EINDHOVEN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Persoonlijke (decentrale) beheersing van het binnenmilieu op de werkplek: mogelijkheden nu en later

Citation for published version (APA):
Bluyssen, P. M., Bakker, L. G., Cox, C. W. J., de Groot, E. H., de Gids, W. F., Moons, A. M. M., Loomans, M., & Opstelten, I. J. (2002). Persoonlijke (decentrale) beheersing van het binnenmilieu op de werkplek: mogelijkheden nu en later. *TVVL Magazine*, *2002*(12), 18-24.

Document status and date:
Gepubliceerd: 01/12/2002

Document Version:
Het geaccepteerde manuscript inclusief aanpassingen uit het peer-review proces

Please check the document version of this publication:

• A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
• The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
• The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

Link to publication

General rights
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

• Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
• You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
• You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the “Taverne” license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy
If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

Download date: 22. Jun. 2025

Persoonlijke (decentrale) beheersing van het binnenmilieu op de werkplek: mogelijkheden nu en later

Dr. Ir. Philomena M. Bluyssen, Ing. Leo G. Bakker, Ir. Chrit W.J. Cox, Dr. Ir. Ellie H. de Groot, Ing. Wil F. de Gids, André M.M. Moons, Dr. Ir. Marcel G.L.C. Loomans, Dr. Ivo J. Opstelten
TNO Bouw
Afdeling Gezonde Gebouwen en Installaties

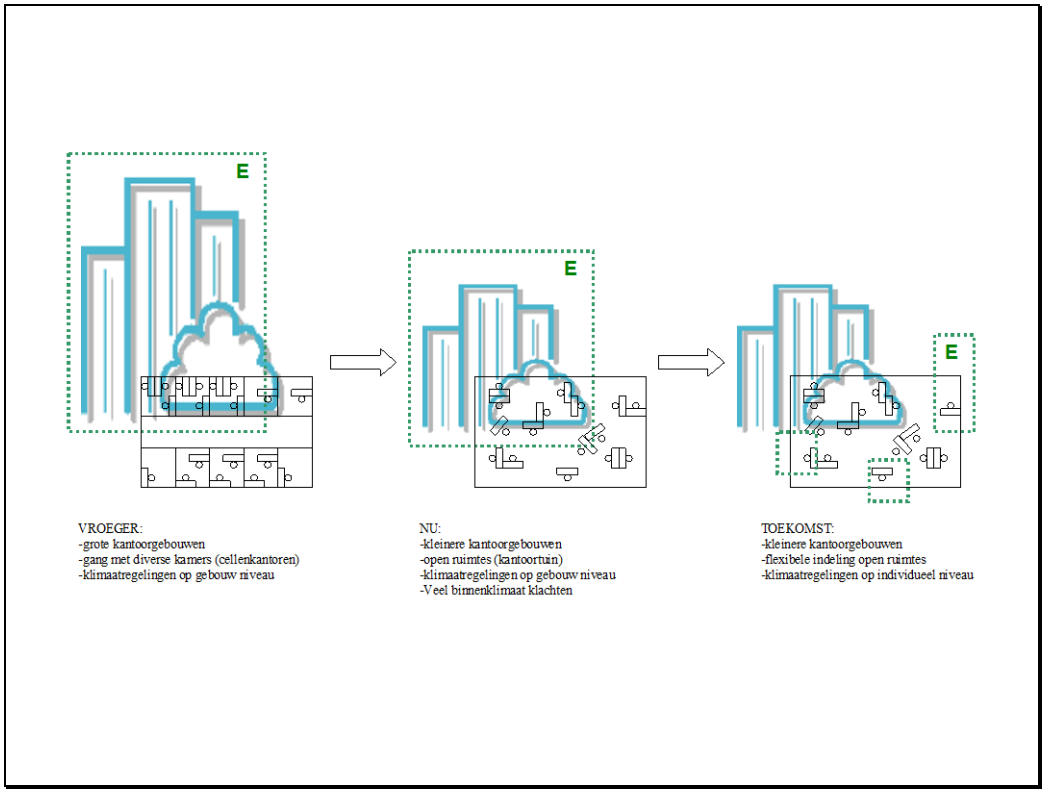
Samenvatting
Ingegeven door het voortschrijdend inzicht dat een statisch en uniform comfort denken achterhaald is, wordt persoonlijke beheersing van het binnenmilieu op de werkplek meer en meer als de oplossing gezien voor het terugdringen van binnenmilieuklachten en het verhogen van de productiviteit van mensen op de werkplek. Mensen verschillen in hun comforteisen, onderling en afhankelijk van in de tijd variërende omstandigheden. Een statisch uitgangspunt levert een gemiddeld resultaat dat echter nooit in staat zal zijn een optimale situatie aan te bieden voor iedereen in een kantoorruimte. Alleen een individuele aanpak is daartoe in staat.
Individuele decentrale regelbare beheerssystemen spelen een belangrijke rol hierin. Met individuele regelbare beheersingsystemen wordt niets minder bedoeld dan dat iedere persoon in een gebouw beschikt over mogelijkheden om de thermische, verlichtings- en luchtkwaliteitcondities rond zijn of haar werkplek te regelen naar een optimale situatie. Er wordt ingegaan op de mogelijkheden van decentrale persoonlijke beheersing van het binnenmilieu op de werkplek nu en later en de vraagstukken die daaraan verbonden zijn worden belicht.

