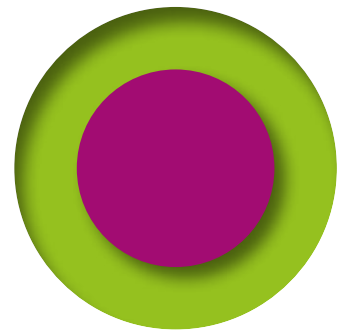




Luchtkwaliteit





Tot
10%
productiviteits-
verlies bij slechte
luchtkwaliteit

Vieze lucht is met het blote oog nauwelijks waar te nemen. Toch heeft de luchtkwaliteit een grote invloed op het welzijn en productiviteit van medewerkers en kan het zelfs leiden tot luchtwegaandoeningen en andere ziekten. De bron hiervan ligt met name in slechte ventilatie en de verdamping van vluchtige organische stoffen (VOC-emissies) uit bijvoorbeeld meubels en vloeren, schoonmaakmiddelen en bouwmaterialen.

Er is veel onderzoek gedaan naar luchtkwaliteit en de effecten daarvan op gezondheid, welzijn en productiviteit. Het onderzoek 'Linking Energy to Health and Productivity in the Built Environment' uit 2003 liet het verband zien tussen betere luchtkwaliteit en verhoogde ventilatie, gerichte aanvoer van frisse lucht bij werkplekken en verlaagde niveaus van verontreinigende stoffen en een verhoogde productiviteit tot 11%. Een meta-analyse uit 2006 van 24 studies toonde aan dat slechte luchtkwaliteit de productiviteit verlaagde tot wel 10%. Er bestaat geen optimum voor de hoeveelheid verse lucht, maar als de verse luchttoevoer onder de 30 a 40 m³/h per persoon komt, neemt de kans op geurklachten en gezondheidsklachten (sick building klachten) significant toe. Naast de aanwezigheid van VOC-emissies, fijnstof en andere vervuilende stoffen, speelt ook CO₂ en belangrijke rol in het welzijn op de werkplek. Uit diverse onderzoeken blijkt dat te hoge niveaus van CO₂ invloed heeft op vermoeidheid en de kwaliteit van beslissingen.

Meer frisse lucht

Het binnenbrengen van schone buitenlucht vernieuwt de zuurstof en verlaagt de hoeveelheid verontreinigende stoffen in de lucht. Het verversen van grote hoeveelheden lucht is echter een uitdagende taak voor ontwerpers: hoe breng je zoveel mogelijk verse, schone lucht binnen tegen een zo laag mogelijk energieverbruik? De keuze voor de techniek die gebruikt wordt om frisse lucht in het gebouw te brengen –natuurlijke ventilatie, klimaatbeheersing of een combinatie van deze twee- is complex en hangt sterk samen met het thermisch comfort.

Klimaatbeheersing en natuurlijke ventilatie kunnen de verversingssnelheid voor lucht ver boven de richtlijnen stuwen. Dit wordt ook beloond binnen vele duurzaamheidsbeoordelingsmodellen. Van groot belang is hier echter de balans tussen de verversingsnelheid en de energieconsumptie die dit vraagt.

Veel experts zijn van mening dat in de meeste gevallen de combinatie van zowel een klimaat-beheersingssysteem als natuurlijke ventilatie de beste oplossing is voor een optimale balans tussen energieverbruik en kwaliteit in klimaat en luchtkwaliteit. Een uitgebreide analyse van Carnegie Mellon toonde aan dat natuurlijke ventilatie of een multimodaal-systeem kunnen zorgen voor een verlaging van de zorgkosten met 0,8 tot 1,3%, een productiviteitsverhoging van 3 tot 18% met tegelijkertijd een energiebesparing op het klimaatsysteem van 47 tot 79% bij een ROI van ten minste 120%.

Tot slot speelt ook de plafondhoogte een belangrijke rol. Hoe hoger het plafond hoe meer ruimte er is voor de gelaagdheid van de lucht (verschillende temperatuurlagen). Hierdoor is er meer ruimte voor een effectieve natuurlijke luchtverplaatsing en zijn er meer mogelijkheden voor luchttoevoer. De gelaagdheid is ook van belang bij het nadenken over CO₂. Het is belangrijk te beseffen dat CO₂ zwaarder is dan lucht en dus zowel gemeten als afgevangen moet worden op zithoogte.

