

Verbeterd inzicht in werking binnenriolering

Standleidingmodel

proRiool

Tegenwoordig worden steeds meer en 'hogere' gebouwen gebouwd. Denk hierbij aan gebouwen met een hoogte van 50 m tot 150 m of zelfs hoger. Stankhinder via de binnenriolering, door het doorslaan van watersloten, treedt frequent op in deze gebouwen. Binnen een onderzoeksprogramma van UNETO-VNI zijn door TNO over de afgelopen jaren een aantal onderzoeken uitgevoerd naar het functioneren van rioleringsystemen in hoogbouw. De resultaten en ervaringen hiervan zijn verwerkt in het computerprogramma proRiool. Met proRiool kunnen de drukkiveaus c.q. drukschommelingen in standleidingen worden gesimuleerd afhankelijk van diverse parameters. Dit draagt bij aan een goed inzicht en kan ondersteuning bieden in de ontwerpfase dan wel bij het afleiden c.q. controleren van ontwerpregels. Zo is inmiddels met het programma proRiool onderzoek verricht naar de maximaal toelaatbare lozingsvolumestromen volgens NTR3216. Daarnaast is het programma in meer algemene zin geschikt voor het verkrijgen van inzicht en/of oplossen van problemen met binnenriolering. In dit artikel wordt het programma proRiool beschreven en ingegaan op de gebruiksmogelijkheden.

- door ing. W. Kornaat* en ing. J.C. Phaff*

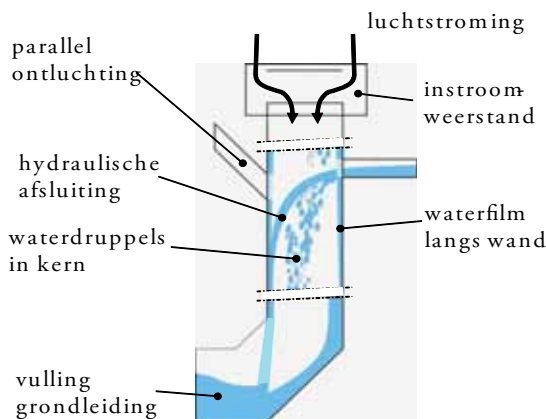


Ing. W. Kornaat



ing. J.C. Phaff

Met het standleidingmodel proRiool kunnen vuilwaterstromen in een standleiding worden gesimuleerd en de hierdoor optredende drukverschillen over de



Beschouwde aspecten in proRiool.
- FIGUUR 1 -

watersloten worden berekend als functie van diverse parameters, zoals onder andere de gebouwhoogte, het rioleringsstelsel en de leidingdiameters. De beschouwde aspecten in proRiool zijn schematisch weergegeven in figuur 1.

De gesimuleerde vuilwaterstroom in de standleiding is opgesplitst in:

1. een waterfilm langs de binnenzijde van de standleiding;
2. waterdruppels in de kern van de standleiding.

Op basis van laboratoriummetingen uitgevoerd door TNO is bepaald dat in de regel circa 85 % van het water langs de wand stroomt en 15 % in de kern [1]. De waterfilm en waterdruppels vormen een drijvende kracht voor de luchtstroming. Zij stuwden de lucht als het ware naar beneden en resulteren

zo in een luchtdrukverhoging op lager gelegen punten. In het krachtenspel wordt hierbij de zwaartekracht op het water en de wrijving tussen water en wand (in geval van waterfilm) én water en lucht beschouwd. In de literatuur [2] wordt vermeld dat de snelheid van de waterfilm beperkt blijft tot 2 à 3 m/s en de waterfilm dikte tot 1 à 2 mm. De resultaten van proRiool komen hiermee overeen. Van de luchtstroming, die op gang wordt gebracht door de vuilwaterstroom, wordt de weerstand berekend bij het instromen van de standleiding op het dak en in de standleiding zelf. Dit resulteert in onderdrukken in de standleiding, afhankelijk van de lucht-

* TNO Building and Construction Research, Delft

snelheid en de positie in de standleiding (hogere onderdrukken op lagere posities). Ook wordt de luchtweerstand beschouwd bij het verlaten van de standleiding via de grondleiding. Deze weerstand resulteert in een drukverhoging afhankelijk van de lengte van de grondleiding, waterstand in de grondleiding en dergelijke. In geval van een parallel ontluchtingssysteem wordt daarnaast nog de (lucht)drukvereffening via dit systeem beschouwd tussen de verschillende aansluitpunten op de standleiding.

Op basis van de combinatie van bovenvermelde verschijnselen, die resulteren in een lokale overdruk dan wel lokale onderdruk, wordt in proRiool de resulterende lokale luchtdruk in het systeem bepaald. Uiteindelijk wordt zo het luchtdrukverloop over de lengte van de binnenriolering en in de tijd bepaald. In feite kan wat dit betreft de simulatie van de standleiding met vallend water worden vergeleken met een luchtkanaal met ventilator. Met dit verschil dat het vallende water een ventilatorfunctie vervult, verspreid over de hoogte waar het vallende water zich in de standleiding bevindt, waarbij tevens in tijd en plaats de opvoerhoogte kan variëren afhankelijk van de vuilwaterstroom.

