

Technical Sciences
Van Mourik Broekmanweg 6
Postbus 49
2600 AA Delft

www.tno.nl

T +31 88 866 30 00
F +31 88 866 30 10
wegwijzer@tno.nl

TNO-rapport

060-DTM-2011-00801

Onderzoek naar hydraulische afsluiting bij aansluitingen op een standleiding

Datum	2 februari 2011
Auteur(s)	Ing. W. Kornaat m.m.v. ing. J.C. Phaff
Opdrachtgever	Uneto-VNI De heer E. van der Blom Postbus 188 2700 AD Zoetermeer
Projectnummer	034.22255/01.01.01
Aantal pagina's	24 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	3

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2011 TNO

Samenvatting

Bij een aansluiting op een standleiding kan de vuilwaterstroom, bij intrede in de standleiding, een scherm van water in de doorsnede van de standleiding vormen. Hierdoor kan in meer of mindere mate de doorsnede van de standleiding afgesloten worden, waarbij een belemmering ontstaat voor de luchtstroming in de standleiding. Dit zal de be/ontluchting via de standleiding beïnvloeden en zo effect kunnen hebben op het, al dan niet correct, functioneren van het rioleringsysteem. Het ongunstigst is hierbij uiteraard de situatie dat de standleiding volledig afgesloten wordt. In dat geval wordt gesproken van hydraulische afsluiting.

Uneto-VNI heeft TNO verzocht onderzoek te doen naar de hydraulische afsluiting bij aansluitingen op een standleiding. Het doel is inzicht te krijgen in de mate waarin hydraulische afsluiting optreedt onder andere afhankelijk van de uitvoering van de aansluiting. Het verkregen inzicht dient verder voor het, in de toekomst, zo mogelijk verbeteren van de simulatie van hydraulische afsluiting in het standleidingmodel proRiool.

TNO heeft hiervoor metingen uitgevoerd aan een proefopstelling met verschillende uitvoeringen van de aansluiting op de standleiding. Hieruit kunnen de volgende conclusie getrokken worden.

Hydraulische afsluiting is bij de metingen alleen geconstateerd bij een aansluiting van een 110 mm aansluitleiding op een 110 mm standleiding door middel van een 90° T-stuk (variant: T-stuk 110/110) bij een waterbelasting van 1,9 en 2,7 l/s.

Uit een aanvullende oriënterende meting voor de hiervoor genoemde situatie (T-stuk 110/110 bij een waterbelasting van 2,7 l/s), waarbij een 32 mm sifon is aangesloten op de standleiding, blijkt dat de geconstateerde hydraulische afsluiting geen aanleiding is voor het doorslaan van de sifon.

Voor een eventuele toekomstige verwerking in proRiool van het verschijnsel hydraulische afsluiting c.q. de weerstand van de standleiding ter plaatse van een aansluitleiding afhankelijk van de waterbelasting, leveren de metingen bruikbare resultaten.

Bij toenemende waterbelasting, neemt de luchtweerstand in de standleiding aanzienlijk toe (netto-doorlaat neemt aanzienlijk af).

Op basis van de metingen lijkt een verklaring voor de goede resultaten met Sovent aansluitstukken in de praktijk vooral te zitten in het beperken van de watervalsnelheden.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
1	Inleiding.....	4
2	Beschrijving van de proefopstelling.....	5
3	Overzicht van de uitgevoerde metingen	7
4	Resultaten en bespreking	8
4.1	Hydraulische afsluiting.....	8
4.2	Effect van hydraulische afsluiting op sifon	11
4.3	Doorlaat standleiding bij aansluiting afhankelijk van belasting	12
5	Conclusies.....	16
6	Literatuurlijst	18
7	Ondertekening	19

Bijlage(n)

A Foto's van de proefopstelling

B Netto-doorlaat standleiding ter plaatse van de aansluiting

C Drukdynamic in situatie met T-stuk 110/110 bij een waterbelasting van 2,7 l/s tijdens hydraulische afsluiting

1 Inleiding

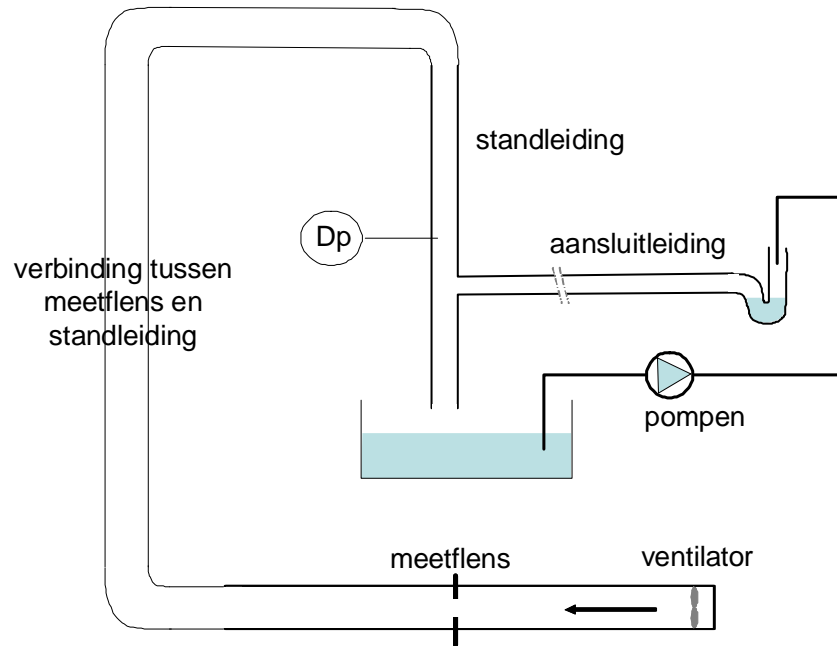
Bij een aansluiting op een standleiding kan de vuilwaterstroom, bij intrede in de standleiding, een scherm van water in de doorsnede van de standleiding vormen. Hierdoor kan in meer of mindere mate de doorsnede van de standleiding afgesloten worden, waarbij een belemmering ontstaat voor de luchtstroming in de standleiding. Dit zal de be/ontluchting via de standleiding beïnvloeden en zo effect kunnen hebben op het, al dan niet correct, functioneren van het rioleringsysteem. Het ongunstigst is hierbij uiteraard de situatie dat de standleiding volledig afgesloten wordt. In dat geval wordt gesproken van hydraulische afsluiting.

Uneto-VNI heeft TNO verzocht onderzoek te doen naar de hydraulische afsluiting bij aansluitingen op een standleiding. Het doel is inzicht te krijgen in de mate waarin hydraulische afsluiting optreedt onder andere afhankelijk van de uitvoering van de aansluiting. Het verkregen inzicht dient verder voor het, in de toekomst, zo mogelijk verbeteren van de simulatie van hydraulische afsluiting in het standleidingmodel proRiool.

