

KWR 2018.012 | Februari 2018

# **Intelligent pigging: Inspectiebehoefte en technische randvoorwaarden**



# Intelligent pigging: Inspectiebehoefte en technische randvoorwaarden

## Deelonderzoek 1a

KWR 2018.012 | Februari 2018

### Opdrachtnummer

401734.001

### Projectmanager

drs. P.G.G. (Nellie) Slaats

### Opdrachtgever

STOWA

### Kwaliteitsborger(s)

dr. ir. E.J.M (Mirjam) Blokker

### Auteur(s)

ir. R.H.S. (Ralph) Beuken

### Verzonden aan

John Driessen, MPT

**Jaar van publicatie**  
2018

**Meer informatie**  
ir. R.H.S. Beuken  
T 030 6069 758  
E [ralph.beuken@kwrwater.nl](mailto:ralph.beuken@kwrwater.nl)

PO Box 1072  
3430 BB Nieuwegein  
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511  
F +31 (0)30 60 61 165  
E [info@kwrwater.nl](mailto:info@kwrwater.nl)  
I [www.kwrwater.nl](http://www.kwrwater.nl)



KWR 2018.012 | Februari 2018 © KWR

Alle rechten voorbehouden.  
Niets uit deze uitgave mag worden veeelvoudigd,  
opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand,  
of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze,  
hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën,  
opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande  
schriftelijke toestemming van de uitgever.

# Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Inspectietechnieken en inspectiepotentieel</b>	<b>5</b>
2.1	Nadere omschrijving technieken voor intelligent pigging	5
2.2	Methode voor bepaling van het inspectiepotentieel	5
<b>3</b>	<b>Overzicht van leidingen in Nederland groter dan 300 mm</b>	<b>9</b>
3.1	Leidingen van drinkwaterbedrijven	9
3.2	Persleidingen van waterschappen	14
3.3	Persleidingen van gemeenten	21
3.4	Combinatie van leidinglengten	25
<b>4</b>	<b>Inspectiebehoefte voor intelligent pigging</b>	<b>27</b>
4.1	Inleiding	27
4.2	Schatting inspectiebehoefte voor de komende 20 jaar	27
4.3	Leidingen waar lekkage leidt tot relatief grote schade aan de omgeving	28
<b>5</b>	<b>Technische randvoorwaarden in-line inspectie</b>	<b>31</b>
5.1	Inleiding	31
5.2	Inspectiebehoefte van specifieke beheerders	31
5.3	Lanceer- en opvanginstallaties	31
5.4	Bochten	32
5.5	Obstakels in het doorstromend oppervlak	33
5.6	Isoleren van leidingen en de aan- en afvoer van water	35
5.7	Waterkwaliteit	35
5.8	Te inspecteren leidingtracés	36
5.9	Eisen gesteld aan inspecties	37
<b>6</b>	<b>Te inspecteren faalmechanismen van leidingsystemen</b>	<b>40</b>
	<b>Bijlage I Geraadpleegde literatuur</b>	<b>41</b>
	<b>Bijlage II Onderbouwing schatting tabel 4.1</b>	<b>42</b>

# 1 Inleiding

Intelligente pigs zijn in-line inspectie technieken die worden ingezet om de toestand van drinkwater- en afvalwaterleidingen over een langere lengte nauwkeurig vast te stellen. De toestand is hier gedefinieerd als de meting van de fysieke eigenschappen van het leidingmateriaal, zoals de dikte van de effectieve wanddikte of de voegwijdte.

Met financiële bijdragen van STOWA, Stichting RIONED, gemeenten Almere en Rotterdam, Waternet en acht drinkwaterbedrijven wordt het project “Ontwikkeling Intelligente pigs voor drink- en afvalwaterleidingen” uitgevoerd. De eerste fase van dit project is een haalbaarheidsstudie naar de technische en economische randvoorwaarden bepaald voor succesvolle ontwikkeling en toepassing van intelligente pigs. Het voorliggende rapport geeft voor zowel de aanbiedende als vragende partijen meer inzicht in het inspectiepotentieel in de komende twee tot twintig jaar en de technische randvoorwaarden in Nederland.

## *Afbakening*

De scope van dit rapport betreft leidingen onder druk die in-line zijn te inspecteren met een interne diameter vanaf 300 mm tot en met 2.600 mm. De bovengrens geeft de grootste diameter aan in Nederland. De ondergrens is gekozen vanuit de verwachting dat de baten van levensduurverlenging na inspectie van kleinere leidingen onvoldoende opwegen tegen de inspectiekosten. Daarnaast ontwikkelen de drinkwaterbedrijven voor leidingen met een diameter kleiner of gelijk aan 300 mm reeds autonome inspectierobots. Anderzijds kan bij waterkeringen ook inspectie van kleinere diameters (vanaf Ø125 mm) van belang zijn.

De leidingen in deze inventarisatie betreffen ruwwater-, industriewater- en drinkwaterleidingen van drinkwaterbedrijven en afvalwaterpersleidingen van waterschappen en gemeenten. Drukriolen die zich voornamelijk in het buitengebied bevinden, vallen buiten dit onderzoek omdat deze naar verwachting een te kleine diameter hebben voor de toepassing van in-line inspectietechnieken. Vrijvervalriolen vallen tevens buiten de scope.