HOOFDINVOERSCHERM

Het hoofdinvorscherm van proRiool wordt weergegeven in figuur 2. Dit invoerscherm bestaat uit drie delen namelijk:

1. gegevens van het rioleringsysteem;
2. invoer van de vuilwaterbelasting;
3. starten van de simulatie en analyseren van de resultaten.

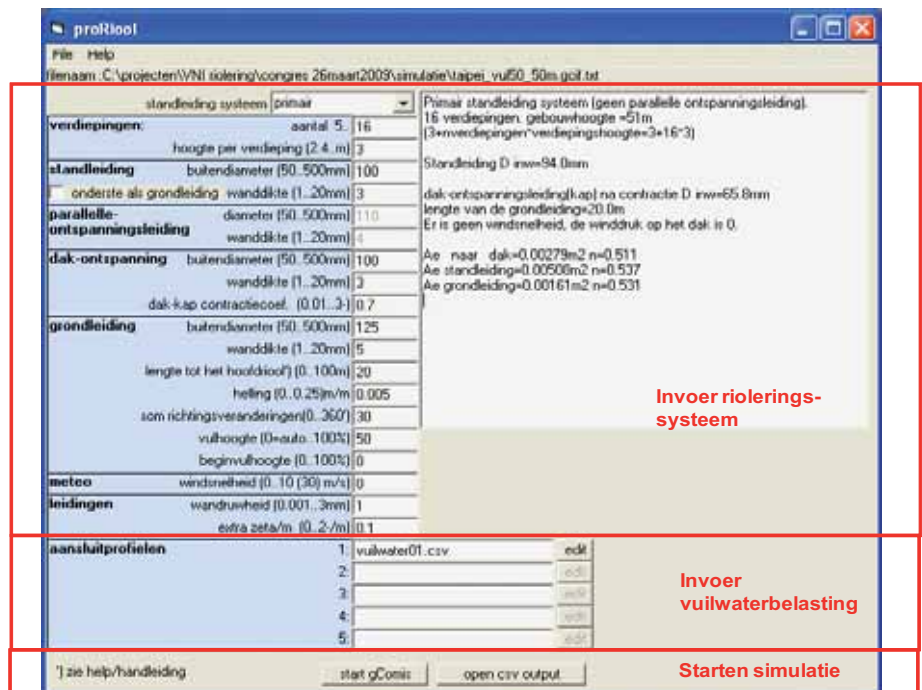
INVOER RIOLERINGSSYSTEEM

De gegevens van het rioleringsysteem kunnen via de invoervelden aan de linkerkant worden ingevoerd, waarbij rechts in de vorm van tekst de gepleegde invoer wordt verwoord en toegelicht.

Er kan worden gekozen uit drie rioleringsystemen, te weten:

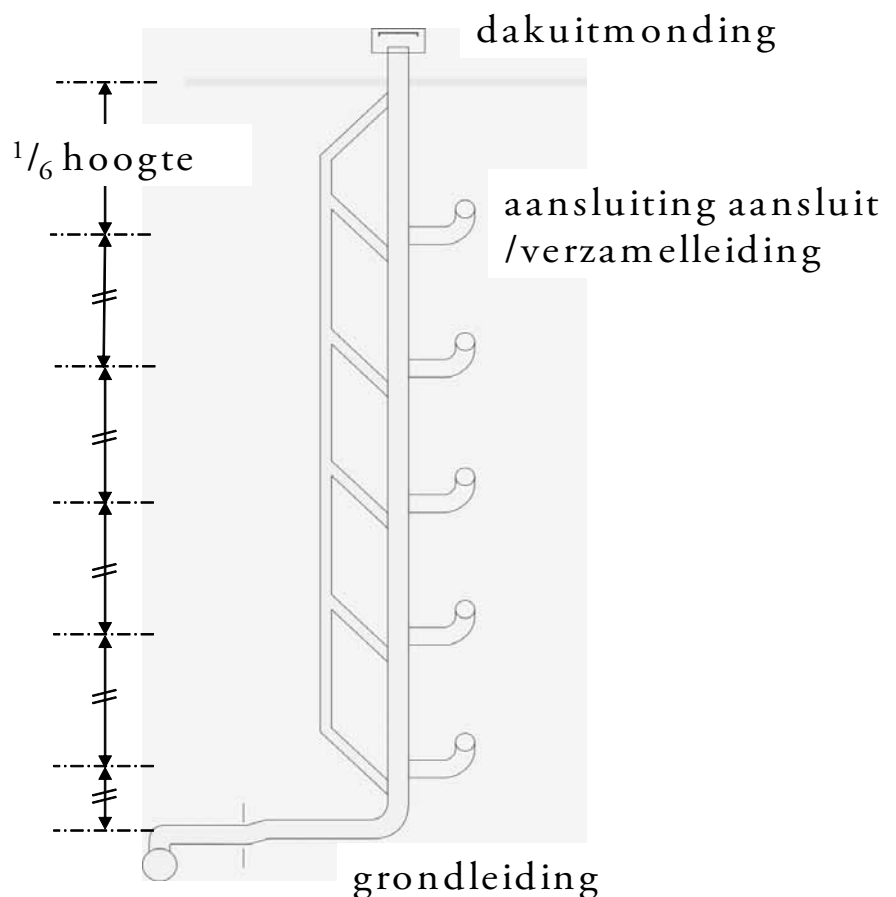
- een primair systeem;
- een direct parallel systeem;
- een primair systeem met Sovent aansluitstukken.

