

Bedenkingen inzake hybride ventilatie

De publicatie van dit TVVL Magazine themanummer 'Hybride ventilatie en kwaliteit binnenklimaat' vormt de aanleiding tot de bedenkingen over hybride ventilatie, zoals verwoord in het navolgende artikel. In vergelijking met gebalanceerde mechanische ventilatie, zijn de prestaties inzake thermische behaaglijkheid, gezondheid en het energiegebruik van het hoofdzakelijk natuurlijke ventilatiesysteem inferieur van kwaliteit. De oprechte vraag is gerechtvaardigd of hybride ventilatie nog wel in Nederland moet worden geïnstalleerd. In het bijzonder zoals reeds verwoord, scoort hybride ventilatie op de genoemde prestatiecriteria verre van beter dan gebalanceerde mechanische ventilatie voorzien van hoog rendement warmteterugwinning, aangesloten op duurzame energiebronnen. Het suggestieve woordgebruik, natuurlijke ventilatie met ondersteuning van een mechanische ventilator dekt bij lange na niet de verkooplading.

door ir. H. Schmitz

In de biologie is een hybride een kruising van twee soorten, niet in staat tot voortplanting. Het bekendste voorbeeld van een bastaard is wel een muilnier, een kruising van een ezels en merrie. In de techniek vormt een hybride ook een kruisingsproduct van twee 'soorten' machines, systemen of componenten waarbij het ene systeem ter ondersteuning van het andere systeem fungeert [7;8]. Dit wellicht over en weer. In het geval van hybride ventilatie zal hoofdzakelijk natuurlijke ventilatie moeten zorgen voor voldoende luchtverversing in de gebouwde omgeving en zal, op tijdstippen dat de natuurlijke ventilatie niet naar behoren kan functioneren de luchtverversing moeten worden ondersteund door mechanische ventilatie, zo mogelijk alleen in de vorm van een luchtafzuigventilator. Drie redenen liggen ten grondslag aan hybride ventilatie, namelijk een betere gezondheid en thermische behaaglijkheid in de leefzone en energiebespa-

ring. ISSO-publicatie nummer 74, 'Thermische behaaglijkheid, eisen voor de binnentemperatuur in gebouwen' [1], introduceert hiertoe zelfs twee typen gebouwen om de superioriteit van natuurlijke ventilatie en hybride ventilatie een status van onaantastbaarheid te geven. Natuurlijk eerst natuurlijke ventilatie en dan pas uiteraard alleen ter ondersteuning, mechanische ventilatie. Het gaat ten slotte alleen maar om de vraag, natuurlijke dan wel mechanische ventilatie in de gebouwde omgeving van Nederland. In de natuur bestaat eenzelfde competentiestrijd tussen de Australische Kompastermieten, die hun mega bouwwerken gezond houden door natuurlijke ventilatie en de Afrikaanse termietensoort, *Macrotermis bellicosus* die zweren bij mechanische ventilatie, aangedreven door de duurzame energiebron, de zon voorzien van hoog rendement warmteterugwinning.



Ir. H. Schmitz

THERMISCHE BEHAAGLIJKHEID.

Over de thermische behaaglijkheid vermeldt ISSO-publicatie 74 het volgende 'Het verschil (tussen alpha en beta gebouwen) berust in het bijzonder op de grotere mogelijkheden voor adaptatie onder andere door de mogelijkheid om de luchtbeweging in de vertrekken te vergroten door het openen van ramen, maar ook op het verschil in de verwachting die de gebouwgebruiker van het binnenklimaat heeft (psychologische adaptatie)'. Even verderop lezen wij in diezelfde ISSO-publicatie 74, maar wel in kleinere lettertjes 'Het gaat hier om ramen die echt "bruikbaar" zijn; dat betekent onder andere dat er geen tocht moet kunnen ontstaan'. Dit lijkt mij toch een echte contradictio in terminis. Voor dit argument geeft ISO 7730, 'Ergonomics of the thermal environment' [2], echter uitsluitel. Ongeacht of de luchtdistributie in de leefzone op een natuurlijke dan wel mechanische wijze plaatsvindt beschrijft de reeds genoemde ISO 7730 aan welke criteria de luchttemperatuur, gemiddelde luchtsnelheid en de turbulentie intensiteiten moeten voldoen ter voorko-

