

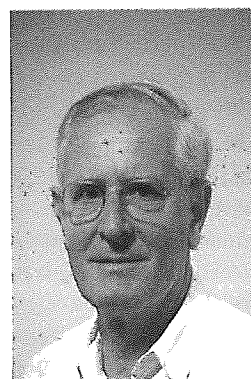
Luchttransport via open deuren in OK's

Kennis van luchtstromingen via een open deur is noodzakelijk om het binnendringen van verontreinigde lucht van het ene naar het andere vertrek te voorkomen. Van weinig belang is of het daarbij gaat om (eventueel bacteriedragende) stofdeeltjes of gassen en dampen. In het verleden is luchtuitwisseling via open deuren al uitvoerig onderzocht. De daarbij verkregen inzichten zijn van belang voor het nu uitgevoerde onderzoek naar de verspreiding van deeltjes in de operatiekamer na het openen van deuren (zie het artikel elders in deze uitgave). De resultaten van destijds worden in dit artikel samengevat. Aan de orde komen onder andere de luchtuitwisseling via een open deur onder invloed van temperatuurverschillen en de invloed van het overstroomprincipe hierop. Rekenmodellen en stromingsmodellen met water liggen hieraan ten grondslag. Tevens wordt een reeds met succes toegepast systeem behandeld, waarbij de luchtuitwisseling via een open deur tot een minimum beperkt blijft.

-door ing. Ph.J.Ham*

Ter vermindering van het kruis-infectiegevaar in de operatieafdeling is een zo nauwkeurige mogelijke beheersing vereist van de luchtuitwisseling tussen de vertrekken onderling. Uitgangspunt is dat dit mogelijk is door via deurkieren of via een bewust aangebracht overstroombrooster een luchttransport van een schone naar een minder schone ruimte in stand te houden. Dit is het geval als aan de schone ruimte meer lucht wordt toe- dan afgevoerd; de extra toegevoerde (gefilterde) lucht, wordt in het andere vertrek afgezogen. In het schone vertrek ontstaat hierdoor een hoger drukniveau dan in het aangrenzende, minder schone vertrek. Ontbreekt bij een deurverbinding een bewust aangebracht drukverschil, dan is te verwachten dat er in beide richtingen luchtuitwisseling plaatsvindt. De drijvende krachten voor deze onbeheerste luchtuitwisseling kunnen zijn:

- drukverschillen die ontstaan door onbalans in de mechanische ventilatiesystemen;
 - windinvloeden via raamkieren of het ventilatiesysteem;
 - temperatuurverschillen tussen de ruimten.
- Bij het openen van deuren zal altijd een zekere uitwisseling van lucht optreden, veroorzaakt door de volgende effecten:
- er is geen meerbaar drukverschil meer aanwezig, zodat de stromingsrichting niet meer wordt beheerst;
 - door een eventueel aanwezig temperatuurverschil tussen beide ruimten ontstaat een luchttransport in beide richtingen;
 - bij het openen en sluiten van de deur wordt de lucht in beweging gebracht; bij een openslaande deur is dit effect sterker dan bij een schuifdeur. Bij een openslaande deur gaat dit tevens gepaard met hoge luchtsnelheden langs de vloer, waarvan opwarrelend



Dhr. ing. Ph.J.Ham

- stof het gevolg kan zijn;
- de zuigerwerking van de persoon die door de deuropening gaat, de loopsnelheid, is hierop van sterke invloed.

Als deze tijdelijke luchtuitwisseling ongewenst is, dan dient een luchtsluis te worden toegepast. Een tussenliggende ruimte met een andere functie kan eventueel de sluisfunctie vervullen. De sluisfunctie wordt verstoord als beide deuren gelijktijdig worden geopend. In voorkomende gevallen wordt dan wel deurvergrendeling toegepast. Verder is het noodzakelijk het overstroomprincipe toe te passen, om te vermijden dat het openen van deuren gevolgen heeft voor de drukhiërarchie in de overige ruimten in de OK-afdeling. Dit houdt in dat het verschil tussen toe- en afgevoerde lucht in elke ruimte bij gesloten deur praktisch gelijk is aan de situatie met geopende deur. Het is daarom noodzakelijk dat de deuren zijn uitgevoerd met een bewust aangebrachte deurkier of een overstroombrooster [1].