Om een realistische mate van detail in het model te bereiken en de gebruikersvriendelijkheid te verhogen, is ervoor gekozen uit te gaan van een standleiding met vijf aansluitleidingen.



Hoofdinvorscherm proRiool.

- FIGUUR 2 -



Standaardlayout direct parallelsysteem.

- FIGUUR 3 -

Het idee is dat hiermee een praktische benadering van werkelijke problemen c.q. vraagstukken mogelijk is. De aansluitleidingen zijn gelijkmatig over de hoogte van de standleiding verdeeld en delen de standleiding zo op in zes stukken met gelijke lengte/hoogte. Voor het direct parallel systeem is deze standaard layout weergegeven in

figuur 3.

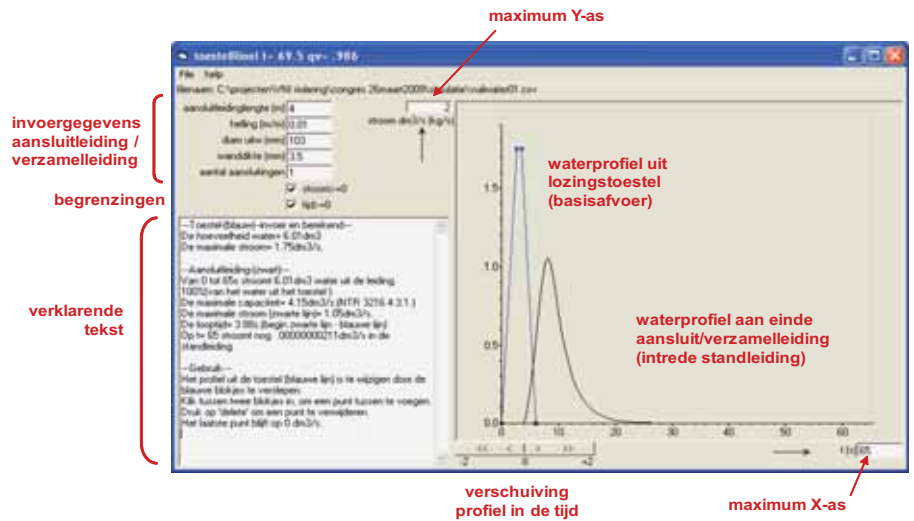
De hoogte van de standleiding volgt uit de invoer van het aantal verdiepingen en de verdiepingshoogte. De leidingdiameters kunnen worden ingevoerd voor de standleiding, de parallelle ontspanningsleiding (indien aanwezig), de dak-ontspanningsleiding en grondleiding.

De weerstand van de dakuitmondning kan in de vorm van een contractiecoëfficiënt (μ) worden ingevoerd. Dit is een factor voor de insnoering van de lucht. Voor een open pijpuiteinde is deze contractiecoëfficiënt circa 0,7. Dit is feitelijk de voorgeschreven situatie voor de be/ontluchting van een standleiding bovendaks. In sommige gevallen worden echter dakkappen gebruikt. Voor dakkappen wordt in de literatuur veelal de zogenaamde weerstandscoëfficiënt ζ opgegeven. Deze kan worden omgerekend naar een contractiecoëfficiënt op de volgende manier: $\mu = (1/\zeta)^{0,5}$. Een en ander wordt toegelicht in *de help* bij het programma.

Met de grondleiding wordt in het programma proRiool bedoeld, de leiding tussen de standleiding en het hoofdriool dan wel, de plaats waar de luchtdruk naar verwachting niet meer wordt beïnvloed door de vuilwaterstromen uit de standleiding. Voor het bepalen van de weerstand van de grondleiding moet worden ingevoerd: de lengte, de helling, het aantal bochten en de vulhoogte. Met de vulhoogte wordt bedoeld het percentage van de leidingdiameter, waarover de leiding volstaat met water. Dit bemoeilijkt de ontluchting naar het hoofdriool. In ontwikkeling is de koppeling met het zogenaamde grondleidingmodel waarmee automatisch de vulhoogte van de grondleiding in de tijd, onder andere afhankelijk van de gesimuleerde vuilwaterstromen, en dus de weerstand kan worden gesimuleerd.