Inleiding
De arbeidsomstandigheden in kantoren zijn aan het veranderen. Niet alleen de manier van werken, maar ook de inrichting van werkplekken is aan verandering onderhevig. Er zijn een aantal ontwikkelingen gaande waaraan deze veranderingen gekoppeld kunnen worden. De belangrijkste ontwikkelingen zijn:

- Flexibiteit in werken (thuiswerken, telewerken, deeltijdarbeid).
- Ontwikkeling van informatie en communicatie technologie (meer communicatiemogelijkheden, centrale opslag van gegevens).
- Flexibelere organisatiestructuren (van hiërarchisch naar horizontale structuren).
- Bewustwording van het feit dat de kostenpost ‘huisvesting’ minder is dan de kostenpost ‘Personeel’.
- Focus die voorheen op een statisch uniform comfort lag verandert door individuele aanpak.

In Figuur 1 is gevisualiseerd dat de kantoren aan het veranderen zijn van grote, statische gebouwen (met een vaste afdelingsindeling) naar kleinere, flexibelere gebouwen (met open kantoortuinen en volledige vrij indeelbare en te gebruiken werkplekken). De energievoorzieningen, klimaatregulerende systemen en communicatiesystemen zijn tot op heden op gebouwniveau ontworpen en geregeld maar faciliteren de individuele gebruikers op individueel werkplekniveau. Met de toenemende flexibilisering en individualisering van de werkplekken ontstaat een steeds grotere discrepantie tussen de oorspronkelijke uitgangssituatie (statisch) en de te verwachten situatie m.b.t. de binnenmilieuregeling (dynamisch). Zo gaat veel energie verloren en is het comfort op individueel niveau in het gedrang.

Optimalisatie van het microklimaat rondom de toekomstige persoonlijke werkplek door het toepassen van innovatieve, slimme comfortverhogende regelsystemen die op individueel niveau, plaatsonafhankelijk maar in afstemming met de centrale voorzieningen gestuurd kunnen worden, wordt dan ook belangrijk.



Figuur 1 Kantoren vroeger, nu en in de toekomst.

Klachten ten aanzien van het binnenmilieu zijn gerelateerd aan het ziekteverzuim van kantoor werknemers. Samen met de verliezen in productiviteit betekent dit een enorm financieel verlies. Het extrapoleren van cijfers uit de Verenigde Staten resulteert in 1,3 tot 10,3 miljard Euro per jaar aan potentiële besparingen en productiviteitswinst voor Nederland door directe verbeteringen in prestaties van werknemers (1).

Ingegeven door het voortschrijdend inzicht dat een statisch en uniform comfort denken achterhaald is, wordt persoonlijke beheersing van het binnenmilieu op de werkplek meer en meer als de oplossing gezien voor het terugdringen van binnenmilieuklachten en het verhogen van de productiviteit van mensen op de werkplek. Mensen verschillen in hun comforteisen, onderling en afhankelijk van in de tijd variërende omstandigheden. Een statisch uitgangspunt levert een gemiddeld resultaat dat echter nooit in staat zal zijn een optimale situatie aan te bieden voor iedereen in een kantoorruimte. Alleen een individuele aanpak is daartoe in staat.

Individuele decentrale regelbare beheerssystemen spelen een belangrijke rol hierin. Met individuele regelbare beheersingsystemen wordt niets minder bedoeld dan dat iedere persoon in een gebouw beschikt over mogelijkheden om de thermische, verlichtings- en luchtkwaliteitcondities rond zijn of haar werkplek te regelen naar een optimale situatie.

Voordelen van individueel regelbare beheerssystemen voor het lokale binnenmilieu worden gevonden in:

- Thermisch comfort: individuele verschillen kunnen afzonderlijk worden gecorrigeerd. Onderzoek van Wyon (2), geeft aan dat een individuele controlemogelijkheid van de temperatuur met ±3°C 99% van de gebruikers van een ruimte de mogelijkheid biedt voor hem of haar acceptabel temperatuurniveau in te stellen.
- Luchtkwaliteit: Door toevoer van verse lucht en afvoer van vervuilde lucht nabij de persoon kan een veel hogere ventilatie efficiency worden bereikt in vergelijking tot de conventionele systemen. Hierdoor kan met minder lucht een beter resultaat bereikt worden.

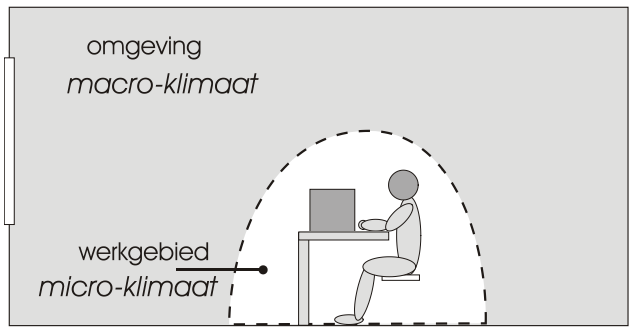
- Verlichting: Lokaal regelbare kunst- en daglichtsystemen bieden de gebruiker mogelijkheden de voor hem of haar acceptabele verlichtingsniveau en helderheidsverhoudingen in te stellen. De positieve werking van licht op de productiviteit is nog niet eenduidig bewezen bij kantoormedewerkers die overdag werken, maar wel bij nachtploegenwerkers en mensen met slaapstoornissen of seizoensgebonden depressies (3).

