

# Natuurlijke ventilatie van kantoorgebouwen - een goed idee?



### WIE IS BANG VOOR NATUURLIJKE VENTILATIE?

"Het denken van veel klimaattechnici wordt door ventilatoren beheerst" (Günther Keller in de Zeitung CCI). Als een gebouw met een natuurlijk ventilatiesysteem wordt uitgerust halen ze hun schouders op en laten het ontwerp daarvan over aan de architect. Architecten zijn creatieve mensen die met sierlijke pijlen op hun tekeningen aangeven hoe de luchtstromingen in hun gebouw plaats dienen te vinden. Aan de ventilatie-openingen wordt daarbij de magische kracht toegekend dat 's zomers en 's winters, bij elke windrichting en windsnelheid, de luchtverversing in alle werkruimtes gegarandeerd is.

Luchttechnici weten dat lucht zelden de pijlen op de tekeningen volgt en keren zich huiverend af. Verstandige opdrachtgevers en architecten schakelen een adviseur in, meestal een bouwfysicus die met graagte de gaten vult die de klimaattechnicus achter zich laat. Met behulp van modelproeven, computeranalyses en CFD berekeningen (Computational Fluid Dynamics), komt er dan vaak nog

*Natuurlijke ventilatie staat bij vrijwel iedereen in hoog aanzien, en terecht. Via een open raam kan een warme en muffe ruimte snel en doeltreffend worden gelucht. Een open raam is een uitstekend middel om vlug even een frisse neus te halen als men daar behoefte aan heeft. Een te openen raam is eigenlijk een elementair recht van de werkende mens. Anderzijds, soms zijn natuurlijke omstandigheden ver te zoeken, bijvoorbeeld in de grote stad, waar slechte lucht en verkeerslawaai beter buiten kunnen worden gehouden. Vaak is de natuur ons ook onvriendelijk gezind door wind, regen en kou. De techniek kan in deze gevallen goede diensten bewijzen door de natuur buiten te houden, te beteugelen of juist te ondersteunen. Maar er is nog iets anders: Het gaat meestal niet alleen om ventilatie, maar ook om koeling van de werkruimte. De natuurlijke ventilatie moet stilzwijgend ook voldoende natuurlijke koeling kunnen leveren, en meestal is het laatste moeilijker dan het eerste. Een symbiose\* van natuur en techniek is ook hier noodzakelijk.*

*- door ing. B. Bronsema\*\**

wel wat van de luchtverversing terecht. Maar de natuur is wisselvallig en onberekenbaar, en dat geldt ook voor natuurlijke ventilatiesystemen. Klimaattechnici zouden niet bang moeten zijn voor natuurlijke ventilatie en al hun kennis van lucht en luchtbeweging in moeten zetten om een natuurlijk ventilatiesysteem zodanig te "beteugelen of te ondersteunen" dat elke werkplek onder alle omstandigheden verzekerd is van een goede luchtkwaliteit en optimale klimaatomstandigheden. Voor dit "beteugelen en ondersteunen" zijn installatietechnische voorzieningen nodig, maar wie zou daar bezwaar tegen kunnen hebben?

### WIE IS BANG VOOR VENTILATOREN?

Zoals veel klimaattechnici een afkeer hebben van natuurlijke ventilatie, hebben sommige architecten, en

waarlijk niet de geringste, een afkeer van ventilatoren. Enkele jaren geleden zag ik het ontwerp voor een kantoorgebouw van een vermaarde Engelse architect, geadviseerd door een niet minder vermaard adviesbureau. Vier kantoorvleugels waren in een carré om een patio gebouwd. Op de vier hoeken waren transparante "torentjes" geprojecteerd die als een soort schoorsteen moesten dienen voor de afzuigventilatie van de kantoren. De trek in de schoorstenen werd geleverd door zoninstraling, maar er waren voorzieningen opgenomen om ook trek te kunnen realiseren door actieve verwarming.

\* Symbiose volgens Koenen - Endepols: "Het samenleven van twee ongelijksoortige organismen ter wederzijds voordeel."

\*\* Ketel raadgevende ingenieurs bv/Technische Universiteit Delft



Mijn vraag waarom er eigenlijk ventilatoren uitgevonden zijn stuitte op enig onbegrip! Ventilatoren zouden met veel grotere betrouwbaarheid en tegen een fractie van de kosten een effectieve ventilatie hebben kunnen realiseren. Het enige bezwaar tegen ventilatoren was blijkbaar dat ze niet in het nagestreefde *groene concept* van het gebouw pasten.

