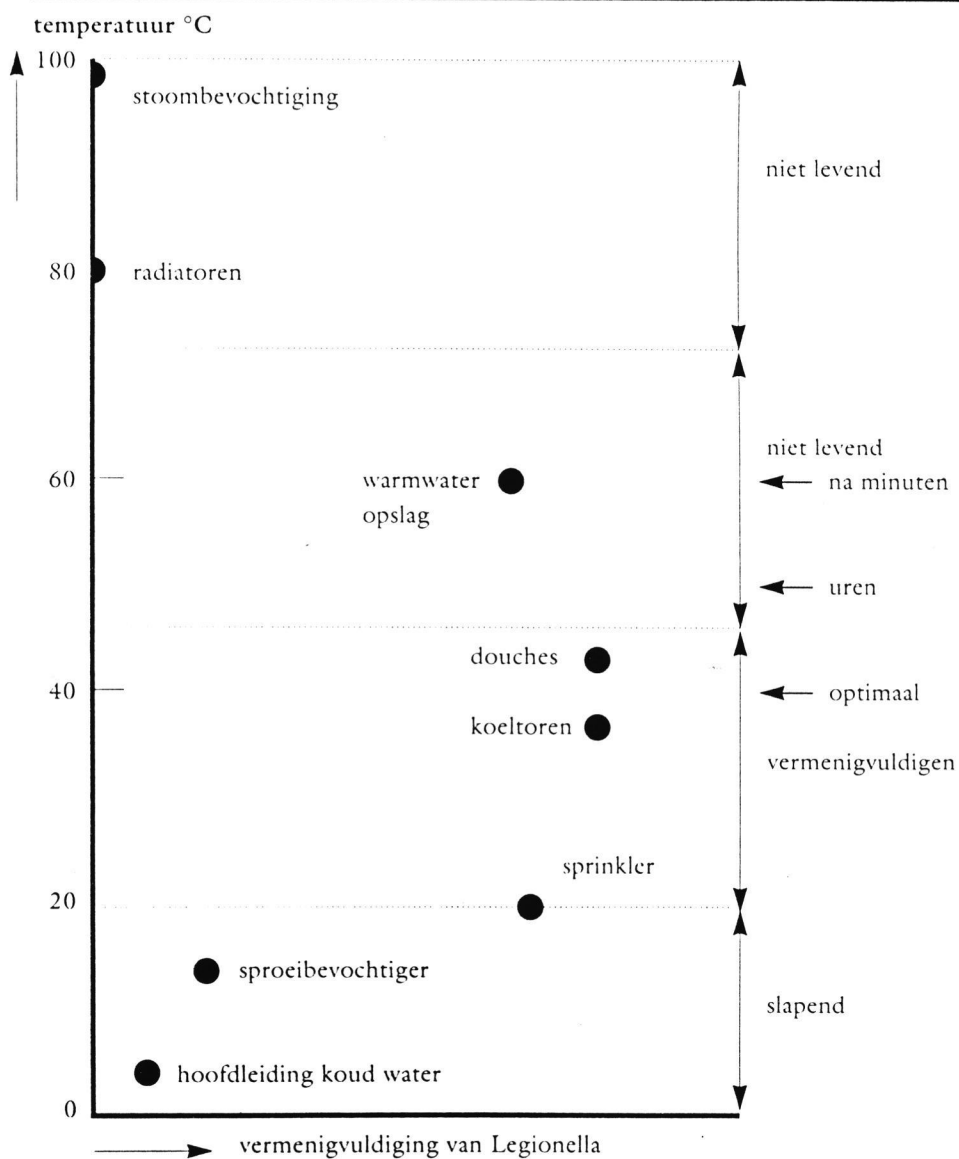
## Gezonde klimaatinstallaties

**Tabel 6**  
Inventariserend onderzoek  
naar de aanwezigheid van  
legionella's in diverse systemen  
[10].

|                   | aantal systemen   |                 | % positief |
|-------------------|-------------------|-----------------|------------|
|                   | aantal onderzocht | aantal positief |            |
| warm tapwater     | 175               | 73              | 42         |
| koud water        | 82                | 6               | 7          |
| koeltorenwater    | 30                | 15              | 50         |
| luchtbevochtigers | 31                | 6               | 19         |
| wervelbaden       | 52                | 12              | 23         |
| zwembaden         | 51                | 2               | 4          |
| oppervlaktewater  | 1                 | 0               | -          |

De watersoorten met een relatief hoge temperatuur zoals warm tapwater, koeltorenwater en wervelbaden (whirlpools) werden het vaakst positief bevonden.