In dit artikel wordt ingegaan op de mogelijkheden van decentrale persoonlijke beheersing van het binnenmilieu op de werkplek nu en later en worden de vraagstukken die daaraan verbonden zijn belicht.

Thermisch comfort en ventilatie

Wanneer meer dan een persoon zich in een ruimte bevindt, kunnen ventilatieprincipes voor de gehele ruimte, zoals meng- en verdringingsventilatie, er niet voor zorgen dat de thermische condities in een klein volume rondom een gebruiker van die ruimte (het microklimaat) altijd voldoen aan diens eisen. Daarnaast, houden centraal geregelde airconditioning systemen geen rekening met de significante verschillen in eisen ten aanzien van het thermisch comfort zoals die bestaan tussen verschillende personen. Alleen al bijvoorbeeld door de mogelijke verschillen in kledingsisolatie tussen mannen en vrouwen op een zomerse dag ontstaat al een verschil in minimaal gewenste temperatuur van 1 tot 1,5 °C. Mede daarom, worden er steeds meer alternatieven gezocht. Deze alternatieven focussen enerzijds op een meer natuurlijke wijze, waarbij individuele controle op het klimaat wel wordt meegenomen, of anderzijds, wanneer mechanische ventilatie noodzakelijk is, op systemen die slechts de bedoeling hebben om de thermische condities in de directe omgeving van de gebruiker te beïnvloeden, zogenoemde werkplekklimatiseringsystemen.

De ontwikkeling van lokale en individueel geregelde klimaatbeheerssystemen kennen hun oorsprong reeds in de 70-er jaren (4). Hoge investeringskosten en minder praktische bruikbaarheid hebben destijds de invoering ervan, op grote schaal, beperkt. Zij vormen wel nog steeds de basis van de meeste huidige ontwerpen van individueel regelbare klimaatbeheerssystemen (5), waarbij de lucht via relatief kleine toevoeropeningen, met een relatief hoge snelheid en turbulentie intensiteit wordt geïntroduceerd. Het bureau-gebonden verdringingsventilatie concept (BGV) is een ander systeem, waarbij toevoerlucht onder het bureau wordt toegevoerd over een relatief groot oppervlak en met een relatief lage snelheid (0,1-0,3 m/s). Loomans bestudeerde de toepasbaarheid van het BGV-concept (6), waarbij onder andere werd gekeken naar het micro-macro klimaat en het thermisch comfort (Figuur 2). Geconcludeerd werd dat het BGV-concept voor standaard kantoorfiguraties (cellenkantoor) niet kan worden toegepast als controleerbaar werkplekklimatiseringsysteem, tenzij er speciaal aandacht wordt geschonken aan de ruimteconfiguratie. Voor bepaalde toepassingen, bijvoorbeeld in een receptiebalie of in concentratiewerkplekken (zogenoemde cocons) in moderne kantoorinrichting kan het BGV-concept wel een goed alternatief zijn.



Figuur 2 Het bureau-gebonden verdringingsventilatie-systeem (6).

In Cabinair, een EU project betreffende de luchtkwaliteit en het comfort in vliegtuigen, is de afdeling Gezonde Gebouwen en Installaties (GGI) van TNO Bouw bezig met onderzoek ter verbetering van de ventilatie en het thermisch comfort in vliegtuigen (7). Cabinair is een project waarin enkele grote vliegmaatschappijen zoals British Airways, SAS en KLM tezamen met fabikanten van vliegtuigen en vliegtuigonderdelen zoals Airbus, Boeing, Rolls Royce, Honeywell en een aantal research instituten waaronder TNO Bouw onderzoek uitvoeren naar het comfort en de luchtkwaliteit in vliegtuigen. TNO Bouw heeft de leiding over het gedeelte dat de luchtdistributie inclusief de regeling betreft. De opdracht is een trendbreukachtig ontwerp van het luchtbehandelingsysteem voor vliegtuigen te ontwerpen. Behalve enkele belangrijke wijzigingen van de vliegtuigconstructie waardoor bijvoorbeeld bevochtiging mogelijk zou worden, wordt er gewerkt aan lokale ventilatievoorzieningen aan vliegtuigstoelen waarmee zowel de luchtkwaliteit als het thermisch comfort kan worden verbeterd. Een mock up van een vliegtuigromp waarin alle ideeën kunnen worden uitgetest wordt op dit moment gemaakt. Het onderzoek zal nog circa een jaar doorlopen.

Voor de gebruiker van een individueel regelbaar klimatiseringsysteem is de efficiency ervan het belangrijkste uitgangspunt. Belangrijke onderzoeksvragen die in samenhang daarmee gesteld kunnen worden zijn bijvoorbeeld:

- Kan de gebruiker het klimaat lokaal effectief controleren (werking/responsie/controle)?
- Kunnen de optimale condities worden ingesteld door de gebruiker (range)?
- Wat is nodig opdat een voor de gebruiker intuïtief begrijpbare besturing van het klimatiseringsysteem voor handen is?

