



Nederlandse technische vereniging
voor installaties in gebouwen TVVL



Voorstudie ST-12

Studie naar de effecten van
waterbesparende wc's met een
spoelvolumen kleiner dan 6 liter op het
ontwerp van de binnenriolering



Voorstudie ST-12

Studie naar de effecten van
waterbesparende wc's met een
spoelvolume kleiner dan 6 liter op het
ontwerp van de binnenriolering

dossier W8074-01-001
registratienummer WA-BD20030581
versie 4

januari 2005 / Definitieve eindrapportage

INHOUD	BLAD
1 INLEIDING	3
2 PLAN VAN AANPAK	5
3 UITGANGSPUNTEN	6
3.1 Normering binnenriolering	6
3.2 Ondergrens spoelvolumen van 4 liter	7
4 BASISAFVOER WATERBESPARENDE CLOSETS	8
4.1 Waarden voor basisafvoer in de literatuur	8
4.2 Consequenties van reductie basisafvoer	8
5 TRANSPORTAFSTAND	9
5.1 Het transportmechanisme	9
5.2 Bepalende factoren transportafstand	9
5.3 Resumerend	12
6 LABORATORIUMONDERZOEK	13
6.1 De meetopstelling	13
6.2 Onderdelen van de meetopstelling	15
6.2.1 Wateraanvoer en opvangbak	15
6.2.2 De vier doorgemeten combinaties waterclosets - reservoir	15
6.3 De metingen	18
6.3.1 Parameters	18
6.3.2 De meetmethode	19
7 MEETRESULTATEN PRAKTIJKPROEF	20
7.1 Algemeen	20
7.2 Resultaten van eerste metingen	21
7.3 Resultaten van de definitieve meetronde	22
7.3.1 De referentie – 6 liter	22
7.3.2 Metingen 4 liter spoeling	22
7.4 Invloed van de meetopstelling zelf	23
8 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	24
8.1 Conclusies	24
8.2 Aanbeveling	24
9 LITERATUURLIJST	25
9.1 Literatuurlijst overgenomen uit voorstudie ST-7	25
9.2 Literatuurlijst ten behoeve van de literatuurstudie ST-12	25
10 COLOFON	27

BIJLAGE 1 Gemeten transportafstanden

1 INLEIDING

De laatste jaren zijn er onder invloed van verschillende maatschappelijk ontwikkelingen zoals duurzaam bouwen en duurzaam watergebruik meer en meer waterbesparende lozingstoestellen in woningen toegepast. Het waterverbruik per persoon is in de afgelopen 10 jaar met zo'n 10 liter afgenomen naar 126 liter per dag (2001). Deze daling is voornamelijk het resultaat van technologische ontwikkelingen bij lozingstoestellen zoals closet en wasmachine (lit 10).

De traditionele waterclosets gebruiken per spoeling gemiddeld 9 liter om fecale stoffen weg te spoelen. Voor nieuwbouw is inmiddels de waterbesparende closetspoeling met een volume beperkt tot 6 liter tot standaard verheven. Op de markt zijn reeds enkele type closets verschenen met een spoelvolumen van 4 liter. In het buitenland wordt al geëxperimenteerd met wc-spoelingen van 3 en zelfs 2 liter.

In de TVVL/VNI-voorstudie ST-7 is onderzoek verricht naar de effecten van waterbesparende toestellen op het ontwerp van de binnenriolering. Aanbevelingen zijn gedaan voor water(besparende) waterclosets met een spoelvolumen van 9 liter, spoelvolumen groter dan 6 liter en spoelvolumen kleiner dan 6 liter.

Een van de aanbevelingen uit het rapport van de TVVL/VNI voorstudie ST-7 is dat het toepassen of stimuleren van een watercloset met een spoelvolumen minder dan 6 liter binnen het kader van het Bouwbesluit en NEN 3215 moet worden afgeraden, zolang niet is aangetoond dat dit een gelijkwaardige oplossing is.

Nu op de markt reeds enkele type closets zijn verschenen met een spoelvolumen van 4 liter, dringt zich de vraag op of een verdere beperking van het wc-spoelvolumen mogelijk is in het in Nederland toegepaste rioleringssysteem.

Het gebruik van waterbesparende waterclosets kan leiden tot kleinere maximale afvoeren per tijdseenheid, zowel individueel per toestel als opgeteld indien verschillende lozingstoestellen tegelijk lozen op dezelfde leiding. Verder leidt het gebruik van deze waterbesparende toestellen uiteraard ook tot geringere hoeveelheden te lozen afvalwater. Beide aspecten, de kleinere maximale afvoer per tijdseenheid en het kleinere spoelvolumen kunnen invloed hebben op het ontwerp van het afvoersysteem van de binnenriolering.

Het geloosde afvalwater dient als transportmedium van vaste stoffen in de binnenriolering. Of met deze geringere afvoeren en hoeveelheden voldoende capaciteit behouden wordt voor het transporteren van de vaste stoffen en er geen verstopping e.d. optreedt weet men niet. Nader onderzoek is nodig om vast te stellen in hoeverre ontwerpnormen, richtlijnen, aanwijzingen e.d. voor de binnenriolering moeten worden aangepast aan deze waterbesparende ontwikkelingen. Eventuele aanpassingen zullen zich in de meeste gevallen voordoen in de liggende leidingen.

Doelstelling

Deze bureaustudie, met aanvullend een praktijkgericht laboratorium onderzoek, heeft tot doel om inzicht te verkrijgen of verdere beperking van wc-spoelingen mogelijk is in het in Nederland toegepaste rioleringsysteem, en zo ja, welke eisen gesteld moeten worden aan het ontwerp van de binnenriolering wanneer daarop closets worden aangesloten met een spoelvolumen kleiner dan 6 liter om fecale stoffen weg te spoelen.

Als toetsingskader worden de eisen van de NEN 3215 en de richtlijnen van de NTR 3216 gebruikt [Lit 1, 2]. De NEN 3215 kan gezien worden als het verlengstuk van het Bouwbesluit en daarmee de wetgeving in Nederland. De NTR 3216 is met name bedoeld als hulpmiddel voor het ontwerp en uitvoering van hemel- en vuilwaterafvoersystemen in gebouwen. In het geval de binnenriolering is ontworpen en aangelegd volgens de NTR 3216 dan wordt tevens voldaan aan de eisen en voorwaarden gesteld in NEN 3215.

Het kader van deze voorstudie is woningen en woon-gebouwen. Verder is rekening gehouden met de maximale leidinglengtes, zoals deze ook vermeld staan in NTR 3216. Aspecten die van belang kunnen zijn voor de utiliteitsbouw zullen zo veel mogelijk worden vermeld, maar opgemerkt dient te worden dat deze aspecten zeker niet volledig uitgezocht en onderbouwd zijn in deze studie.

De resultaten van deze voorstudie kunnen consequenties hebben voor de opgestelde richtlijnen voor het ontwerp in NEN 3215 en NTR 3216. Aanbevelingen voor wijzigingsvoorstellen zullen worden opgenomen. Verder kunnen informatieve elementen uit deze voorstudie verwerkt worden in bijlagen van NTR 3216 of in werk- en informatiebladen.

De voorstudie is uitgevoerd door DHV Water BV en vond plaats in opdracht van de Uneto-VNI en TVVL en is mede mogelijk gemaakt door (financiële)bijdragen van Geberit en Wisa.

De voorstudie is begeleid door de TVVL werkgroep ST-12, die als volgt was samengesteld:

- | | | |
|------------------------------------|-----------------------|---------------|
| • de heer ir. R. Bente | Wisa BV, Arnhem | |
| • de heer ing. O.W.W. Nuijten | ISSO, Rotterdam | secretaris |
| • de heer ir. G. Onderdelinden | DHV, Amersfoort | rapporteur |
| • de heer ing. W.G. van der Schee | Volter & Dros | voorzitter |
| • de heer W.J.H. Scheffer | Uneto-VNI, Zoetermeer | projectleider |
| • de heer ir. W.L.J.K. Turkensteen | DHV, Amersfoort | rapporteur |
| • de heer A.J.M. van der Zwan | Geberit, Nieuwegein | |

2 PLAN VAN AANPAK

De voorstudie is opgebouwd uit een aantal fasen, namelijk :

- fase 1 - inventariseren van beschikbare en op korte termijn te verwachten waterbesparende waterclosets;
- fase 2 - vergelijken van basisafvoeren waterbesparende waterclosets met NEN 3215 / NTR 3216;
- fase 3 - vergelijken van samengestelde afvoeren bij waterbesparende toestellen met NEN 3215 / NTR3216;
- fase 4 - het inventariseren van de afvoertechnische aspecten en de consequenties voor het ontwerp van binnenriolering aan de hand van Nederlandse en buitenlandse vakliteratuur;
- fase 5 - verrichten van proefnemingen;
- fase 6 - afronden rapportage.