TNO heeft hiervoor metingen uitgevoerd aan een proefopstelling. In hoofdstuk 2 wordt een beschrijving van de proefopstelling gegeven. In hoofdstuk 3 wordt een overzicht gegeven van de uitgevoerde metingen. De resultaten worden gegeven en besproken in hoofdstuk 4. De conclusies zijn verwoord in hoofdstuk 5.

2 Beschrijving van de proefopstelling

De proefopstelling bestaat uit een standleiding van enkele meters hoog met één aansluitleiding. Een schets van de proefopstelling is weergegeven in figuur 1. Verder zijn ter illustratie een aantal foto's opgenomen in bijlage A.



Figuur 1: Schets van de proefopstelling

Vanuit een waterbak, opgesteld onder de standleiding, kan via regelbare pompen een variabele waterhoeveelheid rondgepompt worden. Zo kan de waterlozing op de standleiding geregeld worden en langere tijd achtereen in stand gehouden worden ten behoeve van de metingen.

De aansluitleiding heeft een zodanige lengte dat de waterstroom is “uitgedempt”, dat wil zeggen gelijkmatig verdeeld is over de aansluitleiding, bij intrede in de standleiding. Dit is noodzakelijk om eventuele effecten van de uitvoering van de proefopstelling op de resultaten uit te sluiten.

Met een ventilator kan een variabele lucht volumestroom door de standleiding ingesteld worden. De druk in de standleiding ten opzichte van de omgeving wordt gemeten direct boven de aansluitleiding.

Bij de metingen is als volgt te werk gegaan.

Bij een ingestelde waterstroom (waterbelasting), is de lucht volumestroom van nul tot maximaal geregeld (ventilator opgetoerd) binnen een tijdbestek van ongeveer 30 s. Op basis van de lucht volumestroom door de standleiding in combinatie met de druk in de standleiding, boven de aansluiting, kan vervolgens de weerstand door het instromende water (in de standleiding) bepaald worden. Zo kan inzicht in de mate van hydraulische afsluiting verkregen worden bij verschillende lucht volumestromen, zoals deze in de praktijk als gevolg van drijvende krachten door het vallende water geïnduceerd kunnen

worden in een standleiding. Bij de metingen worden deze luchtvolumestromen dus opgedrukt door de ventilator, maar dit maakt voor het detecteren en vastleggen van de mate van hydraulische afsluiting, afhankelijk van de luchtvolumestroom, geen verschil.

De luchtvolumestroom en druk in de standleiding zijn, voor de analyse van de hydraulische afsluiting, met een data-acquisitiesysteem continu registrerend gemeten met een meetinterval van 0,5 s.

De metingen zijn uitgevoerd bij verschillende waterdebieten (waterbelastingen) en verschillende uitvoeringen van de standleiding en aansluiting op de standleiding (zie hoofdstuk 3).

3 Overzicht van de uitgevoerde metingen

De verschillende aansluitingen, waaraan de metingen zijn uitgevoerd, zijn weergegeven in tabel 1.

Bij de metingen is gebruik gemaakt van leidingen en hulpstukken van PE (polyethyleen). De vermelde afmetingen betreffen de buitendiameters. Het eerste getal is de buitendiameter van de standleiding en het tweede getal de buitendiameter van de aansluitleiding.

Bij het T-stuk staat de aansluitleiding haaks op de standleiding.

Bij het Sovent aansluitstuk is de aansluiting gebruikt waarbij de aansluitleiding in het vlak van het Sovent aansluitstuk ligt (zie foto 3 in bijlage A).

De metingen met Sovent aansluitstuk zijn uitgevoerd met een 2^e Sovent aansluitstuk onder het gebruikte aansluitstuk (waarop het water geloosd wordt). Zie tevens foto 3 in bijlage A. Dit is gedaan omdat op deze wijze ook de luchtweerstand wordt beschouwd doordat het vallende water in het onderliggende Sovent aansluitstuk van richting veranderd wordt en daar deels de doorlaat van de standleiding zal belemmeren. Voor variant 2a (Sovent 110/110) is aanvullend de situatie zonder 2^e Sovent aansluitstuk beschouwd (variant 2b).

Tabel 1: Overzicht van de beschouwde aansluitingen

variant	uitvoering aansluiting ⁽¹⁾
1	T-stuk 110/110
2a	Sovent 110/110 ⁽²⁾
2b	Sovent 110/110 ⁽³⁾
3	T-stuk 110/90
4	T-stuk 160/110
5	Sovent 160/110 ⁽²⁾

opm. (1) 1^e getal is de buitendiameter van de standleiding en 2e getal de buitendiameter van de aansluiting.

(2) Twee Sovent aansluitstukken boven elkaar (zie foto 3 in bijlage A).

(3) Eén Sovent aansluitstuk.

De volgende waterstromen zijn bij de metingen ingesteld:

- 0,8, 1,9 en 2,7 l/s bij de varianten 1, 2a en 2b
- 0,9, 2,2, 3,1 en 3,4 bij de varianten 3, 4 en 5.

De verschillen zijn het gevolg van de beschikbaarheid van pompen.

Verder wordt opgemerkt dat bij variant 1, 2b en 3 ook metingen zonder waterstroom zijn uitgevoerd.

4 Resultaten en bespreking

4.1 Hydraulische afsluiting

Hydraulische afsluiting is bij de metingen alleen geconstateerd voor de situatie met een T-stuk 110/110 bij een waterstroom van 1,9 en 2,7 l/s. Het betreft hier dus een aansluitleiding van 110 mm via een 90° T-stuk aangesloten op een standleiding van gelijke diameter. Met hydraulische afsluiting wordt hierbij bedoeld het volledig afsluiten van de doorlaat van de standleiding.

Het optreden van hydraulische afsluiting, afhankelijk van de waterbelasting, wordt voor de situatie met T-stuk 110/110 geïllustreerd aan de hand van de figuren 2 t/m 5 met respectievelijk een waterbelasting van 0, 0,8, 1,9 en 2,7 l/s.

In deze figuren is weergegeven het verloop in de tijd van (1) het drukverschil over de aansluiting (het drukverschil tussen een punt in de standleiding direct boven en direct onder de aansluiting) en (2) de gemeten luchtvolumestroom. Opgemerkt wordt dat het gemeten drukverschil, het drukverschil betreft tussen een punt in de standleiding direct boven de aansluiting én de omgeving. Door hierop in mindering te brengen het drukverlies dat optreedt door het onderuit de standleiding stromen van de lucht, wordt het drukverschil over de aansluiting (tussen het punt in de standleiding direct boven en direct onder de aansluiting) bepaald. Dit is het drukverschil dat van belang is. Immers de weerstand van het instromende water ter plaatse van de aansluiting dient bepaald te worden. Een drukmeting onder de aansluiting was in verband met de waterlozing niet mogelijk.

Zoals al aangegeven, treedt er geen hydraulische afsluiting op tot en met een waterbelasting van 0,8 l/s. De figuren 2 en 3 laten zien dat, door het optoeren van de ventilator, de luchtvolumestroom geleidelijk aan oploopt (blauwe lijn).

