

Ventilatie en gezondheid

Er is een toenemende belangstelling voor het onderwerp "binnenluchtkwaliteit" en de relatie ervan met het correcte (of foutieve) ontwerp van het klimaatsysteem. Dit is zeker van toepassing in de gezondheidszorg waar, in ziekenhuizen, de verplaatsing van vervuilde lucht de tweede meest voorkomende besmettingsoorzaak is bij patiënten, personeel en bezoekers.

-door F.B. Hoek*



Dhr. F.B. Hoek

Door recente uitbraken van mycobacteriële tuberculose (TB), die bijna epidemische proporties aannamen, is wereldwijd bezorgdheid ontstaan over zich door de lucht verplaatsende besmettelijke ziekten. Dit probleem is zo zorgelijk dat het U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention (CDC) de richtlijnen voor de preventie van TB-overdracht in gezondheidsinstellingen heeft aangepast. De richtlijnen geven specifieke aanbevelingen op het gebied van ventilatie en drukregeling om de verspreiding van ziekten via de binnenlucht te kunnen voorkomen. Isolatiekamers met onderdruk, in de wandelgangen "infectie-isolatiekamer" genoemd, staan bekend als één van de sleutelementen bij het voorkomen van deze besmettelijke overdracht. Daarbij komt dat door het groeiende aantal HIV/AIDS-gerelateerde aan-

doeningen de vraag naar beschermende isolatieruimten is toegenomen.

RUIMTEN MET OVERDRUK

Isolatieruimten met overdruk worden gebruikt om patiënten met bepaalde aandoeningen te beschermen tegen ziektekiemen in de binnenlucht. Transplantatiepatiënten bijvoorbeeld, worden voorafgaand aan de operatie opzettelijk in een toestand met verlaagde immuniteit gebracht om het risico van orgaanafstoting te voorkomen. Deze patiënten kunnen, in het bijzonder in de eerste dagen na de operatie, levensbedreigende infecties oplopen. Op dat moment is de patiënt extra bevattelijk voor andere ziekten totdat zijn eigen afweermechanisme is hersteld. Transplantatiepatiënten lopen evenveel gevaar om aan post-operatieve infecties, zoals longontsteking, te bezwijken als aan de afstoting van het getransplanteerde orgaan. Daarnaast zijn ook brandwondpatiënten en patiënten met HIV/AIDS extreem bevattelijk voor andere ziekten omdat hun afweer kenmerkend is verlaagd.

RUIMTEN IN ONDERDRUK

Het laboratorium in een ziekenhuis is een ander kritisch gebied dat isolatieruimte vereist voor de bescherming van het laboratoriumpersoneel. Medewerkers van ziekenhuislaboratoria voeren

tests uit op monsters (bloed, weefsel, urine en/of ander materiaal) die besmettelijke ziekten kunnen bevatten. De monsters, maar ook de gebruikte reagentia bij de tests, kunnen een aanzienlijke bedreiging voor de gezondheid van de labmedewerker zijn. De tests op dit soort monsters moeten dan ook in zuurkasten worden uitgevoerd. Hiervoor is het van het grootste belang dat de zuurkasten optimaal de potentieel ziekmakende deeltjes verwijderen. Het is de rol van de zuurkast en het luchtbehandelingssysteem van het laboratorium om snelle, nauwkeurige en betrouwbare onderdruk te garanderen om de laboratorium medewerkers tegen schadelijke ziektekiemen in de lucht te beschermen. Optimale drukregeling in de ruimte voorkomt tevens de migratie van ziektekiemen naar de overige ruimten in het gebouw.

We onderscheiden diverse soorten kritische ventilatieruimten, zoals algemeen gebruikt in de gezondheidszorg:

- infectie-isolatieruimten (onderdruk);
- beschermende isolatieruimten (overdruk)
- chirurgische operatiekamers en/of ruimten voor speciale behandelingen;
- multi-inzetbare ruimten (schakelbare druk in de ruimte);
- wachtkamers (luchtsluizen met schakelbare druk in de ruimte);
- laboratoria met zuurkasten (onderdruk).