*Verwol klimaatplafonds BV, Directeur

HYBRIDE VENTILATIE

Het betreft de bovenste verdieping van een landschapskantoort, waardoor, mede gelet op de positie van de zelfregelende buitenluchtroosters geen sprake kan zijn van schoorsteentrek. Dat betekent dat slechts door windkracht en of mechanische luchtafzuiging en via de zelfregelende buitenluchtroosters, die zich boven de ramen bevinden, voldoende verse buitenlucht aan het landschapskantoort kan worden toegevoerd. Voor de gegeven situatie bedraagt het minimale ventilatiedebiet volgens NEN EN 15251 dan 120 m³/h voor een gezond A-binnenklimaat. Aan elke zijde van het landschapskantoort wordt een zelfregelend buitenluchtrooster voor 60 m³/h bij een kwadratisch drukverschil (= turbulente stroming) van 1 Pa² geïnstalleerd. Naast het gewenste ventilatiedebiet zal er door de naden en kieren van de buitengevel ook niet de gewenste buitenlucht infiltreren. Beide gevels zijn hetzelfde uitgevoerd, waarbij 15 m³/h bij een kwadratisch drukverschil (= ook weer turbulente stroming) van 1 Pa² infiltreert bij een strooklengte van 1,8 [m] van het landschapskantoort. Om op een eenvoudige manier verzekerd te zijn van het minimaal noodzakelijke ventilatiedebiet zal, tijdens het in bedrijf zijn van de afzuigventilator, deze constant 120 m³/h afvoeren, hoewel een vraaggestuurde kooldioxideregeling ook mogelijk zou zijn. De afzuigventilator wordt pas ingeschakeld indien de windkracht niet voor voldoende ventilatie zorg draagt.

Voor de luchtstroming door de naden en kieren van de gevel en de zelfregelende buitenluchtroosters geldt dat het drukverschil evenredig is met de n-de macht van het doorstromende luchtdedebiet volgens:

$$\Delta P \approx \dot{V}^n \quad (1)$$

Waarbij voor:

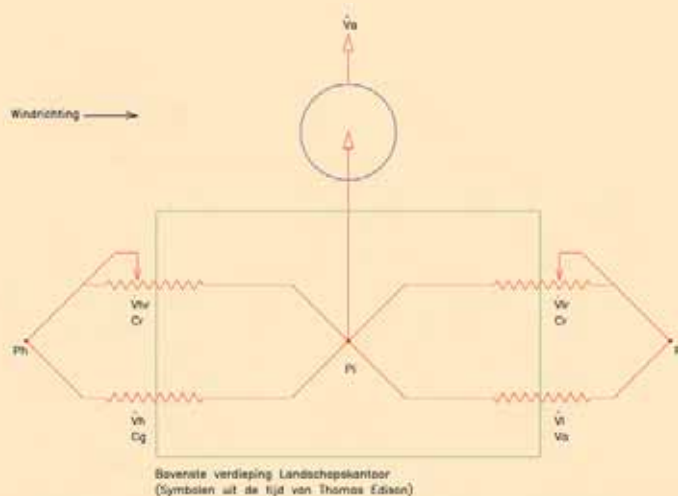
- laminaire stroming $n = 1$
- turbulente stroming $n = 2$
- een 'gecombineerde' stroming $n = 3/2$

Onder verwijzing naar figuur 1 wordt de stationaire massabalans, die min of meer overeenstemt met de stationaire volumebalans dan als volgt beschreven:

$$\dot{V}_{br} + \dot{V}_h + \dot{V}_{lr} + \dot{V}_l = \dot{V}_a \quad (2)$$

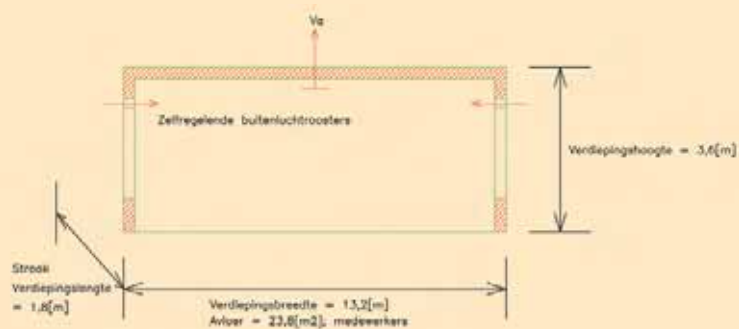
Met:

- \dot{V}_{br} : ventilatiedebiet door het zelfregelende rooster aan de loefzijde van het kantoort.
- \dot{V}_{lr} : ventilatiedebiet door het zelfregelende rooster aan de lijzijde van het kantoort.
- \dot{V}_h : niet gewenste infiltratie aan de loefzijde van het kantoort.
- \dot{V}_l : niet gewenste infiltratie aan de lijzijde van het kantoort.
- \dot{V}_a : mechanische luchtafzuigdebiet.



