

# INNOVATIES IN MEETMETHODE ZORGEN VOOR BETER FUNCTIONERENDE LUCHTGORDIJNEN

**Om het juiste luchtgordijn bij een bepaalde situatie te kunnen kiezen, zijn eenduidige prestaties nodig. Door TNO is daarom een meetmethode ontwikkeld om de energetische prestatie onder laboratoriumomstandigheden vast te stellen. De metingen zijn uitgevoerd in de duo-klimaatkamer van TNO. Gebleken is dat deze meetmethode goed uitvoerbaar is, duidelijke resultaten geeft en reproduceerbaar is. Vervolgens heeft Biddle conform deze meetmethode metingen uitgevoerd aan een aantal van haar luchtgordijnen. Het plan is om de huidige meetmethode uit te breiden en tot een standaardmeetmethode te komen.**

Auteurs:

Ir. L.J.A.M. Hendriksen, Energy and Comfort Systems, TNO

Ing. B. Knoll, Energy and Comfort Systems, TNO

Ing. H.A.J. Hammink, Energy and Comfort Systems, TNO

Ir. T. van Cann, Technology Developer, Biddle

Fotografie: Industrie



Een open winkelentree is energetisch ongunstig en niet comfortabel voor personen in de directe omgeving van deze deuropening. Door een luchtgordijn toe te passen kan energie worden bespaard en het comfort worden verbeterd. Voorwaarde is wel dat het luchtgordijn goed functioneert. Belangrijk hierbij is dat het luchtgordijn goed wordt gekozen en geïnstalleerd, en ook goed wordt gebruikt en onderhouden. Bij de keuze voor een luchtgordijn is een cruciale prestatiefactor de zogeheten klimaatscheidingseffectiviteit (KSE), wat een maat is voor het verschil in warmteverlies door de deuropening met of zonder luchtgordijn. TNO beschikt over een meetfaciliteit waarmee deze KSE kan worden vastgesteld. De huidige meetmethode betreft alleen een temperatuurverschil over de deuropening. In dit artikel worden de meetmethode en meetfaciliteit

nader omschreven. Biddle heeft inmiddels bij TNO meerdere metingen voor productontwikkeling uitgevoerd, zoals het vaststellen van de instellingen met de hoogste KSE en het bepalen van het omslagpunt (ventilatorstand waarbij het luchtgordijn doorslaat).

Resultaten en bevindingen van Biddle zijn in dit artikel opgenomen. Aan het eind van dit artikel worden ook andere externe factoren besproken die het functioneren van een luchtgordijn bepalen en die toegevoegd zouden kunnen worden aan de huidige meetmethode.

#### **Meetmethode en meetfaciliteit**

De meetmethode betreft het bepalen van de hoeveelheid warmte door de open deur voor de situaties zonder en met luchtgordijn. De metingen betreffen een bepaalde 'open-



tijd' van de deur, waarbij na sluiting de starttemperaturen in de klimaatcellen worden hersteld. Het verschil in warmteverlies (= energie)  $dE$  is een maat voor de zogenoemde klimaatscheidingseffectiviteit (kSE) van een luchtgordijn. De kSE is gedefinieerd als:

$$kSE = \frac{dE_{\text{zonder LG}} - dE_{\text{met LG}}}{dE_{\text{zonder LG}}} = 1 - \frac{dE_{\text{met LG}}}{dE_{\text{zonder LG}}}$$

waarin:

kSE = klimaatscheidingseffectiviteit [-]

$dE_{\text{zonder LG}}$  = energie (= warmteverlies) door de deuropening zonder luchtgordijn (in kJ)

$dE_{\text{met LG}}$  = energie (= warmteverlies) door de deuropening met luchtgordijn (in kJ)