Automatische (schuif)deuren en overstroombroosters worden bij voorkeur toegepast in het operatieblok (de operatiekamers met hun aangrenzende ruimten), waarbij met de volgende aspecten rekening moet worden gehouden:

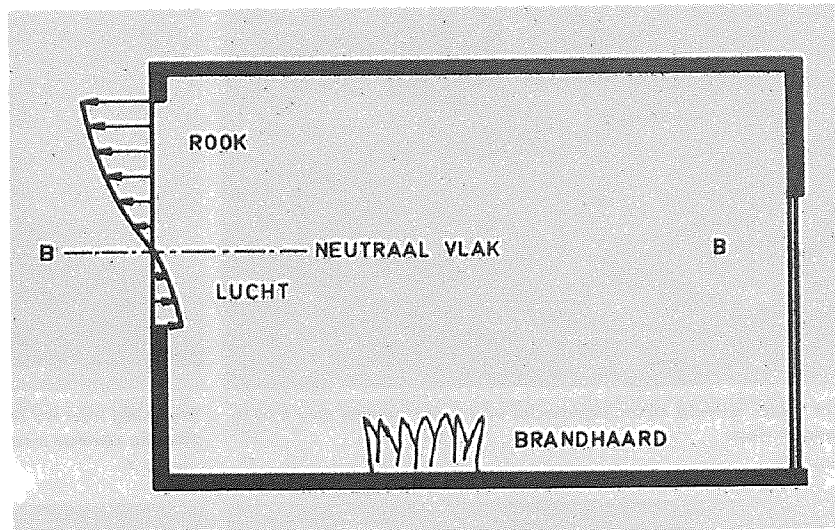
- hoge luchtsnelheden langs de vloer kunnen het opwarrelen van stofdeeltjes tot gevolg hebben en dienen daarom te worden vermeden. De voorkeur dient uit te gaan naar schuifdeuren in plaats van draaideuren. De deuren dienen vooral aan de onderzijde goed te sluiten;
- de schuifdeuren met hun constructie mogen niet merkbaar bijdragen aan de stofontwikkeling in de schone ruimten;
- als de schuifdeuren worden ondergebracht in een dubbele wandconstructie, respectievelijk koof, dan dient deze koof op onderdruk te staan;
- als om praktische redenen (ruimtegebrek) niet alle deuren als automatische schuifdeuren kunnen worden uitgevoerd, dient voor de toepassing van een automatische schuifdeur de hoogste prioriteit uit te gaan naar de steriele opdekruimte (indien aanwezig);
- zoals reeds vermeld wordt de operatiekamer tijdens de operaties uitsluitend via een gesluisde ruimte betreden. Deze ruimte heeft de tweede prioriteit om met automatische schuifdeuren te worden uitgevoerd;
- hoewel dit uit luchttechnisch oogpunt niet noodzakelijk is, wordt toch aanbevolen de deuren rondom eveneens goed sluitend te maken, omdat anders geluidsklachten kunnen ontstaan door de drukverschillen over de gesloten deuren. Het toepassen van juist gedimensioneerde overstroombroosters is eveneens als preventieve maatregel hiervoor bedoeld;
- de overstroombroosters dienen zodanig te worden aangebracht, dat de overstromende lucht aan de uitstroomzijde geen verhoogde luchtsnelheid over de vloer veroorzaakt;
- de overstroombroosters behoeven desgewenst niet in de deur te worden aangebracht; zij kunnen eventueel in de wand naast of boven de deur worden aangebracht, waarbij het geen bezwaar is als het rooster wordt afgedekt door de geopende deur. Als overspraak ongewenst is, kunnen akoestische roosters worden toegepast. Ook kan worden gedacht aan een boven het verlaagd plafond aangebracht overstroombrooster. Bedacht moet echter worden dat vervuiling van het akoestisch materiaal kan optreden, waarbij stofdeeltjes kunnen loskomen;
- de overstroombroosters mogen niet worden uitgevoerd met luchtfilters, omdat dit leidt tot een onbekende weerstand en bij terugstroming stofdeeltjes aan de schone zijde kunnen loslaten. De roosterconstructie moet gemakkelijk kunnen worden schoongemaakt.

