

Door:  
ing. F.H.J.  
van Gorkom\*,  
ir. R.A.M.  
De Schrevel\*\*

\* Horos  
klimaattechniek te  
Soest  
\*\* Huygen Installatie  
Adviseurs bv in  
Venlo.

*In moderne kantoorgebouwen is luchtbehandeling niet meer weg te denken. Verse buitenlucht van een goede kwaliteit met een aangename temperatuur, een passend vochtgehalte en zonder tochtverschijnselen is, na de perikelen in de jaren 80 van de vorige eeuw rondom het Sick-building effect, een standaard voorwaarde voor de moderne werkplek. Hoewel er een lichte trend waarneembaar is deze lucht binnen te brengen door middel van overwegend natuurlijke ventilatie -eventueel gesteund door mechanische hulpmiddelen-, is dit niet overal mogelijk. Mechanische ventilatie is in veel projecten nog de enige manier om in de vereiste ventilatiebehoefte te voorzien. Het keuzepallet voor deze volledige mechanische ventilatie was tot voor kort beperkt tot de wijze waarop warmterugwinning zou plaatsvinden. De rest was nagenoeg standaard. Hierin is met de komst van de geïntegreerde lucht/lucht warmtepomp in de luchtbehandelingkast een steeds populairder wordende variant bijgekomen.*

# Afvallucht door warmtepomp geen weggegooid geld

## Integratie heeft zo zijn voordelen



Waarom is de lucht/lucht warmtepomp geïntegreerd in een luchtbehandelingkast momenteel een installatie in opmars? In dit artikel beschrijven wij de redenen van deze toenemende populariteit, de geschiktheid van dit systeem voor de toekomst, de toepasbaarheid in gebouwen in de meest brede zin van het woord en de werking van het systeem.

De keuze om te komen tot een bepaalde klimaatinstallatie in een gebouw wordt door vele factoren bepaald. Financiële, architectonische, milieutechnische en functionele beslisriteria zijn er enkele van. Bovendien kan de keuze worden bepaald door de voordelen die zijn te behalen in de energieprestatie. In elk geval beschrijven wij hier de toepassingen waarbij de wens of noodzaak aanwezig is om de lucht, behalve te verwarmen in de winter, ook te koelen in de zomer. Immers, dit is de kerndoelstelling van de installatie, aan de hand waarvan het systeem ook met zijn traditionele alternatieven wordt vergeleken.