De primaire doelen van beschermende en isolerende ruimten zijn:

- her scheiden van patiënten, met overdraagbare infectieziekten, van andere personen;

* International Marketing Manager Phoenix Controls Corporation (Ventilating Honeywell)

- een omgeving creëren die het mogelijk maakt de concentratie van overdraagbare infectieziekten te verlagen;
- het voorkomen van het uitbreken van infectieziekten uit isolatie- en behandelkamers via de gangen naar andere delen van het gebouw;
- beschermen van patiënten met aangetaste immuniteit (bij transplantaties, HIV/AIDS etc.) tegen algemeen voorkomende, maar potentieel levensbedreigende ziekten.

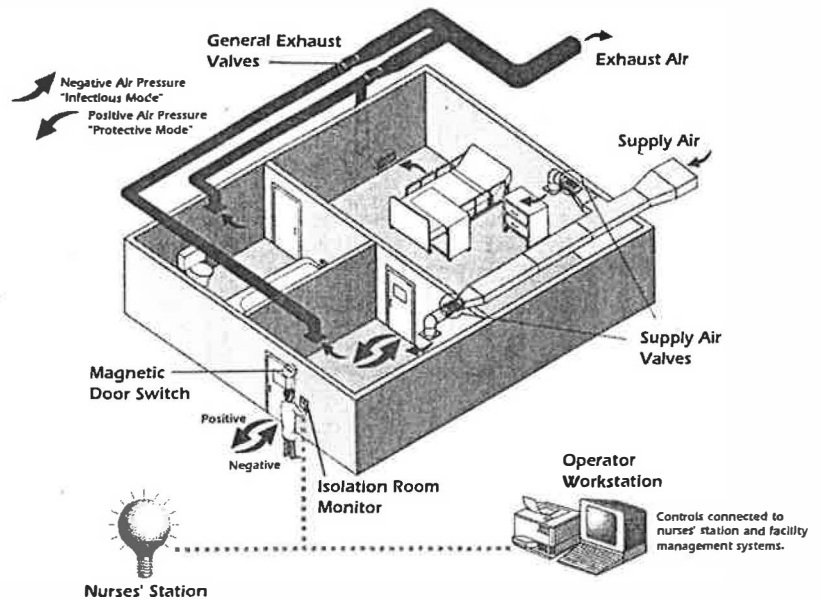
Omgevingsfactoren die de mogelijkheid van verspreiding verhogen zijn:

- blootstelling in kleine, afgesloten ruimten (bijvoorbeeld patiënten- en wachtkamers);
- foutieve ventilatie met als gevolg onvoldoende menging en/of verwijdering;
- recirculatie.

Uit het voorgaande kan worden afgelezen dat optimale ventilatie een sleutelrol speelt bij het voorkomen van de verspreiding van overdraagbare infectieziekten door de lucht. De CDC-richtlijnen stellen specifiek een opvolging van regeltechnische maatregelen voor als werktuigbouwkundige oplossingen worden gebruikt om "... de verspreiding van overdraagbare infectieziekten te voorkomen en de concentratie ervan te verlagen."

