

Hét antwoord op al uw binnenklimaatproblemen?

Vijftien jaar geleden leek natuurlijke ventilatie soms een product uit een TelSell-commercial: "Mike, het is ongelofelijk! Natuurlijke ventilatie lost niet alleen het Sick Building Syndrome op, het is ook nog eens goedkoper en energiezuiniger dan airconditioning!" Bijna te mooi om waar te zijn, toch? Dit artikel gaat vooral in op de binnenmilieuaspecten van natuurlijke ventilatie. Wat hebben we de afgelopen jaren geleerd?

Ir. A.K. Raue, Universiteit Utrecht; ing. S.R. Kurvers, TU Delft; drs. J.L. Leijten

In de jaren '80 was er in de media veel aandacht voor het Sick Building Syndrome. In sommige gebouwen hadden veel mensen last van aanhoudende gezondheidsklachten, vooral in grote, centraal geklimatiseerde kantoorgebouwen waar de ramen niet open konden. Uit veldonderzoeken bleken de belangrijkste risicofactoren voor dit soort gebouw gerelateerde gezondheidsklachten [1]:

1. Meer dan 2 à 4 personen per ruimte
2. Beperkte gebruikersinvloed (bijvoorbeeld geen te openen ramen)
3. Mechanische koeling
4. Luchtbevochtiging
5. Recirculatie van retourlucht
6. Warmtewielen
7. Kopieermachines en printers dichtbij werkplekken
8. Textiele vloerbedekking en andere pluiszende materialen
9. Geen aparte rookruimten
10. Centrale toevoer buitenlucht dichtbij afblaas
11. Interne isolatie van luchtkanalen
12. Geen stralingsverwarming (c.q. toepassing van een all-airstelsel)
13. Wijziging van gebouwgebruik
14. Hoge interne warmtelast
15. Hoge externe warmtelast
16. Lage thermisch actieve gebouwmassa

Diverse gangbare componenten in luchtbehandelingsinstallaties bleken dus een risico te vormen voor gezondheidsklachten. En hoewel het mechanisme achter de problemen niet altijd duidelijk was, ontstond er hernieuwde belangstelling voor gebouwen met een eenvoudiger klimaatconcept op basis van natuurlijke ventilatie [2]. In spraakmakende voorbeeldprojecten werd natuurlijke luchttoetreding expliciet gepresenteerd als alternatief voor volledige luchtbehandeling als middel om een goed binnenmilieu te verwezenlijken. Dit was opmerkelijk, want volledige luchtbehandeling was juist ontwikkeld om luchtkwaliteit en thermisch comfort in gebouwen beter te kunnen beheersen. Wat was er aan de hand met die gebouwen, waardoor het middel soms erger was dan de kwaal?

■ OVERKLIMATISERING

In een epidemiologische studie vond Mendell [3] meer gezondheidsklachten in gebouwen die 's zomers overmatig gekoeld werden dan in gebouwen waar de binnentemperatuur binnen de aanbevolen comfortbandbreedte viel (figuur 1). Andersom werden 's winters meer klachten geconstateerd in gebouwen die veel verwarmd werden dan in gebouwen die normaal of te weinig verwarmd werden. Kennelijk leidt overklimatisering (overmatige

beheersing van het binnenklimaat) tot meer gezondheidsklachten dan een gebrek aan verwarming of koeling. Dit is te verklaren vanuit de robuustheid [4, 5] van de maatregelen waarmee het binnenklimaat tot stand komt. Als het binnenklimaat in een gebouw bijvoorbeeld sterk afhankelijk is van actieve technologie, is de kans groter dat het werkelijke binnenklimaat afwijkt van de ontwerpdoelstelling. Overklimatisering is in die zin een symptoom van beperkte robuustheid. De klachten zijn een ander symptoom. Het mag duidelijk zijn dat overklimatisering minder voorkomt in natuurlijk geventileerde gebouwen. Die worden juist gekarakteriseerd als free running: het binnenklimaat loopt in zekere mate mee met de weersomstandigheden. Dit hoeft overigens niet te betekenen dat free running-gebouwen ondergeklimateerd

Waar in dit artikel wordt gesproken van natuurlijke ventilatie, wordt voor de Nederlandse situatie zowel zuiver natuurlijke ventilatie als hybride ventilatie bedoeld. Er is voor deze vereenvoudigde aanduiding gekozen om de leesbaarheid te vergroten en om aan te sluiten bij de terminologie in de besproken internationale bronnen.

zijn: Schellen vond aanwijzingen dat geleidelijk verlopende temperaturen van 2K/h tussen 17 en 25°C niet tot onacceptabel discomfort of lagere productiviteit hoeven te leiden [6].