#### **NATUURLIJKE VENTILATIE: GEEN DOGMA**

De tijd dat klimaattechnici een gesloten gevel propageerden om door een strikte scheiding van natuur en techniek de kunstmatige klimaatregeling beter beheersbaar te maken, ligt gelukkig ver achter ons. Toch heeft deze tijd diepe sporen achtergelaten en het basale wantrouwen van veel mensen tegen *airconditioning* in de hand gewerkt. Iedereen die in een geconditioneerd gebouw met een gesloten gevel heeft gewerkt en aan den lijve heeft ervaren wat er op een warme zomerdag met het binnenklimaat gebeurt als de "airco" het laat afweten, zal dit beamen. Ook slecht functionerende of vervuilde klimaatinstallaties die bij zovelen oorzaak zijn geweest van het *Sick Building Syndrome* hebben het verlangen naar natuurlijke ventilatie via een open raam geweldig versterkt.

Dat sommige bouwheren onder het motto "*Leve de Natuur*" de *airconditioning* daarom in de ban hebben gedaan, is eveneens begrijpelijk. Maar dit zou nooit een dogma mogen worden, want soms is de natuur zo ver weg of zo bedorven dat een kunstmatig binnenklimaat verre de voorkeur verdient. Wie zal in een *jumbojet* op 10 km hoogte vragen of er een raampje open kan? Wat is er natuurlijk aan werken achter een beeldscherm op de vijftiende verdieping in een grote stad?

#### **NATUURLIJKE VENTILATIE: GOEDE BUITENLUCHT NODIG**

Ventileren houdt in het vervangen van gebruikte, slechte ruimtelucht door verse goede buitenlucht. Hieruit volgt al meteen de belangrijkste randvoorwaarde: *De buitenlucht moet een goede kwaliteit hebben*. Op het platteland en in de provincie is dit meestal nog wel het geval, maar in grote steden en gebieden met veel verkeer en/of industrie is de buitenlucht

sterk verontreinigd, vooral overdag. Zomer- en wintersmog, ozon, vluchtige organische stoffen, stikstofoxyden en vooral fijn stof (PM10) en "zwarte rook" zijn niet alleen hinderlijke, maar ook gevaarlijke verontreinigingen. Waar deze regelmatig of vaak voorkomen is het verstandig niet te vertrouwen op natuurlijke ventilatie, maar de lucht door een effectieve reiniging via de klimaatinstallatie geschikt te maken voor "*menselijke consumptie*".

Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne - RIVM - beschikt over een Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit - LML - en kan informatie geven over de actuele luchtkwaliteit op verschillende lokaties. Met uitzondering van fijn stof - PM10 - worden de grenswaarden van de genoemde verontreinigingen in Nederland gelukkig maar incidenteel overschreden. Fijn stof is echter juist een gevaarlijke verontreiniging omdat polycyclische aromatische koolwaterstoffen - PAK - en zware metalen (beide schadelijk voor de gezondheid) grotendeels aan de kleine stofdeeltjes (aërosolen) zijn gebonden. Omdat fijn stof diep in de luchtwegen kan doordringen en irritatie van de longen veroorzaakt is het verstandig op dergelijke lokaties geen natuurlijke ventilatie toe te passen, maar de ventilatielucht in hoogwaardige luchtfilters zo goed mogelijk te zuiveren. [1,2,3].

#### **HOEVEEL VENTILATIELUCHT IS NODIG?**

De klassieke methode voor de bepaling van het specifieke ventilatie-debiet ( $\text{dm}^3/\text{s}$  of  $\text{m}^3/\text{h}$  per persoon) is die van Pettenkofer [7]. Hierbij wordt uitgegaan van het verschil in de  $\text{CO}_2$ -concentratie van de ruimtelucht en de buitenlucht, als parameters voor de luchtverontreiniging door menselijke bio-effluenten.