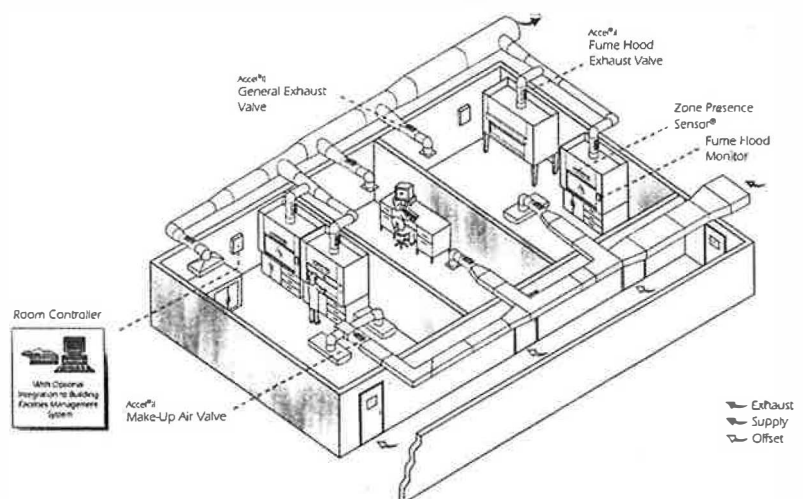
HET HVAC ONTWERP

Het is de rol van de ontwerper van het klimaatstelsel om optimale ventilatie- en drukregelstrategieën op te stellen om te garanderen dat infectie- en beschermende isolatiekamers en zuurkasten een veilige en effectieve manier zijn om gevaarlijke deeltjes in de lucht binnen te houden of te verwijderen, om op die manier de verspreiding van pathogene stoffen te voorkomen. Infectie-isolatiekamers zijn al vele jaren in gebruik in de gezondheidszorg, om bescherming te bieden aan personeel, patiënten, vrijwilligers, bezoekers etc. Echter, als gevolg van de eerder genoemde recente uitbraak van tuberculose, is acute aandacht noodzakelijk om de isolatie van deze potentieel dodelijke ziekte te garanderen. De isolatiekamer is een integraal onderdeel om dit te bereiken. Hierdoor zijn de luchtbehandelingsinstallaties in de gebouwen aan een kritische beschouwing onderworpen om te garanderen dat ze correct functioneren (figuur 1 en 2).



Algemene opzet isolatieruimte

-FIGUUR 1-



Algemene opzet laboratorium met zuurkasten

-FIGUUR 2-

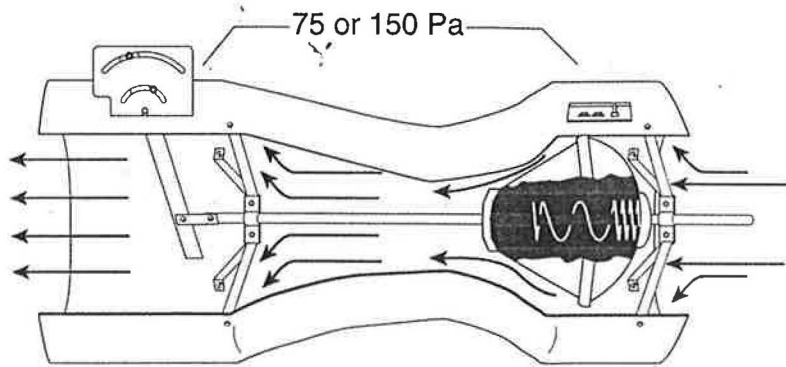
ONTWERP MET VOLUMECOMPENSATIE

Voor het handhaven van de gewenste ruimtedruk, leveren de regelkleppen een constant luchtvolume. In infectie-isolatie ruimten handhaaft de regelklep een luchtafvoervolume dat 10% groter is (gebaseerd op de CDC-richtlijnen) dan het volume dat wordt aangevoerd in de ruimte. Deze compensatie creëert een onderdruk in de ruimte, waardoor de via de lucht overdraagbare infectieziekten in de ruimte worden gehouden. Tegenovergesteld, voor kamers met overdruk, creëert de regelklep een positieve druk door een aanvoervolume dat 10% groter is dan het volume van

de afgevoerde lucht. Hieruit volgt een overdruk die ervoor zorgt dat potentieel gevaarlijke overdraagbare infectieziekten geen bedreiging vormen voor patiënten met een verlaagde immuniteit. Volumecompensatie zorgt voor optimale directe luchtstroom, onafhankelijk van de actuele waarde van de druk in de ruimte. Deze benadering is niet afhankelijk van het gebruik van minder betrouwbare apparatuur voor drukregeling.