Terugdringen van verontreinigende stoffen

Naast het simpelweg verversen van verontreinigde lucht, is het verminderen van verontreinigende stoffen een belangrijke sleutel naar een gezonde lucht in de kantooromgeving. Een effectieve manier om dit te doen is door de bron aan te pakken, zoals printers en kopieermachines, en het uitsluiten van materialen met een hoge emissie van vluchtige organische stoffen (VOC).

VOC's of in het Nederlands, vluchtige organische stoffen (VOS), zijn verontreinigende stoffen die in de lucht komen door verdamping van chemicaliën uit materialen. Deze chemicaliën zijn vaak te vinden in vloerbedekking, verf, afhechtingen, lijm en dergelijke. Deze VOC's zijn soms goed te ruiken, zoals bij nieuw geleverde oppervlakken, maar zijn soms ook geurloos. Het kan jaren duren voordat alle chemicaliën zijn verdampd. Op de markt zijn tapijt, afwerkingen en lijmen verkrijgbaar die een zeer lage VOC-emissie kennen en op die manier direct bijdragen aan een gezondere luchtkwaliteit. De Environmental Product Declaration (EPD), waarin de milieu-impact en veelal de VOC-emissie van een materiaal of afwerking objectief is weergegeven, spelen een belangrijke rol in het kiezen van het juiste, gezonde alternatief.

Naast VOC-emissies zijn er andere bronnen van luchtverontreiniging waarmee in een ontwerpfase al rekening kan worden gehouden. Bijvoorbeeld door kopieermachines en laserprinters (bron van ozon) in afgeschermdes ruimtes te plaatsen met een eigen luchtverversing. Ook kunnen planten een bijdrage leveren aan het opnemen van verontreinigende stoffen in de lucht, maar in goed geventileerde gebouwen is met name de psychologische impact van planten op het welbevinden van de medewerkers.



Conclusie

Ondanks dat luchtkwaliteit vaak letterlijk een onzichtbaar onderwerp is, zijn de gevolgen groot. Een effectieve inrichting van de klimaatinstallatie en de keuze voor de juiste materialen en producten voor de afwerking van vloeren en muren, hebben een grote impact op het welbevinden, de productiviteit als ook de energiekosten. Goede luchtkwaliteit heeft zowel directe gezondheidseffecten als psychische effecten op de gebruikers van een ruimte. Uit de vele onderzoeken en studies naar dit onderwerp blijkt dat werknemers zich beter en minder vermoeid voelen, productiever zijn en betere besluiten nemen.

De grote impact leidt ook tot een direct effect op de financiële baten van investeren in maatregelen en oplossingen om de luchtkwaliteit te verbeteren. Er liggen wel overduidelijke uitdagingen voor ontwerpers van ruimten in de balans tussen luchtkwaliteit, en dan vooral de verversingssnelheid, en het energieverbruik. Dit vraagt om een integrale aanpak waarbij rekening gehouden wordt met plafondhoogte, de keuze voor materialen en afwerkingen met een lage VOC-emissie en een klimaatstelsel dat zowel gebruik maakt van natuurlijke ventilatie als klimaatbeheersing. Uiteindelijk zijn er vier basiseisen voor een gezonde binnenluchtkwaliteit, zoals opgenomen in de publicatie 'Binnenmilieu: richtlijnen voor gezonde en comfortabele gebouwen':

- Emissiearme materialen
- Adequate luchttoevoer
- Kwaliteit van de toevoerlucht
- Spuiventilatie is mogelijk

Luchtkwaliteit van een gebouw is te bepalen door in een gebouw de volgende aspecten te meten:

- Vervuilende stoffen
- CO₂ (op zithoogte)
- Ventilatieverhouding
- Luchtsnelheid

VOC's opnemen én voorkomen

Planten en stromend water kunnen een bijdrage leveren aan het opnemen van verontreinigende stoffen in de lucht en op het welbevinden van medewerkers. Het voorkomen van vluchtige organische stoffen is het startpunt. Tegenwoordig komen er steeds meer producten op de markt met ultra-lage emissies, een voorbeeld hiervan is de tapijttegel Microsfera. Deze tapijttegel heeft een emissie van $< 100\mu\text{g}/\text{m}^3$ na 3 dagen, terwijl de wettelijke eis in de meeste landen ligt op maximaal $1000\mu\text{g}/\text{m}^3$ na 28 dagen. De keuze voor de soort vloer heeft niet alleen impact op de emissie van VOC's, maar ook op de hoeveelheid fijn stof in de lucht. Onderzoek van de Duitse Allergie en Astma Bond (DAAB) uit 2006 toonde aan dat zachte vloeren fijn stof significant beter vasthouden dan harde vloeren waardoor deze minder circuleert en uit het ademhalingsgebied van gebruikers wordt gehouden.