Het specifieke ventilatie-debiet bij een  $\text{CO}_2$ -concentratie van 1000 ppm in de ruimtelucht, 400 ppm in de buitenlucht en een ventilatie-effectiviteit van 0,9 bedraagt  $10 \text{ dm}^3/\text{s}$  ( $36 \text{ m}^3/\text{h}$ ) per persoon. Deze methode houdt geen rekening met roken, en de emissie van schadelijke stoffen uit bouwmaterialen. In een mens- en milieuvriendelijk gebouw, waar niet wordt gerookt en uitsluitend gezonde mate-

rialen zijn gebruikt, kan het bovengenoemde ventilatie-debiet dan ook als minimum worden gezien.

Het Bouwbesluit [8] schrijft een minimum ventilatie-debiet voor van  $1,3 \text{ dm}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ , overeenkomend met een ventilatiefrequentie van 1,75 per uur bij een vertrekhoogte van 2,7 m. Om iedere werkplek te voorzien van  $36 \text{ m}^3/\text{h}$  ventilatielucht is een minimum werkplekgrootte van ongeveer  $8 \text{ m}^2$  nodig. Hierbij wordt opgemerkt dat voor een "*gezond gebouw*" ongeveer het dubbele debiet wordt aanbevolen [9] maar hierbij wordt dan ook uitgegaan van een beperkt aantal rokers en een zekere emissie uit bouwmaterialen en uit het (mechanische) ventilatiesysteem.

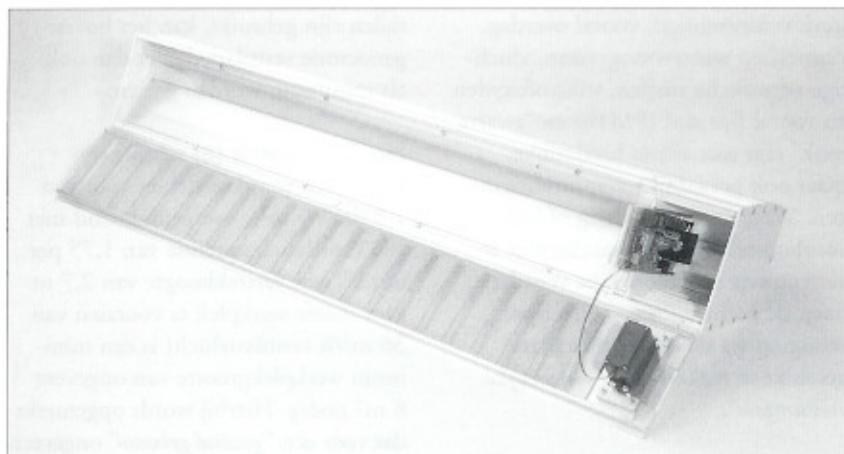
#### **NATUURLIJKE VENTILATIE: EEN BETROUWBAAR SYSTEEM?**

Betrouwbaarheid kan in deze context worden gedefinieerd als "de waarschijnlijkheid dat het ventilatiesysteem minstens bepaalde minimum luchtdebieten levert bij alle voorkomende klimaat- en windcondities".

Bij de meeste natuurlijke ventilatiesystemen treedt lucht toe via openingen in de gevel. Te hoge winddruk, lage buitentemperaturen en verkeerslawaaï kunnen de ventilatie dan behoorlijk frustreren. Raamventilatie is in deze gevallen vaak niet mogelijk, maar goed regelbare ventilatieroosters, zonodig met suskasten, kunnen een oplossing bieden. Hoge winddrukken blijven echter een probleem en in veel gebouwen zijn *fluitende* roosters dan ook een ergernis. Omdat de winddruk toeneemt met de gebouwhoogte is toepassing van natuurlijke ventilatie in hogere gebouwen (5 verdiepingen of meer) een uitzondering geworden. Bij lagere gebouwen daarentegen kunnen de ventilatieroosters bij windstil weer juist te weinig lucht leveren omdat de thermische drijfkracht te gering is.

De betrouwbaarheid van deze systemen laat dan ook te wensen over. Een Zweedse studie over dit onderwerp concludeert [5] "*Natural ventilation systems are unable to maintain acceptable ventilation rates during a certain number of hours throughout the year*". Een Duitse studie geeft aan dat in ongeveer 10% tot 20% van de zomerperiode natuurlijke ventilatie maar