De hoeveelheid energie door de deuropening is bepaald vanuit de koude klimaatcel. Dit is meettechnisch beter en nauwkeuriger omdat het luchtgordijn in de warme klimaatcel voor verstoringen zorgt. Daarnaast wordt op deze manier vastgesteld hoeveel warmte uit de warme klimaatcel wegstroomt en dat sluit goed aan bij de werkelijkheid, waarbij het gaat om het warmteverlies uit de warme winkel. De kSE is een maat voor het warmteverlies door de deuropening, waarin in de gehanteerde definitie niet de hulpenergie van het luchtgordijn is verdisconteerd. Daarom wordt naast de kSE ook de prestatiefactor ( $PF_{LG}$ ) bepaald, zodat de werkelijke energetische prestatie van het luchtgordijn bekend is en ook luchtgordijnen onderling kunnen worden vergeleken. De prestatiefactor wordt als volgt gedefinieerd:

## → NAAST DE KSE WORDT OOK DE PRESTATIEFACTOR ( $PF_{LG}$ ) BEPAALD, ZODAT DE WERKELIJKE ENERGETISCHE PRESTATIE VAN HET LUCHTGORDIJN BEKEND IS

$$PF_{LG} = \frac{E_{\text{besparing}}}{E_{\text{hulp}}} = \frac{(dE_{\text{zonder LG}} - dE_{\text{met LG}})}{E_{\text{hulp}}} = \frac{dE_{\text{zonder LG}}}{E_{\text{hulp}}} \cdot KSE$$

waarin:

- $PF_{LG}$  = prestatiefactor van het luchtgordijn  
 $E_{\text{besparing}}$  = energiebesparing van het luchtgordijn ten opzichte van een open deur zonder luchtgordijn (in kJ)  
 $E_{\text{hulp}}$  = benodigde hulpenergie voor ventilator(en) en elektronica (in kJ)

De metingen zijn uitgevoerd in de duo-klimaatkamer, waarover TNO sinds mei 2009 beschikt. Deze meetfaciliteit bestaat uit twee gescheiden klimaatcellen, waarin onafhankelijk van elkaar een klimaat kan worden gerealiseerd en gehandhaafd. In dit geval wordt in de ene klimaatcel een buitentemperatuur van 6,7 °C gerealiseerd (dit is voor Nederland de gemiddelde dagtemperatuur in het stookseizoen) en in de andere klimaatcel een binnentemperatuur van 21 °C. In de wand tussen de twee klimaatcellen is een met de hand te openen deur (bxh = 2x2,3 m) aangebracht en erboven is in de warme klimaatcel het luchtgordijn geïnstalleerd. Zie figuur 1.

Een luchtgordijn met een warmwaterverwarmingsbatterij kan op de TNO-warmteopwekker worden aangesloten. In elke klimaatcel zijn 27 thermokoppels aangebracht, verdeeld over drie verticale vlakken met per vlak 3 x 3 = 9 thermokoppels (de verticale dunne draadjes in figuur 1). Het gemiddelde van deze 27 thermokoppels wordt als de temperatuur van de betreffende klimaatcel beschouwd. Daarnaast volgt uit de 27 thermokoppels het temperatuur-

verloop in de betreffende klimaatcel wat vooral van belang is voor inzicht in het comfort in de warme klimaatcel.

In de deuropening zijn aan de koude zijde van de deur ook nog vijf thermokoppels aangebracht.

Over de gesloten deur kan een drukverschil worden gecreëerd door lucht uit de warme klimaatcel aan te zuigen en in de koude klimaatcel in te blazen. Om daarbij de temperatuur in de koude klimaatcel zo weinig mogelijk te verstoren wordt de lucht hoog ingeblazen, zodat die wordt aangezogen door de klimaatinstallatie van de koude klimaatcel.

De statische druk wordt aan beide zijden van de deur gemeten. De drukopnemers zijn afgeschermd tegen dynamische invloeden.

