

Numerieke analyse van beweging waterslot in stankafsluiters

Het waterslot van een stankafsluiter speelt een cruciale rol in het voorkomen dat stank en mogelijk giftig gas uit de riolering in de ruimte komt. Het verbreken van het waterslot is een verschijnsel dat optreedt als het waterslotniveau snel en hevig verandert in reactie op luchtdrukschommelingen in de afvoerleiding. In een op het CIB W062 symposium 2017 gepresenteerd Japans onderzoek werd dit "geïnduceerde sifonage" genoemd. Hoewel er meerdere studies zijn geweest over numerieke analyses en bewegingsvergelijkingen van schommelingen van het waterniveau in een waterslot, is in geen van die studies het verband tussen schommelingen van het waterniveau als gevolg van luchtdrukschommelingen in de gebouwriolering geanalyseerd.

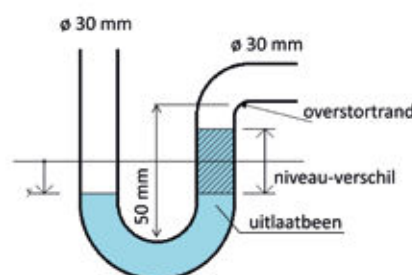
Associate Professor K. (Kyosuke) Sakaue, Meiji University, Ikuta, Japan.
Vertaling en bewerking: Ing. O.W.W. (Oscar) Nuijten, Edu4Install en lid van TVVL Expertgroep Sanitaire Technieken

Als uit een toestelleiding van de gebouwriolering rioolgas treedt, kan het de lucht binnenshuis verontreinigen en zelfs gezondheidsschade veroorzaken. Om dit te voorkomen, zijn de toestelleidingen of de lozingstoestellen zelf (bijvoorbeeld een closetpot) verplicht voorzien van een stankafsluiter. Het water in de stankafsluiter kan om vele redenen verloren gaan, wat leidt tot het verbreken van dit waterslot. Geïnduceerde sifonage is een van de belangrijkste oorzaken hiervan. Andere oorzaken voor het verbreken van het waterslot zijn verdamping en drukverschillen tussen binnen en buiten als gevolg van windaanval of onderdrukken door ventilatie-installaties. Drukwisselingen in het

afvoersysteem als gevolg van het afvoeren van water veroorzaken fluctuaties van het waterniveau in de stankafsluiters.

Om dit verschijnsel en waterverlies uit de stankafsluiters te voorkomen, worden diverse voorzorgsmaatregelen getroffen, zoals het aanbrengen van ontspanningsleidingen van de juiste ontwerp-middellijn. De ontwerp-methode is gebaseerd op verband tussen de grootte van het afvoer-debiet en de optredende onderdruk in de afvoerleiding. Dit is een statische benadering. Echter deze relatie moet echter als een dynamisch verschijnsel worden beschouwd, aangezien de luchtdruk in de afvoerleiding in de werkelijkheid sterk fluctueert. Men moet

dan denken aan een aantal fluctuaties per seconde, een druktrilling als het ware. Denk daarbij aan het bewegen van het waterslot in een closet als een ander closet wordt gespoeld.



Figuur 1: Model van het stankslot.



Lozing		Luchtdruk [mmwk]		Waterniveau [mm]				Waterverlies [mm]	
				Experiment		Simulatie		Experiment	Simulatie
		Max	Min	Max	Min	Max	Min		
Constance afvoer	1,5 l/s	4,5	-11,0	3,8	-8,5	1,9	-7,5	0,08	0,7
	4,5 l/s	12,2	-23,8	2,5	-24,9	2,1	-23,2	11,6	6,2
Stoots-gewijze afvoer	1 WC	8,4	-6,6	4,7	-5,1	4,0	-3,8	0,9	0,7
	3 WC	14,9	-14,8	4,6	-10,7	6,9	-9,2	1,9	1,6

Tabel 1: Maximum en minimum waarden van luchtdruk, waterniveau en waterverlies uit de stankafsluiter.

