



Een eerste evaluatie van een zelfreinigend leidingnet

ING. P. MUL, PWN WATERLEIDINGBEDRIJF NOORD-HOLLAND

IR. M. VAN DEN BOOMEN, KIWA WATER RESEARCH

IR. M. DE KONING, INGENIEURS BUREAU AMSTERDAM

PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland heeft in 2000 in de nieuwbouwwijk Saendelft (gemeente Zaanstad) een distributienet aangelegd dat is ontworpen op zelfreinigend vermogen. In september 2001 zijn in deze wijk in het kader van het bedrijfstakingonderzoek, simultaan volumestroom- en troebelheidmetingen uitgevoerd om dit veronderstelde zelfreinigende vermogen te evalueren. Dit simultaan meten van snelheid en troebelheid op minutenbasis was in Nederland nog niet eerder uitgevoerd. De resultaten van de metingen blijken bijzonder te zijn. De werkelijke piekafname van het huishoudelijk verbruik is lager dan werd aangenomen. Toch zijn er op grond van de troebelheidmetingen sterke aanwijzingen dat de leidingen zelfreinigend zijn. De verklaring wordt gezocht in de bijdrage van de versnelling van het water aan het zelfreinigend vermogen.

Een zelfreinigend distributienet kenmerkt zich door hogere snelheden dan in het traditionele net en een eenduidige stromingsrichting¹. De richtlijnen gaan ervan uit dat een leiding zelfreinigend is wanneer één keer per dag een snelheid van 0,4 m/s optreedt. Zelfreinigend wil zeggen dat bezinkbaar materiaal regelmatig wordt opgewerveld en meegevoerd en niet de kans krijgt te accumuleren.

De dagelijkse peeksnelheid wordt door een aantal ontwerpmethodes beschreven. Een veel gebruikte ontwerpmethode is de $q\sqrt{n}$ -methode die beschreven staat in VEWIN Werkblad 2.1A. Deze formule berekent de maximale volumestroom van een aantal tappen op basis van een veronderstelde gelijktijdigheid. De $q\sqrt{n}$ -methode gaat ervan uit dat het maximale momentane verbruik van een woning gelijk is aan de wortel van de som van de gekwadrateerde volumestromen van de tappen². De $q\sqrt{n}$ -methode is oorspronkelijk ontwikkeld om binneninstallaties te dimensioneren. Omdat de formule eenvoudig in gebruik is en qua uitkomsten niet afwijkt van de andere gangbare piekverbruikformules² wordt de $q\sqrt{n}$ -methode ook toegepast om het momentane verbruik van meerdere woningen te bepalen tot een verbruik van circa 400 woningen.

Praktijkmetingen in Saendelft

In september 2001 zijn in de wijk Saendelft volumestroom- en troebelheidmetingen uit-

gevoerd in leidingen die zijn ontworpen op zelfreinigend vermogen. Saendelft is een nieuwbouwwijk in Zaanstad. De wijk bestaat merendeels uit eengezinswoningen die bewoond worden door jonge gezinnen. Het drinkwater voor de bewoners is afkomstig van pompstation Heemskerk. In de wijk ligt een vertakt pvc-distributienet met diameters, afhankelijk van het achterliggende gebruik, van 50, 63 en 75 mm.

De doelstellingen van de metingen waren:

- Het dagelijkse maximale verbruik dat optreedt te meten en te toetsen aan de theoretische berekende waarde volgens de $q\sqrt{n}$ -methode;
- Het vaststellen van het zelfreinigend vermogen van de leidingen.

Opzet van het meetprogramma

In Saendelft is de volumestroom en troebelheid gemeten bij drie woonhuizen en op drie locaties in een vertakt distributienet (afbeelding 1). Gemeten is in een pvc-leiding van 50 mm met een achterliggend verbruik van zeven woningen, in een pvc-leiding van 63 mm met een achterliggend verbruik van 19 woningen en in een pvc-leiding van 75 mm met een achterliggend verbruik van 46 woningen.