De beschikbare onderzoeksresultaten maken duidelijk dat slechts een beperkt aantal posities rondom een bureau optimaal zijn voor het plaatsen van ventilatievoorzieningen (8). Ten aanzien van de werking van het systeem en de dynamische respons is in het algemeen nog weinig bekend.
Naast bovengenoemde vraagstukken, die direct aan één systeem gerelateerd kunnen worden, zijn andere onderzoeksvragen te stellen die het effect van de toepassing van meerdere systemen in één ruimte voor ogen hebben, bijvoorbeeld:

- Hoe wordt de onderlinge beïnvloeding van werkplekken voorkomen (microklimaat)?
- Hoe moet worden omgegaan met mensen die rondlopen (macroklimaat en relatie micro-/macroklimaat, regelaspecten)?

In de Verenigde Staten, Denemarken en Japan wordt wel onderzoek uitgevoerd in laboratoria met meerdere systemen en ook in praktijktoetsen is dit het geval (5, 8). In het algemeen blijven de onderzoeksuitgangspunten beperkt tot de afzonderlijke systemen en niet de combinatie. Integratie van ontwerpen in een ruimte, bijvoorbeeld het gebruik van een vloerplenum, staat eveneens nog in de kinderschoenen.

Luchtkwaliteit

De luchtkwaliteit (stofconcentratie, vluchtige organische stoffen (VOS), vocht) op de werkplek is een resultante van de bronnen welke zorgen voor ‘vervuiling’ van de luchtkwaliteit en de ingezette beheersmaatregelen op gebouw-, ruimte- en/of werkplekniveau. Voorbeelden van alledaagse vervuilingsbronnen zijn de bouw- en inrichtingsmaterialen, de mens zelf en de stoffen die vrijkomen t.g.v. de arbeidsprocessen op de werkplek. In zijn algemeenheid is de grootste effectiviteit van maatregelen, ter beheersing van de luchtkwaliteit, te verwachten welke gericht zijn op aanpak van/bij de (vervuilings)bron. Het productbeleid van de overheid is er op gericht om te waarborgen dat zelfs bij 1/6 van de vereiste ventilatievoud bouw- en inrichtingsmaterialen geen schadelijke bron van luchtvervuiling kunnen zijn. Hieruit vloeit direct voort dat met uitzondering van de bouw- en inrichtingsmaterialen als bron, beheersmaatregelen op de werkplek noodzakelijk zijn om op efficiënte en effectieve wijze een goede luchtkwaliteit te realiseren.

Op het gebied van luchtkwaliteit wordt vanuit de regelgeving gesteld dat de werknemer recht heeft om gevrijwaard te blijven van ziekte en onnodige hinder (denk bijvoorbeeld aan meeroken) als gevolg van een onvoldoende luchtkwaliteit. Specifieke eisen m.b.t. luchtkwaliteit worden alleen gesteld voor stoffen waarvan het risico m.b.t. de gezondheid bekend is (NO_x, stoffen met toxische eigenschappen); hiervoor zijn MAC-waarden (Maximaal Aanvaardbare Concentratie) opgesteld. Eisen m.b.t. de luchtkwaliteit t.g.v. deze stoffen spelen met name een rol bij (industriële) werkplekken waar blootstelling plaatsvindt aan gevaarlijke stoffen welke via de luchtwegen kunnen binnenkomen. Hier is aandacht voor beheersing van de luchtkwaliteit op werkplekniveau van essentieel belang. Dat dit geldt m.b.t. het aspect gezondheid is evident, maar dat aandacht hiervoor ook een belangrijke verbetering van productiviteit kan opleveren is minder bekend.

Gelet op het bovenstaande is het zinvol een onderscheid te maken tussen mogelijkheden voor beheersing van de luchtkwaliteit van de kantoorwerkplek en van de industriële werkplek. Op de kantoorwerkplek wordt de beheersing van luchtkwaliteit gekenmerkt door toevoer van schone lucht. Decentrale toevoer kan geschieden via ventilatieroosters in vloeren, plafonds of wanden welke schone lucht direct van buiten krijgen (zoals natuurlijke ventilatieroosters) dan wel via een intern distributiesysteem. In het laatste geval wordt alleen gesproken over decentrale werkplekklimatisering indien toevoerdebiet en luchtvochtigheid (en eventueel zelfs luchtfiltering) decentraal (na)geregeld kunnen worden.

Op dit moment zijn alleen voorbeelden van decentrale (na)regeling van het toevoerdebiet bekend. Voorbeelden van decentrale luchtkwaliteitbeheerssystemen welke direct de schone lucht van buiten krijgen zijn het (al dan niet zelfregelend) ventilatie rooster (Figuur 3) en uiteraard te openen ramen. Ook voor deze categorie geldt dat op dit moment alleen het toevoerdebiet (in meer of mindere mate) geregeld kan worden. Ontwikkeling van met name vraagsturing in deze systemen is een belangrijke stap die inspeelt op de eigen dynamiek in gebruik van ruimtes (vergaderruimte, vaste werkplek, concentratiewerkplek) en de daarmee samenhangende dynamische behoefte voor specifiek gewenste luchtkwaliteit.

Figuur 3 Zelfregelend ventilatierooster.

Op de industriële werkplek wordt de beheersing van luchtkwaliteit niet gekenmerkt door toevoer van schone lucht naar de werkplek maar door afscherming van de gebruiker tegen blootstelling aan vervuilde lucht, waarvan de bron van de vervuiling op de werkplek zijn oorsprong vindt. Bij veel industriële werkzaamheden komen ten gevolge van het arbeidsproces stoffen vrij die de gezondheid kunnen schaden. Bekende voorbeelden zijn lassen, (verf)spuiten en verspanende werkzaamheden (schuren, slijpen, frezen, boren e.d.).