## *Onderzoeksmethode en verantwoording*

De aanpak voor dit onderzoek bestond uit het bijeen brengen van data uit landelijke overzichten en uit steekproeven van individuele beheerders. Daarbij is het van belang dat de lezer zich realiseert dat ten tijde van dit onderzoek geen uniforme registraties beschikbaar waren van alle leidingen die relevant zijn voor deze inventarisatie. In het onderzoek is een inschatting gemaakt op basis van steekproeven en beschikbare landelijke overzichten. De onderzoekers waarschuwen echter met klem dat de in dit rapport gepresenteerde gegevens een beperkte nauwkeurigheid hebben en enkel gebruikt moeten worden voor het doel van dit project: een inschatting van de omvang van potentieel te inspecteren leidingen.

## *Geraadpleegde bronnen*

Voor beschrijving van het drinkwaternet is gebruik gemaakt van gegevens van individuele leidingen van de tien drinkwaterbedrijven. De Unie van Waterschappen heeft een overzicht van de lengte van de afvalwatertransportleidingen per waterschap (Bedrijfsvergelijking 2016). Daarnaast is gebruikt gemaakt van door acht waterschappen beschikbaar gestelde gegevens. Voor gemeentelijke persleidinggegevens is gebruik gemaakt van twintig geanonimiseerde rioleringsdatabestanden van middelgrote en grote gemeenten. Tenslotte is in vier bijeenkomsten met leidingbeheerders inzicht verkregen in de wensen voor praktijktoepassing van inspectie.

*Opsteller en begeleidingscommissie*

Dit rapport is opgesteld door KWR in overleg met John Driessen van Sweco. De begeleidingscommissie voor dit deelproject bestond uit:

- Arjan Budding, waterschap Vallei en Veluwe
- Arne Bosch, Waternet
- Eelco Trietsch, Vitens
- Johan Verlinde / Richard Kors, gemeente Rotterdam
- Jurgen Bosch, Dunea
- Rien de Ridder, waterschap Zuiderzeeland
- Ton Beenen, Stichting RIONED en STOWA (voorzitter)

*leeswijzer*

Dit rapport geeft inzicht in de volgende aspecten:

- Hoofdstuk 2: Omschrijving van inspectietechnieken en bepaling van het inspectiepotentieel.
- Hoofdstuk 3: Schatting van de omvang van het persleidingenareaal in Nederland.
- Hoofdstuk 4: Vertaling van de areaalomvang naar het inspectiepotentieel en een inschatting van het aandeel risicovolle leidingen.
- Hoofdstuk 5: Een overzicht van technische randvoorwaarden voor het uitvoeren van in-line inspecties.
- Hoofdstuk 6: Overzicht van faalmechanismen per leidingmateriaal
- Hoofdstuk 7: Inventarisatie van kostenkennallen voor inspectie en vervanging.

## 2 Inspectietechnieken en inspectiepotentieel

### 2.1 Nadere omschrijving technieken voor intelligent pigging

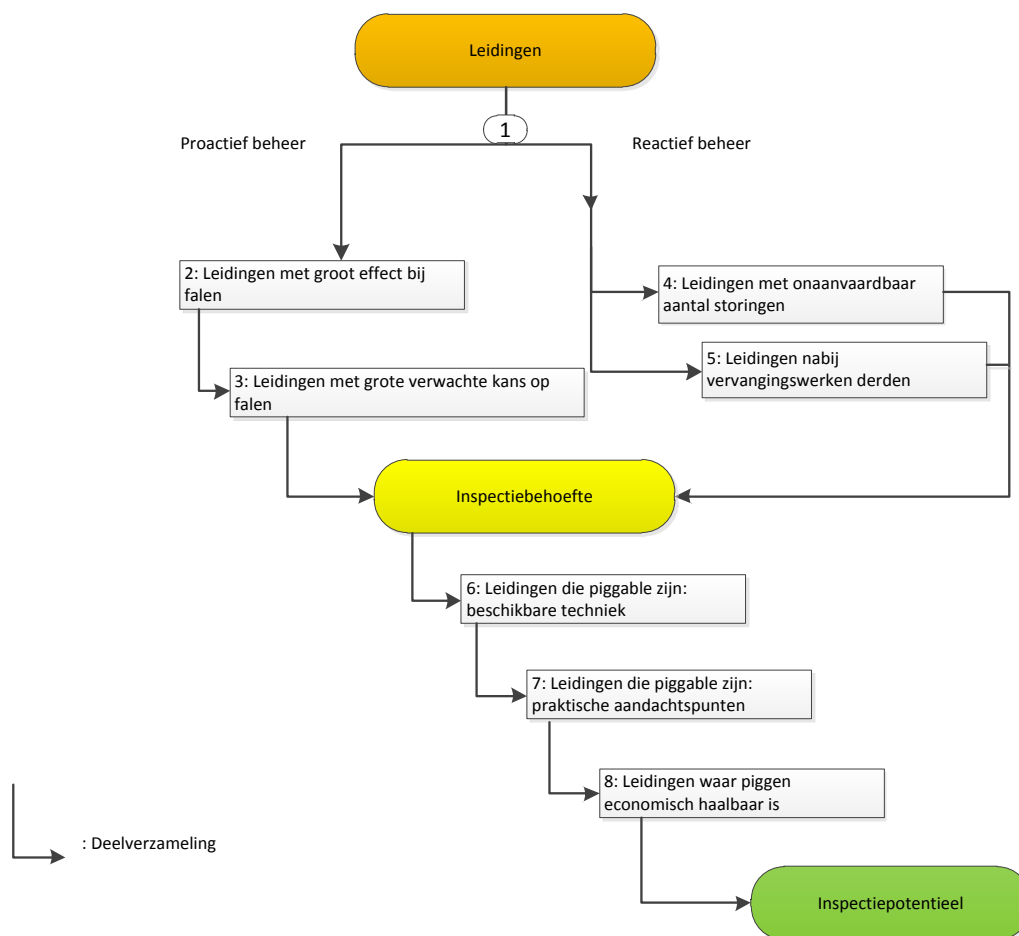
De meeste inspectietechnieken vinden hun oorsprong in de gas- en olie-industrie. Gas- en olieleidingen worden omschreven als piggable als bij het ontwerp en de aanleg van deze leiding er al rekening mee is gehouden dat in de toekomst in-line inspecties met pigs uitgevoerd kunnen worden. Is hier geen sprake van dan wordt gesproken over non-piggable leidingen. Piggable leidingen hebben in het algemeen de volgende voorzieningen (informatie ontleend aan Gruitroij, 2008):