EERDER VERRICHT ONDERZOEK

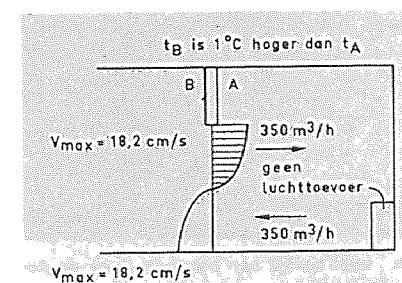
In 1971 vond reeds modelonderzoek [2] plaats naar het transport van deeltjes (van rook tijdens een brand) via een door de brand gesprongen raam (figuur 1). Het optredende grote temperatuurverschil over de ontstane opening aan de bovenzijde veroorzaakte een grote uitstroom van warme rook en tegelijkertijd aan de onderzijde een toevoer van koude buitenlucht, waarbij de in- en uitgaande massastromen gelijk zijn.



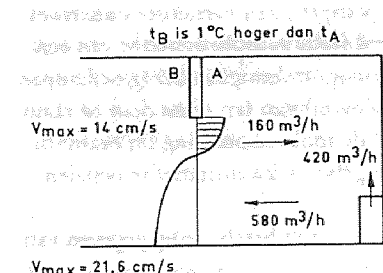
Uittredende rook bij uitslaande brand
-FIGUUR 1-



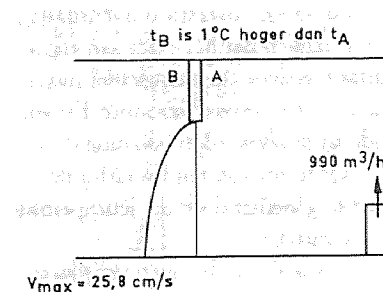
Plaats neutraal vlak en snelheidsverloop in een open raam bij brand
-FIGUUR 2-



Snelheidsverdeling in de open deur bij een temperatuurverschil van 1 K, zonder overstroombrooster
-FIGUUR 3-

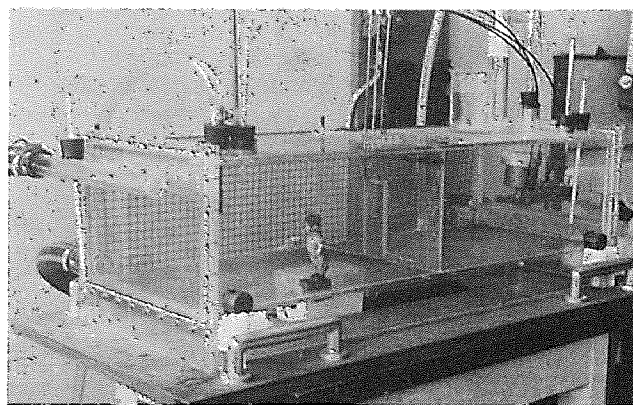


Overstroombrooster van $420 \text{ m}^3/\text{h}$
-FIGUUR 4-



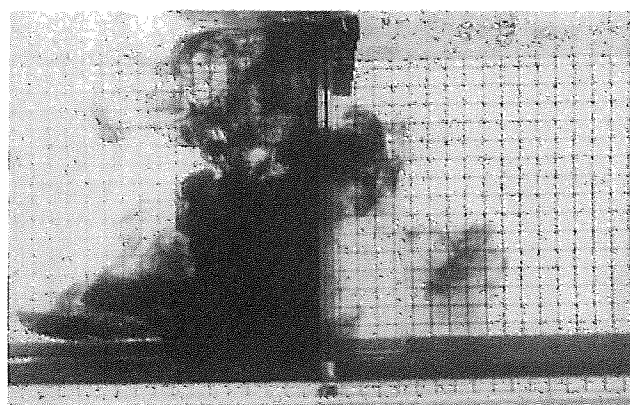
Overstroombrooster van $990 \text{ m}^3/\text{h}$
-FIGUUR 5-

Door het verschil in soortelijke massa heeft de warme rook echter een groter volume dan de koude buitenlucht, waardoor het neutrale vlak (de grens



