

Natuurlijke airconditioning: waar wachten we nog op?

Airconditioning is duur en kost veel energie. We kunnen niet meer zonder maar houden er ook niet echt van, en soms kan het zelfs slecht zijn voor de gezondheid. Maar er is hoop: een concept voor Natuurlijke Airconditioning is rijp voor grootschalige toepassing in bestaande gebouwen en nieuwbouw. Ventilatorgeruis, tocht, droge keel en ogen behoren tot het verleden, en de luchtkwaliteit is net zo goed als buiten. En wat energiegebruik betreft wordt de strengste Europese norm met een factor tien verslagen. Waar wachten we nog op?

Dr. ing. B. (Ben) Bronsema (Bronsema Consult – TU Delft faculteit Bouwkunde – afdeling AE + T [7]); Ir. R. (Ronald) van Luijk (Green Building Engineering); Ir. P. (Peter) Swier (ABT Ingenieurs in Bouwtechniek; Ing. J. (Jaap) Veerman (Royal Haskoning DHV); Ing. J. (Joost) Vermeer (Van Delft Groep)

De uitvinding van airconditioning in het begin van de vorige eeuw [1] en de daaropvolgende ontwikkeling daarvan hebben de maatschappij veel profijt opgeleverd. Een behaaglijk binnenmilieu heeft het welzijn en de productiviteit van mensen in hun werkomgeving aanzienlijk verbeterd. Desondanks zijn veel mensen niet erg tevreden met het binnenklimaat op hun werkplek. Er zijn vaak klachten over irritant ventilatorgeluid, de luchtkwaliteit, tocht en droge keel en ogen, beruchte verschijnselen van het zgn. Sick Building Syndroom. Verder is het hoge energiegebruik van airconditioning een toenemend probleem, zeker in het licht van de energieneutraliteit van de gebouwde omgeving die in de nabije toekomst realiteit moet worden.

Er wordt op deze uitdagingen verschillend gereageerd.

- “We gaan het beter doen” [2], zegt de installatiesector, en daar hebben de auteurs hard aan meegewerkt. Helaas werd het hierdoor in

de praktijk meestal ook ingewikkelder en dat is het laatste waar we op zitten te wachten.

- “We moeten van die airconditioning af”, hoor je van sommige bouwfysici, en ze pleiten voor natuurlijke ventilatie. Dat is natuurlijk goed, maar niet goed genoeg! Nemen we dan maar voor lief dat mensen zitten te zweten op hun werkplek? En wat denkt u van de afnemende productiviteit van mensen als het zo warm is?
- De auteurs pleiten voor de probleembenadering van Buckminster Fuller [3]. “Je verandert niets als je je slechts kant tegen het bestaande. De enige manier om daadwerkelijk iets te veranderen is door een nieuw model te ontwikkelen dat het oude obsoleet maakt.”

MODERNE AIRCONDITIONING

Maar laten we eerst een kijkje nemen in het wezen van de moderne airconditioning. Figuur 1 is een perspectieftekening van een moderne luchtbehandelingskast, een prachtig product van de Nederlandse industrie (OC Verhulst).

Het gaat om een “tweerichtingsventilatie-eenheid TVE, die een luchtstroom van binnen naar buiten en omgekeerd produceert en met zowel afzuig- als aanzuigventilatoren is uitgerust” [4]. Het onderste deel dient voor de aanzuig- en conditionering van de ventilatielucht; het bovenste deel voor de luchtafvoer. De delen zijn verbonden door een warmtewiel dat thermische energie van de ene luchtstroom op de andere overbrengt.

De essentie van de luchtbehandelingskast zit in de elementen voor verwarming (1) en koeling (2) in het toevoerdeel van de lucht. De lucht wordt hier door de ventilator (3) met een snelheid van ≈ 2 meter per seconde doorheen gezogen.

Het ventilatorgeluid mag op onze werkplek maar ook buiten het gebouw niet al te hinderlijk zijn, en daarvoor worden geluiddempers (4) ingebouwd. De weerstand van deze geluiddemper moet door de ventilator worden opgebracht, die hierdoor meer energie gaat gebruiken en extra geluid produceert dat

uiteraard door de dezelfde geluiddemper moet worden gecompenseerd.