- zijn voorzien van ontvangst en verzendinginstallaties ('pigtraps');
- hebben bochten met een radius van minimaal 5D;
- hebben mijterbochten (segmentbochten) die minimaal uit twee overgangen bestaan ( $2 \times 45^\circ$ );
- hebben geen diameterovergangen;
- hebben beperkte wanddikteovergangen (altijd met een afgedraaid verloopstuk);
- hebben T-stukken die zijn voorzien van 'bars', zodat de pig niet in de T-stuk kan schieten of blijven steken;
- hebben geen afsluiters die de doorgang beperken;
- zijn uitgevoerd in een materiaal waarvan de toestand is vast te stellen;
- zijn nauwkeurig gedocumenteerd.

Voor drinkwaterleidingen en persleidingen geldt dat deze in vrijwel alle gevallen non-piggable zijn aangelegd. Dit betekent echter niet dat het niet mogelijk is om inspecties met pigs of andere meetinstrumenten uit te voeren. Het is dan echter noodzakelijk om gericht te verifiëren of er in de leiding obstakels (bijvoorbeeld vlinderkleppen, verlopen of bochten) aanwezig zijn die inspectie met pigs bemoeilijken of onmogelijk maken.

### 2.2 Methode voor bepaling van het inspectiepotentieel

In Hoofdstuk 3 is een overzicht gegeven van alle leidingen onder druk van drinkwaterbedrijven, waterschappen en gemeenten. In slechts een deel van deze leidingen zal het om technische en/of economische redenen haalbaar zijn om intelligente pigs toe te passen voor de inspectie van de toestand van leidingen. In Figuur 2-1 is dit in een schema weergegeven. Hierbij wordt het gehele leidingnet beschouwd en vervolgens in een aantal stappen bepaald in welk deel van de leidingen intelligent pigging haalbaar is. Opgemerkt wordt dat het binnen dit project niet mogelijk was om op deze wijze het potentieel te bepalen, aangezien hiervoor een meer uitgebreide analyse noodzakelijk is.



FIGUUR 2-1 VASTSTELLING VAN HET INSPECTIEPOTENTIEEL VOOR INTELLENT PIGS.

Beheer van het leidingnet is mogelijk op twee manieren: proactief en reactief. De belangrijkste leidingen, waarvan de beheerder van menig is dat deze niet of slechts in zeer beperkte mate mogen falen, zullen bij voorkeur proactief beheerd worden. Bij leidingen met een reactief beheer geldt dat het vermijden van falen slechts mogelijk is tegen kosten die vanuit bedrijfseconomisch oogpunt niet haalbaar zijn. Leidingen onder reactief beheer kunnen in aanmerking komen voor in-line inspectie op het moment dat binnen een bepaalde tijdsperiode veel storingen optreden en als door het inspecteren van de leiding kan worden aangetoond dat slechts een deel van de leiding vervangen dient te worden.

Bij het vaststellen van het inspectiepotentieel voor intelligent pigs spelen meerdere overwegingen een rol:

1. Wat is de beheersituatie van een leiding? Is deze proactief dan wil men falen voorkomen. Inspectiemetingen worden dan ingezet om het juiste tijdstip van vervanging te bepalen. Is de beheersituatie reactief dan mag de leiding in principe falen, maar ligt de nadruk meer op het minimaliseren van de overlast.
2. Leidingen met proactief beheer zijn in de regel leidingen waarbij geldt dat in geval van een leidingbreuk de interne en/of externe effecten groot zijn. Inspecties kunnen inzicht geven in de toestand van leidingen om daarmee in te schatten of de risico's aanvaardbaar zijn. Leidingen met een groot effect bij falen zijn bijvoorbeeld leidingen die:



- In de nabijheid van risicovolle objecten liggen volgens de NEN3651 of andere objecten die de beheerder als risicovol aanmerkt (zie ook paragraaf 4.3);
  - Bij falen een onaanvaardbaar groot functieverlies hebben;
  - In een vergunningsregime vallen waar de vergunningsverlener eisen stelt aan het uitvoeren van inspecties.
3. De kans op falen is een inschatting die vooraf niet eenvoudig te maken valt. Intelligent pigging kan de toestand van een leiding bepalen en daarmee de kans op falen inzichtelijk maken. Er zijn echter twee situaties waarin geldt dat toepassing van Intelligent pigging niet logisch is om de toestandsverandering als gevolg van veroudering te meten:
    - a. Er is geen reden om aan te nemen dat de toestand van de leiding aanleiding kan zijn tot falen. Dit geldt bijvoorbeeld voor recent aangelegde leidingen of leidingen waarvan op andere wijze is aangetoond dat de toestand voldoet aan alle gestelde eisen. Het kan echter wel zijn dat Intelligente pigs worden ingezet voor het uitvoeren van een zogenaamde nulmeting, om de toestand te meten direct na aanleg.
    - b. De beheerder en vergunningsverlener zijn van mening dat de toestand van de leiding niet aan de gestelde eisen voldoet. In dat geval is inspectie niet zinvol en zal de beheerder overgaan tot vervanging.
  4. Voor leidingen met een reactief beheer geldt dat deze vervangen zullen worden als een onaanvaardbaar aantal storingen op is getreden. Wat onaanvaardbaar is, is meestal gebaseerd op een risicoanalyse. In dit geval kan een inspectie met intelligent pigs uitwijzen of een leiding in zijn geheel vervangen moet worden of dat vervanging mogelijk is over een beperkte lengte.
  5. Voor leidingen met een reactief beheer kan ook gelden dat er werkzaamheden in de nabijheid plaatsvinden die kunnen leiden tot extra belasting op de leiding en daarmee gevaar voor bezwijken. De beheerder kan dan een inspectie met intelligent pigs uitvoeren om meer zekerheid te krijgen over de toestand en daarmee in te schatten of de leiding ook vervangen wordt of kan blijven liggen.

De inspectiebehoefte is nu te karakteriseren als de lengte van de leidingen waarvoor de beheerders inspecties met intelligent pigs willen uitvoeren op basis van afwegingen over het proactieve of reactieve beheer.

6. De leidingen die overblijven hebben een relatief hoog risico bij falen. De vraag die vervolgens gesteld dient te worden is of de informatie die beschikbaar komt bij een inspectie tot een eenduidige uitspraak kan leiden over de toestand van die leiding. Hiervoor is het noodzakelijk het faalmechanisme te kennen en is een inspectietechniek noodzakelijk die dit faalmechanisme (of de gevolgen daarvan) op een betrouwbare manier en met voldoende representativiteit kan detecteren.
7. De volgende vraag die gesteld moet worden is of een leiding ook vanuit praktische overwegingen in-line geïnspecteerd kan worden. Hiervoor geldt dat er toegang tot de leiding verkregen moet kunnen worden, de leiding uit bedrijf genomen kan worden, er niet te veel obstakels aanwezig zijn.
8. Als laatste geldt dat inspectie moet leiden tot een zogenaamde positieve business case, anders gezegd dat aantoonbaar gemaakt kan worden dat de totale kosten van

inspectie lager zijn dan de te monetariseren opbrengsten door het uitstellen van investeringen of het vermijden van storingen.

Het inspectiepotentieel is te karakteriseren als de lengte van de leidingen waarvoor de beheerders inspecties met intelligent pigs willen uitvoeren op basis van afwegingen over het proactieve of reactieve beheer én waar deze uitvoering technisch haalbaar, praktisch uitvoerbaar en economisch verantwoord is.

De aanpak om te komen tot het inspectiepotentieel zoals hierboven geschetst is binnen het kader van dit project niet mogelijk. In dit project is een globale verkenning uitgevoerd voor heel Nederland op basis van globale gegevens over het leidingnet. Om die reden is voor de volgende aanpak gekozen:

1. Maak een inschatting van alle (pers-) leidingen van drinkwaterbedrijven, waterschappen en gemeenten.
2. Bepaal de leidinglengte vanaf 300 mm.
3. Maak een globale inschatting voor welk aandeel inspectie wordt verwacht op basis van het mogelijk falen van de leiding in combinatie met de effecten daarvan. Dit aandeel is gelijkgesteld aan de inspectiebehoefte. Omdat er geen informatie is op het niveau van inspectieprojecten, is het niet mogelijk het inspectiepotentieel te bepalen.