Schematisatie hybride ventilatie.

- FIGUUR 1 -



Bouwkundige afmetingen bovenste verdieping landschapskantoort

- FIGUUR 2 -

Met gebruikmaking van formule 1 wordt formule 2 omgevormd tot:

$$\sqrt{(P_b - P)} + \sqrt{(P_l - P)} = \frac{\dot{V}_a}{C_r + C_l} \quad (3a)$$

Of in vereenvoudigde vorm:

$$H + L = \frac{\dot{V}_a}{C} \quad (3b)$$

Met:

- C_r : Ventilatie constante zelfregelend buitenluchtrooster, groot $60 / 1 = 60$ m³/h.Pa² voor turbulente luchtstroming.
- C_l : Infiltratie constante gevel, groot $15 / 0,8 = 15$ m³/h.Pa².
- C : de gecombineerde ventilatie-infiltratie constante 75 m³/h.Pa²].

Windstil weer

Zoals reeds verwoord speelt in het onderhavige geval thermische trek geen rol van betekenis en moet de afzuigventilator bij windstil weer in elk geval in bedrijf zijn waardoor dan 120 m³/h verontreinigde binnenlucht wordt afgezogen. Laten we verder veronderstellen dat het turbulente luchtstroming betreft

met $\dot{V}_a / C = 120 / 75 = 1,6$ m³/h.Pa². Er geldt verder $p_b = p_l = 0$ zodat de ventilator een onderdruk op de bovenste verdieping van $-0,64$ Pa moet realiseren waardoor dan de gewenste ventilatie wordt gerealiseerd.

Via de buitenluchtroosters wordt dan $2 \times 60 \times 0,8 = 96$ m³/h en via de (nu wel gewenste) infiltratie $2 \times 15 \times 0,8 = 24$ m³/h dus totaal 120 m³/h verse buitenlucht via de roosters en de naden en kieren in de gevel toegevoerd. Wat blijkt nu? De buitenluchtroosters leveren 20 % te weinig lucht en voldoen niet aan de specificaties. Het is maar goed dat de afzuigventilator 120 m³/h verontreinigde binnenlucht afvoert en dat er kieren en naden in de gevel zitten. Bij windstil weer zou de SAT-test van de zelfregelende buitenluchtroosters de ventilatie-installatie niet goed keuren.

Een ontwerp windsnelheid van 5 [m/s] volgens NEN 5066.

Moet nu in de ontwerpsituatie de afzuigventilator in bedrijf zijn of niet? Laten we eens veronderstellen dat deze niet in bedrijf is zodat $\dot{V}_a = 0$ m³/h. Dan volgt uit de formules 3A en 3B dat

ongeacht het type luchtstroming door de zelfregelende buitenluchtroosters en de naden en kieren in de gevel voor de luchtdruk op de kantoorverdieping geldt:

$$P_i = \frac{P_k + P_l}{2} \quad \text{indien } \dot{V}_a = 0 \quad (4)$$

Bij een windsnelheid van 5 m/s bedraagt de stuwdruk op de loefzijde van het gebouw +18 Pa en de zuigdruk op de lijzijde van het gebouw -3 Pa. De luchtdruk op de bovenste landschapsverdieping bedraagt dan +7,5 Pa op de barometrische druk. Maar ook dan treedt er iets raars op namelijk:

- indien het een niet zelfregelend buitenluchtrooster zou zijn, zou aan de loefzijde van het gebouw $60 \times 3,2 = 192 \text{ m}^3/\text{h}$ verse buitenlucht worden toegevoerd aan de ruimte. Dit wordt echter teruggeregeld naar $60 \text{ m}^3/\text{h}$;
- aan de loefzijde van het gebouw infiltreert dan nog $15 \times 3,2 = 48 \text{ m}^3/\text{h}$.
- aan de lijzijde van het gebouw moet echter het volledige verse buitenlucht debiet, zijnde $60 + 48 = 108 \text{ m}^3/\text{h}$ weer exfiltreren.

