



Afstudeeronderzoek
Meest efficiënte en economisch interessante
wijze voor het reinigen van
terreinwaterleidingen

Pourya Ashena
50347
Afstudeerperiode februari – juni 2015
Milieu 1.2.3. Wateringen

DE HAAGSE HOGESCHOOL

Haagse Hogeschool vestiging Delft

Faculteit Technologie, Innovatie &
Samenleving
Werktuigbouwkunde
Rotterdamseweg 137
2628 AL Delft

Student

Pourya Ashena
Hulkstraat 14 A
3028 VS Rotterdam
06 – 81 28 86 20
Pourya.Ashena@gmail.com
Studentnummer: 50347

Afstudeerrichting

Werktuigbouwkunde
Productie & Ontwerpen

Bedrijfsmentor

Dhr. M. van Zeijl
Veenland 3
2291 NS Wateringen
mzeijl@milieu123.nl
0174 - 22 63 26

Afstudeer coördinator

Dhr. A. van der Vlugt
Faculteit Technologie, Innovatie &
Samenleving;
Werktuigbouwkunde
A.vanderVlugt@hhs.nl
015 – 26 06 258

Afstudeerbegeleider

Dhr. R.T.A. van der Lans
Faculteit Technologie, Innovatie &
Samenleving;
Werktuigbouwkunde
R.T.A.vanderLans@hhs.nl
015 – 26 06 248



Voorwoord

Ter afronding van mijn studie Werktuigbouwkunde aan de Haagse Hogeschool te Delft heb ik de gelegenheid gekregen om een afstudeeropdracht uit te voeren bij Milieu 1.2.3. te Wateringen. Via Milieu 1.2.3. heb ik de gelegenheid gekregen om mij in een zeer interessant onderwerp te kunnen verdiepen door middel van een leerzaam onderzoek. Dit onderzoek ging namelijk over de bestaande schoonmaakmethoden van distributieleidingnetten in Nederland en om hiervan een inzicht te krijgen om te bepalen of deze methoden op een efficiënte en economisch gunstige manier toepasbaar zouden kunnen zijn voor het reinigen van terreinwaterleidingen.

Tijdens deze educatieve reis en het vele uren literatuur onderzoek kan ik met plezier zeggen dat mijn interesse voor dit onderwerp nog meer opgewekt is. Ik heb met veel interesse dit onderzoek gedaan en geprobeerd om door grondig onderzoek er een toegankelijke scriptie van te maken. Het heeft voor mijzelf in ieder geval geleid tot een zeer boeiende scriptie en ik hoop dan ook dat u deze scriptie met interesse zal lezen.

Tot slot wil ik een aantal personen bedanken die bij hebben gedragen aan de totstandkoming van deze educatieve ervaring. Allereerst wil ik graag mijn bedrijfsmentor dhr. M. van Zeijl ontzettend bedanken voor zijn positief en flexibele instelling waardoor ik altijd bij hem terecht kon voor vragen en hulp. Vervolgens wil ik mijn studiebegeleider dhr. R.T.A. van der Lans ontzettend bedanken voor zijn kritische oog en constructieve feedback waardoor ik de lat hoger heb moeten zetten voor mezelf. Hier ben ik uiteraard ontzettend dankbaar voor.

Ook zou ik graag dhr. Bas Asselman ontzettend willen bedanken voor zijn altijd gezellig en deskundige advies en informatie. Ik heb over verschillende methoden kunnen praten met Dhr. Asselman en ons gesprekken zijn zeer leerzaam en educatief voor mij geweest. Ik zou hierbij ook graag dhr. M. Klooswijk willen bedanken voor het altijd open staan om mee te kunnen overleggen en hulp bij te vragen. Milieu 1.2.3. heeft door de geweldige medewerkers voor een fantastische sfeer gezorgd waar ik mij de afgelopen maanden verder heb kunnen ontwikkelen. Uiteraard ben ik al deze personen dankbaar voor de geweldige ervaring en hun bijdrage aan mijn persoonlijke ontwikkeling.

Het doorbrengen van een afstudeerstage in een goedgeorganiseerd bedrijf zoals Milieu 1.2.3. is een voorrecht en een ervaring waarvan ik in mijn verdere loopbaan de vruchten zal plukken.

Pourya Ashena
Juni 2015, Wateringen



Inhoudsopgave

Samenvatting.....	6
Lijst met afkortingen	8
Begripsomschrijving	9
1. Inleiding	12
1.1 Aanleiding.....	12
1.2 Probleemstelling.....	13
1.3 Doelstelling.....	13
1.4 Organisatieomschrijving	14
1.4.1 B.A.S. Holding B.V.	14
1.4.2 D.V.T. Nederland B.V.	14
1.4.3 Milieu 1.2.3.	14
2. De onderzoeksgrenzen	15
A. Vaste eisen	15
B. Wensen.....	16
3. Methoden.....	17
3.1. Literatuuronderzoek.....	17
3.2 Interview.....	17
3.3 Analyseren van de randvoorwaarden van de schoonmaakmethoden	17
4. De Resultaten	18
4.1 Literatuur onderzoek.....	18
4.1.1 De productie van drinkwater in Nederland	18
4.1.2 Vervuiling van drinkwaterleiding	20
4.1.2.1 Bruinwater	20
4.1.2.2 Legionellabacterie.....	21
4.1.3 Terreinwaterleiding	22
4.1.3.1 Oud gelegde terreinwaterleidingen.....	23
4.1.3.2 Nieuw gelegde terreinwaterleidingen	23
4.1.4 Wettelijk kader	24
4.1.5 Schoonmaakmethoden.....	25
4.1.5.1 Conventioneel Spuien	26
4.1.5.2 Systematisch spuien	27
4.1.5.3 Spuien met water en lucht.....	29
4.1.5.4 Proppen	31
4.1.5.5 Ice Pigging	32
4.1.5.6 Chemisch reinigen	34
4.1.5.7 Thermisch reinigen	35
4.2 Interview.....	36
4.2.1 Interview Analyse	37
4.3 Vergelijking van de schoonmaakmethoden	40
4.3.1 Doelstelling en gestelde eisen waar de schoonmaakactie in terreinwaterleidingen hoort aan te voldoen	41
4.3.2 Aanvoercapaciteit	43
4.3.3 Benodigde watervoorraad	45
4.3.4 Kosten van schoonmaakacties	48



5. Conclusie	49
Discussie	50
6. Referentielijst	53
Bijlage 1	55
Bijlage 1.1 Voorbeeld van hardheid van drinkwater geleverd door drinkwaterbedrijf Vitens.....	55
Bijlage 1.2 Kaart van hardheid van drinkwater in Nederland.....	56
Bijlage 2	56
Bijlage 2.1 Voorzieningsgebieden van waterleidingbedrijven in Nederland	56
Bijlage 2.3 Productielocaties voor de drinkwatervoorziening uit grondwater	57
Bijlage 2.4 Productielocaties voor de drinkwatervoorziening uit oevergrondwater	58
Bijlage 2.5 Productie van drinkwater uit oppervlaktewater	58
Bijlage 2.6 Drinkwaterproductie uit licht anaeroob grondwater	59
Bijlage 2.7 Productie van drinkwater uit oppervlaktewater met voorzuivering, infiltratie en nazuivering infiltratiewater	60
Bijlage 2.8 Productie van drinkwater uit oppervlaktewater met directe zuivering.....	61
Bijlage 3 Invloed van temperatuur op Legionella groei- en afsterfgedrag	62
Bijlage 4	63
Bijlage 4.1 De soorten leidingen die in een leidingnet kunnen voorkomen zijn	63
Bijlage 4.2 Oud gelegde terreinwaterleiding, Doetinchem	64
Bijlage 5 Wettelijk kader.....	65
Bijlage 5.1 Drinkwaterwet	65
Bijlage 5.2 kenmerkende normwaarden van drinkwater in Nederland	65
Bijlage 6	66
Bijlage 6.1 curatief (2m/s) en preventief (1,5 m/s) doorspoelen met drinkwater	66
Bijlage 6.2 De sedimentverwijdering uitgezet tegen de spuisnelheid.....	66
Bijlage 7 Randvoorwaarden voor het uitvoeren van een prop actie (Kiwa, 2011)	67
Bijlage 8 Chemisch reinigen doorspoel tijd	67
Bijlage 9 Wandruwheid	67
Bijlage 10 BRL 6010	67
Bijlage 11 Interview vragenlijst	68
Bijlage 12	69
Bijlage 12.1 Benodigde aanvoercapaciteit voor systematisch spuien	69
Bijlage 12.2 Benodigde aanvoercapaciteit voor spuien met water en lucht	69
Bijlage 12.3 Benodigde aanvoercapaciteit voor Ice Pigging	70



Samenvatting

Het is algemeen bekend dat Nederland over een zeer goede kwaliteit drinkwater beschikt. De Drinkwaterwet stelt de waterleidingbedrijven verantwoordelijk voor de kwaliteit van het drinkwater tot aan het punt van de levering.

Het periodiek reinigen van transportleidingen, distributienetwerken en aansluitnetwerken zijn enkele van de maatregelen die door de waterleidingbedrijven worden genomen om de kwaliteit van het drinkwater in de waterleidingen te waarborgen. De kwaliteit van drinkwater is echter niet altijd zo hoog geweest.

Eind jaren '80 kwamen er in Nederland steeds meer onoplosbare klachten uit de waterleidingnetten naar voren die voor enige ongerustheid hebben gezorgd. Deze waren voornamelijk bruinwaterklachten.

Een van de methoden die in de jaren '80 nog gebruikelijk was voor het oplossen van bruinwaterklachten was conventioneel spuien. Met deze methode werd er bij het ontstaan van bruinwaterklachten een brandkraan in de omgeving van de bruinwaterklacht opengezet, totdat daar uiteindelijk helder water uitkwam. Dit werd toen gezien als een indicatie dat het probleem was opgelost.

Echter verplaatste deze methode alleen maar de bruinwaterklachten in het distributieleidingnet naar een andere locatie van het net waardoor de bedachte oplossing van vuil water klachten, meer vuile water klachten veroorzaakte.

Naar aanleiding van de blijvende klachten is er in de loop van de jaren '90 veel aandacht besteed voor het schoonmaken van de waterleidingnetten.

Na een periode van grondig onderzoek naar de aard en oorzaak van de bruinwaterklachten is er vervolgens naar een oplossing gezocht voor het verhelpen van deze klachten. Uit deze onderzoeken zijn er diverse rapporten verschenen.

Uit deze onderzoeken en rapporten is er toen waterspuien vanuit een doelgericht plan, ook bekend als "Systematisch spuien" naar voren gebracht om het schoonmaken van distributieleidingen te verhelpen. Met deze methode wordt er een distributienet met behulp van een spui plan vanuit een schoon waterfront met een minimum waterstroomsnelheid van 1,5 m/s gereinigd. Deze methode wordt sinds de jaren '90 tot heden toegepast voor het reinigen van merendeels van distributienetten in Nederland.

Naast systematisch spuien zijn er ook andere schoonmaak methoden die in de waterleidingen worden toegepast. Voornamelijk Spuien met water en lucht, Proppen en Ice Pigging. Deze methoden worden echter niet regulier toegepast als schoonmaak methode van drinkwaterleidingen. Voor elk van deze methoden zijn door drinkwaterleidingbedrijven bepaalde randvoorwaarden opgesteld waaraan een schoonmaakactie door middel van deze methoden aan dient te voldoen.



De opgestelde randvoorwaarden zijn als volgt:

- Voor spuien met water en lucht geldt dat de snelheid van de waterstroom in een leiding minimaal 0,5 m/s moet bedragen. Daarnaast moet de verhouding van lucht en water tijdens de uitvoering van deze methoden 1:1 zijn.
- Voor effectief schoonmaken door middel van proppen geldt dat de prop met een minimum snelheid van 0,1 m/s door de leiding geduwd moet worden.
- Voor Ice Pigging is de vereiste waterstroomsnelheid 0,3 m/s.

Deze schoonmaak methoden worden door de drinkwaterleidingbedrijven toegepast in de distributieleidingen en transportleidingen. Vanwege de grote overeenkomsten tussen karakteristieken van distributieleidingen met terreinwaterleidingen is de vraag ontstaan om een onderzoek te verrichten over hoe een terreinwaterleiding door middel van deze schoonmaakmethoden op de meest efficiënt en economisch gunstige wijze schoongemaakt kan worden.

Hieruit bleek dat op basis van de vereiste randvoorwaarden voor het uitvoeren van een efficiënte schoonmaakactie door middel van deze methoden, spuien met water en lucht in combinatie met chemische desinfecteren methode het meest efficiënt en economisch gunstige wijze zou zijn waarmee een terreinwaterleiding zou kunnen worden schoongemaakt.

Het minder benodigde aanvoercapaciteit en watervoorraad voor het uitvoeren van deze schoonmaak methode zijn twee afwegingen die voor deze beslissing hebben gezorgd.



Lijst met afkortingen

BRL: Beoordelingsrichtlijn.

Kiwa: Keuringsinstituut voor Waterleidingartikelen.

ILT: Inspectie Leefomgeving en Transport.

PE: Polyethyleen.

PVC: Polyvinylchloride.

Ctgb: College toelating gewasbeschermingsmiddelen en biociden.

ATA: Attest Toxicologische Aspecten.

KPa: Kilo Pascal.

mWk: Meter waterkolom.

dH: deutsche Härte (Duitse graden).

Kve: kolonievormende eenheden.

FTU: Formazine Turbidity Units.



Begripsomschrijving

Debiet:

Dit is een natuurkundige eenheid voor een doorstromend medium uitgedrukt als de hoeveelheid van een vloeistof of gas per tijdseenheid. De grootte wordt uitgedrukt in de eenheid m^3/s .

Hard water:

Water dat veel kalk bevat.

dH:

De hardheid van water wordt in Nederland over het algemeen uitgedrukt in het aantal Duitse graden (dH, deutsche Härte) waarbij 1 dH gelijk staat aan 17,8 milligram kalk per liter leidingwater.

Kiwa ATA certificaat:

Hiermee wordt aangetoond dat de producten voldoen aan de criteria volgens de "Regeling Materialen en Chemicaliën Leidingwatervoorzieningen.

Opwervelingspotentiemethode:

Dit is een meet programma dat door Dhr. Jan Vreeburg in de jaren '90 is ontwikkeld. Deze methode wordt toegepast om de vervuilingstoestand van de leidingproblematiek accuraat te kunnen meten.

Vertakt ontwerpen (in plaats van vermaasd ontwerpen) van een distributieleidingnet:

De toepassing van dit type netwerk leidt tot betere hydraulische omstandigheden in waterleidingdistributienetwerken waardoor minder sedimentvorming in deze leidingen plaatsvindt. Naar aanleiding hiervan worden waterleidingnetten in Nederland steeds kleiner en vertakter ontworpen.

Leidingwaterinstallatie:

Installatie bestaande uit leidingen, waterbehandelingstoestellen en andersoortige toestellen waarmee leidingwater wordt ter beschikking gesteld.

Drinkwaterinstallatie:

Leidingwaterinstallatie voor de afname van drinkwater.

Hoofdleiding:

De leiding van het bedrijf waarop aansluitingen tot stand kunnen worden gebracht.

Aansluiting:

De leiding van het drinkwaterbedrijf die de drinkwaterinstallatie met de hoofdleiding verbindt.



Levering:

De terbeschikkingstelling van drinkwater.

Kleinverbruik:

Elke levering waarbij de maximale momentane afname uitgedrukt in m^3 per uur, kleiner is dan $4 m^3$ per uur.

Grootverbruik:

Elke levering waarbij de maximale momentane afname uitgedrukt in m^3 per uur, groter is dan $4 m^3$ per uur.

Leveringspunt:

Kraan waarmee de drinkwaterlevering van drinkwaterbedrijf aan een drinkwaterinstallatie wordt afgesloten. Deze bevindt zich direct voor de watermeter.

De nominale volumestroom:

Dit is de volumestroom waarmee de watermeter langdurig belast mag worden.

Troebelheid:

Dit is een kwalitatieve meting die een waarde geeft aan de helderheid van het water. Omdat helderheid een optische waarneming is wordt troebelheid volgens een optisch meetprincipe bepaald.

FTU:

Dis de eenheid voor de meting van de troebelheid en zwevende stof concentratie in water.

Kve:

Een kolonievormende eenheid is een groepje bacteriën welke samen een kolonie vormen.

Laminaire stroming:

Dit is een stroming van het drinkwater in een leiding waarin het water zich in lagen langs elkaar beweegt.

Turbulente stroming:

Bij deze stroming van het drinkwater in een leiding vindt een vermenging van de waterlagen plaats. Deze stroming kenmerkt zich door plaatselijk willekeurige snelheden, die op elk moment verschillend van richting kunnen zijn.

K-waarde:

Dit is de wandruwheid in een leiding.



BRL 6010:

Is een certificaat die door isso kennisinstituut voor de installatiesector wordt aan de bedrijven uitgegeven voor legionella preventie-advisering voor collectieve leidingwaterinstallaties.



1. Inleiding

1.1 Aanleiding

Het is algemeen bekend dat Nederland over een zeer goede kwaliteit drinkwater beschikt. Om de kwaliteit van het drinkwater in de waterleidingen te waarborgen zijn bepaalde normen en voorwaarden in de Drinkwaterwet en het Drinkwaterbesluit opgenomen.

De Drinkwaterwet stelt de waterleidingbedrijven verantwoordelijk voor de kwaliteit van het drinkwater tot aan het punt van de levering. Het periodiek reinigen van transportleidingen, distributienetwerken en aansluitnetwerken zijn enkele van de maatregelen die door de waterleidingbedrijven worden genomen om de kwaliteit van het drinkwater in de waterleidingen te waarborgen (zie bijlage 5).

De verantwoordelijkheid om de kwaliteit van het drinkwater in een collectieve drinkwaterinstallatie te waarborgen na het leverpunt ligt bij de eigenaren van de collectieve drinkwaterinstallaties.

Uit de praktijk is bekend dat vervuiling in de waterleiding kan worden veroorzaakt door “bruinwater” of besmetting met legionellabacteriën. Bruinwaterklachten kunnen door de eigenaren van collectieve drinkwaterinstallaties moeiteloos herkend worden maar herkenning van besmetting met legionellabacterie vergt bepaalde kennis en kundigheid. Hierdoor zijn de eigenaren van collectieve drinkwaterinstallaties wettelijk verplicht om door een gecertificeerd bedrijf een periodieke monsteropname te laten doen van alle aanwezige tappunten in de waterleidinginstallaties. Dit mag alleen worden uitgevoerd door een daarvoor op basis van BRL 6010 gecertificeerd bedrijf (zie bijlage 10).

Soms beschikt een collectieve drinkwaterinstallatie over een zogenaamde terreinwaterleiding. Deze terreinwaterleiding functioneert als een distributieleiding die het drinkwater binnen een collectieve drinkwaterinstallatie verspreidt tussen een centraal leveringspunt van het water en twee of meerdere lokale leveringspunten.



1.2 Probleemstelling

Bij alle punten van levering in een collectieve drinkwaterinstallatie hoort een keerklep te zitten. De keerklep zorgt ervoor dat het eventuele vervuild water die door de legionella besmetting of sedimentvorming in de leiding zou kunnen ontstaan niet *terug* kan stromen in de waterleiding. Een keerklep kan echter niet voorkomen dat vervuild water de waterleiding *binnen* stroomt.

Hierbij ontstaat het probleem dat bij het constateren van vervuiling in een collectieve drinkwaterinstallatie die over een terreinwaterleiding beschikt, het moeilijk te bepalen is waar de vervuiling vandaan komt. Als de oorzaak van de vervuiling in de terreinwaterleiding ligt, blijft deze zich herhalen totdat deze gereinigd en gedesinfecteerd is.

Het schoonmaken van de terreinwaterleidingen is echter een nieuw concept waar tot heden geen onderzoek over uitgebracht is. Gezien de overeenkomstige karakteristieken van terreinwaterleidingen met distributieleidingen waar *wel* schoonmaakmethoden voor bestaan, is er een vraag ontstaan om te onderzoeken of deze bestaande methoden op een efficiënte en economisch gunstige manier toepasbaar zijn voor het schoonmaken van terreinwaterleidingen.