In fase 4 is de buitenlandse vakliteratuur beoordeeld op de mogelijke toepasbaarheid binnen de Nederlandse normering van het primaire ontspanningssysteem ofwel onbelemmerde stroming van water en lucht met instandhouding van het waterslot. De meeste buitenlandse literatuur is niet volledig toegespitst op het primaire ontspanningssysteem, zoals toegepast in Nederland, waarbij de beluchting en ontspanning van de buitenriolering voornamelijk via de binnenriolering plaatsvindt (zie ook 3.1). Om deze reden zijn de resultaten van buitenlandse literatuur pas na een “vertaalslag naar het primaire systeem” gebruikt in deze voorstudie. De toepasbaarheid van buitenlandse normen in de Nederlandse situatie vormt geen onderdeel van deze voorstudie.

3 UITGANGSPUNTEN

3.1 Normering binnenriolering

In het Bouwbesluit staat vermeld dat de binnenriolering dient te voldoen aan de prestatie-eisen van de NEN 3215 “Binnenriolering - Eisen en bepalingmethoden”.

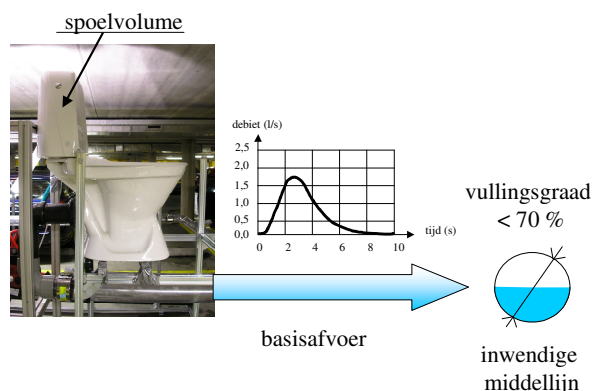
Deze norm beschrijft het ontwerp voor de binnenriolering vanuit de volgende visie:

- ieder lozingstoestel heeft een karakteristieke afvoer, ook wel basisafvoer genoemd;
- indien meerdere toestellen lozen op één afvoerende leiding, is er sprake van een samengestelde afvoer;
- ieder lozingstoestel heeft een waterslot, dat dient om stankoverlast en eventuele doorslag van ziekteverwekkende bacteriën aanwezig in aerosolen vanuit de binnen- en buitenriolering naar de leefomgeving te voorkomen;
- om te voorkomen dat het waterslot van een lozingstoestel wordt leeggetrokken of doorgeblazen tijdens een lozingsproces, mogen in het afvoersysteem slechts in beperkte mate drukverschillen optreden met een minimum respectievelijk maximum van 300 Pa.

In de buitenriolering ontstaan tijdens het vullen en ledigen van de riolering aanzienlijke luchtstromen, die voor een klein deel via straatkolken e.d. wordt aan- en afgevoerd. Het grootste deel van aan- en afvoer van lucht komt echter via de binnenriolering. Om te grote verschillen in overdruk- en onderdruk in de afvoerende leidingen te voorkomen, wordt in de NEN 3215 uitgegaan van het primaire ontspanningssysteem en voorgeschreven in relatie met de uitvoering van de buitenriolering. Het primaire ontspanningssysteem gaat uit van gelijktijdig water- als luchttransport in hetzelfde afvoersysteem met instandhouding van het waterslot. Gedurende de lediging van een lozingstoestel en de afvoer van water, moet er voldoende lucht naar de stankafsluiter kunnen stromen om het waterslot in stand te kunnen houden. Als norm wordt aangehouden dat een afvoerende verzamel- of grondleiding tot maximaal 70% mag zijn gevuld.

Basisafvoer

Onder basisafvoer wordt verstaan het maximale debiet in de afvoergolf direct achter de wc bij een zeker spoelvolume (zie onderstaande figuur). Het maximale debiet wordt uitgedrukt in een geloosd volume in een tijdseenheid, bijvoorbeeld liter per seconde.



De grootte van de basisafvoer is in combinatie met het afschot en de inwendige middellijn bepalend voor de vullingsgraad van een liggende leiding. Om een vullingsgraad van 70 % of kleiner te bereiken, kan in de NTR 3216 een combinatie van afschot en inwendige middellijn worden gekozen bij een gegeven basisafvoer. Een kleiner spoelvolumen, kan leiden tot een geringere basisafvoer, hetgeen weer aanleiding kan zijn om te kiezen voor een kleinere inwendige middellijn, met in achtneming van het afschot en de gewenste transportcapaciteit.

Transportcapaciteit

Binnen de randvoorwaarde van het primaire ontspanningssysteem is in deze voorstudie de transportcapaciteit van de liggende leidingen onderzocht voor spoelvolumes kleiner dan 6 liter (referentie), met als ondergrens 4 liter. Dit onderzoek naar de transportcapaciteit van spoelvolumes kleiner dan 6 liter is onderverdeeld in:

- een bureaustudie naar binnenlandse en buitenlandse literatuur;
- een praktijk gericht laboratorium onderzoek.

3.2 Ondergrens spoelvolumen van 4 liter

In deze voorstudie wordt gekeken naar het effect van spoelvolumes kleiner dan 6 liter op het ontwerp van de binnenriolering. De ondergrens van de spoelvolumes is gekozen op 4 liter. In de markt zijn waterbesparende closets verkrijgbaar, met een spoelvolumen van 4 liter en / of moduleerbaar tot 2,5 liter, waaronder het Gustavsberg closetsysteem. Dit type wc is echter aangesloten op een opvangreservoir (stroomvergroter). De inhoud van dit opvangreservoir bedraagt ca. 14 tot 18 liter en wordt op regelde momenten in een kort tijdsbestek leeg geheveld. Dit leidt tot spoelvolumes groter dan 6 liter, en daarmee ook tot een grotere basisafvoer. Het Gustavsberg closetsysteem en spoelvolumes kleiner dan 4 liter vallen buiten de scope van deze voorstudie.

4 BASISAFVOER WATERBESPARENDE CLOSETS

4.1 Waarden voor basisafvoer in de literatuur

De traditionele wc's verbruiken per spoeling gemiddeld 9 liter om fecale stoffen weg te spoelen. De bijbehorende basisafvoer is in NEN 3215 en NTR 3216 gesteld op 2 l/s voor een water closet en 2,5 l/s voor een afzuigcloset. Waterbesparende closets van 6 liter en kleiner hebben in het algemeen een geringere basisafvoer.

In de literatuur worden enkele relaties gegeven tussen spoelvolumen en basisafvoer. Aan de hand van de meetwaarden in de literatuur is een basisafvoer per spoelvolumen bepaald in tabel 4.1.

Tabel 4.1 Basisafvoer per spoelvolumen

Spoelvolumen	Basisafvoer	Verwijzing literatuur
6 liter	1,75 l/s	8; A9; NTR 3216
4 liter	1,6 l/s	A7; A14

4.2 Consequenties van reductie basisafvoer

Als ondergrens in deze voorstudie is aangehouden een spoelvolumen van 4 liter. Bij dit spoelvolumen past volgens tabel 4.1 een basisafvoer van 1,6 liter per seconde.

Volgens de NTR (tabel 5.05b) past bij een basisafvoer van 1,60 l/s een inwendige middellijn van 84 mm. voor de liggende (verzamel-)leiding bij een afschot kleiner dan 1 : 67 (15 mm/m). Bij een steiler afschot zou gekozen kunnen worden voor een inwendige middellijn van 69 mm.

