

Persoonlijke beïnvloeding een A+ klimaat

Het valt anno 2010 niet mee om een kantoorgebouw of school te vinden zonder binnenklimaatklachten. Zeker niet als je naar de wat grotere gebouwen met moderne, complexe klimaatinstallaties kijkt. Vergelijk dat eens met de situatie in een auto. Hoe vaak gebeurt het dat u wordt geconfronteerd met iemand die een auto uitstapt met de verzuchting 'echt vreselijk dat klimaat daarbinnen'? Dit grote verschil in binnenklimaatbeleving is waarschijnlijk voor een belangrijk deel te herleiden op het aspect persoonlijke beïnvloeding. Misschien kunnen gebouw- en installatieontwerpers wel iets leren van auto-ontwerpers als het gaat om klimatisering en persoonlijke beïnvloeding?

Ir. Atze Boerstra, directeur BBA Binnenmilieu, gastdocent TU Eindhoven, unit BPS (Building Physics and Systems)

Stelt u zich eens voor: een projectteamvergadering. De gedelegeerd opdrachtgever meldt dat het voor de werknemers van het nieuw te ontwerpen kantoorpand extreem belangrijk is dat het binnenklimaat goed is. Grote kans dat de betrokken adviseur reageert met iets als: 'Aha, u wilt een klasse A klimaat. We zullen extra strenge temperatuureisen opnemen en zorgen voor voldoende overmaat in de koelcapaciteit.' Waarbij misschien aanvullend nog wordt gesproken over verwarming en het voorkomen van koudestraling, tochttrisco's in relatie tot roosterselectie of bijvoorbeeld mogelijkheden om duurzaam te koelen. Wat bedoelde die gedelegeerd opdrachtgever hier eigenlijk met de opmerking: 'de gebruikers willen een goed binnenklimaat'. Waarschijnlijk deep down niet meer dan: 'we willen dat iedereen in het nieuwe gebouw tevreden is over het klimaat en er geen klachten zijn zoals nu in het oude gebouw.' Hoe bereik je dat?

Door in je programma van eisen simpelweg de allerstrengste eisen op te nemen uit bv. de norm NEN-EN ISO 7730 [1]?
Wat voor een kantoorruimte bijvoorbeeld neerkomt op een 'klasse A' ontwerp temperatuur van 23,5 - 25,5 °C 's zomers en 21 - 23 °C 's winters (zie tabel 1)? Of is het misschien juist verstandig om bij een dergelijke uitgesproken

gebruikerswens allereerst in te zetten op goede mogelijkheden voor persoonlijke beïnvloeding? Waarbij men bij dat laatste kan denken aan handmatig thermostatisch naregelen per ruimte of werkplek (zowel 's winters als 's zomers). En bijvoorbeeld aan persoonlijke beïnvloeding van de verse luchttoevoer en de lokale luchtsnelheid door te openen ramen.

Klasse	PPD	PMV	Operatieve temperatuur	
			Zomer (koel seizoen)	Winter (stook seizoen)
A	< 6 %	- 0,2 < PMV < + 0,2	23,5 - 25,5 °C	21,0 - 23,0 °C
B	< 10 %	- 0,5 < PMV < + 0,5	23,0 - 26,0 °C	20,0 - 24,0 °C
C	< 15 %	- 0,7 < PMV < + 0,7	22,0 - 27,0 °C	19,0 - 25,0 °C

(PPD = Predicted Percentage of Dissatisfied, PMV = Predicted Mean Vote)

-Tabel 1- Thermisch comforteisen EN-EN-ISO 7730:2005 (waardes voor kantoren, klaslokalen en andere ruimten met hoofdzakelijk zittende activiteit)

ding als sleutel tot

Een discussie als de nevenstaande leidt tot de vraag: 'Wat weten we eigenlijk over persoonlijke beïnvloeding van het binnenklimaat? En wat is er wetenschappelijk gezien bekend over de invloed van persoonlijke beïnvloeding op gezondheid, comfort en prestaties?'