Kenmerkende ontwerptemperaturen voor waterbevattende systemen in gebouwen zijn weergegeven in figuur 5. Daarin is ook aangegeven het temperatuurtraject (20-46°C) waarin optimale condities voorkomen voor vermenigvuldiging van de legionella's. Koeltorens zijn op grond van hun temperatuurtraject gevoeliger voor legionella manifestatie dan bevochtigers.



**Figuur 5**  
Kenmerkende ontwerptempera-  
turen voor waterbevattende  
systemen en daarmee verbonden  
risico's.

In luchtbehandelingsinstallaties is de kans op vorming en verspreiding van aërosolen relatief groot. Legionella-infecties die veroorzaakt werden door dergelijke installaties zijn in Nederland tot op heden (1986) niet vastgesteld, hoewel besmettingen in sommige installaties werden aangetoond. Echter, mede gezien de ervaringen in Engeland en de Verenigde Staten adviseert de commissie van de Gezondheidsraad [9] adequate maatregelen te treffen om legionellagroei te voorkomen in luchtbehandelingsinstallaties, in het bijzonder in koeltorens, verdampingscondensoren en bevochtigers die werken met recirculerend water [11,12].

### Allergie

Allergie is de verhoogde gevoeligheid voor bepaalde stoffen in de omgeving, die ziekteverschijnselen kunnen veroorzaken (allergenen). Ziekten die hiermee verband houden zijn allergieën van het type III zoals luchtbevochtigerskoorts en extrinsieke allergische alveolitis

allergische ontstekingsreactie in de longblaasjes en kleine bronchiën) en type I allergieën zoals astma en allergische rhinitis (loopneus, niezen, neusverstopping). De acute symptomen van allergische alveolitis en luchtbevochtigerskoorts (hoofdpijn, misselijkheid, koorts, spierpijn en kortademigheid) komen sterk overeen en treden 4 tot 8 uur na het begin van de blootstelling op en houden meestal 12-18 uur aan. Het beeld kan overgaan in een chronische fase waarbij longfunctieveranderingen optreden. Vooral thermofiele actinomyceten, amoeben en schimmels worden geassocieerd met extrinsieke allergische alveolitis terwijl amoeben en enkele bacteriën in verband worden gebracht met

luchtbevochtigerskoorts. Al deze micro-organismen kunnen voorkomen in lucht uit gecontamineerde luchtbehandelingsapparatuur. Het is evenwel onbekend welke niveau's van door de lucht aangevoerde contaminanten nodig zijn om extrinsieke allergische alveolitis of luchtbevochtigerskoorts te veroorzaken.

Type I allergieën treden op bij personen met een aangeboren afwijking van het immuunsysteem. Astma en rhinitis treden acuut op, met een verhoogde incidentie op maandagmorgen indien de klimaatinstallatie in het weekend buiten bedrijf is geweest. Blootstelling aan schimmels en schimmelsporen kan een oorzaak zijn van dergelijke allergische reacties. Het ziektebeeld hoeft echter niet per se gerelateerd te zijn aan micro-organismen in de klimaatinstallatie. Voor micro-organismen in klimaatinstallaties moet worden gesteld dat voorkomen (van gecontamineerde luchtbehandelingsapparatuur) beter is dan genezen (van infectie en allergie).

### 4.3 Neutralisatie van ionen in het luchtbehandelingscircuit

Een geheel ander aspect is het effect van luchtbehandeling en mechanische ventilatie op de concentratie van natuurlijke ionen in de lucht. Door neutralisatie van ionen in de luchtbehandelingsinstallatie worden in geklimatiseerde ruimten veel lagere concentraties aan ionen gevonden dan in de buitenlucht waarbij tevens een elektrische onbalans ontstaat in de zin dat negatieve ionen vrijwel ontbreken [13].

Een objectieve beoordeling over de nadelige effecten op de mens is niet mogelijk in het licht van de vele

tegenstrijdige onderzoeksresultaten [14,15].

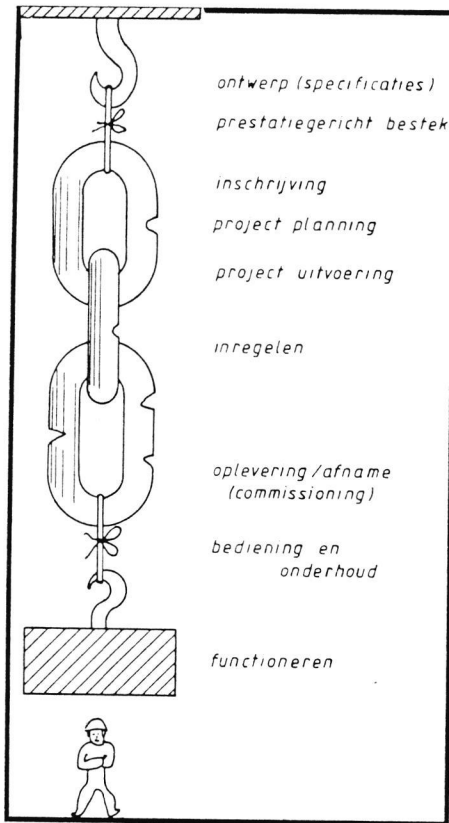
### 4.4 Disfunctioneren van de klimaatinstallatie

