

AIRCONDITIONING VANZELFSPREKEND?

Kwaliteit van de kantooromgeving wordt een steeds belangrijker aspect van huisvesting. Een comfortabel binnenklimaat is hierbij vaak een 'selling point'. Voor velen is een comfortabel binnenklimaat synoniem aan airconditioning. 'Dan is het lekker koel in de zomer en krijgen we geen klachten' lijken projectontwikkelaars en architecten te denken. Het extra energiegebruik van airconditioning wordt gerechtvaardigd omdat er vanuit gegaan wordt dat deze gebouwen ook comfortabeler, gezonder en productiever zijn. Maar is dat wel zo?

Recente onderzoeken laten zien dat gebouwen zonder luchtkoeling door gebruikers hoger worden gewaardeerd dan gebouwen met airconditioning, en dat deze meestal ook nog minder energie gebruiken. Kennelijk is er iets mis met de huidige wijze van ontwerpen. Dit artikel beschrijft hoe technologische ontwikkelingen uiteindelijk het tegenovergestelde hebben bereikt van wat we wilden bereiken.

AIRCONDITIONING

Begin 2005 is het Verdrag van Kyoto geratificeerd. Voor Nederland betekent dit dat de regering zich wil houden aan het terugdringen van de uitstoot van de verbrandingsproducten van fossiele brandstoffen die bijdragen aan het broeikas-effect en de gevolgen daarvan voor klimaatveranderingen. Ruwweg 50% van de consumptie van fossiele brandstoffen komt voor rekening van gebouwen. In toenemende mate zorgen betere isolatie, hoog rendement verwarmingsketels, aardwarmte, warmtepompen en andere technieken voor een vermindering van het gebruik van energie om gebouwen te verwarmen. Een deel van de energievoorraad die in de aarde ligt opgeslagen wordt gebruikt voor het koelen van gebouwen. Ook hier worden innovatieve technieken toegepast om het energiegebruik terug te dringen. Maar er is met het koelen van gebouwen nog iets anders aan de hand.

Tot halverwege de jaren zestig werden de meeste gebouwen zonder mechanische koeling gebouwd. In de Verenigde

Dit is deel twee in een reeks van drie artikelen over nieuwe richtlijnen voor het thermisch binnenklimaat.

Staten deed airconditioning al voor de 2e Wereldoorlog zijn intrede, maar in de meeste delen van de wereld werden gebouwen in de winter verwarmd en in de zomer liep de binnentemperatuur overdag langzaam mee op met de buitentemperatuur. Dat vond iedereen normaal en slechts bij extreme weersomstandigheden vonden mensen dat een probleem. Maatregelen om te voorkomen dat de binnentemperaturen te hoog opliepen waren een belangrijk onderdeel van het ontwerp. Bij de keuze van de oriëntatie van gevels bijvoorbeeld hield men rekening met de zonbelasting, de ramen werden niet te groot te gekozen, de gevel bevatte neggen die schaduw op de ramen wierpen, er werd massa aan de constructie gegeven die de warmte kon opnemen en een doordachte natuurlijke ventilatie zorgde voor het afvoeren van de warmte¹. Allemaal voorbeelden waarbij architecten begrepen dat een goed binnenklimaat volledig afhankelijk was van keuzes die ze in hun ontwerp maakten. Ook hadden architecten kennis van de bouwfysische principes. Architectuur en bouwfysica werden op een geïntegreerde manier benaderd en dit leverde vaak innovatieve ontwerpen op.

Totdat airconditioning zijn intrede deed. Door het kunstmatige koelen (en drogen of bevochtigen) van de lucht kon ieder gewenst binnenklimaat worden gerealiseerd, vrijwel onafhankelijk van architectonische keuzes. Lichte constructies, grote glasoppervlakken, vlakke, gesloten gevelconstructies, bijna alles werd mogelijk op het gebied van vormgeving. Architecten gingen zich meer en meer concentreren op de vormgeving van een gebouw en het binnenklimaat werd overgelaten aan gespecialiseerde adviseurs. Deze adviseurs moesten hun werk doen binnen de grenzen die de architect hun aanreikte. Het geïntegreerd ontwerpen van functie en vorm verdween naar de achtergrond.