"INTELLIGENT GEVELROOSTER", FOTO ALUSTA  
-FIGUUR 1-

beperkt mogelijk is door te harde wind [6]. Deze cijfers hebben betrekking op raamventilatie. Het lage percentage geldt voor laagbouw tot 15 meter; het hoge percentage geldt voor hoogbouw hoger dan 50 meter. Het is in elk geval noodzakelijk bij zuiver natuurlijke ventilatiesystemen in het ontwerpstadium een computersimulatie te maken. Met behulp hiervan kan worden vastgesteld in hoeveel procent van de werktijd het systeem statistisch zal voldoen en onder welke omstandigheden en in hoeveel bedrijfsuren problemen te verwachten zijn [4]. Tekortkomingen van een natuurlijk ventilatiesysteem kunnen meestal uitstekend worden gecompenseerd met behulp van installatietechnische voorzieningen, en pragmatische ontwerpers zullen hiervan dan ook dankbaar gebruik maken. De eerder genoemde symbiose van natuur en techniek moet

op zorgvuldige wijze door terzake kundige technici worden gerealiseerd.

### "INTELLIGENTE" GEVELROOSTERS

Als aan de elementaire eis van goede buitenluchtkwaliteit wordt voldaan kan in principe ventilatie via de gevel worden gerealiseerd. Het is om een aantal redenen gewenst de gebruikelijke handbediening van de ventilatieroosters te vervangen door een *intelligent* regelsysteem.

Deze redenen zijn:

- Het ventilatiedebiet moet bij wisselende windbelastingen constant blijven om over-ventilatie en de 's winters daarmee gepaard gaande tochtproblemen en energieverliezen te voorkomen of te beperken. De roosters moeten daarom zelf-

regelend zijn vanaf een drukverschil van 1 Pa en hoger.

- Lezijdige vertrekken mogen in principe niet worden geventileerd met gebruikte lucht uit loefzijdige vertrekken (dwarsventilatie). De ventilatieroosters moeten daarom zijn voorzien van een "terugslagvoorziening", waardoor tevens over-ventilatie met de inherente energie verliezen wordt beperkt.
- De ventilatieroosters moeten automatisch kunnen worden dichtgestuurd, om in de winter onnodige ventilatie buiten bedrijfstijd te voorkomen.
- De *zelfregeling* moeten buiten werking kunnen worden gesteld om verhoogde nachtventilatie in de zomer mogelijk te maken.

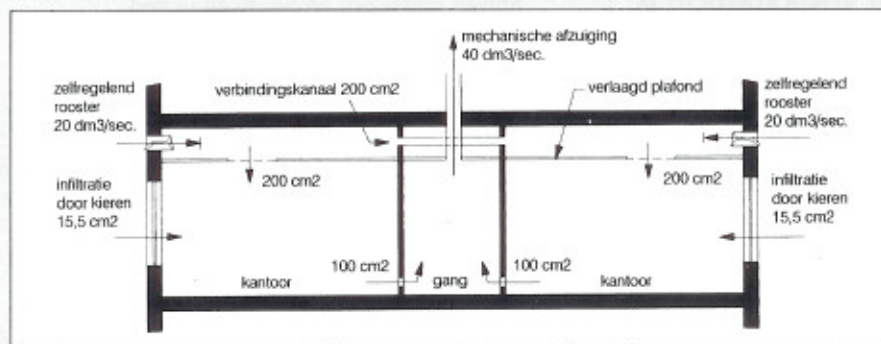
Dergelijke "*intelligente*" ventilatierooster kunnen de wind rondom een gebouw *beteugelen* en zijn in staat "*ventilatie op maat*" te leveren bij minimalisering van het energiegebruik. Dergelijke roosters met micro-elektronisch regelsysteem zijn sinds kort ook commercieel leverbaar [11], zie figuur 1.

### MECHANISCHE AFZUIGING

De werking van een ventilatiesysteem via de gevel is niet gegarandeerd zonder een mechanisch afzuigsysteem dat de natuur ondersteunt als er geen of weinig wind is en dat ook in staat is om zomerse nachtventilatie te optimaliseren. Mechanische afzuiging kan per moduul of per vertrek worden gerealiseerd, eventueel via de verlichtingsarmaturen waardoor de interne thermische belasting wordt gereduceerd. Ook is een meer centraal afzuigsysteem mogelijk via de gangruimten van een cellenkantoor. Een dergelijk ventilatiesysteem is door De Gids omschreven en in een computermodel geanalyseerd [10], zie figuur 2. De toepassing van intelligente gevelroosters en mechanische afzuiging levert een hybride ventilatiesysteem op dat de genoemde *symbiose van natuur en techniek* heel fraai benadert. Voor een goed begrip: behalve de bovengeschreven ventilatieroosters beschikt elk vertrek natuurlijk over een te openen raam als *spuivoorziening* en voor de gewenste *frisse neus*.