De elementen voor verwarming (1) en koeling (2) zouden door stof in de buitenlucht snel vervuilen; om functieverlies te voorkomen wordt daarom een luchtfilter (5) ingebouwd. De weerstand van het luchtfilter moet door de ventilator worden opgebracht die hierdoor meer energie gaat gebruiken en extra geluid produceert dat uiteraard weer door de geluiddempers moet worden gecompenseerd. Aan het einde van onderste deel ziet u nog een sectie voor luchtbevochtiging (7) in het stookseizoen. Voor het afzuigen van lucht is ook een ventilator (3) nodig, en om het geluid hiervan te dempen wordt ook hier een geluiddemper (4) aangebracht. Om het energiegebruik te beperken is in de luchtbehandelingskast een warmtewiel (6) aangebracht, dat niet alleen behoorlijk veel luchtweerstand heeft maar ook gevoelig is voor vervuiling. Daarom wordt ook hier een luchtfilter (5) ingebouwd waarvan de weerstand door de ventilator ten koste van extra energiegebruik en geluid moet worden gecompenseerd.

De ventilatoren gebruiken veel energie, maar dat is niet het enige probleem. Het geproduceerde geluid wordt weliswaar door de geluiddempers gedempt, maar die werken eigenlijk alleen maar goed in de hoge frequenties. De lage frequenties dringen door tot op de werkplek en manifesteren zich daar als het lage gebrom, dat door veel mensen als zeer hinderlijk wordt ervaren.

En dan de luchtfilters: die vangen het stof uit de lucht maar als na verloop van tijd het filter vervuild is, treedt geuremissie op, weliswaar in lage concentraties, maar de ventilatielucht

heeft nimmer de frisheid van buitenlucht. Tenslotte het warmtewiel: naast de overdracht van thermische energie kunnen met het roterende wiel ook geuren uit de afvoerlucht op de toevoerlucht worden overgebracht. Warmtewielen worden door vele binnenmilieudeskundigen medeverantwoordelijk gehouden voor degeneratie van de ruimteluchtkwaliteit.

CONCLUSIE

Voor de airconditioning zijn slechts de primaire functies voor ventileren (3), verwarmen (1) en koelen (2) essentieel. De overige functies, die het overgrote deel van het ruimteslag en het energiegebruik bepalen, dienen, met uitzondering van het warmtewiel, uitsluitend voor symptoombestrijding van ongewenste bijverschijnselen.

EEN NIEUW MODEL

Figuur 2 laat een principeddoorsnede zien van een gebouw met natuurlijke airconditioning. Dit gebouw heeft geen luchtbehandelingsinstallatie. Het gebouw zelf functioneert onder invloed van zon, wind en zwaartekracht als machine voor de airconditioning, en moet als zodanig dan ook in nauwe samenwerking met de architect worden ontworpen. Klimaatresponsieve architectuur!