Meer informatie: microsfera.interface.com/nl en www.artaqua.de



Drie vloersoorten en hun emissie

Wat betekent het binnenmilieu nu voor de vloerbedekking? Allereerst is het belangrijk dat het multifactoriële karakter van het binnenmilieu wordt erkend. Dat houdt in dat de vloerbedekking niet losstaat van de andere factoren. Indien vloerbedekking in ogenschouw wordt genomen, dan dient er vooral gelet te worden op de emissie van een vloerbedekking, de schoonmaak en eventueel de lichtreflectiewaarden en de akoestische kwaliteiten. Daarnaast speelt de vloerbedekking een belangrijke rol in het thermisch binnenklimaat. De geleiding van warmte is hierbij van belang. Voor harde vloeren geldt: linoleum wordt gemaakt van enkel natuurlijke grondstoffen en bevat geen ftalate weekmakers, die slecht zijn voor mens en milieu. Marmoleum biedt ook een natuurlijke bescherming tegen bacteriën. Voor tapijt geldt dat de vezels fijnstof kunnen vangen. De openheid, dikte van de garens en de structuur bepalen de mate waarin dat gebeurt. Flotex, een combi-vloer combineert het beste van de harde en zachte vloer.

Meer informatie: www.forbo.nl

De Nicolaas Maesschool: een Frisse School

Na jarenlange problemen met de luchtkwaliteit en het binnenklimaat van de Nicolaas Maesschool in Amsterdam bleek uit onderzoek dat de problemen niet alleen met nieuwe installaties opgelost konden worden, maar de oplossing ook in het ingrijpend veranderen van de gevel moest worden gezocht. Een hogere isolatiewaarde van de gevel en

bovenal veel meer spuiventilatiecapaciteit, onder andere in de vorm van meer te openen raampartijen, bleken noodzakelijk.

Tijdens de grootscheepse verbouwing waarin de gevel is vervangen en nieuwe installaties zijn geplaatst is ook met andere aspecten ten aanzien van het binnenmilieu rekening gehouden. Hierdoor voldoet de nieuwe Nicolaas Maesschool aan de eisen die zijn gesteld in het programma van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland Frisse Scholen. Een Frisse School is een schoolgebouw met een laag energiegebruik en een gezond binnenmilieu als het gaat om luchtkwaliteit, temperatuur en comfort, licht en geluid. Wat betreft de luchtkwaliteit ligt de CO₂-concentratie in de klaslokalen lager dan 1.200 pp, wordt er geen gebruik gemaakt van recirculatie en is de spuiventilatiecapaciteit minimaal 6dm³/s per m² vloeroppervlak. Met een nieuwe gevel, nieuwe installaties en een relevante indeling is er een beter leefmilieu gecreëerd. Frisse kleuren, enthousiaste kinderen en leerkrachten geven nieuwe energie en betere schoolprestaties.

Meer informatie: Rijksdienst voor Ondernemend Nederland

www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/frisse-scholen



Bronnen en links

Gesellschaft für Umwelt- und Innenraumanalytik (GUI) in opdracht van DAAB, 2006. <http://www.carpetinstitute.com.au/wp-content/uploads/2014/10/wall-to-wall-carpeting-is-better.pdf>

Loftness V. Hartkopf V. and Gurtekin B. (2003) "Linking Energy to Health and Productivity in the Built Environment: Evaluating the Cost-Benefits of High Performance Building and Community Design for Sustainability, Health and Productivity," USGBC Green Build Conference, 2003. Available: <http://cbpd.arc.cmu.edu/ebids> Last accessed 5 August 2014

Wargorcki P. (ed.) Seppänen O. (ed.) Andersson J. Boerstra A. Clements-Croome D. Fitzner K. Hanssen SO. (2006) REHVA Guidebook: Indoor Climate and Productivity In Offices

Park JS. and Yoon CH. (2011) The effects of outdoor air supply rate on work performance during 8-h work period. *Indoor Air* 21:4, pp 284–2905.