MODEL STANKAFSLUITER

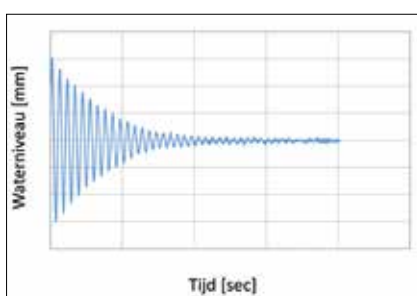
In deze studie hebben de Japanse onderzoekers een bewegingsvergelijking afgeleid voor het verbreken van het waterslot in een stankafsluiter (sifon) met overal dezelfde diameter van 30 mm en een waterslotdiepte van 50 mm. De validiteit van de vergelijking is onderzocht door het analyseren van de schommelingen met behulp van Excel Visual Basic for Applications (Excel VBA) op basis van de kracht van de trilling van de luchtdruk in de afvoer.

TRILLINGSVERSCHIJNSEL

Geïnduceerde sifonage kan worden beschouwd als een eerstegraads vrijheid gedwongen trillingsverschijnsel gecreëerd door de kracht ten gevolge van de druk ter plaatse in het afvoersysteem. Na de conventionele procedures van trilling analyse, is eerst een bewegingsvergelijking van vrije trilling en dan die van gedwongen trilling ontwikkeld.

NUMERIEKE BEREKENINGSMETHODE

Waterverlies treedt op als de bovenkant van het uitlaatbeen (overstortrand) overstroomt. Wanneer dit gebeurt, wordt de massa water in het waterslot verminderd en moet het als een onstabiel fenomeen worden behandeld (transient fenomeen). Als een algemene oplossing niet kan worden verkregen voor een onstabiel verschijnsel, moet de numerieke



Figuur 2: Vrije trilling van het waterniveau stankslot.

berekeningsmethode worden toegepast. Men heeft hiertoe de Runge-Kutta methode toegepast als een numerieke berekeningsmethode en gebruikten daarvoor Excel VBA. De dempingscoëfficiënt in de vergelijking werd verkregen uit het voorlopige experiment en de schommeling van het waterniveau werd gesimuleerd met gebruikmaking van luchtdrukschommelingen vanuit het experiment.

PROEFNEMINGEN

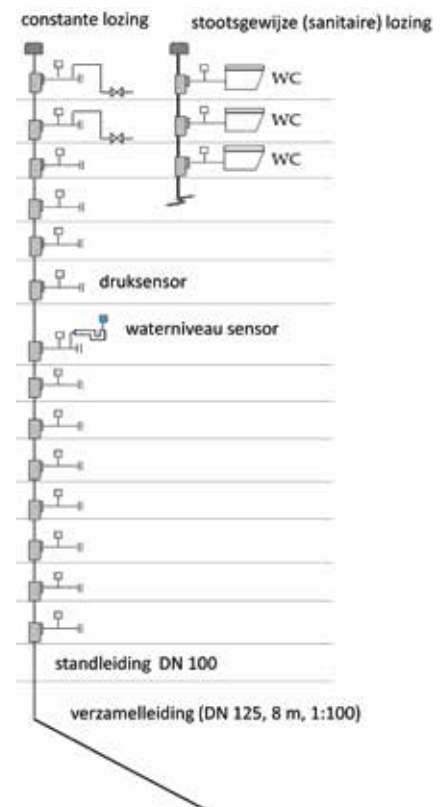
De bewegingsvergelijking is gevalideerd door proefnemingen en metingen te doen in een experimentele toren van 15 verdiepingen, zie figuur 3. Men heeft een afvoersysteem met een standleiding DN100 met ontspanning en met speciale standleiding-T-stukken opgebouwd in de proeftoren van 16 verdiepingen. Er is gemeten met constante volumestromen op de bovenste verdiepingen (1,5 en 4,5 l/s) en stootsgewijze (sanitaire) volumestromen ten gevolge van het spoelen van een closet en drie closets gelijktijdig. De maximum volumestroom tijdens de lozing van een closet bedroeg 2,2 l/s.