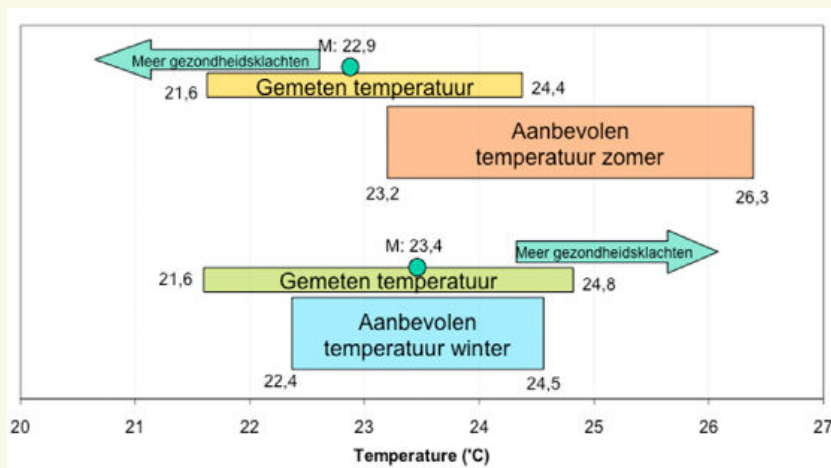
■ PSYCHOLOGISCH RAAMPJE

Een andere deelverklaring komt vanuit de psychologie. Vroon [7] stelt dat de gebruikers van een gebouw met centrale luchtbehandeling en een gesloten gevel een onnodig opgedrongen onmacht ervaren. Zij leven in een artefact dat conflicteert met evolutionair ingeslepen 'software'. In zo'n kunstmatige omgeving ervaren zij onbewust een gebrek aan zinnige impulsen, bijvoorbeeld informatie over het weer. Tegelijkertijd ontvangen zij alarmerende signalen uit de omgeving, zoals het gesis van de airco en onverklaarbare geuren. Het gebouw geeft ze ook geen mogelijkheden om op de impulsen en valse signalen uit de omgeving te reageren, want alles wordt centraal geregeld, of het effect van dit ingrijpen is niet merkbaar. Het mag duidelijk zijn dat persoonlijke beïnvloedingsmogelijkheden, zoals een te openen raam, vanuit deze visie een levensbehoefte zijn. Helaas wordt nog vaak over een 'psychologisch raampje' gesproken, met een meewarige blik alsof de gebouwgebruiker niet goed bij zijn hoofd is.

De auteurs hebben zelf vele binnenmilieuonderzoeken uitgevoerd in probleemgebouwen, waarbij de opmerking "het raam kan niet open" vaak een van de grootste ergernissen van de gebouwgebruikers bleek te zijn. Het argument dat een open raam het binnenklimaat zou verstoren kan bij hen op weinig begrip rekenen: zij willen het raam juist openzetten om het binnenklimaat naar persoonlijke behoefte te optimaliseren. Als het binnenklimaat echt verstoord raakt (discomfort) kunnen zij het raam weer sluiten. Het open raam geeft bovendien herkenbare impulsen uit de omgeving door, zoals weersinformatie en geluiden van buiten, en geeft de gebruiker zinnige mogelijkheden om daarop te reageren.

Natuurlijk zijn hier ook grenzen aan.