Milton DK. Glencross PM. and Walters MD. (2000) Risk of Sick Leave Associated with Outdoor Air Supply Rate, Humidification, and Occupant Complaints. *Indoor Air* 10, pp 212-221. Available: <http://www.e-co.uk.com/Recirc-Milton2000.pdf> Last accessed 5 August 2014

Bakó-Biró Zs. Clements-Croome DJ. Kochhar N. Awbi HB and Williams MJ. (2012) Ventilation rates in schools and pupils' performance. *Building and Environment* 48, pp 215-223

Satish U. Mendell MJ. Shekhar K. Hotchi T. Sullivan D. Streufert S. Fisk WJ. (2012) Is CO₂ an Indoor Pollutant? Direct Effects of Low to Moderate CO₂ Concentrations on Human Decision Making Performance. *Environ Health Perspect* 120:12, pp1671-7

Carnegie Mellon (2004) Guidelines for High Performance Buildings – Ventilation and Productivity. Available: <http://cbpd.arc.cmu.edu/ebids/images/group/cases/mixed.pdf> Last accessed 5 August 2014

Wolverton BC. Douglas W. Bounds K. (1989) A study of interior landscape plants for indoor air pollution abatement. Available: https://archive.org/stream/nasa_techdoc_19930072988/19930072988#page/n0/mode/2up Last accessed 13 August 2014

Wolverton BC. (1997) *How to Grow Fresh Air: 50 House Plants that Purify Your Home or Office*. New York, Penguin Books cited in *Environmental Health Perspectives* 2011, 119:10

www.humanspaces.com

<http://www.gezondheidsnet.nl/stress-en-burn-out/ziek-door-het-sick-building-syndroom>

<http://www.bouwformatie.nl/bouwnieuws/een-kantoorgebouw-transformeren-tot-gezond-woon-zorggebouw>

<http://www.luchtonderzoek.nl>

<http://www.co2indicator.nl/kantoren.html>

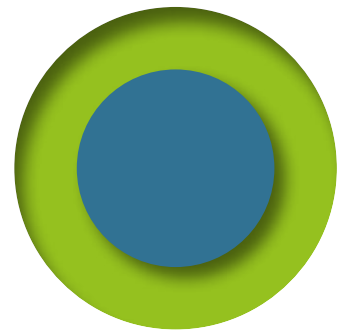
<http://dgm.nl/150608-demonstratie-comfort-monitor.php>

<http://www.avciarchitects.com/cdn/media/company/brochure/AVCIARCHITECTS-2014.pdf>





Thermisch comfort



Thermisch comfort is een belangrijk onderdeel van het binnenklimaat. Veel studies hebben aangetoond dat de perceptie van thermisch comfort een zeer belangrijke impact op de werkplektevredenheid én productiviteit heeft. De voornaamste conclusie is dat met het voorkomen van oncomfortabel hoge en oncomfortabel lage temperaturen een flinke productiviteitsimpuls te realiseren is.

Thermisch comfort (behaaglijkheid) wordt uitgedrukt in de mate waarin men tevreden is over het thermisch binnenklimaat. Het thermisch binnenklimaat bestaat uit vier basisparameters: de luchttemperatuur, de gemiddelde stralingstemperatuur, luchtvochtigheid en lichtsnelheid en twee persoonlijke parameters: kleding en activiteitsniveau. Als alle genoemde parameters 'in orde' zijn, is er een grote kans dat men zich thermisch comfortabel zal voelen. Maar het is niet zeker. Er zijn nog veel meer factoren die onze thermische behaaglijkheid bewust of onbewust beïnvloeden zoals persoonlijke voorkeur, verwachtingen, ervaringen uit het verleden en andere psychologische aspecten.

Hoewel meting van de effecten op productiviteit van thermische parameters problematisch is, blijkt uit de meeste studies dat matig hoge temperaturen minder worden verdragen dan lagere temperaturen. Een analyse uit 2006 geeft de relatie aan tussen te hoge of te lage temperatuur en productiviteit. Vanaf 25° C graden gaat de productiviteit met 2% omlaag voor elke graad die omhoog gaat. Onder de 20° C graden treedt een vergelijkbaar effect in de prestaties op. Tussen de 20 en 25° C graden is de productiviteit optimaal.

Thermisch comfort is essentieel voor tevredenheid en productiviteit in kantoorgebouwen. Gebruikers mogelijkheden van beïnvloeding van hun eigen thermisch comfort spelen daarbij een zeer belangrijke rol.