In dit artikel worden een aantal 'landmark studies' gepresenteerd op het gebied van beïnvloeding van thermisch binnenklimaat en binnenluchtqualiteit. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen invloed op gezondheid, invloed op comfort en invloed op prestaties. Vervolgens zal dieper worden ingegaan op achterliggende mechanismen. En worden er concrete aanbevelingen gedaan voor toekomstige ontwerpnormen.

■ INVLOED OP GEZONDHEID

Toen het fenomeen 'Sick building syndrome' opkwam in de jaren 80 zijn er in diverse landen epidemiologische onderzoeken gedaan naar de oorzaken van binnenklimaatklachten. Hedge et al [6] verrichtten een groot veldonderzoek in 47 Engelse kantoorgebouwen. De uitkomsten van enquêtes, binnenklimaatmetingen en gebouw- en installatie-inspecties werden

geanalyseerd en waar mogelijk gecorrigeerd. Eén van de belangrijkste conclusies was dat gebouwgerelateerde gezondheidsklachten als droge ogen, droge keel, verstopte neus, jeukende ogen en lethargie, voornamelijk voorkomen in gebouwen met volledige airconditioning met geen of beperkte mogelijkheden voor persoonlijke controle over de temperatuur en de verse luchttoevoer.

Zweers et al [7] deden vergelijkbaar onderzoek. Zij voerden een groot epidemiologisch onderzoek uit in 69 Nederlandse kantoorgebouwen. De conclusie was in lijn met [6]: minder persoonlijke controleopties leidt tot een beduidend hoger risico op binnenklimaatklachten.

Een meer recent Amerikaans meta-analyse onderzoek door Mendell & Smith [8] leidde tot dezelfde conclusies. Ook zij konden statistisch aantonen dat gebouwgerelateerde gezondheidsklachten (en bewoner ontevredenheid) vaker voorkomt in gebouwen met complexe klimaatinstallaties met relatief beperkte mogelijkheden voor persoonlijke controle en gevels zonder te openen ramen.

Wat betreft de invloed op gezondheid kan dus

worden geconcludeerd dat er overtuigend wetenschappelijk bewijs is dat meer mogelijkheden voor persoonlijke beïnvloeding resulteert in minder gebouwgerelateerde gezondheidsklachten als bv. oog- en keelirritaties.

■ INVLOED OP COMFORT

Roulet et al. [9] voerden een veldonderzoek uit in tientallen kantoorgebouwen verspreid over Europa. Het onderzoeksteam, waar bv. ook TNO Bouw & Ondergrond deel van uit maakte, concludeerde dat kantoorwerkers met een hoge mate van controle over hun thermische, visuele en akoestische omgeving gemiddeld meer tevreden zijn over hun werkomgeving dan anderen.

Deze bevinding is in lijn met een andere studie die uitsluitend keek naar het effect van persoonlijke controle over de visuele omgeving: Vine et al. [10] toonden aan dat mensen hun verlichting als meer comfortabel beoordelen als ze handmatig controle over hun visuele omgeving hebben (bv. door middel van bureaulampen).

Een interessante studie in deze context is verder bv. het onderzoek van Huizinga et al [11]. Zij verrichtten veldonderzoek in meer dan 200 gebouwen in Noord-Amerika en Finland. De conclusie: gebouwgebruikers met toegang tot een thermostaat en / of een te openen raam zijn aantoonbaar meer tevreden over het klimaat op de eigen werkplek.

Dus ook als het gaat om de invloed van persoonlijke beïnvloeding op comfort en gebruikerstevredenheid kan worden gesteld dat er wetenschappelijk bewijs is dat persoonlijke beïnvloeding er toe doet.