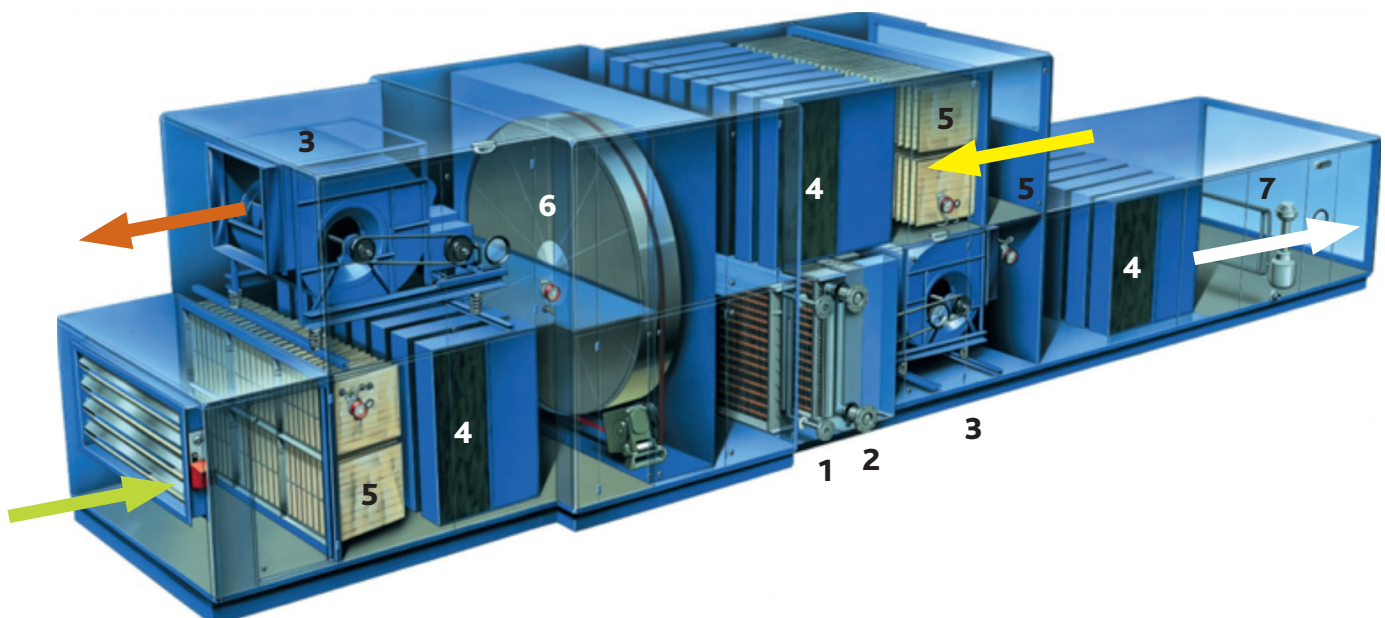
Evenals bij de luchtbehandelingskast zijn er aparte secties voor luchttoevoer en voor luchtafzuiging. Luchttoevoer wordt verzorgd door de klimaatcascade (2), een bouwkundige schacht. Op dakniveau stroomt buitenlucht naar binnen, die via de overdrukruimte (1) de klimaatcascade instroomt. Bovenin de cascade

wordt koud water met een temperatuur van 13 °C gesproeid, waardoor 's zomers de lucht wordt gekoeld tot circa 18 °C en 's winters wordt voorverwarmd tot circa 7 à 8 °C. Koude wordt onttrokken aan de bodem via een WKO-systeem.

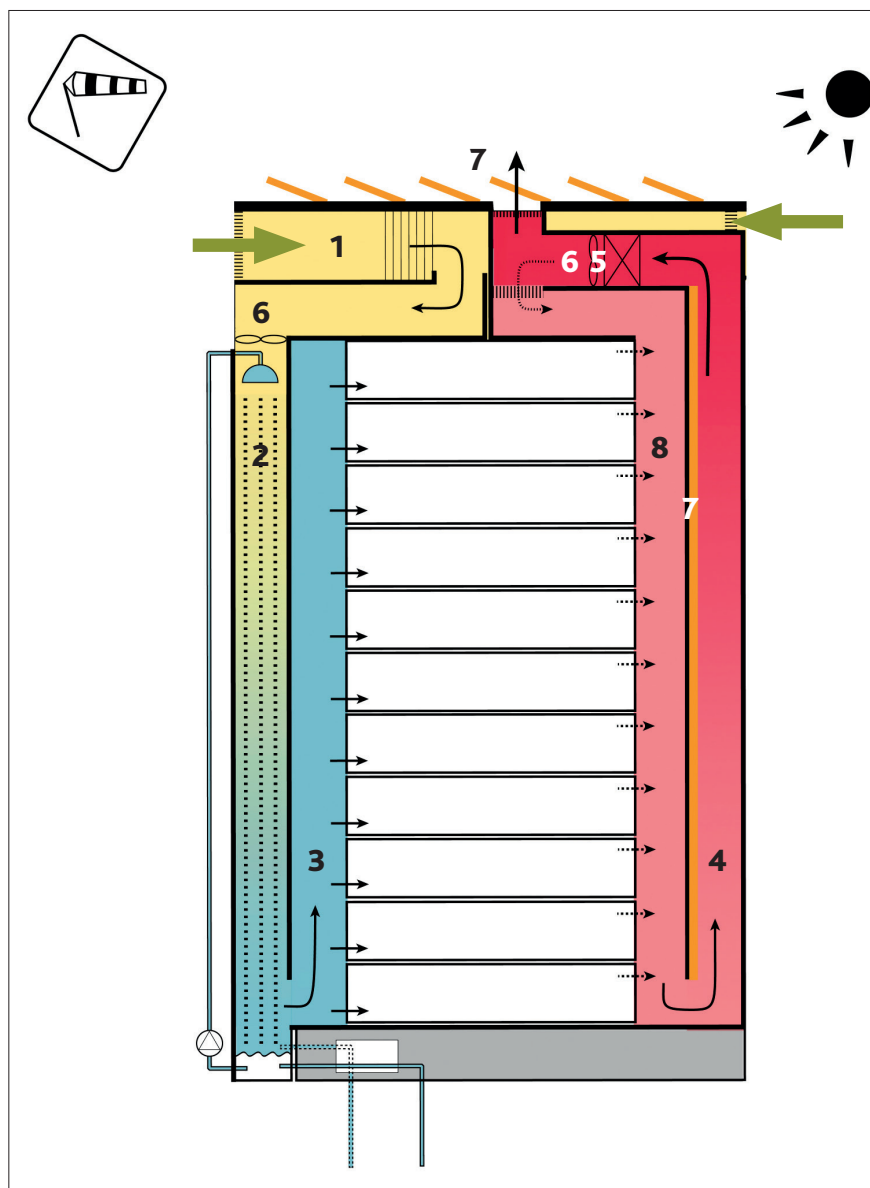
De honderdduizenden druppels vormen samen een warmtewisselaar met een zeer groot oppervlak, waardoor met zeer kleine temperatuurverschillen tussen water en lucht kan worden gewerkt. Deze warmtewisselaar heeft geen luchtweerstand, maar levert zelfs druk op. De soortelijke massa van het water/luchtmengsel in de cascade is namelijk aanzienlijk groter dan die van de buitenlucht waardoor aan de voet van de klimaatcascade druk wordt opgebouwd die wordt gebruikt voor de luchtverdeling in het gebouw via de verticale toevoerschacht (3).