## 3 Overzicht van leidingen in Nederland groter dan 300 mm

### 3.1 Leidingen van drinkwaterbedrijven

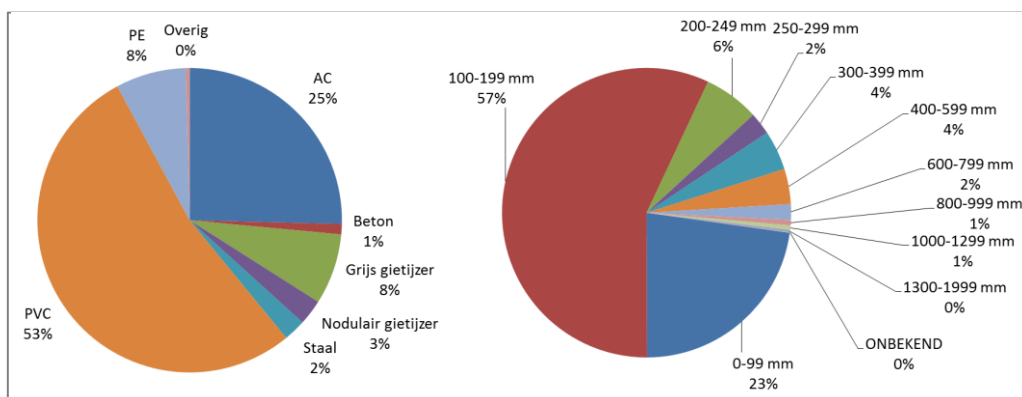
#### 3.1.1 Algemeen

Vewin stelt jaarlijks een overzicht op van de lengte van het Nederlandse drinkwaterleidingnet. In de meest recente versie van de Kerngegevens Drinkwater 2016 is een totale lengte van het drinkwaterleidingnet opgenomen van 119.338 km (Vewin, 2017). Dit betreft een overzicht van alle transport- en hoofdleidingen in het drinkwaternet.

KWR heeft van acht Nederlandse drinkwaterbedrijven leidinggegevens ontvangen in het kader van de uniforme storingsregistratie USTORE. Deze gegevens bevatten onder andere leidinggegevens van de lengtes uitgesplitst naar leidingmateriaal, nominale diameter en jaar van aanleg. Van deze bedrijven zijn aanvullende gegevens ontvangen van ruwwater- en industriëleidingen voor zover deze niet zijn opgenomen in USTORE. Van de twee bedrijven die niet deelnemen aan USTORE zijn ook de leidinggegevens verkregen in hetzelfde format.

#### 3.1.2 Leidinggegevens van drinkwaterbedrijven

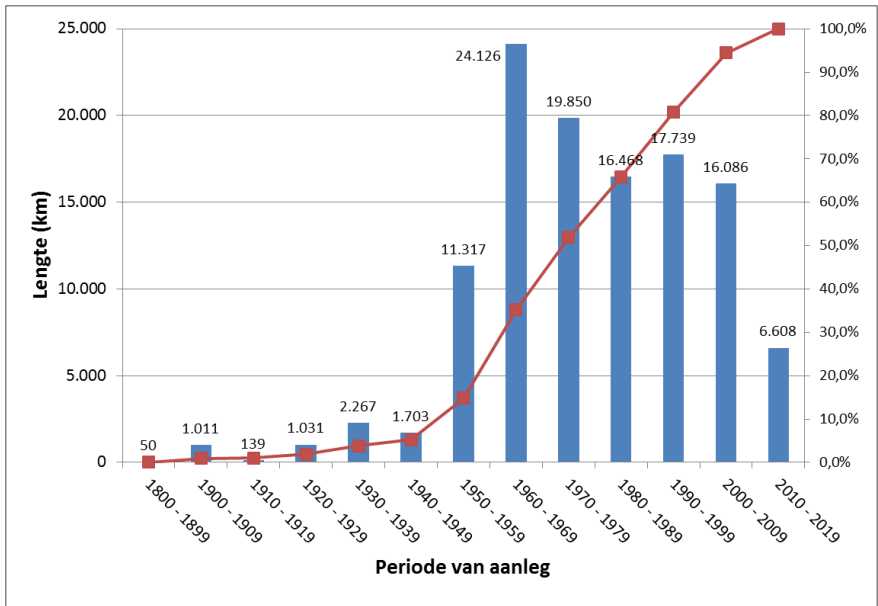
Het voor dit project gehanteerde overzicht van leidingen heeft een totale lengte van 119.691 km en bevat ruwwater-, drinkwater- en industriewaterleidingen en komt daarmee goed overeen met de totale leidinglengte zoals gerapporteerd door Vewin. In Figuur 3-1 is de indeling weergegeven van het leidingnet van drinkwaterbedrijven naar leidingmateriaal en diameterklasse. De meest voorkomende leidingmaterialen zijn PVC (53%), AC (25%), grijs gietijzer (8%) en PE (8%). Voor wat betreft de nominale diameter is 80% van de leidinglengte kleiner dan 200 mm, 86% kleiner dan 250 mm en 88% kleiner dan 300 mm. Het aandeel leidingen met een onbekende diameter of materiaalsoort is verwaarloosbaar klein (0,05%).



FIGUUR 3-1 INDELING LEIDINGLENGTEN VAN DRINKWATERBEDRIJVEN NAAR MATERIAAL (LINKS) EN DIAMETEERKLASSE (RECHTS).