KLIMAATKAMERS

Rond die periode, eind jaren zestig, ontstond dan ook de behoefte om binnentemperatuurgrenzen te definiëren, omdat de eeuwenlange ervaring hoe een natuurlijk binnenklimaat moet worden ontworpen, door de technische mogelijkheden van airconditioning niet goed bruikbaar meer leek. Op verschillende locaties in de wereld werd onderzoek gestart in klimaatkamers, om de relatie te onderzoeken tussen de thermische

omgeving en de percepties van mensen. Zo ontstonden er verschillende analytische modellen die op basis van een groot aantal invoergegevens voorspellen hoe een groep mensen het binnenklimaat zal beoordelen. Onderzoek in klimaatkamers met 126 Deense studenten, later aangevuld met 1300 Amerikaanse studenten, leidde tot modellen waarmee kon worden voorspeld hoeveel mensen ontevreden waren bij bepaalde thermische omstandigheden. Deze onderzoeken werden de basis voor normen die temperatuurgrenzen voor gebouwen vastlegden waarmee al 30 jaar lang overal ter wereld het binnenklimaat van gebouwen wordt ontworpen. Sinds die tijd is ook een explosieve stijging te zien in het aantal gebouwen dat werd voorzien van de een of andere vorm van airconditioning. Mede hierdoor is er de afgelopen 30 jaar net zo veel energie gebruikt als gedurende de geschiedenis van de mensheid tot dat moment.

COMFORTABELE GEBOUWEN?

Halverwege de jaren tachtig verschenen er berichten over grote groepen mensen in kantoorgebouwen die klachten over de gezondheid hadden. Uitgebreide onderzoeken in verschillende delen van

de wereld lieten dezelfde consistente groep van symptomen zien: hoofdpijn, vermoeidheid, oog-, huid-, luchtweg-irritaties en allergische verschijnselen. 'Sick Building Syndrome' was de dramatische naam die hiervoor werd bedacht.

TEMPERATUUR IN GEKOELDE GEBOUWEN MINDER BEHAAGLIJK

Opvallend is dat de symptomen aanzienlijk vaker voorkomen in gebouwen met een gesloten gevel en een uitgebreide luchtbehandelingsinstallatie. Maar deze onderzoeken toonden aanvankelijk geen eenvoudige en eenduidige oorzaken aan, omdat meetresultaten aan de voorhanden zijnde normen voldeden. Dit was aanleiding voor populaire, niet bewezen of metafysische verklaringen van de klachten. Een veel gehoorde verklaring was dat de gezondheidsklachten psychologische oorzaken hadden. Het blijkt echter dat de psychologie hier wel een (complexe) rol speelt, maar niet als oorzaak kan worden gezien [1].

De laatste jaren is er echter veel vooruitgang in het onderzoek geboekt. Zo bleek uit een onderzoek [2] waarin alle eerdere onderzoeken samen werden geanalyseerd dat in gebouwen met luchtbehandeling 30% tot 200% meer symptomen voorkomen dan in gebouwen zonder koeling en bevochtiging van de lucht. Ander onderzoek laat zien dat mensen in niet geconditioneerde gebouwen niet alleen minder gezondheidsklachten hebben maar deze gebouwen ook comfortabeler te vinden [3]. Ook in Nederland is dergelijk onderzoek gedaan [4]. Hieruit en uit een latere heranalyse [5] blijkt dat in Nederlandse gekoelde gebouwen twee maal zo veel aanwezigen de temperatuur onbehaaglijk vinden als in niet gekoelde gebouwen.