Door het innige contact tussen sproeispectrum en lucht worden verschillende bestanddelen in de buitenlucht, en mogelijk ook fijnstof, in het water geabsorbeerd, waardoor de luchtkwaliteit wordt verbeterd. 's Zomers wordt de lucht enigszins gedroogd door condensatie van waterdamp op de koude waterdruppels en 's winters wordt de lucht automatisch bevochtigd. Een goede reiniging en desinfectie van het sproeiwater is uiteraard essentieel.

In dit concept van "stille airconditioning" zijn ventilatoren, en dus ook geluiddempers, overbodig. Het geurverbeterende sproeispectrum komt in de plaats van geur-emitterende luchtfilters. Luchtbevochtiging is een inherente systeemcomponent. En het energiegebruik



Figuur 1. Moderne luchtbehandelingskast



Figuur 2. Natuurlijke airconditioning Earth, Wind & Fire 2.0 [5]

voor de sproeipomp is maar een fractie van het energiegebruik van de ventilatoren bij traditionele airconditioning.

De gebruikte ventilatielucht wordt afgezogen via de afvoer/recirculatieschacht (8), die aan de voet is aangesloten op de zonneshoorsteen (4), een bouwkundige schacht voorzien van isolatieglas op of in een zuidelijk georiënteerde gevel. Door zoninstraling wordt de lucht in de zonneshoorsteen verwarmd, en de hierdoor ontstane thermische trek werkt als afzuigventilator voor de lucht.

Aan de top van de zonneshoorsteen wordt met behulp van een WTW-systeem (5) warmte uit het gebouw en zonnewarmte teruggewonnen. De warmte wordt ofwel direct in het gebouw benut dan wel via het WKO-systeem naar de bodem gevoerd voor herstel van het thermisch bodemevenwicht. Tijdens

bedrijfsuren wordt de gebruikte lucht bovendaks afgevoerd. Om ook buiten bedrijfsuren zonnewarmte terug te kunnen winnen, bijvoorbeeld in de weekeinden, wordt de lucht via de afzuig-schacht (8) gerecirculeerd. Hulpventilatoren (6) zorgen ervoor dat onder alle omstandigheden het luchttransport in stand blijft. De ventilatorenergie wordt geleverd door zonnepanelen op het dak en in de zonneshoorsteen (7).

