

Cross contaminatie

De rol van een afvoersysteem in gebouwen wordt binnen het geheel van installaties zelden herkend als een vitaal onderdeel om verspreiding van besmettelijke bacteriën te voorkomen. Een goed functionerend waterslot vervult in het afvoersysteem daarbij een belangrijke rol. Tot voor kort werd de hinder van een niet goed functionerend waterslot ervaren als slechts stankoverlast en niet als een gevaar voor het verspreiden van besmettelijke ziekten. Echter de verspreiding van het SARS-virus via een afvoersysteem in het Amoy Gardens complex in maart 2003 – met als resultaat 42 besmettingen – benadrukt het belang van het goed ontwerpen en functioneren van afvoersystemen met als doelstelling het risico op de verspreiding van, via de lucht, besmettelijke ziekten te voorkomen. Inzicht in de factoren die bijdragen aan het verspreiden van gassen via het afvoersysteem is onontbeerlijk. De Drainage Research Group van de Heriot Watt Universiteit in Edinburg verricht al jaren onderzoek naar de stroming in afvoersystemen. Men heeft de SARS-besmetting uitvoerig geanalyseerd en vervolgens in het laboratorium een testoptelling gemaakt om het gedrag van de luchtstroming in de leidingen te onderzoeken. Vervolgens heeft men geprobeerd met het rekenmodel AIRNET de stroming in een profopstelling te simuleren. Doel van dit onderzoek is de invloed van de werking van watersloten te testen.

- door L.B. Jack*, Vertaling en bewerking W.G. van der Schee en W.J.H. Scheffer*****

STROMING IN EEN AFVOERSYSTEEM

Allereerst een beschouwing van de stroming in een afvoersysteem. Na de lozing in een sanitaire toestel stromen water en eventueel fecaliën vanuit de liggende leiding in de standleiding. Daarbij ontstaat in veel gevallen een watergordijn (is een hydraulische afsluiting) ter plaatse van de aansluiting van de liggende leiding op de standleiding. De stroming vervolgt zich grotendeels langs de wand van de standleiding –20 % van de stroom valt in de kern– die zich handhaaft tot aan de voet van de standleiding. Figuur 1 toont het theoretische gestileerde drukverloop in de standleiding. In werkelijkheid treedt

een grilliger verloop van de druk op. Afhankelijk van de mate van de afsluiting door het watergordijn treedt in de standleiding een grote of kleinere onderdruk op. De stroming in de standleiding zuigt bovendien lucht aan via de ontspanningsleiding door het dak en dit resulteert in een (kleinere) onderdruk in de standleiding en een overdruk in de voet van de standleiding. Als de lucht door de stroming in de standleiding treedt, ontstaat verderop in het afvoersysteem een drukvariatie. Beschouwen we de in figuur 1 schematisch aangegeven stroming en onderdruk in de standleiding, dan is te verwachten dat bij een correct functio-



Mevrouw L.B. Jack



De heer G. van der Schee



De heer W.J.H. Scheffer

nerend afvoersysteem er geen druppels, partikels of aërosolen worden verspreid via de stankafsluiters met een waterslot en dat er geen besmetting plaatsvindt. Aan de voet van de standleiding kan bij een slecht ontworpen of uitgevoerd afvoersysteem door de overdruk het waterslot worden leeggeblazen met alle risico's van dien. Druk-

* Drainage Research Group, Heriot Watt Universiteit, Edinburg, Schotland.