Van de leidingen kan de wandruwheid en een extra weerstand (zeta) per meter worden ingevoerd. Voor nieuwe PE en PVC buizen bedraagt de wandruwheid circa 0,007 mm. Door vervuiling kunnen veel hogere waarden ontstaan. Vaak wordt met 1 mm gerekend bij rioleringsystemen. Met de extra weerstand per meter kan de extra weerstand als gevolg van verbindingen, verloopstukken en T-stukken worden ingevoerd. Een inschatting is dat het hier gaat om waarden van circa 0,3 per verdieping of 0,1 per meter.

Afhankelijk van de ingevoerde meteorologische windsnelheid, berekent het programma de winddruk op het dak en wordt dit aspect meegenomen in de drukniveaus in de standleiding. De meteorologische windsnelheid is de windsnelheid op 10 m hoogte in het vrije veld, zoals in de regel door meteorostations opgege-



Invoerscherm vuilwaterbelasting.

- FIGUUR 4 -

ven. De berekening is gebaseerd op de situatie met dakuitmondning niet in de nabijheid van de dakrand en zonder beïnvloeding door nabij gelegen gebouwen. Afhankelijk hiervan kan de winddruk bij de uitmondning sterk variëren.

INVOER VUILWATERBELASTING

Per aansluit/verzamelleiding, aangesloten op de standleiding, kan afzonderlijk de vuilwaterbelasting worden ingevoerd. In figuur 2 is alleen voor de bovenste aansluitleiding een vuilwaterbelasting (vuilwater 01.csv) ingevoerd. De aansluitleidingen zijn genummerd van 1 t/m 5 van boven naar beneden. De vuilwaterbelasting betreft een belasting in kg/s die kan variëren in de tijd. Het betreft dus feitelijk een belastingprofiel. Dit is ook wat in de praktijk gebeurt. Bij gebruik van een toestel zal de belasting opbouwen tot een maximum waarde en vervolgens afnemen. Een en ander zal afhankelijk zijn van het type toestel. Het leeglopen van een bad (langdurige continue waterstroom) zal een ander profiel geven dan het doortrekken van een toilet (meer kortstondige hoge belasting). Daarnaast zal de leidinglengte tussen toestel en standleiding een rol spelen. Hierdoor zal immers een soort uitdemping van het profiel, zoals dat direct na het lozingstoestel ontstaat, optreden.

Door op de *edit-knop* (zie figuur 2) te klikken worden een scherm geopend waarin het vuilwaterprofiel kan worden ingevoerd (zie figuur 4).

De grafiek in het invoerscherm volgens figuur 4 geeft de vuilwaterbelasting weer in dm^3/s (oftewel liter/s) dan wel kg/s als functie van de tijd. De blauwe lijn is het profiel direct na het lozingstoestel. In analogie met

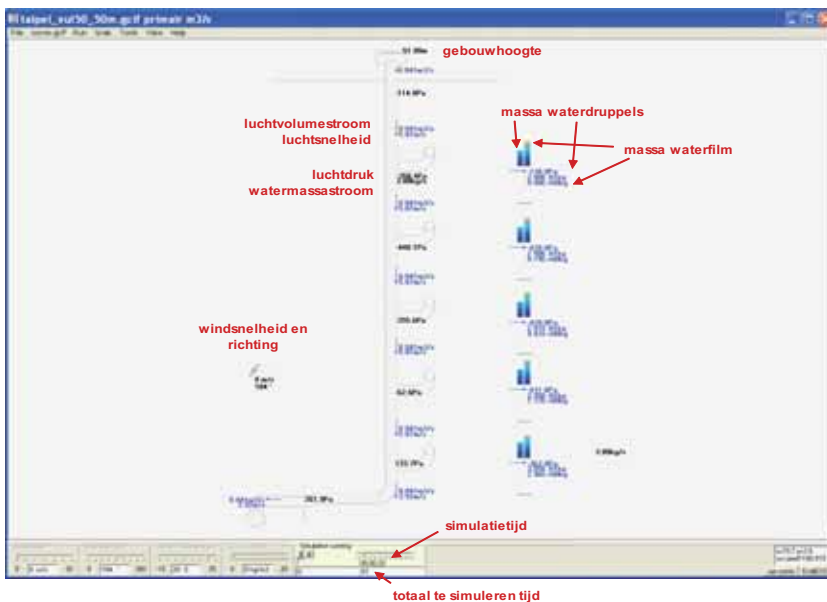
NEN 3215 aangeduid als basisafvoer [3]. Met de muis kunnen de blauwe vierkantjes worden aangeklikt en verschoven. Door op een willekeurig plaats op de blauwe lijn te klikken wordt dit punt geselecteerd (blauw vierkantje toegevoegd) en kan worden verschoven en het profiel eenvoudig naar wens worden gewijzigd en ingesteld. Het programma geeft in het tekstveld verklarende informatie, zoals onder andere de maximale belasting van de basisafvoer en de in totaal hierbij behorende waterhoeveelheid. In dit geval respectievelijk $1,75 \text{ dm}^3/\text{s}$ en 6 dm^3 , hetgeen overeenkomt met de lozing van één closet. De zwarte lijn is het vuilwaterprofiel aan het eind van de aansluitleiding, bij uitmondning in de standleiding volgend uit het basisprofiel. De aansluitleiding is 4 m lang en zoals blijkt geeft dit al een aanzienlijke uitdemping (piekbelasting gereduceerd naar $1 \text{ dm}^3/\text{s}$ in plaats van $1,75 \text{ dm}^3/\text{s}$).