De conclusie van deze berekening is dat de hybride ventilatie-installatie niet correct functioneert en dat de afzuigventilator in bedrijf moet zijn, want te weinig luchtverversing vindt plaats, namelijk minimaal 10 % te weinig. Maar wat gebeurt er dan? De afzuigventilator voert $120 \text{ m}^3/\text{h}$ verontreinigde binnenlucht af zodat voor $V_a / C =$

$1,6 \text{ Pa}^2$ weer geldt. In dit geval is nog steeds $p_h = +18 \text{ Pa}$ en $p_l = -3 \text{ Pa}$ van toepassing. Vanwege het zelfregelende gedrag van de buitenluchtroosters moet de afzuigventilator een luchtdruk op de bovenste landschapsverdieping van -4 Pa op de barometrische druk zien te realiseren. Dit is waarschijnlijk niet mogelijk. In kiem en stofarme ruimten vormt het al geen sinecure om over of onderdrukken te realiseren van plus of min 5 Pa, laat staan dat dit al lukt bij een gewoon kantoorgebouw, blootgesteld aan een windsnelheid van slechts 5 m/s. Maar laten we veronderstellen dat de ventilator toch een onderdruk van -4 Pa realiseert op de bovenste verdieping, dan treedt er weer iets raars op:

- het ventilatie-debiet van, een niet regelend buitenluchtrooster aan de loefzijde zou dan $60 \times 4,7 = 281 \text{ m}^3/\text{h}$ bedragen. Het zelfregelende rooster zal dit debiet terug regelen naar $60 \text{ m}^3/\text{h}$;
- het ventilatie-debiet via het buitenluchtrooster aan de lijzijde bedraagt dan; $60 \times 1,0 = 60 \text{ m}^3/\text{h}$;
- het infiltratie-debiet via de loefgevel is dan $15 \times 4,7 = 70 \text{ m}^3/\text{h}$;
- het infiltratie-debiet via de lijgevel bedraagt dan $15 \times 1,0 = 15 \text{ m}^3/\text{h}$.

Het totale ventilatie-debiet bedraagt dan $120 \text{ m}^3/\text{h}$, namelijk aan afzuiging $120 \text{ m}^3/\text{h}$ en door de roosters elk $60 \text{ m}^3/\text{h}$. Maar naast dit gewenste ventilatie-debiet treedt ook nog eens niet gewenste infiltratie op van $70 + 15 = 85 \text{ m}^3/\text{h}$ mede doordat de afzuigventilator in bedrijf moet zijn. De afzuigventilator

moet de verdieping op een onderdruk van -4 Pa zetten voor het correct laten functioneren van het zelfregelende buitenluchtrooster aan de lijzijde van het gebouw. Verder is het de vraag of de ventilator wel een onderdruk van -4 Pa kan realiseren op de bovenste verdieping bij een windsnelheid van 5 m/s. Om dan nog aan formule 3A of 3B te beantwoorden zou de ventilator in plaats van $120 \text{ m}^3/\text{h}$ nu $120 + 85 = 205 \text{ m}^3/\text{h}$ moeten afzuigen uit de ruimte. Dit is niet gewenst en ook niet mogelijk omdat het vermogen van de ventilator maar is uitgelegd op $120 \text{ m}^3/\text{h}$. Hier moet dan ook worden vastgesteld, omdat deze hybride ventilatie niet kan functioneren in overeenstemming met de formules 3A en 3B een dergelijke installatie altijd zal disfunctioneren. Indien de ventilator niet in bedrijf zou zijn of er gebalanceerde mechanische ventilatie zou zijn geïnstalleerd, zou de van nature ontstane binnenluchtdruk 7,5 Pa bedragen en het infiltratie-debiet slechts $15 \times 3,2 = 49 \text{ m}^3/\text{h}$ hebben bedragen. Dit is 42 % minder.

CONCLUSIE

Op een bovenste verdieping van een landschapskantoor disfunctioneert een hybride ventilatie-installatie altijd. Zelfs als een vraaggestuurde kooldioxide regeling is geïnstalleerd. In deze gevallen gaat de voorkeur uit naar een variabel volume vraaggestuurde gebalanceerde mechanische ventilatie installatie voorzien van hoog rendement warmterugwinning.