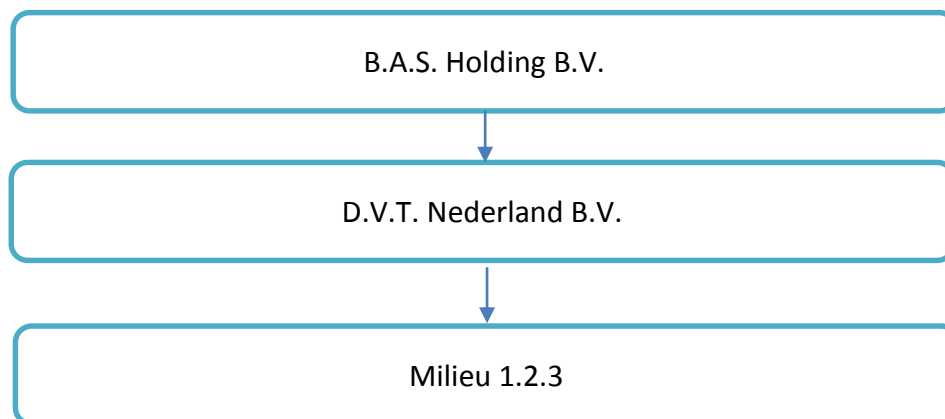
1.3 Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is het opleveren van een afstudeerscriptie waarin de bestaande schoonmaakmethoden van distributieleidingen nader bestudeerd worden om een inzicht te creëren of deze methoden op een efficiënte en economisch gunstige manier toepasbaar zouden kunnen zijn voor het reinigen van terreinwaterleidingen.

Uiteraard zou ik ook door middel van dit onderzoek mijn opleiding, Werktuigbouwkunde willen afronden. . Het onderzoek is gedaan bij Milieu 1.2.3 in opdracht van D.V.T. Nederland B.V.



1.4 Organisatieomschrijving



1.4.1 B.A.S. Holding B.V.

B.A.S. Holding B.V. staat aan het hoofd van een groep ondernemingen die zich bezig houden met advisering op het gebied van drinkwaterveiligheid en daaraan gerelateerde werkzaamheden. In de groep zijn o.a. D.V.T. Nederland B.V. en Milieu 1.2.3.

1.4.2 D.V.T. Nederland B.V.

D.V.T. (Desinfectie Vacuüm Techniek) Nederland B.V. is een innovatief bedrijf dat zich richt op de verhuur van reinigingssystemen waarmee drinkwaterinstallaties door gepatenteerde reinigingsprocedure, gereinigd kunnen worden.

Daarnaast houdt D.V.T. Nederland B.V. zich voortdurend bezig met onderzoeken en ontwikkelen van efficiënte methoden en technieken om drinkwatersystemen te reinigen, beheren of veilig in te richten.

Onderzoeken worden uitgevoerd in samenwerking met technische universiteiten waaronder de TU Delft, installateurs en certificerende instanties.

1.4.3 Milieu 1.2.3.

Milieu 1.2.3. is een milieutechnisch adviesbureau, gespecialiseerd in compleet gebouwbeheer, het reinigen van drinkwater leidinginstallaties, het uitvoeren van risico inventarisaties naar de legionellabacterie en technische begeleiding van eigenaren van collectieve installaties.

Milieu 1.2.3. B.V. beschikt over hoog opgeleid personeel met ruime werkervaring en is gecertificeerd door het KIWA volgens de BRL 6010 (zie bijlage 10).



2. De onderzoeksgrenzen

Het was van belang dat dit onderzoek randvoorwaarden zou krijgen. In dit hoofdstuk wordt het onderzoek afgebakend om duidelijk aan te geven wat met het onderzoek bereikt moest worden. Door gebruik te maken van randvoorwaarden zou het duidelijk worden welke aspecten buiten beschouwing van dit onderzoek zouden vallen.

Hieronder is een overzicht te vinden van de onderzoek grenzen.

- Het reinigen van warmwaterleidingen wordt buiten beschouwing gelaten.
- Het programmeren van de reinigingsmachine wordt buiten beschouwing gelaten.
- Dit onderzoek beperkt zich tot de reinigingsmethoden toepasbaar in terreinwaterleidingen.
- Het ontwerpen van de reinigingsmachine wordt buiten beschouwing gelaten.

Om doeltreffend een schoonmaakmethode te kunnen kiezen waarmee een terreinwaterleiding op de meest efficiënte en economisch gunstige wijze zou kunnen worden gereinigd was er van belang dat de schoonmaakmethode aan bepaalde relevante vaste eisen en wensen zou voldoen. Hiervoor zijn de volgende vaste eisen en wensen opgesteld:

A. Vaste eisen

- De schoonmaakmethode moet geschikt zijn voor het toepassen in terreinwaterleidingen.
- De schoonmaakmethode moet in staat zijn om de terreinwaterleidingen met variabele diameters te kunnen reinigen.
- De schoonmaakmethode moet in staat zijn om de terreinwaterleidingen met variabele lengtes te kunnen reinigen.
- De schoonmaakmethode moet geschikt zijn voor het reinigen van kunststof en gietijzer leidingen.
- De schoonmaakmethode moet toepasbaar zijn voor het desinfecteren van legionellabacteriën in de terreinwaterleidingen.



B. Wensen

Het is wenselijk dat:

- De componenten van de schoonmaakunit waarmee de schoonmaakmethode wordt uitgevoerd, worden ontworpen en tot detail uitgewerkt.
- De schoonmaakunit waarmee de schoonmaakmethode wordt uitgevoerd zo Financieel gunstig mogelijk te produceren is.
- De schoonmaakmethode milieuvriendelijk is.
- De schoonmaakmethode tijd en kost efficiënt is.
- De schoonmaakunit waarmee de schoonmaakmethode wordt uitgevoerd in het geval van calamiteit snel inzetbaar is.
- De schoonmaakmethode octrooi waardig zijn.
- De gebruikte componenten in de reinigingsmachine te benoemen.



3. Methoden

3.1. Literatuuronderzoek

Het is van groot belang alvorens over te gaan tot het ontwerp, een literatuuronderzoek te verrichten om meer inzicht en kennis te verkrijgen betreffende de technische aspecten welke van belang zijn voor het uitvoeren van de onderzoekopdracht.

3.2 Interview

Naast het literatuuronderzoek zijn er ook interviews met verschillende deskundigen afgenomen. Dit zorgde voor de kwaliteit voor dit onderzoek. Er is gekozen om interviews af te nemen om zodoende meer kennis en vaardigheden in te winnen van hoe het schoonmaken van de drinkwaterleidingen in de praktijk verloopt. Hierbij zijn de ervaringen van de deskundigen van belang.

Deze interviews zijn door middel van open vragen aan deskundigen gesteld. De reden hiervoor is dat door het stellen van open vragen aan de deskundigen, er verschillende mate van informatie en details vrijkomen in hun antwoorden. Hierdoor worden er zorgvuldige gedachten vereist aan de deskundigen voor het bewerken van een antwoord. Door deze open vragen was de verwachting dat er aanvullende informatie vrijgegeven zou worden waardoor het onderwerp en onderzoek efficiënter zou beschreven worden dan gesloten vragen (zie bijlage 11 voor de interview vragen).

3.3 Analyseren van de randvoorwaarden van de schoonmaakmethoden

Op basis van de lengte en diameter en het soort materiaal waaraan de terreinwaterleidingen er vervaardigd van zouden kunnen zijn, worden er tabellen opgesteld waarin de vereiste randvoorwaarden voor het uitvoeren van een efficiënte schoonmaakactie in dit soort leidingen met elkaar worden vergeleken.



4. De Resultaten

4.1 Literatuur onderzoek

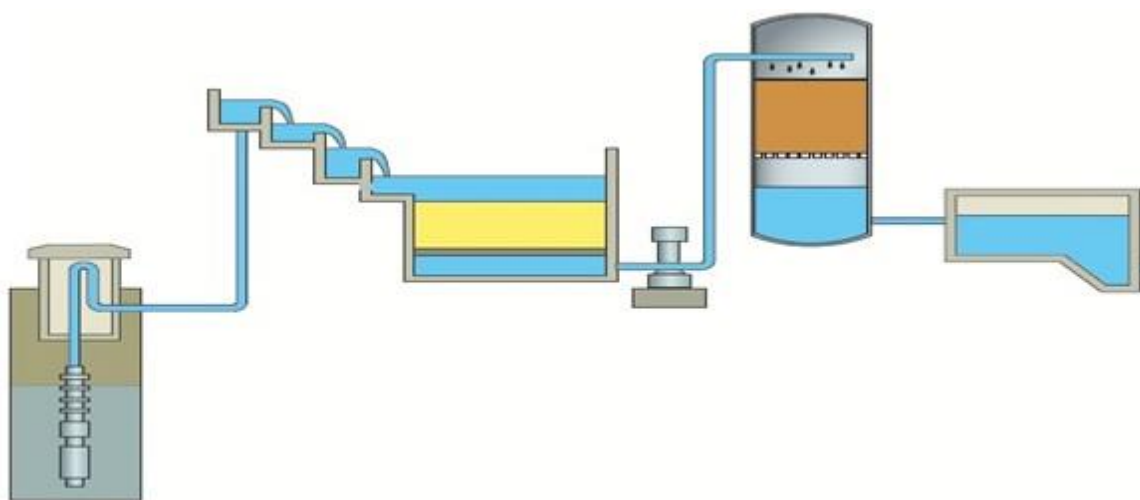
Om meer inzicht en kennis te verkrijgen over de technische en theoretische aspecten van verschillende schoonmaakmethoden en welke door waterleidingbedrijven worden toegepast voor het schoonmaken van waterleidingnetten, is er een literatuuronderzoek verricht. Dit literatuuronderzoek geeft nader uitleg op de volgende punten:

- Productie van drinkwater in Nederland.
- Vervuiling van drinkwaterleidingen.
- Terreinwaterleidingen.
- Het wettelijk kader.
- Schoonmaakmethoden.

In dit hoofdstuk wordt het resultaat van dit literatuuronderzoek nader toegelicht.

4.1.1 De productie van drinkwater in Nederland

De productie van drinkwater bestaat uit winning van grondwater uit de bodem of winning van oppervlaktewater uit rivieren, kanalen of meren en zuivering daarvan tot water met een drinkwaterkwaliteit (De Moel, Verberk & Van Dijk, 2012). In een latere paragraaf worden de wettelijk normen en de kwaliteiten waaraan het Nederlandse drinkwater moet voldoen nader toegelicht.



Figuur 1. Productie van drinkwater, winning - zuivering – opslag. Overgenomen uit Drinkwater Principes en praktijk (p.94), door De Moel, Verberk, Van Dijk, 2012, Delft: Water Management Academic Press. Copyright 2012 TU Delft



Uit onderzoek is gebleken dat bijna nergens in Nederland de hardheid van identiek is (zie bijlage 1.1 en bijlage 1.2). Om meer inzicht te krijgen over de kwaliteit van drinkwater in Nederland is hierdoor een onderzoek uitgevoerd naar de productie van drinkwater in Nederland.

Hieruit blijkt dat het drinkwater in Nederland op 220 locaties door de volgende waterleidingbedrijven wordt geproduceerd (zie bijlage 2.1 tot en met 2.5):

- Brabant water
- Dunea Duin & Water
- Evides waterbedrijf
- Oasen
- PWN waterleidingbedrijf Noord-Holland NV
- Vitens NV
- Waterleiding Maatschappij Limburg
- Waterbedrijf Groningen
- Waterleidingmaatschappij Drenthe (WMD water)
- Waternet

Uit verder onderzoek is gebleken dat het drinkwater in Nederland op 200 locaties uit grondwater, op 12 locaties uit oevergrondwater en op 8 locaties uit oppervlaktewater geproduceerd wordt (De Moel et al., 2012), zie bijlage 2.2 tot en met 2.5 voor een overzicht van productielocaties in Nederland.

Echter verschillen de karakteristieke eigenschappen van grondwater, oevergrondwater en oppervlaktewater van elkaar. Dit leidt tot een variatie van productiemethodes die door waterleidingbedrijven toegepast worden.

Zo is bijvoorbeeld voor de productie van drinkwater uit oppervlaktewater een uitgebreidere zuivering nodig dan drinkwaterproductie uit grondwater. Dit komt doordat grondwater door zijn lange verblijftijd in de ondergrond microbiologisch betrouwbaar en vrijwel constant van kwaliteit en temperatuur is. Integendeel tot het oppervlaktewater waar meer troebelheid, bacteriën en microverontreinigingen in voorkomen (De Moel et al., 2012).

Zuiveringsmethodes die toegepast worden voor de productie van drinkwater kunnen dus leiden tot verschil in drinkwaterkwaliteit en soms sedimentvorming in de waterleidingen (Vreeburg, 2007). In paragraaf 'Vervuiling van drinkwaterleidingen' wordt deze nader toegelicht.



4.1.2 Vervuiling van drinkwaterleiding



Figuur 2. Overgenomen van [NHL bij nacht] (z.j.). Auteursrechtbeheer niet bekend. Geraadpleegd via <http://www.milieu123.nl>

Er wordt van vervuiling van een drinkwaterleiding gesproken wanneer er verkleurd water uit de drinkwaterleiding vrijkomt en of water besmet is geraakt met de legionellabacterie. In dit onderzoek gaat de aandacht uit naar de oorzaken die een vervuiling kunnen vormen in een terreinwaterleiding (zie figuur 2).

In het hoofdstuk “terreinwaterleiding” wordt de karakteristieke eigenschappen van een terreinwaterleiding nader toegelicht.

4.1.2.1 Bruinwater

Bruinwater is gekleurd water op basis van sediment dat in de drinkwaterleiding aanwezig is. Eind jaren '80 kwamen meer bruinwaterklachten uit het leidingnet naar voren. Hierdoor is er in de loop van de jaren '90 veel aandacht geweest voor het schoonmaken van de drinkwaterleidingen (Vreeburg, 1996).

Er is een periode van onderzoek geweest waarin er naar de aard en oorzaak van de bruinwaterklachten werd gekeken. Er zijn veel onderzoeken hieraan gedaan en er zijn hieruit ook veel rapporten over verschenen.

Uit deze onderzoeken is gebleken dat het grootste deel van het sedimentvormende deeltjes en stoffen in de drinkwaterleidingen afkomstig zijn uit grondstoffen of de hulpmiddelen die tijdens de waterbehandeling in het waterproductiebedrijf aan water worden toegevoegd (Vreeburg, 2007).

Een deel van deze stoffen kunnen als voedingsstoffen door bacteriën worden gebruikt voor de vorming van een biofilm op de waterleidingwand. De afgesloten biofilm draagt vervolgens bij aan de sedimentvorming in de waterleiding.

Andere bronnen van sedimentvorming in de drinkwaterleidingen zijn de leidingmaterialen, in het bijzonder corroderend gietijzer. Daarnaast kan sediment in



de waterleiding gevormd worden door zand en vuil uit de omgeving van de waterleiding als gevolg van onzorgvuldige aanleg en reparaties (Vreeburg, 1996).

Het is nog niet bekend in welke mate deze bronnen afzonderlijk aan de sedimentvorming in een terreinwaterleiding bijdragen. Echter ervaring leert dat in het geval van terreinwaterleidingen een groot gedeelte van de vervuiling wordt veroorzaakt door zand en vuil uit de omgeving van de leiding als gevolg van onzorgvuldige aanleg en reparaties (P. Berends, persoonlijke communicatie, 29 april 2015).

4.1.2.2 Legionellabacterie

Legionella is een staafvormige, beweeglijke bacterie die alleen in geval van aanwezigheid van zuurstof in het water groeit.

Daarnaast zijn de aanwezigheid van biofilm en sediment in een drinkwaterleiding mede randvoorwaarden voor groei van legionellabacteriën in een drinkwaterleiding. Stilstaand water bevordert hierbij biofilm vorming en accumulatie van sediment (Wolferen, 2009).

Legionellabacteriën vermenigvuldigen zich bij temperaturen tussen de 20 en 50 °C, met maximale groei tussen 30 en 40 ° (zie bijlage 3 voor een grafisch weergave van groei en afsterfgedrag van legionellabacterie).



Figuur 3. Overgenomen van [NHL bij nacht] (z.j.)
Auteursrechthebbende niet bekend. Geraadpleegd via
<http://www.hydrotense.eu/Hoe-werkt-het/Legionella-bestrijding>

In de praktijk wordt van een besmetting van een waterleiding met legionellabacteriën gesproken wanneer door monsteropnames wordt aangetoond dat het aantal aanwezige legionellabacteriën in desbetreffende drinkwaterleiding boven 100 Kve/l zijn (Wolferen, 2009).

Er zijn ongeveer 50 soorten legionellabacteriën waarvan de Legionella Pneumophila serotype 1 het meest gevaarlijke is. Deze veroorzaakt de veteranenziekte en kan in het ergste geval dodelijk zijn (Wolferen, 2009). Uit voorzorg wordt hierdoor tijdens de monsteropname geen onderscheid gemaakt tussen de soorten legionellabacteriën die in een waterleiding voorkomen. Bij de detectie van elke type Legionellabacterie boven 100 Kve/l in een waterleiding wordt de desbetreffende waterleiding gedesinfecteerd met geschikte middelen zoals deze middelen die in het hoofdstuk “reinigingsmethoden” verder wordt toegelicht.

Het drinken van met legionella besmet water is niet gevaarlijk. Echter het inademen van met Legionella besmette waternevels kan dodelijk zijn als de besmetting niet op tijd wordt ontdekt. Dit geldt voornamelijk voor mensen met een verminderde weerstand (Wolferen, 2009).



4.1.3 Terreinwaterleiding

De drinkwatervoorziening in Nederland bestaat uit productie en distributie. Voor het distributie gedeelte van drinkwater in Nederland geldt dat als het voorzieningsgebied op grote afstand van de productielocatie ligt, het water via transportleidingen naar de opslaglocaties wordt getransporteerd. Vervolgens wordt vanuit de opslaglocatie het drinkwater onder druk gebracht voor levering aan een distributienet in een voorzieningsgebied. Vanaf dit distributienet wordt via een dienstaansluiting het drinkwater bij een woninginstallatie of een centraal leveringspunt van een collectieve drinkwaterinstallatie afgeleverd (De Moel et al., 2012).

Een collectief drinkwaterinstallatie komt voor bij kantoren, kampeerterreinen, grote bedrijven, ziekenhuizen, hotels en dergelijke.

In een collectieve drinkwaterinstallatie is er vanaf een centraal leveringspunt een collectief leidingnet aanwezig naar de leveringspunten in de gebouwen die aangesloten zijn op dit net.

De drinkwaterleiding die in een collectief leidingnet vanaf een centraal leveringspunt het drinkwater tussen twee of meer gebouwen distribueert, wordt terreinwaterleiding genoemd.

De diameter van deze leidingen varieert tussen 50 en 150 mm en de lengte is afhankelijk van de grootte van het terrein en afstand tussen het aantal aanwezige leveringspunten op het terrein.

Terreinwaterleidingen kunnen in praktijk worden verdeeld in twee categorieën:

- Oud gelegde terreinwaterleidingen
- Nieuw gelegde terreinwaterleidingen



4.1.3.1 Oud gelegde terreinwaterleidingen

Oud gelegde terreinwaterleidingen komen voor in de oude utiliteitsgebouwen zoals kazernes, ziekenhuizen, gevangenissen en dergelijk (zie bijlage 4.2).

Deze leidingen zijn van grijs gietijzer vervaardigd en vaak over gedimensioneerd ontworpen in verband met brandblusvoorziening die op deze leidingen zijn aangesloten. Dit leidt meestal tot stagnatie van drinkwater in deze leidingen waardoor het besmettingsrisico van water met legionellabacterie wordt vergroot. Daarnaast wordt een groot gedeelte van de vervuiling in deze leidingen veroorzaakt door de corrosie van gietijzer.

De buiswand van grijs gietijzeren leiding is over het algemeen aangegroeid waardoor de nominale diameter van de leiding niet overeenkomt met de hydraulische diameter (G.A.M. Mesman, persoonlijke communicatie, 20 mei 2015).