ARBO-richtlijnen geven aan dat primair gezocht moet worden naar middelen of processen die kunnen voorkomen dat de schadelijke stoffen vrij komen. Echter in veel gevallen is dit om economische en technische redenen (nog) niet mogelijk. Een goed voorbeeld hiervan is gelegen in de vliegtuig- en voertuigindustrie. Vliegtuigen en helikopters worden bijvoorbeeld behandeld met chromaathoudende primers. Deze primers hebben goede corrosiewerende eigenschappen en gebruik daarvan wordt daarom voorgeschreven door de vliegtuigindustrie, maar hebben tevens de nadelige eigenschap dat ze kankerverwekkende chroom (VI) verbindingen bevatten. Het stof dat ontstaat tijdens het verwijderen van de primer door

schuren of slijpen, i.v.m. opknap- of controlewerkzaamheden, bevat grote hoeveelheden van deze kankerverwekkende verbindingen. Deze problematiek geldt ook voor een groot aantal andere carcinogene stoffen (kwarts, houtstof, vezels) in verschillende industriële processen (metaal-houtbewerking, verven, stralen e.d.).

Traditioneel wordt afscherming van de werknemer van vervuilde lucht aangepakt via inzet van ruimteventilatie en gebruik van lokale afzuigsystemen. De effectiviteit van beheersmaatregelen wordt dominant bepaald door de afstand tot de bron. Daarom zijn lokale afzuigsystemen vrijwel overal terug te vinden. Helaas zijn deze systemen bijna altijd statisch van aard, terwijl de werkzaamheden dynamisch (in tijd en plaats) zijn. Sturing middels monitoren die reageren op gedetecteerde luchtkwaliteit en/of aanwezigheid van werknemers c.q. activiteiten is een manier om op deze dynamiek in te spelen.

Gebruik van gereedschappen met geïntegreerde stofafzuiging (voor verspanende werkzaamheden) vermindert de stofemissie naar de werkomgeving een stuk efficiënter en verbetert de productiviteit indien de werkstukken daardoor ook na bewerking niet meer apart gereinigd hoeven te worden. Helaas is de effectiviteit van de stofafzuiging van commercieel beschikbare gereedschappen in het algemeen echter ontoereikend voor kankerverwekkende stoffen. Dit heeft tot gevolg dat bij gebruik van deze gereedschappen de grenswaarden voor bijvoorbeeld de chroom(VI) concentratie in de ademzone van de gebruiker tot wel 100 maal worden overschreden. Om de gezondheid van de werknemer dan nog te waarborgen wordt vaak gegrepen naar Persoonlijke BeschermingsMiddelen (PBM), zoals beschermende kleding, welke helaas het grote nadeel hebben dat ze de arbeidsproductiviteit (en het comfort van de werknemer) ernstig nadelig beïnvloeden.

TNO Bouw heeft i.s.m. TNO Industrie van een aantal typen gereedschappen de effectiviteit van de geïntegreerde stofafzuiging sterk verbeterd (voor een voorbeeld zie Figuur 4). Gebruik van deze zogenaamde emissie-arme gereedschappen vermindert de stofemissie aanzienlijk. Een integrale benadering van de inzet van beheersmaatregelen, dus bijvoorbeeld combinatie van ruimteventilatie en emissie-arme gereedschappen, is zowel zeer effectief m.b.t. luchtkwaliteit en maakt het tevens mogelijk om de capaciteit van de ruimteventilatie te minimaliseren en voorkomt daarmee onnodige investeringskosten en energiekosten.

Figuur 4 Gemodificeerde lichtgewicht schuurmachine.

Voor de gebruiker/bewoner van gebouwen is met betrekking tot de luchtkwaliteit met name van belang dat de luchtkwaliteit de gezondheid niet schaadt, noch de productiviteit nadelig beïnvloedt. Belangrijke vraagstukken die hiermee samen hangen zijn:

- Hoe kan op een eenduidige wijze de luchtkwaliteit op de kantoorwerkplek gekwantificeerd worden in relatie tot de gezondheidsrisico's t.g.v. blootstelling aan de lucht?
- Welke technieken dragen bij tot een gezonde industriële werkplek die tegelijkertijd de productiviteit verhogen en het milieu sparen?
- Hoe kunnen gevraagde garanties met betrekking tot de luchtkwaliteit gerealiseerd worden bij dynamische (vraagsturing) decentrale luchtkwaliteitbeheerssystemen?