Bijvoorbeeld: naarmate er meer mensen samen in een ruimte werken wordt de vrijheid om een raam naar individuele behoefte te openen of te sluiten snel beperkt. Wat voor de één frisse lucht is, is voor de ander tocht. Het is dan ook haast onmogelijk gebleken om in grotere, open werkruimten bij alle weersomstandigheden voor alle gebruikers een prettig binnenklimaat te garanderen op basis van natuurlijke luchttoetreding via de gevel. Zelfs in tweepersoonskamers is dat al een lastige opgave. Twee ontwikkelingen hebben de mogelijkheden echter vergroot: geavanceerde technologie en verbeterde inzichten in adaptief thermisch comfort.



-Figuur 1- Gemeten temperaturen en gezondheidssymptomen gerelateerd aan de comfortgebieden in de zomer en winter in 95 kantoorgebouwen in de VS [3]

■ TECHNOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN

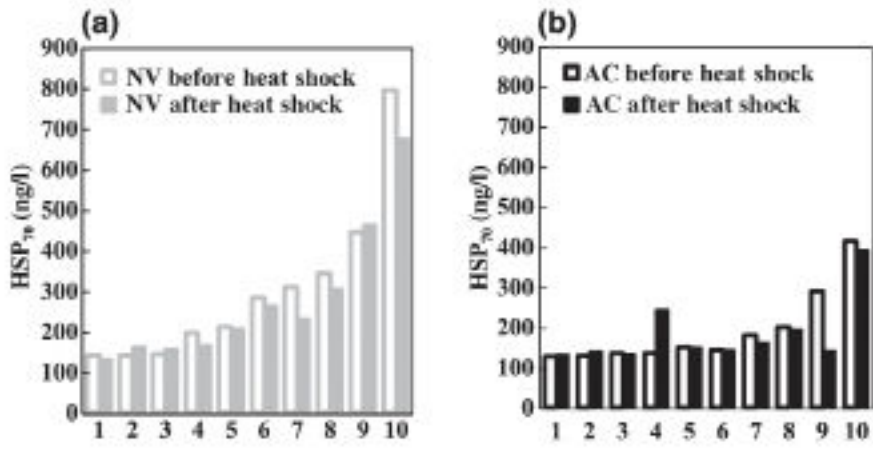
De grootste uitdagingen bij het ontwerpen van een klimaatconcept op basis van natuurlijke ventilatie zijn het op gang houden van de luchtverversing, het beheersen van tocht en het voorkomen van hoge binnentemperaturen op warme of zonnige dagen. Allerlei technologie is ontwikkeld om deze risico's beheersbaar te maken. Met verbeterde inzichten in de werking van atria, zonneshoosten en venturi's [8] zijn lowtech-middelen voorhanden om de luchtstroom op gang te brengen. Daarnaast past men al dan niet verwarmde tochtplanken, betonkernactivering en hulpventilatoren toe. Maar er worden ook complete computergestuurde systemen toegepast waarin elektronisch geregelde ventilatioosters samenwerken met een vraaggestuurd retourluchtsysteem op basis van CO₂-regeling. Ook zonwering, warmtepompen, bodemopslag en domotica kunnen worden geïntegreerd voor een nauwkeurige regeling en optimaal energiegebruik. Helaas worden deze intenties niet altijd waargemaakt. Er zijn bijvoorbeeld utiliteitsgebouwen bekend waar de elektronisch gestuurde gevelroosters na aanhoudende storingen al binnen tien jaar volledig zijn gesaneerd. Dit werpt de vraag op of de hightech-benadering van natuurlijke ventilatie zijn doel niet voorbij schiet. Eén van de succesfactoren van natuurlijke ventilatie lijkt te liggen in de robuustheid van het systeem [4, 5]. Juist door ongevoeligheid voor afwijkingen van ontwerpaannames is de kans groot dat een gebouw langdurig een binnenmilieu krijgt dat door de gebruiker als prettig wordt ervaren en bij een hightech-benadering kan dit een lastig punt zijn. Transparantie en ongevoeligheid voor onder-