Een recent onderzoek gaat dieper op de oorzaken in. De binnenlucht in kantoren blijkt te worden verontreinigd door de luchtbehandelingsinstallatie en door kantoor- en inrichtingsmaterialen. Meer ventilatie geeft geen verbetering, omdat de verontreinigingen deels uit het luchtbehandelingsstelsel afkomstig zijn en andere bronnen meer verontreinigingen gaan afgeven bij toenemende ventilatie. Daarnaast ontstaan er door hogere ventilatie nieuwe chemische verbindingen door reacties tussen de ozon uit het ven-

tilatiesysteem en de vluchtige organische verbindingen in de ruimte. De vervuiling leidt vervolgens tot een verminderde ademhaling en lagere stofwisseling van de gebouwgebruikers wat tot gezondheidsklachten leidt². Bovendien blijkt in gebouwen met veel symptomen de productiviteit lager te liggen en de kans op het maken van fouten hoger te zijn. De productiviteit kan circa 7 tot 12 % afnemen, of in geld uitgedrukt € 4.000 à € 8.000 per werknemer per jaar!

VAN KLIMAATKAMER NAAR WERKELIJKHEID

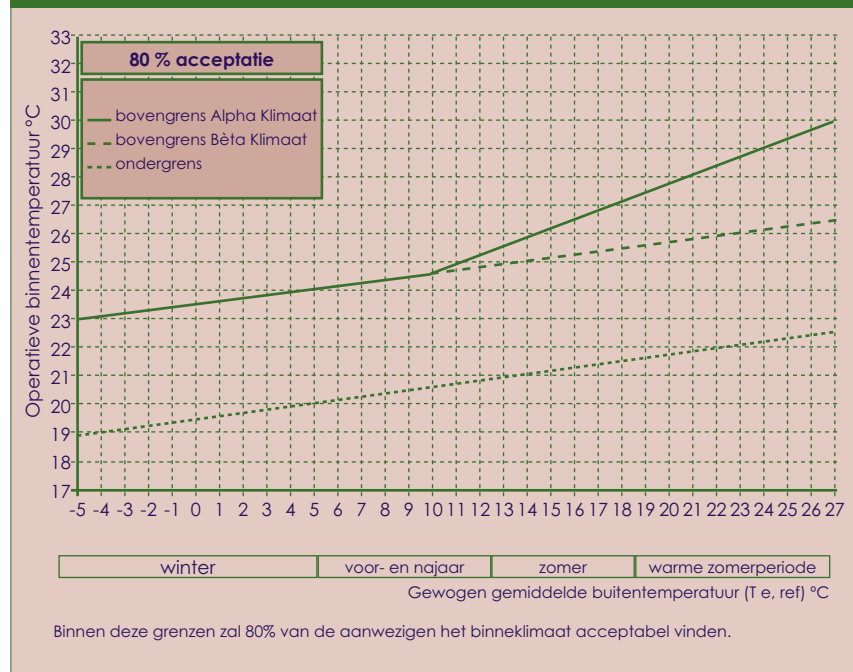
Naast de notie dat er iets aan de structurele oorzaken van het sick building syndrome moest worden gedaan ontstonden er op meerde plaatsen in de wereld inzichten dat de normen waaraan de temperaturen in gebouwen moeten voldoen een fundamenteel probleem hebben. Onderzoek laat zien dat mensen in niet-geconditioneerde gebouwen niet alleen minder problemen met de gezondheid hebben, maar ook het binnenklimaat gunstiger beoordelen, terwijl de binnentemperaturen hoger zijn. Deze nieuwe inzichten komen voort uit recent onderzoek waarbij niet alleen fysisch-fysiologische aspecten werden onderzocht, maar waarbij ook de interacties tussen mens en gebouw in de modellen worden betrokken. Gebruikers van gebouwen zijn actief in de aanpassing van hun beleving van het binnenklimaat door gedragsmatige adaptatie, zoals bijvoorbeeld het aanpassen van kleding-isolatie en metabolisme en het gebruik van regelmatigheid zoals te openen

ramen. Het openen van een raam beïnvloedt direct de temperatuur en verhoogt de luchtsnelheden, waardoor de comforttemperatuur snel te beïnvloeden is. Daarnaast wordt de grotere acceptatie van hogere temperaturen vooral gestuurd door de ervaringen die mensen hebben opgedaan met het binnenklimaat, met de heersende weersomstandigheden en met de technische mogelijkheden die het gebouw biedt om aanpassingen te doen. Deze ervaringen beïnvloeden de verwachtingen die mensen over het binnenklimaat hebben.