■ INVLOED OP PRESTATIES

Kroner & Stark-Martin [12] vond een duidelijk effect van persoonlijke controle over het binnenklimaat op de prestaties. Deze onderzoekers voerden een veldonderzoek uit waarbij werkplekken werden voorzien van lokale klimatisering met eigen luchttoevoer. Hierdoor kregen de betrokken medewerkers van de ene



Hoge mate van persoonlijke beïnvloeding door een Persoonlijk Ventilatiesysteem (bron: Inatherm, de Exhausto)

op de andere dag een hoge mate van persoonlijke controle over het eigen microklimaat. De effecten werden in kaart gebracht en de conclusie was dat de verbetering van de beïnvloedingsmogelijkheden de productiviteit met meer dan 10 % verhoogde. Merk op dat deze studie tevens een positief effect op comfort en gezondheidsbeleving liet zijn.

De afgelopen jaren zijn er diverse onderzoeken gedaan naar de invloed van temperatuur zelf (zie bv. ISSO/REHVA [13]). Minder bekend is dat ook het wel/niet toegang hebben tot middelen voor individuele temperatuurnaregeling van invloed is. Wyon deed veel onderzoek naar zowel de invloed van temperatuur zelf als die van temperatuurbeïnvloedings-mogelijkheden. Eén van zijn belangrijkste conclusies was dat in moderne gebouwen, met hun toch al beperkte temperatuurbereik, de mate waarin de werknemers de temperatuur in hun eigen kamers kunnen beheersen een zeer bepalende factor is voor de productiviteit [14].

Wyon's conclusie wordt gesteund door onderzoek van anderen, bijvoorbeeld Clements-Croome. Deze onderzoeker toonde op basis van zowel laboratorium- als veldonderzoek aan dat de introductie van effectieve temperatuurcontrole de objectief gemeten prestatie met minimaal 2-3 % verhoogt [15].

Wat betreft de invloed op prestaties en productiviteit kan men concluderen dat vooral persoonlijke controle over de temperatuur een bewezen gunstig effect heeft.

■ VERKLARING

Het is dus wetenschappelijk bewezen dat goede controle over het binnenklimaat leidt tot minder gezondheidsklachten, meer comfort en verbeterde prestaties. De volgende vraag is dan welke verklaring hiervoor kan worden gegeven.

Ten eerste is het zo dat met handmatig naregelen wordt ingespeeld op onderling verschillen tussen gebruikers. Volgens Wyon (zie o.a. [14]) zijn de verschillen in gebruikerswensen veel groter dan algemeen wordt gedacht. Bij gelijk metabolisme en dezelfde kledingisolatie is het verschil tussen de neutrale temperatuur van de meest 'kouwelijke' (P5) en meest 'warmelijke' personen (P95) wel 5 tot 6 °C! Dit heeft te maken met verschillen in bv. Body Mass Index (vetpercentage), grootte, gewicht, fitheid, leeftijd, culturele achtergrond, stofwisseling en medicijngebruik. Daar komt nog bij dat de kledingisolatie en het activiteitsniveau in gebouwen in de praktijk ook vaak nog onderling behoorlijk verschilt. Al met al direct al twee duidelijke verklaringen voor het gegeven 'meer tevreden en meer gezonde gebruikers in gebouwen met betere beïnvloedingsmogelijkheden'.

■ PSYCHOLOGISCHE ASPECTEN

Een ander achterliggend mechanisme heeft te maken met beperkingen van de main stream comfortmodellen. In bv. de norm NEN-EN ISO 7730 [1] en in standaard literatuur zoals Fanger, 1970 [2] is sprake van een puur thermofysiologische benadering van het fenomeen (thermisch) comfort. Het uitgangspunt is dat alleen de volgende zes parameters de thermisch comfortsensatie ('Predicted Mean Vote') en de tevredenheid met de thermische omgeving ('Predicted Percentage of Dissatisfied') bepalen: luchttemperatuur, stralingstemperatuur, luchtvochtigheid, luchtsnelheid, metabolisme en kledingisolatie. Psychologische en gedragsmatige aspecten worden hierbij niet meegenomen.