houd gelden ook als belangrijke robuustheid bevorderende kenmerken van een gebouw [5], terwijl voor de gebruiker minder logische of begrijpelijke of onderhoudsgevoelige systemen de robuustheid juist verminderen. Men zou dus kunnen stellen dat de hightech-benadering van natuurlijke ventilatie relatief hoog inzet (er wordt van alles uit de kast gehaald om een goed binnenmilieu te realiseren), maar ondertussen de kans dat dit doel langdurig wordt bereikt vermindert. In die zin lijkt de hightech-benadering van natuurlijke ventilatie op de benadering met centraal geregelde installaties met volledige luchtbehandeling: er zijn gebouwen waar het goed uitpakt, maar er kan ook heel veel misgaan. Het vraagt dus een nauwkeurige risicobeheersing om het gewenste resultaat te bereiken. Gelukkig kan daarbij steeds meer gebruik worden gemaakt van 'lessons learned' uit eerdere projecten [9].

■ ADAPTIEF THERMISCH COMFORT

Een andere reden dat natuurlijke ventilatie in onmin was geraakt, was dat het met alleen passieve klimaatbeheersing heel moeilijk bleek om aan de richtlijnen voor thermische behaaglijkheid te voldoen. Vooral in de zomer was het thermisch comfortcriterium voor PMV, TO en GTO-uren zonder koeling een (te) grote uitdaging. Maar was het wel nodig zulke strenge eisen te stellen?

Voortbouwend op onderzoek van Humphreys en Nicol uit de jaren '70 [10] deden Brager en de Dear [11] een heranalyse van veldonderzoek onder 20.693 respondenten in 160 gebouwen over de hele wereld. Daaruit bleek dat gebruikers van natuurlijk ventilated buildings' s zomers hogere binnentemperaturen accepteren (en zelfs prefereren!) dan



-Figuur 2- Heat Stress Protein 70 waarden voor en na heat shock bij twee groepen van tien proefpersonen: (a) groep die gewend is aan natuurlijke ventilatie; (b) groep gewend aan airconditioning. [14] Groep a maakt meer HSP₇₀ aan en is daarmee beter toegepast om het comfort te herstellen na een plotselinge temperatuurwisseling.

gebruikers van air conditioned buildings. Dit maakte de weg vrij voor aangepaste richtlijnen zoals de ATG-methode [12], Ashrae standard 55 en de Europese norm EN-15251, waarin soepeler temperatuurcriteria zijn opgenomen voor natuurlijk geventileerde gebouwen in de zomer. Omdat het bij het onderscheid niet alleen blijkt te gaan om de manier van ventileren en koelen, maar bijvoorbeeld ook om de mate van gebruikersinvloed en kledingvoorschriften, is in ISSO 74 voorgesteld kortweg te spreken over type Alpha (natuurlijk) en type Beta (airconditioned) gebouwen.

Het verschil in waardering tussen type Alpha en Beta wordt door de Dear en Brager verklaard door de verschillende mate waarin de gebruikers aanpassingen (kunnen) doen om thermisch comfort te realiseren. Het gaat daarbij o.a. om gedragsmatige aanpassingen zoals het raam openen/sluiten, de thermostaat bedienen, of de kleding aanpassen. In type Alpha-gebouwen blijken de gebruikers zich werkelijk beter op de seizoenen te kleden. Daarnaast speelt ook psychologische adaptatie een rol: gebruikers raken kennelijk gewend aan de grotere temperatuurwisselingen die horen bij free running gebouwen, zoals type Alpha. Misschien zijn mensen in een bouwkeet of grachtenpand ook wel iets toleranter omdat zij in zo'n gebouwtypologie nou eenmaal geen Hiltonklimaat verwachten. Een experiment waarbij bleek dat proefpersonen kritischer werden over hoge temperaturen als zij voor koeling hadden betaald, kan een aanwijzing zijn dat ook verwachting bij de gebruiker een rol speelt [13].