Voor het uitvoeren van de metingen is een meetprotocol opgesteld waarin bepaalde eisen

worden gesteld aan meetfrequentie, de meetnauwkeurigheid van de apparatuur en de capaciteit van de dataloggers. Bij de individuele woningen is de volumestroom om de twee seconden gemeten. In het distributienet is het gepasseerd volume om de minuut gemeten. Zo is per periode van een minuut de gemiddelde volumestroom per seconde bepaald. Dit betekent dat volumestroomvariaties die binnen een minuut op kunnen treden niet waarneembaar zijn in de resultaten. Hiervoor is gekozen omdat bij secondemetingen in de straat de datalogger om de twee uur uitgelezen zou moeten worden. Momentane volumestromen houden bij een achterliggend verbruik van 7, 19 en 46 woningen door de toename van het totale verbruik langer aan dan de momentane verbruiken van één enkele woning. De mismetingen door fluctuaties die binnen het meetinterval van één minuut optreden worden voor het doel van de meting aanvaardbaar geacht. Voor de troebelheid is zowel bij de individuele woonhuizen als in het distributienet één meting per vijf minuten uitgevoerd. Dit is een analoge meting geweest die de daadwerkelijke troebelheid op dat moment aangeeft.

Verbruiksenquête

Naast de volumestroom- en troebelheidmetingen is een enquête gehouden onder de bewoners. De belangrijkste informatie uit de enquête is het gemiddeld aantal tapeenheden per woning en de woningbezetting. De respons op de enquête bedroeg 73 procent. Het gemiddeld aantal tapeenheden per woning kan het theoretisch maximum momentane verbruik volgens de $q\sqrt{n}$ -methode worden berekend. Dit bedraagt voor zeven woningen 3,5 m³/h, voor 19 woningen 5,8 m³/h en voor 46 woningen 9,0 m³/h.

Resultaten metingen en validatie

Voor het toetsen van de $q\sqrt{n}$ -methode is in afbeelding 2 het werkelijk gemeten en het berekende maximale momentane verbruik per dag weergegeven. Voor het werkelijk gemeten maximale momentane verbruik is het gemiddelde van de dagelijkse piek over de periode 8 tot en met 14 september genomen. Tevens is in afbeelding 2 een 'fit' gezocht: een $q\sqrt{n}$ -curve waarbij de gemeten waarden zo goed mogelijk worden benaderd.

Uit afbeelding 2 blijkt dat de gemeten maximale volumestromen lager zijn dan de oorspronkelijk berekende maximale volumestromen. Hoe groter het achterliggend verbruik is, des te meer wijken de theoretische berekende waarde en de in de praktijk gemeten waarden van elkaar af. Een voorzichtige conclusie luidt dan ook dat de $q\sqrt{n}$ -methode zoals die momenteel wordt toegepast, geschikt lijkt

om het momentane verbruik van één woning te voorspellen. Voor het voorspellen van het maximumverbruik van meerdere woningen zal echter een andere methode moeten worden toegepast.

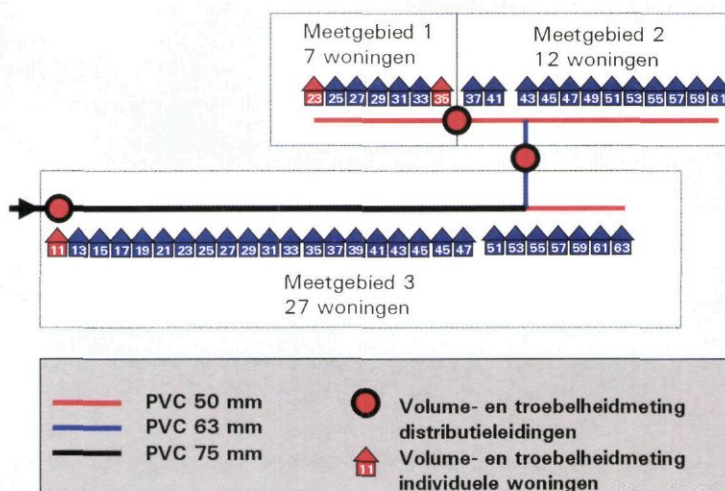
De volgende methoden kunnen verder uitgewerkt worden:

- Uit afbeelding 2 blijkt dat een redelijke 'fit' bestaat bij het toepassen van de $q\sqrt{n}$ -methode voor meerdere woningen wanneer wordt uitgegaan van vier tapeenheden per woning. Een nieuwe ontwerprijtlijn zou dan luiden:
 - $Q_{\max}$ voor één eengezinswoning te bepalen met de $q\sqrt{n}$ -methode en 20 tapeenheden per woning;
 - $Q_{\max}$ voor meerdere woningen te bepalen met de $q\sqrt{n}$ -methode en vier tapeenheden per woning.
- Op grond van de uitgevoerde metingen kan een nieuwe empirische relatie worden opgesteld. De beste relatie wordt beschreven door:
 - $Q_{\max} = -0,0005n^2 + 0,0914n + 0,9073$ in kubieke meters per uur, waarbij $R^2 = 0,9996$ en n staat voor het aantal woningen.
- Een derde mogelijkheid is om de gelijktijdigheid van de $q\sqrt{n}$ -methode te verkleinen. Dat wil zeggen om in plaats van wortel (n) te rekenen met bijvoorbeeld de derde machtswortel van (n). Deze mogelijkheid is op de resultaten van Saendelft onderzocht. De beste 'fit' wordt verkregen bij een machtsfactor van 0,38. Deze fit is echter minder goed dan bij de twee andere beschreven methoden.

Voor het onderzoek naar de meest bevredigende benaderingsformule zullen op meerdere plaatsen en in andere wijken de maximale volumestroommetingen herhaald moeten worden om tot een algemene uitspraak te kunnen komen. Dergelijke metingen zullen ook in het kader van het bedrijfstakonderzoek worden uitgevoerd. Ook wordt aanbevolen om bij deze metingen in de straat de maximumwaarde per minuut te meten. Met de huidige set gegevens bestaat een, weliswaar klein, risico dat door middeling van volumestromen over een minuut de echte pieken zijn uitgevlakt. Daar staat tegenover, dat soortgelijke metingen waarbij wel het maximum per seconde is gemeten (in een periode van vijf minuten) en die in 2001 door Waterleidingmaatschappij Oost-Brabant zijn uitgevoerd in de wijk Meerhoven in Eindhoven, de resultaten van de metingen in Saendelft bevestigen.

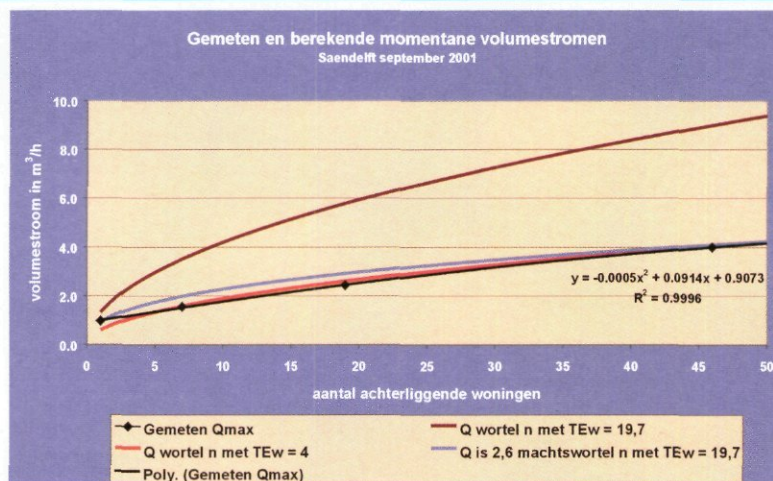
Leidingen in Saendelft zelfreinigend?

De tweede doelstelling van de metingen in Saendelft was het in de praktijk vastleggen van

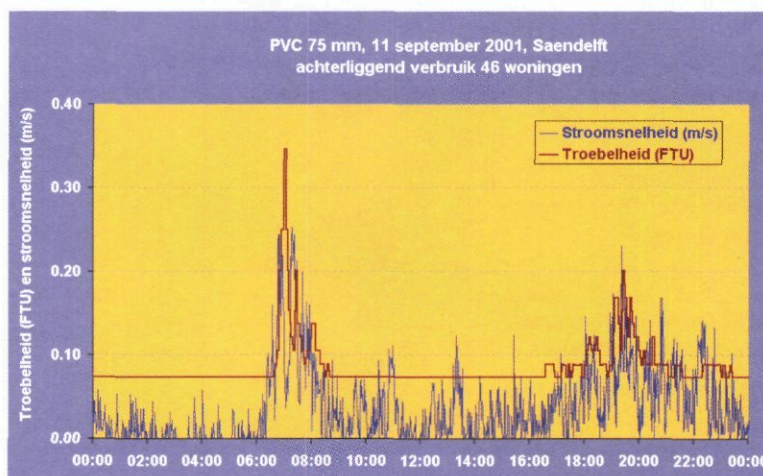


Afb. 1: Schematische voorstelling van de meetlocaties in Saendelft (september 2001)