Ook de prestaties van de klimaatinstallatie kunnen in negatieve zin bijdragen aan een niet acceptabel binnenmilieu. In hoofdstuk 3 is daar reeds op gewezen. Problemen met het chemisch binnenmilieu liggen meestal op het vlak van onvoldoende verse luchttoevoer en slechte luchtverdeling (inregelen, ventilatie efficiency) in combinatie met een groot scala aan interne bronnen van luchtverontreiniging. Problemen met het klimaat (te warm, te koud, te droog, tocht) zijn meestal terug te voeren tot een slechte temperatuurregeling, een onjuiste luchtverdeling, een tekort aan verwarmings- of koelcapaciteit, afwezigheid van bevochtiging in koude winterperioden, verkeerde plaatsing van thermostaten of onjuiste bediening of beheer.

Ook voor een klimaatinstallatie geldt dat de ketting niet sterker is dan de zwakste schakel. Figuur 6 geeft de schakels weer in het proces van tot stand komen en functioneren van een klimaatinstallatie.

Een fout of tekortkoming in elk van de fasen

- ontwerp,
  - project planning en uitvoering,
  - inregeling,
  - oplevering/afname ('commissioning'),
  - bediening,
  - reiniging, onderhoud,
- kan aanleiding geven tot slecht functioneren en dus tot klachten.



**Figuur 6**  
Schakels in het proces van totstandkoming en functioneren van een klimaatinstallatie.

## 5. Aanbevelingen voor "gezonde" klimaatinstallaties

Klachten in utilitaire gebouwen kunnen worden tegengegaan door een goede voorinformatie, een goed ontwerp, een goede projectplanning en uitvoering, een goede inregeling, oplevering/afname, bediening, reiniging, onderhoud en beheer van de klimaatinstallatie.

Opdrachtgever, architect, installatie-ontwerper, installateur en beheerder c.q. gebruiker dragen hierin allen hun eigen verantwoordelijkheid. Voor elk van de genoemde aspecten worden achtereenvolgens een aantal aanbevelingen, voorwaarden of wensen opgesomd. Deze opsomming kan dienst doen als checklist voor het realiseren en in stand houden van "gezonde" klimaatinstallaties.

### 5.1 Voorinformatie

- Verzamel voorinformatie: overleg (als klimaatadviseur/ontwerper) met architect, eigenaar of opdrachtgever;
- Leg zo goed mogelijk de beste inschattingen van het geplande en toekomstige gebruik van de ruimten vast, alsmede van de personen-bezetting en de interne warmte-lasten;
- Evalueer de materialen die gebruikt gaan worden op hun mogelijk emissie van verontreinigingen. Vraag gegevens aan de leveranciers. Doe dit eveneens voor andere gebruiks-en inrichtingsmaterialen;
- Stel vragen: klimaatadviseur of architect weten onmogelijk alle antwoorden. De leveranciers moeten worden geprikkeld tot het verschaffen van informatie over welke verontreinigingen in welke mate door hun producten geëmitteerd worden.

### 5.2. Ontwerp

- Maak bescherming van de binnenluchtkwaliteit tot een ontwerpdoelstelling;
- Zorg voor voldoende verse buiten-lucht, niet verontreinigd door bronnen van buiten of binnen (bijvoorbeeld verbrandingsprodukten of afgewerkte lucht); minimaal 30 tot 50 m<sup>3</sup>/h per persoon afhankelijk van het al of niet toestaan van roken;

*N.B.* In de ASHRAE Standard 62 'Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality' worden de volgende aanbevelingen gedaan:

general office space, min cfm/p (35m<sup>3</sup>/h p.p.)

(1 cfm = 1 cubic feet per minute = 1.7 m<sup>3</sup>/h)

meeting rooms 35 cfm/p (60m<sup>3</sup>/h p.p.)

smoking lounges, 60 cfm/p (100 m<sup>3</sup>/h p.p.)