De werkwijze voor het meten van  $dE$  is in grote lijnen als volgt:

- Als de temperaturen in de klimaatcellen stabiel zijn en de situatie stationair is, wordt de deur geopend en na een bepaalde tijd weer gesloten. Hierbij geldt bij een situatie met luchtgordijn dat de warmtetoever naar het luchtgordijn stand-by is; voordat de deur wordt geopend wordt de inblaasventilator van het luchtgordijn ingeschakeld, het 3-wegventiel schakelt, zodat warm water door de verwarmingsbatterij stroomt en nadat de gewenste inblaastemperatuur is bereikt, wordt de deur geopend. Bij de metingen is de deur 20 s na het starten van het luchtgordijn geopend. Na sluiting van de deur wordt de inblaasventilator van het luchtgordijn weer uitgeschakeld en stopt het 3-wegventiel ook de toevoer van warm water naar de verwarmingsbatterij. De ventilator draait nog enkele minuten na.



1. Situatie vanuit de warme klimaatcel met gesloten en open deur.

- Per meetscan worden alle energiestromen (in kJ) van de onderscheiden energieposten, bepaald. Hierbij wordt gerekend met gemiddelde meetwaarden per meetscan, dat wil zeggen: elke meetscan wordt als een stationaire periode beschouwd.
- Voor de gehele meettijd worden deze in- en uitgaande energiestromen van alle meetscans opgeteld. Het verschil tussen uit- en ingaand is de extra koelenergie die nodig is geweest om de warmtestroom vanuit de warme cel weg te koelen.

### Meetresultaten

Er zijn verschillende metingen uitgevoerd met een luchtgordijn van Biddle. Hierbij zijn twee factoren onderzocht die van invloed zijn op de KSE, namelijk uitblaasbreedte en de uitblaastemperatuur van het luchtgordijn. Impuls en warmtevermogen van het luchtgordijn spelen hierbij een belangrijke rol. Om tot een goede vergelijking in uitblaastemperatuur te komen, is het belangrijk om het warmtevermogen van het luchtgordijn constant te houden. Dit geldt ook voor de invloed van de uitblaasbreedte.

### Verband tussen KSE en impuls

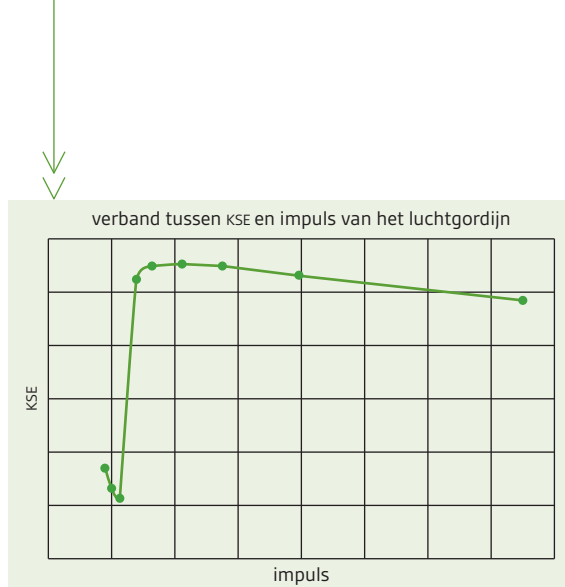
In de berekeningen van de KSE (in procenten) is rekening gehouden met het elektrisch vermogen van de ventilator en het – bij de meting behorende – temperatuurverschil. In figuur 2 is het verband te zien tussen de klimaatscheidingseffektiviteit (KSE) en de impuls van het luchtgordijn. Het verband komt overeen met de resultaten van computersimulaties uit het verleden.