Bij een waterbelasting van 1,9 en 2,7 l/s blijkt uit de figuren 4 en 5 dat bij het optoeren van de ventilator, de luchtvolumestroom in eerste instantie wezenlijk fluctueert en regelmatig nul wordt tot drukverschillen van respectievelijk circa 100 en 200 Pa. Dit fluctueren, kan verklaard worden door hydraulische afsluiting tot voorgenoemde drukniveaus. Op het moment dat hydraulisch afsluiting optreedt, zal de luchtvolumestroom afnemen. Immers de luchtweerstand is dan maximaal. De ventilator blijft echter doorlopen, zodat er gelijktijdig drukopbouw plaatsvindt. De drukopbouw neemt toe, totdat de hydraulische afsluiting weer doorbroken wordt. Bij het doorbreken van de hydraulische afsluiting neemt de luchtvolumestroom weer toe. Gelijktijdig zal echter de druk in de standleiding afnemen, waardoor de hydraulische afsluiting weer zal optreden en het hele proces opnieuw begint.

Zoals al gezegd treden, voor de situatie met 1,9 l/s en 2,7 l/s waterbelasting, kortstondig luchtvolumestromen van 0 op tot een drukverschil van respectievelijk circa 100 en 200 Pa. Dit illustreert dat de hydraulische afsluiting bij hogere waterbelasting pas bij hogere drukverschillen wordt doorbroken.

Echter ook na het overschrijden van respectievelijk 100 en 200 Pa drukverschil, blijft de luchtvolumestroom nog fluctuaties vertonen. Onduidelijk is of hierbij nog daadwerkelijk hydraulische afsluiting optreedt. Wel is duidelijk dat hierbij het voorgenoemde fluctuerende proces optreedt waarbij geldt:

- de doorlaat neemt af,
- de luchtvolumestroom neemt af,

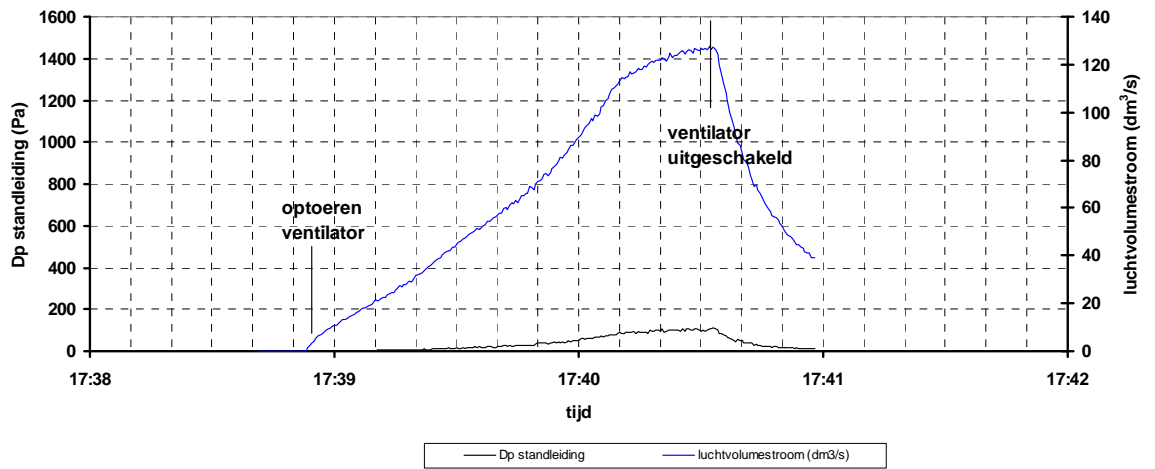
- de drukopbouw neemt toe,
- de doorlaat neemt hierdoor weer toe,
- de luchtvolumestroom neemt toe,
- de drukopbouw neemt af,
- de doorlaat neemt weer af,
- herhaling van de cyclus.

Er wordt opgemerkt dat de werking van de ventilator de resultaten kan beïnvloeden. Immers op het moment dat hydraulische afsluiting optreedt, bepaalt de werking van de ventilator mede de (snelheid van de) drukopbouw en dus het vervolgens weer doorbreken van de hydraulische afsluiting. Uit figuur 4 en 5 blijkt echter dat na het uitschakelen van de ventilator, een vergelijkbaar (in de tijd gezien in omgekeerde volgorde) proces optreedt. Hierbij wordt bedoeld dat de fluctuaties in drukken en luchtvolumestromen vergelijkbaar zijn. Wel heeft het de schijn dat de hydraulische afsluiting (luchtvolumestromen van nul) optreden tot iets hogere drukverschillen. Namelijk circa 150 en 300 Pa bij een waterbelasting van respectievelijk 1,9 en 2,7 l/s. Al met al lijkt de beïnvloeding van de resultaten door de ventilator voldoende beperkt te zijn.

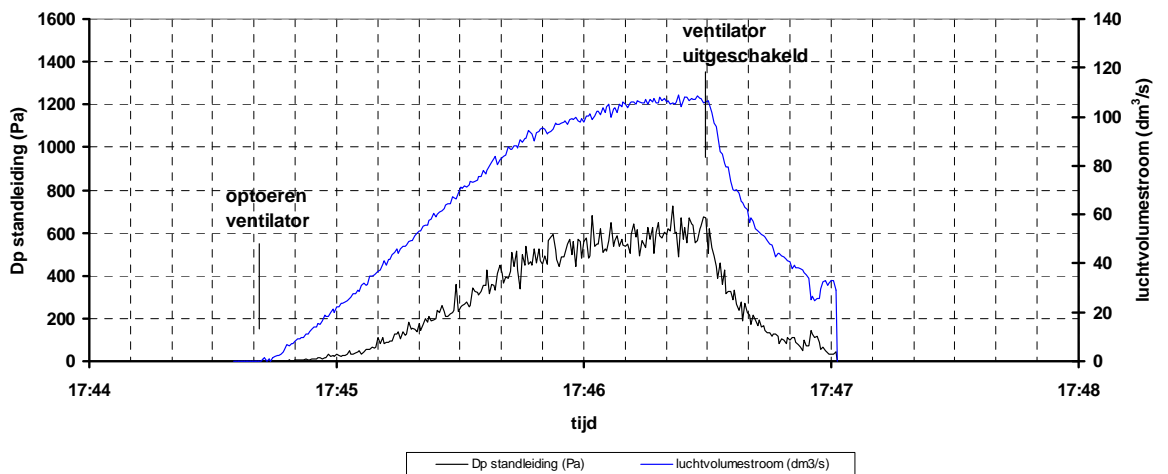
Wat betreft de uitvoering van de proefopstelling wordt verder nog opgemerkt dat alle metingen zijn uitgevoerd bij toepassing van een flexibele slang tussen de meetflens en de standleiding (zie proefopstelling in figuur 1). In de gevallen met hydraulische afsluiting (d.w.z. de metingen met T-stuk 110/110) werd echter geconstateerd dat door het fluctueren van de luchtvolumestroom c.q. drukkiveaus, de flexibele slang mee ging fluctueren als een soort harmonica. Deze metingen met T-stuk 110/110 zijn daarom herhaald met een vaste aansluiting tussen de meetflens en de standleiding. Het blijkt dat hierdoor in mindere mate fluctuaties van de luchtvolumestromen en dus fluctuaties in de mate van afsluiting werden geconstateerd. De flexibele slang beïnvloedde dus ongewenst de meetresultaten. De meetresultaten met vaste aansluiting zijn correct en in het onderhavige rapport opgenomen.