### STOF EN VOCHT?

Bij ventilatie via de gevel kan de toevoerlucht niet door hoogwaardige luchtfilters worden gefilterd zoals dit



HYBRIDE VENTILATIESYSTEEM, SYSTEEM ALUSTA  
-FIGUUR 2-

DE ZELFREGELENDE ROOSTERS ZIJN AANGEBRACHT BOVEN HET VERLAAGDE PLAFOND. BUITENLUCHT STROOMT TOE IN DE PLAFONDRUIMTE EN KOMT DE KANTOORRUIMTE BINNEN VIA GEPERFOREERDE PLAFONDROOSTERS. EEN MECHANISCH AFZUIGSYSTEEM ZORGT VOOR EEN GERINDE ONDERDRUK IN DE GANG, WAARDOOR DE VENTILATIELUCHT NAAR DE GANG WORDT AFGEZOGEN VIA LAAGGEPLAATSTE DOORSTROOMROOSTERS OF SRIETEN ONDER DE DEUREN. HIERDOOR WORDT EEN GOEDE VENTILATIE-EFFECTIVITEIT GEREALISEERD. DE PLAFONDRUIMTEN VAN LOEF- EN LEIJDIGE VERTREKKEN STAAN MET ELKAAR IN VERBINDING VIA OVERSTROOMVOORZIENINGEN. ALS IN EEN LOEFZIJDIGE RUIMTE DE LUCHTOETREDING VAN BUITEN TOENEEMT DOOR INFILTRATIE OF EEN OPEN RAAM, KAN LUCHT VIA DE OVERSTROOMVOORZIENINGEN NAAR DE LEIJDIGE PLAFONDRUIMTEN STROMEN. OOK AL ZIJN DE VENTILATIEROOSTERS HIER DOOR DE TERUGSLAGVOORZIENING GESLOTEN, DAN WORDEN DE LEIJDIGE VERTREKKEN VANUIT HUN PLAFONDRUIMTE TOCH AFDOENDE GEVENTILEERD.

bij mechanische luchttoevoer gebeurt. Als de kwaliteit van de buitenlucht goed is, en dit is een eerste vereiste - zie hiervoor -, behoeft dit niet direct een probleem te zijn. Wel wordt aanbevolen de gevelroosters te voorzien van een gemakkelijk reinigbaar groffilter.

Centrale luchtbevochtiging is bij ventilatie via de gevel evenmin mogelijk. Als de temperatuur in de kantoorruimten 's winters onder de 22°C blijft - de gebruikers kunnen dit zelf regelen - hebben de meeste mensen geen last van droge lucht. Een goed schoonmaakonderhoud kan dit nog bevorderen. Ruimten waar veel met papier wordt gewerkt en die daardoor stoffig zijn, kunnen lokaal worden bevochtigd. Dit geldt eveneens voor ruimten waarin allergie-gevoelige mensen werken, die door een hogere R.V. hun slijmvliezen beter kunnen beschermen.

#### WARMETERUGWINNING

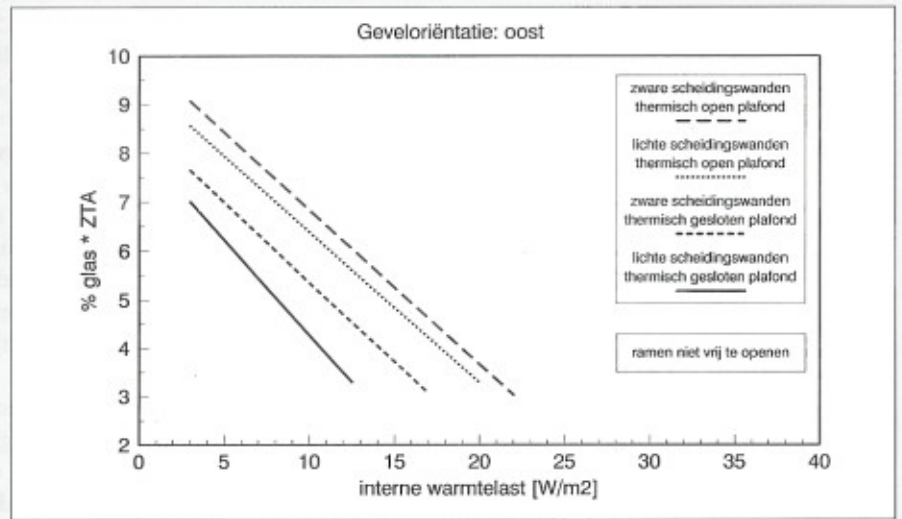
Bij een hybride ventilatiesysteem zoals boven omschreven is warmteterugwinning iets gecompliceerder dan bij gebalanceerde mechanische ventilatiesystemen. Met behulp van een warmtepomp kan echter heel effectief warmte aan de afgezogen lucht worden onttrokken die waterzijdig met een temperatuur van ongeveer 50°C aan het cv-systeem wordt teruggeleverd.