In de grafiek is duidelijk te zien dat een te hoge impuls zorgt voor een verlaging van de effectiviteit. Een te lage impuls zorgt weer voor een negatieve KSE. Het omslagpunt naar een positieve KSE is erg kritisch. Dit komt door de kracht van convectie; als de kracht van het luchtgordijn te klein is, zal de convectiekracht de warme lucht naar buiten duwen (aan de bovenkant) en ervoor zorgen dat de luchtstraal uit het luchtgordijn de grond niet raakt. Bij een goede scheiding overwint de kracht van het luchtgordijn de convectiekracht. De maximale scheiding en een negatieve scheiding liggen dus vlakbij elkaar (in de impuls richting) en het gebied bij de maximale KSE is vrij smal en in de praktijk moeilijk in te stellen zonder automatische regeling.

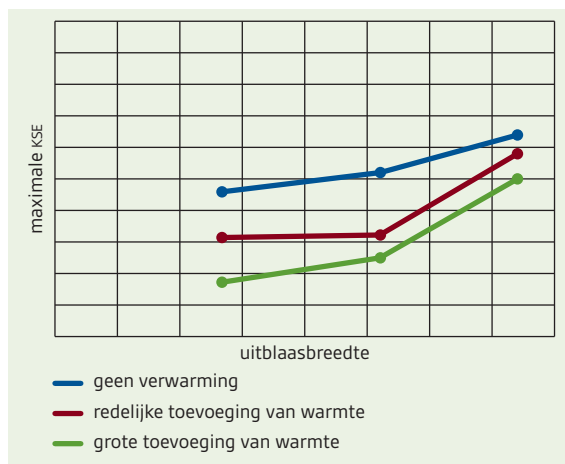
### Invloed van uitblaasbreedte en uitblaastemperatuur

In figuur 3 is te zien dat de maximale KSE groter is bij een toename van de uitblaasbreedte. Een toenemend warmtevermogen en een toenemende uitblaastemperatuur resulteren in een afnemende maximale KSE, omdat de toevoeging van warmte ook is meegenomen in de berekening van de KSE. Een andere verklaring voor de afname van de KSE is uit figuur 4 te halen.

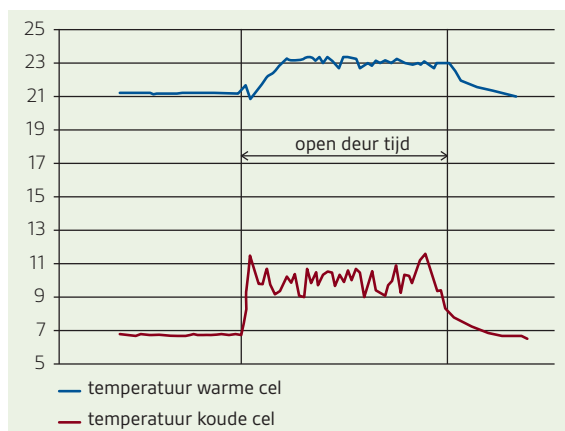
In figuur 4 is het temperatuurverloop te zien van een meting met veel warmtetoevoer van het luchtgordijn. De temperatuur in zowel de koude als in de warme cel worden beide hoger gedurende de open-deur-tijd.



2. Het verband tussen KSE en impuls van het luchtgordijn.



3. Invloed van uitblaasbreedte (bij constant warmtevermogen).



4. Temperatuur in de koude en warme cel tijdens meting met veel warmtetoevoer van het luchtgordijn.

Doordat de koude cel warmer wordt, moet er extra koelvermogen worden toegevoegd, wat resulteert in een afnemende KSE.

### Doorkijk naar uiteindelijke meetmethode

De huidige meetmethode beschouwt alleen een temperatuurverschil over de deuropening. Maar in de praktijk zijn er meer externe factoren die het functioneren van een luchtgordijn bepalen. Een invloedrijke parameter is de wind





## OM MEER OVER HET COMFORT TE KUNNEN ZEGGEN, MOET DE MEETMETHODE MET LUCHT-SNELHEIDSMETINGEN WORDEN UITGEBREID

die winddruk veroorzaakt, maar die ook met wervelingen het luchtgordijn kan beïnvloeden. Dit betekent dat een representatieve meetmethode de effectiviteit niet alleen moet aangeven op basis van het temperatuurverschil, maar ook wind, wervelingen of een combinatie van alle drie. Essentieel is dat ze alle drie een onderscheiden manier van uitwisseling veroorzaken, waarop het luchtgordijn een wisselend effect kan hebben.