Diverse onderzoekers hebben in de loop der jaren meer holistische modellen gepresenteerd die wel rekening houden met zaken als mens-omgevingsinteracties en verwachtingspatronen. Fiala & Lomas [3] stellen dat de mens een 'homeothermisch wezen' dat continu reageert op omgevingsomstandigheden. Denk hierbij allereerst aan onbewuste aanpassingen zoals 'automatische' veranderingen in de doorbloeding van de huid en bijvoorbeeld extra zweten in wat warmere omgevingen. Daarnaast speelt thermoregulerend gedrag een rol. Zoals het veranderen van het kledingpakket, het bewust of onbewust aanpassen van het activiteitsniveau, het wijzigen van de lichaamshouding, het drinken van koude of warme dranken en bijvoorbeeld de beïnvloeding van het eigen microklimaat. In het laatste geval gaat het bv. over het hoger of lager zetten van thermostaatknoppen, het gebruik van te openen ramen, het aan en uit zetten van plafond- of tafelfan ventilatoren en bedienen van de zonwering. Volgens [3] bieden dergelijke controle middelen de gebouwgebruiker een eigen, effectieve mogelijkheid om de thermische omgeving te beïnvloeden. Waarmee dan direct ook de mate van tevredenheid met die omgeving wordt verhoogd: indien men (tijdelijk) ontevreden is met de omgeving is men immers

medeverantwoordelijk (heeft men controle middelen niet goed gebruikt).

Ook Endravadan, Thellier and Monchoux [4] deden onderzoek naar comfortbeleving. Zij beschrijven dat gebouwgebruikers op drie manieren reageren op hun thermische omgeving:

1. door verandering van de warmte productie (aanpassen van het activiteitsniveau);
2. door verandering van het warmteverlies naar de omgeving (bv. door kleding aan of uit te doen);
3. door aanpassing van de thermische omgeving zelf (bv. door inschakelen van verwarming of koeling, of het veranderen van de lokale luchtsnelheid door openzetten van een raam of aanzetten van een ventilator).

Juist in gebouwen die zijn voorzien van veel beïnvloedingsmogelijkheden kan worden gesteld dat goed is geanticipeerd op hoe mensen willen en kunnen interacteren met hun omgeving (punt 3). Niet onlogisch dus dat men zich in het algemeen gezonder, comfortabeler en productiever voelt in gebouwen met meer mogelijkheden voor persoonlijke beïnvloeding.

Ook Nederlandse onderzoekers deden onderzoek naar de psychologische aspecten van persoonlijke beïnvloeding. Psycholoog Piet Vroon [16] stelt dat het hebben van persoonlijke controle over het eigen binnenmilieu een zeer effectieve manier is om stress te voorkomen, aangezien de mogelijkheid wordt geboden gebruik te maken van 'externe coping-strategieën' (men kan direct iets aan de eigen omgeving veranderen als deze niet bevalt). Leijten, Kurvers & Van den Eijnde [17] stellen in dit verband dat doeltreffende beïnvloedingsmogelijkheden de 'robuustheid' van gebouwen en installaties verbetert. Deze auteurs suggereren zelfs dat binnen bepaalde grenzen goede middelen voor persoonlijke controle (toegang tot thermostaatknoppen, te openen ramen e.d.) de gebruikers in staat stelt te compenseren voor een eventuele gebrekkige werking van klimaatinstallaties.

Klasse	PPD	PMV	Operatieve temperatuur	
			Zomer (koelseizoen)	Winter (stookseizoen)
A+	± 0 %	PMV = ± 0	Handmatig instelbaar tussen ca. 19 en 27 °C	
A	< 6 %	- 0,2 < PMV < + 0,2	23,5 - 25,5 °C	21,0 - 23,0 °C
B	< 10 %	- 0,5 < PMV < + 0,5	23,0 - 26,0 °C	20,0 - 24,0 °C
C	< 15 %	- 0,7 < PMV < + 0,7	22,0 - 27,0 °C	19,0 - 25,0 °C

(PPD = Predicted Percentage of Dissatisfied, PMV = Predicted Mean Vote)

-Tabel 2 - Voorstel nieuwe classificering thermisch comforteisen.

In dit verband is de volgende quote van Van Hoof, Mazej en Hensen [18] veelzeggend: 'If each and everyone of us could freely adjust the air temperature and air velocity, and his/her activity level or clothing there would be no discomfort in buildings to begin with...'