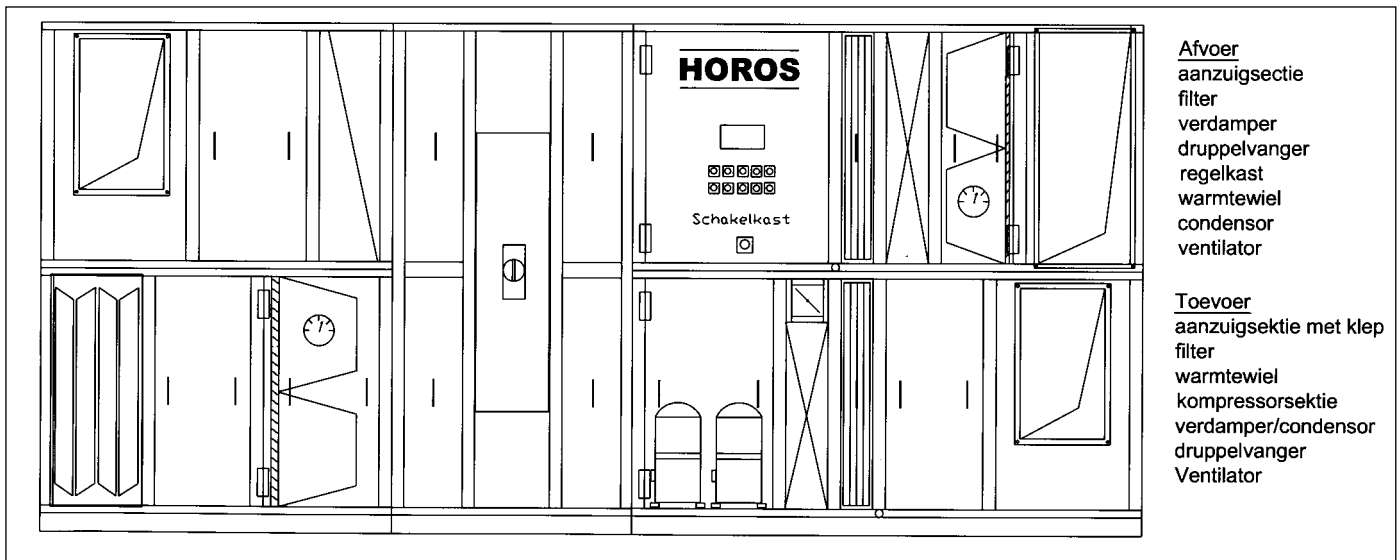
### Trends

Het gemak waarmee een energiestroom kan worden omgezet van een hoger energieniveau naar een lager energieniveau bepaalt de kwaliteit daarvan. De hoogte van de bij deze verlaging vrijkomende energie bepaalt daarbij nog eens toepassingsgebieden waarvoor de energie-

stroom kan worden gebruikt. Het is traditie in de bouwtechniek om fossiele brandstoffen te verbranden om gebouwen te verwarmen. Meestal wordt warmteoverdracht naar water als uiteindelijk transportmedium toegepast, waarbij een watertemperatuur van 90 °C niet ongebruikelijk is. Terecht wordt steeds vaker de vraag gesteld, welke temperatuur nu strikt noodzakelijk is om een gebouw op 20 °C te houden [1]. Vloerverwarmingsystemen tonen aan dat dit met een medium van 35 tot 40 °C al goed mogelijk is.

Met de komst van de warmtepomp is een aantrekkelijke mogelijkheid gecreëerd om een energiestroom van een lager niveau op te waarderen naar een hoger niveau met behoud van een goed rendement. Hiermee kunnen bronnen die initieel niet geschikt zijn om direct te gebruiken als verwarmingsmedium, wel nuttig worden gebruikt als input voor de warmtepomp. De keuze wordt bepaald door de hoogte van de temperatuur van de bron (in het algemeen is de stelregel: hoe hoger hoe beter) en de beschikbaarheid van de bron gedurende het bedrijfsproces. De energetische prestaties van de warmtepomp worden bepaald door het beschikbare energieniveau van de lagetemperatuurbron gedurende het gebruik [2].

Als energiebronnen aan de primaire zijde zijn een aantal mogelijkheden te bedenken, zoals: zonnewarmte, (afval)water of



Figuur 1. Schematische weergave van een luchtbehandelingkast met geïntegreerde warmtepomp.

restwarmte uit exotherme processen, geothermische massa en (afval)lucht. Van de genoemde energiestromen kan worden gesteld dat zonnewarmte en afvalwaterstromen wel een hoge bron-temperatuur kunnen verzorgen, maar niet altijd voorhanden zijn. Geothermische massa is overal aanwezig, echter de toegankelijkheid hiervan kan problematisch zijn voor de exploitatie (bodemplast, renovatie in stedelijk gebied enz.). Deze systemen op geothermische bronnen laten momenteel wel de meest interessante ontwikkelingen als warmtepompbron zien. Economisch gezien zijn kunnen de systemen zichzelf met enig gemak terugverdienen en worden daarom steeds vaker toegepast. Afvallucht is echter altijd aanwezig bij gebouwgebonden toepassingen en heeft ook een redelijk constante temperatuur.

#### Systeemomschrijving

Een lucht/lucht warmtepompstelsel benut de lucht vanuit een gebouw om daarmee de toevoerluchtstroom in de winter te verwarmen en in de zomer te koelen. Ventileren met een lucht/lucht warmtepompstelsel gebeurt met 100 procent buitenlucht. Het hart van een warmtepompinstallatie vormen de compressoren. Om een goede regelbaarheid van het stelsel te verkrijgen wordt voor elke installatie een selectie gemaakt inzake de toe te passen compressoren. Hierdoor is een regelbaarheid in 7 tot 15 stappen mogelijk, waarmee grote temperatuurfluctuaties worden voorko-

men. Daarnaast bevat een warmtepompinstallatie de benodigde elementen voor het verwarmen en koelen van de lucht. De meest toegepaste lucht/lucht warmtepompstelsels zijn verder nog uitgevoerd met een toerengeregeld regeneratief warmtewiel voor de uitwisseling van warmte en vocht uit de retourlucht, en een complete DDC regelinstallatie. Door deze combinatie ontstaat een installatie die geen naverwarming nodig heeft en stekkerklaar is. Een voorbeeld van een dergelijke installatie is weergegeven in figuur 1.