- Zorg dat buitenluchthoeveelheden kunnen worden aangepast aan mogelijke wijzigingen in toekomstig gebruik van ruimten;
- Zorg voor een adequate filtratie van de toevoerlucht;
  - gebruik fijnfilters met een hoger rendement, minstens EU 7;
  - zorg voor een zo gelijkmatig mogelijke luchtstroom over het filteroppervlak;
  - zorg voor regeninslagvrije roosters in de luchtinlaat;
  - gebruik een drukverschilmeter om vast te stellen wanneer een filter vervangen dient te worden;
  - zorg dat er ruimte is voor doelmatig onderhoud.
- Selecteer materialen die geen of zo min mogelijk verontreinigingen produceren;
- Let op een goede situering en juiste instelling van thermostaten;
- Let op voldoende ventilatie-effectiviteit (o.a. goede doorspoeling van ruimten);

- Voorkom, door een goede locatie van het aanzuigrooster, dat uitlaatgassen van straatverkeer of uit parkeergarages resp. afvoerlucht uit de kantinekeuken e.a. door de klimaatinstallatie van het gebouw naar binnen worden gezogen;
- Zorg voor een goede toegankelijkheid van de installatieonderdelen zodat onderhouds- en reinigingswerkzaamheden niet gehinderd worden;
- Zorg dat kanalen in ongunstige hoeken (stofophoping) kunnen worden gereinigd door op kritische plaatsen inspectieluiken aan te brengen.
- Zorg voor een goede toegankelijkheid ten behoeve van meet- en controle-instrumenten voor de opleveringsbeproeving;
- Zorg voor aanwezigheid van condensaatopvang en -afvoersystemen;
- Vermijd stilstaand water in condensaatafvoersystemen, luchtbehandelingskasten, luchtkanalen etc.;
- Koeltorens:
  - overweeg de toepassing van een koeltoren met luchtgekoelde condensor;
  - indien een koeltoren met watergekoelde condensor of verdampingscondensor wordt uitgevoerd, let dan op ontwerp en plaats van opstelling;
  - pas effectieve druppelvangers toe van goede kwaliteit;
  - zorg voor goede bereikbaarheid van alle kritische componenten;
  - voorkom dat verontreinigde aerosolen het gebouw kunnen binnentreden, zie figuur 7; de meest gunstige situering koeltorens ten opzichte van de te openen ramen en luchtaanzuigrooster kan worden vastgesteld door bijvoorbeeld windtunnelonderzoek;
  - voorkom terugstromen van verontreinigd water afkomstig uit koeltorens

of verdampingscondensor naar andere luchtbehandelingsinstallatieonderdelen.

#### • Bevochtigers:

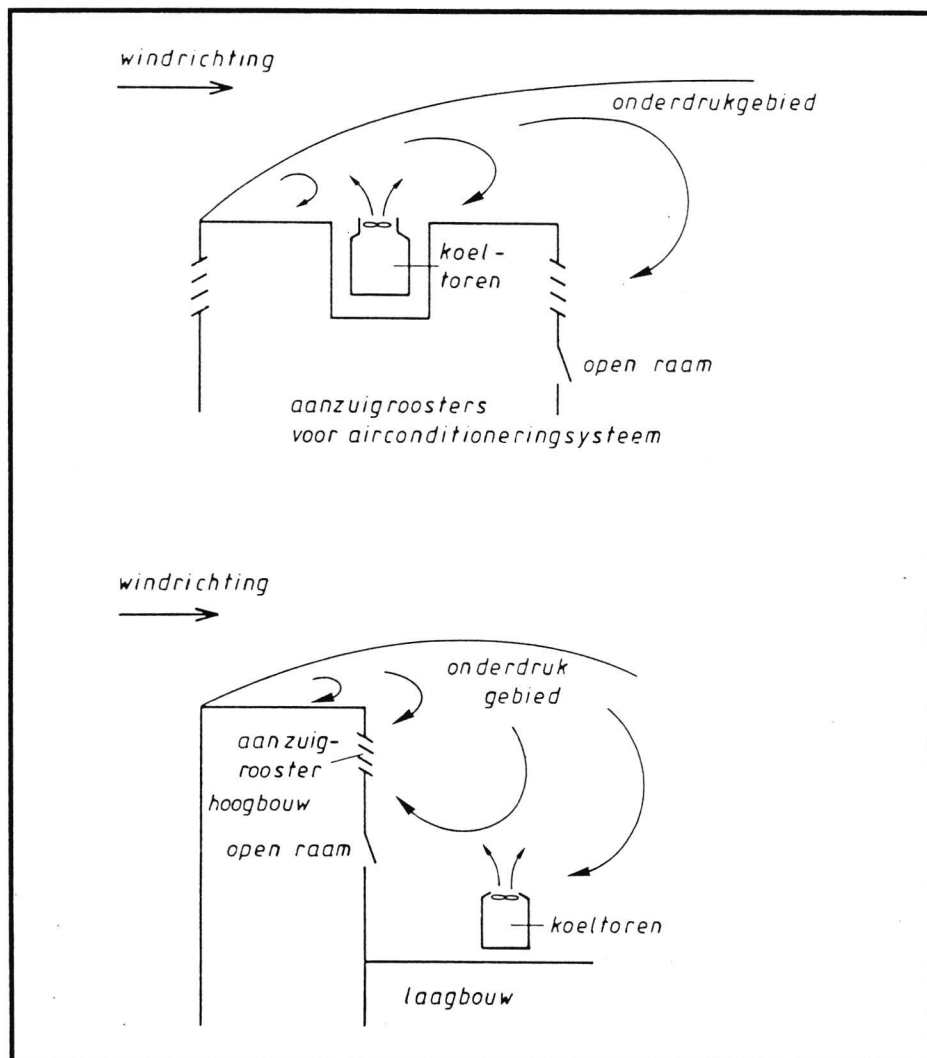
- maak bij voorkeur gebruik van stoombevochtiging;
- ter voorkoming van ongewenste druppelvorming dienen de montagevoorschriften van de stroombevochtigerfabrikant te worden opgevolgd;
- bij bevochtigers die werken met recirculerend water is preventief onderhoud noodzakelijk; zorg voor een goede toegankelijkheid.