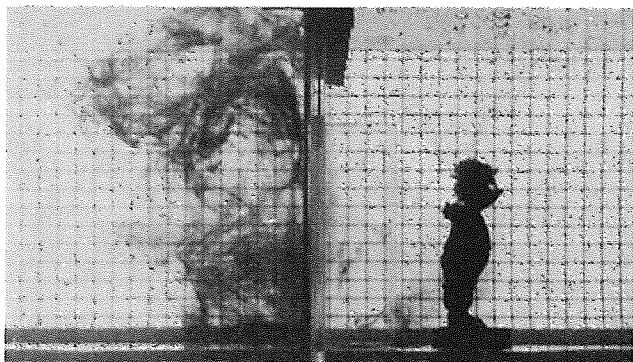
Met water gevuld stromingsmodel van twee ruimten met een te openen deur

-FIGUUR 6-



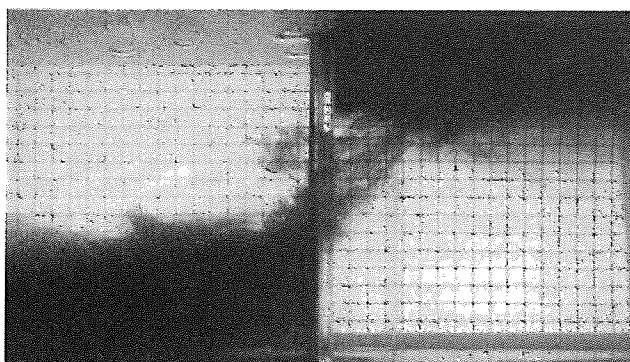
Stroming kort na het openen van de deur in de isotherme situatie zonder overstroomventilatie

-FIGUUR 7-



Als, kort nadat een persoon door de deuropening is gepasseerd

-FIGUUR 8-



Stroming, enige tijd na het openen van de deur bij een temperatuurverschil van 1 K, zonder overstroomventilatie

-FIGUUR 9-

russen in- en uitstromende lucht, zie figuur 2) lager komt te liggen. Bij dit in de zestiger jaren verrichte onderzoek werd reeds gebruik gemaakt van een analoog stromingsmodel (gloeilampen-analogen) van een open deur of raam, om de rookverspreiding bij brand in een gebouw kwantitatief te bepalen.

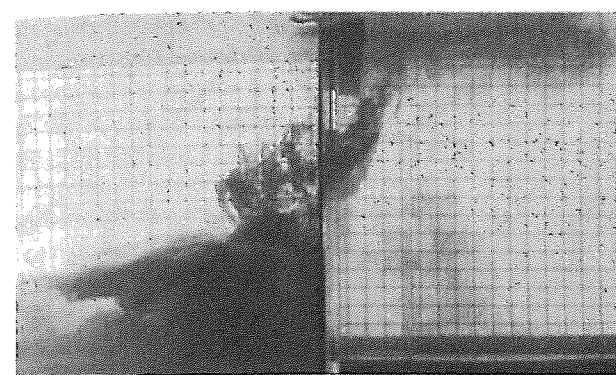
In [3] is een beschrijving gegeven van de theoretisch te verwachten luchtuitwisseling tussen twee ruimten in een ziekenhuis bij een geopende deur van 0,8 x 2 m. Daarbij werd een situatie beschouwd van 'overstroomventilatie', dat wil zeggen dat het extra aan een ruimte toegevoerde luchtdebiet naar de andere ruimte overstroomt. De volgende situaties werden behandeld:

- de isotherme toestand waarbij de luchtsnelheden door de deuropening zeer gering zijn;
- de toestand waarbij geen ventilatie-lucht wordt toegevoerd, maar wel een temperatuurverschil van 1 K tussen de vertrekken is verondersteld. De tegengesteld optredende thermische luchtdebieten door de deur bedragen daarbij ongeveer 350 m³/h (figuur 3). De neutrale lijn ligt op halve hoogte, omdat het verschil in

soortelijke massa bij deze kleine temperatuurverschillen zeer gering is; de toestand bij een temperatuurverschil van 1 K en een overstroomventilatie van 420 m³/h van vertrek A naar B. Er kan niet worden verhinderd dat nog altijd ongeveer 160 m³/h naar vertrek A overstroomt (figuur 4). De neutrale lijn wordt omhoog verplaatst; de toestand waarbij in vertrek A juist voldoende lucht wordt toegevoerd om ongewenste toestroming vanuit ruimte B te voorkomen. Het vereiste luchtdebiet voor overstroomventilatie bedraagt 990 m³/h (figuur 5).