Verder is ter illustratie in figuur 6 nog het drukverloop en het verloop van de luchtvolumestroom weergegeven voor de situatie met Sovent aansluitstuk 110/110 (variant 2b, zie tabel 1) bij een waterstroom van 2,7 l/s. Ook hier is een gelijkmatige toename van de luchtvolumestroom te constateren. Oftewel er treedt hierbij geen hydraulische afsluiting c.q. wezenlijke variatie in de doorlaat van de standleiding in de tijd op.

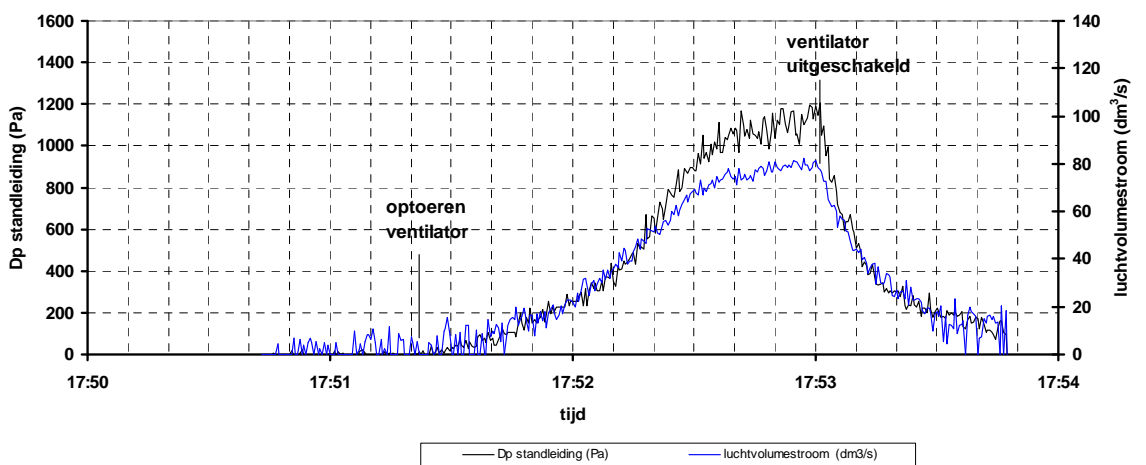
Als laatste punt wordt nog opgemerkt dat in de figuren 4 en 5, de fluctuatie in de luchtvolumestroom al optreedt op het moment dat de ventilator nog niet aangeschakeld is (voor het optoeren van de ventilator). Verder blijkt uit figuur 6 dat er al een luchtvolumestroom optreedt, voordat de ventilator ingeschakeld wordt. In deze gevallen induceert de waterbelasting een luchtstroming in de standleiding. Hierbij treedt (situatie T-stuk 110/110 met waterbelasting van 1,9 en 2,7 l/s, zie figuur 4 en 5) weer afwisselend hydraulische afsluiting op.



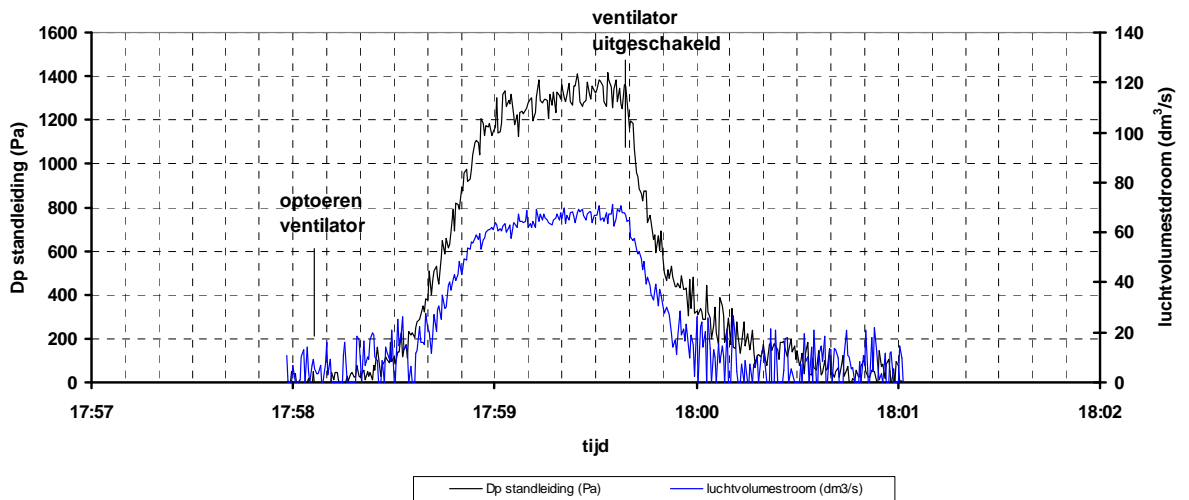
Figuur 2: Drukverschil en luchtvolumestroom voor situatie met T-stuk 110/110 zonder waterbelasting



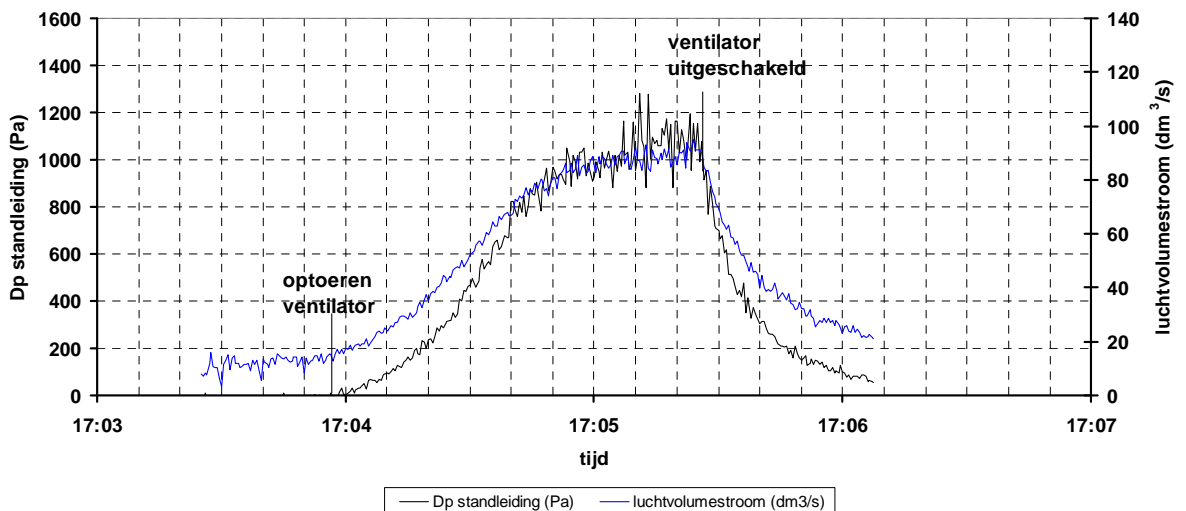
Figuur 3: Drukverschil en luchtvolumestroom voor situatie met T-stuk 110/110 en een waterbelasting van 0,8 l/s