*Figuur 7*

*Mogelijk transport voor aerosolen van een koeltoren naar het gebouw.*

### 5.3 Projectuitvoering

- Zorg voor een zorgvuldige uitvoering van het installatiewerk (installateur) en controleer dit (adviseur c.q. de opdrachtgever zelf);
- Signaleer afwijkingen van het ontwerp (bijvoorbeeld door wijzigingen in de bouw) en stel de mogelijke consequenties daarvan vast; draag zorg (adviseur, installateur, opdrachtgever) voor goede oplossingen;
- Ontwerp- en uitvoeringsfouten moeten worden hersteld, waarbij als richtlijn geldt dat de kosten voor rekening van de aansprakelijke partij komen.



## Gezonde klimaatinstallaties

### 5.4. Inregelen

- Het klimatiseringssysteem moet zowel luchtzijdig als waterzijdig worden ingeregeld, dat wil zeggen dat de juiste lucht- en waterhoeveelheden naar de juiste plaatsen worden getransporteerd;
- Houdt er rekening mee dat de filters nog schoon zijn en daarmee de beginweerstand nog beperkt. Stel een hogere luchthoeveelheid in zodat bij een gemiddeld drukverschil (gemiddelde van begin- en eindweerstand) de ontwerphoeveelheid worden bereikt;
- Zorg dat voldoende tijd wordt gereserveerd voor controle en afstelling van regelingen. Het beste kan dit gebeuren voor het betrekken van het gebouw. In de praktijk is het

heel moeilijk om in een reeds volledig in gebruik genomen gebouw bezig te zijn met controles op het functioneren en het afstellen van regelingen;

- Controleer de juiste uitvoering van de inregeling (door adviseur c.q. de opdrachtgever zelf).

### 5.5 Oplevering/afname ('commissioning')

- Toets de klimaatinstallatie aan de vooraf geformuleerde en berekende ontwerpwaarden (vast te leggen door adviseur/ontwerper) via praktisch hanteerbare meet- en inregelprocedures (installateur) en leg de resultaten vast in een meetboek (installateur);
- Controleer de juiste uitvoering van

de gevolgde procedures (adviseur c.q. opdrachtgever).

### 5.6 Bediening

- Zorg voor volledige, overzichtelijke en in begrijpelijke taal gestelde bedieningsvoorschriften, inclusief duidelijke tekeningen en schema's, zodat men de installatie kan laten werken zoals bedoeld bij het ontwerp;
- Zorg dat het technisch niveau van het bedieningspersoneel aangepast is aan het niveau van de installatie;
- Registreer de normale bedrijfscondities (temperaturen, drukken);
- Let op dat afvoerventilatoren niet worden afgeschakeld of dat automatische regelsystemen buiten gebruik worden gesteld;



# Luchtkanalen



**gelders montagebedrijf en machinehandel b.v.**  
POSTBUS 34 - 8160 AA EPE - KERKHOFWEG 22 - 8166 HZ EMST - TEL. 05787 - 1541\*

- Onderken de consequenties wanneer afgeweken wordt van de oorspronkelijke regelstrategieën.