- KADER 1 -

ming van tochtklachten. Nog afgezien of verse buitenlucht van -10 °C via natuurlijke ventilatie tochtvrij kan worden gedistribueerd in de leefzone vormt natuurlijke ventilatie op grond van ISO 7730 geen pré voor de thermische behaaglijkheid en blijft voornamelijk mijn voorkeur uitgaan naar mechanische ventilatie. In het geval van mechanische ventilatie zijn ten slotte exact gedefinieerde luchttoevoerroosters voorhanden waarvan het dimensioneren plaatsvindt aan de hand van het luchttoevoerdebiet en de gekozen onder- en overtemperaturen. De psychologische adaptatie, die bij natuurlijke ventilatie beter zou zijn dan bij mechanische ventilatie is een vreemd argument. Het is toch zo dat bij hybride ventilatie een tijdlang gedurende het jaar mechanische ondersteuning aanwezig is om te voorzien in voldoende luchtverversing. Hoe kan nu 's morgens in alle vroegte de gebouwgebruiker, op grond van zijn psychologische adaptatie anticiperen op de wijze van functioneren van

de hybride ventilatie-installatie? Zullen de ventilatoren wel of niet in gebruik zijn en wat voor soort kleding moet hij dan aandoen? Maximaal slechts 20 % van zijn tijd is een gebouwgebruiker werkzaam in zijn kantoor. Als hij al onbewust zijn kledinggedrag zou baseren op psychologische adaptatie, dan zal dit zeer zeker niet door de airconditioning van zijn kantoor worden bepaald. Kortom de psychologische adaptatie voor gebouwen met natuurlijke dan wel hybride ventilatie zal hetzelfde zijn als voor gebouwen met uitsluitend mechanische ventilatie. Verder zij opgemerkt dat tijdens warme zwoele zomers de latente koelbelasting van gebouwen met natuurlijke ventilatie groter zal zijn dan in gebouwen met gebalanceerde mechanische ventilatie, voorzien van koeling, tenzij elk vertrek van het gebouw voorziet in een eigen ontvochtiging.

Een eerste belangrijke conclusie resulteert uit het bovenstaande. Inzake de

thermische behaaglijkheid zijn natuurlijk geventileerde gebouwen niet beter dan mechanisch geventileerde gebouwen. Het snijdt geen hout dat ISSO-publicatie 74 op grond van het te installeren ventilatieprincipe onderscheid maakt tussen alpha en beta gebouwen.

GEZONDHEID

Door de toevoer van meer of minder verse buitenlucht wordt invulling gegeven aan een betere of slechtere gezondheid van de kunstmatige leefzones in gebouwen. Ook in gebouwen met natuurlijke ventilatie worden kunstmatige leefzones gecreëerd, waarvan niets natuurlijks meer is. Dit geldt ook voor hybride ventilatie-installaties. In het Nederlandse buitenklimaat is een organische natuurlijke klimatisering van gebouwen gewoonweg niet mogelijk. Het woordgebruik natuurlijke ventilatie dekt de suggestieve verkoopplading niet. Ook natuurlijke ventilatie wordt slechts gerealiseerd door

kunstmatige mechanische componenten te installeren bijvoorbeeld dauw-erlütung, drukgestuurde buitenlucht-roosters in de gevel en ondersteunende afzuigventilatoren. Ook deze componenten behoeven net als alle andere mechanische installatiecomponenten regulier onderhoud, want anders zullen ook zij op termijn aanleiding geven tot het sickbuildingsyndroom. Naast het suggestieve woordgebruik dat gepaard gaat met natuurlijke en hybride ventilatie kunnen wij over het gezondheidsaspect ook kort van stof zijn. NEN-EN 15251, 'Criteria voor de binnenomstandigheden met inbegrip van thermische, luchtkwaliteit, licht en geluid' [3], schrijft, ongeacht het ventilatie principe voor hoe groot het verse buitenluchtdebiet moet zijn ter realisering van een welbepaalde kwaliteit binnenlucht. Indien bijvoorbeeld wordt gekozen voor een A-kwaliteit binnenklimaat conform NEN-EN 15251 en het betreft een kantoorlandschap met meer dan twee medewerkers aanwezig met lage binnen verontreiniging, niet roken en geen recirculatielucht, dan moet het buitenlucht, debiet minimaal 60 m³/h per persoon bedragen, en nogmaals, ongeacht of het natuurlijke, hybride of mechanische ventilatie betreft. In het geval van gebalanceerde mechanische ventilatie kan, natuurlijk met behulp van goed onderhoud, altijd een A-prestatie worden gegarandeerd. Zoals uit het kader 'hybride ventilatie' blijkt kan een natuurlijk ventilatie systeem dit niet altijd garanderen,

ondanks de toepassing van drukgestuurde buitenluchtroosters in de gevels en ondersteunende luchtafzuigventilatoren.