Het beschreven Earth, Wind & Fire concept is in een joint venture met TU Delft, TU Eindhoven en enkele externe partners als promotieonderzoek uitgewerkt, waarbij de geschiktheid voor toepassing in de praktijk is aangetoond [6].

Het onderzoek is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische zaken, Landbouw en Innovatie; regeling Energie Onderzoek Subsidie: lange termijn (artikel 18b).

KLIMAATRESPONSIEVE ARCHITECTUUR

De integratie van zonneshoorsteen en klimaatcascade, en van het luchtverdeel- en distributiesysteem in het bouwkundig ontwerp maakt een nauwe samenwerking met de architect noodzakelijk, die hierdoor een belangrijke rol gaat spelen als technisch en artistiek co-ontwerper van het klimaat-systeem. Door de intensieve samenwerking van architect en klimaatingenieur kan in principe een betere bouwkwali-teit worden gerealiseerd bij lagere faalkosten.

ENERGIEGEBRUIK

Verordening (EU) Nr. 1253/2014 stelt eisen aan het ecologisch ontwerp van luchtbehandelingskasten (LBK). Het maximale interne specifieke ventilatorvermogen energiegebruik (SFP_{int,limit}) bedraagt per 1 januari 2016 900 W.(m³/s⁻¹)⁻¹ en wordt per 1 januari 2018 verlaagd naar 800 W.(m³/s⁻¹)⁻¹. Aan deze eisen kan in feite alleen worden voldaan door met (veel) lagere luchtsnelheden in de LBK te werken, waardoor volgens deskundigen het benodigde ruimtebeslag voor de klimaatregeling met ≈ 20% zal toenemen.

Het energiegebruik van de natuurlijke airconditioning volgens het EW&F-concept wordt in hoge mate bepaald door de sproeipomp en in mindere mate door de hulpventilatoren. Door het sproeisysteem met meerdere sproeiers uit te voeren, die afhankelijk van de buitentemperatuur ('s zomers) of de gewenste relatieve vochtigheid in de ruimte ('s winters) worden in- en uitgeschakeld is een zeer energiezuinige bedrijfsvoering mogelijk. Afhankelijk van de hoogte van de klimaatcascade, het sproeiwaterdebiet en de infrastructuur van het luchtverdelesysteem is het mogelijk de EU-verordening 1253/2014 met een factor 10 te verslaan!

De klimaatcascade en de zonneshoorsteen leveren slechts een bescheiden drukverschil voor het luchttransport. Dit houdt in dat het luchttoevoer- en afzuigsysteem ruimer moet worden gedimensioneerd dan gebruikelijk. Ideaal is hiervoor gebruik te maken van het gebouw en de bouwconstructie. De ruimte boven verlaagde plafonds en onder verhoogde vloeren kan hiervoor worden ingezet. Ook kan, met name bij nieuwbouw en grootschalige renovaties, gebruik worden gemaakt van onder andere kanaalplaatvloeren en buisvormige delen van de draagconstructie. Integratie van gebouw en klimaatvoorzieningen in samenwerking met de architect is een belangrijk element van het concept.

De toevoerschacht (3) en de afvoerschacht (8)

worden gedimensioneerd op een luchtsnelheid van $\approx 3 \text{ m/s}^{-1}$ en hebben daarom op het eerste oog forse afmetingen. Bij traditionele airconditioning wordt een hogere luchtsnelheid van $\approx 6 \text{ m/s}^{-1}$ gehanteerd, maar de bruto bouwkundige schachtruimte voor het onderbrengen van de luchtkanalen is meestal het dubbele van de kanaaldoorsnede. Voor wat betreft het ruimtebeslag voor klimaatinstallaties is er dus nauwelijks verschil tussen beide systemen.

■ PEOPLE – PLANET – PROFIT

De drie P's van duurzame ontwikkeling worden met de Earth, Wind & Fire Natuurlijke Airconditioning op harmonieuze wijze gecombineerd:

People → Een beter binnenmilieu

Planet → Minder energie- en materiaalgebruik

Profit → Lagere huisvestingskosten – Lager te verwachten ziekteverzuim

Zie ook het overzicht bij Hotel BREEZE.