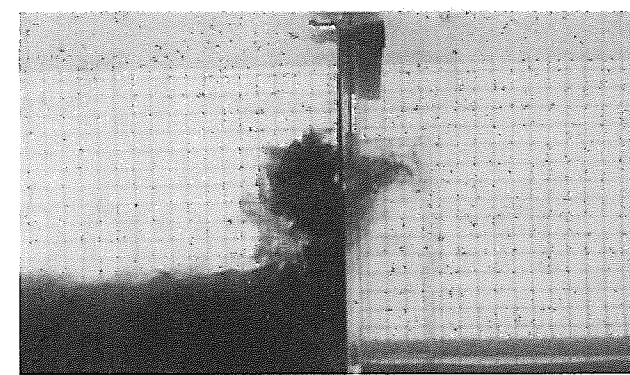
In [4] wordt het open-deur-gedrag nader uitgewerkt, waarbij ook het effect van een door de deuropening lopend persoon wordt beschouwd. Dit wordt gevisualiseerd door gebruik te maken van een stromingsmodel met water (figuur 6). Daarin kan een temperatuurverschil tussen de beide ruimten en een overstroom van de ene naar de andere ruimte worden gerealiseerd. Bovendien kan een poppetje door een te openen deur worden bewogen. Figuur 7 geeft in de isotherme stromingsloze situatie de toestand kort na

het openen van de deur weer. Door het openen van de draaideur in de richting van de schone ruimte vindt toch enige uitwisseling plaats. Wellicht zou dit effect niet zijn opgetreden bij toepassing van een schuifdeur. Figuur 8 laat de toestand zien kort nadat een persoon door de deuropening is gelopen. Nadat de persoon stilstaat schiet de meegenomen kleurstof voorbij de benen en langs de rug omhoog de ruimte in. Figuur 9 toont de niet-isotherme situatie bij een temperatuurverschil van 1 K, zonder overstroomventilatie. Duidelijk is de neutrale zone op de halve deurhoogte te herkennen; van vermenging van de koude en warme lucht in de (ongeventileerde) vertrekken is geen sprake. In Figuur 10 is de situatie weergegeven voor een temperatuurverschil van 0,16 K en een overstroomventilatie van 180 m³/h. Deze overstroomventilatie is nog onvoldoende om de thermische luchtuitwisseling op te heffen; de neutrale lijn verschuift echter wel omhoog. Om terugstroming bij een temperatuurverschil van 0,16 K juist te voorkomen is een overstroomventilatie benodigd van 360 m³/h zoals in figuur 11 wordt getoond; de neutrale lijn ligt daarbij bo-



Stroming door de open deur bij een temperatuurverschil van 0,16 K en een tegenwerkende overstroomventilatie van 180 m³/h

-FIGUUR 10-



Een tegenwerkende overstroomventilatie van 360 m³/h is juist voldoende om ongewenste luchtuitwisseling te voorkomen

-FIGUUR 11-

ven het deurvlak.

Bouwman [4] concludeert dat het modelonderzoek een goede overeenkomst aantoon met de theorie en dat deze voorlopig een betrouwbaar houvast geeft, zolang sterker storende stromingen in de ruimte ontbreken.