De buitenlucht wordt in de wintersituatie eerst gefilterd waarna de lucht door het toerengeregeld regeneratief warmtewiel wordt gevoerd. Hier worden warmte en vocht uitgewisseld. Als gevolg hiervan zal de afvoerlucht worden afgekoeld en ontvochtigd. Vervolgens gaat de lucht door het condensorelement waar hij wordt opgewarmd naar de gewenste inblaastemperatuur. De warmte die hier wordt afgestaan, komt uit de afvoerlucht vanuit het gebouw. Hiertoe is de afvoerluchtbehandelingkast voorzien van een verdamperelement met druppelvanger. Dit element is voor het warmtewiel geplaatst om bevrozing in de winter te voorkomen. In de zomer wordt er, afhankelijk van de retourconditie, koude teruggewonnen met behulp van het warmtewiel. Tevens de de lucht ontvochtigd. Het verdamperelement na het warmtewiel koelt de buitenlucht naar de gewenste inblaastemperatuur. De aan de toevoerluchtstroom onttrokken warm-

te wordt afgestaan aan het condensorelement in de afvoerluchtbehandelingkast na het warmtewiel. Het gehele principe van de lucht/lucht warmtepompinstallatie is weergegeven in het Mollierdiagram (figuur 2).

#### Overwegingen

De investering in een lucht/lucht warmtepompinstallatie heeft een aantal voordelen. Een deel daarvan is in investeringsbedragen uit te drukken, andere zijn sterk projectafhankelijk. De belangrijkste voordelen zijn de volgende:

##### Stekkerklaar

Door de combinatie van het lucht/lucht warmtepompstelsel, het toerengeregeld regeneratief warmtewiel en de DDC regelinstallatie ontstaat een stekkerklaar apparaat. Dit type installatie heeft alleen een centrale voeding nodig en de kanalen dienen te worden aangesloten. Hierna kan het apparaat in bedrijf worden gesteld. Het installatiebedrijf hoeft geen leidingen aan te leggen en diverse onderdelen aan elkaar te koppelen. Hierdoor is elke partij er tevens zeker van dat de componenten goed op elkaar zijn afgestemd.

##### Rendement

Het rendement, dat wordt uitgedrukt in een COP (Coëfficiënt Of Performance)-waarde is hoog: circa 7. Deze hoge waarde wordt bereikt door de combinatie van het warmtewiel en de lucht/lucht warmtepomp. In de zomer is de tempe-

ratuur die vanuit het gebouw wordt afgezogen doorgaans lager dan de buitentemperatuur. Dit heeft invloed op de COP van een koelinstallatie. Een conventionele koelinstallatie wordt ontworpen bij een buitentemperatuur van 30 à 32 °C. Dit is de temperatuur die wordt aangezogen door de ventilatoren, die de lucht over het condensorelement verplaatsen en verder verwarmen. Tussen de koel- en verwarmingscyclus van de warmtepomp zit een periode dat de warmtepomp niet functioneert en de inblaastemperatuur volledig wordt gehaald door het warmtewiel te laten draaien.

### Compact

Bij een koelmachine zijn, onafhankelijk of deze binnen of buiten staat, ventilatoren nodig voor het afvoeren van de warme condensorlucht. Bij een lucht/lucht warmtepompsysteem zorgt de centrifugaalventilator in de afvoerluchtbehandelingkast hiervoor. De enige extra ruimte in een lucht/lucht warmtepompsysteem is de ruimte die nodig is voor de inbouw van de compressoren. In vergelijking met een conventioneel systeem wordt dus een compacte installatie gebouwd.