Afb. 2: Gemeten en berekende maximale momentane volumestromen



Afb. 3: De laatste snelheidspieken tussen 20.30 en 22.30 uur hebben geen duidelijke invloed meer op de troebelheid



het zelfreinigend vermogen van de leidingen. Hiervoor zijn in Saendelft, gelijktijdig met de volumestroommetingen ook troebelheidmetingen uitgevoerd. Een dergelijke combinatie van gelijktijdige metingen is in Nederland nog niet eerder zo nauwkeurig uitgevoerd. In afbeelding 3 is een representatieve meting uitgelicht. Het betreft hier een 75 mm pvc-

leiding met een achterliggend verbruik van 46 woningen. Doordat veranderingen in de troebelingsfactor van het drinkwater een groter tijdsbestek vragen, worden de volumestroommetingen met een meetinterval van één minuut voldoende representatief geacht voor het werkelijke beeld in de leiding.

Drie zaken vallen op bij het bestuderen van afbeelding 3:

- De peiksnelheid van 0,4 m/s treedt niet op. Dit is een beeld dat geldt voor de hele meetperiode (8 t/m 14 september 2001);
- De troebelheid volgt de ochtend- en avondpiek;
- De laatste snelheidspieken tussen 20.30 en 22.30 uur hebben geen duidelijke invloed meer op de troebelheid.

Op grond van de eerste constatering zou geconcludeerd kunnen worden dat de leiding niet zelfreinigend is, omdat niet aan de 0,4 m/s wordt voldaan. De derde constatering lijkt dit echter tegen te spreken. Wanneer in de leiding nog opwervelbaar sediment aanwezig zou zijn geweest, dan was het op grond van de tweede constatering, te verwachten dat ook tussen 20.30 en 22.30 uur nog een duidelijke verhoging van de troebelheid zou zijn opgetreden. Dit is niet het geval en dit zelfde beeld is ook zichtbaar bij de analyse van de totale set aan meetgegevens. Daarom bestaan sterke aanwijzingen dat de leidingen wel degelijk zelfreinigend zijn ook al treedt de peiksnelheid van 0,4 m/s niet op.

Deze praktijkbevindingen zijn in overeenstemming met de conclusies van het theoretische onderzoek dat in het Bedrijfstakonderzoek 2001/2002 door Kiwa samen met de TU Delft is uitgevoerd³⁾. In dit onderzoek is aangetoond dat vooral bij lage snelheden de invloed van de versnelling van het water als gevolg van de dynamiek van afnamepatronen, een grotere bijdrage heeft aan het zelfreinigende vermogen van een leiding dan de stationaire snelheid.

Conclusies

Uit de metingen van Saendelft kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De $q\sqrt{n}$ -methode die gebruikt wordt om de momentane volumestromen te bepalen, is goed bruikbaar op het niveau van één woning, maar lijkt het verbruik van meerdere woningen te overschatten. Hierbij moet wel worden aangemerkt dat op grond van de metingen in Saendelft geen harde conclusie over de toepasbaarheid van de $q\sqrt{n}$ -methode mag worden getrokken, omdat in de distributieleidingen gemiddelde volumestromen per minuut zijn gemeten. Bovendien is de variatie in aantallen tapeenheden, personen en aantal

woningen in de uitgevoerde metingen onvoldoende om een set meetgegevens te genereren voor de vaststelling van een alternatieve benaderingsmethode;

- Op grond van de analyse van de gecombineerde troebelheid- en volumestroommetingen bij een groter achterliggend verbruik, bestaan sterke aanwijzingen dat het zelfreinigend vermogen van een leiding bepaald wordt door de ochtendpiek- en avondpiekperioden. Leidingen waarin de snelheid van 0,4 m/s niet optreedt kunnen hierdoor wel degelijk zelfreinigend zijn. 

LITERATUUR:

- 1) Van den Boomen M en J. Vreeburg (1999). Nieuwe ontwerprichtlijnen voor distributienetten. SWE 99.011. Kiwa Nieuwegein.
- 2) Mesman G. en E. Trietsch (2000). Ontwerprichtlijnen voor een vertakt leidingnet. Achtergrondinformatie bij SWE 99.011, BTO 2000.03. Kiwa Nieuwegein.
- 3) Van den Boomen M. en A. van Mazijk (2002). Zelfreinigend vermogen, invloed van de dynamiek van afnamepatronen. BTO.2002.01. Kiwa Nieuwegein.