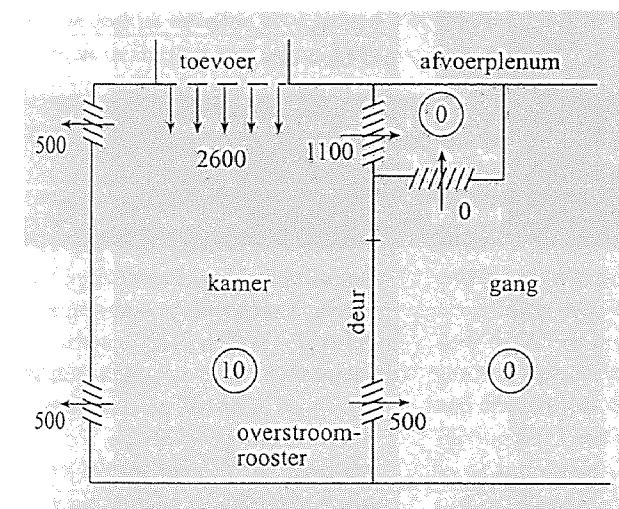
TOENEMENDE OVERSTROOM BIJ OPEN DEUR

In figuur 12 is het ontwerp in principe weergegeven van een luchtafvoersysteem, waarbij het overstroomende luchtdebiet toeneemt bij openen van de deur. Dit systeem is reeds met succes toegepast in twee behandelkamers voor beenmergtransplantatiepatiënten in het oude Wilhelmina Kinderziekenhuis te Utrecht [5]. Uitgangspunt is een afvoerplenum boven de gang, waarin bij gesloten deur hetzelfde drukniveau heerst als in de gang. Een afvoer-rooster in kamer 1 is hierop aangesloten en moet dus zijn gedimensioneerd op een klein drukverschil. Het rooster

in het plafond op de gang wordt nog iets groter gedimensioneerd. De luchttoevoer via het downflowplafond in kamer 1 bedraagt 2600 m³/h en het overstroomende luchtdebiet 500 m³/h (kan ook lager worden gekozen). Als nu de deur wordt geopend (figuur 13) treedt een drukvereffening op tussen de gang en kamer 1. Het via de open deur overstroomende luchtdebiet neemt dan toe met een waarde die wordt bepaald door de verhouding van weerstanden van de beide luchtroosters in het afvoerplenum boven de gang. Met een rooster in de gang dat twee maal zo groot is als dat in de kamer, zal het luchtdebiet door de deur toenemen tot:

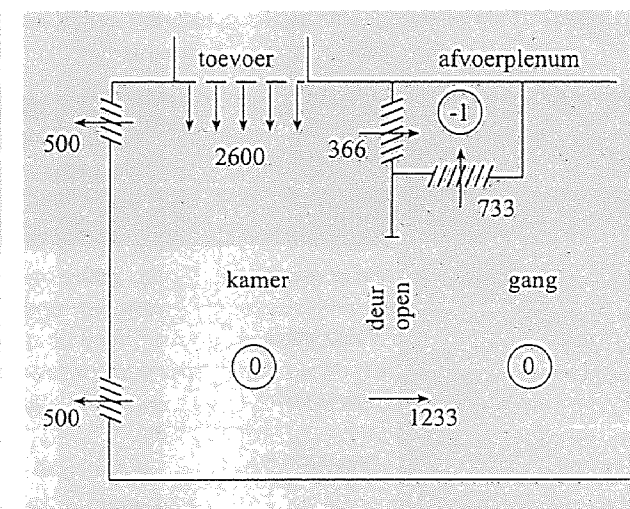
$$q_v = 500 + 2/3 \times 1100 = 1233 \text{ m}^3/\text{h}$$

Volgens het modelonderzoek van Bouwman zal daarmee bij een temperatuurverschil van ruim 1 K terugstroming via de deur kunnen worden voorkomen. Dit systeem is aan te bevelen als er geen mogelijkheid tot gebruik van een sluis is.



Principe van een luchtafvoersysteem waarbij het overstroomdebiet toeneemt als de deur wordt geopend (deur dicht)

-FIGUUR 12-



Principe van een luchtafvoersysteem waarbij het overstroomdebiet toeneemt als de deur wordt geopend (deur open)

-FIGUUR 13-

LITERATUUR

1. Overstroomroosters in het OK-blok van de operatie-afdeling: Een Noodzaak!, P-91-005, Techniek in de Gezondheid (TG) nr.9/september 1991.
2. den Ouden, H.Ph.L.†, Rookverspreiding en ventilatiesystemen, TNO/TVVL-dag, Delft, oktober 1971, IG-TNO, afd. Binnenklimaat
3. Bouwman, H.B.†, Mogen deuren in een ziekenhuis open blijven staan?, TNO/TVVL-dag, Delft, oktober 1972, IG-TNO, afd. Binnenklimaat
4. Bouwman, H.B.†, Luchtstromingen door een open deur, TNO/TVVL-dag, Delft, oktober 1972, IG-TNO, afd. Binnenklimaat
5. Ham, Ph.J., De luchttechnische installatie voor het tweetal isolatiekamers van het Wilhelmina Kinderziekenhuis te Utrecht, Klimaatbeheersing 22 (1992) nr.8 (augustus)