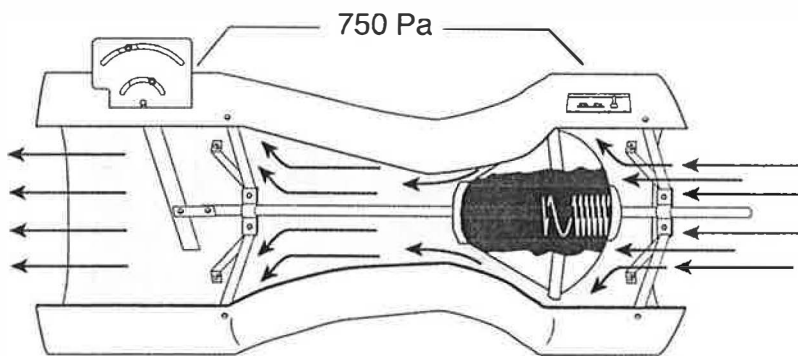
VENTURI-LUCHTKLEP

Een succesvolle oplossing voor ruimte-ventilatie moet een geschikte regeling



Als er een lage statische druk is, wordt er minder kracht op de kegel uitgevoerd waardoor de veer in de kegel uitzet, waardoor de kegel wordt weggetrokken van de venturi. De combinatie van lage druk en een grotere open gebied zorgt voor de gewenste luchtstroom.

-FIGUUR 3A-



Als de statische druk op de kegel toeneemt, wordt de veer samengedrukt en beweegt de kegel in de venturi. De hogere druk en de kleinere opening worden gecombineerd om de instelling te handhaven.

-FIGUUR 3B-

van druk en luchtstroom bieden, onafhankelijk van wijzigingen in de betreffende ruimte en/of het luchtbehandelingssysteem. De regeling moet snel, betrouwbaar en nauwkeurig reageren op elke verandering van de druk in de ruimte of het luchtkanaal. Als de luchtstroomregelaar niet in staat is om direct en nauwkeurig deze veranderingen te compenseren, ontstaat een tijdelijke situatie die levensbedreigend is voor hen die worden beschermd. Een verbetering ten opzicht van de traditionele kleppen met lamellen is de speciaal ontworpen venturi-luchtklep. Deze venturi is ontwikkeld met een mechanische, drukonafhankelijke regulator die voldoet aan de eisen van snelle, nauwkeurige en veilige ruimtedrukregeling en de regeling van de luchtstroom in zuurkasten.

Deze verbetering is verkregen door een kegelvormig object (figuur 3) in de venturi-opening te plaatsen. De lucht

die door de klepopening voorbij de kegel stroomt, versnelt en krijgt een hoge stroomsnelheid als gevolg van de nauwe ringvormige ruimte tussen de kegel en de venturivorm van het klephuis. Hierdoor ontstaat een lage druk achter de kegel, gelijk aan wat gemeten zou zijn via de conventionele venturimeetpunten. De zo gegenereerde drukval over de kegel oefent een aanzienlijke kracht uit op de kegel, waardoor de kegel in de opening wordt geduwd.

Dit concept van een kracht die op een kegel werkt in een venturi-vormige opening, kan worden gebruikt om een nauwkeurige meetwaarde voor de luchtstroom te verkrijgen. Dit gebeurt door de kracht op de kegel en de oppervlakte van de ringvormige opening van de klep te meten. De resulterende waarde van de luchtstroom is ongeveer gelijk voor de druk, omdat de kegel zich gedraagt als een werkelijk integrerend oppervlak voor de nauwkeurige meting

van de totale statische drukval over de ringvormige opening. Onafhankelijk of de luchtstroom geleidelijk verandert dan wel verstoord wordt door de condities bij de in- en uitlaat, zal de meting van de luchtstroom door de klep de juiste zijn. Dit is zelfs het geval als er een obstakel voor de inlaat van de klep staat. Om de luchtstroom door de opening te krijgen moet er een corresponderende drukval over de kegel zijn. Deze drukval, die wordt gemeten door de totale kracht op de kegel, is een directe indicatie voor het debiet. De venturiklep werkt volgens een eenvoudig principe voor de meting van de luchtstroom, vergeleken met de methode met een luchtsnelheidsmeter en regelapparaat.