### Esthetica

Eén van de doelstellingen van het installatieadvies is, het architectonisch ontwerp zoveel mogelijk in al zijn facetten te res-

pecteren. Elke verstoring daarvan door 'techniek' moet tot een minimum worden beperkt. Daarnaast spelen de belangen van de opdrachtgever, die zijn programma van eisen graag vertaald ziet in een betaalbaar en betrouwbaar ontwerp.

In dit spanningsveld biedt een lucht/lucht warmtepomp, geïntegreerd in de luchtbehandelingkast, vaak een uitkomst. Een luchtbehandelingkast is in het algemeen een forse installatie die niet eenvoudig inpandig kan worden weggewerkt. Dakopstelling is soms een goede optie, maar verstoort vaak de dakbeleving die de architect heeft. Daarom heeft het inpandig plaatsen van een luchtbehandelingkast vaak de voorkeur, ook vanwege de onderhoudsaspecten.

In het geval van een traditionele installatie die voor extra comfort koeling moet leveren, is er het probleem van de koelmachine. Deze machine heeft immers, als zij traditioneel is uitgevoerd, vaak een buiten opgesteld deel. Dat kan dus weer verstoring van de daklijn opleveren. Uiteraard zijn hiervoor slimme oplossingen te bedenken, maar die passen niet altijd in het ontwerp. Het vanaf de zichtzijde onzichtbaar wegwerken van een condensor in bijvoorbeeld een schuine dakopbouw vereist erg veel creativiteit.

Een lucht/lucht warmtepomp in een luchtbehandelingkast vereist geen extra componenten op of in het dak, anders dan de

reeds aanwezige en noodzakelijke lucht-aanzuig- en afblaasopeningen. Afhankelijk van de dimensionering van de installatie is er dus geen extra koelinstallatie nodig en geen aanvullende warmteopwekking voor de conditionering van lucht.

### Akoestiek

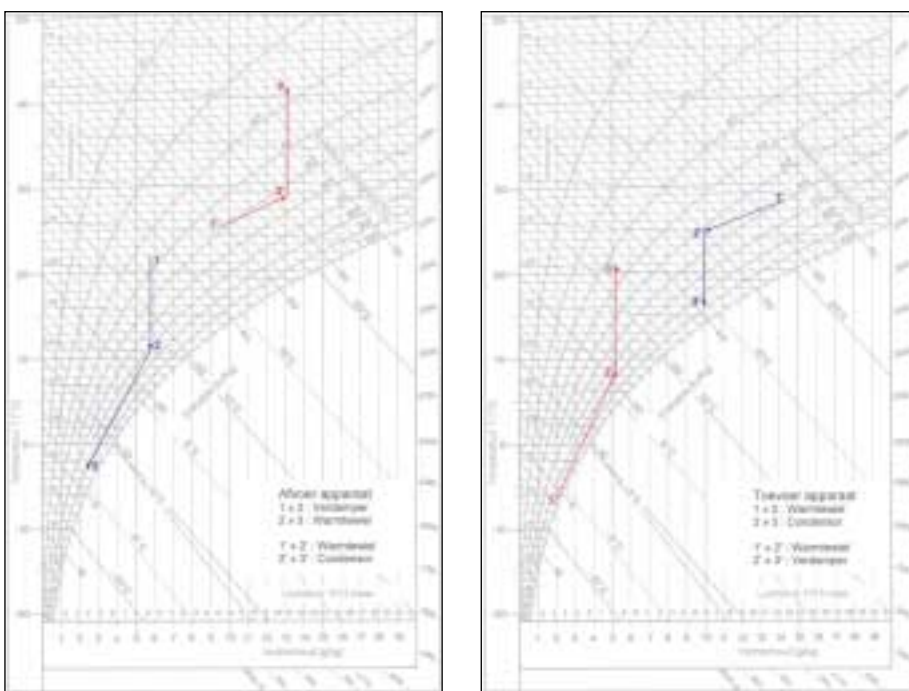
De centrifugaalventilatoren in de afvoerluchtbehandelingkast zorgen voor de afvoer van de condensorwarmte. Dat levert geen extra geluidproductie op, in tegenstelling tot een koelinstallatie. Bovendien staan de compressoren in een dubbelwandig uitgevoerde luchtbehandelingsectie. Die heeft doorgaans een hogere dempingwaarde dan de omkasting van een koelinstallatie. Mocht er toch nog demping nodig zijn, kan dit eenvoudig worden opgelost met geluiddempers in de luchtbehandelingkast.