Ten slotte lijkt ook fysiologische adaptatie een rol te spelen, al is daar nog niet veel over bekend. In wat meer extreme omstandigheden

is aangetoond dat proefpersonen bijvoorbeeld lichamelijk gewend kunnen raken aan heat shocks: het lichaam raakt dan getraind om Heat Stress Protein 70 aan te maken (figuur 2) [14], en naar verhouding veel bruin vet [15], waarmee het lichaam sneller kan reageren op warme en koude omstandigheden. Andersom raken mensen in een (te) gelijkmatige thermische omgeving dit vermogen na verloop van tijd kwijt. Volgens Prins [16] zijn Amerikanen door steeds meer in gekoelde omgevingen te verblijven verslaafd geraakt aan airconditioning. Misschien is dit mechanisme daar mede een verklaring voor.

Van Marken Lichtenbelt [15] vond ook dat mensen die relatief weinig bruin vet (en relatief veel wit vet) aanmaken minder gezond zijn. Merk op dat dit fysiologisch fenomeen lijkt op het psychologisch fenomeen dat Piet Vroon beschreef: het nastreven van een zo gelijkmatige mogelijke omgeving leidt lang niet altijd tot meer comfort en kan zelfs averechts werken voor de gezondheid. Er zijn aanwijzingen dat stimulatie van het thermoregulatiesysteem een gunstig effect op de gezondheid heeft, omdat zowel het cardiovasculaire systeem als het thermoregulatiesysteem geregeld wordt door het sympathisch autonome zenuwstelsel. En andersom kan sporten ook ons thermoregulatiesysteem 'trainen' zodat het lichaam beter reageert op temperatuurwisselingen [17]. De wat wildere binnenklimaatomstandigheden in een free running gebouw (zoals bij natuurlijke ventilatie) vormen stimuli waardoor men beter fit blijft, in elk geval voor thermische uitdagingen.

Dergelijke patronen kunnen een aanleiding zijn om bij nieuwbouw eerst de mogelijkheden voor natuurlijke ventilatie te onderzoeken.

NATUURLIJK OF MECHANISCH

Uit het bovenstaande zou je haast afleiden dat natuurlijke ventilatie altijd beter is dan mechanische ventilatie. Toch vraagt het bovenstaande wel wat nuancering. Ten eerste zijn de hoge verwachtingen van de natuurlijk geventileerde gebouwen lang niet allemaal uitgekomen. Soms lijkt het erop dat de weg die in de jaren '90 is ingeslagen, met steeds verfijndere technologie om het binnenklimaat bij natuurlijke ventilatie te beheersen, op dezelfde problemen stuit als de hightech-benadering met volledige klimaatbeheersing. Het zou interessant zijn weer een paar stappen terug te doen en te proberen in een lowtech-benadering hele eenvoudige binnenklimaatconcepten te ontwikkelen waar de hierboven beschreven mechanismen van adaptatie, robuustheid en psychologische en fysiologische uitdaging volledig worden uitgebuit om de gebruiker tevreden, gezond en fit te houden.

Daarnaast zijn er grote vorderingen gemaakt bij het beheersen van de risico's bij meer conventionele klimaatinstallaties. Enkele van de installatiecomponenten die in de eerste alinea van dit artikel als risicofactor zijn aangemerkt worden niet of nauwelijks meer toegepast, of zijn technologisch verbeterd. Daarnaast heeft professionalisering van de installatiesector, o.a. door TVVL en ISSO, ervoor gezorgd dat ontwerpers en beheerders beter in staat zijn risico's te beheersen en valkuilen te vermijden. Ten slotte is het ook te verwachten dat er met de opkomst van BIM knelpunten veel eerder aan het licht komen en al op de tekentafel worden opgelost.

En dat is maar goed ook, want lang niet elke organisatie leent zich voor huisvesting in een natuurlijk of hybride geventileerd gebouw. Voor collegezalen, winkels, callcentra, laboratoria en allerlei andere functies is volledige klimaatbeheersing vaak de enige optie. Daarnaast leent niet elke locatie zich voor directe luchttoevoer via de gevel. Het is evident dat op sommige geluidbelaste locaties ook suskasten geen soelaas bieden. Maar ook op locaties met veel ozon of fijnstof in de buitenlucht kan men overwegen de buitenlucht eerst centraal te filteren voordat het in de leefzone wordt toegevoerd.