Momenteel werkt TNO specifiek met het oog op de industriële werkplek aan de opzet van een BlootstellingsClassificatieSysteem (BCS). Dit moet als hulpmiddel voor een werkgever dienen om een afgewogen keuze te kunnen maken bij de inzet van beheersmaatregelen ten aanzien van de luchtkwaliteit. Afhankelijk van een bepaald type werkzaamheid waardoor de lucht wordt vervuild, worden enkele standaard situaties gesimuleerd. Deze simulaties worden gebruikt om voorspellingen te doen van de verspreiding van de verontreiniging (en warmte). De simulaties beschouwen daarbij de interactie tussen de bron en de werker (positie t.o.v. de bron, beïnvloeding van de grootte van en stroming vanaf de bron). Vervolgens wordt de competitie met verschillende typen beheersmaatregelen van micro tot macro bepaald. Het resultaat is de voorspelde luchtkwaliteit in de ademzone van de werknemer. Ook de invloed van een combinatie van verschillende beheersmaatregelen en van gemodificeerde (geoptimaliseerde) beheersmaatregelen kan worden beoordeeld. Zonodig worden extra beheersmaatregelen voorgeschreven om te voldoen aan de geldende MAC-waarden. Waar mogelijk worden meetgegevens en relevante waarnemingen van de betreffende situatie ingebracht om de voorspelling m.b.v. de simulatie te verbeteren en om het resultaat van de proefversie van beheersmaatregelen te evalueren (en bij te stellen indien mogelijk).

Verlichting

Een optimale verlichting beoogt een natuurlijke benadering waarbij het functioneren van de mens centraal staat: Optimale Verlichting wordt ontworpen vanuit het oogpunt van Welbevinden, Stemming en Prestatie. Dit houdt in dat het beschikbare daglicht zoveel mogelijk als uitgangspunt wordt genomen. Waar en wanneer het daglicht onvoldoende is zal het met kunstlicht aangevuld moeten worden.

De huidige situatie is veelal dat er per kantoorvertrek een algemene elektrisch verlichtingsysteem wordt geïnstalleerd dat met één schakelknop bij de deur te bedienen is. Er is vaak geen zonering aangebracht en aanpassen van de verlichtingssterkte is niet mogelijk. Als zon- en helderheidwering geldt een lamellen systeem aan de binnenzijde van de gevel als een van de meest voorkomenden. De bediening van deze laatste kan op een onhandige plek zitten waar moeilijk bij te komen is, waardoor het aanpassen van de stand van de lamellen slechts weinig gebeurd. Een ander systeem dat veel voorkomt is buitenzonwering die centraal per gevel geregeld wordt afhankelijk van de zoninstraling. Dit systeem is door de werknemers niet aan te passen en wordt daarom als erg gebruikersonvriendelijk ervaren.

Om tot een goed verlichtingsconcept te kunnen komen zijn de taken die in een werkruimte uitgevoerd worden van belang. Er vindt gedurende de dag een diversiteit aan oogtaken plaats en elke taak kent zijn eigen lichtbehoefte. Daarom is het belangrijk hoge eisen aan de kwaliteit van de verlichting te stellen. Medewerkers hebben baat bij een verlichting die hen zo optimaal mogelijk ondersteunt in de uitvoering van hun werkzaamheden. Omdat de taken per werknemer over de dag variëren en ook van medewerker tot medewerker verschillen moet het mogelijk zijn het verlichtingsniveau per individuele werkplek hieraan aan te passen. Een lokaal dimbaar kunstlichtsysteem en een individueel aanpasbaar daglichtsysteem zijn hiervoor aan te bevelen.

Een voorbeeld van aanpasbaar daglichtsysteem wordt onderzocht in het Europese project SWIFT (Switchable Facades and Visual comfort), waarin de afdeling GGI van TNO Bouw en 11 andere instituten en bedrijven uit in totaal acht Europese landen deelnemen, om de mogelijkheden van verwisselbare glazen gevelelementen t.b.v. bescherming tegen verblinding te onderzoeken (9). De gevel van een ruimte kan worden beschouwd als één groot raam. Onderverdelingen kunnen zeer functioneel worden gemaakt met verwisselbare glaselementen (Figuur 5). De intensiteit en zicht van verblindende bronnen buiten het gebouw die door het raam gezien kunnen worden variëren meestal in de tijd. Door individuele controle van de glazen elementen kan de gebruiker het waargenomen "ongemak" en de hoeveelheid gewenst daglicht zelf regelen.

glazen elementen in gevel

flexibele zonwering

Figuur 5 Voorbeelden van aanpasbare daglichtsystemen.

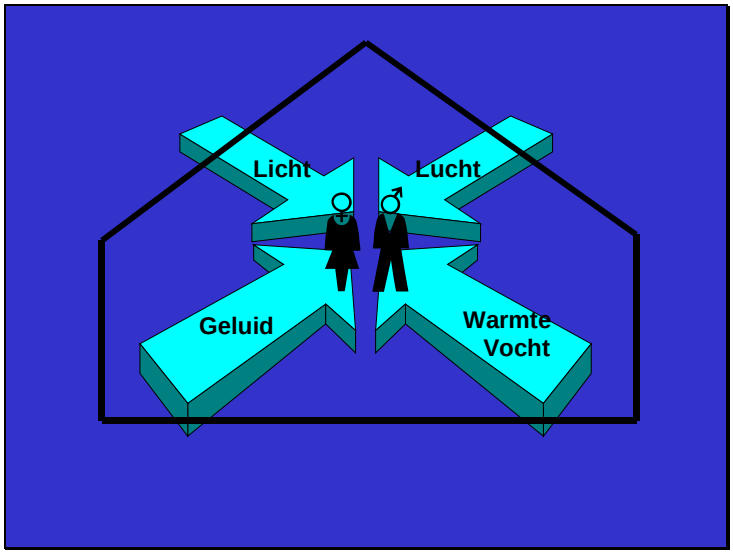
Voor de gebruiker van een individueel regelbaar verlichtingsysteem (combinatie kunstlicht en daglicht) is de flexibiliteit ervan het belangrijkste uitgangspunt. Belangrijke onderzoeksvragen die in samenhang daarmee gesteld kunnen worden zijn bijvoorbeeld:

- Is het mogelijk voor iedere persoon en voor iedere taak een optimaal lichtklimaat te creëren (traploos instelbaar lichtniveau)?
- Kunnen de optimale condities eenvoudig worden ingesteld vanaf de werkplek (user-interface)?