** Wolter & Dros te Amersfoort

*** UNETO-VNI te Zoetermeer

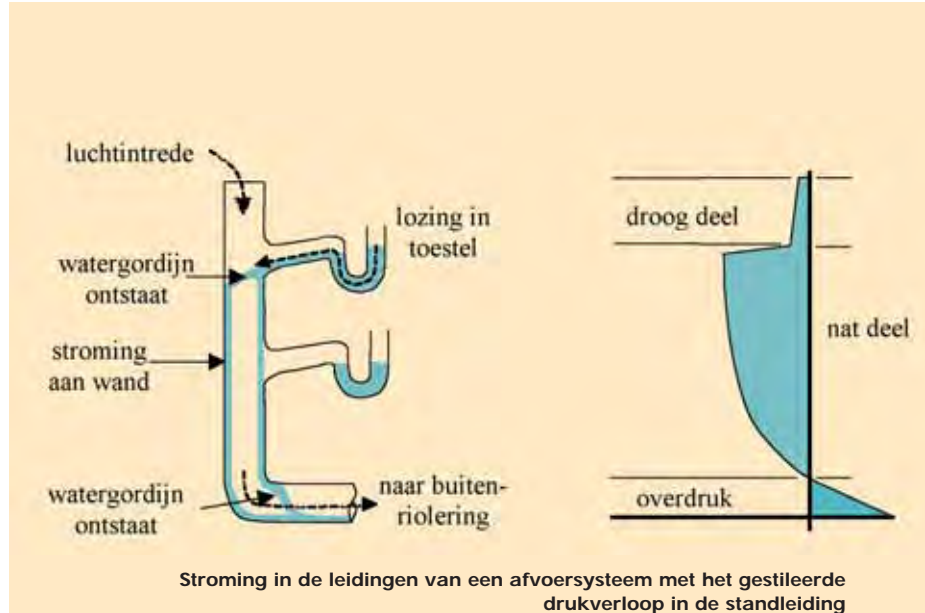
variaties in afvoersystemen zijn continu een thema tijdens onderzoeken aan de Heriot Watt Universiteit. Deze onderzoeken zijn noodzakelijk om inzicht te krijgen van de mechanismen die optreden bij drukvariaties in afvoersystemen om verspreiding van ziekten zoals in het Amoy Gardens complex in Hong Kong te voorkomen.

SARS VIA HET AFVOERSYSTEEM

De belangrijke details van de SARS-uitbraak in het Amoy Gardens complex zijn na grondig onderzoek inmiddels bekend en beschreven. Figuur 2 toont schematisch een tekening van de boven elkaar gelegen badkamers, een nis buiten en het afvoersysteem in het Amoy Gardens complex. In Hong Kong heeft men de gewoonte de afvoerleidingen in een nis aan de buitenzijde van het gebouw te monteren. De badkamers zijn gesitueerd aan de buitenmuur en grenzen aan de nis. Iedere badkamer bezit een afzuigventilator, die de afgezogen lucht blaast in de nis buiten en via een te openen raam kan verse buitenlucht toetreden. De SARS-besmetting is met diarree in het afvoersysteem terecht gekomen. Via een uitgedroogde afvoerput is het SARS-virus in een andere badkamer terechtgekomen en vervolgens via de afzuigventilator in de nis aan de buitenzijde geblazen. Door de luchtstroom naar boven in de nis, in de buitenmuur, is besmette lucht via openstaande ramen in hoger gelegen badkamers gestroomd. Daar raakten meerdere mensen besmet met het SARS-virus. Beschouwen we figuur 2, dan kunnen een aantal factoren bijdragen aan een mogelijke besmetting:

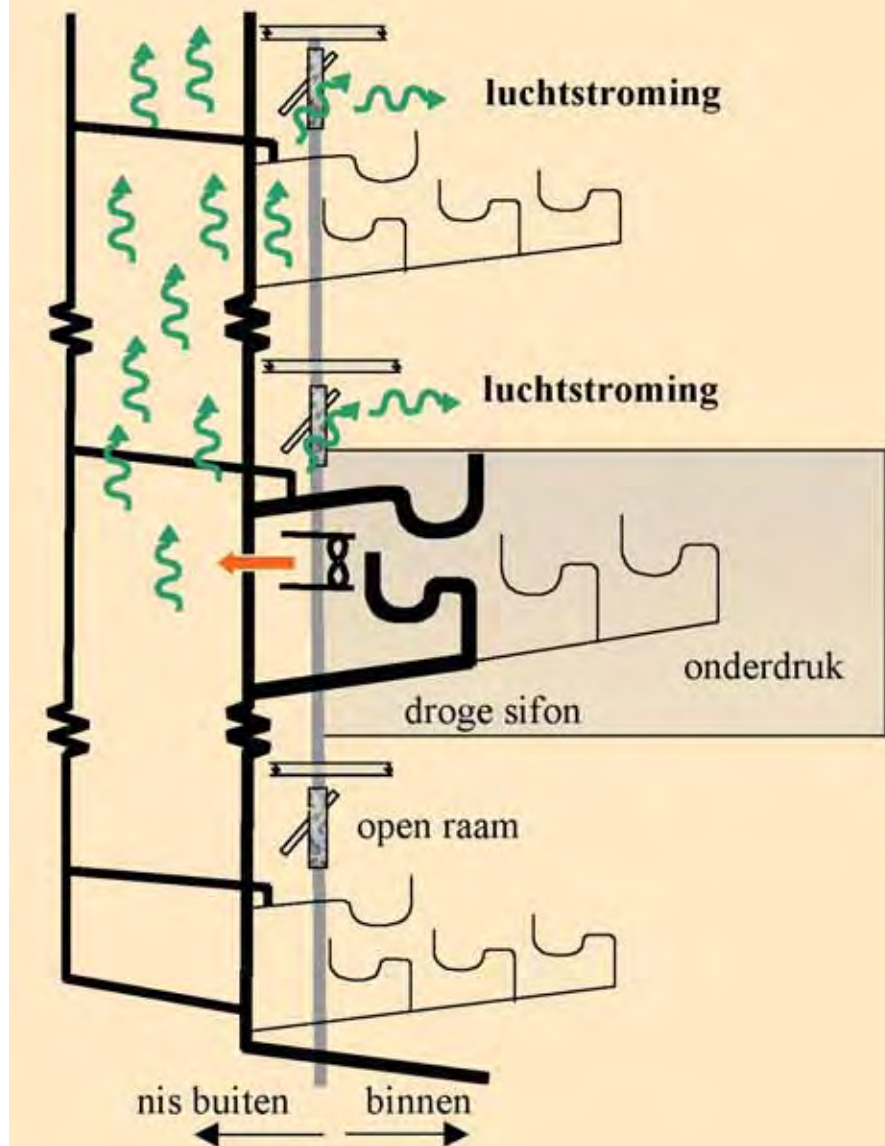
1. de verbinding tussen de appartementen via het afvoersysteem;
2. een uitgedroogd waterslot;
3. de luchtstroom vanuit de "besmette" badkamer naar de nis buiten;
4. de luchtstroom naar boven in de nis waardoor de besmette lucht opstijgt langs de bovengelegen badkamers;
5. het binnentreden van de besmette lucht in de bovengelegen badkamers via de openstaande ramen

Als de kans, het risico en de gevolgen van de bovenstaande factoren in kaart te brengen zijn, biedt dat de mogelijkheid het risico op besmetting via verspreiding in de toekomst te bepalen.



Stroming in de leidingen van een afvoersysteem met het gestileerde drukverloop in de standleiding

FIGUUR 1-

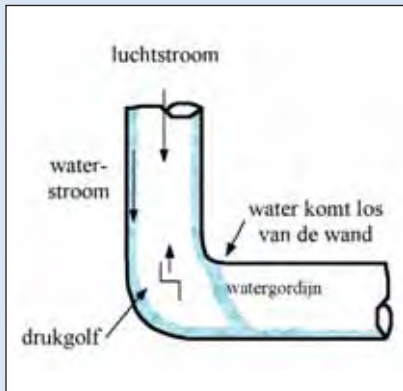


Schematische weergave van overdracht van het SARS-virus.