RESULTATEN

Experimentele resultaten van luchtdrukschommelingen (Pa) in de afvoer, en experimentele en gesimuleerde resultaten van de schommeling van het waterniveau (mm) met een constante afvoer van 1,5 en 4,5 l/s, en stootsgewijze afvoer van een en drie closets worden getoond in figuur 4. Maximum en minimale waarden van de luchtdruk en het niveau en het waterverlies uit het waterslot worden weergegeven in figuur 4 en tabel 1.

Bij stootsgewijze afvoer treden zowel overals onderdrukken op, terwijl bij constante afvoer alleen onderdruk optreedt. De reden daarvoor is dat de lucht in de afvoer gecompriëerd wordt door de aanvankelijke grote piekvolumestroom van het closet. Zowel de experimentele als de gesimuleerde resultaten van de waterniveau-schomme-

lingen wijzen op de soortgelijke trend in de reactie op de fluctuatie van de luchtdruk in de afvoer. Terwijl de luchtdruk in de afvoer terug naar nul gaat als de afvoer is voltooid, laat het waterniveau nog een lichte oscillatie zien. Bij simulatie is er dan geen fluctuatie van het waterniveau meer te zien, aangezien de beweging van het wateroppervlak niet werd berekend. Als geheel is de maximale en minimale luchtdruk en het waterniveau bij simulatie ongeveer 10% kleiner dan die in het experiment, behalve bij een constante afvoer van 4,5 l/s. Dit lijkt erop te wijzen dat er bij 4,5 l/s een resonantieverschijnsel is opgetreden.



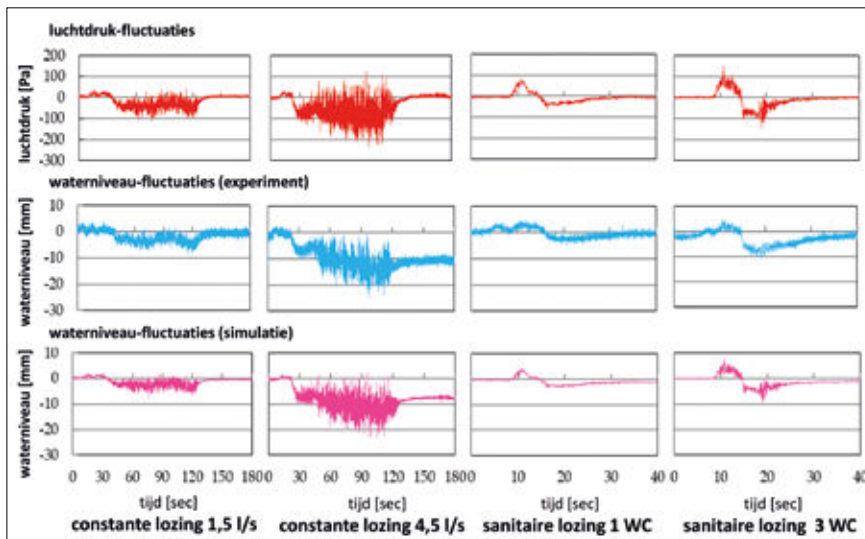
Figuur 3: De proeftoren.

Dominante frequentie [Hz]	Constance afvoer		Stootsgewijze afvoer	
	1,5 l/s	4,5 l/s	1 WC	3 WC
1e verd.	3,17	3,42	1,22	3,47
2e verd.	3,56	3,03	6,59	3,22
3e verd.	3,96	1,12	3,47	3,76
4e verd.	2,54	1,76	2,25	1,07
5e verd.	4,3	1,51	2,0	1,51