Adaptief comfort model

Adaptief comfort model is vooral bedoeld voor de zomersituatie. Het is bewezen dat mensen in gebouwen met te openen ramen, zonder actieve koelsystemen en met mogelijke aanpassing van hun kleding hogere temperaturen accepteren. Dit resulteert in een lager energiegebruik en langere perioden waarin natuurlijke ventilatie kan worden gebruikt en met passieve koeling kan worden gekoeld.

Beïnvloeding van temperatuur

Mogelijkheden van temperatuurbeïnvloeding zijn afhankelijk van het klimaatsysteem. De meeste kantoorgebouwen eisen maar de regeling van de luchttemperatuur. Thermisch comfort kan worden verbeterd en het energieverbruik verminderd, door aandacht in het ontwerp aan de actieve controle van stralingstemperaturen te geven. Net als de traditionele verwarmingsradiatoren, gekoelde plafonds zijn een oplossing die warmte-uitwisseling biedt door middel van zowel straling en convectie, wat mensen als prettig ervaren. Studie over persoonlijke beïnvloeding geeft aan dat personen die een heel hoge mate van controle ervaren over hun binnenklimaat (combinatie van thermisch binnenklimaat en luchtkwaliteit) gemiddeld genomen inschatten 6% productiever te zijn dan personen die ervaren totaal geen controle te hebben over hun binnenklimaat.

Persoonlijke beïnvloeding

Meerdere onderzoeken hebben aangetoond dat kantoormedewerkers met een hoge mate van controle over hun thermische, visuele en akoestische omgeving gemiddeld meer tevreden zijn over hun werkomgeving dan andere. Individuele controle over temperatuur (in een range van 4° C) leidde tot een stijging van ongeveer 3% in logische denken prestaties en 7% in type-snelheid.



Tussen

20°C

en

25°C

is de productiviteit optimaal



Conclusie

De invloed van thermisch comfort op fysiek van mensen is heel belangrijk. Is het 15°C graden in een kantoor, dan vermindert de doorbloeding van je vingers, word je minder vingervlug en kun je dus minder snel typen. Als het relatief warm wordt (28-30°C graden of meer) ontstaat er een beginnend probleem met de interne 'koeling' van je hersenen en ga je trager denken. Ook de perceptie van thermisch comfort heeft een belangrijke impact op de werkplek tevredenheid én productiviteit. Hoe mensen hun thermisch binnenklimaat ervaren is afhankelijk niet alleen maar van het lucht- en stralingstemperatuur, maar ook van hun verwachtingen, mogelijkheden van hun aanpassing en nog van andere psychologische factoren. Perceptie van thermisch comfort heeft direct invloed op productiviteit wat een groot financieel effect op een bedrijf heeft. De aandacht voor tevredenheid met het binnenklimaat moet daarom bij alle bedrijven een zeer belangrijk thema worden.

Investeren of niet?

Een dienstverlenend bedrijf dat het hoofdkantoor wil gaan renoveren vraagt om uit te rekenen of het zinvol is te investeren in een verbetering van de regelbaarheid van het binnenklimaat. De omzet per persoon van deze organisatie bedraagt gemiddeld € 80.000 per jaar. Op werkplek niveau is per persoon 8 m² vloeroppervlak beschikbaar. Dit betekent dat de omzet 10.000 per m² per jaar bedraagt. Tot nu toe werd de temperatuur in alle werkruimten centraal geregeld. Het idee is om na de verbouwing in elke werkruimte te voorzien in een wandthermostaat waarmee de temperatuur met + of -3 °C ten opzichte van een basissetpoint is te regelen. De installatie-adviseur wordt gevraagd om uit te rekenen wat de terugverdientijd is van de temperatuurknoppen. Op basis van het onderzoek wordt door de adviseur gesteld dat de productiviteit met minimaal 3% omhoog gaat na introductie van de wandthermostaten. Per jaar gaat deze investering (op werkkamerniveau) dus € 300 meer omzet per m² genereren. De extra investeringskosten worden door de installatieadviseur geraamd op € 50 per m². Conclusie: de terugverdientijd van de temperatuurknoppen bedraagt slechts twee maanden. De opdrachtgever is overtuigd en geeft akkoord op het aanschaffen en installeren van de wandthermostaten.