FIGUUR 2-

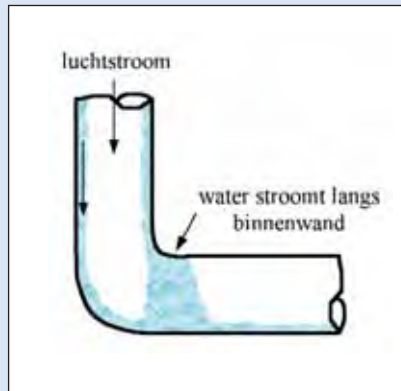
Van de bovenstaande factoren speelt de stankafsluiter waardoor luchttransport mogelijk is, een cruciale factor in het geheel. Een goede werking van de watersloten in de stankafsluiter voor-

komt de kans op besmettingen. Tevens moet een goed ontwerp van een afvoersysteem er op zijn gebaseerd dat extreme over- en onderdrukken in het leidingstelsel worden voorkomen. Dit ver-



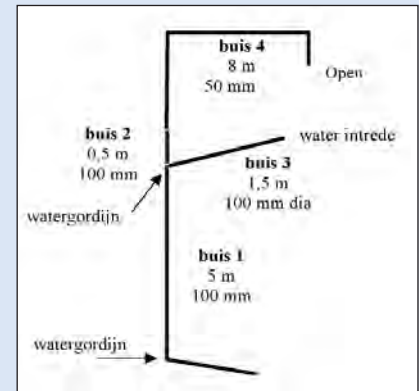
Vorming van het watergordijn en dus een hydraulische afsluiting aan de voet van de standleiding.

-FIGUUR 3-



De waterstroom volgt de wand van de leiding aan de voet van de standleiding. De lucht kan ontwijken.

-FIGUUR 4-



Schematische weergave van de proefopstelling.

- FIGUUR 5-

klaart de behoefte aan kennis van de factoren die drukvariaties in afvoersystemen beïnvloeden zoals de grootte, uitslag en tijdsduur. De onderzoekers stellen dat het met een rekenprogramma mogelijk moet zijn de drukvariaties in afvoersystemen te simuleren, analyseren en voorspellen. Het kortstondig doorslaan van stankafsluiters wordt eveneens beschouwd.

Het rekenmodel van AIRNET, dat door de Heriot Watt Universiteit in Edinburg is ontwikkeld, biedt de mogelijkheid stroming van vloeistof en lucht in afvoersystemen te simuleren en de onder- en overdrukken te voorspellen. Hierdoor biedt het model de mogelijkheid vooraf het risico op besmetting te onderkennen.

SIMULEREN VAN DE STROMING IN DE STANDLEIDING

Aan de voet van de standleiding, waar het afvalwater van richting verandert, stroomt het afvalwater langs de wand in de pijp. Het afvalwater volgt de contouren van de buitendiameter van de buis en de bocht. Voordat het afvalwater overgaat in een horizontale stroming kunnen door de zwaartekracht twee stromingen optreden: het afvalwater komt los van de wand en vormt een watergordijn (hydraulische afsluiting, zie figuur 3) of het afvalwater stroomt langs de binnenzijde van de wand (zie figuur 4) en lucht kan ontwijken.

Het is duidelijk dat bij een relatief kleine lozing in de standleiding het afvalwater langs de wand stroomt en dat luchtstroming van en naar de standleiding mogelijk is. Bij een grotere hoe-

veelheid afvalwater zal de waterstroom aan de voet van de standleiding loskomen van de wand en een watergordijn vormen wat geheel of gedeeltelijk het oppervlak van de leiding afsluit. Volledige afsluiting aan de voet van de standleiding geeft een toename van de overdruk in de standleiding door het afremmen van de luchtstroom. In de liggende leiding na de afsluiting ontstaat een onderdruk. De lucht kan immers vrij stromen. Van de theoretische beschouwingen van Joukowsky [2] is bekend dat de grootte van de drukgolf wordt bepaald door de omvang van de lozing, de stromingscondities in de leidingen, de samenstelling van de vloeistof en de snelheid van de drukgolf. Bij de beschouwde stroming aan de voet van de standleiding komt het analyseren van de drukgolf neer op het bepalen van de "sluitingstijd" van het watergordijn.

Het simulatieprogramma AIRNET biedt de onderzoekers de mogelijkheid een stroming in een leidingstelsel te simuleren om het gedrag van de drukgolven te bepalen. De simulaties worden vergeleken met de resultaten van metingen aan een eenvoudig leidingstelsel dat speciaal voor dit onderzoek in het laboratorium van de Heriot Watt Universiteit is gebouwd. Figuur 5 toont schematisch dit leidingstelsel. Het leidingstelsel is eenvoudig en bestaat uit:

- slechts vier leidingdelen;
- een afgesloten leidingdeel 3. Via deze leiding worden lozingen gedaan die overeenkomen met lozingen in woningen;
- een open leidingdeel 4. De primaire standleiding;
- de mogelijkheid een oscillerend

- watergordijn aan de voet van de standleiding te simuleren;
- de mogelijkheid een oscillerend watergordijn bij de aftakking van leidingdeel 3 te simuleren.