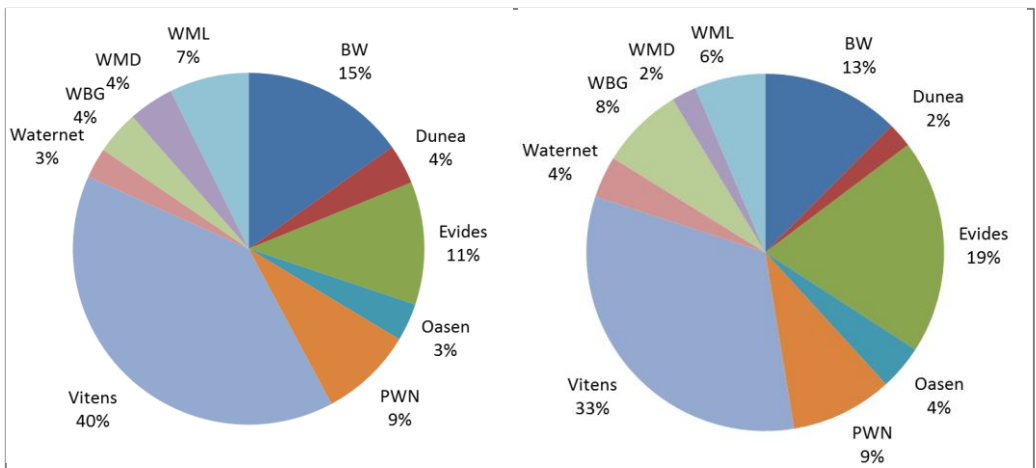
Van 98,9% van de leidingen is het aanlegjaar bekend. In Figuur 3-2 is de aanleghistorie weergegeven van het Nederlandse drinkwaternet in perioden van 10 jaar. De meeste leidingen zijn aangelegd in de periode 1960 – 1969. De rode lijn betreft de cumulatieve frequentieverdeling die aangeeft dat bijvoorbeeld 15% van de leidinglengte is aangelegd voor

1960. Uit deze figuur blijkt dat 4% van de leidinglengte is aangelegd voor 1940, 35% voor 1970 en 81% voor 2000.



FIGUUR 3-2 INDELING LEIDINGLENGTEN (IN KM) VAN DRINKWATERBEDRIJVEN NAAR PERIODE VAN AANLEG.

De leidingen in Nederland zijn in eigendom van tien drinkwaterbedrijven. In Figuur 3-3, links is een overzicht gegeven van de leidinglengte van de bedrijven. Deze verdeling is gebaseerd op gegevens zoals beschikbaar gesteld door de drinkwaterbedrijven en wijkt in beperkte mate af van de verdeling zoals die is weergegeven in het meest recente overzicht van Vewin (Vewin, 2017). In Figuur 3-3, rechts is de verdeling van de lengte weergegeven van leidingen vanaf 300 mm.

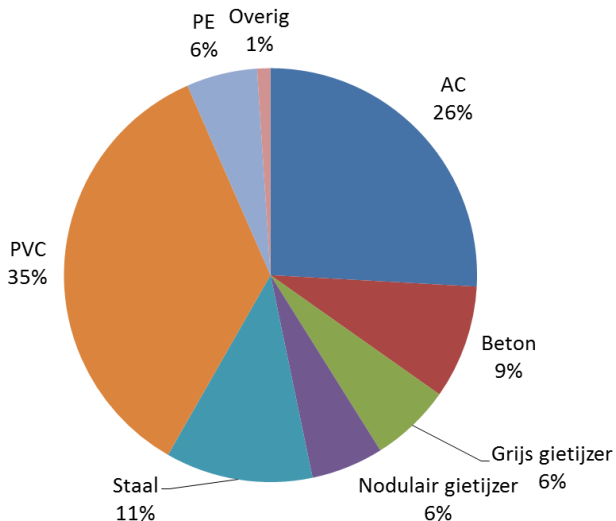


FIGUUR 3-3 INDELING VAN LEIDINGLENGTEN PER DRINKWATERBEDRIJF, ALLE LEIDINGEN (LINKS) EN LEIDINGN VANAF 300 MM(RECHTS).

### 3.1.3 Leidingen vanaf 300 mm

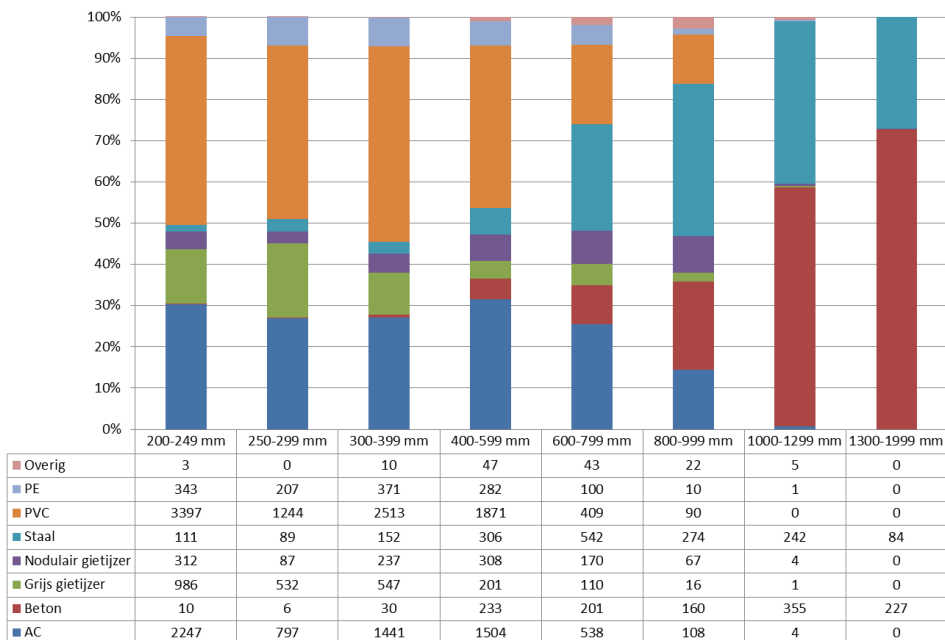
De focus van het project Intelligent Pigging ligt op in-line inspectietechnieken voor leidingen met een interne diameter vanaf 300 mm. Circa 10% procent van het drinkwaternet in