's Zomers kan de warmtepomp worden gebruikt voor eventuele additionele koeling; zie hierna. Via koelconvectoren wordt hierbij warmte aan de kantoorruimten onttrokken, die door de afvoerlucht naar buiten wordt afgevoerd.

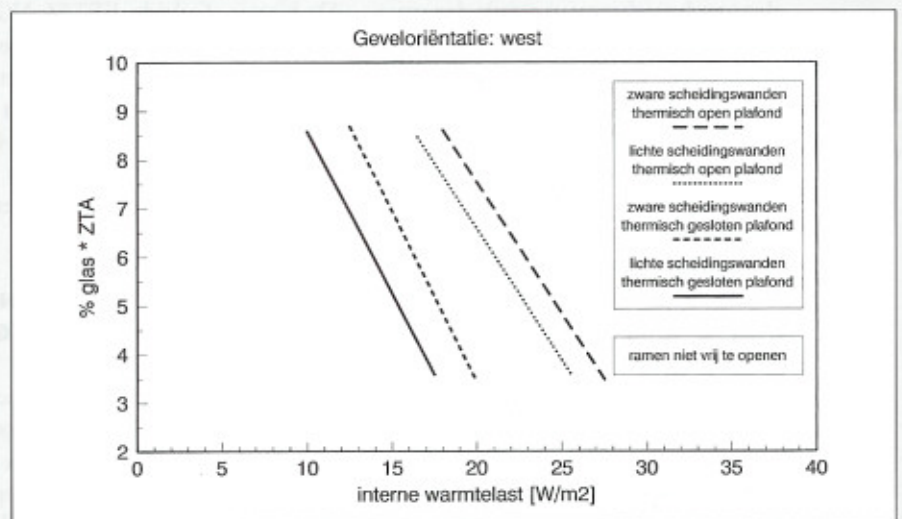
#### GRENZEN VAN DE "VRIJE KOELING"

Wat nu te doen als een ventilatiesysteem, dat op deze basis is ontworpen, in warme zomermaanden te weinig koeling levert, terwijl alle mogelijkheden om de thermische belasting te reduceren zijn gebruikt? In principe zijn er drie mogelijkheden, te weten:

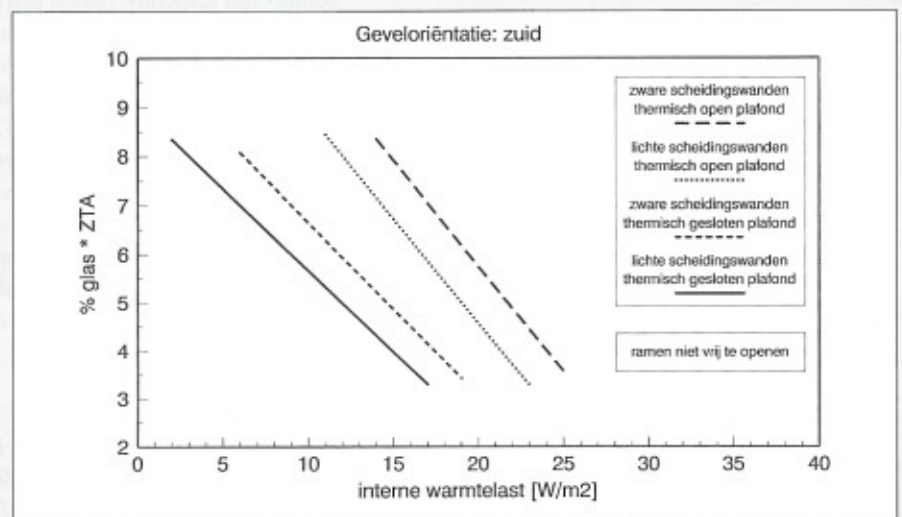
- Verhoging van de ventilatiecapaciteit door vergroting van de ventilatieroosters. De kans dat ook 's winters te sterk wordt geventileerd is hierbij reëel, waardoor onnodig extra energiegebruik optreedt.
- Toepassen van mechanische ventilatie met grotere ventilatiefrequentie al dan niet aangevuld met topkoeling. Dit is de meest toegepaste methode.