Op basis van deze onderzoeken zijn in de Verenigde Staten nieuwe richtlijnen ontwikkeld voor natuurlijk geventileerde gebouwen, waarbij hogere temperaturen worden toegestaan in gebouwen waarin de thermische condities primair worden geregeld door de gebruikers door middel van het openen en sluiten van de ramen. Ook in Nederland is een nieuwe ontwerp-richtlijn ontwikkeld die Adaptieve Temperatuur Grenzen (ATG) wordt genoemd [6]. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen twee bouwtypen: Alpha en Beta. Een Alphaklimaat heeft geen uitgebreide luchtbehandelingsinstallatie en de aanwezigen kunnen naar eigen inzicht ramen openen of sluiten. Een Bètaklimaat heeft luchtkoeling en slechts beperkte individuele bedieningsmogelijkheden.

Figuur 1 toont een voorbeeld van adaptieve temperatuurgrenzen, waarbij duidelijk te zien is dat de binnentemperaturen mogen toenemen bij toenemende

FIGUUR 1. GRENSWAARDEN VOOR DE OPERATIEVE BINNENTEMPERATUUR.



buitentemperaturen. Ook valt het ruimere temperatuurgebied op voor gebouwen die beïnvloedingsmogelijkheden en geen luchtkoeling hebben (Alpha-klimaat). De grens op een bepaald moment is afhankelijk van de gewogen gemiddelde buitentemperatuur. Deze buitentemperatuur is het gemiddelde van de maximale en minimale buitenluchttemperatuur van de betreffende dag en in afnemende mate de 3 daaraan voorafgaande dagen. Dit betekent dat de ervaring van mensen met het buitenklimaat in belangrijke mate de acceptatie van de binnentemperatuur bepaald.

De grote winst van deze adaptieve richtlijn is dat gebouwen weer, net als in het verleden, geïntegreerd kunnen en moeten worden ontworpen door bouwkundige en bouwfysische keuzes te maken die leiden tot een comfortabel, gezond en productief binnenklimaat en dat het binnenklimaat van gebouwen niet met 'bruuft geweld' wordt beheerst door middel van luchtkoeling. De functie kan weer mede de vorm gaan bepalen.

Wanneer toch wordt gekozen voor gebouwen met veel glas, een lichte constructie of diepe, grote werkvertrekken of ontwerpen met gesloten gevels dan dient aan veel nauwere temperatuurgrenzen te worden voldaan, het zogenaamde Bètaklimaat, en is luchtkoeling meestal onvermijdelijk. De kans op klachten over het binnenmilieu zal dan toenemen. Maar juist hier liggen enorme kansen om nieuwe vormen en systemen te ontwikkelen, waarbij individuele temperatuurregeling per werkplek mogelijk is of andere methoden van koeling worden toegepast die de nadelen van traditionele airconditioning niet hebben op het gebied van comfort, gezondheid en energiegebruik. Er zijn duidelijke aanwijzingen dat het koelen van oppervlakken, zoals bijvoorbeeld bij stralingsplafonds en betonkernactivering het geval is, minder problematisch zijn voor de gezondheid en het comfort dan het koelen van lucht.