Omdat maximaal vijf aansluitleidingen kunnen worden gemodelleerd, kan het nodig zijn de belasting van verschillende verdiepingen samen te nemen en te simuleren op één aansluitpunt. Door invoer van het aantal aansluitingen (zie figuur 4) kan eenvoudig een veelvoud van het ingevoerde profiel worden gesimuleerd.

Op de hiervoor genoemde wijze is het mogelijk flexibel en eenvoudig de vuilwaterbelastingen in te voeren. De profielen kunnen worden opgeslagen om zo op andere punten dan wel bij andere simulaties te gebruiken.

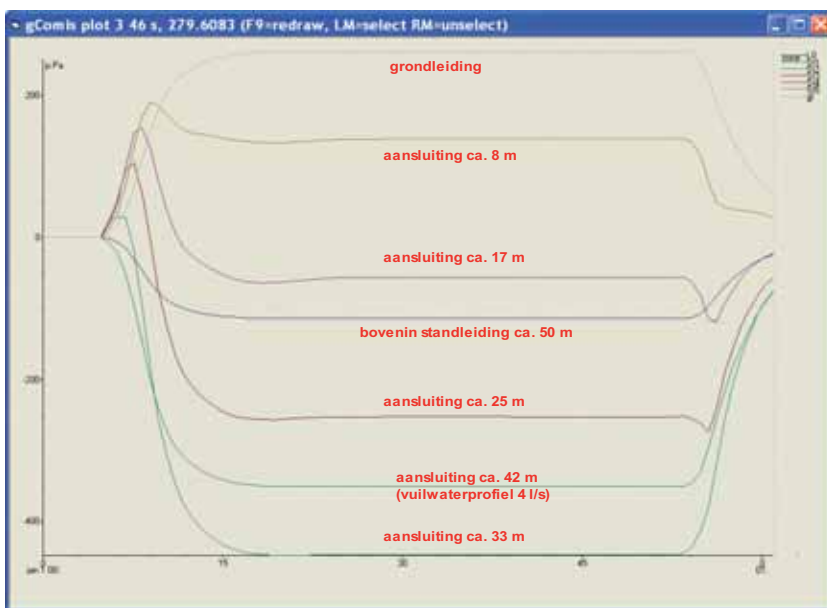
SIMULATIE EN ANALYSE

Na het invoeren van het rioleringsstelsel en de vuilwaterbelasting(en), kan de simulatie worden gestart vanuit het hoofdinvvoerscherm, door te klik-



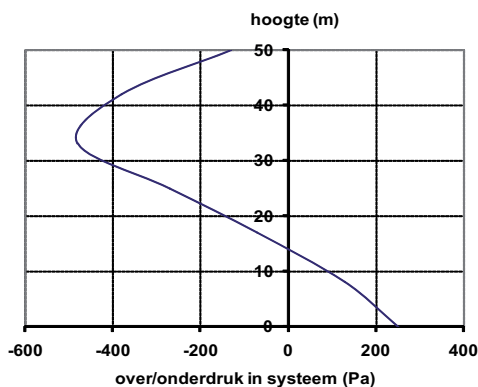
Weergave tijdens simulaties.

- FIGUUR 5 -



Drukken in 50 m hoge standleiding (primair systeem, inwendige diameter 100 mm) bij belasting van $4 \text{ dm}^3/\text{s}$ in de tijd.

- FIGUUR 6 -



Drukken in 50 m hoge standleiding (primair systeem, inwendige diameter 100 mm) bij belasting van $4 \text{ dm}^3/\text{s}$ afhankelijk van de hoogte.

- Figuur 7 -

ken op de knop "start Gcomis" (zie figuur 2). Het verloop van de simulatie wordt vervolgens getoond in een

scherm met het rioleringsstelsel zoals aangegeven in figuur 5. Na afloop van de simulatie kunnen de resultaten in de tijd worden geplott. Dit betreft grafieken met:

- de onder/overdrukken ter plaatse van de aansluitpunten (Pa);
- de vuilwaterprofielen bij intrede in de standleiding (kg/s);
- de luchtvolumestromen in de diverse leidingen (m^3/s);
- de luchtsnelheden in de diverse leidingen (m/s);
- de drijvende kracht door het vallende water (Pa);
- de hoeveelheid water (druppels) in de kern (kg);
- de hoeveelheid water in de waterfilm (kg).