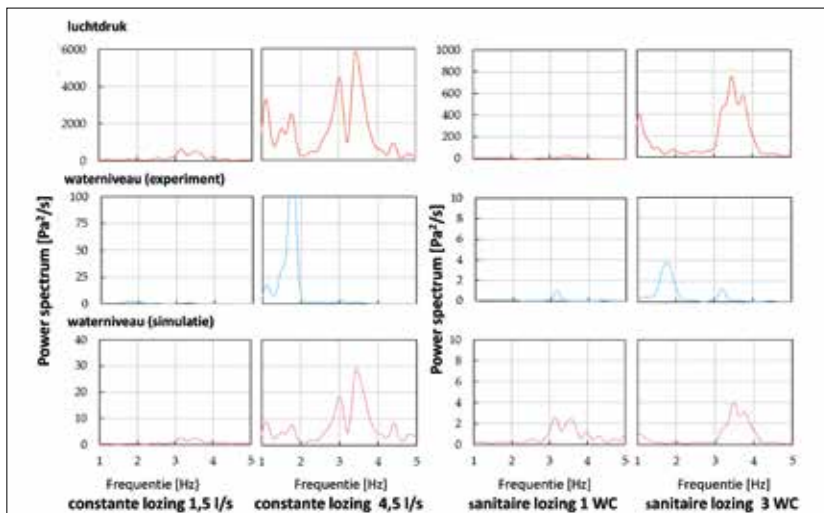
Tabel 2. Dominante frequenties van luchtdruk-fluctuaties in de afvoer.

Dominante frequentie [Hz]	Constance afvoer				Stootsgewijze afvoer			
	1,5 l/s		4,5 l/s		1,5 l/s		4,5 l/s	
	Expt.	Sim.	Expt.	Sim.	Expt.	Sim.	Expt.	Sim.
1e verd.	1,81	3,17	1,76	3,42	3,17	3,47	1,75	3,47
2e verd.	3,32	3,56	1,12	3,03	-	1,22	3,22	3,76
3e verd.	1,22	4,0	3,08	1,12	-	2,25	1,22	1,07
4e verd.	-	4,3	2,29	4,39	-	4,05	-	1,95
5e verd.	-	2,54	3,42	1,76	-	4,88	-	1,51

Tabel 3. Dominante frequenties van waterniveau-fluctuaties.



Figuur 4: Experimentele resultaten van luchtdrukfluctuaties in riolering en experimentele en gesimuleerde resultaten van de waterniveaufluctuaties in stankafsluiter.



Figuur 5: Dominante frequenties (waarbij drukschommeling het grootst is).

Experimentele resultaten van luchtdruk-fluctuaties in afvoer, en experimentele en gesimuleerde spectrumverdeling van waterniveau-fluctuaties bij 1,5 en 4,5 l/s en een en drie closets worden getoond in figuur 5. De dominante frequenties van de luchtdrukvariatie in de afvoer- en afdichtwaterschommelingen worden weergegeven in tabel 2 en 3.

CONCLUSIES

De resultaten van de analyse kunnen als volgt worden samengevat:

1. De trend van gesimuleerde fluctuaties van het waterniveau valt ongeveer overeen met de experimentele resultaten.
2. De gesimuleerde maximum en minimum fluctuaties in het niveau in het waterslot zijn 10 tot 20% kleiner dan de experimentele resultaten (zie figuur 4).
3. De eerste en tweede dominante frequenties in de luchtdrukfluctuaties vielen in het bereik van 3,0 ~ 3,6 Hz, behalve bij de afvoer met 1 closet.
4. De gesimuleerde spectrumverdeling van de fluctuaties in het waterniveau lijkt op die van de druk in de afvoer.
5. Er is een soort resonantieverschijnsel opgetreden bij een afvoer van 4,5 l/s. Dit is bevestigd door de analyse van het spectrum, maar de simulatieanalyse heeft hiervoor geen ondersteunend bewijs geleverd.

Op basis hiervan kan worden geconcludeerd dat de simulatie in zijn toepassing gevalideerd is. Wat betreft (2) en (5), kan de kleine dempingcoëfficiënt hebben bijgedragen aan de resultaten. Dit onderzoek kan een goede basis zijn voor vervolgonderzoek.



Oscar Nuijten



Associate Professor K. (Kyosuke) Sakaue