Figuur 4: Drukverschil en luchtvolumestroom voor situatie met T-stuk 110/110 en een waterbelasting van 1,9 l/s



Figuur 5: Drukverschil en luchtvolumestroom voor situatie met T-stuk 110/110 en een waterbelasting van 2,7 l/s



Figuur 6: Drukverschil en luchtvolumestroom voor situatie met één Sovent aansluitstuk 110/110 (variant b, zie tabel 1) en een waterbelasting van 2,7 l/s

4.2 Effect van hydraulische afsluiting op sifon

Het effect van hydraulische afsluiting op de werking van de sifon is oriënterend onderzocht door in de proefopstelling een 32 mm sifon aan te sluiten op de standleiding boven het aansluitpunt. Hierbij is uitgegaan van de opstelling met een T-stuk 110/110, waarbij hydraulische afsluiting is geconstateerd (zie paragraaf 4.1).

Verder is uitgegaan van een worst-case situatie met:

- Een waterbelasting van 2,7 l/s, zoals maximaal haalbaar bij de metingen.

- Volgens tabel 5.08 van NTR 3216 (zie [1]) bedraagt de maximale afvoercapaciteit van een leiding met binnendiameter van 100 mm circa 3,1 l/s bij een afschot van 5 mm/m. Dit wordt bij de metingen dus nagenoeg benaderd.
- Een waterslotheogte van circa 15 mm.
Dit is de minimale waterslotheogte, zoals ook ten grondslag ligt aan de NEN 3215 (zie [2]), nadat een sifon een langere periode niet belast is.

Direct na het optoeren van de ventilator begint het waterniveau in de sifon te fluctueren. De uitslag varieert hierbij van grofweg 5 tot 10 mm. Er treedt echter tot circa 500 Pa geen doorslag op. Op dit moment is het gebied waarin de luchtvolumestroom het sterkste fluctueert (zie figuur 5 voor T-stuk 110/110 bij waterbelasting 2,7 l/s) al gepasseerd. Oftewel zijn de omstandigheden, waarbij de doorlaat van de standleiding het meest varieert en al dan niet hydraulische afsluiting optreedt, gepasseerd. De drukvariaties door hydraulische afsluiting of meer algemeen variërende belemmering van de luchtstroming in de standleiding door de waterbelasting, zijn bij deze meting dus geen oorzaak voor het doorslaan van de sifon.

Vanaf 500 Pa zijn luchtbelletjes waarneembaar. Er vindt dus luchttransport door het waterslot plaats. Als het drukverschil toeneemt tot circa 550 Pa, worden waterdruppels uit de sifon geblazen. Hierdoor vermindert de waterslotheogte. Er gaat immers water verloren. De weerstand van de sifon tegen doorslaan neemt hierdoor af. Dit leidt een fase in waarin de sifon met toenemende versnelling wordt leeggeblazen.

Onduidelijk bij de hiervoor vermelde meting is waarom luchttransport (belletjes) pas waarneembaar zijn bij circa 500 Pa drukverschil. Bij andere metingen, die uitgevoerd zijn, met andere beginwaterslotheogten lijkt de tendens waarneembaar dat het doorslaan van de sifon (luchtbelletjes door het waterslot) begint bij een drukverschil in Pa overeenkomstig met de maximale waterslotheogte. Dus bijv. 300 Pa in geval van een begin waterslotheogte van 15 mm en dus maximale waterhoogte in één been van de sifon van 30 mm. Dit zou de uitgangspunten die ten grondslag liggen aan NEN 3215 onderschrijven.

Er wordt hierbij opgemerkt dat het hier oriënterende metingen betreft. Onder andere een nauwkeurige instelling van de beginwaterslotheogte was moeilijk. Verder kan een verklaring kan zijn dat de dynamiek in het druksignaal in combinatie met de dynamiek van de sifon, de kans op doorslaan bij deze specifieke meting vermindert. Bijvoorbeeld omdat, voordat doorslag op zou kunnen gaan treden, de drukken al weer afnemen. De dynamiek zal in de praktijk echter van meerdere zaken afhankelijk zijn, zoals de lengte van de standleiding en de uitvoering van de sifon. Voor de vastlegging van de dynamiek tijdens deze onderhavige oriënterende meting is in bijlage C de periode direct na het optoeren van de ventilator (uit figuur 5) vergroot weergegeven.

Op grond van het voorgaande wordt opgemerkt dat, al hoewel bij deze oriënterende meting geen doorslag optrad als gevolg van hydraulische afsluiting, doorslag als gevolg van hydraulische afsluiting niet volledig uitgesloten kan worden.

4.3 Doorlaat standleiding bij aansluiting afhankelijk van belasting

Uit de figuren 2 t/m 5 blijkt dat bij het toenemen van de waterbelasting, de weerstand (die de lucht ondervindt in de standleiding) toeneemt. Uit deze figuren blijkt immers een duidelijk toename van de drukverschillen naarmate de waterbelasting toeneemt (bij vergelijkbare luchtvolumestromen).

Voor een goed begrip van de weerstand bij de aansluitingen én een mogelijke toekomstige verwerking naar proRiool, is het gewenst de bevindingen van de metingen

te vertalen naar de zogenaamde netto-doorlaat (A_{netto}) van de standleiding ter plaatse van de aansluiting. De netto-doorlaat is een maat voor de weerstand en kan bepaald worden met de volgende formule:

$$A_{\text{netto}} = q_v / (1,28 * Dp^n)$$

met:

- A_{netto} = de netto-doorlaat (m^2)
- q_v = de luchtvolumestroom (m^3/s)
- Dp = het drukverschil over de netto-doorlaat (Pa)
- n = de stromingsexponent (-)

Voor de stromingsexponent mag hierbij uitgegaan worden van 0,5.

Op basis van de gemeten drukverschillen en luchtvolumestromen is de netto-doorlaat bepaald als functie van het drukverschil. In bijlage B is dit weergegeven voor de situatie met T-stuk 110/110 zonder waterbelasting (figuur B1) en met waterbelasting van 2,7 l/s (figuur B2). De netto-doorlaat is hierbij dus gebaseerd op de combinatie van de drukverschillen en luchtvolumestromen zoals weergegeven in respectievelijk de figuren 2 en 5.