Tabel 4.2 Afvoercapaciteit verzamel- en grondleiding voor afvoer huishoudelijk afvalwater voor $f = 0,85$ zie tabel 5.05b NTR 3216

Ontwerp-middellijn	1:50 20 mm/m	1:67 15 mm/m	1:100 10 mm/m	1:133 7,5 mm/m	1:200 5 mm/m
69	1,974	1,709	1,396	1,209	0,987
84	3,347	2,899	2,366	2,049	1,674

De verdere verlaging van de basisafvoer tot 1,6 l/s zal doorwerken in de samengestelde afvoer van de liggende leiding. Het ontwerp van de liggende leiding kan verder op de normale wijze worden bepaald, met inachtneming van de aangepaste basisafvoer voor een wc met een spoelvolumen van 4 liter.

Een basisafvoer van 1,6 l/s komt overeen met een samengestelde afvoer van 10 l/s (namelijk $0,5\sqrt{10} = 1,6$ l/s zie bijvoorbeeld tabel 5.03a1 in NTR 3216).

5 TRANSPORTAFSTAND

5.1 Het transportmechanisme

Bij een lozing met vaste stoffen in een leidingsysteem zijn enkele kenmerkende fases te onderscheiden in de liggende leiding en in het transportmechanisme van de vaste stoffen in de liggende leiding. In het navolgende wordt toegelicht zoals dit optreedt in een liggende leiding. In de eerste fase zal met relatief veel geweld de vaste stoffen met het afvalwater uit het lozingstoestel stromen. De snelheid van het water neemt sterk af door allerlei vertragingen en weerstanden, waardoor ook de vaste stof een vertraging ondergaat. De afmetingen van de vaste stoffen zijn relatief groot t.o.v. de middellijn van de leiding waardoor het water achter de vaste stof enigszins wordt opgehouden. Deze opstuwing heeft een positief effect op de snelheid van de vaste stof. In fase 2 wordt de snelheid van de vaste stof bepaald door de zwaartekracht op de vaste stof, de stuwkracht als gevolg van de waterstanden ter weerszijde op de vaste stof en de wrijvingskracht langs de buiswand (evenredig met de snelheid in het kwadraat). De gelijktijdige werking van deze 3 krachten veroorzaakt een dalende snelheid van de vaste stof. Na enige tijd is het meeste water de vaste stof gepasseerd (fase 3) en neemt de snelheid dermate af dat een kleine oneffenheid van de leidingwand, een verbinding, bocht of een knik ervoor kan zorgen dat de vaste stof tot stilstand komt. De totale afstand gerekend vanuit het lozingstoestel tot de plek van stilstand in de liggende leiding wordt de transportafstand genoemd.

5.2 Bepalende factoren transportafstand

Uit onderzoek is gebleken dat de transportafstand van vaste stoffen in een liggende leiding bepaald wordt door een aantal factoren zoals:

1. afschot van de leiding;
2. totale hoeveelheid geloosde water;
3. inwendige middellijn;
4. de vorm en afmetingen van de leiding;
5. afvoergolf vanuit het closet;
6. de karakteristieken van het spoellichaam (zwaarte, drijvend, zwevend, grootte);
7. het aantal spoelbeurten.

Deze factoren worden hieronder beschreven, mede aan de hand van gegevens uit de literatuur.

1. Afschot

De relatie tussen afschot van de leiding en de transportafstand is als rechtevenredig te beschouwen. In principe geldt hoe groter het afschot des te groter de transportafstand, maar een te groot afschot kan weer een nadelig effect hebben op de transportafstand. Als het afschot te groot wordt dan kan het water te snel voorbij de vaste stof geraken, waardoor de transportafstand afneemt. Uit niet officiële proefnemingen is vastgesteld dat bij een afschot van steiler dan 1:33 het inhaaleffect duidelijk waarneembaar is. In dat geval zal een kleinere inwendige middellijn van de leiding in combinatie met het groter afschot nodig zijn om de transportcapaciteit te behouden.

2. Totale hoeveelheid geloosde water

Het verband tussen de transportafstand en de hoeveelheid geloosd water is eveneens min of meer rechtevenredig te beschouwen. Bij toenemend spoelvolumen neemt de transportafstand toe.

Onafhankelijk van de grootte van het spoelvolumen en het afschot is een minimale transportafstand van 2 a 3 meter haalbaar. De enige echt beperkende factor is de weerstand, die wordt ondervonden voorafgaand aan het moment van intrede in de testleiding. Het betreft de totale weerstand in de wc, de leidingen en de bochten tot aan aansluitleiding.

3. Inwendige middellijn

De inwendige middellijn bepaalt in sterke mate de waterdiepte in de leiding, en daarmee de mate van weerstand die de drijvende of zwevende vaste stoffen ondervinden. Een geringe inwendige middellijn werkt in die zin gunstig door een toename van de waterdiepte. Een te geringe inwendige middellijn kan leiden tot hydraulische afsluitingen. Hierdoor wordt het afstromingsproces verstoord, doordat het water tijdelijk sterk geremd wordt, hetgeen de transportafstand vermindert. Tevens kan ter plaatse van een hydraulische afsluiting geen gelijktijdig transport van water en lucht plaats vinden, hetgeen tegenstrijdig kan zijn met de uitgangspunten van de NEN 3215.

NB: In de laboratoriumproeven zijn wel hydraulische afsluitingen geconstateerd, maar deze doen zich vooral in de eerste bocht voor, binnen de eerste 3,5 meter van de aansluit- / verzamelleiding. Voor dit horizontale gedeelte van de leiding zijn hydraulische afsluitingen nog toegestaan.

4. Vorm van de leiding

De vorm van de liggende leiding heeft ook invloed op de transportafstand maar is niet verder beschouwd omdat de toepassing van andere vormen dan rond niet worden toegepast in woningen. De configuratie van het leidingsysteem ofwel het leidingbeloop inclusief bochten, T-stukken e.d. kan wel invloed hebben (zie ook de voorwaarden in NEN 3215 en NTR 3216).

5. Afvoergolf vanuit het closet

In de buitenlandse literatuur wordt gewezen op de grote variëteit in de transportafstand die bereikt kan worden met verschillende wc's. Tussen de wc's worden transportafstanden waargenomen, die een factor 2 variëren.

Een kleinere transportafstand wordt behaald als de proeflichamen gedurende de eerste spoeling vrij laat de closetpot verlaten (in het laatste gedeelte van de watergolf), dan wel dat de afvoergolf zelf een ongunstig verloop heeft. De transportafstand kan toenemen door een goed ontwerp van de stankafsluiter (sifon) [lit A10].

6. De karakteristieken van het spoellichaam

De aard van de vaste stof en met name de soortelijke massa bepaalt het drijvend vermogen van de vaste stof en daarmee de transportafstand. De soortelijke massa bepaalt of het transport langs de bodem, zwevend of drijvend plaatsvindt. Een lage soortelijke massa van de vaste afvalstof verhoogt het drijvend vermogen en de vast afvalstof kan in het algemeen verder worden getransporteerd.

In de praktijk kan de aard van de vaste stof niet beïnvloed worden [Lit 3].

In de literatuur wordt veelvuldig geschreven over materialen en vormen, die representatief zijn voor fecaliën en closetpapier. Voor het nabootsen van fecaliën worden spoellichamen gebruikt die bestaan uit drijvende en zwevende sponzen en harde ballen. In enkele studies wordt gekeken naar het effect van variatie van het aantal spoellichamen per spoeling. Bij een toenemend aantal spoellichamen (bijvoorbeeld van 30 naar 50 harde ballen) blijkt een aantal wc's slechter te functioneren.

Het gebruik van ballen als spoellichaam heeft als nadeel dat de ballen in een hellende verzamelleiding naar beneden kunnen rollen, waardoor geen goed beeld wordt verkregen van de werkelijke transportcapaciteit.