Er kan vervolgens een selectie worden gemaakt welke resultaten men geplott

wil hebben.

VALIDATIE PRORIOOL

In figuur 6 zijn de berekende drukken in de standleiding van een primair systeem van 50 m hoogte en een standleiding met inwendige diameter van 100 mm weergegeven waarbij na circa 7 seconden tot circa 52 seconden continu via de bovenste aansluitleiding circa $4 \text{ dm}^3/\text{s}$ water wordt geloosd. Het betreft hier de drukken bij de aansluitleidingen (op 8, 17, 25, 33 en 42 m hoogte), direct onder de dakdoorvoer (op 50 m hoogte) en in de grondleiding.

Als deze drukken over de hoogte worden uitgezet ontstaat de figuur zoals aangegeven in figuur 7.

Uit figuur 7 blijkt duidelijk het profiel zoals dat ook veelal in de literatuur wordt gepresenteerd. Van boven naar beneden gezien neemt eerst de onderdruk toe om vervolgens om te slaan naar een overdruk onder de standleiding. Verder stemmen deze resultaten van proRiool goed overeen met de meetresultaten aan een identiek rioleringsstelsel met identieke belasting uitgevoerd in een 40 m hoge proefopstelling in Taiwan. [5]. Voor de validatie van proRiool zijn daarnaast vergelijkingen uitgevoerd met de resultaten van metingen uitgevoerd door TNO in het Westpoint gebouw te Tilburg (150 m hoog), de Waterstadstoren te Rotterdam (100 m hoog) en metingen aan een proefopstelling van circa 15 m hoog [6],[7],[1].

In het volgende deel van dit artikel worden de resultaten gegeven van een aantal simulaties uitgevoerd met proRiool

DRUKNIVEAUS AFHANKELIJK VAN RIOLERINGSSTELLEN EN HOOGTE

Simulaties zijn uitgevoerd voor een primair systeem, een direct parallel systeem en een primair systeem met Sovent aansluitstukken bij een standleiding hoogte van 50, 100 en 150 m. De inwendige diameter van de standleiding bedraagt 100 mm en van de parallelle ontspanningleiding 80 mm (grofweg 1 handelsmaat kleiner). Voor de vuilwaterbelasting is uitgegaan van continu $0,8 \text{ dm}^3/\text{s}$ per aansluitleiding. In totaal dus $4 \text{ dm}^3/\text{s}$, wat een reële ontwerpbelasting is voor een standleiding in een gebouw van 100 m hoogte. De resultaten zijn

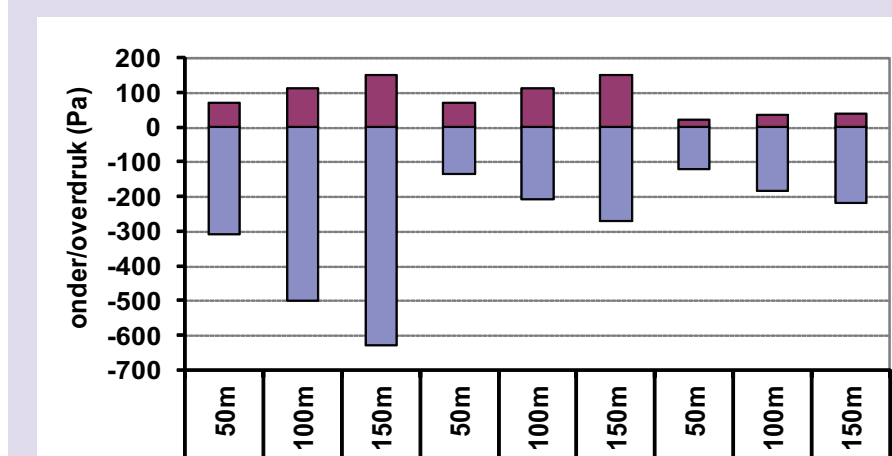
weergegeven in figuur 8. Het ontwerp van rioleringsystemen volgens de NEN 3215 en NTR 3216 is gebaseerd op het beperken van de onder- en overdrukken in het systeem tot -300 en +300 Pa [3],[4]. Uit figuur 8 blijkt dat bij gebruik van een primair systeem dit niveau al wordt bereikt bij een gebouwhoogte van 50 m. Een primair systeem overschrijdt deze niveaus al duidelijk bij 100 en 150 m hoogte. Het direct parallelle systeem en het primaire systeem met Sovent aansluitstukken voldoen aan de eis van max +/-300Pa tot een gebouwhoogte van 150 m of zelfs hoger. Bij het direct parallelle systeem ligt de verklaring hiervoor in de nivellering van de drukkiveaus via de parallelle leiding. Bij het primaire systeem met Sovent aansluitstukken ligt de verklaring in het simuleren van een lagere druppelfractie in de kern. Geconstateerd is op basis van simulaties met proRiool dat vooral de waterdruppels in de kern en de als gevolg hiervan geïnduceerde luchtstroming bepalend zijn voor de drukkiveaus. Op basis van de metingen uitgevoerd in het Westpoint gebouw is de waterdruppelfractie lager ingesteld in geval van toepassing van Sovent aansluitstukken. Een mogelijke verklaring is dat door de vorm van de Sovent aansluitstukken de waterdruppels naar de wand worden gedreven.