### Nadeel

Elk systeem heeft specifieke voordelen, maar ook nadelen. Zo moeten de luchtbehandelingkasten bij een lucht/lucht warmtepompinstallatie op of naast elkaar worden geplaatst. Onbalans tussen toevoer- en afvoerdebiet is geen probleem tot circa 15 procent. Dit is uiteraard ook sterk afhankelijk van de gewenste inblaas- en retourcondities en de conditie van de retourlucht uit het gebouw. Vooral bij kleine capaciteiten die in kleine technische ruimtes moeten worden geïnstalleerd kan, vanwege de diameter van het warmtewiel en de inspectieruimtes, een ander systeem de voorkeur krijgen.

### Renovatie

In de huidige overspannen kantoormarkt is er een lichte trend dat nieuwbouw wordt uitgesteld en voor renovatie wordt gekozen. Gebouwen die in aanmerking komen voor renovatie zijn nog maar sporadisch uitgerust met koeling. In een verbeterd ontwerp zal deze koeling vaak wel gewenst zijn, maar zijn er beperkingen. Allereerst moeten er ruimte en constructieve mogelijkheden zijn (denk aan dakbelasting) om een koelinstallatie te plaatsen, waarschijnlijk deels op het dak. Deze positie moet dan voldoen aan de strenge eisen van de Welstand. Niet zelden staan deze panden in een bebouwde omgeving; dat maakt inspassing in de gevelbeelden lastig. Ook worden, zeker in binnensteden, strenge



Figuur 2. Mollierdiagram met de hydrothermische cycli.

Figuur 3. Het nieuwe (tijdelijke) stadskantoor van de gemeente Maastricht.



## Voorbeeldproject: Tijdelijk stadskantoor Maastricht

Aan de architectuur van het nieuwe tijdelijk stadskantoor voor de gemeente Maastricht (tevens opdrachtgever) werd een aantal randvoorwaarden gesteld die consequenties hadden voor het ontwerp van Huygen Installatie Adviseurs. Zo mochten er slechts beperkt losse (installatie)elementen zichtbaar zijn vanaf belendende gebouwen. Het gebouw moest op termijn in delen of als geheel kunnen worden verkocht aan verschillende partijen. Daartoe moest een logische technische scheiding worden voorbereid. Bovendien was er de wens, een zekere mate van vernieuwende geïntegreerde techniek toe te passen of voor te bereiden. Dit vanwege de voorbeeldfunctie van de gemeente. Een verbeterde EPC was geen must, maar toch een uitdrukkelijke wens van de opdrachtgever, mits de meerinvestering binnen acceptabele tijd zou zijn terugverdiend. Ten slotte moest rekening worden gehouden met de verschillende functies binnen een stadskantoor en de daaraan verbonden logische energetische optimalisatie (bijvoorbeeld vergaderzalen separaat en onafhankelijk klimatiseren).

Architectencombinatie Gulikers en Snelder Vola Petit (GSA) creëerde de mogelijkheid om de techniek op de hoogste verdieping inpandig op te stellen, waar de koelmachines binnen een patioachtige constructie kon worden opgesteld. De twee