Bij thermiek gaat het om luchtuittrede bovenin en intrede onderin de deuropening. Bij wind is er sprake van een meer uniforme in- of uitstroming over de deuropening. Bij wervelingen varieert de uitwisseling sterk over delen van de deuropening, zowel naar plaats als in de tijd. Het is dus aan te bevelen de huidige meetmethode uit te breiden, zodat de weerstand tegen de onderscheiden wijzen van luchtuitwisseling kan worden bepaald. Een daarmee samenhangend aspect is dat de drijvende krachten in de praktijk flink fluctueren. Het ene luchtgordijn zal hierop beter anticiperen dan het andere. Daarom moet de test ook bij verschillende werkpunten worden uitgevoerd. Het inzicht dat hierdoor ontstaat, zal ook het nut van een dynamische regeling van het luchtgordijn verduidelijken en tot een test met een juiste waardering ervan leiden. Om de uitkomsten van de tests goed te kunnen interpreteren voor verschillende toepassingsituaties van luchtgordijnen, is wellicht niet te ontkomen aan een koppeling met een ventilatiemodel.

Voor de beleving van een luchtgordijn is de waardering van het thermisch comfort en (beperking van) het tocht risico belangrijk. In de testopstelling worden nu temperaturen gemeten op een beperkt aantal plaatsen nabij de opening. Bij tocht speelt echter ook de luchtsnelheid een rol. Dus om meer over het comfort te kunnen zeggen, moet de meetmethode met luchtsnelheidsmetingen worden uitgebreid. De situering van de meetplaatsen en hun aantal moeten hiervoor worden gezien, evenals de kritische testcondities. Een conformering aan de methode voor de bepaling van tocht in NEN 1087 is aan te bevelen. Bepaling van de condities waarbij doorslag van het luchtgordijn optreedt, worden belangrijker. Dit vergt wellicht een andere testopzet,

waarbij men de versturende krachten geleidelijk laat toenemen. Voor tochtbeperking zal tevens de focus van de test meer verschuiven naar de werking van de bijverwarming in het luchtgordijn.

Bij luchtgordijnen wordt vaak gedacht aan toepassingsituaties waarbij indringing van koude buitenlucht moet worden voorkomen. Belangrijke toepassingen zijn echter ook bij de scheiding van koel- of vriesruimten te vinden. Hierbij is vooral de omgekeerde thermische situatie van belang en speelt wind vaak minder. Een ander toepassingsgebied is voor de scheiding van ruimten of zones met verschillende concentratieniveaus. Denk bijvoorbeeld aan zwembaden, waar je ongewenste verspreiding van vochtige lucht wil voorkomen, of aan industriële situaties waar schone van vuile zones moeten worden gescheiden. In dit geval moet niet zozeer de uitwisseling van energie (warmte), maar van verontreinigingen of vocht worden bepaald.

Het is goed een brede discussie te voeren om vast te stellen waarvoor de huidige meetmethode moet worden uitgebreid. Dit zal zoveel mogelijk plaatsvinden in overleg met fabrikanten/leveranciers vertegenwoordigd in ISO/TC117/WG9, 'Air curtains', die de huidige meetmethode als een goede eerste stap heeft bestempeld. Een meetmethode is ook belangrijk omdat vanuit Europa wordt gewerkt aan het labelen van apparaten/toestellen die energie gebruiken. Het gevaar is dat als de branche zelf niets doet, regels vanuit Europa worden opgelegd. En die konden weleens alleen gericht zijn op het energiegebruik zonder de energiebesparing mee te nemen. <<