ANDERS ONTWERPEN

De recente inzichten dat de mens niet passief het binnenklimaat ervaart, maar zich aan zijn omgeving aanpast en zijn omgeving aan zichzelf aanpast, werpen een vernieuwd beeld op het ontwerpen van gebouwen. De uit de nieuwe inzichten voortgekomen adaptieve temperatuurgrenzen, die rekening houden met de gedragsmatige aanpassing (metabo-

lisme, kleding en gebruik van te openen ramen) en de psychologische aanpassing (ervaring, gewenning en verwachting) van gebruikers aan temperaturen maken het mogelijk om voor het Nederlandse klimaat kantoorgebouwen te ontwikkelen zonder koeling (Alpha-gebouwen) die qua thermisch comfort minstens even goed scoren als gebouwen met koeling en die qua luchtkwaliteit, gezondheid en productiviteit beter scoren dan gebouwen met koeling. Bovendien hebben de volgens deze grenzen ontworpen niet

TEMPERATUURREGELING PER WERKPLEK IS MOGELIJK

gekoelde gebouwen een lager energiegebruik dan gekoelde gebouwen. Winst op alle fronten dus! Daarnaast kunnen de nieuwe adaptieve temperatuurgrenzen ook gebruikt worden om in (bestaande) gekoelde gebouwen (Bèta-gebouwen) het energiegebruik terug te dringen en het comfort te vergroten door in deze gebouwen niet meer te koelen op een vaste lage temperatuur, zoals nu vaak gebruikelijk is, maar ook hier de binnentemperatuur mee te laten lopen met de buitentemperatuur, zij het minder sterk dan bij de Alpha-gebouwen.

LITERATUUR

- 1 Leyten, J.L., Boerstra, A.C., The influence of psychological factors on the reporting of IAQ complaints, Proceedings of Healthy Buildings, 7th International Conference, 7-11 december 2003, Vol 2., pp. 95-100.
- 2 Seppanen, O., Fisk, W.J., Relationship of SBS-symptoms and ventilation system type in office buildings, Proceedings of Indoor Air 2002, VolV., pp. 437-442.
- 3 Leaman, A., Bordass, B., Productivity in Buildings: the 'killer' variables, in Creating The Productive Workplace - Edited by Derek Clements-Croome, ISBN 0-419-23690-2, 2000.
- 4 Zweers, T., Preller, L., Brunekreef, B. and Boleij, J.S.M. 1992. Health and Indoor Climate Complaints of 7043 Office Workers in 61 Buildings in the Netherlands. Indoor Air, 2, pp. 127-136.
- 5 Van der Linden, A.C. Boerstra, A.C., Raue A.K., Kurvers, S.R., 'Thermal indoor climate building performance characterized by human comfort response', Energy and Buildings, Vol. 34 (2002), pp. 737-744
- 6 'Thermische Behaaglijkheid; eisen voor de binnentemperatuur in gebouwen', publicatie 74, ISSO, Rotterdam, maart 2004.

NOTEN

- 1 In het Midden Oosten zijn prachtige voorbeelden te vinden van eeuwenoude ontwerpen die in een heet klimaat toch behaaglijk binnenklimaat mogelijk maakt.
- 2 Zie voor een uitgebreide beschrijving van de onderzoeksresultaten J.L. Leijten, 'Sick Building Syndrome eindelijk verklaard', Facility Management Magazine, December 2004.



AUTEURS

ing. S.R. Kurvers (L) is verbonden aan de Technische Universiteit Delft, Faculteit Bouwkunde, Afdeling Bouwtechnologie / Climate Design & Environment (s.r.kurvers@bk.tudelft.nl) en aan BBA Binnenmilieu Advies te Rotterdam; sk-bba@binnenmilieu.nl
ir. A.C. van der Linden is verbonden aan de Technische Universiteit Delft, Faculteit Bouwkunde, Afdeling Bouwtechnologie / Climate Design & Environment; a.c.vanderlinden@bk.tudelft.nl
drs. J.L. Leijten (R) is verbonden aan BBA Binnenmilieu Advies te Rotterdam; jl-bba@binnenmilieu.nl