CONCLUSIE

Een goed binnenmilieu realiseren is dus zeker niet hetzelfde als simpelweg alle installaties weglaten en het raam openzetten. Anderzijds is het ook zeker geen kwestie van alles centraal beheersen en elke weersinvloed met pompen, ventilatoren en koelmachines proberen te onderdrukken.

Voor optimale gebruikerstevredenheid moet

naast technische verfijning van de (al of niet hybride) ventilatiesystemen rekening worden gehouden met psychologische, sociologische, fysiologische en andere niet-technische aspecten van het binnenmilieu. Recente inzichten op die gebieden sluiten goed aan bij de mogelijkheden van natuurlijke en hybride ventilatie. Het lijkt erop dat de toekomst is aan gebouwen die niet betuttelen, maar de gebruiker betrekken bij de totstandkoming van het binnenmilieu, waarbij een zeker verband is tussen de weersomstandigheden buiten en het binnenklimaat. Het adagium 'natuurlijk waar het kan, mechanisch waar het moet' is daarom een goed uitgangspunt bij het ontwikkelen van robuuste klimaatconcepten.

■ REFERENTIES

1. Boerstra, A.C., Leyten, J.L. and Kurvers, S.R., Diagnosing problem buildings: the risk factor approach II. Proceedings of Indoor Air '99, Edinburgh 1999
2. Raue, A.K., Natuurlijke ventilatie - moet kunnen? TVVL Magazine 2, 2001
3. Mendell M. J., Mirer A. G., Indoor thermal factors and symptoms in office workers: findings from the US EPA BASE study. Indoor Air 2009; 19
4. Leijten J.L., Kurvers S.R., Robuustheid van gebouwen en luchtbehandelingsinstallaties. TVVL Magazine 1, 2007
5. Leijten J.L., Kurvers S.R., Robuustheid van gebouwen en installaties, deel 2, TVVL Magazine 3, 2011
6. Schellen, L. et al, Difference between young adults and elderly in thermal comfort, productivity and thermal physiology in response to a moderate temperature drift and steady-state condition. Indoor Air 2010; 20: 273-283
7. Vroon, P.A., Psychologische aspecten van ziekmakende gebouwen. ISOR, Utrecht, 1990
8. Bronsema, B., Earth, Wind & Fire – Natuurlijke Airconditioning (1) en (2) TVVL Magazine 07/08, 2013
9. Veerman, J., Projectervaringen - Hybride ventilatie in de praktijk. TVVL Magazine 12, 2012
10. Humphreys, M.A., Rijal, H.B., Nicol, J.F., Examining and developing the adaptive relation between climate and thermal comfort indoors, Proceedings of conference Adapting to Change: New thinking on Comfort, Windsor 2010
11. de Dear, R., Brager, 1998, Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference. ASHRAE Transactions Technical Paper for the Winter Meeting 1998
12. ISSO-Publicatie 74 Thermische behaaglijkheid - Eisen voor de binnentemperatuur in gebouwen. Rotterdam, 2004
13. Zhu, Y., keynotepresentatie bij Indoor Air 2011, Austin Texas.
14. Yu, J., Ouyang, Q., Zhu, Y., Shen, H., Cao, G. and Cui, W. (2012), A comparison of the thermal adaptability of people accustomed to air-conditioned environments and naturally ventilated environments. Indoor Air, 22: 110-118
15. Van Marken Lichtenbelt, W.D. & Kingma, B.R., Building and occupant energetics: a physiological hypothesis. Architectural Science Review Volume 56, Issue 1, 2013
16. Prins, G. (1992). On condis and coolth. Energy and Buildings 18: 251-258. Geparafraseerd in: Chappells, H. and E. Shove, 2003. COMFORT: A review of philosophies and paradigms
17. Stoops, J.L., A Possible Connection between Thermal Comfort and Health. Lawrence Berkeley National Laboratory, paper 55134, 2004.



Orthoteam in Julianadorp: orthodontistenpraktijk uit 2007 met hybride ventilatie, betonkernactivering, klimaatplafonds en bodemopslag met warmtepomp. Het ventilatiesysteem met elektronisch gestuurde gevelroosters is inmiddels vervangen door een ander fabricaat.