### 5.7 Reinigen, onderhoud

- Zorg voor een gestructureerd preventief onderhoudsprogramma, waarin zijn opgenomen:
  - periodieke inspecties en routinematige procedures voor alle delen van de klimaatinstallatie;
  - een regelmatige vervanging van filters;
  - regelmatige calibratie van de regeling;
  - regelmatig naregelen van het lucht- en watersysteem;
- Let niet alleen op de duurdere en ingewikkelde onderdelen van de installatie, maar ook op het systeem in zijn totaliteit. Ook de eenvoudiger onderdelen als het buitenlucht aanzuigrooster, het (buiten)luchtfilter, het watertoe- en afvoersysteem en het luchtkanalensysteem vereisen preventieve aandacht;
- Het luchtkanalensysteem moet op vervuiling en condensvorming worden geïnspecteerd, vanaf het buitenluchtaanzuigrooster tot aan de aansluitingen;
- Onderneem curatieve acties wanneer de concentratie in de lucht van hetzij één type schimmelsporen hetzij één type bacteriën (o.a. actinomyceten) een niveau van 500 kiemvormende eenheden (KVE) per m<sup>3</sup>, in de aangetaste verblijfszone van de persoon, overschrijdt [16] (aanbeveling van de American Conference of Governmental Industrial Hygienists). Dit geldt eveneens indien de concentraties in de lucht van alle kiemvormende eenheden (schimmels en bacteriën) een niveau van 10<sup>4</sup> KVE/m<sup>3</sup> overschrijdt;
- Koeltorens met watergekoelde condensor of verdampingscondensor. Het watersysteem aftappen,

reinigen en desinfecteren.

- Bij oplevering;
- Aan begin en eind van buiten gebruik stellen;
- Periodiek, twee keer per jaar of aan begin en eind van koelseizoen. In Parsons, 1984 [17] wordt een te volgen procedure bij het schoonmaken geadviseerd.

*Waterbehandeling.*

- Frequent spuien van het reservoir;
- Doseran van biociden ter voorkoming van bacteriegroei; doseren van corrosieremmende stoffen;
- Desinfecteren met actief chloor tot een eindconcentratie van 5 ppm; hiervoor kan een overdosering tot 15 ppm nodig zijn.

*Bescherm het onderhoudspersoneel.*

- Zet het systeem af, respectievelijk gebruik halfgelaatsmaskers;
- Vermijd sproeieffect tijdens aftappen;
- Personeel dient vertrouwd te zijn met de gevaren verbonden aan het gebruik van chloor.
- Bevochtigers met recirculerend water.
  - pas een hoog verversingsvoud toe van het recirculerende water;
  - inspecteer wekelijks op aanwezigheid van aanslag en algen;
  - reinig halfjaarlijks of aan begin en eind van een periode van buiten gebruik stellen; dat wil zeggen desinfecteren op gelijksoortige wijze als bij koeltorens (chlooring tot een niveau van 5 ppm), daarna aftappen, zorgvuldig schoonmaken en inspecteren. Bij in bedrijfname mag geen chloor meer aanwezig zijn.
- Goed onderhoud is nodig door goede en betrouwbare vaklieden van vakkundige en betrouwbare organisaties.

### 5.8 Beheer, documentatie

- Zorg er voor dat de bij de klimaatinstallatie geleverde handboeken duidelijk leesbaar zijn en de in het gebouw aanwezige installaties ook daadwerkelijk representeren;
- Documenteer de keuzen van de ontwerpcondities en regelstrategieën en de achterliggende beweegredenen;
- Controleer of bij latere aanpassingen in gebruik van de belastingen (warmte, verontreinigingen) in het gebouw, de klimaatinstallatie dit kan opvangen. Pas zonodig de klimaatinstallatie aan aan de gewijzigde omstandigheden;
- Zorg dat bij installatiewijzigingen, deze wijzigingen ook worden aangebracht in de handboeken;
- Documenteer klachten en symptomen van de gebouwbewoners en tracht de oorzaak daarvan op te sporen en weg te nemen.

### 5.9 Kwaliteitszorg

- Streef naar een systeem (van kwaliteitsborging) waarbij voor elk van de hiervoor genoemde fasen praktisch hanteerbare procedures aanwezig zijn en in en tussen elk van de fasen (van ontwerp tot afbraak of renovatie van de installatie) de verantwoordelijkheid voor het tot stand brengen en in stand houden van een goede (fysische, chemische en biologische) binnenmilieu-kwaliteit vastgelegd is. Het bovenstaande kan worden bevorderd door overheid, opdrachtgevers en professionele organisaties als de Nederlandse Technische Vereniging voor Verwarming en Luchtbehandeling (TVVL), de Vereniging van Nederlandse Installatiebedrijven (VNI) en het Instituut voor Studie en Stimulering van Onderzoek op het gebied van gebouwinstallaties (ISSO).