Onderzoek naar deze en andere vragen wordt momenteel uitgevoerd in het kenniscentrum "Building and Systems", een samenwerkingsverband tussen de Technische Universiteit Eindhoven (TU/e) en TNO Bouw (www.kcbs.nl). Dit kenniscentrum omvat zeven thema's, waarvan Licht en de mens er één is. In dit thema wordt de relatie tussen lichtcondities en productiviteit onderzocht, waarbij de visuele en psychologische behoeften van de mens op een kantoorwerkplek het uitgangspunt is. Hierbij wordt onder andere gebruik gemaakt van het zogeheten "elektrische oog" waarmee de lichtperceptie van het menselijke oog nagebootst kan worden (Figuur 6). Het uiteindelijke doel is het ontwerpen, simuleren en testen van nieuwe concepten voor gezonde dag- en kunstlichtsystemen voor kantoorwerkplekken die zowel aan de visuele als de biologische behoefte voldoen.

Figuur 6 Elektrisch oog (10).

Integratie
Beoogd is een situatie waarbij het binnenmilieu in termen van thermisch comfort, binnenlucht kwaliteit, geluid en kwaliteit van dag en kunstlicht individueel per werkplek op de gebruiker wordt afgestemd waarbij comfort en productiviteit maar ook integratie en flexibiliteit de belangrijke factoren zijn. (Figuur 7).



Figuur 7 Aspecten van een gezond gebouw.

Een gezond gebouw kan worden gedefinieerd als een gebouw dat:
- de ziekten van de bewoners van dat gebouw niet veroorzaakt of verergert.
- een hoog comfortniveau voor de bewoners van dat gebouw verzekert t.b.v. de activiteiten waarvoor het gebouw bedoeld en ontworpen was.

Uit deze definitie kan worden afgeleid dat gebouwen die verschillende activiteiten beogen, ook verschillende criteria ten aanzien van de binnenmilieukwaliteit kunnen opleggen. Tevens is het feitelijk onmogelijk, omdat de bewonersgroep kan variëren ten aanzien van samenstelling (leeftijd, sekse), bezetting (hoog, laag), gezondheidsstatus (gezond of ziek), genetische en biologische geaardheid om ziek te worden (bijvoorbeeld hypergevoelige mensen, allergische mensen, etc.), een absolute set van criteria op te stellen die altijd aan de behoeften van alle bewoners in elk willekeurig gebouw zou voldoen.

Er zijn echter wel een aantal criteria te definiëren waaraan altijd voldaan moet worden, de zogeheten blootstellingscriteria voor gezondheid, oftewel criteria voor parameters die de gezondheid van bewoners direct kunnen beïnvloeden. Voorbeelden hiervan zijn stofdeeltjes, percentage van bewoners met discomfort ten aanzien van een bepaald binnenmilieu aspect, VOS concentratie, etc..Daarnaast zijn er de zogeheten flexibele criteria, criteria voor gebouw- en economische prestaties die niet direct maar indirect van invloed kunnen zijn op de gezondheid van de bewoners. Een voorbeelden van een flexibel criterium is de capaciteit/bezetting ratio van het gebouw.

Bij persoonlijke (decentrale) beheersing van het binnenmilieu zal men dus rekening moeten houden met deze prestatie criteria voor gezondheid en comfort condities en percepties van mensen op de werkplek.

In het door GGI gecoördineerd Europese project HOPE, met 15 deelnemers uit negen Europese landen, wordt onder meer een lijst van prestatie criteria voor gezonde en duurzame (energie-efficiënte) gebouwen ontwikkeld, die aan dit integraal model zouden kunnen

bijdragen (11). Deze criteria zullen worden getest in bestaande gebouwen door middel van een multidisciplinaire studie in 180 kantoor- en woongebouwen (20 in Nederland), waarvan er circa 75% ontworpen zijn om duurzaam en energie-efficiënt te zijn. Deze studie zal worden opgevolgd door een gedetailleerd onderzoek in tenminste 32 van de onderzochte gebouwen. Protocollen voor het testen van de prestatie van een gebouw en het verbeteren van een gebouw zullen worden ontwikkeld. De status m.b.t. gezondheid en duurzaamheid van de 180 gebouwen zal worden bepaald en worden opgenomen in een database waarmee men andere gebouwen kan vergelijken. De resultaten van de onderzoeken zullen beschikbaar worden gesteld op een interactieve website voor het publiek. Deze website zal de mogelijkheid hebben voor niet-deelnemers aan het project om hun eigen beoordeling te maken van hoe gezond en hoe duurzaam hun gebouw is, door het vergelijken met de in de database aanwezige gegevens.