De aanwezige aangroei in een grijs gietijzer leiding is groot en bestaat uit een harde korst van ijzerverbindingen waardoor een vulling aanwezig is van anaeroob ijzerslib dat zeer veel troebelheid kan veroorzaken. Beschadiging van deklagen van deze aangroei veroorzaakt langdurige afgifte van sediment en kan een bron zijn voor bruinwaterproblemen (Vreeburg, 2007).

4.1.3.2 Nieuw gelegde terreinwaterleidingen

Nieuw gelegde terreinwaterleidingen zijn vervaardigd van PVC of PE. Dit zorgt ervoor dat in de leiding geen roest vorming gaat plaatsvinden. Daarnaast worden ze tegenwoordig ontworpen op de maximale wateropbrengst die nodig is voor de waterinstallatie (Vreeburg, 2007). Hierdoor is er ook minder stagnatie van water in deze leidingen.

Het sediment in deze leidingen worden gevormd door zand en vuil uit de omgeving van de terreinwaterleiding als gevolg van onzorgvuldige aanleg en reparaties.

In praktijk komt het voor dat de eigenaar van collectieve drinkwaterinstallaties niet over de technische tekeningen beschikt. Dit is uiteraard afhankelijk van de locatie waarin zij worden gebruikt. Dit kan namelijk de planning van een reiniging vertragen en wat onzekerheden met zich brengen, zoals wat voor methode er toegepast dient te worden.



4.1.4 Wettelijk kader

Drinkwater mag voor de gezondheid alleen tot een bepaalde maximale waarde schadelijke stoffen bevatten waarvan gebleken is dat dit bij levenslang gebruik, geen negatief effect kan hebben op de gezondheid van de gebruikers (zie bijlage 5.1).

De voorwaarden voor de waterleidingbedrijven om goed drinkwater te leveren wordt bepaald door de rijksoverheid. De kwaliteit van drinkwater in Nederland moet hierbij voldoen aan de vastgestelde normen in de “Waterleidingwet” en de “Waterleidingbesluit” (zie Bijlage 5.2 tabel 19 voor een aantal kenmerkende normwaarden voor drinkwater).

Een waterleidingbedrijf is volgens de “Waterleidingwet” verantwoordelijk voor de kwaliteit van het drinkwater tot aan de leveringspunt. Sinds 2000 wordt de hoofdkraan aan het einde van de dienslansluiting als leveringspunt gezien. Hierbij is het leveringspunt in een eengezinswoning, direct na de watermeter eigendom van het waterleidingbedrijf.

Voor een collectieve drinkwaterinstallatie geldt echter dat de verantwoordelijkheid van een waterleidingbedrijf voor de levering van het drinkwater bij een centraal leveringspunt eindigt. Hierbij wordt in de “Waterleidingwet” de eigenaar van de collectieve installatie verantwoordelijk gesteld voor de kwaliteit van het aan derden geleverde drinkwater.



4.1.5 Schoonmaakmethoden

Waterleidingbedrijven zijn verantwoordelijk voor het waarborgen van de kwaliteit van het drinkwater tot aan de punt van levering. Hiervoor wordt er periodieke reinigingswerkzaamheden in door hun beheerde leidingnetten gevoerd.

Aan de hand van het gestelde doel voor de schoonmaakactie, het soort leidingmateriaal, diameter, lengte en verloop van betreffende leidingnetwerk en het toestand van de te reinigen leidingnetwerk wordt er door waterleidingbedrijven een keuze gemaakt voor het kiezen van een schoonmaakmethode. Deze methoden kunnen worden toegepast om de oorzaken van vervuilingen in de waterleidingnetten te verhelpen (Vreeburg, 1996).

Aangezien de karakteristieken van een terreinwaterleiding, betreft de diameter en het materiaalsoort in hogere maten overeenkomen met de karakteristieken van een distributienetwerk is er een onderzoek gedaan naar de soorten schoonmaakmethoden die door waterleidingsbedrijven worden toegepast om waterdistributienetwerken schoon te maken.

Aan de hand van dit onderzoek wordt een keuze gemaakt voor een schoonmaakmethode die vervolgens toegepast kan worden om terreinwaterleidingen schoon te maken.

De volgende methoden worden in dit hoofdstuk besproken:

- Conventioneel spuien
- Systematisch spuien
- Spuien met water en lucht
- Proppen
- "Ice Pigging"

Voor de desinfectiemethoden is gekeken naar:

- Thermisch desinfectie methode
- Chemisch desinfectie methode



4.1.5.1 Conventioneel Spuien

Conventioneel spuien is de oudste en de meest toegepaste methode voor het reinigen van de drinkwaterleidingen (Antoun, Dyksen, Hildebrand, 1999). Deze was ook de meest toegepaste methode in Nederland tot 1990 (Vreeburg, 2007).

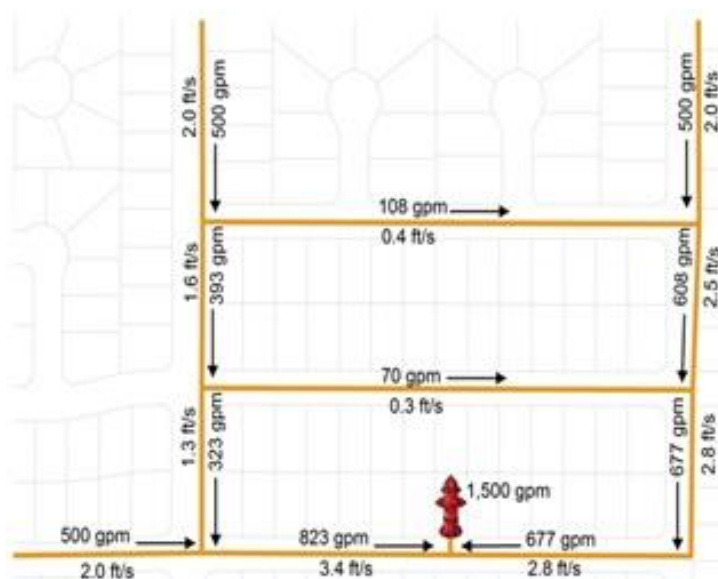
Bij deze methode wordt het debiet van het water in de drinkwaterleiding verhoogd opdat extra schuifspanning wordt gecreëerd op de aanwezige sedimenten in de waterleiding.

Het openen van een brandkraan in een bepaald gebied van het distributiesysteem en het afblazen van het extra water veroorzaakt de extra stroom in de leiding. Deze extra stroom en extra schuifspanning zorgen dat de losse sedimenten opwaaien in de waterleiding waardoor ze door het gespoelde water worden verwijderd (Antoun et al., 1999).

Ondanks de lange geschiedenis van het conventioneel spuien is er weinig bekend over de operationele eisen voor een effectieve spoeling. Door een visuele beoordeling van de troebelheid afkomstig uit de brandkraan wordt meestal bepaald of de waterkwaliteit in de leiding voldoet aan de vooraf geselecteerde criteria.

Een van de bezwaren tegen conventioneel spuien is het verspillen van water (Vreeburg, 2007). Zoals aangetoond in Figuur 4, tijdens conventioneel spuien stroomt het water in het leidingnetwerk uit alle richtingen naar een geopende brandkraan dit zorgt echter voor:

- Een lagere stroomsnelheid van het water in het leidingnetwerk.
- Minder schuifspanning tussen het water en de sedimenten in het leidingnetwerk.
- Verplaatsing van bruinwaterklachten in het leidingnetwerk naar een nieuwe locatie in het leidingnetwerk.



Figuur 4. Overgenomen van [NHL bij nacht] (z.j.) Auteursrechtbeheerders niet bekend. Geraadpleegd via <http://uimonline.com/index/webapp-stories-action/id.1267/archive.yes/Issue.2014-10-01/title.implementing-unidirectional-flushing-plan-reduce-water-use>

Aangezien de verwijdering van sediment uit waterleiding bepaald wordt door de sterkte van de stroomsnelheid in het leidingnetwerk, is het schoonmaak effect van conventioneel spuien minder dan andere reinigingsmethoden (Vreeburg, 2007). Hoewel deze methode eenvoudig is om uit te voeren wordt het niet meer door waterleidingbedrijven in Nederland gebruikt.



4.1.5.2 Systematisch spuien

In de jaren 1990 werd het conventioneel spuien verfijnd naar systematisch spuien.

Bij systematisch spuien worden waterleidingen in een gecontroleerd en sequentiële wijze met behulp van een spuiplan gespoeld. Door het afsluiten van waterkleppen in een waterleidingnetwerk wordt elke pijpleiding geïsoleerd om een unidirectioneel stroom te creëren (Antoun et al., 1999).

Een unidirectioneel waterstroom in een waterleidingnetwerk leidt tot een hogere stroomsnelheid van water in de leiding waardoor een beter reinigingsresultaat kan behaald worden dan bij conventioneel spuien. De te gebruiken stroomsnelheid hangt af van de aard van het aanwezige sediment in de leiding (Blokker, 2007).

In de afgelopen jaren zijn er verschillende onderzoeken gedaan naar de relatie tussen spuisnelheid en sedimentverwijdering uit een leiding (Vreeburg, 2007; Blokker, 2007). Uit deze onderzoeken bleek dat de aanbevolen spuisnelheid om het aanwezige sediment op te wervelen en verwijderen uit een leiding bedraagt (zie bijlage 6):

- Voor het preventief doorspoelen een spuisnelheid van 1,5 m/s
- Voor curatief doorspoelen een stroomsnelheid van ten minste 2 m/s
- Als de vereiste snelheid niet haalbaar is, kan een lagere snelheid tussen 1,3m/s en 1,5 m /s ook worden geaccepteerd

Preventief doorspoelen is gericht op het verversen en uitspoelen van lichte vervuiling en curatief op het uitspoelen van vastzittend vuil.



Figuur 5. Overgenomen van [NHL bij nacht] (z.j.) Auteursrechtbeheer niet bekend. Geraadpleegd via <http://uimonline.com/index/webapp-stories-action/id.1267/archive.yes/Issue.2014-10-01/title.implementing-unidirectional-flushing-plan-reduce-water-use>



Verder in de praktijk zijn de volgende voorwaarden opgesteld voor het toepassen van systematisch spuien methode (Vreeburg, 1996):

- Spoelen vanuit leveringspunt naar tappunt.
- Spoelen vanuit een schoonwaterfront.
- Spoelen van leidingen met grote binnendiameters naar leidingen met kleine binnendiameters.
- Afhankelijk van het leidingmateriaal en de bereikte snelheid de leiding moet minimum driemaal worden ververs.

In de dagelijkse praktijk is systematisch spuien voldoende om het aanwezige sediment te verwijderen. Alleen in uitzonderlijke gevallen biedt deze methode geen afdoende oplossing. Enkele voorbeelden daarvan zijn:

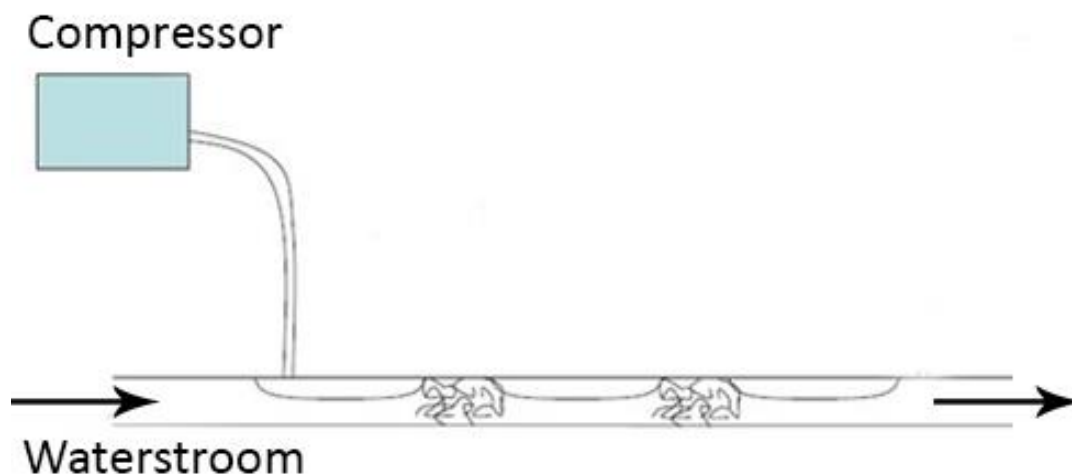
- Leidingen met grotere diameters waar onvoldoende snelheid wordt verkregen.
- Langere leidingen waar grotere snelheden tot een te hoog drukverval leiden.
- Leidingen waarin het sediment samen is geplakt tot een massieve aanzetting.
- De aanwezigheid van ongewervelde.

Het spuien van grijs gietijzeren leidingen heeft extra aandacht nodig in de voorbereiding en in de uitvoering. Bij de voorbereiding moet de aanwezige diameterverkleining en grote wandruwheid in dit type leiding worden meegenomen (Schaap, Mesman, & Vreeburg, 1999). Zie bijlage 9 voor nader toelichting over wandruwheid.

De ervaring leert dat bij het systematisch spuien van kunststof leidingen (PVC en PE) vanuit een schoonwaterfront en met een maximale snelheid al na een verversingsgraad van 2 de troebelheid op een dusdanig laag niveau kan liggen dat de actie kan worden afgesloten (Schaap et al., 1999).



4.1.5.3 Spuien met water en lucht



Figuur 5 spuien met water en lucht

Uit praktijk is bekend dat een turbulente stroming een beter resultaat geeft bij het reinigen van een waterleiding dan een laminaire stroming. Hierdoor is het spuien met water en lucht ontwikkeld. Voor het toepassen van deze methode is speciale apparatuur, specifieke kennis en vaardigheden nodig.

Bij deze methode, zoals bij systematisch spuien, wordt een waterstroom op gang gebracht door een brandkraan of een spuipunt te openen. Het doorspoelen gebeurt volgens de principes (Vreeburg, 1996):

- Spoelen vanuit leveringspunt naar tappunt
- Spoelen vanuit een schoonwaterfront
- Spoelen van leidingen met grote binnendiameters naar leidingen met kleine binnendiameters

Bij spuien met water en lucht wordt intermitterend met behulp van een compressor in de schoon te maken leiding lucht onder hoge druk geïnjecteerd. Dit gebeurt gedurende het spuien van deze leiding. De capaciteit van de compressor en inhoud van de leiding is bepalend voor de hoeveelheid lucht die maximaal in de leiding kan worden gebracht (Vreeburg, 2007).

Injectie van de lucht vindt plaats via een brandkraan of een dienstleiding. Deze luchtinjectie resulteert tot grote turbulentie en grote watersnelheidsveranderingen in de waterstroom waardoor sediment in de waterleiding wordt omgewoeld en gemengd met de waterstroom.

Door het optreden van hoge watersnelheden als gevolg van luchtinjectie, zal de lucht en omgewoelde sediment verder de leiding worden ingedreven. Aangekomen aan het spuipunt de lucht samen met het water en sediment uit de leiding worden verwijderd.



Na het spuien met water en lucht moet de leiding worden nagespoeld om de lucht te verwijderen. Hierbij komt het voornamelijk op ervaring aan om te bepalen of alle lucht is verwijderd.

In 1997 is door TU Delft afdeling Hydrauliek verschillende experimenten uitgevoerd met variërende lucht en water verhouding, de stroomsnelheid van het water en de inspuitdruk van de lucht op een 400 m leiding (Vreeburg, 2007). Voor een optimale operationele conditie zijn uit deze experimenten de volgende randvoorwaarden bepaald:

- De stroomsnelheid van het mengsel bedraagt 0,5 m/s.
- De lucht en water stroomverhouding bedraagt 1: 1.
- De luchtdruk bedraagt 50 KPa of 0,5 bar boven de waterdruk.

In de praktijk wordt de verhouding water en lucht bepaald door tijdens de uitvoering de uitstroming in de gaten te houden. Het water en lucht verhouding moet zodanig zijn dat bij de uitstroming een regelmatig ritme waarneembaar is. Ervaring is hierbij zeer belangrijk om het goede ritme te herkennen.

Het toepassen van de reinigingsmethode spuien met water en lucht kan het waterverbruik in vergelijking met conventioneel spuien beperken en de overlast voor de klanten verminderen mits geïnjecteerde lucht voldoende uit de leiding wordt verwijderd (Vreeburg, 1996; Vreeburg, 2007).

Als nadelen voor deze methode zijn de volgende te onderscheiden:

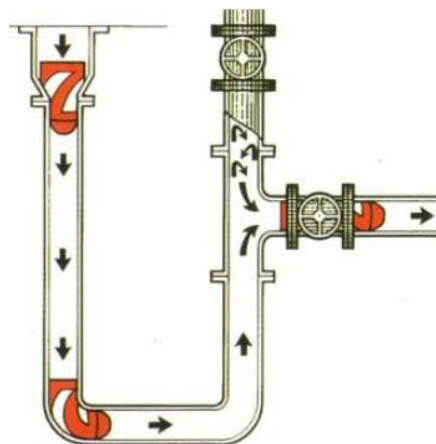
- Zorgvuldige voorbereiding en nabehandeling om resterende lucht uit het systeem te krijgen.
- Mogelijk vervuilingsgevaar met olie afkomstig uit compressor.
- Diameterbeperking tot 250 mm.

De toepasbaarheid van deze methode op PVC en PE leidingen kent geen beperking. Toepassing van deze methode in grijs gietijzeren leidingen leidt op korte termijn tot verbetering door het wegnemen van opwervelbaar sediment maar het kan de deklagen van deze leidingen beschadigen. Hierdoor ontstaat een actieve corrosie van het onderliggende materiaal waardoor op de wat langere termijn het opwervelbare sediment weer terugkomt. Het reinigingsproces activeert een extra vervuilingsmechanisme dat tot anderhalf jaar actief kan zijn (Vreeburg, 1996).



4.1.5.4 Proppen

Proppen is een methode waarin het reinigen van een waterleiding wordt uitgevoerd door het inbrengen van een harde of zachte kunststof prop middels een lanceerstuk in de waterleiding. De prop wordt vervolgens met behulp van de waterstroom door de leiding geperst waardoor het sediment wordt losgemaakt van de leidingwand. Hierbij de snelheid waarmee de prop wordt voortbewogen is een factor die bepalend is voor het verwijderingseffect van sediment uit de leiding (Vreeburg, 1996).



Figuur 6. Proppen van een leiding. Overgenomen van *NHL bij nacht* (2010), door R. Elemans & T. van Os. Copyright 2010 NHL Vecom. Geraadpleegd via <http://www.vecom.nl/english/documentation/tb/VecomTechnicalBulletin-2010-09-ENG.pdf>

Om uit dit proces een zo hoog mogelijk rendement te behalen moet de diameter van de prop net iets groter zijn dan de binnendiameter van de te reinigen leiding. Hierdoor schraapt de prop de leidingwand schoon en neemt de vervuiling mee naar het eind van de leiding. Na het proppen zal de behandelde leiding nog enige tijd moeten worden gespuid met een waterstroomsnelheid van minimaal 1 m/s (Vreeburg, 2007).

Proppen is toepasbaar in alle materialen behalve gietijzer (Vreeburg, 2007). Het is een methode die met betrekkelijk weinig water sediment verwijdert maar de uitvoering hiervan vergt veel voorbereiding en houdt ook enig risico in voor de besmetting van de leiding.

Het mechanisme dat de effectiviteit van deze schoonmaakmethode bepaald is nog niet geheel duidelijk. Wel lijkt het dat de maximale lengte die efficiënt is te proppen minder dan 1000 meter is en dat zachte proppen efficiënter zijn dan harde proppen (Vreeburg, 1996).

Toepassing van deze methode in grijs gietijzer is alleen zinvol als deze wordt ingezet voor het verwijderen van de aangroei in de leiding. Als dit type gietijzer wordt gepropt dient de aangroei volledig te worden verwijderd en de buiswand dient te worden geconditioneerd om grote bruinwaterproblemen te voorkomen.

Echter de toepasbaarheid van deze methode op PVC en PE leidingen kent geen beperking.

In bijlage 7 zijn de randvoorwaarden voor de uitvoering van het proppen aangegeven.