technische ruimtes kwamen in een volledig glazen omhulling, waardoor ze toch 'zichtbaar onzichtbaar' aan de omgeving werden gepresenteerd. Binnen de gegeven ruimten is de oplossing gezocht in vier lucht/lucht warmtepompssystemen van Horos Klimaattechniek. Aanzuig- en afblaaselementen zijn nagenoeg onzichtbaar weggewerkt in de gevel en dakopbouw en meer verstoring bleek uiteindelijk niet nodig. De keuze voor compressiekoelmachines voor de opwekking van koude voor de lokale decentrale koelelementen én de luchtbehandeling zou leiden tot een opstellingsprobleem. Nu was er genoeg ruimte voor een kleinere koelmachine in de patio. Wolter & Dros (vestiging Heerlen) had de schone taak, de techniek fraai afgewerkt te installeren. Naast het project Randwijcksingel worden in steeds hogere mate stekkerklare lucht/lucht warmtepompinstallaties geplaatst. Dit is deels te danken aan de voordelen van het systeem. Maar ook de subsidieregelingen zoals Vamil, EIA en EIMP spelen een grote rol. Daarmee moedigt de overheid de investering in een warmtepompstelsel aan. Andere projecten met een dergelijk systeem zijn onder andere de Bloemenvelding te Naaldwijk, Kas Associatie te Amsterdam, Hogeschool Breda, Basisschool de Graswinkel te Weert en BDO accountants adviseurs te Roosendaal.

Figuur 4.  
Opstelling van de  
luchtbehandeling  
in de technische  
ruimte.



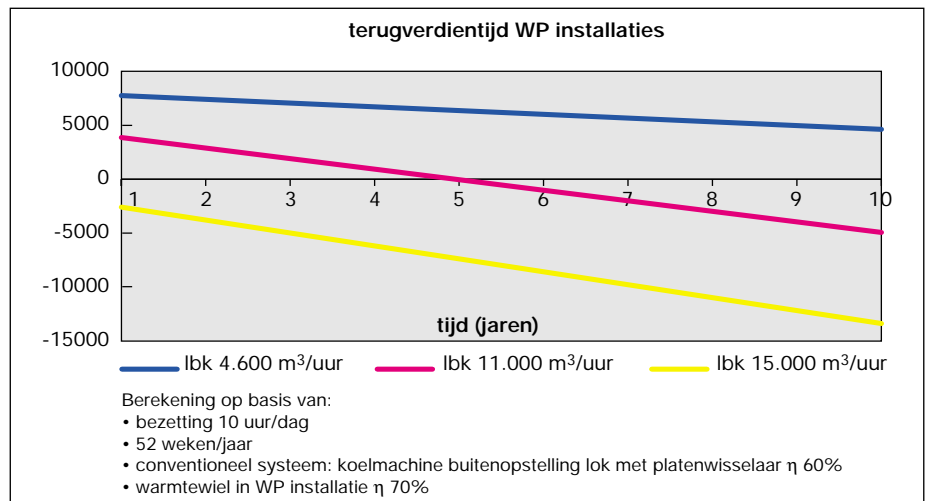
eisen gesteld aan de geluidsproductie van nieuwe installaties. Vaak wordt dan een probleemoplossingstraject gevolgd, waarbij slechts een compromis wordt bereikt. Het soort oplossing waarbij alle partijen iets inleveren. Een luchtbehandelingkast met geïntegreerde lucht/lucht warmtepomp kan in dit soort situaties een oplossing bieden. De opstelling kan volledig passen binnen de oorspronkelijke luchtbehandelingkast (aangenomen dat die er was) en het geluid is beheersbaar door de geïntegreerde bouw.

### Dubo

Binnen het gedachtengoed van duurzaam bouwen staan het energiezuinig bouwen en het bewust (her)gebruiken van materialen centraal. De energiebesparing die in de inleiding wordt beschreven geeft niet direct aanleiding tot euforie, maar elke besparing is meegenomen. Verder zijn de mogelijkheden om een volledig elektrische luchtbehandelingkast in te passen in een Dubo kader ruim aanwezig. Lokaal is er geen uitstoot van CO<sub>2</sub>; het ontwerp kan dus passen binnen de projecten die CO<sub>2</sub>-neutraal worden gebouwd. De milieuvriendelijkheid van de elektrische energie is natuurlijk afhankelijk van de opwekkingscentrale. De energiewinst nu is dus al mooi meegenomen, maar de mogelijkheid tot inpasbaarheid in een compleet duurzaam energiepakket in de toekomst is wellicht nog mooier.