# Literatuur

- [1]  
WHO  
Indoor Air Quality Research.  
World Health Organisation EURO  
Reports and Studies 103, Copenhagen,  
1984.
- [2]  
ASHRAE Standard 'Ventilation for  
acceptable indoor air quality'.  
Public review draft, July 15, 1986.
- [3]  
Vogel, G.C.J.  
Filters als vorm van luchtbehandeling.  
Airways 1988 (8) 1, 11-15.
- [4]  
Nikkels, E.J.  
Betere luchtfiltratie.  
Verwarming en Ventilatie, december  
1988, nr. 12, 933-971.
- [5]  
Finnegan, M.J., A.C. Pickering, P.S.  
Burge.  
The Sick Building Syndrome: prevalence  
studies.  
British Med. J. 290 (1984), 1573-1575.
- [6]  
Wallingford, K.M.  
Indoor Air Quality investigations in  
office buildings.  
Industrial Hygiene News Report 45226  
(1984).
- [7]  
Kurvers, S.R.  
De omvang van de problematiek;  
klachten en oorzaken.  
Syllabus Symposium "Sick Building  
Syndrome", KIVI/IVVI, 8 maart 1988.
- [8]  
De Gids, W.F., A.M.M. Moons, L.M.M.  
van Schijndel.  
Onderzoek naar de invloed van  
recirculatie op de luchtkwaliteit in  
archiefruimten.  
MT-TNO rapport R 88/195 (1988).
- [9]  
RIVM  
Zorgen voor Morgen, Nationale  
milieuverkenning 1985-2010.  
Uitg.: Samsom H.D. Tjeenk Willink,  
Alphen aan den Rijn, 1988.
- [10]  
Advies inzake preventie van Legionellose.  
Gezondheidsraad, juni 1986.
- [11]  
Rolloos, M. en Ham, Ph.J.  
Airconditioning en Legionellose.  
Rapport R 86/055A, MT-TNO, afd.  
Binnenmilieu, Delft, 1986.
- [12]  
Ham, Ph.J. en M. Rolloos.  
Airconditioning en Legionellose.  
Ziekenhuishygiëne en Infektiëpreventie  
1988-1, Februari, p. 3/12.
- [13]  
Indoor Air Quality and Human Health.  
Ed. J. Turiel. Stanford University Press,  
California, 1985.
- [14]  
Bradbeer, M.  
Ions and the office headache.  
Spectrum 188 (1984), 15-17.
- [15]  
Hawkins, L.H.  
Air ionization and office health.  
Building Services and Environmental  
Engineer, April 1981.
- [16]  
ACGIH Bioaerosols.  
Applied Ind. Hyg. 1 (1986) R 19-23.
- [17]  
Parsons, G.T. e.a.  
Legionnaires' Disease - An Unusual  
Outbreak and its implications.  
Environmental Health, 1984; Vol. 92,  
no. 8:208-213.

# Aanbevelingen en toepassingen voor filters

## Voor-filters

| Toepassingen, minimumeisen en stofvangst-% (grav.) van diverse voor-filters, gemeten volgens ASHRAE 52-76 en Eurovent-Norm 4/5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 50-74%                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 75-84%                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | >85%                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Algemeen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- bescherming tegen ophoping van vezels en insecten</li> <li>- onwerkzaam tegen rook, pollen en smettende deeltjes zoals bijv. roet en oliedamp</li> </ul> <b>Speciale toepassingen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- vezelfilters in klimaatinstallaties textielindustrie</li> <li>- warmtewisselaars, bevochtigers en ventilatoren</li> <li>- suppletie lucht waarbij men geen eisen stelt aan de luchtzuivering</li> <li>- raam-klimaatkastjes</li> </ul> | <b>Algemeen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- redelijke bescherming tegen pollen</li> <li>- onwerkzaam tegen rook en smettende deeltjes</li> </ul> <b>Speciale toepassingen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- eenvoudige raamventilatie, ventilatie- en verwarmingsinstallaties, luchtgordijnen</li> <li>- suppletie lucht transformatorhuisjes, garages, bouwketen waarbij men geen hoge eisen stelt aan de algemene luchtzuivering</li> <li>- voor-filters voor fijn-filtratie</li> <li>- filters in voertuigen</li> </ul> | <b>Algemeen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- bescherming tegen pollen</li> <li>- beperkt effect tegen rook en smettende deeltjes</li> <li>- ontwatering-systemen</li> </ul> <b>Speciale toepassingen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- klimaatinstallaties</li> <li>- voor-filters in ondergrondse schuilplaatsen</li> <li>- voor-filters voor eind-filters</li> <li>- luchtgordijnen voor ruimten met levensmiddelenverwerking</li> <li>- keukens</li> </ul> |