Nederland bestaat uit leidingen met een diameter vanaf 300 mm, zie Figuur 3-1. De verdeling van leidingmaterialen voor leidingen vanaf 300 mm is weergegeven in Figuur 3-4. De meest voorkomende leidingmaterialen zijn PVC (35%), AC (26%), staal (12%) en beton (9%).



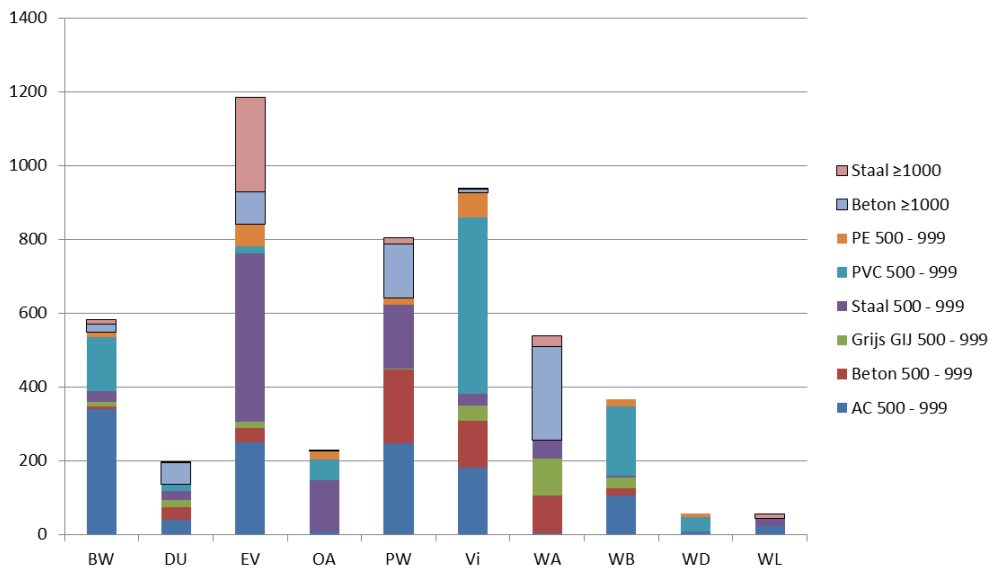
FIGUUR 3-4 INDELING LEIDINGLENGTEN VANAF 300 VAN DRINKWATERBEDRIJVEN NAAR MATERAAL.

Omdat inspectietechnieken vaak voor specifieke diameterranges worden ontworpen is in Figuur 3-5 de verdeling weergegeven per diameterrange. Omdat de grens van 300 mm niet voor alle inspectietechnieken hoeft te gelden zijn de diameters vanaf 200 mm weergegeven. Uit dit figuur blijkt dat voor diameters tot 600 mm PVC en AC de meest voorkomende leidingmaterialen zijn en voor diameters vanaf 800 mm beton en staal.



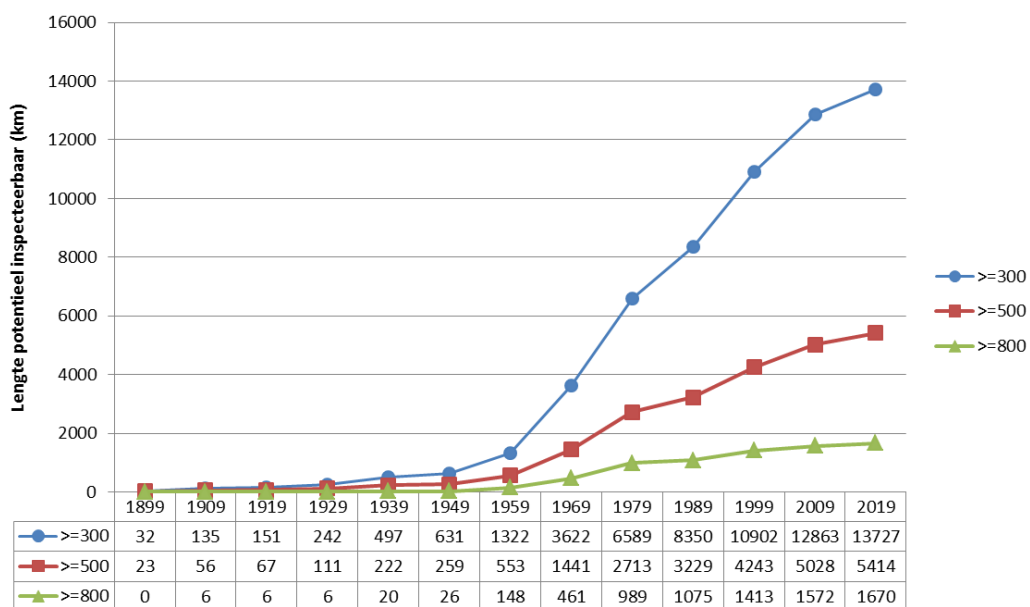
FIGUUR 3-5 INDELING LEIDINGLENGTEN (IN KM) VAN DRINKWATERBEDRIJVEN NAAR MATERAAL VOOR VERSCHILLENDE DIAMETERKLASSEN.