Bron: Boerstra AC & Leijten JL, 2003. Binnenmilieu en productiviteit: eindelijk harde cijfers. Wvplus magazine (voorheen: Verwarming & Ventilatie), juni 2003, 393-397



Maatregelen op een rijtje

- Maatregelen ter voorkoming van oververhitting 's zomers: denk aan het installeren van (buiten)zonwering, het aanbrengen van (niet te donker) zonwerend glas, het waar mogelijk beperken van de interne warmtelast (aantal computers/personen per m²) of het installeren van een koelsysteem;
- Maatregelen ter voorkoming van koudeklachten 's winters: denk aan het (extra) isoleren van daken, begane grond vloeren en gevels, het aanbrengen van dubbel (HR+) glas en het installeren van voldoende verwarmingsvermogen;
- Maatregelen ter bevordering van de individuele regelbaarheid: denk aan het aanbrengen van te openen ramen en/of instelbare gevelroosters, het (in elke ruimte) installeren van thermostatische regelknoppen of het instellen ('s zomers) van een relatief vrij kledingprotocol.





Visie: Thermisch comfort is geen ding dat je kunt kopen

Thermisch comfort is geen 'ding' dat mensen/bedrijven kunnen kopen. Het is heel subjectief en het draait allemaal om de mens. Wij moeten in gebouwen condities creëren om het gevoel van thermisch comfort te ondersteunen. Niet comfort zelf. Comfort moet iedereen zelf voelen. Wat echt belangrijk is voor de meeste executives is 'How does my building impact my people?' Om hierachter te komen, is het mogelijk om een beleveringsonderzoek te laten doen. Dat is een enquête die de subjectieve ervaring van mensen in het binnenklimaat kan 'meten'. Op basis van onderzoek kunnen gericht aanpassingen aan klimaatinstallaties gedaan worden. Ook kunnen 'gebruikersaanwijzingen' en 'productspecificaties' gecommuniceerd worden. Dit kan tot een aanzienlijke verbetering van het gevoel van thermisch comfort leiden. Dit heeft verder een zeer positieve invloed op de verhoging van de productiviteit. Echter de fysiologische effecten van thermisch comfort op mensen zijn toch het belangrijkste. Het gaat hier niet om besparingen maar om toegevoegde waarde!



Bronnen

E.g. Leaman A. and Bordass B. (2007) Are users more tolerant of 'green' buildings? *Building Research and Information* 35:6, pp 662–673. Available: <http://www.usablebuildings.co.uk/Pages/Unprotected/AreUsersTolerant.pdf> Last accessed 13 August 2014

Heijs W. (1994) The dependant variable in thermal comfort research: some psychological considerations. In N. Oseland & M. Humphreys (ed.), *Thermal comfort: Past, Present and Future: Proceedings of the conference of june 1993*, (pp. 40-51). Garston: Watford Building Research Establishment.

Frontczak M. Schiavon S. Goins J. Arens E. Zhang H. Pawel Wargocki P. (2012) Quantitative relationships between occupant satisfaction and satisfaction aspects of indoor environmental quality and building design. *Indoor Air* 22, pp 119–131

Lan L. Wargocki P. Wyon DP. Lian Z. (2011) Effects of thermal discomfort in an office on perceived air quality, SBS symptoms, physiological responses, and human performance. *Indoor Air* 21:5, pp 376-90

Wargocki P. (ed.) Seppänen O. (ed.) Andersson J. Boerstra A. Clements-Croome D. Fitzner K. Hanssen SO. (2006) *REHVA Guidebook: Indoor Climate and Productivity In Offices*

Brager G. Zhang H. Arens E. (2015) Evolving opportunities for providing thermal comfort. *Building Research & Information* 43 (3), pp 274-287

de Dear R. Brager G. (1998) Developing an adaptive model of thermal comfort and preferences. *ASHRAE Transactions* 104 (1A), pp 145-167

Boerstra AC, Loomans MGLC, Hensen JLM (2014) Personal control over indoor climate and productivity. Conference paper: *Proceedings of Indoor Air 2014, Hongkong, China*, pp 1-8

Leaman A & Bordass B, 2001. Assessing building performance in use 4: the Probe occupant surveys and their implications. *Building Research and Information* 2001; 29(2), 129-143

Clements-Croome DJ. (2006) *Creating the Productive Workplace*, Taylor and Francis, Abingdon

Wyon DP. (1996) Indoor environmental effects on productivity. *Proceedings of IAQ'96 "Paths to Better Building Environments"*, pp 5-15, ASHRAE, Atlanta