### Terugverdientijd

Een conventionele luchtbehandelinginstallatie is uitgevoerd met een verwarmingselement dat wordt gevoed door warm water uit een cv-ketel en een koel-element dat wordt gevoed door een koudwatermachine of een condensing unit. Het verbruik van deze installatie wordt bepaald door het gasverbruik van de cv-ketel in de winter, het elektriciteitsverbruik van de koelmachine en het elektrisch verbruik van de luchtbehandelingkast, waarin de ventilatoren het grootste aandeel hebben. Bij een lucht/lucht warmtepompinstallatie wordt één voeding aansloten op de installatie, die zorgt voor de verdeling over de onderlinge componenten. Indien alleen wordt gekeken naar de investering in een lucht/lucht warmtepompinstallatie (zonder eventuele subsidies) versus een luchtbehandelinginstallatie



Figuur 5. Trend van meer- of minderinvestering en terugverdientijd van drie lBK's.

met een willekeurige vorm van warmteterugwinning en een koelmachine, zijn er twee omslagpunten. Investering in een lucht/lucht warmtepompinstallatie begint aantrekkelijk te worden vanaf een luchthoeveelheid van circa 6.000 m<sup>3</sup>/uur. De investering zal hoger zijn dan bij een conventioneel systeem, de verbruikskosten zullen echter aanmerkelijk lager zijn. Door de meerinvestering van het systeem te delen op het jaarlijks voordeel in energieverbruik zal dit resulteren in een terugverdientijd van enkele jaren. Bij een installatie vanaf circa 15.000 m<sup>3</sup>/uur zal in vele gevallen een lucht/lucht warmtepompinstallatie, met het lagere energieverbruik, zelfs een minderinvestering hebben ten opzichte van een conventioneel systeem. Voor luchthoeveelheden onder de 6.000 m<sup>3</sup>/uur kunnen esthetische en akoestische aspecten de doorslag geven om voor een dergelijk systeem te kiezen. Bedrijfstitijden en prijzen voor elektriciteit en gas zullen de langetermijn-investering in een lucht/lucht warmtepumpsysteem in positieve of negatieve zin kunnen beïnvloeden.

### Conclusie

Weinig kantoorgebouwen zien er aan de buitenkant hetzelfde uit. Dat geldt ook voor de technische installaties. Soms wordt de nadruk gelegd op energiezuinigheid en duurzaamheid, een andere keer wordt gekozen voor een minimale installatie die een lage investering vergt. Daarnaast spelen zaken als akoestiek en esthetica soms een grote rol, vooral bij renovatieprojecten in een stadskern. Aan het scala van luchtbehandelingkas-

ten is door de komst van de lucht/lucht warmtepomp een nieuwe variant toegevoegd die een aantal duidelijke voordelen biedt voor nu en voor de toekomst. Zowel voor nieuwbouw bij kritische architectuur, als bij het pas-en-meetspel van de renovatie, kan de lucht/lucht warmtepomp geïntegreerd in een luchtbehandelingkast een technisch goede en compacte oplossing bieden. Afhankelijk van de hoeveelheid verplaatste lucht kan de keuze zelfs nog voordeliger uitpakken dan de traditionele variant. In elk geval gaat het om een installatie die naar de toekomst toe gezien goed kan passen in Dubo of CO<sub>2</sub> neutrale bouwvormen. De installatie is stekkerklaar, heeft een hoog rendement en is zeer compact. Indien alleen wordt gekeken naar de investering is een dergelijke installatie vanaf circa 15.000 m<sup>3</sup>/uur goedkoper dan een conventioneel systeem met warmteterugwinning. Onder de 15.000 m<sup>3</sup>/uur kunnen zaken als akoestiek, esthetica, korte terugverdientijden, energieprestatie en de subsidiemogelijkheden de keuze bepalen.

### Literatuurverwijzing

- [1] *Laag-temperatuurbronnen voor laag-temperatuurverwarming*; ir. J.J. Buitenhuis en ir. C.B. Zandijk; *Verwarming & Ventilatie*; juli/augustus 2000; pag. 595-599.
- [2] *Ontwikkelingen in lagetemperatuur warmteopwekking*; W. Gilljamse, E.J. Bakker en W.G.J. van Helden; *Verwarming & Ventilatie*; juli/augustus 2000; pag. 587-593.