4.1.5.5 Ice Pigging



Figuur 8. Overgenomen van [NHL bij nacht] (z.j.). Auteursrechtbeheer niet bekend. Geraadpleegd via <http://www.ice-pigging.com/find-out-more/what-is-ice-pigging/>

Ice Pigging is een nieuwe vorm van het proppen van een leiding, ontwikkeld en gepatenteerd door de Universiteit van Bristol en Aqualogy en wordt uitgevoerd door gespecialiseerde aannemers (Bakker & Blaauwgeers, 2010).

Bij deze methode wordt een hoeveelheid bevroren pekewater in slurrievorm als prop in het schoon te maken leidingdeel ingebracht. Met behulp van waterdruk wordt dit mengsel vervolgens door de leiding geduwd waardoor sedimenten door in contact komen met het mengsel uit waterleiding worden verwijderd (Bakker & Blaauwgeers, 2010).

De stroomsnelheid benodigd voor het uitvoeren van dit proces is lager dan bij systematisch spuien met water. Tabel 2 geeft een overzicht aan van ideale en minimum benodigde stroomsnelheden die essentieel zijn voor het uitvoeren van deze methode bij bepaalde leidingdiameters.

Tabel 2
Ideale en minimum benodigde stroomsnelheden

<i>Diameter [mm]</i>	<i>80</i>	<i>100</i>	<i>150</i>	<i>200</i>	<i>250</i>	<i>300</i>	<i>350</i>	<i>400</i>	<i>450</i>
<i>Ideale stroomsnelheid [L/s]</i>	5	6	12	16	20	20	25	36	40
<i>Minimum benodigde stroomsnelheid [L/s]</i>	2	4	6	7	8	15	20	30	35

Met deze methode worden vaste delen, sediment en de biofilm verwijderd. Ice Pigging mengsel kan zich aan de binnendiameter veranderingen van leidingen passen. Hierdoor zal deze techniek geen gevaar vormen voor de verstopping van leidingen (Bakker & Blaauwgeers, 2010).



Er zijn weinig beperkingen voor de methode, het maximum te behandelen diameter bedraagt 600 mm en hangt vooral af van de hoeveelheid benodigd ijs. Voor de toepassing van deze methode in de PVC of PE leidingen is er geen beperkingen. Voor oud gietijzer wordt echter een voorbehoud gemaakt in verband met de mogelijk aanwezige roest pokken (G.A.M. Mesman, persoonlijke communicatie, 20 mei 2015).

Op basis van het uitgevoerde laboratorium analyses en visuele waarnemingen kan geconcludeerd worden dat Ice Pigging een veel groter reinigingseffect heeft dan conventioneel en systematisch spuien met een stroomsnelheid van 1,5 m/s (Bakker & Blaauwgeers, 2010). Daar tegenover staat dat de techniek veel duurder is vergelijken met de systematische spuimethode.

De techniek wordt aanbevolen voor leidingen die gereinigd moeten worden maar waar conventioneel spuien niet het gewenste resultaat oplevert of technisch niet mogelijk is.



4.1.5.6 Chemisch reinigen

Als het desinfecteren en reinigen met water of met een mengsel van water en lucht niet afdoende is doordat de gewenste stroomsnelheden voor het spoelen niet bereikt kunnen worden of omdat uit een watermonsteranalyse een afwijking op de in het Waterleidingbesluit vereiste micro bacteriologische veiligheid van het drinkwater is vastgesteld, moet een waterleiding chemisch gereinigd worden.

Deze geldt ook voor een nieuw gelegde waterleiding met een binnendiameter van 100 mm of groter. De uitzondering hierop zijn de korte leidingen met een maximum lengte van 10 meter en een binnendiameter kleiner dan 150 mm (Kiwa, 2011).

Chemisch desinfecteren en reinigen is een specialistisch werk dat door een daartoe gekwalificeerd personeel moet worden uitgevoerd. Het desinfectie en reinigingsmiddel die bij deze methode wordt toegepast moet goedkeuring ontvangen van Ctgb en ATA gecertificeerd zijn.

Chemisch reinigen en desinfecteren van een waterleiding wordt verricht op basis van een chemisch reinigings-desinfectieplan.

Bij het uitvoeren van deze methode wordt het inkomende water omgeleid via een zogenoemd "Desinfectiebox". Zodra er water door de watermeter van deze Desinfectiebox stroomt wordt een signaal afgegeven aan de membraamdoseerpomp en wordt automatisch de juiste hoeveelheid desinfectans aan de waterstroom toegevoegd waardoor een constante en juiste concentratie desinfectans in de leiding komt. Zodra de leiding in zijn geheel is vol gezet met de juiste dosis reiniging en desinfectiemiddel (maximaal 70 mg/l) begint een door de leverancier van de desinfectans aanbevolen stand tijd (Kiwa, 2011).

Gedurende de gehele reiniging en desinfectie procedure mag vanuit de desbetreffende leiding geen water worden getapt. Na de stand tijd wordt de Desinfectiebox afgekoppeld en de waterleiding doorgespoeld met water van drinkwaterkwaliteit totdat de desinfectans niet meer aantoonbaar aanwezig is (zie bijlage 8).

Na het uitvoeren van een volledige reiniging en desinfectie procedure moet aan de eigenaar van de leidinginstallatie een reinigings- en desinfectierapportage worden verstrekt.



4.1.5.7 Thermisch reinigen

Thermisch desinfecteren wordt specifiek toegepast voor legionellapreventie.

Bij uitvoering van deze methode wordt er een koud waterleiding aangesloten met een externe warmwaterbron, een mobiel doorstroomtoestel of boiler, zodat deze leiding gevoed kan worden met warm water.

Vervolgens het betreffende leiding wordt gedurende een vooraf vastgestelde stand tijd in zijn geheel doorgespoeld met het water van boven de 60°C (Kiwa, 2011).

De spoeltijd gaat in op het moment dat de minimale temperatuur aan het tappunt is bereikt. In tabel 3 is een overzicht gegeven van spoel- stand tijd ten behoeven van thermische desinfectie van een waterleiding.

Tabel 3

Overzicht van spoel- stand tijd ten behoeven van thermische desinfectie van een waterleiding.

<i>Temperatuur tapwater</i>	<i>Spoel - / Stand tijd ten behoeven van thermische desinfectie</i>
$\geq 60^{\circ}\text{C}$	20 minuten
$\geq 65^{\circ}\text{C}$	10 minuten
$\geq 70^{\circ}\text{C}$	5 minuten

Thermische desinfectie heeft de voorkeur boven chemische desinfectie omdat dit minder belastend is voor het milieu en het behandelde leiding is binnen een veel kortere periode weer operationeel (Kiwa, 2011).

Enige nadelen van deze methode zijn de energiekosten die het met zich meebrengt om het water te verwarmen en de kosten van het water dat op het riool geloosd wordt. Daarnaast is deze methode niet toepasbaar op de leidingen met een lage thermische resistentie.



4.2 Interview

Naast het literatuuronderzoek zijn er ook interviews in de vorm van een uitgebreid open gesprek met drie deskundigen op het gebied van productie en distributie van het drinkwater afgenomen. De meest geraadpleegde literatuur over deze schoonmaakmethoden zijn is echter inmiddels vijf jaar of langer oud. Hierdoor was er een doel om tijdens deze interviews een opheldering te krijgen over de actualiteit van de resultaten van het literatuuronderzoek.

Om zodoende meer kennis in te winnen over hoe het schoonmaken van de drinkwaterleidingnetten in de praktijk verloopt, zijn de volgende deskundigen geïnterviewd:

- Dhr. G.A.M. Mesman
Onderzoeker – Waterinfrastructuur, KWR Watercycle Research Institute
- Dhr. G. Witvoet
Specialist Infrastructuur, Vitens
- Dhr. P. Berends
Inspecteur, Waterbedrijf Groningen

Voordat de gelegenheid ontstond om de specialisten persoonlijk te kunnen spreken was er door middel van een email een introductie en doelstelling naar deze personen opgestuurd om aan te geven wat de gewenste doelstelling van deze interviews zou zijn en hoe deze interviews bijdrage zou kunnen leveren aan dit onderzoek. Ook is er een vragenlijst opgesteld en naar deze deskundigen verstuurd. Deze vragenlijst is in bijlage 11 terug te vinden.

De doelstelling was om tijdens deze interviews zoveel mogelijk inzicht te krijgen over de toepasbaarheid van verschillende schoonmaakmethoden dat door drinkwaterleidingbedrijven worden toegepast en de reden hiervoor.

Tijdens het eerste interview was de gelegenheid om met de Inspecteur van Waterbedrijf Groningen, dhr. Berend een informatief gesprek te voeren over verschillende schoonmaakmethoden die door de Waterbedrijf Groningen worden toegepast in distributieleidingen in hun voorzieningsgebieden.

Tijdens het tweede interview was de mogelijkheid om dhr. Witvoet te kunnen spreken. Door zijn lange werkervaring als waterkwaliteit specialist bij drinkwaterbedrijf Vitens was dhr. Witvoet benaderd voor verdere toelichting. De doelstelling van dit gesprek was om inzicht te krijgen over het eventuele verschil tussen de wijze van schoonmaakacties die door verschillende waterleidingbedrijven in Nederland worden toegepast.



Tot slot was de gelegenheid om dhr. Mesman te kunnen interviewen. Dhr. Mesman is een onderzoeker, gespecialiseerd in de waterdistributie bij KWR en kon hierdoor uit zijn ervaring door middel van een open gesprek zijn mening over de vereiste randvoorwaarden, voordelen en nadelen van de eerder besproken schoonmaakmethoden toelichting geven. Hierbij werd er door dhr. Mesman aangegeven dat de opgestelde randvoorwaarden die in oude rapporten overigens zijn vastgesteld voor de schoonmaakacties, nog steeds van toepassing zijn.

De resultaten van deze interviews worden in het volgende paragraaf nader toegelicht en geanalyseerd.

4.2.1 Interview Analyse

Uit de afgenomen interviews is er toelichting geweest over de aard van het gebruik van de in dit onderzoek besproken schoonmaakmethoden van het drinkwater leidingen. Hieruit is gebleken dat op basis van de opkomende bruinwaterklachten in de loop van de jaren '90 een periode van onderzoek is geweest waarin naar de oorzaken en aard van het bruinwater werd gezocht. Vervolgens werd er naar een oplossing gezocht voor het verhelpen van deze klachten.

De geïnterviewde specialisten legden uit dat aan de hand deze klachten, verschillende methoden naar voren waren gebracht door waterleidingbedrijven om deze klachten te verhelpen. Deze methoden waren vervolgens uitgevoerd en uitgetest. Echter lijkt het dat sinds de jaren '90 overgrote meerderheid van drinkenwaterleidingen in Nederland door *één* methode maar te worden gereinigd namelijk Systematisch spuien. Het spuien is noodzakelijk doordat in sommige leidingen het vuil kan achterblijven wegens weinig doorstroming.

Toen er aan de twee specialisten uit de twee verschillende waterbedrijven de vraag werd gesteld welke reinigingsmethode zij gebruiken voor het schoonmaken van drinkwaterleidingen, werd er wederom bevestigd dat de voorkeur en de standaard methode dat gebruikt werd voor beide bedrijven, systematisch spuien was.

Aangezien er bekend werd dat meer er meer dan 90% van de Nederlandse waterleidingbedrijven gebruik maken van systematisch spuien, werd verder in het interview aandacht besteed over de andere schoonmaakmethoden en werd er aan de heren gevraagd wat de nadelen van de andere schoonmaakmethoden zijn waardoor deze methoden niet worden toegepast.

De volgende factoren werden vervolgens als de reden van het *niet* kiezen van elke methoden aangegeven:



Spuien met water en lucht

Nadelen hiervan zijn:

- Het creëren van de benodigde druk door middel van injecteren van lucht in de leidingen met grote diameters vergt te veel inspanningen.
- Het beweerde *extra* schoonmaak effect van deze methode is *niet* meetbaar.
- Bij lange leidingen moeten onderweg meerdere malen lucht geïnjecteerd worden om de druk constant te houden en dat is niet wenselijk.

Toen er gevraagd werd over wanneer de water en lucht spuien methode wel toepasbaar zou kunnen zijn, werd echter benadrukt dat de enige situatie waar deze methode toepasbaar voor zou kunnen zijn is als er gebrek aan voldoende aanvoercapaciteit voor water aanwezig is in de leidingen.

Proppen

Nadelen hiervan zijn:

- Een prop kan zich maar beperkt aanpassen aan de mogelijke voorkomende diameterverkleining in terreinwaterleidingen, hierdoor is het risico van de verstopping van de leidingen bij het toepassen van deze methode groot.

Voor proppen geldt echter dat het effect hiervan puur het vegen van de leidingwand is. Hierdoor telt de snelheid waarmee de prop in de leiding wordt geduwd weinig mee en kan dit lager zijn. Deze methode wordt toegepast bij nul situaties waar een leiding pas gelegd is en waar de benodigde 1 tot en met 1,5 m/s stroomsnelheid in de leiding niet behaald kan worden voor het toepassen van systematisch spuien.

Ice Pigging

Nadelen hiervan zijn

- Ondanks het feit dat Ice Pigging in kunststof leidingen voor een goed schoonmaak resultaat kan zorgen wordt dit niet toegepast door waterleidingbedrijven in Nederland wegens de grote investering die hiervoor nodig is om het voor elkaar te krijgen.

Ice Pigging zal over het algemeen slechts worden toegepast als systematisch spuien niet de gewenste resultaten oplevert.



Conventioneel spuien

Nadelen hiervan zijn

- Deze methode verplaatst het bruinwater naar een andere locatie van het distributienet waardoor deze zogenaamde oplossing voor meer bruinwaterklachten zorgt.
- Het waterverbruik van deze methode is vele malen groter dan systematisch spuien.
- De benodigde 1.5 m/s stroomsnelheid in de leiding is bij deze methode niet altijd haalbaar.

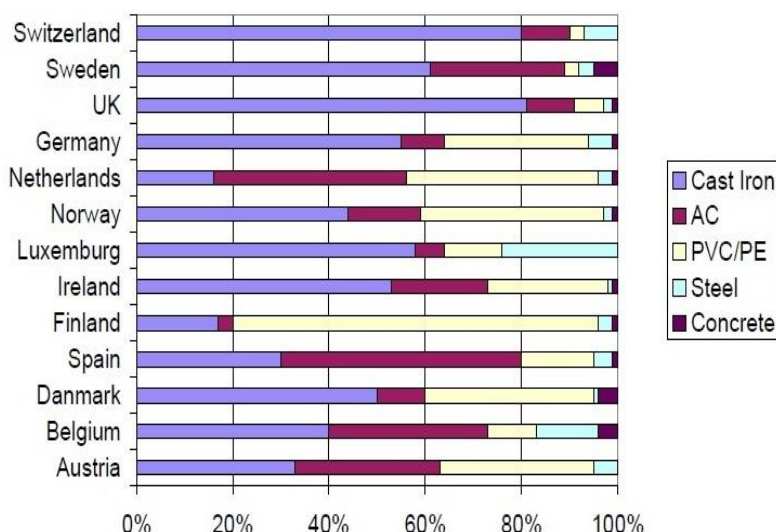
Op het vraag tot hoeverre een distributieleiding schoongemaakt moet worden is er als antwoord onthuld dat het algemeen aanname van drinkwaterleidingbedrijven is datgene van aanwezige sediment in de leiding wat een stroomsnelheid van 1,5 m/s tot 2 m/s waterstroomsnelheid niet wordt weggespoeld geen probleem oplevert. Doordat dit sediment veroorzaakt uiteindelijk geen bruinwaterklachten in distributieleidingen.

Tot slot werd er aan de deskundigen gevraagd tot hoeverre een distributieleiding schoongemaakt moet worden. Het antwoord hierop was dat het algemene aanname van drinkwaterleidingbedrijven is dat het aanwezige sediment in een leiding wat met een stroomsnelheid van 1.5 m/s tot 2 m/s niet wordt weggespoeld, geen probleem oplevert doordat dit sediment uiteindelijk geen bruinwaterklacht zal veroorzaken in distributieleidingen.

Het toepassen van het juiste soort schoonmaakmethode is ook afhankelijk van het soorten leidingmateriaal. Er werd door dhr. Mesman aangegeven dat 50% van de totale leidingen in Nederland uit PVC bestaan en 40% bestaan uit asbestcement en gietijzer (zie figuur 9).

Verder is door dhr. Mesman meegedeeld dat binnenkant van gietijzer uit harde deklagen bestaat met daar onder modderachtige ijzerverbindingen.

Als deze harde deklagen worden beschadigd ontstaat er een heel reactieve oppervlak die weken lang troebelheid blijft afgeven. Hierdoor geldt voor gietijzer als algemene opmerking dat



Figuur 9. Overzicht van de leiding materialen in de Europese landen in 1990. Overgenomen uit *Discolouration in drinking water systems: a particular approach* (p.6), door Vreeburg, 2007, Delft: Technische Universiteit Delft.



er heel voorzichtig mee moet worden behandeld om te voorkomen dat de binnenlagen beschadigd raken.

4.3 Vergelijking van de schoonmaakmethoden

De keuze van een schoonmaakmethode hangt af van het doel van de schoonmaakactie die door een drinkwaterleidingbedrijf wordt opgesteld. Deze doelen zijn in tabel 4 opgenomen:

Tabel 4
Keuze schoonmaakmethoden

Doel van de schoonmaakactie	Schoonmaakmethode				
	Systematisch spuien	Spuien met water en lucht	Zachte propfen	Harde propfen	Ice Pigging
Verwijderen los sediment	✓	-	-	-	-
Verwijderen grover materiaal als zand	-	-	✓	-	-
Verwijderen microbiologische verontreinigingen	✓	-	✓*	-	-
Verwijderen biofilm**	✓	✓	✓	-	✓
Verwijderen aangroei (ijzer – of kalkafzetting)	-	-	-	✓	-

*Door middel van zachte propfen met een desinfectiemiddel (Chloor).

**Verwijderen biofilm in oplopende mate van verwijdering: doormiddel van waterspuien, water en lucht spuien, propfen, Ice Pigging.

Naast het doel van de schoonmaakactie speelt ook het leidingmateriaal en de toestand van het materiaal een rol bij de keuze van een methode. In tabel 5 zijn deze onderscheidingen opgenomen:

Tabel 5
Keuze van schoonmaakmethode aan de hand van het soort leidingmateriaal

Schoonmaakmethoden	Leidingmateriaal				
	PVC	PE	Grijs gietijzer	Asbestcement*	Gecementeerde leidingen (staal, gietijzer)
Systematisch spuien	✓	✓	✓	✓	✓
Spuien met water en lucht	✓	✓	N.v.t.	N.v.t.	✓
Zachte propfen	✓	✓	N.v.t.	N.v.t.	✓
Ice Pigging	✓	✓	N.v.t.	N.v.t.	✓

*Bij andere methoden bestaat het gevaar van het vrij komen van asbestvezels uit een aangetaste buiswand.

De doelstelling van de drinkwaterleidingbedrijven is in grote mate het verwijderen van sediment in de leidingen. De doelstelling van de adviesbureaus zijn het verwijderen van de legionellabacteriën en sediment in de terreinwaterleidingen.

In de volgende paragrafen wordt stapsgewijze een keuze gemaakt van een of meerdere schoonmaakmethoden waarmee de terreinwaterleiding kunnen op de meest efficiënte manier worden schoongemaakt.



4.3.1 Doelstelling en gestelde eisen waar de schoonmaakactie in terreinwaterleidingen hoort aan te voldoen

De schoonmaakmethoden die door de adviesbureaus in de binnen installaties worden toegepast zijn meestal ter bestrijding van de legionellabacteriën. Bij de aanwezigheid van sediment in de terreinwaterleidingen kunnen de legionellabacteriën zich sneller vermenigvuldigen. Hierdoor is noodzakelijk dat een terreinwaterleiding die besmet is met legionellabacterie grondig ontsmet en gereinigd wordt.

Om de meest efficiënte schoonmaakmethode te kunnen kiezen is er een doelstelling opgesteld waar de schoonmaakmethode aan hoort te voldoen. In tabel 6 zijn deze doelstellingen opgenomen en is er aangegeven welke schoonmaakmethode toepasbaar is bij elke doel.