■ MICROKLIMATISERING EN ENERGIEGEBRUIK

Misschien is meer onderzoek nodig om precies te begrijpen waarom het hebben van toegang tot thermostaten, bedienbaar ramen etc. zo'n sterke invloed heeft op gezondheid, comfort en productiviteit. Ondertussen is wel al aange- toond dat persoonlijke beïnvloeding werkt, dus waarom bij het ontwerp van nieuwe gebouwen en nieuwe installaties niet standaard inzetten op goede mogelijkheden voor persoonlijke beïnvloeding van het thermisch binnenklimaat en de binnenluchtkwaliteit? Afhankelijk van de situatie kan dan worden gekozen voor hand- matig naregeling op kamerniveau of voor nare- geling op werkplekniveau. In het laatste geval gaat het om microklimaat regulering door bv. een Persoonlijk Ventilatiesysteem of bv. indivi- dueel regelbare stralingspanelen opgenomen in bureaublinden of werkplekafscheidings (zie bv. Filippini [19], van Oeffelen [20]).

Kiezen voor voornamelijk handmatig naregelen op werkplekniveau heeft ook een gunstig effect op het energiegebruik. Indien je microklimatisering combineert met een wat 'ruwer' basisklimaat in delen van verblijfsruim- ten waar geen zitplekken zijn dan zijn volgens een Californisch onderzoek van Zhang et al [21] besparingen van 30-40 % mogelijk op het klimaatinstallatiegerelateerde energiegebruik.

■ VOORSTEL NIEUWE CLASSIFI- CERING

Aan het begin van dit artikel is gesproken over het terugvallen op extra strenge (extra nauwe) klasse A binnenklimaatseisen zodra een opdrachtgever vraagt naar een zeer goed bin- nenklimaat. Hoe zou je nu het nieuwe inzicht dat persoonlijke beïnvloeding essentieel is in nieuwe temperatuurnormen kunnen verwerken? In tabel 2 is een voorstel voor clas- sificering gepresenteerd dat voortbouwt op de systematiek zoals gehanteerd in NEN-EN ISO 7730.

Er is een klasse A+ eis toegevoegd, die erop neer komt dat je als gebruiker zomer en winter de operationele temperatuur kunt beïnvloeden op ruimteniveau of op werkplekniveau. De temperatuurrange die men kan bestrijken zal iets van + en - 3 °C rond een basissetpoint moet zijn. Althans als je streeft naar 100 % gebruikerstevredenheid en je het zowel de meest 'kouwelijke' als de meest 'warmelijke' gebruikers naar de zin wilt maken. Dat basis-

setpoint kan overigens wat verschuiven van seizoen tot seizoen, dit om te anticiperen op verschillen in bv. kledingsisolatie. Voor kantoor- werk en vergelijkbaar zittende activiteiten kan worden uitgegaan van een winter basisset- point van 21-22 °C en een zomer basissetpoint van 24-25 °C.

Merk op dat het op termijn nuttig zou zijn om ook voor bv. de regelbaarheid van de lokale lichtsnelheid en bv. de regelbaarheid van de lokale verse luchttoevoer A+ eisen te formule- ren met regelbaarheidsranges.

■ CONCLUSIE

Er is overtuigend wetenschappelijk bewijs dat een hoge mate van persoonlijke controle over het binnenklimaat leidt tot meer comfort, minder gezondheidsproblemen en hogere prestaties. Dit leidt tot de conclusie dat ontwerpen op optimale gebruikerstevreden- heid betekent dat moet worden ingezet op persoonlijke beïnvloeding. Precies zoals dat gebeurt bij het ontwerpen van nieuwe auto's (met verwarmde stoelen die apart regelbaar zijn, koeling per zone te regelen, verse lucht- toevoer instelbaar etc.). Indien een klasse A+ klimaat wordt gevraagd door opdrachtgever en eindgebruikers geldt: kies voor een klimaat- installatie die (zomer en winter) per ruimte of werkplek handmatig kan worden nageregeld.