Figuur B1 vertoont een redelijk constante waarde voor de netto-doorlaat onafhankelijk van het drukverschil. Bij drukverschillen van enkele Pa's vertonen de berekende waarden voor de netto-doorlaat een iets grotere spreiding door meetonnauwkeurigheden. Verder dient men zich te realiseren dat bij een drukverschil van 0, de netto-doorlaat niet gedefinieerd is (er wordt dan immers gedeeld door 0, zie formule).

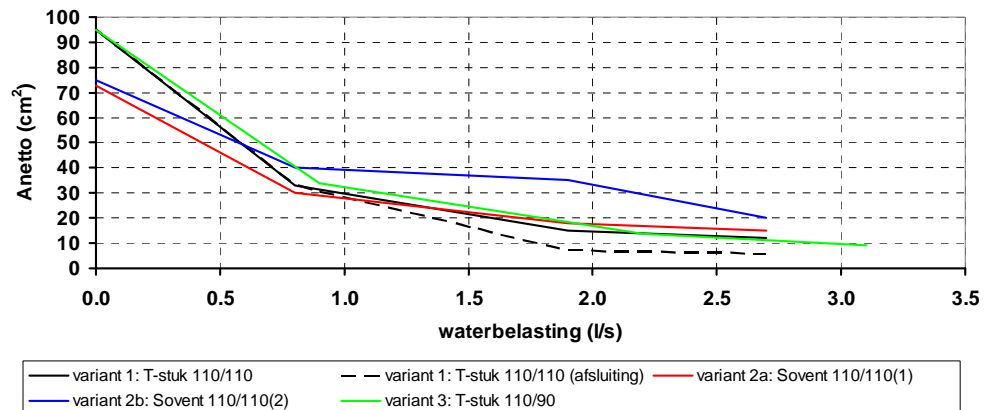
Figuur B2 vertoont in het drukgebied tot circa 300 à 400 Pa een grotere spreiding in netto-doorlaat in vergelijking tot de situatie met drukkiveaus hoger dan 400 Pa. Dit komt door de variërende belemmering van de doorlaat door de waterbelasting. Er blijken tot circa 200 Pa frequent situaties met een netto-doorlaat van 0 cm^2 voor te komen. Dit zijn de situaties met hydraulische afsluiting.

Voor alle uitgevoerde metingen (zie hoofdstuk 3) zijn figuren gemaakt van de netto-doorlaat afhankelijk van het drukverschil, zoals hiervoor besproken. Op basis van deze figuren is een zo goed mogelijke inschatting gemaakt van de gemiddelde netto-doorlaat voor een bepaalde aansluiting in combinatie met een bepaalde waterbelasting. Voor de situaties waarin hydraulische afsluiting optreedt, is hierbij:

- 1) de gemiddelde netto-doorlaat bepaald, exclusief de situaties dat de netto-doorlaat 0 cm^2 is.
Dit wordt beschouwd als een maat voor de netto-doorlaat in de situaties zonder hydraulische afsluiting.
- 2) de gemiddelde netto-doorlaat bepaald, inclusief de situaties dat de netto-doorlaat 0 cm^2 is.
Dit wordt beschouwd als een maat voor de netto-doorlaat voor de situaties met hydraulische afsluiting.

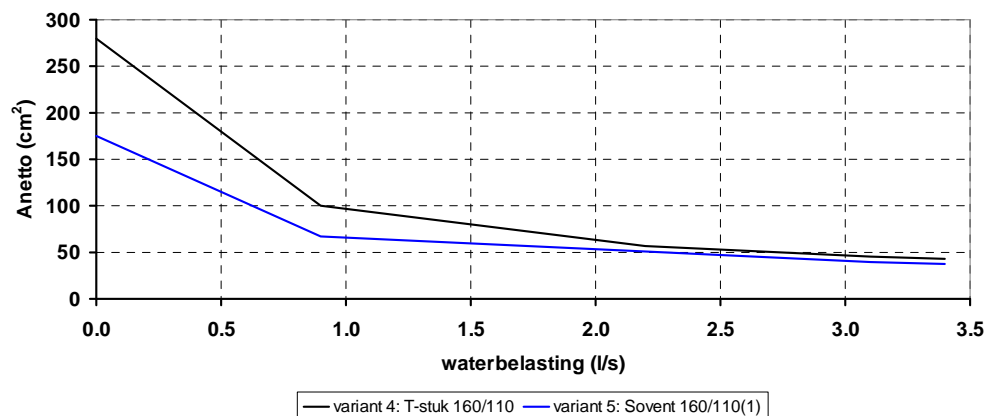
De afgeleide netto-doorlaat als functie van de waterbelasting, is:

- in figuur 7 weergegeven voor de metingen aan een standleidingdiameter van 110 mm,
- in figuur 8 weergegeven voor de metingen aan een standleidingdiameter van 160 mm.



Opm.: (1) Twee Sovent aansluitstukken boven elkaar. Zie variant 2a in tabel 1.
 (2) Eén Sovent aansluitstuk. Zie variant 2b in tabel 1.

Figuur 7: Netto-doorlaat van een 110 mm standleiding bij de aansluitleiding afhankelijk van de waterbelasting



Opm.: (1) Twee Sovent aansluitstukken boven elkaar. Zie variant 5 in tabel 1..

Figuur 8: Netto-doorlaat van een 160 mm standleiding bij de aansluitleiding afhankelijk van de waterbelasting

Uit figuur 7 blijkt dat de netto-doorlaat voor de situatie met T-stuk 110/110 (met afsluiting) bij toenemende waterbelasting, als gevolg van de hydraulische afsluiting, afneemt in vergelijking tot (a) 2 Sovent 110/110 boven elkaar en (b) de situatie met T-stuk 110/90, oftewel een aansluitleiding die 1 handelmaat kleiner is dan de standleiding. Hierbij wordt opgemerkt dat het halveren van de netto-doorlaat betekent dat bij eenzelfde lucht volumestroom de drukverschillen met een factor 4 toenemen. De situatie met T-stuk 110/90 blijkt vergelijkbaar met 2 Sovent aansluitstukken 110/110 boven elkaar. Het is realistisch 2 Sovent aansluitstukken te beschouwen omdat uiteindelijk het water geloosd op een bovengelegen aansluitpunt ook de onder gelegen

Sovent stukken moet passeren. Dus de situatie met T-stuk 110/90 en 2 Sovent aansluitstukken 110/110 heeft een vergelijkbare luchtweerstand (c.q. belemmering van de luchtstroming in de standleiding) en geeft beide geen hydraulische afsluiting (zie paragraaf 4.1). Een eventueel verbeterde werking van een rioleringsysteem in de praktijk bij gebruik van Sovent aansluitstukken lijkt hieraan dus niet toegeschreven te kunnen worden. Dan blijft als verklaring voor de goede resultaten in de praktijk bij gebruik van de Sovent aansluitstukken over de verlaging van de watervalsnelheden. In ieder Sovent aansluitstuk wordt immers de waterstroom afgeremd. Dit zal weer effect hebben op de luchtsnelheden en de optredende drukkiveaus.