Van luxe wc-papier (vochtig papieren doekjes) is bekend dat hierdoor Britse wc's in toenemende mate verstopt raken. Uit een onderzoek dat in de Britse krant The Times is gepubliceerd, blijkt dat het aantal verstopte wc's in Groot-Brittannië in de eerste zes maanden in 2004 met 10 procent is gestegen door de explosieve toename in het gebruik van luxueus wc-papier. Daarnaast blijkt het gebruik van niet afbreekbare tissues vooral een probleem te vormen.

7. Aantal spoelbeurten

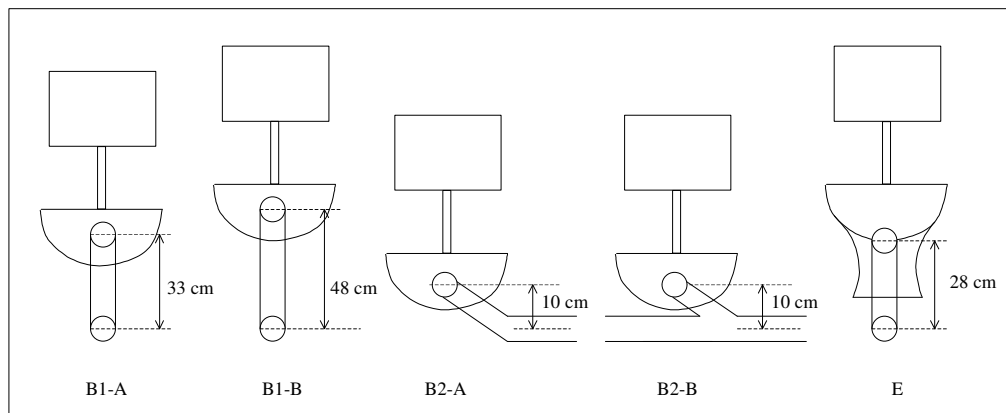
Door een opeenvolging van spoelbeurten neemt in het algemeen de transportafstand toe. Toch blijkt dat na een aantal spoelbeurten sprake is van een maximaal bereikbare transportafstand. Om de spoellichamen verder te transporteren is een groter spoelvolumen of een groter afschot nodig.

5.3 Resumerend

In het algemeen kan gesteld worden dat de combinatie van afschot, lozingsvolume en inwendige middellijn bepalend is voor het transportmechanisme en de transportafstand in een liggende leiding. De voorstudie ST-12 richt zich in eerste instantie op deze factoren.

Op basis van literatuuronderzoek is besloten om in het praktijkgericht laboratorium onderzoek mee te nemen:

- effect van wc-papier op spoelresultaat;
- het effect van de gekozen wc-opstelling op de transportafstand. Vijf verschillende typen wc's zijn benoemd op basis van hun spoelkarakteristiek. Figuur 5.1 toont de vijf verschillende typen opstellingen.



Figuur 5.1 Vijf typen wc-opstellingen

In tabel 5.1 is een omschrijving opgenomen van de vijf mogelijke opstelling

Tabel 5.1 Omschrijving benoemde meetopstellingen

Opstelling	Omschrijving
B1A	Wandcloset, valhoogte 33 cm in de vloer Liggende leiding ligt in de vloer
B1B	Wandcloset, valhoogte 48 cm , leiding ligt onder de vloer
B2A	Wandcloset, valhoogte 10 cm, leiding ligt boven de vloer
B2B	Wandcloset, valhoogte 10 cm, leiding ligt boven de vloer en prikt in op een liggende leiding
E	Staande pot, valhoogte 28 cm

* Valhoogte is van hart tot hart

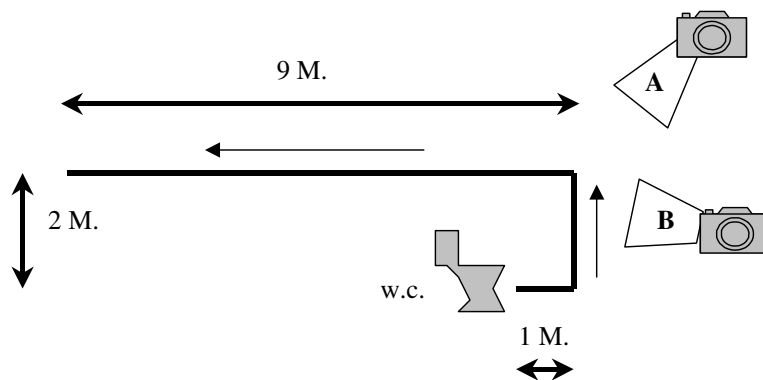
Opstelling B2A is uitgekozen als langzaam spoelende wc-opstelling, en opstelling E als een snel spoelende opstelling.

6 LABORATORIUMONDERZOEK

Met de laboratoriumopstelling is een aantal proeven genomen om enig inzicht te verkrijgen in de mate van beïnvloeding van een aantal factoren, zoals leidingafschot, spoelvolumen, leidingmiddellijn. Een eerste meetronde is uitgevoerd bij Geberit te Nieuwegein. De definitieve meetronde is uitgevoerd met een modelopstelling op het hoofdkantoor van DHV. Voor beide meetrondes is gebruik gemaakt van een plexiglas leidingsysteem, ter beschikking gesteld door Geberit. De gebruikte wc-elementen zijn ter beschikking gesteld door Geberit en WISA. In de volgende paragrafen wordt verslag gedaan van de metingen naar het transportmechanisme van een vaste afvalstof in een liggende leiding achter een waterbesparende wc.

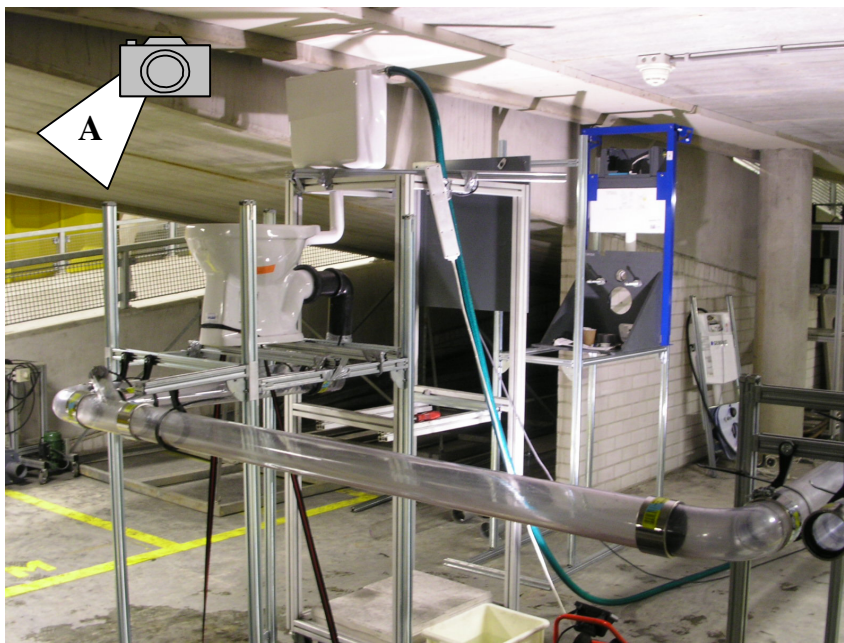
6.1 De meetopstelling

De structuur van de meetopstelling is afgebeeld in figuur 6.1. De wc-pot is aangesloten op een rechte leiding van 1,0 meter lengte. Met een (stroom)bocht van 90 graden is de tweede rechte leiding aangesloten met een lengte van 2,0 meter. Na wederom een (stroom)bocht van 90 graden is de derde en laatste rechte leiding aangesloten, met een lengte van 9,0 meter. Het uiteinde van het derde leidingstuk kent een vrije uitstroming.



Figuur 6.1 Structuur meetopstelling

De figuren 6.2 en 6.3 zijn foto's van de meetopstelling, gemaakt vanaf positie A en B, zoals aangegeven in figuur 6.1.



Figuur 6.2 Foto zijaanzicht meetopstelling vanaf positie A



Figuur 6.3 Foto zijaanzicht meetopstelling vanaf positie B

6.2 Onderdelen van de meetopstelling

In deze paragraaf worden onderdelen van de meetopstelling beschreven.