Daarnaast zijn technologieën die het mogelijk maken om het binnenmilieu voorspellend, integraal, adaptief en interactief te regelen op individueel niveau, maar tegelijkertijd af te stemmen met en te koppelen aan de centrale voorzieningen, belangrijk. Een actieve houding van de gebruiker zal hierbij het uitgangspunt moeten zijn. Juist de mogelijkheid om het klimaat actief te beïnvloeden wordt door de gebruiker gewaardeerd. Door de lokale invloed en daarmee de snelle anticipatie die mogelijk is op de ingestelde aanpassing van de gebruiker is het in principe niet noodzakelijk om met behulp van sensoren de gebruiker lokaal te monitoren. Het menselijk lichaam, als sensor, is in deze niet te overtreffen. Het is natuurlijk wel van belang dat de systeemrespons optimaal is en de demping minimaal (6, 7). Daarnaast moet een oplossing worden ontwikkeld voor conflicterende profielen (wanneer twee of meer personen met een onderling verschillende binnenmilieu voorkeur naast elkaar gaan zitten).

Ook moet het mogelijk zijn om in een relatief klein gedeelte van een grotere ruimte (het lokale volumeniveau van de werkplek) het binnenmilieu daadwerkelijk te regelen, i.e. micro klimaat. Denk hier bij aan een stoel die warmte afgeeft, een lokale ventilatie luchtstroom, e.d. Deze actuatoren moeten passen binnen het ergonomisch werkplekconcept. Tevens dient onderzocht te worden of er oplossingen zijn die minder installatietechnisch van aard zijn, dan wel oplossingen waarbij de installaties goed kunnen worden ingepast in het bouwtechnische ontwerp.

Dit wordt deels onderzocht in het Europese project EBOB (Energy-efficient Behaviour in Office Buildings), waaraan TNO Bouw samen met een tiental nationale en internationale partners meewerkt (www.ebob-pro.com). EBOB heeft als doel het energiegebruik in een kantooromgeving terug te dringen en het comfort te verbeteren door het gedrag van de gebruikers te begrijpen en te beïnvloeden. De 'softe' kant van het project onderzoekt het gedrag van mensen in een kantooromgeving en gaat na hoe dit gedrag kan worden beïnvloed zodat gebruikers als het ware vanzelf efficiënt omgaan met energie, zonder dat dit ten koste gaat van het persoonlijk comfort of de productiviteit. De 'harde' kant van het project onderzoekt hoe de techniek die in het gebouw aanwezig is een betere ondersteuning kan leveren aan de gebruiker. Denk hierbij aan slimme regelingen die zich aanpassen aan de gebruiker en die een gebruiker intuïtief kan bedienen. De wisselwerking tussen 'soft' en 'hard' moet uiteindelijk leiden tot prototypes van systemen die de gebruiker als het ware uitnodigen om automatisch zuinig met energie om te gaan. De effectiviteit van deze prototypes wordt vervolgens (hopelijk) aangetoond door de toepassing ervan in echte kantoren.

Tot slot

In ieder geval moge duidelijk zijn dat optimalisatie van het microklimaat rondom de persoonlijke werkplek met behulp van decentrale systemen belangrijk is voor het bereiken en handhaven van een gezond en productief binnenmilieu en dus een gezonde en productieve werknemer. Onderzoek op deelaspecten hiervan, zoals hiervoor beschreven, is volop aan de gang. Wat men echter niet uit het oog moet verliezen hierbij is zorg te dragen voor een

effectieve kennisoverdracht naar de gebruiker toe, opdat de beschikbare kennis en voorzieningen ook daadwerkelijk goed ingezet worden.

Referenties

1. Fisk, W.J., 2000, Review of health and productivity gains from better IEQ, Healthy Buildings 2000, Helsinki, Finland, August, vol.4, pp.22-34.
2. Wyon, D.P., 1996, Predicting the effects of individual control on productivity, white paper 960130, Johnsson Control, Inc.
3. Groot, E.H. de en L. Zonneveldt, 2000, Inventarisatie bestaande kennis op het gebied van "Natuurlijke Lichtbehoefte van de Mens", TNO rapport 99-CBO-R039, Delft.
4. Krantz, 1984, Air distribution systems, report no.3554, Krantz products, Colchester, Groot-Brittanie
5. Baumans, F.S. en Arens, E.A., 1996, Task Ambient conditioning systems, Engineering and application guidelines CEDR-13-96, University of California, Berkeley, USA.
6. Loomans, M.G.L.C. 1999. Bureaugebonden verdringingsventilatie - Studie naar de toepasbaarheid , TVVL Magazine 11, pp.26-34.
7. Cabinair, Part C, Improving air quality in aircraft cabins using innovatieve concepts and tehcnologies, June 1999, Fifth frame work proposal.
8. Kaczmarczyk, J., Zeng, Q., Melikov, A., Fanger, P.O., Individual control and people’s preferences in an experiment with a personalized ventilation system, Roomvent 2002, Copenhagen, Denmark, pp.57-60.
9. Zonneveldt, L. en A. Tenner, Switchable Facades and Visual Comfort, 5th Right Light conference, 29-31 May 2002, Nice, pp. 279-283.
10. Ariës, M.B.C. et al., Retinal illuminance from vertical daylight openings in office spaces, 5th Right Light conference, 29-31 May 2002, Nice.
11. Bluyssen, P.M., HOPE, Annex I, Description of Work, contract no. ENK6-CT-2001-00505, .December 2001.