DRUKNIVEAUS AFHANKELIJK VAN DE STANDLEIDINGDIAMETER

Voor een primair systeem van 100 m hoog en belasting van 0,8 dm³/s per aansluitleiding (totaal 4 dm³/s), zijn simulaties uitgevoerd bij een inwendige diameter van de standleiding van 100 mm, 117 mm en 150 mm. De resultaten zijn weergegeven in figuur 9. Uit figuur 9 blijkt dat acceptabele drukkiveaus (< +/- 300 Pa) optreden bij een inwendige diameter van 150 mm. De resultaten verschillen in dat geval niet veel van een direct parallel systeem (zie figuur 8 bij 100 m hoogte). Dus in plaats van te kiezen voor een direct parallel systeem met twee leidingen kan worden overwogen een primair systeem te hanteren met één leiding met 'grotere' diameter.

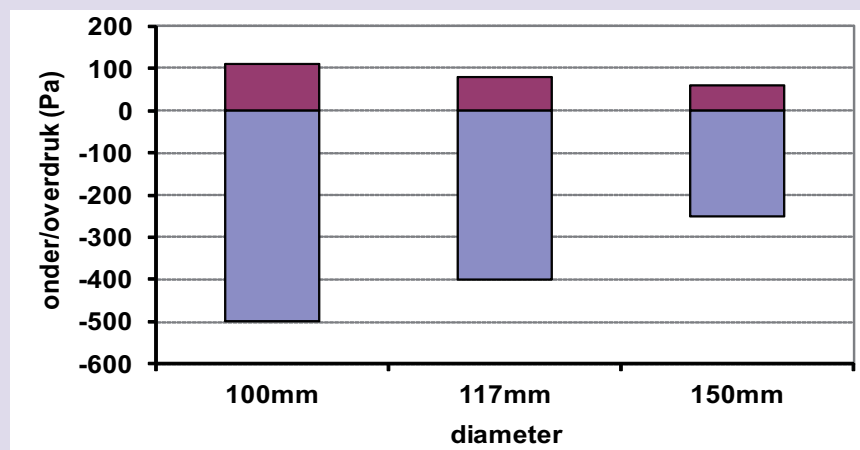
DRUKNIVEAUS ALS FUNCTIE VAN DE VULHOOGTE VAN DE GRONDLEIDING

Simulaties zijn uitgevoerd afhankelijk van de vulhoogte van de grondleiding



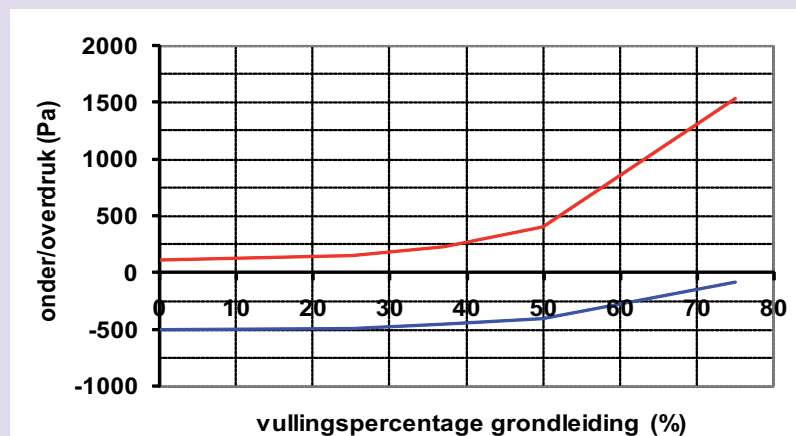
Maximale onder/overdrukken als functie van het rioleringsstelsel en de gebouwhoogte (inv. diameter standleiding 100 mm, belasting vijfmaal 0,8 dm³/s).

- FIGUUR 8 -



Maximale onder/overdrukken als functie van de standleiding diameter bij een primair rioleringsstelsel van 100 m hoogte (belasting vijfmaal 0,8 dm³/s).

- FIGUUR 9 -



Maximale onder/overdrukken als functie van de vullingsgraad van de grondleiding bij een primair rioleringsstelsel van 100 m hoogte en inwendige diameter van 100 mm (belasting vijfmaal 0,8 dm³/s).