In alle normen op gezondheidsgebied wordt gesproken over verse buitenlucht. Maar wat te doen met hybride ventilatie indien de voorhanden buitenlucht niet zo vers (meer) is? Hier biedt gebalanceerde mechanische ventilatie een oplossing. De luchtbehandelingkasten kunnen worden voorzien van adequate luchtfiltersystemen zoals mechanische grof-, fijn- en zweefstof-filters (zweefstof filters zijn zelfs in staat virussen uit de luchtstroom te filteren), chemische absorptiefilters, koolstof adsorptie filters en meer van dit soort spullen. Natuurlijk moet dan wel ook weer worden voorzien in een goed onderhoudsplan. Het is toch niet voor niets dat stof en kiemarme ruimten en operatiekamers uitsluitend voorzien zijn van mechanische ventilatie en niet van natuurlijke hybride ventilatie.

Een tweede belangrijke conclusie resulteert uit het bovenstaande. Inzake de gezondheid zijn natuurlijk geventileerde gebouwen niet beter dan mechanisch geventileerde gebouwen. Het suggestieve woordgebruik bij het aan de man brengen van natuurlijke ventilatie systemen snijdt geen hout. NEN EN 15251 schrijft, ongeacht het ventilatie principe, het minimaal noodzakelijke verse buitenluchtdebiet voor waarin te allen tijde moet worden voorzien door de installatie ook als de kwaliteit buitenlucht onvoldoende is.

ENERGIEGEBRUIK.

Het laatste punt betreft het energiegebruik. Het is met natuurlijke en hybride ventilatie-installaties moeilijk te voldoen aan ISSO-publicatie 68, 'Energetisch optimale stook en koellijnen voor klimaatinstallaties in kantoorgebouwen' [4]. Het is ook zo dat in tegenstelling tot gebalanceerde mechanische ventilatie-installaties voorzien van een hoogrendement warmteterugwinning, natuurlijke ventilatie niet maximaal voldoen aan het Trias energetica principe. Dit laatste heeft ook weer als consequentie dat de te installeren koel- en verwarmingsvermogens, overeenkomstig NEN 5066 [5] en NEN 5067 [6], bij natuurlijke ventilatie groter zullen zijn dan in het geval van mechanische ventilatie. Anderzijds bespaart men bij natuurlijke ventilatie wel ventilatorvermogen en elektriciteitsverbruik uit. In de nabije toekomst zal dit echter steeds minder een argument kunnen zijn voor de toepassing van natuurlijke ventilatie, zeker als fotovoltaïsche zonnecellen of gebouwgebonden windturbines voorzien in een duurzame elektriciteitsproductie. In het kader 'Energiegebruik ventilatie-installatie' wordt een en ander berekend.

Zoals uit het kader energiegebruik ventilatie-installaties blijkt leveren natuurlijke en hybride ventilatie geen energiebesparing op ten opzichte van een gebalanceerde mechanische ventilatie-installatie voorzien van hoogrendement warmteterugwinning en aan-