Tabel 6
Doel van de schoonmaakactie in de terreinwaterleiding

Doel van de schoonmaakactie	Schoonmaakmethode					
	Systematisch spuien	Spuien met water en lucht	Zachte proppen	Ice Pigging	Chemisch desinfecteren	Thermisch desinfecteren
Verwijderen van los sediment	✓	✓	✓	✓	N.v.t.	✓
Verwijderen van grover materiaal als zand	✓	✓	✓	✓	N.v.t.	N.v.t.
Verwijderen van legionellabacteriën	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	✓	✓
Verwijderen van biofilm	✓	✓	✓	✓	N.v.t.	N.v.t.
Totaal	3	3	3	3	1	2

Naast de bovengenoemde doelstelling is er ook van belang dat de schoonmaakmethode aan de bepaalde eisen voldoet. Deze eisen zijn in tabel 7 opgenomen en er is aangegeven welke schoonmaakmethode aan welke eis voldoet.



Tabel 7
Gestelde eisen aan de schoonmaakmethode

Gestelde eisen aan de schoonmaakactie	Schoonmaakmethode					
	Systematisch spuien	Spuien met water en lucht	Zachte proppen	Ice Pigging	Chemisch desinfecteren	Thermisch desinfecteren
Reinigen van kunststof terreinwaterleidingen	✓	✓	✓**	✓	✓	N.v.t.
Reinigen van gietijzer terreinwaterleidingen	✓	✓*	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	✓
Desinfecteren van kunststof terreinwaterleidingen	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	✓	N.v.t.
Desinfecteren van gietijzer terreinwaterleidingen	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	✓	✓
Zich volledig kunnen aanpassen aan de verandering van de binnendiameter van de terreinwaterleidingen	✓	✓	N.v.t.	✓	✓	✓
Totaal	3	3	1	2	4	3

*Spuien met water en lucht kan alleen worden toegepast als er onvoldoende aanvoercapaciteit beschikbaar is.

**Deze methode kan bij een nul situatie worden toegepast en alleen met voorwaarde dat voldoende informatie over het verloop van de terreinwaterleiding beschikbaar is.

In tabel 8 zijn de totale scores van tabel 6 en 7 bij elkaar opgeteld.

Tabel 8
Opsomming van de totale scores van de vergelijkingen gemaakt in tabel 6 en 7

	Systematisch spuien	Spuien met water en lucht	Zachte proppen	Ice Pigging	Chemisch desinfecteren	Thermisch desinfecteren
Totaal	6	6	4	5	5	5

Zoals in tabel 6 is aangetoond, voldoet het schoonmaken van de terreinwaterleiding door middel van zachte proppen niet aan de gestelde eisen. Hierdoor wordt deze methode niet meegenomen bij verdere afwegingen.

Verder is er aan de hand van tabel 6 te zien dat chemisch en thermisch desinfecteren de enige schoonmaakmethoden zijn waarmee de legionellabacteriën verwijderd kunnen worden. Bijgevolg hiervan is er om een volledige schoonmaakactie te kunnen uitvoeren noodzakelijk dat de overgeblevene schoonmaakmethoden in combinatie met chemisch of thermisch desinfecteren worden toegepast.

In de volgende paragraaf worden de overgeblevene schoonmaakmethoden aan de hand van de benodigde aanvoercapaciteit nader met elkaar vergeleken.



4.3.2 Aanvoercapaciteit

De spuisnelheid bij schoonmaken moet voldoende hoog zijn om het aanwezige sediment op te wervelen en af te voeren naar het spuipunt. De te gebruiken spuisnelheid hangt dan af van de aard van het aanwezige sediment. Uit dit onderzoek kwam naar voren dat de aanbevolen spuisnelheid voor de verwijdering van sediment uit een leiding doormiddel van systematisch spuien 1,5 m/s bedraagt.

Het toepassen van spuien met water en lucht en Ice Pigging zijn ook effectief wanneer een minimale snelheid zoals aangetoond in tabel 9 wordt aangehouden. In bijlage 12 zijn er de benodigde aanvoercapaciteiten voor het uitvoeren van systematisch spuien, spuien met water en lucht en Ice Pigging, uitgerekend.

Tabel 9

Minimale snelheid voor het uitvoeren van een effectieve schoonmaakactie

	Schoonmaakmethoden		
	Systematisch spuien	Spuien met water en lucht	Ice Pigging
Minimale snelheid [m/s]	1,5	0,5	0,3

In tabel 10 is er een overzicht weergegeven van in bijlage 12 berekende aanvoercapaciteiten. Zoals uit deze tabel aangetoond is, heeft systematisch spuien drie maal meer aanvoercapaciteit nodig dan spuien met water en lucht methode. Ook wordt er hier aangetoond dat systematisch spuien vijf maal meer aanvoercapaciteit nodig heeft dan Ice Pigging. Bij spuien met water en lucht is er 1,67 keer meer aanvoercapaciteit nodig dan Ice Pigging.

Tabel 10

Overzicht van de totaal berekende aanvoercapaciteiten in uit bijlage 12.1 tot en met 12.3

Diameter van de leiding [mm]	Systematisch spuien	Spuien met water en lucht	Ice Pigging
	l/min	l/min	l/min
50	176,7	58,9	35,3
63	280,6	93,5	56,1
75	397,6	132,5	79,5
80	452,4	150,8	90,5
100	706,9	235,6	141,4
110	855,3	285,1	171,1
150	1590,4	530,1	318,1
200	2827,4	942,5	565,5

Noot: voor deze afweging zijn chemische en thermische desinfecteren methoden niet meegenomen omdat voor het toepassen van deze methoden geen minimale snelheid nodig is.



De aangetoonde aanvoercapaciteiten in tabel 10 houden in dat voor het behalen van de gewenste snelheden voor de uitvoering van een effectieve schoonmaakactie door middel van systematisch spuien, spuien met water en lucht en ice Pigging er in de leiding genoeg aanvoercapaciteit aanwezig moet zijn. In een collectieve drinkwaterinstallatie is de capaciteit van het aanwezige watermeter bepalend voor de maximale beschikbare aanvoercapaciteit. In tabel 11 is er een overzicht weergegeven van de genormaliseerde watermeters.

Tabel 11

Overzicht van genormaliseerde watermeters

De nominale volumestroom Qn [m^3/h]	De maximale volumestroom Qmax [m^3/h]	Binnendiameter van de aansluitleiding [mm]
1,5	3	≤ 25
2,5	5	25 - 50
3,5	7	50
5	10	50 - 63
10	20	63 < 100
15	30	≥ 100

Uit praktijk blijkt dat de capaciteit van de meest voorkomende watermeters in de collectieve drinkwaterinstallaties kunnen variëren tussen Qn 3,5, Qn 5, Qn 10 en Qn 15 m^3/h . In tabel 12 is aangetoond wat de maximale snelheid is die bij elke van deze watermeters bij bepaalde diameters behaald kunnen worden.

Tabel 12

Maximale snelheid dat in met een Qn 3,5, Qn 5, Qn 10 en Qn 15 m^3/h watermeters in de leidingen met diverse diameters behaald kunnen worden

Type watermeter Diameter van de leiding [mm]	Maximale snelheid in de leiding [m/s]			
	Qn 3,5	Qn 5	Qn 10	Qn 15
50	0,50	0,71	1,4	2,1
63	0,31	0,45	0,9	1,3
75	0,22	0,31	0,6	0,9
80	0,19	0,28	0,6	0,8
100	0,12	0,18	0,4	0,5
110	0,10	0,15	0,3	0,4
150	0,06	0,08	0,2	0,2
200	0,03	0,04	0,1	0,1

* $1 m^3/s = 3600 m^3/h = 1000 l/s$

Noot: Voor de snelheid in waterleiding geldt de volgende formule: $V = \frac{Q}{A}$

V = snelheid in de leiding [m/s]

Q = debiet [m^3/s]

A = oppervlakte van de leiding [m^2] $\frac{1}{4} * \pi * D^2$



Zoals in tabel 12 aangetoond is, de aanvoercapaciteit die door het watermeters ter beschikking wordt gesteld is niet altijd voldoende voor het behalen van voldoende snelheid in de terreinwaterleidingen. Hierdoor moet de benodigde aanvoercapaciteit door een buffervat in het systeem gerealiseerd worden. Dit wordt in volgende paragraaf nader toegelicht en berekend.

4.3.3 Benodigde watervoorraad

Gedurende een spuiactie wordt sediment opgewerveld en met het spuiwater afgevoerd. Omdat sediment mogelijk niet overal op hetzelfde moment van de buiswand loskomt en zwaar sediment niet de watersnelheid heeft, is de verwijdering na eenmaal verversen mogelijk nog niet volledig. De leiding moet meer dan eenmaal worden doorgespoeld of ververs. De benodigde mate van verversen hangt sterk af van het leidingmateriaal en de bereikte spuisnelheid. Voor een kunststofleiding kan een lagere verversingsgraad worden gehanteerd dan voor een leiding van gietijzer. Hierdoor beschikking hebben over voldoende watervoorraad is noodzakelijk om een schoonmaakactie effectief te kunnen uitvoeren (Blokker & Schaap, 2007). Deze kan gerealiseerd worden door het toepassen van een buffervat die beschikt over voldoende watercapaciteit.

Uit afgenomen interviews is naar voren gekomen dat in de praktijk bij het uitvoeren van een schoonmaakactie door middel van systematisch spuien, spuien met water en lucht en ice Pigging moet de inhoud van een kunststofleiding minimaal twee maal worden ververs en de inhoud van een gietijzerleiding moet minimaal driemaal worden ververs.

In tabel 13 en tabel 14 zijn de minimaal benodigde watervoorraad voor het uitvoeren van een schoonmaakactie doormidden van systematisch spuien in kunststofleidingen en in gietijzerleidingen weergegeven.

Tabel 13

Minimaal benodigde watervoorraad voor het uitvoeren van een schoonmaakactie in een kunststofleiding doormidden van systematisch spuien.

Lengte van de leiding [m] Diameter van de leiding [mm]	Minimaal benodigde watervoorraad [m ³]*									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
50	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,7	3,1	3,5	3,9
63	0,6	1,2	1,9	2,5	3,1	3,7	4,4	5,0	5,6	6,2
75	0,9	1,8	2,7	3,5	4,4	5,3	6,2	7,1	8,0	8,8
80	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,1
100	1,6	3,1	4,7	6,3	7,9	9,4	11,0	12,6	14,1	15,7
110	1,9	3,8	5,7	7,6	9,5	11,4	13,3	15,2	17,1	19,0
150	3,5	7,1	10,6	14,1	17,7	21,2	24,7	28,3	31,8	35,3
200	6,3	12,6	18,8	25,1	31,4	37,7	44,0	50,3	56,5	62,8

* Aangetoonde waarden zijn 2 maal de inhoud van de leiding

Noot: De lengte van terreinwaterleidingen kunnen afhankelijk van de locatie variërend zijn. Hierdoor om een inzicht te geven over de benodigde watervoorraad is vanuit deze leidinglengtes berekend.



Tabel 14

Minimaal benodigde watervoorraad voor het uitvoeren van een schoonmaakactie in een gietijzerleiding.

*Minimaal benodigde watervoorraad [m³]**

Lengte van de leiding [m] Diameter van de leiding [mm]	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
50	0,6	1,2	1,8	2,4	2,9	3,5	4,1	4,7	5,3	5,9
63	0,9	1,9	2,8	3,7	4,7	5,6	6,5	7,5	8,4	9,4
75	1,3	2,7	4,0	5,3	6,6	8,0	9,3	10,6	11,9	13,3
80	1,5	3,0	4,5	6,0	7,5	9,0	10,6	12,1	13,6	15,1
100	2,4	4,7	7,1	9,4	11,8	14,1	16,5	18,8	21,2	23,6
110	2,9	5,7	8,6	11,4	14,3	17,1	20,0	22,8	25,7	28,5
150	5,3	10,6	15,9	21,2	26,5	31,8	37,1	42,4	47,7	53,0
200	9,4	18,8	28,3	37,7	47,1	56,5	66,0	75,4	84,8	94,2

* Aangetoonde waarden zijn 3 maal de inhoud van de leiding

Noot: De lengte van terreinwaterleidingen kunnen afhankelijk van de locatie variërend zijn. Hierdoor om een inzicht te geven over de benodigde watervoorraad is vanuit deze leidinglengtes berekend.

In tabel 15 en tabel 16 zijn de minimaal benodigde watervoorraad voor het uitvoeren van een schoonmaakactie doormidden van spuien met water en lucht in kunststofleidingen en in gietijzerleidingen weergegeven.

Tabel 15

Minimaal benodigde watervoorraad voor het uitvoeren van een schoonmaakactie in een kunststofleiding doormiddel van spuien met water en lucht.

*Minimaal benodigde watervoorraad [m³]**

Lengte van de leiding [m] Diameter van de leiding [mm]	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
50	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
63	0,3	0,6	0,9	1,2	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1
75	0,4	0,9	1,3	1,8	2,2	2,7	3,1	3,5	4,0	4,4
80	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
100	0,8	1,6	2,4	3,1	3,9	4,7	5,5	6,3	7,1	7,9
110	1,0	1,9	2,9	3,8	4,8	5,7	6,7	7,6	8,6	9,5
150	1,8	3,5	5,3	7,1	8,8	10,6	12,4	14,1	15,9	17,7
200	3,1	6,3	9,4	12,6	15,7	18,8	22,0	25,1	28,3	31,4

* Aangetoonde waarden zijn 2 maal de inhoud van de leiding

Noot: De lengte van terreinwaterleidingen kunnen afhankelijk van de locatie variërend zijn. Hierdoor om een inzicht te geven over de benodigde watervoorraad is vanuit deze leidinglengtes berekend.

Na het spuien met water en lucht moet de leiding worden nagespoeld om de lucht te verwijderen. Hierbij komt het voornamelijk op ervaring aan om te bepalen of alle lucht is verwijderd en dit zorgt voor meer waterverbruik wat niet theoretisch kan bepaald worden.



Tabel 16

Minimaal benodigde watervoorraad voor het uitvoeren van een schoonmaakactie in een gietijzerleiding doormiddel van spuien met water en lucht.

*Minimaal benodigde watervoorraad [m³]**

<i>Lengte van de leiding [m]</i> <i>Diameter van de leiding [mm]</i>	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
50	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	2,9
63	0,5	0,9	1,4	1,9	2,3	2,8	3,3	3,7	4,2	4,7
75	0,7	1,3	2,0	2,7	3,3	4,0	4,6	5,3	6,0	6,6
80	0,8	1,5	2,3	3,0	3,8	4,5	5,3	6,0	6,8	7,5
100	1,2	2,4	3,5	4,7	5,9	7,1	8,2	9,4	10,6	11,8
110	1,4	2,9	4,3	5,7	7,1	8,6	10,0	11,4	12,8	14,3
150	2,7	5,3	8,0	10,6	13,3	15,9	18,6	21,2	23,9	26,5
200	4,7	9,4	14,1	18,8	23,6	28,3	33,0	37,7	42,4	47,1

* Aangetoonde waarden zijn 3 maal de inhoud van de leiding

Noot: De lengte van terreinwaterleidingen kunnen afhankelijk van de locatie variërend zijn. Hierdoor om een inzicht te geven over de benodigde watervoorraad is vanuit deze leidinglengtes berekend. Na het spuien met water en lucht moet de leiding worden nagespoeld om de lucht te verwijderen. Hierbij komt het voornamelijk op ervaring aan om te bepalen of alle lucht is verwijderd en dit zorgt voor meer waterverbruik wat niet theoretisch kan bepaald worden.

Voor chemisch desinfecteren is watervoorraad niet van belang. De minimaal benodigde watervoorraad voor het uitvoeren van thermisch desinfecteren wordt aan de hand van in tabel 2 aangetoonde waardes berekend. Thermisch desinfecteren wordt overigens alleen toegepast in gietijzerleidingen en niet in kunststofleidingen.

Voor het toepassen van thermisch desinfecteren is een boiler nodig waarin water tot de juiste temperatuur wordt verwarmd voordat deze de leiding in gaat. De diameter van de te desinfecteren leidingen en de temperatuur waarmee deze leidingen worden gedesinfecteerd zijn hierbij bepalend voor de minimum benodigde watervoorraad. Voor het uitvoeren van deze desinfectie methode watersnelheid in de leiding is niet bepalend voor de effectiviteit van de schoonmaakactie

In tabel 17 is een overzicht weergegeven van de maximale reinigingstijd die met diverse boilercapaciteiten in diverse leidingdiameters behaald kunnen worden.



Tabel 17

Maximum behaalde reinigingstijd met diverse boilercapaciteiten bij aanhouden van 0,1 m/s stroomsnelheid in de leiding.

Diameter van de leiding [mm]		Boilercapaciteit [m ³]		
		1	2	3
		Reinigingstijd [min]		
Volumestroom [l/m]				
50	11,8	84,9	169,8	254,6
63	18,7	53,5	106,9	160,4
75	26,5	37,7	75,5	113,2
80	30,2	33,2	66,3	99,5
100	47,1	21,2	42,4	63,7
110	57,0	17,5	35,1	52,6
150	106,0	9,4	18,9	28,3
200	188,5	5,3	10,6	15,9

De minimale watervoorraad voor uitvoeren van een schoonmaakactie is ook afhankelijk van de hoeveelheid aanwezige sediment in de leiding. Hierbij komt het voornamelijk op ervaring aan om te bepalen of alle vuil uit de leiding is verwijderd. En dus wanneer moet worden gestopt met de schoonmaakactie.

4.3.4 Kosten van schoonmaakacties

Aan het schoonmaken van leidingen zijn kosten verbonden. De kosten voor in dit onderzoek behandelde schoonmaakacties, zijn opgenomen in tabel 18. De aangetoonde kosten voor het systematisch spuien en Ice Pigging acties in tabel 18 zijn gebaseerd op de door Oase gehanteerde prijs per meter gereinigde leiding en de kosten van chemisch en thermisch desinfecteren acties zijn gebaseerd op de door Milieu 1.2.3 gehanteerde prijzen per 1 tot 50 tappunten. De kosten voor spuien met water en lucht is niet behandeld omdat deze actie niet regulier door de drinkwaterleidingbedrijven wordt uitgevoerd en daardoor zijn er geen actuele kosten hiervoor bekend.

Tabel 18

Kosten van schoonmaakacties

Schoonmaakacties	Systematisch spuien	Spuien met water en lucht	Ice Pigging	Chemisch desinfecteren	Thermisch desinfecteren
Kosten	€ 0,50,- *	-	€ 6,90,- *	€ 1500,- **	€ 1500,- **

*De door Oasen gehanteerde prijs per meter gereinigde leiding (zie bijlage 18).

**De door Milieu1.2.3 gehanteerde prijs per 1 tot 50 tappunten.

Noot: deze kosten zijn indicatief.

De aangetoonde kosten in tabel 18 zijn indicatief en per situatie afhankelijk van de uitgevoerde werkzaamheden die gevarieerd kunnen zijn. Desondanks geven de aangetoonde kosten voor systematisch spuien en ice Pigging wel een beeld van de inspanningen die zijn gemoeid met deze acties.



5. Conclusie

Op basis van literatuur onderzoek en de afgenomen interviews is gebleken dat een schoonmaak methode die in terreinwaterleidingen toepasbaar is, als efficiënt wordt gezien, wanneer deze voldoet aan de gestelde eisen en de doelstellingen die door adviesbureaus worden opgesteld voor een schoonmaakactie in terreinwaterleidingen.

Verder blijkt uit dit onderzoek dat de bestaande schoonmaakmethoden die door drinkwaterleidingbedrijven worden toegepast, effectief zijn wanneer deze acties aan bepaalde randvoorwaarden voldoen. Op basis van de vereiste randvoorwaarden, zijn deze methoden met elkaar vergeleken.

Aan de hand van deze randvoorwaarden blijkt dat hoewel er nog vraagtekens staan voor het toepassen van spuien met water en lucht in gietijzerleidingen, deze methode het meest efficiënte en economisch gunstige wijze is voor het reinigen van terreinwaterleidingen.

Gezien het feit dat een van de hoofdzakelijke doelstelling die aan een schoonmaakactie in terreinwaterleidingen wordt opgesteld het bestrijden van legionellabacteriën is, moest de gekozen schoonmaakactie aan deze eis kunnen voldoen. Hierdoor is voor het bereiken van deze doelstelling gekozen voor het toepassen van spuien met water en lucht actie in combinatie met chemische desinfecteren methode.