6.2.1 Wateraanvoer en opvangbak

De wateraanvoer vindt plaats door een dompelpomp, die aangesloten is op een plastic (groene) mobiel verrijdbaar reservoir (zie figuur 6.2), dat tevens dienst doet als opvangreservoir aan het einde van de meetopstelling. De inhoud van het opvangreservoir is ca. $\pm 0,50 \text{ m}^3$.

6.2.2 De vier doorgemeten combinaties waterclosets - reservoir

Gemeten is aan vier opstellingen, zoals aangegeven in tabel 6.1. Gebruik is gemaakt van marktconforme producten, aangeleverd door Geberit en WISA. De waterclosets die gebruikt zijn, zijn voorzien van een KIWA-keurmerk.

Tabel 6.1 Meetopstelling

Nr.	Opstelling	Closet	Reservoir	Spoeling
I	B2A	Wandcloset (diepspoeler) geschikt voor 6 liter spoeling	Inbouwreservoir	Langzaam
II	B2A	Wandcloset (diepspoeler) geschikt voor 6 liter spoeling	Inbouwreservoir	Langzaam
III	E	Staande pot 4 liter (PK-aansluiting)	Laag reservoir 4 liter	Snel
IV	E	Duoblok 4 liter (PK-aansluiting)		Snel

* Nadere informatie over de gebruikte producten is verkrijgbaar bij de projectleider van de werkgroep ST-12

Aansluiting reservoir op wc

De waterreservoirs zijn allen ingesteld op het gewenste lozingsvolume. Hiertoe is vooraf het waterniveau bepaald in het reservoir, waarop het gewenste spoelvolume is bereikt. Vervolgens zijn de vlotters van de reservoirs op dit waterniveau ingesteld. Tot slot is gecontroleerd of het lozingsvolume aan het einde van de meetopstelling na een spoelbeurt overeenkomt met het gewenste spoelvolume.

In het laboratoriumonderzoek is bij opstelling B2A sprake geweest van een kleinere energiehoogte, door het reduceren van het spoelvolume van 6 liter naar 4 liter.

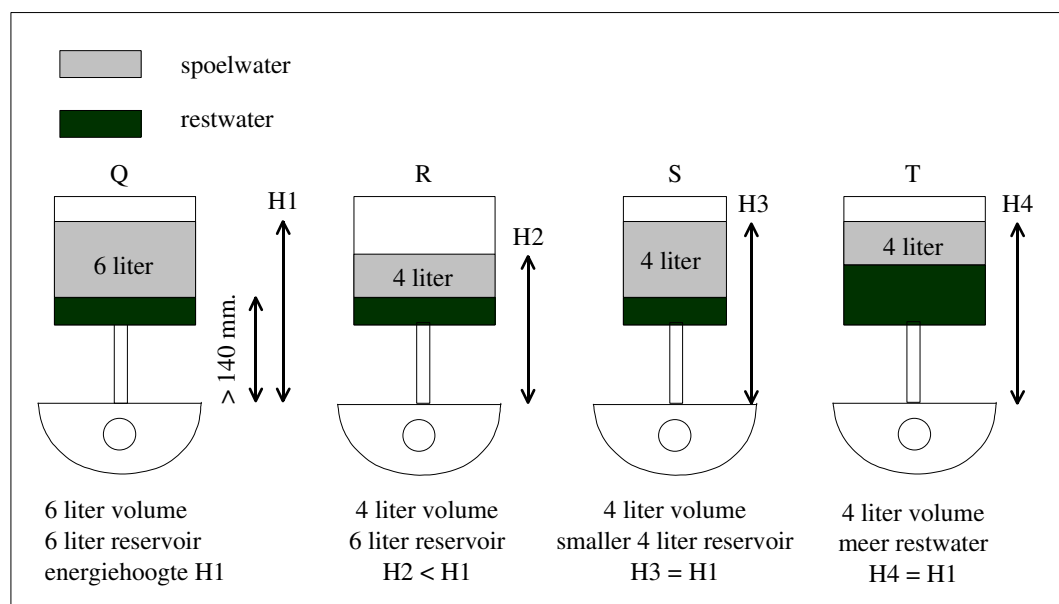
In figuur 6.4 is aangegeven hoe het reduceren van het spoelvolume van 6 liter naar 4 liter van invloed is op de energiehoogte.

De meeste linkse opstelling (Q) toont een gevuld spoelreservoir met een spoelvolume van 6 liter. De energiehoogte is gelijk aan de afstand tussen het waterniveau in het reservoir en de bovenkant van de wc-pot. Deze energiehoogte is aangeduid als H1.

Nadat een spoeling heeft plaatsgevonden is nog sprake van een zekere hoeveelheid restwater. De afstand tussen het waterniveau in het reservoir van dit restwater en de bovenkant van de wc-pot dient groter te zijn dan 140 mm. (NTR 3216, bijlage E).

Het reduceren van het spoelvolume van 6 liter (Q) naar 4 liter (R) in hetzelfde spoelreservoir resulteert in een lagere energiehoogte, bij een gelijkblijvende hoeveelheid restwater. Om toch een gelijkwaardige energiehoogte te verkrijgen kan gekozen worden voor een smaller reservoir (S, derde opstelling) of het reservoir instellen op meer restwater (T). Deze alternatieven zijn niet gebruikt bij de laboratoriumproeven.

Bij opstelling E (figuur 5.1) speelt het reduceren van het spoelvolume niet. Wel is uit noodzaak bij opstelling E het restwaterniveau zoveel mogelijk geminimaliseerd, omdat alleen hierdoor een continue 4 liter spoeling kon worden verkregen. Dit in verband met de waargenomen sterke variatie in het restwaterniveau.

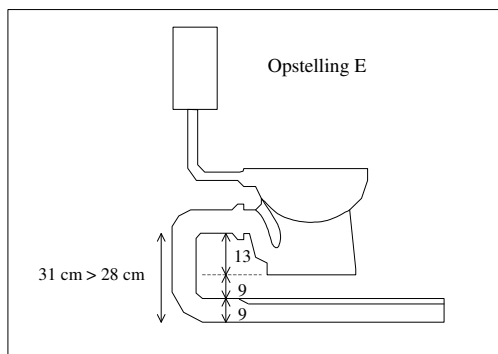


Figuur 6.4 Effect reduceren spoelvolume op energiehoogte

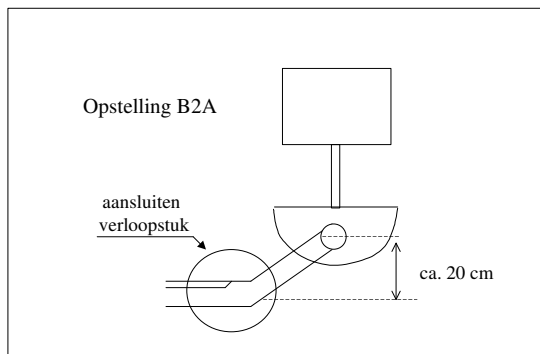
Aansluiting wc op transportleiding

Figuur 6.5 toont schematisch de aansluiting van opstelling E. Opstelling E heeft een minimaal hoogteverschil van 28 cm. Door de metingen uit te voeren met een hoogteverschil van 31 cm. is hieraan voldaan.

Figuur 6.6 toont de aansluiting van opstelling B2A. Het hoogteverschil bedroeg in de laboratoriumopstelling ca. 20 cm.