■ HOTEL BREEZE

Hotel BREEZE in Amsterdam IJburg zal als eerste gebouw op de wereld worden uitgevoerd met Earth, Wind & Fire Natuurlijke Airconditioning. [7] Het gebouw heeft mede dankzij EW&F een EPC van -0,3. Uiteraard is het concept aangepast aan de specifieke eisen waar een hotel mee te maken heeft. Voor de klimaatcascade en de zonneshoorsteen zijn BREEAM-innovatiecredits aangevraagd. Figuur 3 laat enkele vergelijkende parameters zien ten opzichte van traditionele airconditioning. Voor wat betreft het specifieke energiegebruik moet worden bedacht dat dit bij een hotel hoger is dan bij een kantoorgebouw. Oorzaken hiervan zijn het relatief hoge drukverlies van het luchtverdeelsysteem vanwege de fijnmazige infrastructuur en de noodzakelijke brand- en constant debietkleppen voor de hotelkamers.

■ WAT BETEKENIT DIT VOOR KLIMAATINDUSTRIE?

Door de introductie van natuurlijke airconditioning zal de klimaatindustrie aan omvang inboeten, maar het totaaleffect is zeker niet dramatisch.

In de eerste plaats is het Earth, Wind & Fire concept vooral bedoeld voor comfortinstallaties in kantoorgebouwen, scholen en dergelijke, alsmede voor klimaatssystemen in gestapelde woning(hoog)bouw. Er blijven daardoor nog genoeg toepassingsgebieden over voor traditionele airconditioning. In de tweede plaats moet natuurlijke airconditioning altijd worden gecombineerd met installatietechnische voorzieningen voor verwarming en koeling in de ruimte, de natte

Het EWF concept in perspectief (Hotel BREEZE - $25.000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)		
Aspect	Traditionele ac	Natuurlijke ac
Ruimtebeslag 2 LBK's	220 m^2 (NEN en 13779)	50 m^2
Schachten Luchtsnelheid	$2,5 \text{ m}^2$ $\approx 6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	$2,5 \text{ m}^2$ $\approx 3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Energieverbruik EU 1253/2014-SFP _{int, limit}	$50 \text{ MWh} \cdot \text{a}^{-1}$ $0,8 \text{ kW} \cdot (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})^{-1}$	$10 \text{ MWh} \cdot \text{a}^{-1}$
Onderhoud KISS factor - simplicity	zeer omvangrijk laag	weinig omvangrijk laag
Levensduur gemiddeld	15 à 20 jaar installatietechniek	40 jaar bouwkundige voorzieningen
Aanlegkosten (Excl. zonneshoorsteen)	$\approx$ neutraal	

Figuur 3 – Het EWF-concept in perspectief

sector.

En tenslotte is er ook bij het Earth, Wind & Fire concept nog veel installatietechniek nodig: pompen, leidingen, sproeiwaterbehandeling, regeltechniek en de hele thermo-hydraulische infrastructuur inclusief WKO.

Een goed advies: Never Stop Reinventing Yourself "Who wants to just "retire"? Banish that word from your vocabulary. You've got to constantly reinvent and take a chance on something you've always wanted to do — it's what keeps you alive. You're never done". [8]

■ VERWIJZINGEN

- [1] Willis Carrier 1902
- [2] "Let's make things better"
- [3] Amerikaanse architect, systeemtheoreticus, schrijver, ontwerper, en uitvinder (1895 – 1983)
- [4] Terminologie volgens de verordening van de Europese Commissie Nr. 1253/2014
- [5] Figuur 2 geeft het EW&F-concept 2.0 weer. Het oorspronkelijke EW&F-concept 1.0 had een venturidak voor het afzuigen van lucht. In onderzoek is het EW&F-concept 3.0 met windturbines op een gebold dak.
- [6] "Earth, Wind & Fire – Natuurlijke Airconditioning" Uitgeverij Eburon Delft- ISBN 978 90 5972 762 5
- [7] Hierbij een diepe buiging voor ir. Maarten Quist, directeur van Dutch Green Company, de ontwikkelaar van Hotel BREEZE en initiatiefnemer voor de eerste praktische toepassing van het EW&F concept in de bouw.
- [8] Jack Welch (1935-) – vm. topman General Electric