De reden voor het kiezen van chemische desinfecteren methode in tegenstelling van thermische desinfecteren methode is doordat deze methode geen beperkingen kent voor het toepassen in diverse leidingmaterialen in tegenstelling tot thermische desinfecteren methode die alleen in het geval van gietijzerleidingen kan worden toegepast. Hierdoor is chemische desinfecteren methode als het meest efficiënte desinfectiemethode gekozen.

Verder is uit dit onderzoek gebleken dat het benodigde aanvoercapaciteit voor de optimale uitvoering van spuien met water en lucht actie, drie maal minder is dan de benodigde aanvoercapaciteit voor de optimale uitvoering van systematisch spuien. Dit leidt uiteraard tot minder waterverbruik bij het toepassen van spuien met water en lucht actie waardoor deze methode economisch gunstiger uitkomt in vergelijking tot systematisch spuien.

Het spuien met water en lucht methode is een methode die niet als een reguliere schoonmaakmethode door drinkwaterleidingbedrijven wordt toegepast voor het schoonmaken van de leidingen. Hierdoor was het voor dit onderzoek niet mogelijk om een vergelijking te kunnen maken tussen in dit onderzoek behandelde schoonmaakacties op basis van de kosten. Er kan echter worden aangenomen dat de Ice Pigging methode vele malen duurder is voor het toepassen als de schoonmaak methode voor de terreinwaterleidingen. Dit heeft te maken met het feit dat deze methode gepatenteerd is door een Engels bedrijf en de benodigde middelen voor het uitvoeren van deze actie moeten uit Engeland hierheen worden vervoerd.



Discussie

De doelstelling van dit onderzoek was om erachter te komen of de bestaande schoonmaak methoden die door de drinkwaterleidingbedrijven worden toegepast in de distributieleidingen op een efficiënte en economisch gunstige manier toepasbaar zouden kunnen zijn voor het reinigen van terreinwaterleidingen.

Aan de hand van het bestuderen van de bestaande schoonmaakmethoden en onderzoek werd er echter geconcludeerd dat spuien met water en lucht in combinatie met chemische desinfecteren methode de meest gunstig methode is om terreinwaterleidingen schoon te maken.

Op dit moment bestaat er geen reinigingsmachine waarmee door middel van spuien met water en lucht in combinatie met chemische desinfecteren methode een terreinwaterleiding schoongemaakt kan worden op basis van in dit onderzoek vastgestelde randvoorwaarden.

Momenteel wordt door het adviesbureau Milieu 1.2.3. er een reinigingsmachine toegepast voor het schoonmaken van de terreinwaterleidingen op basis van spuien met water en lucht in combinatie met chemisch desinfecteren. Deze unit voldoet echter op dit moment niet aan in dit onderzoek uitgekomen randvoorwaarden voor het efficiënt schoonmaken van de terreinwaterleidingen.

Gezien het resultaat van dit onderzoek waarop duidt dat spuien met water en lucht in combinatie met chemisch desinfecteren methode meest gunstig methode is voor het schoonmaken van de terreinwaterleidingen, moet er in de toekomst nader onderzocht worden hoe deze reinigingsmachine aangepast zou kunnen worden zodat deze reinigingsmachine op basis van in dit onderzoek gestelde randvoorwaarden een schoonmaakactie in de terreinwaterleidingen zou kunnen uitvoeren.

Hierdoor moet er nader onderzoek worden gedaan naar de componenten vooral; buffervat en Hydrofoor die de juiste verhouding van aanvoercapaciteit en watervoorraad zouden kunnen leveren waarmee de terreinwaterleidingen op het meest effectieve manier zou schoon gemaakt worden.

Naast in dit onderzoek besproken methoden, is er ook een experiment uitgevoerd om de schoonmaakeffect van Kandjijsuiker in een droge leiding als een eventuele alternatieve schoonmaakmethode te onderzoeken.

Tijdens dit experiment werd er door middel van fijn suiker, kandjijsuiker en rijst getest of er wellicht een methode kon ontstaan om de binnenwand van de waterleidingen efficiënt schoon te kunnen maken.



Deze proefstelling was bedacht nadat er theorieën en interesse waren over een alternatieve manier waarmee de binnenwand van een leiding schoongemaakt zou kunnen worden. Deze theorie was geïnspireerd door de Ice Pigging methode waarbij met behulp van de stroming van ijsslurrie de leidingen worden schoongemaakt. Hieruit ontstond de vraag of er alternatieve middelen dat met een gelijkwaardige hardheid aan ijsslurrie bestaan, voornamelijk fijne suiker, kandisuiker en rijst de leidingen zouden kunnen schoonmaken.

De proefopstelling bestond uit:

- Een doorzichtige leiding met een diameter van 50 mm en een lengte van 1 meter.
- Een compressor.
- Een zandstraalketel.

Voor de uitvoering van dit experiment werd de zandstraalketel gevuld met eerst fijn kristalsuiker, gevolgd door grove kandisuiker en als laatste rijst.

Vervolgens werden deze middelen met druk door de leiding afzonderlijk gespuid. De benodigde druk voor deze doorstroming werd door een compressor gecreëerd.

Het schoonmaakeffect van ieder middel werd visueel beoordeeld. De visuele observatie tijdens de uitvoering van deze proef met fijne kristalsuiker verklaarde dat de fijne kristalsuiker niet voor een schoonmaakmethode zorgde. Dit was als gevolg dat de fijne kristalsuiker aan de binnenkant van de leidingwand gingen plakken. Dit zorgde voor ontstopping in de leiding waardoor er meer sediment ontstond in plaats van het verwijderen van sediment. Hierdoor werd er geconcludeerd dat fijne kristalsuiker niet het juiste middel was om toegepast te kunnen worden als een schoonmaakmiddel in een leiding.

Vervolgens is dit experiment met kandisuiker uitgevoerd met hetzelfde proefopstelling. Tijdens dit experiment werd geobserveerd dat kandisuiker een bepaald reinigingseffect had op de leidingwand waardoor deze schoner werd gemaakt.

De schoonmaak effect hiervan was echter niet voldoende om de leidingwand compleet schoon te maken. Dit was doordat de stroming van de kandisuiker in de leiding niet turbulent genoeg was waardoor er minder contact ontstond tussen de kristallen van de kandisuiker en de leidingwand om genoeg vuil uit de leiding te kunnen verwijderen.

Als laatste is er met deze proefopstelling een zelfde experiment uitgevoerd met rijst. Het resultaat hiervan was dat het schoonmaak effect van rijst in de leiding iets beter was dan het schoonmaakeffect van kandisuiker. Dit had te maken met het feit dat rijst iets zwaarder is dan grove kandisuikerkristallen. Hierdoor was de stroming van



rijst in de leiding meer turbulent waardoor er meer contact ontstond tussen de rijst en de binnenwand van de leiding.

Deze kleine opstelling liet zien dat de hardheid van de deeltjes van deze middelen een effect hadden op het reinigingseffect in de leidingen.

Deze test was overigens uitgevoerd met een doorzichtige leiding. Hierdoor kon er visueel worden bevestigd of deze leiding grondig werd schoongemaakt. Echter kan de schoonmaak effect niet visueel bevestigd worden bij normale leidingen omdat deze uiteraard niet doorzichtig zijn. Hiervoor moet bepaalde middelen worden toegepast waarmee het schoonmaak effect van deze actie in een leiding zou kunnen gecontroleerd worden.

Gezien het feit dat dit experiment in een droge en doorzichtige leiding heeft plaatsgevonden, moet het effect van deze middelen op proef gesteld worden in een leiding die onder druk staat. Aan de hand daarvan pas kan het schoonmaakeffect van de besproken schoonmaakmethodes geverifieerd worden.



6. Referentielijst

[NHL bij nacht] [Foto]. [z.j.]. Geraadpleegd via <http://www.milieu123.nl>

[NHL bij nacht] [foto]. [z.j.]. Geraadpleegd via <http://www.hydrotense.eu/Hoe-werkt-het/Legionella-bestrijding>.

[NHL bij nacht] [Foto]. [z.j.]. Geraadpleegd via <http://www.ice-pigging.com/find-out-more/what-is-ice-pigging/>

[NHL bij nacht] [foto]. [z.j.]. Geraadpleegd via http://www.kwrwater.nl/uploadedFiles/Website_KWR/Publicaties_@_Producten/Posters/Hardheidrinkwater2012_webversie.pdf

[NHL bij nacht] [Foto]. [z.j.]. Geraadpleegd via <http://uimonline.com/index/webapp-stories-action/id.1267/archive.yes/Issue.2014-10-01/title.implementing-unidirectional-flushing-plan-reduce-water-use>

Antoun, E.N., Dyksen, J.E. & Hildebrand, D. (1999). *Unidirectional flushing: A powerful tool*. Journal American Water Works Association Vol: 91 (7): 62-71.

Kiwa (2011), *Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa procescertificaat: reiniging en desinfectie van drink- en warm tapwaterinstallaties*. Rijswijk: Auteur.

Blokker, E.J.M. & Schaap, P.G. (2007). *Rapport BTO 2006.070 Sedimentverwijdering bij verschillende spuisnelheden*. Nieuwegein: Kiwa Water Research.

Blokker, E.J.M. & Schaap, P.G. (2007). Sedimentverwijdering bij verschillende spuisnelheden [afbeelding]. In Blokker, E.J.M. & Schaap, P.G. *Rapport BTO 2006.070 Sedimentverwijdering bij verschillende spuisnelheden* (p.42). Nieuwegein: Kiwa Water Research.

Elemans, R. & Os, T. van (2010). *NHL bij nacht* [foto]. Geraadpleegd via <http://www.vec.com.nl/english/documentation/tb/VecomTechnicalBulletin-2010-09-ENG.pdf>

Klooswijk, M. (2013). *Handboek Reinigings-units*. Wateringen: Milieu1.2.3.

Lut, M., Bakker, G. & Blaauwgeers, E. (2011). *Rapportage Ice Pigging 2010: Resultaten Demonstratie Ice Pigging bij Oasen en Vitens*. Gouda: Oasen N.V.

Moel, P. de, Verberk, J. & Dijk, J. van (2012). *Drinkwater Principes en praktijk*. Delft: Water Management Academic Press.



Vereniging van waterbedrijven in Nederland. (2013). Voorzieningsgebieden van waterbedrijven in Nederland [afbeelding]. In Vereniging van waterbedrijven in Nederland. *Water in zicht 2012 Bedrijfsvergelijking drinkwatersector* (p.60), Amsterdam: Accenture.

Vreeburg, J.H.G. (1996). *Bruinwater, schoonmaken: oorzaak en gevolg; Effectiviteit van spuieren, water/lucht en proppen*. Nieuwegein: Kiwa Onderzoek en Advies.

Vreeburg, J.H.G. (2007). *Discolouration in drinking water systems: a particular approach*. Delft: Technische Universiteit Delft.

Wolferen, J. van (2009). *Onderbouwing voor folder Collectief warmtapwater voor woningen*. Apeldoorn: Nederlandse organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek.

Schaap, P.G., Mesman, G.A.M., & Vreeburg, J.H.G. (1999). *Schoonmaken leidingnetten: Handleiding voor opzetten, uitvoeren en controleren van schoonmaakprogramma's*. Nieuwegein: Kiwa Onderzoek en Advies.



Bijlage 1

Bijlage 1.1 Voorbeeld van hardheid van drinkwater geleverd door drinkwaterbedrijf Vitens

Tabel 1

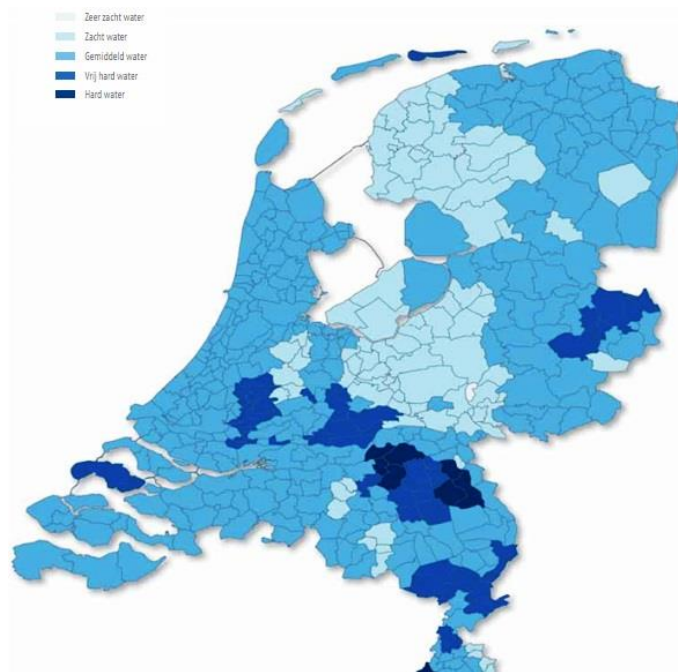
Hardheid van drinkwater geleverd door waterbedrijf Vitens

Postcode	Hardheid in °dH	Postcode	Hardheid in °dH	Postcode	Hardheid in °dH	Postcode	Hardheid in °dH
8181AA	2	1213BE	6,1	1216AJ	8,2	9271GL	11,4
8051PB	2,1	8933ES	6,2	8897HD	8,3	4021BB	11,5
8161CX	2,2	1213RZ	6,3	1221BE	8,4	9269PM	11,6
8161PV	2,3	9166PK	6,4	9076BP	8,5	4105DD	11,7
8161ZB	2,6	1215LZ	6,5	1217CC	8,6	7232GC	11,8
8162WE	2,7	9166PZ	6,6	9281LN	8,7	3402DJ	11,9
7423XV	2,9	1222BA	6,7	1216JW	8,8	7651CL	12
6881TL	3,5	9247EB	6,8	9074LL	8,9	3401GL	12,1
6881PJ	3,6	3994BD	6,83	3551EL	9	3404VG	12,2
8084VG	3,7	3994PR	6,89	9056PP	9,1	3402TT	12,3
6881CK	3,8	1216LG	6,9	3561SB	9,2	7207PL	12,4
8096AV	3,9	9246TL	7	9231KN	9,3	3439LC	12,5
3891CB	4,1	3993BC	7,02	6512GZ	9,4	7651EN	12,7
8242EK	4,2	1211JD	7,1	9271KG	9,5	7002LM	12,8
1316CJ	4,3	3991PR	7,15	6511LG	9,6	7255AX	12,9
8232LK	4,4	1211GJ	7,2	9271EX	9,7	7651JH	13
1311KD	4,5	3993GH	7,27	6511MD	9,8	7021XS	13,1
7441AG	4,6	3991WG	7,28	9285RX	9,9	7204HD	13,2
1313ES	4,7	1222NC	7,3	6521MG	10	7234SH	13,3
8226NE	4,8	9247BE	7,4	9298RN	10,1	7231ER	13,5
1316JK	4,9	3992PA	7,48	7064GP	10,2	7203HT	13,6
8242BC	5	1391AS	7,5	9281RH	10,3	7595BC	13,7
1335RA	5,1	3994NM	7,51	3562SM	10,4	7203JE	13,8
8242CC	5,2	3991BC	7,57	9291HA	10,5	7595PN	14,8
1313AH	5,3	1211JR	7,6	6544WT	10,6	7576GA	15,1
8244BH	5,4	8935KN	7,7	9254CZ	10,7	7561PB	15,3
1338NN	5,5	1216ND	7,8	4003GH	10,8		
8603DW	5,6	3992KM	7,89	9269SW	10,9		
3433ZV	5,7	1221AR	7,9	4001CA	11		
8267AA	5,8	3992NV	7,97	7681ZE	11,1		
3572PG	5,9	1211KB	8	3401LW	11,2		
8584VM	6	9074CN	8,1	3402JC	11,3		

Zeer zacht water 0 tot 4 °dH
 Zacht water 4 tot 8 °dH
 Gemiddeld water 8 tot 12 °dH
 Vrij hard water 12 tot 18 °dH
 Hard water 18 tot 30 °dH



Bijlage 1.2 Kaart van hardheid van drinkwater in Nederland



Figuur 10. Map van waterhardheid in Nederland. Overgenomen van [NHL bij nacht] (z.j.). Auteursrechtbeheerder niet bekend. Geraadpleegd via

http://www.kwrwater.nl/uploadedFiles/Website_KWR/Publicaties/_@_Producten/Posters/Hardheiddrinkwater2012_webversie.pdf

Bijlage 2

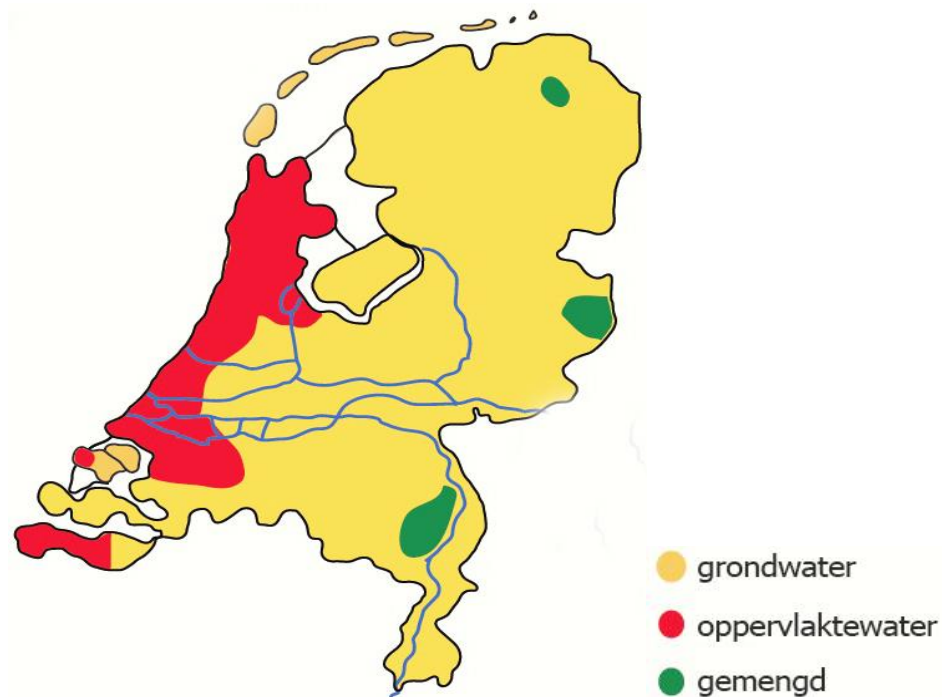
Bijlage 2.1 Voorzieningsgebieden van waterleidingbedrijven in Nederland



Figuur 11. Voorzieningsgebieden van waterleidingbedrijven in Nederland. Overgenomen uit *Water in zicht 2012 Bedrijfsvergelijking drinkwatersector* (p.60), door Vereniging van waterbedrijven in Nederland, 2013, Amsterdam: Accenture. Copyright 2013 Vereniging van waterbedrijven in Nederland

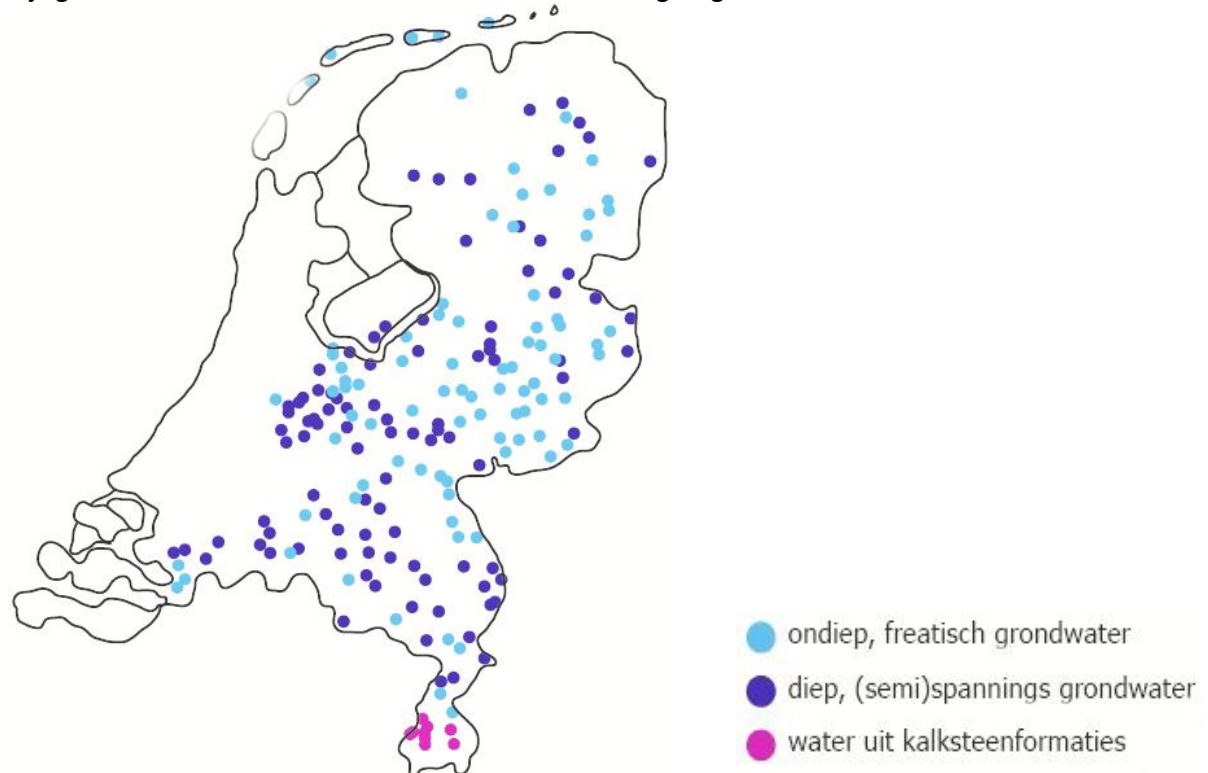


Bijlage 2.2 Productie van drinkwater in Nederland



Figuur 12. Oorsprong van drinkwater in Nederland. Overgenomen uit *Drinkwater Principes en praktijk* (p.97), door De Moel, Verberk, Van Dijk, 2012, Delft: Water Management Academic Press. Copyright 2012 TU Delft.