Tijdens het onderzoek wordt aan de voet van de standleiding en bij aftakking 3 met apparatuur een intermitterende sluiting van het watergordijn gesimuleerd, om de invloed op de luchtstroom en de daardoor opgewekte drukgolf in het leidingstelsel te bepalen. Om de invloed van ieder watergordijn apart te bepalen is het mogelijk ieder watergordijn separaat te simuleren.

Figuur 6 toont de resultaten van de metingen aan de proefopstelling. Te zien is dat door de hydraulische afsluiting in de standleiding bij aftakking 3 een variatie in de luchtstroom optreedt (tijdstip 7 en 9 seconden). Tevens toont figuur 6 dat door de afsluiting bij de overgang van de standleiding naar de horizontale leiding de luchtstroom zelfs van richting kan keren (tijdstip 15 tot 17 seconden). Er ontstaat een harmonica effect.

In figuur 6 is ook te zien dat de invloed van de stagnatie van de luchtstroom aan de voet van de standleiding veel groter is dan die bij aftakking 3. Bij de hydraulische afsluiting bij aftakking 3 zal een deel van de lucht via leidingdeel 4 ontsnappen naar de atmosfeer wat drukvariatie beperkt. Het afremmen van de grotere luchtstroom in de standleiding bij de overgang naar de liggende leiding leidt waarschijnlijk ook tot een grotere drukopbouw. TNO denkt daar iets anders over: de belangrijkste oorzaak voor de verschillen is het verschil in de opgedrukte

afsluitfrequentie. Bij de voet duurt de afsluiting langer en is ook de drukopbouw groter, meent Wim Kornaat van TNO.

Figuur 7 toont het effect van beide watergordijnen gesimuleerd met het programma AIRNET door afsluiting bij de voet van de standleiding, periode tussen 15 en 17 seconden. Hoewel bij de berekeningen beide effecten zijn gesimuleerd, omdat de afsluiting bij de voet van de standleiding maatgevend is, mag van een goede overeenstemming worden gesproken.

CONCLUSIE

De onderzoekers tonen aan dat door het disfunctioneren van het riolerings-systeem ongewenste luchtstromingen kunnen ontstaan.

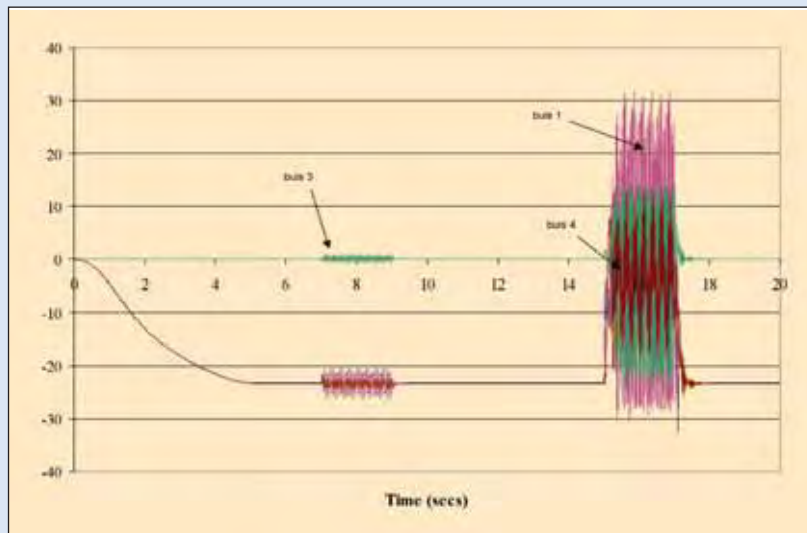
Het rekenprogramma AIRNET biedt de mogelijkheid complexe stromingen in afvoersystemen te simuleren. De uitkomsten komen goed overeen met de metingen.