DRUKONAFHANKELIJK

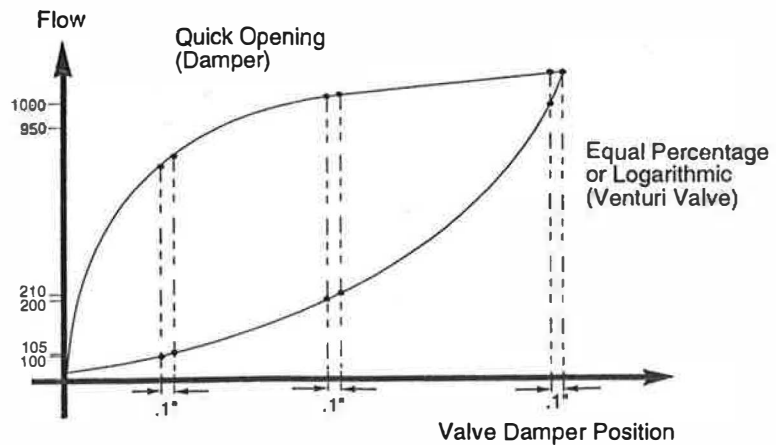
De Accel venturiklep (figuur 5) regelt een vaste luchtstroom onafhankelijk van veranderingen in de statische druk. Elke klep heeft een kegel die is uitgerust met een intern roestvrijstalen veerpakket. Dit veerpakket past de opening van de venturi volgens de systeemdruk aan, zoals te zien is in figuur 3. Hierdoor ontstaat een "veldonafhankelijk" luchtstroomregelapparaat, omdat de klep kan werken in elke omgeving in het veld zonder dat afstelling of aanpassing noodzakelijk is. Tijdens een stroomuitval is het belangrijk om de waarden van de aanvoer- en afvoerlucht te regelen op respectievelijk hun maximum en minimum volume. De venturi-luchtklep regelt dit door de mechanische drukcompensatieregeling van de kegel en veerpakket. Omdat het veerpakket geen externe aansturing heeft, heeft het verbreken van elektrische of pneumatische aansturing van de klep geen invloed op de drukonafhankelijke regelactie. Een ander voordeel is dat de klep geen recht stuk nodig heeft in het luchtkanaal zoals voor meetinstrumenten, met als gevolg eenvoudiger installatie.

VERGELIJKING KLEP

Conventionele ventilatiesystemen gebruiken niet lineaire kleppen (bijvoorbeeld vlinderkleppen, met enkelvoudige of meervoudige lamellen). Deze kleppen hebben een ongunstige openingskarakteristiek zoals te zien is in figuur 4. Omdat de druk over elke klep in de praktijk significant varieert tijdens het

openen, ontstaat er een niet-lineaire karakteristiek. Vervuilingen zullen in de loop van de tijd veranderingen in de luchtstroom en druk karakteristiek veroorzaken.

De luchtstroomfouten met de venturiklep zijn meer dan tien keer kleiner dan van traditionele luchtkleppen met gelijkwaardige mechanische toleranties. De regelactie is daardoor stabiel bij lagere luchtstromen, omdat een kleine verandering in de kleppositie niet resulteert in een grote verandering in doorstroom. Omdat regelsystemen voor de luchtstroom in ruimten voornamelijk werken in het onderste deel van hun regelgebied, verhoogt dit de nauwkeurigheid en stabiliteit bij lage volumens. Dit is zeer belangrijk voor een goede ventilatieregeling.