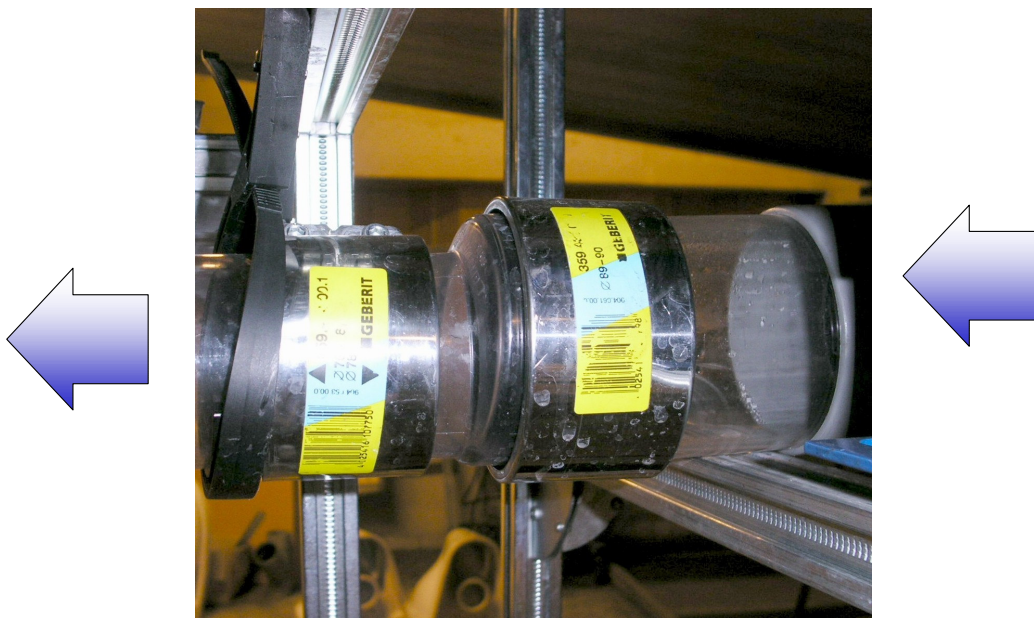


Figuur 6.5 Aansluiting opstelling E



Figuur 6.6 Aansluiting opstelling B2B

Figuur 6.7 toont de overgang van een inwendige middellijn van 84 mm naar 69 mm..



Figuur 6.7 Overgang inwendige middellijn van 84 mm. naar 69 mm.

De testleiding

De testleiding bestaat uit vier buisstukken van plexiglas, met lengtes van 1,0 meter, 2,0 meter en 2 keer 5,0 meter. Gebruik is gemaakt van middellijnen: DN 90 (84 mm.), DN 75 (69 mm.) en DN 63 (57 mm.).

De totale lengte aan liggende leiding is 12,2 meter (inclusief bochtstukken). De totale maximale richtingsverandering is 180 graden, bestaande uit 2 stroombochten van 90 graden. De bochten hebben een radius die varieert per inwendige middellijn, zoals aangegeven in tabel 6.1.

Tabel 6.2 Radius van (stroom)bochtelementen

inwendige middellijn	Radius van de (stroom)bochtelementen
84 mm.	90 mm.
69 mm.	70 mm.
57 mm.	50 mm

6.3 De metingen

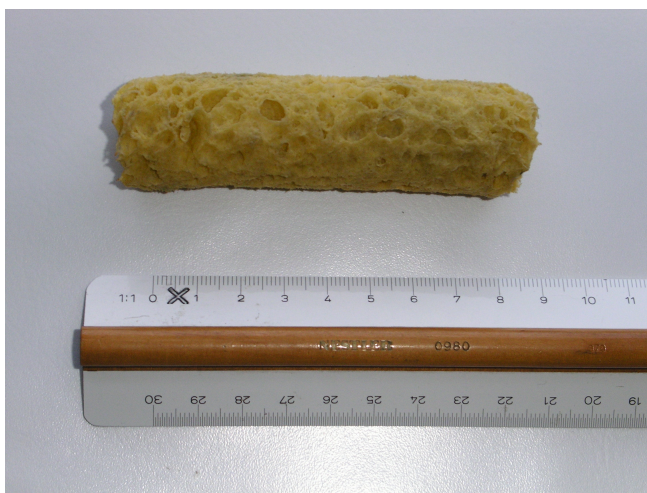
6.3.1 Parameters

De parameters die in het laboratoriumonderzoek zijn onderzocht, zijn in tabel 6.3 beschreven.

Tabel 6.3 Beschrijving van de gemeten parameters

Factor	Omschrijving
Spoellichaam	In aansluiting op het vooronderzoek ST-7 is ook in dit onderzoek gemeten met een standaard Kiwa-spons, verzwaard met schroeven aan beide zijden, waarmee de verzwaarde KIWA-spons juist aan het wateroppervlak blijft drijven (zie figuur 6.8). Per meting is gebruik gemaakt van twee verzwaarde KIWA-sponzen. Het gebruik van twee sponzen geeft een betere onderbouwing van de transportafstand dan 1 spons en geeft inzicht in een eventuele spreiding van de te bereiken transportafstand, zonder dat de sponzen elkaar hydraulisch beïnvloeden. Tevens zijn enkele metingen uitgevoerd met 12 vellen closetpapier.
Leidingsafschot	Gemeten is aan het volgende leidingafschot: - 1:200 - 1: 133 - 1: 100 - 1: 50
Inwendige middellijn	Gemeten is aan twee inwendige middellijnen - 84 mm. - 69 mm. Tevens zijn in de eerste meetronde enkele metingen uitgevoerd met een inwendige middellijn: - 57 mm.

Factor	Omschrijving
Spoelvolumen	Gemeten is met spoelvolumes van: - 6 liter (referentie) - 4 liter (ondergrens)
Spoelbeurten	De transportafstand van de twee verzwaarde KIWA-sponzen zijn gemeten na 1, 2, 3 en soms na 4 spoelbeurten.
WC-combinaties	De combinaties zijn beschreven in tabel 6.1.



Figuur 6.8 KIWA-spons gebruikt als spoellichaam in ST-12

6.3.2 De meetmethode

Bij iedere meting zijn aan het begin van de spoeling twee verzwaarde KIWA-sponzen in de closetpot geplaatst. De twee sponzen worden met de wc-spoeling uit de closetpot gespoeld. De afstand die de verzwaarde KIWA-spons aflegt is per spons vastgelegd, na de eerste, tweede en derde spoeling. Een enkele keer is bij een afschot van 1:200 een vierde spoelbeurt uitgevoerd, om een beter beeld te krijgen van de transportcapaciteit en daarmee van maximale bereikbare transportafstand.

7 MEETRESULTATEN PRAKTIJKPROEF

7.1 Algemeen

Referentie en ondergrens

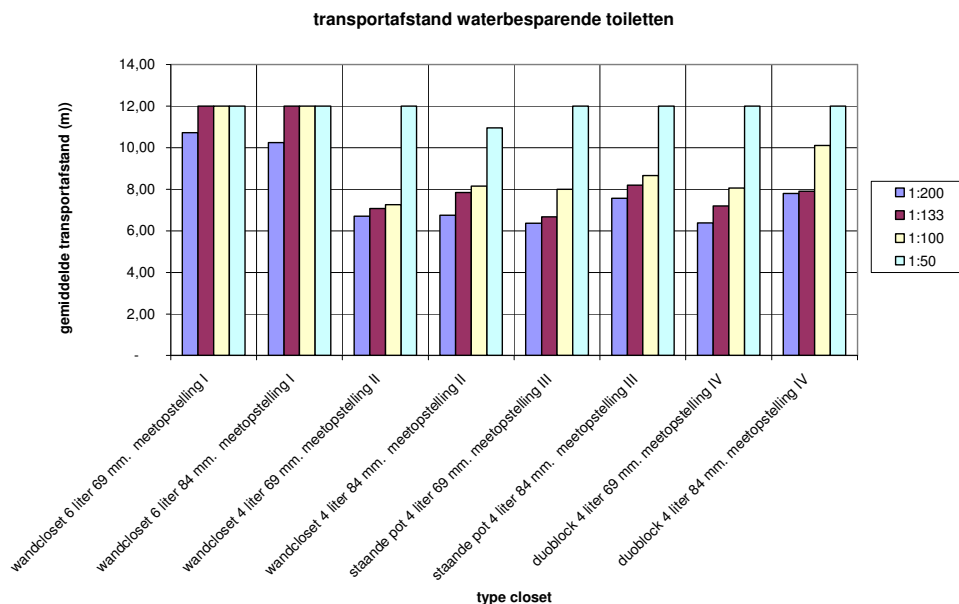
De referentie voor de transportafstand is bepaald bij een spoelvolumen van 6 liter.

De ondergrens voor de transportafstand is bepaald bij spoelvolumen van 4 liter.

Overzichtstabellen

In bijlage 1 is op A3 formaat een overzicht opgenomen van alle gemeten transportafstanden.