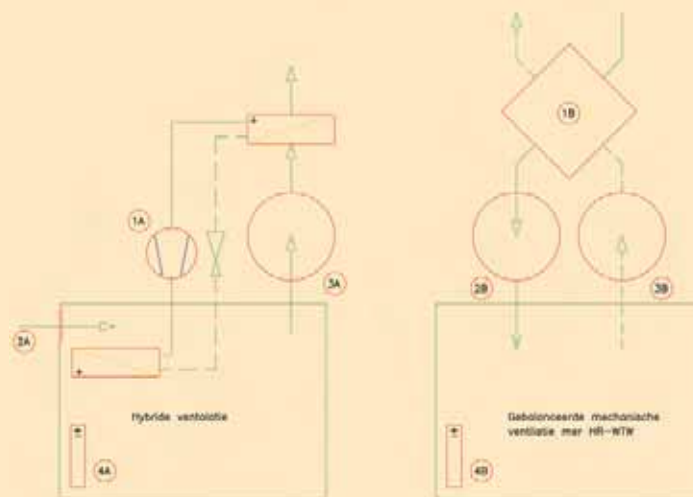
ENERGIEGEBRUIK VENTILATIE INSTALLATIES

Inzake het energiegebruik wordt een hybride ventilatie-installatie vergeleken met een gebalanceerde mechanische ventilatie-installatie. Onder verwijzing naar figuur 3 is de hybride ventilatie als volgt samengesteld:

- 1A Warmteterugwinning in de vorm van een twincoil-systeem.
- 2A Toevoer van de ventilatielucht via zelfregelende buitenluchtroosters in de gevels.
- 3A Mechanische luchtafvoer.
- 4A Aanvullende koeling door een luchtgekoeld koudwateraggregaat en verwarming door een HR-ketel.

De gebalanceerde mechanische ventilatie installatie ziet er als volgt uit:

- 1B Hoog rendement warmteterugwinning.
- 2B Mechanische luchttoevoer.
- 3B Mechanische luchtafvoer.



Schematisatie ventilatie concepten.

- FIGUUR 3 -

- 4B Dezelfde aanvullende koeling en verwarming als bij de hybride ventilatie.

In kader 1 is vastgesteld dat in het geval van een bovenste verdieping van een kantoorlandschap voor het correct laten functioneren van de zelfregelende buitenluchtroosters aan de lijszijde van het gebouw de afzuigventilator altijd in bedrijf moet zijn om de verdieping op onderdruk te zetten. Laten wij eens veronderstellen dat dit lukt, dan leidt dit ook direct naar meer ongewenste luchtinfiltratie. Ook moet worden vastgesteld dat een vraaggestuurde ventilatie op basis van de gemeten kooldioxideconcentratie in de binnenlucht van de kunstmatige leefzone ook zeer wel toepasbaar is bij gebalanceerde mechanische ventilatie.

Het verwarmingsvermogen volgens NEN 5066 en warmte-energie

In twee opzichten verschilt hybride van gebalanceerde ventilatie, namelijk:

- bij een ontwerp luchtsnelheid van 5 m/s is het niet gewenste infiltratiedebiet $85 - 49 = 36 \text{ m}^3/\text{h}$ groter voor een vloeroppervlak van circa 24 m²;
- het warmterugwinrendement van een twincoil dan wel een warmtepomp bedraagt maximaal 60 % ten opzichte van 90 % voor HR warmterugwinning.

Deze twee verschillen leiden tot een groter te installeren verwarmingsvermogen en meer warmte-energie volgens:

- extra infiltratievermogen: $36 \times (20 + 10) / 3 = 360 \text{ W}$ of ook wel 15 W/m^2 ;
- extra ventilatievermogen: $120 \times (0,9 - 0,6) \times (20 + 10) / 3 = 360 \text{ W}$ ook 15 W/m^2 .

Bij 600 vollast stookuren per jaar en een ketelrendement van 90 % leidt dit tot het volgende extra primaire energiegebruik voor hybride installaties:

- Extra primaire energie voor verwarming $(360 + 360) \times 0,6 / 0,9 = 480 \text{ kWh(p)/a}$.

Het voelbare koelvermogen volgens NEN 5067 en koude-energie

De extra infiltratielucht en het lagere warmterugwinrendement leiden ook automatisch tot een hogere voelbare en latente warmtebelasting in het gebouw. Hier wordt alleen gerekend met het te installeren voelbare koelvermogen en de extra primaire koude energie op jaarbasis.

- Extra infiltratievermogen: $36 \times (30 - 26) / 3 = 48 \text{ W}$.
- Extra ventilatievermogen $120 \times (0,9 - 0,6) \times (30 - 26) / 3 = 48 \text{ W}$.

Bij 300 vollast koeluren per jaar en een "seasonal performance factor" van het luchtgekoelde koudwateraggregaat van 3,5 en een elektrisch rendement van het openbare net van 45 % resulteert een extra primair koude energiegebruik op jaarbasis van:

- Extra primaire energie voor alleen voelbare koeling $(48 + 48) \times 0,3 / (0,45 \times 3,5) = 18 \text{ kWh(p)/a}$.