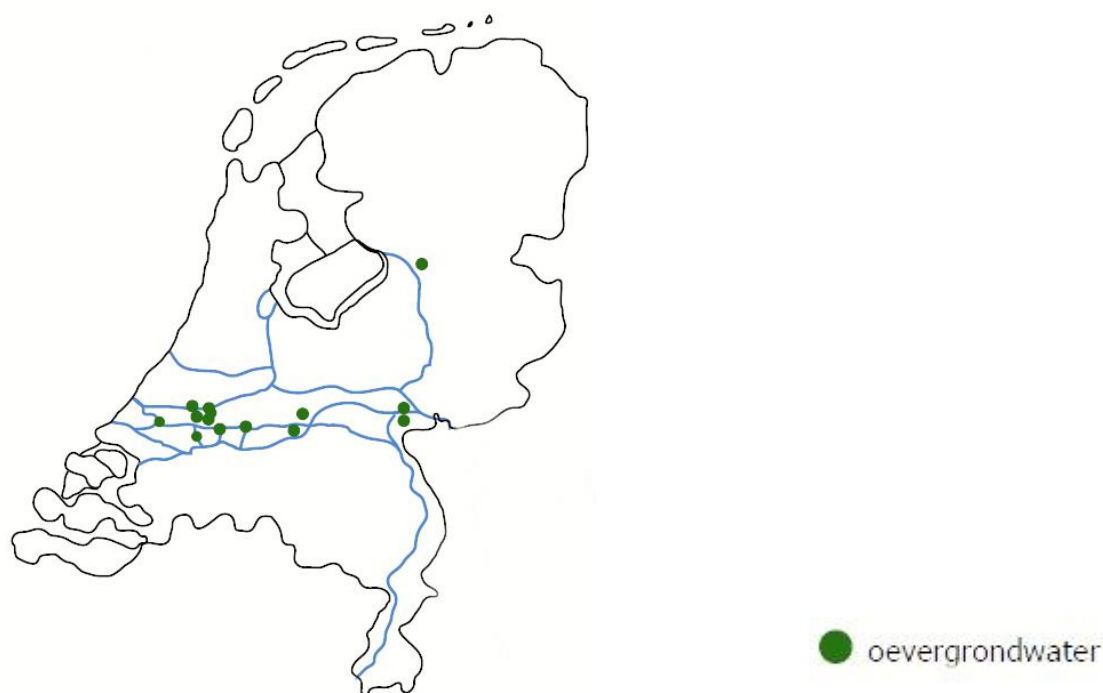
Bijlage 2.3 Productielocaties voor de drinkwatervoorziening uit grondwater



Figuur 13. Productielocaties voor de drinkwatervoorziening uit grondwater. Overgenomen uit *Drinkwater Principes en praktijk* (p.97), door De Moel, Verberk, Van Dijk, 2012, Delft: Water Management Academic Press. Copyright 2012 TU Delft.

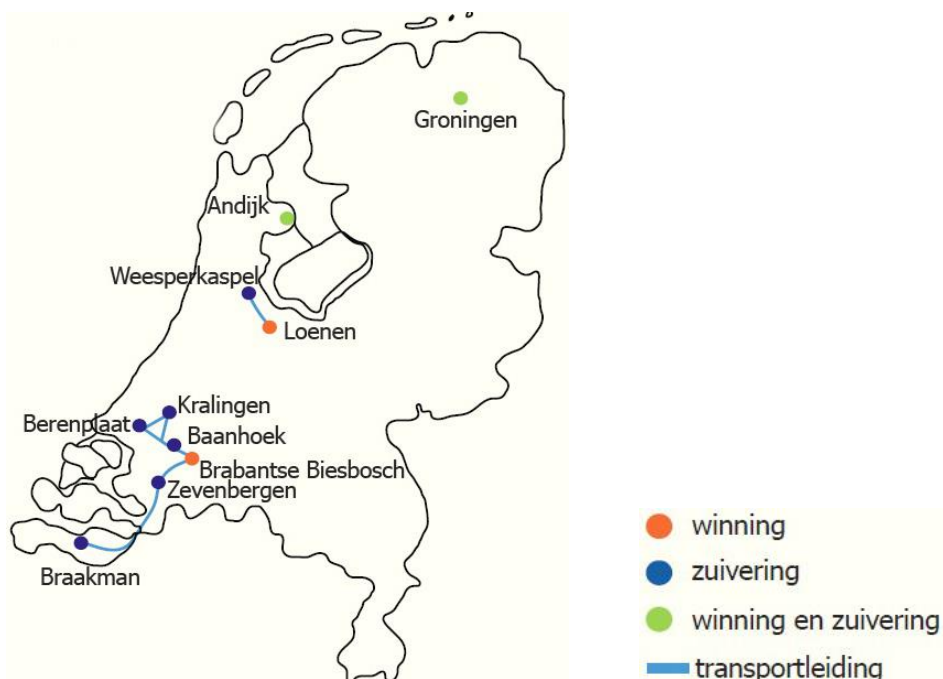


Bijlage 2.4 Productielocaties voor de drinkwatervoorziening uit oevergrondwater



Figuur 14. Productielocaties voor de drinkwatervoorziening uit oevergrondwater. Overgenomen uit *Drinkwater Principes en praktijk* (p.100), door De Moel, Verberk, Van Dijk, 2012, Delft: Water Management Academic Press. Copyright 2012 TU Delft.

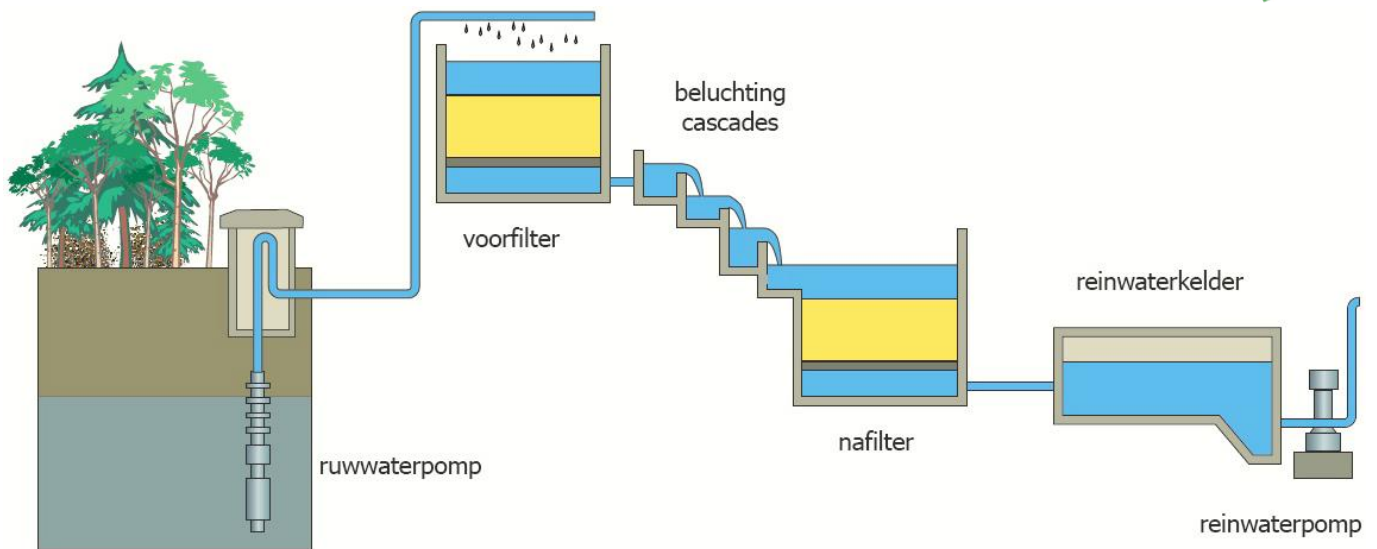
Bijlage 2.5 Productie van drinkwater uit oppervlaktewater



Figuur 15. Productie van drinkwater uit oppervlaktewater. Overgenomen uit *Drinkwater Principes en praktijk* (p.101), door De Moel, Verberk, Van Dijk, 2012, Delft: Water Management Academic Press. Copyright 2012 TU Delft.



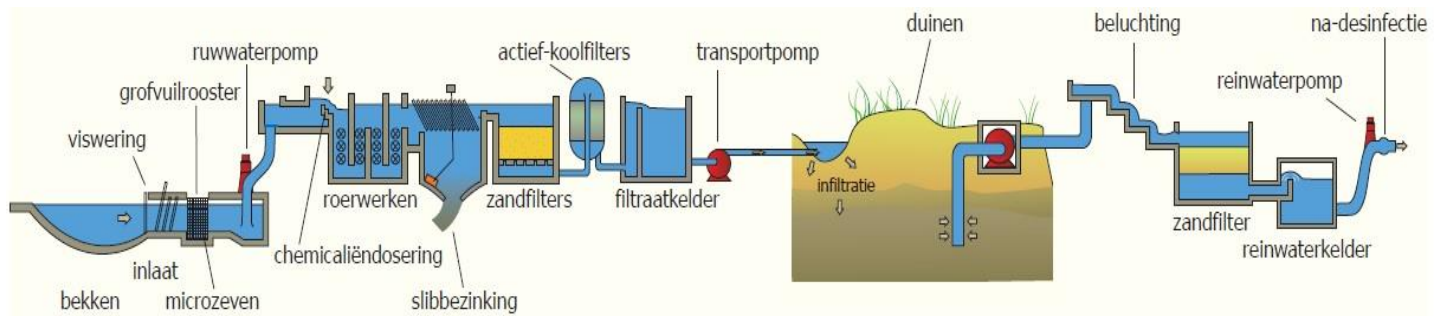
Bijlage 2.6 Drinkwaterproductie uit licht anaeroob grondwater



Figuur 16. Drinkwaterproductie uit licht anaeroob grondwater. Overgenomen uit Drinkwater Principes en praktijk (p.99), door De Moel, Verberk, Van Dijk, 2012, Delft: Water Management Academic Press. Copyright 2012 TU Delft.



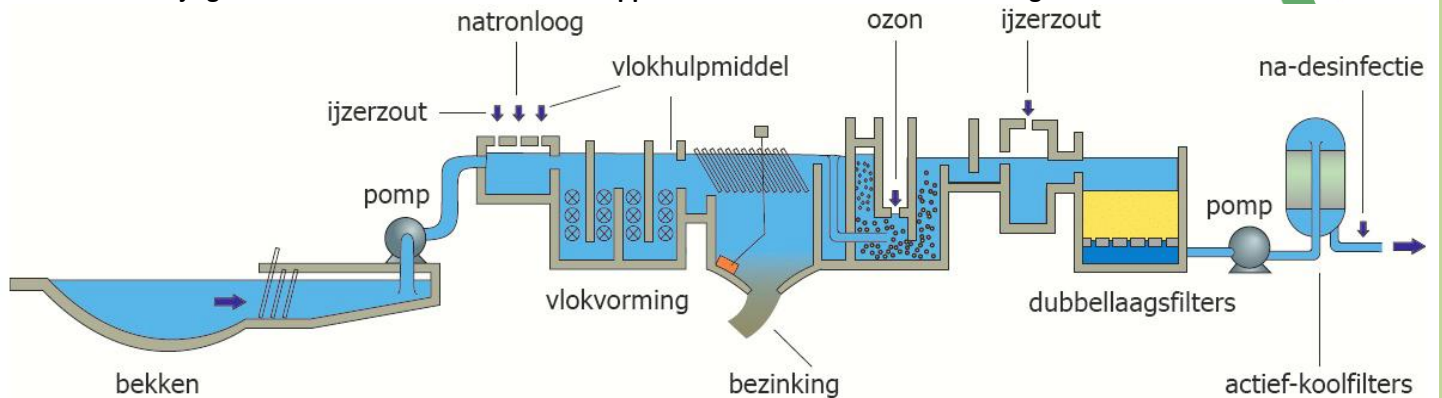
Bijlage 2.7 Productie van drinkwater uit oppervlaktewater met voorzuivering, infiltratie en nazuivering infiltratiewater



Figuur 17. Productie van drinkwater uit oppervlaktewater met voorzuivering, infiltratie en nazuivering infiltratiewater. Overgenomen uit Drinkwater Principes en praktijk (p.107), door De Moel, Verberk, Van Dijk, 2012, Delft: Water Management Academic Press. Copyright 2012 TU Delft.



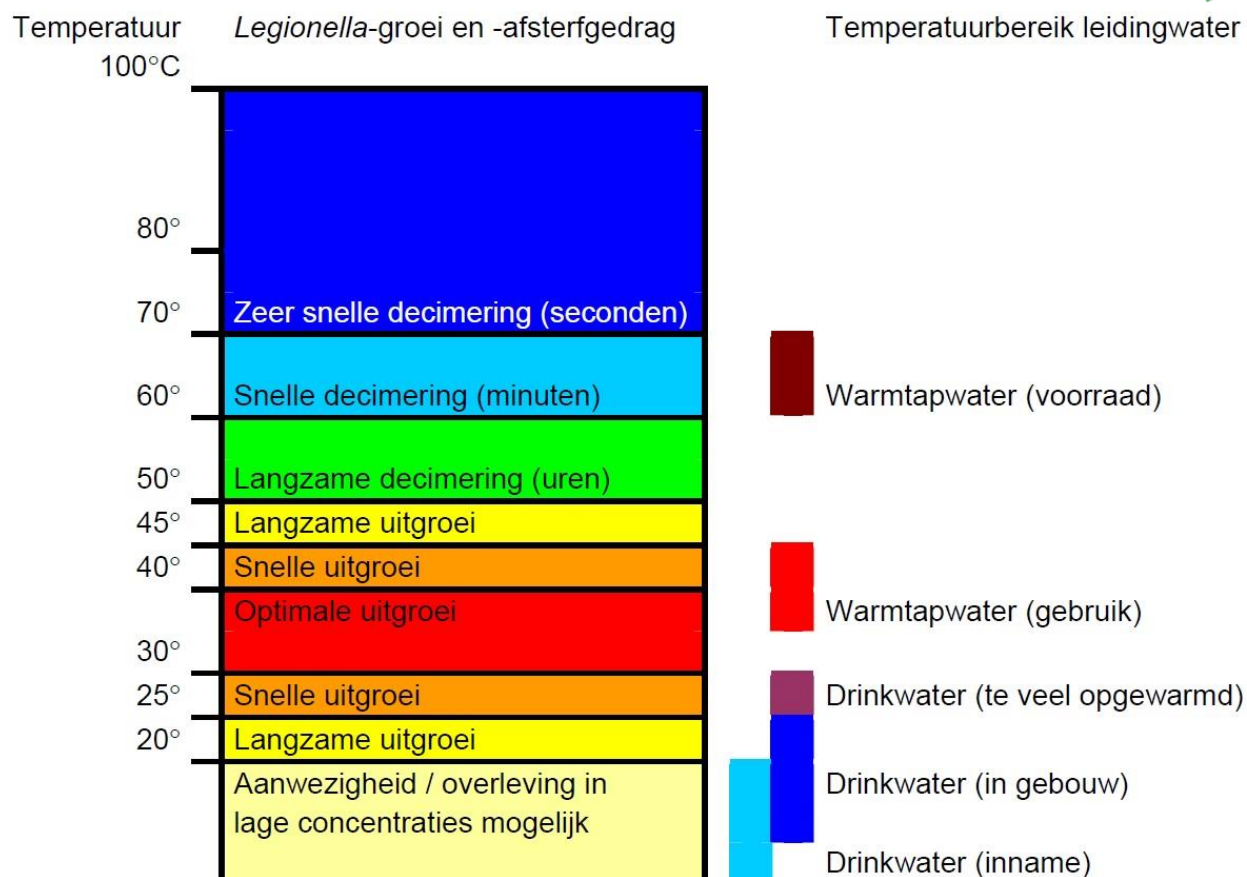
Bijlage 2.8 Productie van drinkwater uit oppervlaktewater met directe zuivering



Figuur 18. Productie van drinkwater uit oppervlaktewater met directe zuivering. Overgenomen uit Drinkwater Principes en praktijk (p.104), door De Moel, Verberk, Van Dijk, 2012, Delft: Water Management Academic Press. Copyright 2012 TU Delft.



Bijlage 3 Invloed van temperatuur op Legionella groei- en afsterfgedrag



Figuur 19. Invloed van temperatuur op Legionella groei- en afsterfgedrag. Overgenomen uit Onderbouwing voor folder Collectief warmtapwater voor woningen (p.18), door Wolferen, J. van, 2009, Apeldoorn: Nederlandse organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek. Copyright 2009 TNO.



Bijlage 4

Bijlage 4.1 De soorten leidingen die in een leidingnet kunnen voorkomen zijn

- Drinkwatertransportleiding:

De drinkwatertransportleidingen lopen van de zuiveringsinstallaties naar de verschillende gemeenten en wijken in waterleidingsbedrijfsvoorzieningsgebied. Voor de aanleg van transportleidingen wordt tegenwoordig het meest toegepast:

- Kunststof: $\varnothing \leq 600 \text{ mm}$
- Gietijzer: $\varnothing 300 \text{ mm} \leq 1000 \text{ mm}$
- Staal: $\varnothing \geq 800 \text{ mm}$
- Voorgespannen beton: $\varnothing \geq 1200 \text{ mm}$

- Hoofdleidingen

De hoofdleidingen takken af van de transportleidingen en liggen veelal door de stoepen van de wijken in waterleidingsbedrijfsvoorzieningsgebied. Deze zijn bedoeld om het drinkwater te distribueren in een wijk. Deze leidingen hebben diameters variërend tussen 300 mm en 50 mm.