Flow to Position Curves of Different Flow Control Devices

Openingskarakteristiek van conventionele systemen en de venturi-luchtklep

-FIGUUR 4-

CONTROLEPANEEL

Als onderdeel van een omvangrijk luchtbehandelingssysteem kan een controlepaneel visueel informatie over de drukstatus aan het medische personeel geven. Zowel een visueel als auditief alarm attendeert het personeel op potentiële luchtstroom- en drukproblemen, zoals bijvoorbeeld verstoorde luchtstroomvolumes of een openstaande deur van een patiënten-/wachtkamer. Het visuele alarm blijft branden totdat het probleem is opgelost; het auditieve alarm kan met een knop worden uitgeschakeld. Het controlepaneel biedt tevens een leveranciersafhankelijke koppeling naar elk gebouwenbeheersysteem of centraal bewakingsstation.

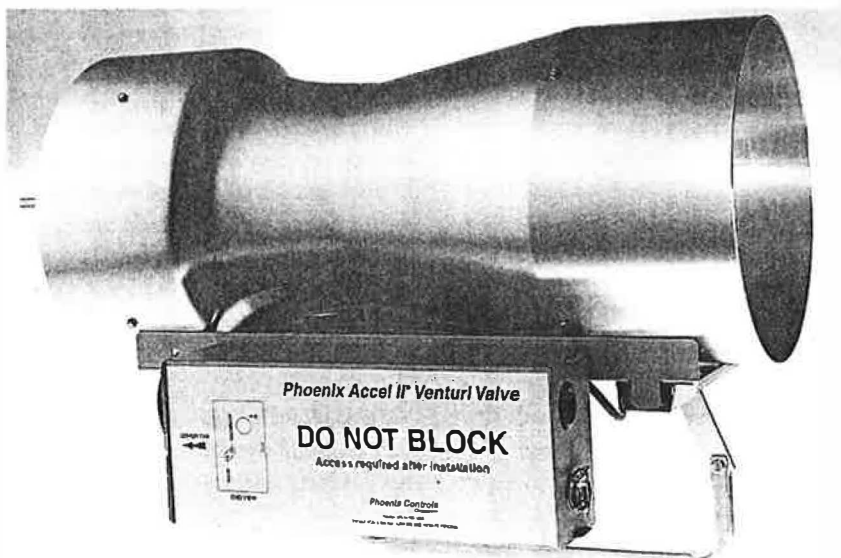
SAMENVATTING

De rol van het luchtbehandelingssysteem is in toenemende mate van belang om de kwaliteit van de binnenlucht te verbeteren. In kritische ruimten is de regeling van de luchtstroom de primaire mogelijkheid om de mensen in die ruimten te beschermen. Vooral in gebouwen voor gezondheidszorg is een aangepast HVAC ontwerp een belangrijk criterium voor de veiligheid van patiënten, personeel en bezoekers. Een goed ventilatie en luchtstroomhoeveelheid regelsysteem kan, in een gebouw, de bescherming en veiligheid verhogen door via een correcte druk-

balans de verspreiding van besmettelijke infectieziekten door de lucht te voorkomen. Ontwerp van luchtstroomhoeveelheidsregeling is de eerste stap naar het realiseren van bruikbare beschermings/isolatie ruimte. Een daarbij belangrijk ontwerp onderdeel is het luchtstroomregelapparaat. Met de drukonafhankelijke Accell venturi-luchtstroomklep is een snelle, stabiele en betrouwbare regeling daarvoor beschikbaar.

LITERATUUR

1. CDC 1994, *CDC-richtlijn ter voorkoming van de verspreiding van mycobacteriële tuberculose in gebouwen in de gezondheidszorg*; U.S Department of Health and Human Services, Public Health Services; Federal Register Vol. 59, No. 208.



De Accell II Venturi-luchtafsluiter van Phoenix Controls (Honeywell). Het roestvrijstalen veerpakket zorgt voor een vaste luchtstroom door directe aanpassing van het debiet bij verandering van de statische druk

-FIGUUR 5-