Uit figuur 7 blijkt duidelijk dat de meting met één Sovent aansluitstuk resulteert in een hogere netto-doorlaat in vergelijking tot de andere aansluitingen. Dit is bruikbare input voor proRiool. Maar, zoals al gezegd, is dit niet representatief voor de werking in de praktijk, waarbij Sovent stukken boven elkaar in een standleiding worden toegepast.

Uit figuur 8 blijkt dat de bevindingen inzake de netto-doorlaat bij een standleiding van 160 mm aansluiten op de bevindingen bij een standleiding van 110 mm (zie figuur 7). De situatie met een T-stuk 160/110 heeft hier zelfs een iets hogere netto-doorlaat (minder weerstand) dan de situatie met 2 Sovent stukken 160/110.

5 Conclusies

- 1) Bij de onderzochte uitvoeringen, wat betreft de aansluiting op de standleiding (zie hoofdstuk 3), is hydraulische afsluiting alleen geconstateerd bij een aansluiting van een 110 mm aansluitleiding op een 110 mm standleiding door middel van een 90° T-stuk (T-stuk 110/110) bij een waterbelasting van 1,9 en 2,7 l/s.
- 2) Bij de metingen aan de uitvoering met T-stuk 110/110 en een waterbelasting van 1,9 en 2,7 l/s zijn de volgende situaties te onderscheiden:
 - a) Tot een drukverschil van circa 100 Pa en 200 Pa, bij een waterbelasting van respectievelijk 1,9 en 2,7 l/s, treedt hydraulische afsluiting op.
De hydraulische afsluiting vindt echter niet continue plaats. Na het ontstaan van hydraulische afsluiting vindt drukopbouw in de standleiding plaats. Dit maakt dat de hydraulische afsluiting uiteindelijk doorbroken wordt. Dit heeft weer tot gevolg een afname van de druk in de standleiding en het ontstaan van hydraulische afsluiting. Dit proces blijft zich herhalen.
Dat daadwerkelijk hydraulische afsluiting optreedt, blijkt uit het feit dat de luchtvolumestromen momentaan nul worden.
 - b) Bij drukverschillen groter dan 100 en 200 Pa blijven fluctuaties in drukken en luchtvolumestromen waarneembaar.
Onduidelijk is of hier nog hydraulische afsluiting optreedt. De luchtvolumestromen blijven namelijk groter dan nul. De fluctuaties wijzen op het variëren van de doorlaat van de standleiding (variëren van de belemmering door het water).
Uiteindelijk wordt een situatie bereikt waarbij de waterstroom continu doorbroken wordt, maar ook dan zijn nog grillige drukvariaties waarneembaar. Waarschijnlijk het gevolg van turbulentie.
- 3) Uit een oriënterende meting voor de situatie met T-stuk 110/110 en een waterbelasting van 2,7 l/s, waarbij een 32 mm sifon is aangesloten op de standleiding, blijkt dat de geconstateerde hydraulische afsluiting (zie punt 1) geen aanleiding is voor het doorslaan van de sifon.
Gezien het oriënterende karakter van deze meting kan het optreden van doorslag als gevolg van hydraulische afsluiting echter niet uitgesloten worden.

De metingen met de sifon lijken in het algemeen een tendens te geven dat doorslaan van een sifon optreedt bij een drukverschil in Pa overeenkomstig de maximale waterslohoogte. Dus bijv. 300 Pa in geval van een begin waterslohoogte van 15 mm en dus maximale waterhoogte in één been van 30 mm (correspondeert met 300 Pa). Dit zou de uitgangspunten die ten grondslag liggen aan NEN 3215 onderschrijven.
- 4) Voor een eventuele toekomstige verwerking in proRiool van het verschijnsel hydraulische afsluiting c.q. de weerstand van de standleiding ter plaatse van een aansluitleiding afhankelijk van de waterbelasting, leveren de metingen bruikbare resultaten.
- 5) Bij toenemende waterbelasting, neemt de luchtweerstand in de standleiding aanzienlijk toe (netto-doorlaat neemt aanzienlijk af).

- 6) De metingen met 2 Sovent aansluitstukken boven elkaar leveren een vergelijkbare weerstand in de standleiding op als bijvoorbeeld de situatie met een aansluitleiding die één handelsmaat kleiner is dan de standleiding. Verder is in deze beide situaties geen hydraulische afsluiting geconstateerd. Als mogelijke verklaring van de goede ervaringen met Sovent aansluitstukken in de praktijk, blijft dan over de afbouw van de watervalsnelheid in de Sovent aansluitstukken. Dit beperkt de optredende luchtstroming en kan zo de drukkiveaus beperken.

6 Literatuurlijst

- [1] NTR 3216
Binnenriolering
Richtlijnen voor ontwerp en uitvoering
NNI Delft, december 2008
- [2] NEN 3215
Binnenriolering.
Eisen en bepalingsmethoden
NNI Delft, september 2007

7 Ondertekening

Delft, maart 2011

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'W. Kornaat', written in a cursive style.

Ing. W. Kornaat
Auteur

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'A.C. van Tol', written in a cursive style.

Ir. A.C. van Tol
Research Manager
Energy, Comfort & Indoor Quality

A Foto's van de proefopstelling

Foto 1



opm.: Bij alle in dit rapport gerapporteerde meetresultaten liep de standleiding door tot aan het plafond, zoals het geval is bij de foto op de volgende bladzijde.