## Fijn-filters

| Toepassingen, minimumeisen en filterrendement-% (atm.) van diverse fijn-filters, gemeten volgens ASHRAE 52-76 en Eurovent-Norm 4/5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 40-69%                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 70-89%                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 90-98%                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Algemeen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- bescherming tegen pollen</li> <li>- beperkt werkzaam tegen rook en smettende deeltjes</li> <li>- onwerkzaam tegen tabaksrook</li> </ul> <b>Speciale toepassingen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- suppletie lucht en gedeeltelijke luchtbehandelingssystemen voor scholen, keukens, vulstations en fijn-constructiewerkplaatsen</li> <li>- koeling cabineruimte van hijskranen</li> <li>- luchtgordijnen in levensmiddelenbedrijven</li> <li>- luchtverwarming in kerken, gymnastiek-lokalen en sporthallen</li> <li>- klimaatinstallatie in restaurants en zalen</li> <li>- levensmiddelenwinkels</li> </ul> | <b>Algemeen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- werkzaam tegen elk soort stof, inclusief smettende deeltjes</li> <li>- beperkt werkzaam tegen tabaksrook</li> <li>- beperkt werkzaam tegen bacteriën bij hogere filterrendementen</li> <li>- bescherming van luchtreinigers tegen verstopping luchtinlaat</li> </ul> <b>Speciale toepassingen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- gedeeltelijke en totale luchtbehandelingssystemen voor laboratoria, ziekenhuizen, kantoorgebouwen, schouwburgen en abattoirs</li> <li>- telefooncentrales, optische werkplaatsen, radio- en TV-studio's en computerruimten</li> <li>- suppletie lucht verfspuitcabines</li> </ul> | <b>Algemeen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- zeer werkzaam tegen smettende stoffen</li> <li>- zeer werkzaam tegen bacteriën</li> </ul> <b>Speciale toepassingen</b> <p>Luchtbehandelingssystemen voor:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 'schone' werkruimten zoals gespecificeerd in de US Federal Standard 209 B</li> <li>- operatiezalen, aparte ruimten in de farmaceutische, optische instrumenten- en elektronische industrie, stallen in proefdierenstations, laboratoria, suppletie lucht voor computers en onderzoekkamers</li> <li>- suppletie lucht voor radiologische laboratoria</li> <li>- wachtkamers steriliseerruimten en operatiezalen</li> </ul> |

## Micro- en hepa-filters

| Toepassingen en minimumeisen voor micro- en hepa-filters met diverse filterrendementen, gemeten volgens DOP-MIL-STD 282                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 85-94%                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 95-99%                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | >99.97%                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Algemeen</b> <p>Deze groep filters is zeer werkzaam tegen bacteriën, radio-actief stof, allerlei soorten rook en andere aerosolen</p> <b>Toepassingen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ruimten met constant klimaat voor precisie metingen, o.a. kalibreren</li> <li>- speciale laboratoria met speciale eisen voor schone lucht zoals in de fotografische- en elektronische industrie</li> <li>- operatiezalen, steriliseerruimten</li> <li>- 'stofarme' ruimten en -werkbanken</li> <li>- suppletie lucht kerncentrales</li> <li>- montage- en controleruimten in de horloge- en klokkenindustrie</li> </ul> | <b>Algemeen</b> <p>Opmerkingen zoals in de linkerkolom</p> <b>Toepassingen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- operatiezalen</li> <li>- sterilisatoren</li> <li>- 'stofarme' ruimten en -werkbanken</li> <li>- proefdierenstations met een groot infectierisico, 'steriele'- proefdieren</li> <li>- 'steriele' afvulstations in de farmaceutische industrie</li> <li>- kerncentrales</li> <li>- microtechnologische en aanverwante industrieën</li> </ul> | <b>Algemeen</b> <p>Deze groep filters met het hoogst bereikbare filterrendement wordt toegepast in speciale gevallen waarbij de luchtzuiverheid van primair belang is</p> <b>Toepassingen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 'steriele' operatieruimten</li> <li>- sterilisatoren</li> <li>- 'stofvrije' ruimten en -werkbanken in klasse 100 van de US Federal Standard 209 B</li> <li>- hoogspanningslaboratoria</li> <li>- kerncentrales</li> <li>- afvoerlucht isotopen-laboratoria</li> <li>- 'steriele' bacteriologische laboratoria</li> <li>- proefdierenstations</li> <li>- filters voor zwevende deeltjes in systemen met inertgas</li> <li>- afvoerlucht isoleringsklinieken</li> </ul> |