In figuur 7.1 zijn de gemiddelde transportafstanden weergegeven na maximaal 3 spoelbeurten.



Figuur 7.1 Transportafstand na drie spoelbeurten

7.2 Resultaten van eerste metingen

Een eerste meetronde is uitgevoerd bij Geberit. Op basis van deze eerste metingen met de meetopstelling zijn de volgende conclusies getrokken, omtrent de maatgevendheid van wc-papier en de toepasbaarheid van een inwendige middellijn van 57 mm.

Wc-papier niet maatgevend

Uit de eerste meetrondes blijkt dat het spoelen met 12 vellen wc-papier niet maatgevend is voor de transportafstand. In tegenstelling tot de resultaten van Brits onderzoek, blijkt het gebruik van wc-papier niet op voorhand een negatief effect te hebben.

Wc-papier heeft eerder een positieve invloed heeft op de transportafstand. De twaalf vellen wc-papier zetten lichtelijk uit en vullen een groot deel van het buisoppervlak. Hierdoor wordt extra waterdruk opgebouwd, hetgeen gunstig is voor de transportafstand. Het wc-papier stroomt gemakkelijk mee met het afstromende water en heeft geen last van bochten of richels, hetgeen gunstig is voor de transportafstand. Spoelen met 1 vel levert eveneens grote transportafstanden op, omdat het vel bovenop het water blijft drijven. In het algemeen komt het wc-papier verder dan de verzwaarde KIWA-spons.

In een gecombineerde spoeling van wc-papier met één spons wordt geen verslechtering van de transportafstand waargenomen. De combinatie van twee sponsen en 12 vellen bleek in de eerste meetronde lastig spoelbaar (problemen bij de pot).

Een mogelijke verklaring van de negatieve resultaten van het luxe wc-papier in Brits onderzoek kan zijn het slecht uiteenvallen van de vochtige papieren 'doekjes'. Dat zou pas na 5 dagen het geval zijn. Wc-papier op basis van hergebruikt papier valt volgens de Britse onderzoekers binnen drie minuten uiteen.

Inwendige middellijn van 57 mm is te klein

De inwendige middellijn van 57 mm. is in de eerste meetronde meegenomen. Na deze eerste meetronde is deze inwendige middellijn komen te vervallen, vanwege de mate waarin hydraulische afsluiting zich voordoen (borrelen in de wc-pot is waargenomen) en vanwege de te grote kans op verstoppingen (voor de praktijk niet geschikt).

Vastgesteld mag worden dat een inwendige middellijn van 57 mm. niet goed aansluiten op de bestaande, op de markt verkrijgbare wc's. Het verloopstuk van de inwendige middellijn 84 mm naar 57 mm. gaf aanleiding tot een hydraulische afsluitingen met veel opstuwing. In de eerste bocht bleven de beide KIWA-sponsen een enkele keer steken. Voor deze inwendige middellijn is een aangepaste wc gewenst met een kleinere uitlaat, zodat geen verloopstuk nodig is. Met een goed onderbouwd onderzoek zal dan nog onderzocht moeten worden of aanvullende eisen moeten worden gesteld, om verstoppingen en hydraulische afsluitingen te voorkomen en de transportafstand te waarborgen.

7.3 Resultaten van de definitieve meetronde

7.3.1 De referentie – 6 liter

De referentie gaat uit van een inwendige middellijn van 84 mm., een spoelvolume van 6 liter en als spoellichaam twee verzwaarde sponzen. De meetresultaten van de referentiesituatie kunnen als volgt worden samengevat:

- Bij een afschot van 1:200 (0,5 cm/m) is de minimale transportafstand 3 meter bij de eerste spoelbeurt en 9 meter bij de tweede spoelbeurt.
- Bij een steiler afschot (1:133 tot 1:50) is de transportafstand bij de eerste spoelbeurt al snel 8 meter en wordt in de tweede spoelbeurt altijd een afstand van 12,20 meter bereikt.
- In de referentie treedt geen hydraulische afsluiting op in eerste of tweede (stroom)bocht.

7.3.2 Metingen 4 liter spoeling

Spoelvolume

De resultaten van de metingen, zoals opgenomen in bijlage 1, geven aan dat de transportafstand bij een 4 liter spoeling, beduidend lager ligt, dan bij een 6 liter spoeling.

Afschot

Bij een afschot tussen 1: 200 en 1: 100 neemt de transportafstand ca. 0,5 tot 2,0 meter toe.

Bij een afschot van 1: 50 neemt de transportafstand aanzienlijk toe. Een verklaring voor deze toename in de transportafstand kan zijn dat:

- het grotere afschot zorgt ervoor dat in de eerste drie meter (inclusief de eerste twee bochten), het water makkelijker afstroomt, het water behoudt grotendeels zijn stroomsnelheid;
- in het gedeelte na de eerste twee bochten tot aan het eindpunt (tussen de 3 en 12,2 meter) is een hoge stroomsnelheid waar te nemen. Deze hoge stroomsnelheid zorgt voor een hoge schuifspanning, waardoor bezinking van de spoellichamen niet optreedt, ondanks de relatief geringe waterdiepte. Zelfs de richel op 8,20 meter in een verbindingsstuk wordt probleemloos gepasseerd.

Inwendige middellijn

In het algemeen geeft de inwendige middellijn van 84 mm. een gelijkwaardige of iets grotere transportafstand na drie spoelbeurten, dan de inwendige middellijn van 69 mm. De verschillen liggen in de orde grootte van 0,5 tot 1,5 meter.

Meetopstelling II, III, IV

Meetopstelling II heeft een wandcloset (diepspoeler), hetgeen aangeduid is als een langzaam spoelende combinatie. Meetopstelling III en IV bestaan uit staande potten met een laaghangend reservoir (diepspoeler), die aangeduid zijn als snel spoelende combinaties. Van de combinatie III en IV zou op voorhand verwacht worden, dat deze grotere transportafstanden behalen dan combinatie II. Voor de inwendige middellijn van 69 mm. gaat deze stelling echter niet op. Met de inwendige middellijn van 84 mm. reikt de transportafstand 0,05 tot 1,0 meter verder bij de meetopstelling III en IV.

Opgemerkt wordt dat bij een afschot van 1:50 alleen de meetopstelling II met een inwendige middellijn van 84 mm. de transportafstand niet tot aan het einde van de leiding reikt.

Spoelbeurten

In de laboratoriumproeven blijkt dat bij de 4 liter spoelingen het effect van een derde of een vierde spoelbeurt op de transportafstand steeds verder afneemt, zodat sprake is van het bereiken van een maximaal bereikbare transportafstand. Uitzondering hierop vormt een afschot van 1:50, waarbij de maximale lengte van de meetopstelling binnen 2 tot 3 spoelbeurten wordt bereikt.

7.4 Invloed van de meetopstelling zelf

Richel op 8,20 meter

Bij metingen met een 4 en een 6 liter spoeling blijkt dat de spoellichamen vaak blijven liggen ter plaatse van de koppeling / verbindingstuk op 8,20 meter. Ter plaatse van deze koppeling is sprake van een kleine richel, die het resultaat van de transportafstand beïnvloedt.

Bochten

De eerste bocht geeft regelmatig aanleiding tot opstuwing. In sommige gevallen is sprake van een tijdelijke hydraulische afsluiting. Hydraulische afsluitingen zijn alleen waargenomen bij een gering afschot van 1:200 en 1:133 en bij een inwendige middellijn van 75 mm. De hydraulische afsluitingen zijn van korte duur en worden niet bij iedere spoeling waargenomen.

Bij een hydraulische afsluiting neemt de stroomsnelheid abrupt af, hetgeen waarneembaar is aan het stilvallen van de spoellichamen. Pas als voldoende water is weggestroomd, en de hydraulische afsluiting is opgeheven, stromen de spoellichamen weer verder. Door extra aandacht te besteden aan het eerste bochtstuk, bijvoorbeeld door te kiezen voor een bocht van 2 keer 45 graden, kan de hydraulische afsluiting wellicht worden voorkomen.

Overgang inwendige middellijn van 84 mm. naar 69 mm.