ONTWERPPARAMETERS VOOR EEN TWEEPERSOONS KAMER (20m<sup>2</sup>) - OOST, GRAFIEK PEUTZ  
-FIGUUR 3-



ONTWERPPARAMETERS VOOR EEN TWEEPERSOONS KAMER (20m<sup>2</sup>) - WEST, GRAFIEK PEUTZ  
-FIGUUR 4-



ONTWERPPARAMETERS VOOR EEN TWEEPERSOONS KAMER (20m<sup>2</sup>) - ZUID, GRAFIEK PEUTZ  
-FIGUUR 5-



- Aanleg van een separaat koelsysteem met koelconvectoren; een flexibel systeem dat de laatste jaren is ontwikkeld.

De grenzen van de zogenaamde "vrije koeling", dat wil zeggen koeling met behulp van natuurlijke ventilatie zijn onder andere door Peutz onderzocht bij het ontwerp van het nieuwe Stadhuis in Apeldoorn [12, 13].

Figuren 3 t/m 5 laten zien waar deze grenzen globaal liggen bij het aanhouden van de RGD.-norm, zie hierna. Ramen moeten bij voorkeur niet kleiner zijn dan 30% van het binnen-geveloppervlak, overeenkomend met ongeveer 22,5% van het bruto-oppervlak. Bij een perfecte (automatische) buitenzonwering met lamellen ( $ZTA = 0,15$ ) is het product  $ZTA \times \% \text{ glass}$  3,4. Met maximalisering van de thermisch werkzame massa is dan op basis van de RGD.-norm (zie hierna) in het Oostvertrek een interne thermische belasting mogelijk van ongeveer 20 W/m<sup>2</sup>, in het Westvertrek is 27 W/m<sup>2</sup> toelaatbaar. Deze waarden moeten geval voor geval met behulp van een temperatuuroverschrijdingsberekening worden geverifieerd. Van Paassen komt tot soortgelijke conclusies [14]. Met een vernuftig systeem van gemotoriseerde en computergestuurde raamopeningen, door hem *Passief Klimatestelsel* genoemd "kan een behaaglijk binnenklimaat (zie hierna) worden gerealiseerd mits de interne belasting niet uitstijgt boven 20 à 30 W/m<sup>2</sup>". Hij tekent hierbij aan dat bij een veldtest in de buitengewoon warme zomer van 1994 het aantal uren met temperaturen boven de 25,5°C beduidend boven de norm van 100 uren lag.

#### WAT IS EEN BEHAAGLIJK BINNENKLIMAAT?

Vanaf het midden van de jaren zeventig is de thermische isolatie van gebouwen sterk verbeterd en de luchtinfiltratie door betere dichtingsmethodieken gereduceerd. Anderzijds is door de verschijning van personal computers c.a. op de werkplek vanaf het midden van de jaren tachtig de interne thermische belasting dermate toegenomen dat tijdens kantooruren maar zelden meer verwarming nodig is. Integendeel, er moet vaak worden gekoeld.

Om mechanische koeling zoveel mogelijk te beperken of te vermijden is de tendens ontstaan de ruimtetem-

peratuur op te laten lopen tot 25°C en hoger. Op initiatief van de Rijksgebouwendienst is de zogenaamde RGD.-norm ontwikkeld. De ruimtetemperatuur mag hierbij gedurende 100 uur per jaar oplopen boven 25°C tot 28°C en, afhankelijk van de mogelijkheden een raam te openen, incidenteel nog hoger. De theoretische fysiologische modellen leken hiervoor ook de ruimte te bieden (Fanger).