Het ventilatorvermogen en kracht-energie

Zoals geconstateerd zal de afzuigventilator altijd in bedrijf moeten zijn zodat het zelfregelende buitenluchtrooster aan de lijszijde van het gebouw correct kan blijven functioneren. De bedrijfstijd bedraagt 2.600 vollasturen per jaar. De opvoerhoogte van de hybride afzuigventilator bedraagt 250 Pa terwijl

de opvoerhoogten van de beide ventilatoren in de gebalanceerde mechanische ventilatie installatie elk 500 Pa bedragen. Het minder primaire energiegebruik op jaarbasis met een elektrisch rendement van 45 % van het openbare net en 80 % van de ventilator motor combinatie bedraagt dan:

- Minder krachtenergie voor luchttransport $(500 - 250 + 500) \times 120 \times 2,6 / (0,45 \times 0,8 \times 3.600) = - 180 \text{ kWh(p)/a}$.

Het totale extra energie gebruik van een disfunctionerende hybride ventilatie-installatie

De eerlijkheid gebied ook te zeggen dat hybride installaties, zolang niet de gewenste buitenlucht door naden en kieren van de gevel blijft infiltreren, hybride ventilatie altijd gedoemd zal zijn te blijven disfunctioneren voor het wel en wee van de zelfregelende buitenluchtroosters aan de lijszijde van het gebouw.

- Extra primaire energie voor verwarming + 480 kWh(p)/a.
- Extra primaire energie voor alleen voelbare koeling + 18 kWh(p)/a.
- Minder primaire energie voor de ventilatoren - 180 kWh(p)/a.
- Totaal meer + 318 kWh(p)/a.

CONCLUSIE

Het energiegebruik van disfunctionerende hybride ventilatie is hoger dan van correct functionerende gebalanceerde mechanische ventilatie indien de ventilatoren door duurzame energie worden aangedreven wordt het meer energiegebruik van hybride ventilatie ten opzichte van gebalanceerde mechanische ventilatie nog meer.

- KADER 2 -


gesloten op duurzame elektriciteitsproductie.

Een derde belangrijke conclusie resulteert uit het bovenstaande. Inzake het energiegebruik zijn natuurlijk geventileerde gebouwen niet beter dan mechanisch geventileerde gebouwen. Sterker nog, indien gebalanceerde mechanische ventilatie installaties worden aangesloten op duurzame energiebronnen zoals fotonvoltaïsche zonnecellen, biobrandstof installaties of windturbines zijn natuurlijke en hybride ventilatie installaties niet duurzamer.

BEDENKINGEN.

In deze paragraaf met bedenkingen moet mij als fabrikant en leverancier van mede mechanische ventilatie componenten ook nog iets van het hart over concurrentie verhoudingen. Tegenwoordig zijn FAT's (Factory

acceptance testen) en SAT's (Side acceptance testen) een niet meer weg te denken element in het bouwproces. Het liefst ook nog uitgevoerd door onafhankelijke meetbureaus. Maar waar zijn de FAT's en SAT's van natuurlijke en hybride ventilatie installaties? En leidt het ontbreken hiervan dan ook niet tot een vorm van oneigenlijke concurrentieverhoudingen?

De gebalanceerde mechanische ventilatie-installaties voorzien van hoog rendement warmterugwinning vallen voor het Nederlandse buitenklimaat te prefereren boven de hybride ventilatiesystemen. Op de prestatiecriteria, gezondheid en thermische behaaglijkheid in de kunstmatige leefzones en het hiermee gepaard gaande energiegebruik scoren de hybride ventilatiesystemen slechter dan de gebalanceerde mechanische ventilatiesystemen. 

LITERATUUR.

1. ISSO-publicatie nummer 74, *thermische behaaglijkheid, eisen voor de binnentemperatuur in gebouwen*.
2. ISO 7730, *Ergonomics of the thermal environment*.
3. NEN-EN 15251, *criteria voor de binnenomstandigheden met inbegrip van thermische, luchtkwaliteit, licht en geluid*.
4. ISSO-publicatie 68, *Energetisch optimale stook en koellijnen voor klimaatinstallaties in kantoorgebouwen*.
5. NEN 5066.
6. NEN 5067.7. *Nederlands woordenboek Koenen*.
7. *Encyclopedie voor zelfstudie* L.A. Beeloo.