- FIGUUR 10 -

in geval van een primair systeem van 100 m hoog en inwendige standleiding diameter van 100 mm bij een belasting per aansluitleiding van 0,8 dm³/s. Deze resultaten zijn weergegeven in figuur 10. Uit figuur 10 blijkt dat, bij een vullingsgraad van 50 % (d.w.z. onderste helft van de grondleiding gevuld met water), de maximale overdruk is opgelopen tot ruim 300 Pa. Dit komt omdat de ontluchting (drukvereffening) naar het

hoofdriool wordt bemoeilijkt. Neemt de vullingsgraad nog verder toe, dan neemt de overdruk snel toe. Bij 60 à 70 % vulling treden met overdrukken van circa 850 tot 1.300 Pa situaties op waarbij watersloten doorbreken en mogelijk zelfs geheel worden leeggeblazen. Dit zijn situaties die in de praktijk kunnen optreden als gevolg van:


- het te laag gelegen zijn van de grondleiding, waardoor deze continu

- de verhoging van het waterniveau in de grondleiding door de binnenkomenende vuilwaterstroom via de standleiding;
- of de combinatie van beide voorgaande punten.

Om deze reden wordt, zoals hiervoor al aangegeven, gewerkt aan de uitbreiding met een grondleidingmodel waarbij automatisch deze verschijnselen kunnen worden gesimuleerd.

RESUMÉ

Het standleidingmodel proRiool biedt de mogelijkheid om de onder/overdrukken in standleidingen (het drukverschil over de watersloten) te simuleren onder invloed van diverse parameters. De invoer van het rioleringsstelsel is gebruikersvriendelijk gehouden door de keuze voor een standaard opzet van het rioleringsstelsel (één standleiding met vijf aansluitleidingen). De uitvoering van het rioleringsstelsel en de vuilwaterbelasting kunnen eenvoudig worden

gewijzigd en het effect op de drukniveaus worden bepaald. Hierdoor kan goed inzicht in de werking van rioleringsystemen worden verkregen. De simulatieresultaten vertonen goede overeenkomst met praktijk metingen. Het standleidingmodel proRiool biedt mogelijkheden voor educatieve doeleinden, het oplossen van praktijkproblemen en ondersteuning bij het ontwerp van rioleringsystemen. Het programma is inmiddels uitgezet binnen een groep van circa 50 installateurs. In de 2^e helft van 2009 zal een workshop worden gehouden om hun ervaringen, geconstateerde tekortkomingen en wensen inzake proRiool vast te stellen. 

LITERATUUR

1. Kornaat W.; J.C. Phaff, Riolerings in torenbouw - Metingen aan proefopstelling, TNO rapport 2008-D-R0597/B, Delft, 2008.
2. NEN/NPR-Binnenriolerings, Achtergrondrapport activiteit 2.8 en 2.9 - Dimensionering van stand-

leidingen en ontspanningsleidingen, DHV Raadgevend Ingenieursbureau BV, mei 1986.

3. NEN 3215, Binnenriolerings - Eisen en bepalingsmethoden, Nederlands Normalisatie Instituut, Delft, 2007.
4. NTR 3216, Binnenriolerings - Richtlijn voor ontwerp en uitvoering, Nederlands Normalisatie Instituut, Delft, 2008.
5. W.H. Lu., C.L. Cheng, M.D. Shen, An Empirical Approach to Peak Air Pressure on 2-Pipes Vertical Drainage Stack, Symposium CIB W62 2004 CSTB, France.
6. Kornaat W., Onderzoek naar het functioneren van het Sovent binnenrioleringsstelsel in het Westpoint gebouw te Tilburg, TNO rapport 2004-GGI-R103, Delft, 2004.
7. Kornaat W., Onderzoek naar het functioneren van het binnenrioleringsstelsel in de Waterstadstoren te Rotterdam, TNO rapport 2004-GGI-R106, Delft, 2005.



ALTENA SERVICES B.V.



Ondersteunt de gebouwbeheerders en installateurs bij het plegen van jaarlijks onderhoud in gebouwen

Om energie te besparen en voor een langere levensduur van uw installatie is goed onderhoud essentieel. Een goed onderhouden installatie zorgt voor een fijne werkomgeving voor de gebruikers van het pand en minder gezondheidsklachten. Alتنا Services levert servicemonteurs tegen een zeer concurrerend tarief, die voor u het basis onderhoud aan uw installaties kunnen uitvoeren. Na onderhoud ontvangt u een keurige rapportage van de staat van uw installaties volgens de NEN 2767.



ALTENA CLEANING B.V.

Reinigen, coaten en renoveren van koel en warmtetechnische installaties.



ALTENA INDUSTRIAL SERVICES B.V.

Chemisch technisch reinigen van industriële installaties.



ALTENA INSPECTION

Uitvoeren en coördineren van niet-destructief onderzoek.



GLOBAL AIR SYSTEMS B.V.

Nieuwbouw en renovatie van luchtbehandelingskasten en buitenlucht aanzuiglenums.

Bel voor informatie: +31(0)416-670700 www.altena.com



QUALITY ENVIRONMENT SAFETY AND HEALTH