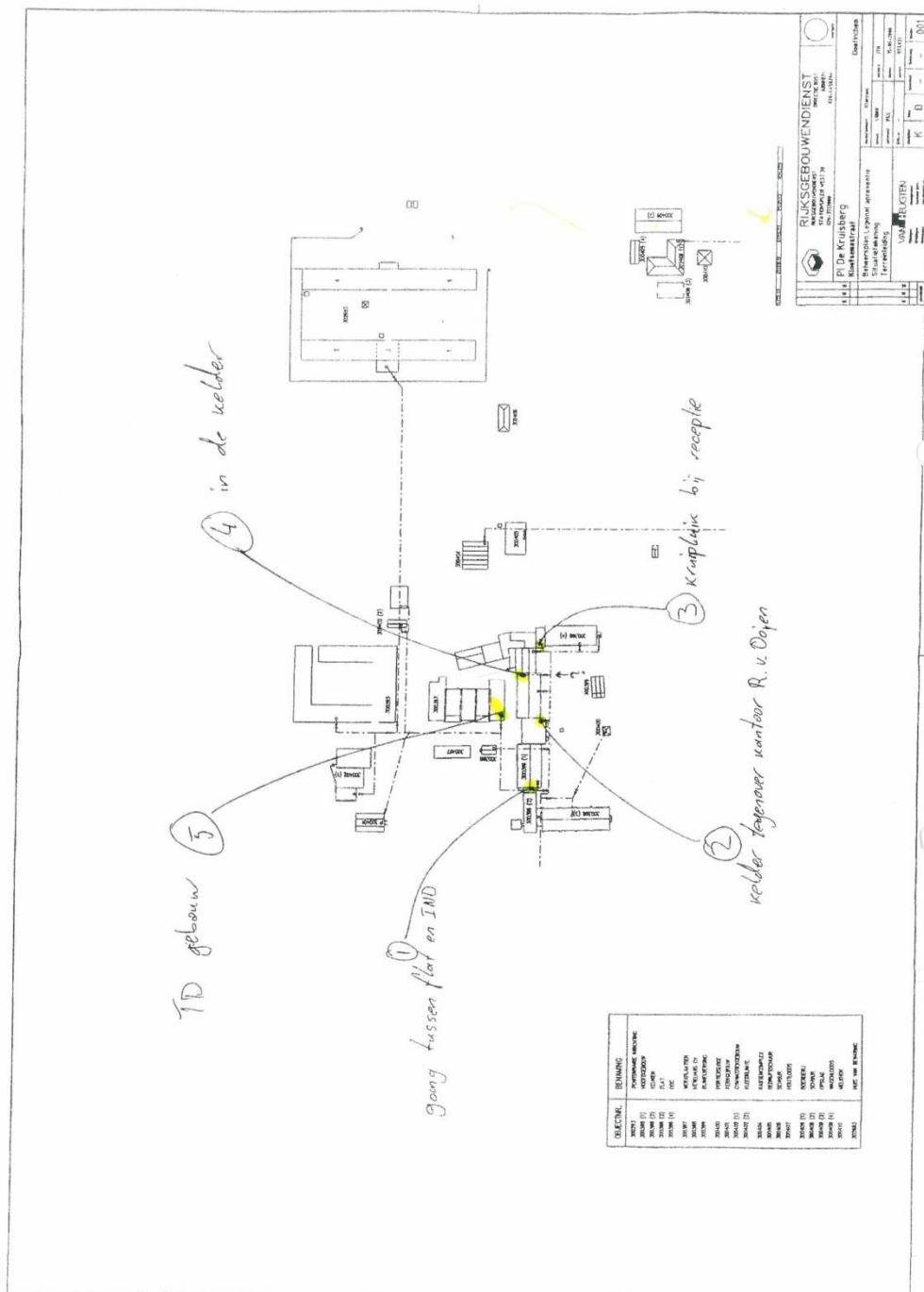
- Aansluitleidingen

De aansluitingen zijn aangesloten op de hoofdleiding en lopen naar de watermeters van waterleidingsbedrijf gebruikers. Deze leidingen hebben kleinere diameters meestal $\varnothing \leq 150 \text{ mm}$.



Bijlage 4.2 Oud gelegde terreinwaterleiding, Doetinchem

Dit is de enige foto die beschikbaar was van een oud gelegde terreinwaterleiding



Figuur 20. Technische tekening van een oud gelegde terreinwaterleiding in Doetinchem. M. van Zeijl, persoonlijke communicatie, 10 april 2015



Bijlage 5 Wettelijk kader
Bijlage 5.1 Drinkwaterwet

Voor de eigenaar van drinkwaterinstallaties geldt:

- **Drinkwaterwet artikel 24.1**
 Het openbare drinkwaternet mag niet verontreinigd worden doordat beveiligingen ontbreken, niet functioneren of tekortschieten
- **Drinkwaterwet artikel 24.2**
 Er mag geen gevaar van verontreiniging zijn voor het drinkwater uit de kraan voor de consumenten doordat beveiligingen ontbreken, niet functioneren of tekortschieten en/of het beheer van de installatie onvoldoende is

Bijlage 5.2 kenmerkende normwaarden van drinkwater in Nederland

Tabel 19
Kenmerkende normwaarden drinkwater.

<i>Parameter</i>	<i>Eenheid</i>	<i>Waarde</i>
<i>E-coli</i>	Per 100 ml	0
<i>Koloniegetal</i>	Per ml	100
<i>Bestrijdingsmiddelen (per stof)</i>	µg / l	0,1
<i>Bromaat</i>	µg / l	1 (5)
<i>Ijzer</i>	Mg / l	0,2
<i>Mangaan</i>	Mg / l	0,05
<i>Ammonium</i>	Mg / l	0,2
<i>Zwevende stof (Troebelingsgraad)</i>	FTE	1 (4)
<i>Hardheid (calcium + magnesium)</i>	Mmol / l	1 – 2,5
<i>Natrium</i>	Mg / l	150
<i>Chloride</i>	Mg / l	150
<i>pH</i>	--	7 – 9,5
<i>Temperatuur</i>	°C	< 25



Bijlage 6

Bijlage 6.1 curatief (2m/s) en preventief (1,5 m/s) doorspoelen met drinkwater

In deze tabel zijn voor verschillende leidingdiameters de afgeronde waarden van de volumestromen bij een watersnelheid van 1,5 m/s en 2 m/s aangegeven (water werkblad 2.4, 2011).

Tabel 20

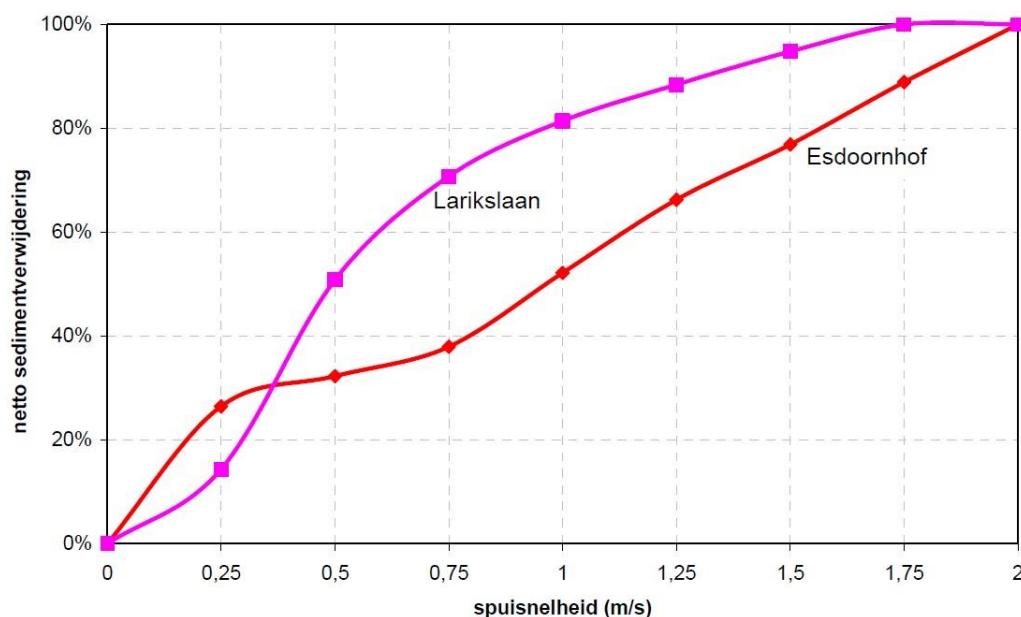
Spoelsnelheden curatief (2m/s) en preventief (1,5 m/s) doorspoelen met drinkwater

Binnen diameter [mm]		10	13	16	20	25	32	36	40	50	60	80	100
$q_v [l/s]$	1,5 [m/s]	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,2	1,5	1,9	2,9	4,2	7,5	11,8
	2 [m/s]	0,2	0,3	0,4	0,6	1	1,6	2	2,5	3,9	5,7	10	15,7
$q_v [l/min]$	1,5 [m/s]	6	12	18	30	42	72	90	114	174	252	450	708
	2 [m/s]	12	18	24	36	60	96	120	150	234	324	600	942

Bijlage 6.2 De sedimentverwijdering uitgezet tegen de spuisnelheid

In figuur 28 is de sedimentverwijdering uitgezet tegen de spuisnelheid voor twee locaties met gelijke waterkwaliteit (Leusden), gelijke omgeving (woonwijk), gelijke materiaal (asbestcement), gelijke diameter (100 mm) en bijna gelijke lengte (ongeveer 400 mm).

De sedimentverwijdering bij gelijke snelheden verschilde echter behoorlijk, waarmee geen eenduidige uitspraak kan worden gedaan voor een gevarieerde spuisnelheid



Figuur 21. Sedimentverwijdering bij verschillende spuisnelheden. Overgenomen uit *Rapport BTO 2006.070 Sedimentverwijdering bij verschillende spuisnelheden* (p.42), door Blokker, E.J.M. & Schaap, P.G., 2007, Nieuwegein: Kiwa Water Research. Copyright 2007 Kiwa Water Research



Bijlage 7 Randvoorwaarden voor het uitvoeren van een prop actie (Kiwa, 2011)

- Alle leidingen met een diameter groter of gelijk aan 200 mm worden gepropt. Er is in principe geen diameterbeperking. De beperkingen worden gesteld door de types van afsluiters die moeten worden gepasseerd. Vlinderkleppen vormen een onneembaar obstakel.
- Het in één keer te behandelen traject is niet langer dan 2500 meter. In een stadsnet wordt de lengte bepaald door de aanwezigheid van afsluiters
- Uitvoeringsvolgorde zo maken dat spuiwater aangevoerd wordt over schoon gepropte leidingsecties
- Schoongemaakte secties gescheiden houden van nog niet behandelde gedeeltes
- PVC leidingen worden schoongemaakt met 2 harde en drie zachte proppen
- Gietijzeren of stalen leidingen worden niet gepropt
- Propsnelheid tussen 0.4-0.7 m/s
- Iedere leiding wordt na een propactie gespoeld met een streefsnelheid van 1 m/s

Overmaat van de proppen:

- PVC 20 - 30 % t.o.v. inwendige diameter

Bijlage 8 Chemisch reinigen doorspoel tijd

- Bij het doorspoelen moet een stroomsnelheid van 2 m/s behalen. Daarbij moet de leidinginhoud 2 maal worden ververs
- Als de snelheid van 2 m/s niet kan worden behaald, kan als alternatief spoelen met een mengsel van lucht en water worden toegepast
- Bij lichte loszittende vervuiling is 1,5 m/s voldoende.

Bijlage 9 Wandruwheid

De wandruwheid is een waarde welke in hydraulische berekeningen dient te worden gebruikt. Hoewel er verschillen zijn tussen k-waarden van diverse materialen en diameters is het voor een eerste indicatieve bepaling van weinig belang, zolang de wandruwheid lage k-waarden in de orde van grootte van 0,01 - 0,1 mm heeft. Voor alle diameters voor zowel PVC als PE kan zodoende een wandruwheid van 0,02 mm worden aangehouden. Voor gietijzer is deze waarde 5 mm

Bijlage 10 BRL 6010

Eigenaren, beheerders en exploitanten van collectieve watervoorzieningen en leidingnetten – zoals ziekenhuisvoorzieningen, verblijfsaccommodaties, asielzoekerscentra, penitentiaire inrichtingen, zwem- en badinrichtingen, kampeerterreinen en jachthavens hebben op grond van de Drinkwaterwet en het Drinkwaterbesluit een zorgplicht ten aanzien van de kwaliteit van het drinkwater. Dit betekent dat zij veilig en goed drinkwater moeten leveren, middels een zo legionella-veilig mogelijke installatie. BRL 6010-gecertificeerde installateurs, installatieadviesbureaus en waterleidingbedrijven kunnen aantonen dat de collectieve watervoorzieningen en leidingnetten aan deze zorgplicht voldoen.



Bijlage 11 Interview vragenlijst

1. Aan hoeveel klanten levert u het drinkwater.
2. Wat is de bron van het drinkwater die door u organisatie aan uw klanten wordt geleverd.
 - Duinwater
 - Ondergrond
 - Een rivier
 - Een kanaal
 - Een meer
 - Overige:
3. Wat is de hardheid van uw bronwater.
4. Hoe produceert u drinkwater.
5. Wat is de hardheid van door u geleverde drinkwater.
6. Hoe verloopt de ontharding proces van door u geleverde drinkwater
7. Hoe verloopt het zuiveringsproces van drinkwater door uw organisatie.
8. Op welke locaties gebeurt het zuiveren van door u geleverde drinkwater.
9. Wat is ph waarde van drinkwater die u aan uw klanten levert.
10. Hoe constateert u een vervuiling in het water en welke maatregelen worden door u genomen?
11. Zitten er medicijnresten in het drinkwater dat door uw organisatie wordt geleverd
12. Meet u ook stoffen waarvoor nog geen wettelijke normen zijn ontwikkeld zo ja kunt u ze benoemen.
13. Hoe zorgt u ervoor dat de samenstelling en het kwaliteit van drinkwater tijdens het transport naar uw klanten voldoet aan de wettelijke normen.
14. Hoe beschrijft u een terreinwaterleiding
15. Wat is de gemiddelde leeftijd van terreinwaterleidingen onder uw beheer.
16. Hoe variërend zijn de lengtes van de terreinwaterleidingen onder uw beheer
17. Wat zijn de maximum en minimum diameter van de terreinwaterleidingen onder uw beheer
18. Zijn de diameters van de terreinwaterleiding die door u beheerd worden, over de hele lengte gelijk?
19. Hoe verloopt een terreinwaterleiding
20. Uit hoeveel aansluitpunten bestaat een terreinleiding.
21. Uit welke soorten materiaal zijn door u beheerde terreinleidingen vervaardigd.
22. Zijn de aansluitpunten van hetzelfde soorten materiaal als de terreinleidingen
23. Hoe vaak zijn terreinwaterleidingen die door uw organisatie worden beheerd, in verleden gereinigd
24. Is er een technische tekening beschikbaar voor door u beheerde terreinleidingen
25. Zijn aansluitpunten van de terreinwaterleidingen die door uw organisatie beheerd worden toegankelijk voor een vrachtwagen.
26. Wat zijn de risicofactoren die in terreinwaterleidingen kunnen voorkomen
27. Welke technieken past u toe om terreinwaterleidingen te desinfecteren en reinigen
28. Wat is het effect van omgeving op het sediment vorming in de leidingen
29. Hoe vormen sedimenten zich in een terreinwaterleiding.
30. Wat voor sedimenten komt u meestal tegen in door u beheerde terreinwaterleidingen
31. Hoe vormen sedimenten zich in een terreinwaterleiding (richting van sedimenten in terreinwaterleiding)
32. Welke reinigingsmethode heeft u als meest efficiënte methode ervaart om terreinwaterleidingen te verontreinigen en waarom



33. Wat zijn de problemen die u momenteel tegen komt bij het reinigen van een terreinwaterleiding
34. Welke eisen worden door uw organisatie gesteld bij het toepassen van een reinigingsmethode op terreinwaterleidingen
35. Wat zou willen liefst veranderen aan de huidige trainingsmethode die door u organisatie wordt toegepast op terreinwaterleidingen.

Bijlage 12

Bijlage 12.1 Benodigde aanvoercapaciteit voor systematisch spuien

Voor het uitvoeren van een effectief systematisch spuien is noodzakelijk dat een snelheid van ten minste 1,5 m/s in de leiding wordt aangehouden. In tabel 21 zijn de aanvoercapaciteiten die nodig zijn voor het behalen van deze snelheid in de verschillende leidingdiameters weergegeven. De diameters die in tabel 21 zijn opgenomen worden in praktijk vaak toegepast in de terreinwaterleidingen hierdoor worden voor de aanvoercapaciteit vanuit deze afmetingen berekend.

Tabel 21

Benodigde aanvoercapaciteit bij systematisch spuien met een snelheid van 1,5 m/s

Diameter van de leiding [mm]	Benodigde aanvoercapaciteit bij aanhouden van een snelheid van 1,5 m/s		
	m^3/h^*	l/s	l/min
50	10,6	2,9	176,7
63	16,8	4,7	280,6
75	23,9	6,6	397,6
80	27,1	7,5	452,4
100	42,4	11,8	706,9
110	51,3	14,3	855,3
150	95,4	26,5	1590,4
200	169,6	47,1	2827,4

* $1 m^3/s = 3600 m^3/h = 1000 l/s$

Noot: Voor de snelheid in waterleiding geldt de volgende formule: $V = \frac{Q}{A}$

V = snelheid in de leiding [m/s]

Q = debiet [m^3/s]

A = oppervlakte van de leiding [m^2] $\frac{1}{4} * \pi * D^2$

Bijlage 12.2 Benodigde aanvoercapaciteit voor spuien met water en lucht

Voor het uitvoeren van spuien met water en lucht is er ten opzichte van het systematisch spuien een compressor van voldoende capaciteit noodzakelijk en een aansluiting op het leidingnet waar de lucht in de leiding kan worden geïnjecteerd.

Om deze schoonmaak actie effectief te kunnen uitvoeren is het noodzakelijk dat een snelheid van 0,5 m/s in de leiding wordt aangehouden. In tabel 22 zijn de aanvoercapaciteiten die nodig zijn voor het behalen van deze snelheid in de verschillende leidingdiameters weergegeven.



Tabel 22

Benodigde volumestroom lucht voor spuien met water en lucht bij een water/lucht verhouding 1:1 en watersnelheid in de volle doorsnede van 0,5 m/s.

Diameter van de leiding [mm] Benodigde aanvoercapaciteit bij aanhouden van een snelheid van 0,5 m/s

	m^3/h^*	l/s	l/min
50	3,5	1,0	58,9
63	5,6	1,6	93,5
75	8,0	2,2	132,5
80	9,0	2,5	150,8
100	14,1	3,9	235,6
110	17,1	4,8	285,1
150	31,8	8,8	530,1
200	56,5	15,7	942,5

* $1 m^3/s = 3600 m^3/h = 1000 l/s$

Noot: Voor de snelheid in waterleiding geldt de volgende formule: $V = \frac{Q}{A}$

V = snelheid in de leiding [m/s]

Q = debiet [m^3/s]

A = oppervlakte van de leiding [m^2] $\frac{1}{4} * \pi * D^2$

Bijlage 12.3 Benodigde aanvoercapaciteit voor Ice Pigging

Bij deze schoonmaakactie geldt de toepassing dat zodra er gewenste hoeveelheid ijsslurrie de leiding wordt in gepompt, de prop van ijs door de leiding met een snelheid van 0,3 m/s wordt geperst. In tabel 23 zijn de aanvoercapaciteiten die nodig zijn voor het behalen van deze snelheid in de verschillende leidingdiameters weergegeven.

Tabel 23

Benodigde aanvoercapaciteit bij schoonmaakactie met Ice Pigging voor het persen van ijs prop in de leiding met een snelheid van 0,3 m/s

Diameter van de leiding [mm] Benodigde aanvoercapaciteit bij aanhouden van een snelheid van 0,3 m/s

	m^3/h^*	l/s	l/min
50	2,1	0,6	35,3
63	3,4	0,9	56,1
75	4,8	1,3	79,5
80	5,4	1,5	90,5
100	8,5	2,4	141,4
110	10,3	2,9	171,1
150	19,1	5,3	318,1
200	33,9	9,4	565,5

* $1 m^3/s = 3600 m^3/h = 1000 l/s$

Noot: Voor de snelheid in waterleiding geldt de volgende formule: $V = \frac{Q}{A}$

V = snelheid in de leiding [m/s]

Q = debiet [m^3/s]

A = oppervlakte van de leiding [m^2] $\frac{1}{4} * \pi * D^2$