Foto 2

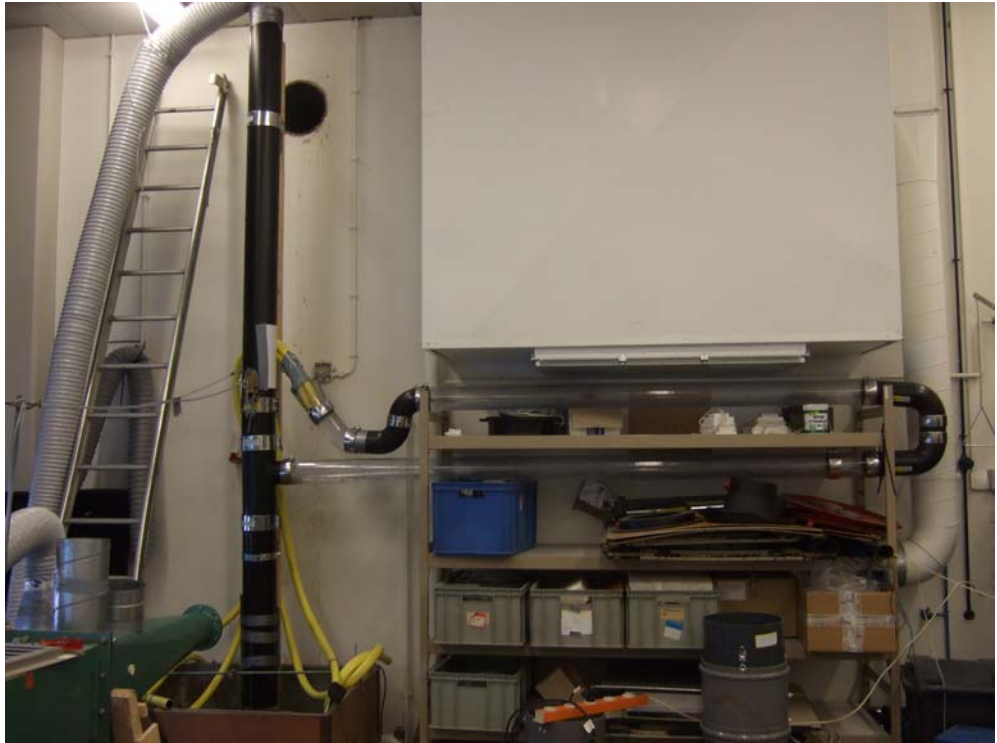
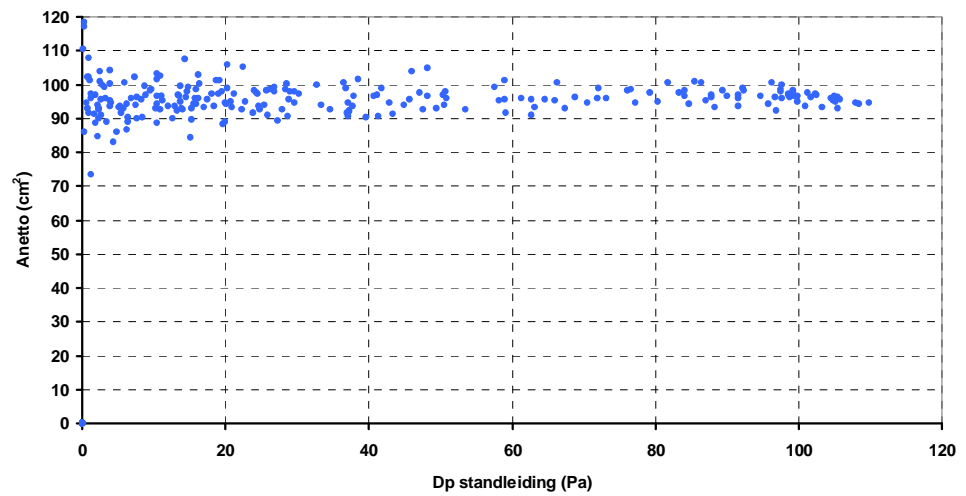


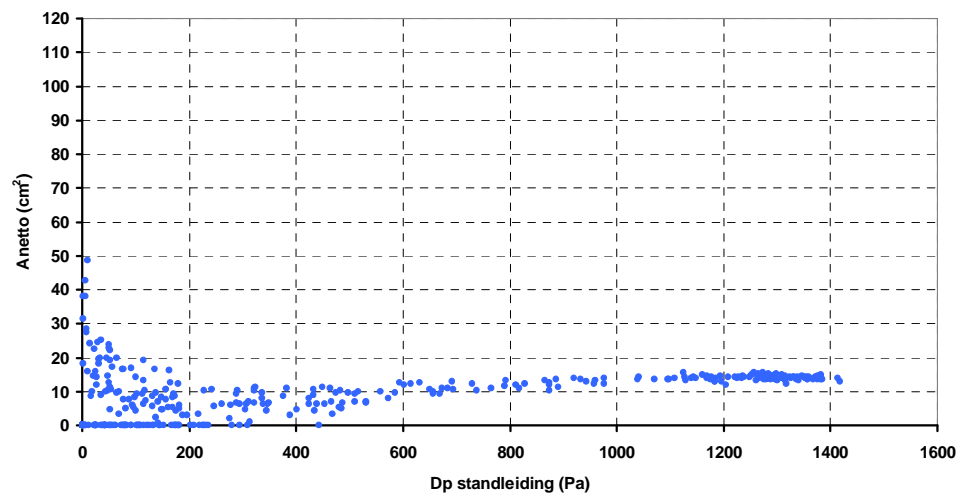
Foto 3



B Netto-doorlaat standleiding ter plaatse van de aansluiting

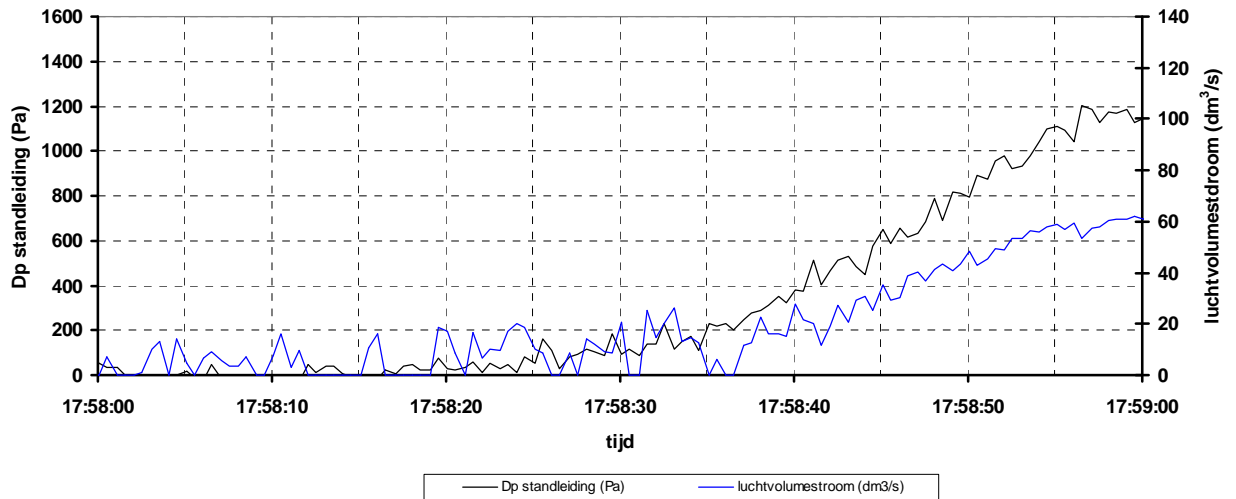


Figuur B1: Netto-doorlaat van de standleiding ter plaatse van de aansluiting afhankelijk van het drukverschil bij de situatie met T-stuk 110/110 en geen waterbelasting



Figuur B2: Netto-doorlaat van de standleiding ter plaatse van de aansluiting afhankelijk van het drukverschil bij de situatie met T-stuk 110/110 en een waterbelasting van 2,7 l/s

C Drukdynamiek in situatie met T-stuk 110/110 bij een waterbelasting van 2,7 l/s tijdens hydraulische afsluiting



opm.: Deze figuur betreft een uitvergroting van figuur 5 direct na optoeren van de ventilator