Door hydraulische afsluitingen in afvoersystemen kunnen onverwachte en ongewenste luchtstromingen ontstaan.

BEVINDINGEN BIJ ONDERZOEKEN VAN TNO

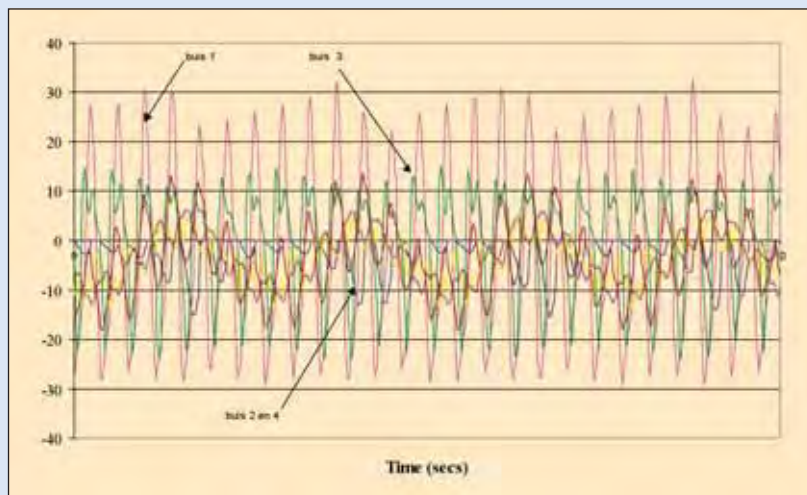
In opdracht van UNETO-VNI wordt door TNO onderzoek uitgevoerd naar rioleringsystemen in hoogbouw. De vraag hierbij is of systemen voor hoogbouw wel goed kunnen worden gedimensioneerd uitgaande van de geldende ontwerpregels. Dit naar aanleiding van in de praktijk geconstateerde problemen. Drukmetingen in riolerings-systemen in een aantal gebouwen en aan een proefopstelling zijn inmiddels uitgevoerd.

Een belangrijke conclusie, van de onderzoekers van het onderhavige artikel, is dat het rioleringsysteem zelf bij kan dragen in de verspreiding van verontreinigingen. Deze conclusie wordt onderschreven door de onderzoeken van UNETO-VNI en TNO. Overdrukken onder in standleidingen zijn geconstateerd, hetzij door hydraulische afsluiting bij de overgang van verticaal naar horizontaal, hetzij door beperkte ontluchtingsmogelijkheden naar het hoofdriool. Overdrukken bij de aansluitleidingen treden hierdoor op, waardoor de watersloten van stankafsluiters kunnen doorslaan en dus



Resultaten van de meting van de luchtstroom in de standleiding gedurende de afsluiting van het watergordijn aan de voet van de standleiding en bij aftakking 3.

- FIGUUR 6-



Resultaten van de simulatie van de luchtstroming in de standleiding gedurende de afsluiting van het watergordijn aan de voet van de standleiding en bij aftakking 3.

- FIGUUR 7-

verspreiding van verontreinigingen kan plaatsvinden. Deze problematiek blijkt niet beperkt te blijven tot alleen hoogbouw. Omkering van de luchtstromingrichting in de standleiding, zoals in het onderhavige artikel, is echter niet geconstateerd.

systems, and the contributory role of modelling positive transient pressure propagation", CIB W026 symposium, Belgium, 2005.

Met dank aan ing. W. Kornaat van TNO voor hulp bij de interpretatie van de meetresultaten.

REFERENTIES

1. Joukowsky, N. *Über den hydraulischer Stoss in Wasser-Lietungsrohren* *Memoirs de l'Academie Imperiale des Sciences de St Petersburg* 1900, trans. Simin, O. (1904) *Waterhammer* *Proc AWWA*, 24, 341-424.
2. Jack, L.B., Swaffield, J.A., Filsell, S., "Identification of possible cross contamination scenarios facilitated by building drainage and ventilation