Het verloopstuk (zie figuur 6.7), dat de overgang bewerkstelligt tussen een inwendige middellijn van 84 mm. naar 69 mm, zorgt eveneens voor de nodige weerstand. In deze studie is ervoor gekozen om het verloopstuk te plaatsen aan het begin van de liggende leiding.

Om de weerstand in de bochten (met name de eerste) en het verloopstuk te beperken, zou ervoor gekozen kunnen worden om de eerste drie meter uit te voeren met een buisdiameter van 84 mm., en pas na de tweede bocht (na drie meter) via een verloopstuk over te stappen op een kleinere middellijn. Dit in aansluiting tot recente Duitse publicaties (2004, lit 16), waarin aangegeven wordt dat de afvoergolf (waar de basisafvoer op is bepaald) afvlakt, al naar gelang de afvoergolf verder stroomt, hetgeen een bekend hydraulisch verschijnsel is.

Het is met name na de tweede bocht (vanaf 3 meter) dat vullingspercentages worden waargenomen lager dan 50 %, zelfs bij de kleinere inwendige middellijn van 69 mm. Vanuit deze gedachte loont het om te kiezen voor een kleinere inwendige middellijn vanaf enige afstand vanaf het lozingstoestel. Dit is echter in strijd met 4.1.9 van NEN 3215: in de leidingen mogen geen vernauwingen in de afvoerrichting voorkomen.

8 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

8.1 Conclusies

Een spoelvolumen van 6 liter is gebruikt als referentie voor de 4 liter spoeling. De resultaten van de 6 liter spoeling staven de resultaten van het vooronderzoek ST-7, waarin aangegeven wordt dat een 6 liter spoeling, onder zekere voorwaarden voldoende transportcapaciteit levert.

Het gebruik van een spoelvolumen van 4 liter geeft echter geen gelijkwaardige transportafstand ten opzichte van een 6 liter spoeling. De transportafstand reikt veelal niet verder dan 6 tot 8 meter na drie spoelbeurten. Een combinatie van kleinere inwendige middellijn van 69 mm. levert geen meerwaarde ten opzichte van 84 mm.

Slechts een afschot van 1:50 lijkt een voldoende transportafstand te bieden, maar ook hier is een gevoeligheid ten opzichte van het type wc zichtbaar.

De keuze om de maximale leidinglengte van de aansluit- of verzamelleiding tot aan de standleiding te beperken lijkt twijfelachtig. Vooralsnog is onduidelijk welke transportmechanismen optreden in een grondleiding, laat staan welke consequenties een kleiner spoelvolumen heeft op de transportcapaciteit van vaste stoffen in de grondleiding. Gezien de toch beperkte transportcapaciteiten van de aansluit-/ verzamelleiding is enige bezorgdheid over het achterliggende leidingstelsel op zijn plek.

8.2 Aanbeveling

Aanbeveling tot nader onderzoek betreft het doortrekken van het huidige onderzoek tot aan de grondleiding, om de consequenties van waterbesparende wc's op de transportcapaciteit in de grondleiding te onderzoeken.

Tevens kan nog nader worden onderzocht:

- een hydraulische verfijning van de meetopstelling, bijvoorbeeld door:
 - de eerste bocht uitrusten met een grotere radius;
 - het verplaatsen van het verloopstuk.
- invloed van verschillende soorten (incl. tissues) en hoeveelheden wc-papier.

Tot slot kan nog in kaart worden gebracht welke transportafstanden te verwachten zijn als in de praktijk gebruik wordt gemaakt van inwendige middellijnen groter dan 84 mm. achter een waterbesparende wc met een spoelvolumen van 6 liter of kleiner.

9 LITERATUURLIJST

9.1 Literatuurlijst overgenomen uit voorstudie ST-7

- [1] NEN 3215; Binnenriolering Eisen en bepalingsmethoden, Oktober 2002
- [2] NTR 3216; Nederlandse Technische Richtlijn voor ontwerp en uitvoering, 2003
- [3] Knoblauch; Klosettanlagen, Neue Kriterien für die Spülwirkung. 1980.
- [4] Ministerie VROM; Achtergrondrapport NEN 3215- dimensionering van liggende leidingen. 1985.
- [5] DHV; Onderzoek naar het transportmechanisme van vaste afvalstoffen in een liggende leiding. 1981
- [6] VNI; Huishoudelijk watergebruik. Informatie (warm)waterbesparing/energiebesparing. 2000.
- [7] ISSO/SBR - publicatie 70.1; Hemelwater binnen de perceelsgrens - ontwerprijtlijn. 1999.
- [8] Intech; Ontwerpen binnenriolering met behulp van computer. CIB-W62 Internationaal Symposium Sanitaire Techniek, november 1998.
- [9] Scheffer, W; Nog een stapje verder? Lezing over NTR 3216 bijlage E - Afvoerleidingen in voorzetwanden. 2000.
- [10] Intech; Grenzen van waterbesparing in zicht, februari 1999.

9.2 Literatuurlijst ten behoeve van de literatuurstudie ST-12

- [A1] ‘Wassersparende Klosettenwicklungen’
Jan, Schwarze, Kerameg
- [A2] “Water closet performance test”
NAHB Reseach Centre, Upper Marlboro, MD September 2002
- [A3] “Scene from Afar”
L.S. Galowin, Phd Appl Mech
Plumbing systems and design ,oktober 2002
- [A4] “Future directions for water closets and sanitation systems”
Steve Cummings
Research and Development Manager, Caroma Industries Limited, Sydney, Australia
- [A5] “Geberit bringt Licht ins Abwasserrohr”
Geberit
- [A6] “Selbstreinigungsfähigkeit von Entwässerungsleitungen bei Verwendung von wassersparenden Klosettanlagen”
Zentralverband Sanitär Heizung Klima, Fachhochschule Münster
- [A7] Meetgegevens ten behoeve van One Family Booster
WISA
- [A8] “Requirements in standards for water closet hydraulic performance testing with bulk media materials”
L.S. Galowin, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland

- 1997 CIB-62 symposium Yokohama Japan
Watersupply and drainage for buildings, November 10 – 12
- [A9] “The effects upon drainage systems connected tot WCs of proposed changes to the Water Byelaws of England and Wales”.
John Griggs, John Hall, Martin Shouler, Building Research Establishment
Prepared for 1997 CIB-62 symposium yokohama Japan
Watersupply and drainage for buildings
- [A10] “ Watersaving at the cutting edge?”
Geberit, Erwin Schibig
27th International Symposium CIB W62
Watersupply and drainage for buildings, September 17-20, 2001, Slovenia
- [A11] “Assessment of w.c. performance using computer based prediction techniques”
J.A. McDougall and Prof. J.A. Swaffield
Heriot – Watt University, Department of Building Engineering, Riccarton, Edinburgh
- [A12] “Low flush volume water closets, mixed media testing, waste transport and drainage sizing” .
Dr. J.A. McDougall and Prof. J.A. Swaffield
Heriot – Watt University, Department of Building Engineering, Riccarton, Edinburgh
- [A13] “Water closet discharge profiles – impacts on drainage system design””
Prof. J.A. Swaffield,
Heriot – Watt University, Department of Building Engineering, Riccarton, Edinburgh
Prof. L.S. Galowin,
National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland, USA
- [A14] Meetgegevens van Spinx
- [A15] “Appropriate drain sizing for waste solid transport in building drainage networks under water conservation criteria”
Dr. J.A. McDougall and Prof. J.A. Swaffield
- [A16] Kleine Rohrweiten für Abwasserleitungen durch hydraulische Dimensionierung,
Umwelttechnik 125, 2004, Dr. Ing. Hugo Feurich

10 COLOFON

Opdrachtgever	: TVVL/UNETO-VNI
Project	: Voorstudie ST-12
Dossier	: W8074-01-001
Omvang rapport	: 27 pagina's
Auteur	: ir. W.L.J.K. Turkensteen
Bijdrage	: ir. G. Onderdelinden
Projectleider	: ir. W.L.J.K. Turkensteen
Projectmanager	: ir. G. Onderdelinden
Datum	: 12 januari 2005
Naam/Paraaf	: ir. G. Onderdelinden

BIJLAGE 1 GEMETEN TRANSPORTAFSTANDEN