Het is echter gebleken dat deze normen te hoog zijn gesteld. Uit het oogpunt van gezondheid, behaaglijkheid en de daarmee verband houdende productiviteit van kantoorwerkers is de optimale ruimtetemperatuur in de zomer 22 tot 24°C (23°C +1K). Incidentele overschrijding van de 24°C grens is onder extreme condities acceptabel.

De hieruit afgeleide *KETEL-NORM* lijkt sprekend op de bovengenoemde RGD.-norm. Slechts de zogenaamde overschrijdingsuren worden niet geteld vanaf 25°C maar vanaf 24°C. De achtergronden van deze verschuivende inzichten zijn uitvoering omschreven in [15, 16, 17].

#### NATUURLIJKE VENTILATIE VAN KANTOORGEBOUWEN - EEN GOED IDEE?

Als de kwaliteit van de buitenlucht in orde is, kan in niet te hoge gebouwen op geschikte lokaties met succes ventilatie via de gevel worden toegepast. *Intelligente* gevelroosters en mechanische afzuiging maken dit systeem voldoende betrouwbaar. Als niet aan de randvoorwaarden met betrekking tot de thermische belasting kan worden voldaan is additionele koeling met behulp van koelconvectoren een goede mogelijkheid om het binnenklimaat in de zomer te verbeteren. Mechanische ventilatie is hiermee volstrekt niet afgeschreven, integendeel. De grotere toepassingsmogelijkheden, hoogwaardige luchtfiltering, eenvoudige warmterugwinning, betrouwbare luchtverdeling, centrale (top)-koeling en luchtbevochtiging zullen in veel gevallen de voorkeur op dit systeem laten vallen.

#### REFERENTIES

- 1 Bronsema, B., "Over lucht en lucht-filters", TVVL Magazine 11/95
- 2 Aben, J. - K. van Velze c.a., "Luchtkwaliteit - Jaaroverzicht 1993", Rijksinstituut voor Volksgezondheid en

Milieuhygiëne - RIVM, Rapport nr. 722101014, december 1994

- 3 Verhoeff, A.P., "Stedelijke luchtkwaliteit en gezondheid", Symposium Vereniging Lucht- november 1995
- 4 Phaff, J.C., "Simulieren van ventilatie", Themadag T.U.-Delft 9 mei 1996: Ventilatie via de gevel - een delicate balans tussen luchtkwaliteit en energiegebruik
- 5 Kronvall, Johnnie, "Ventilation Reliability - a discussion paper", Technergo AB, Lund, Sweden, februari 1994
- 6 Barath, Bela - Götz Morgenstern, "Die Grenzen der freien Lüftung", Die Zeitung CCI nr. 11/1994
- 7 Pettenkofer, M.V., "Ueber das Verhalten der Luft zum Wohnhause des Menschen", aus Poluläre Vorträge von M.V. Pettenkofer, 1. Heft 1877
- 8, "Bouwbesluit"
- 9 Bergs, J.A., "Keuzedocument Gezonde Kantoorgebouwen", Conceptversie mei 1995 Stichting Bouw Research - SBR 258d
- 10 Gids, W.F. de - W. Kornaat, "Natuurlijke ventilatie van kantoorgebouwen", TNO Bouw - Rapport 96-BBI-R0869 - juni 1996
- 11, "De Revolutionaire Regelaar - Micro elektronisch bedieningsysteem voor zelfregelende suskasten en ventilatieroosters volgens NEN-1087 (1991)", Alusta Aluminium B.V. - mei 1995
- 12 Wapenaar, "Design aspects of naturally ventilated offices in The Netherlands", Caddet Newsletter no 2/1992
- 13 Mertens, J.J., "Natuurlijke ventilatie van kantoorgebouwen", Binnenmilieu nr. 3/derde jaargang - 31 maart 1994
- 14 Paassen, A.H.C. van, "Koeling en Ventilatie met regelbare raamopeningen", Themadag T.U.-Delft 9 mei 1996: Ventilatie via de Gevel
- 15 Bronsema, B., "Het binnenklimaat in de zomer: Conflict tussen theorie en praktijk?", Klimaatbeheersing 22 (1993) nr. 9
- 16 Bronsema, B., "Waar het warm is stinkt het: Dus houdt het koel", TVVL Magazine 23 (1994) brs. 5 (mei) en 6 (juni)
- 17 Bronsema, B., "Healthy Buildings but less energy consumption - How can Air Conditioning Technology help?", Proceedings Healthy Buildings Conference - Budapest 1994