■ REFERENTIES

1. NEN-EN ISO 7730:2005. Ergonomics of the thermal environment – analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Nederlands Normalisatie Instituut / NEN, Delft.
2. Fanger, PO, 1970. Thermal comfort. Danish Technical Press, Denmark.
3. Fiala D and Lomas KJ, 2001. The dynamic effect of adaptive human responses in the sensation of thermal comfort. In: Proceedings Windsor Conference 2001 'Moving thermal comfort standards into the 21st century', pp. 147-157.
4. Endravadan M, Thellier F and Monchoux F, 2004. Modelling the behavioural adjustments and its impact on energy consumption in offices. Proceedings 9th international conference on air distribution in rooms 2004, pp. 82-87. University of Coimbra, Portugal.
5. NEN-EN 15251: 2007. Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics. Nederlands Normalisatie Instituut / NEN, Delft.
6. Hedge A, Burge PS, Robertson AS, Wilson S and Harris-Bass J, 1989. Work-related illness in Offices: A proposed model of the 'Sick building syndrome'. Environment International 15, pp. 143-158, 1989.
7. 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 '92, Vol. 2, pp.127-136.

8. Mendell MJ & Smith AH, 1990. Consistent pattern of elevated symptoms in airconditioned office buildings: a re-analysis of epidemiological studies. American journal of public health 80 (10), pp. 1193-1199.
9. Roulet, CA, Johner N, Foradini F et al, 2006. Perceived health and comfort in relation to energy use and building characteristics. Building Research & information, 34(5), pp. 467-474.
10. Vine E, Lee ES, Clear R, Dibarolomeo D and Selkowitz S, 1998. Office worker response to an automated venetian blind and electric lighting system. Energy and buildings, 28(2), pp. 205-218.
11. Huizinga C, Abbaszadeh S, Zagreus L and Arens W, 2006. Air quality and thermal comfort in office buildings: results of a large indoor environmental quality survey. Proceedings Healthy Buildings 2006, Vol. 3, pp. 393-397.
12. Kroner WM & Stark-Martin JA, 1992. Environmentally responsive workstations and office worker pro- ductivity. Proceedings of Indoor Environment and Productivity, June 23-26, Baltimore, MD, H. Levin (ed.), ASHRAE, Atlanta (Georgia), US.
13. ISSO/REHVA, 2007. ISSO/REHVA publicatie 901. Binnenmilieu en productiviteit in kantoren. ISSO, Rotterdam.
14. Wyon DP. 2000. Individual control at each workplace: the means and the potential benefits, in: Clements-Croome D (ed.). 2000. Creating the productive workplace. E & FN SPON, London, New York, 192-206.
15. Clements-Croome D. (ed.) 2000. Creating the pro- ductive workplace. E & FN SPON, London, New York.
16. Vroon PA, 1990. Psychologische aspecten van ziek- makende gebouwen. University of Utrecht, Utrecht.
17. Leyten JL, Kurvers SR and Van den Eijnde J, 2009. Robustness of office buildings and the environmental Gestalt. Proceedings of Healthy Buildings 2009, vol. 2, pp. 130-133.
18. Hoof J van, Mazej M and Hensen JLM, 2010. Thermal comfort: research and practice. Frontiers in Bioscience 15, pp. 765-788, January 2010.
19. Filippini GJA, 2009. De mens centraal bij het ontwer- pen van het binnenklimaat: ontwerp en ontwikkeling van een duurzaam lokaal klimatiseringssysteem. Afstudeerverslag TU Eindhoven, unit Building Physics & Systems / Royal Haskoning.
20. Oeffelen E van, Zundert K van, Jacobs P. 2010. Persoonlijke verwarming in kantoorgebouwen, TVVL magazine, 01/2010, pp.6-11.
21. Zhang H, Kim D, Arens E, Buchberger E, Bauman F & Huizinga C, 2008. Comfort, Perceived Air Quality and Work Performance in a Low-Power Task- Ambient Conditioning System. UC Berkeley, Centre for the Built Environment, Berkeley, CA, Verenigde Staten.