In Figuur 3-6 zijn leidinglengten weergegeven per drinkwaterbedrijf, per leidingmateriaal en uitsplitst naar diameterranges vanaf 500 mm tot 1000 mm en vanaf 1000 mm. De verdeling van de lengte van leidingen van 300 mm tot en met 500 mm is ongeveer gelijkmatig verdeeld over de drinkwaterbedrijven. Uit dit figuur blijken grote verschillen tussen drinkwaterbedrijven. Slechts drie bedrijven hebben meer dan 100 km leidingen met een diameter vanaf 1000 mm, gerangschikt naar leidinglengte: Evides, Waternet en PWN. WMD en WML hebben slechts een beperkt aantal leidingen met een diameter vanaf 500 mm. Ook in de materiaalverdelingen blijken aanzienlijke verschillen. In de diameterrange vanaf 500 mm heeft Brabant Water relatief veel AC leidingen, Evides relatief veel stalen leidingen en PWN en Waternet relatief veel betonnen leidingen. Op basis van de aanwezige leidingmaterialen blijkt dat de inspectiebehoefte verschilt tussen de individuele drinkwaterbedrijven.



FIGUUR 3-6 VERDELING VAN LEIDINGMATERIALEN (IN KM) VANAF 500 MM PER DRINKWATERBEDRIJF.

In Figuur 3-7 zijn cumulatieve frequentieverdelingen weergegeven van alle leidingmaterialen op basis van periode van aanleg en voor verschillende diameterranges. Deze figuur laat zich lezen als: er zijn 3.229 km drinkwaterleidingen met een diameter vanaf 500 mm en met een aanlegjaar voor 1990.



FIGUUR 3-7 CUMULATIEVE FREQUENTIEVERDELINGEN VAN LEIDINGLENGTEN (IN KM) VAN DRINKWATERBEDRIJVEN NAAR PERIODE VAN AANLEG.

Tabel 3-1 geeft een overzicht van de leidinglengte vanaf 300 mm van drinkwaterbedrijven, uitgesplitst naar leidingmateriaal, periode van aanleg en diameterklasse. De combinaties met de grootste leidinglengten zijn gemarkeerd. De totale omvang bedraagt circa 13.600 km, waarvan de leidingen met het grootste aandeel zijn PVC (36%), AC (26%), gietijzer (12%) en staal (12%). Grijs gietijzer en nodulair gietijzer zijn gecombineerd tot de categorie gietijzer.

TABEL 3-1 LEIDINGLENGTE VANAF 300 MM (IN KM) VAN DRINKWATERBEDRIJVEN PER LEIDINGMATERIAAL, PERIODE VAN AANLEG EN DIAMETERKLASSE. COMBINATIES MET MEER DAN 100 KM ZIJN LICHTGRIJS WEERGEGEVEN EN COMBINATIES MET MEER DAN 500 KM ZIJN DONKERGRIJS WEERGEGEVEN. OMKADERDE VELDEN BETREFFEN ONWAARSCHIJNLIJKE WAARDEN.

		AC	Beton	GIJ	staal	PVC	PE
voor 1940	300-499 mm	25	4	205	16	25	0
	500-999 mm	8	63	137	10	0	0
	≥ 1000 mm	0	0	0	1	0	0
1940 - 1959	300-499 mm	140	57	255	32	10	1
	500-999 mm	49	135	25	23	1	0
	≥ 1000 mm	0	84	0	14	0	0
1960 - 1979	300-499 mm	1.773	13	155	81	1.067	14
	500-999 mm	930	229	67	132	192	3
	≥ 1000 mm	4	434	0	152	0	0
1980 - 1999	300-499 mm	400	4	200	122	1.844	188
	500-999 mm	211	62	138	434	437	55
	≥ 1000 mm	0	53	4	74	0	0
vanaf 2000	300-499 mm	25	9	228	95	943	343
	500-999 mm	9	32	222	324	323	157
	≥ 1000 mm	0	8	1	84	0	1
Totaal		3.573	1.187	1637	1.595	4.842	762
Totaal alle leidingen							13.597
		26%	9%	12%	12%	36%	6%

In Tabel 3-2 is een overzicht gegeven van de gehanteerde aannamen voor het bepalen van de leidinglengte van drinkwaterbedrijven.

TABEL 3-2 OVERZICHT VAN GEHANTEERDE AANNAMEN VOOR HET BEPALEN VAN DE LEIDINGLENGTE VAN DRINKWATERBEDRIJVEN. DE GESCHATTE ONZEKERHEID IS EEN INSCHATTING VAN DE AUTEUR.

Aanname	Impact op schatting totale lengte
1. Van alle drinkwaterleidingen zijn gegevens beschikbaar	Zeër klein
2. Van alle beschikbare leidingen zijn kenmerken over jaar van materiaal, aanleg en diameter bekend	Zeër klein

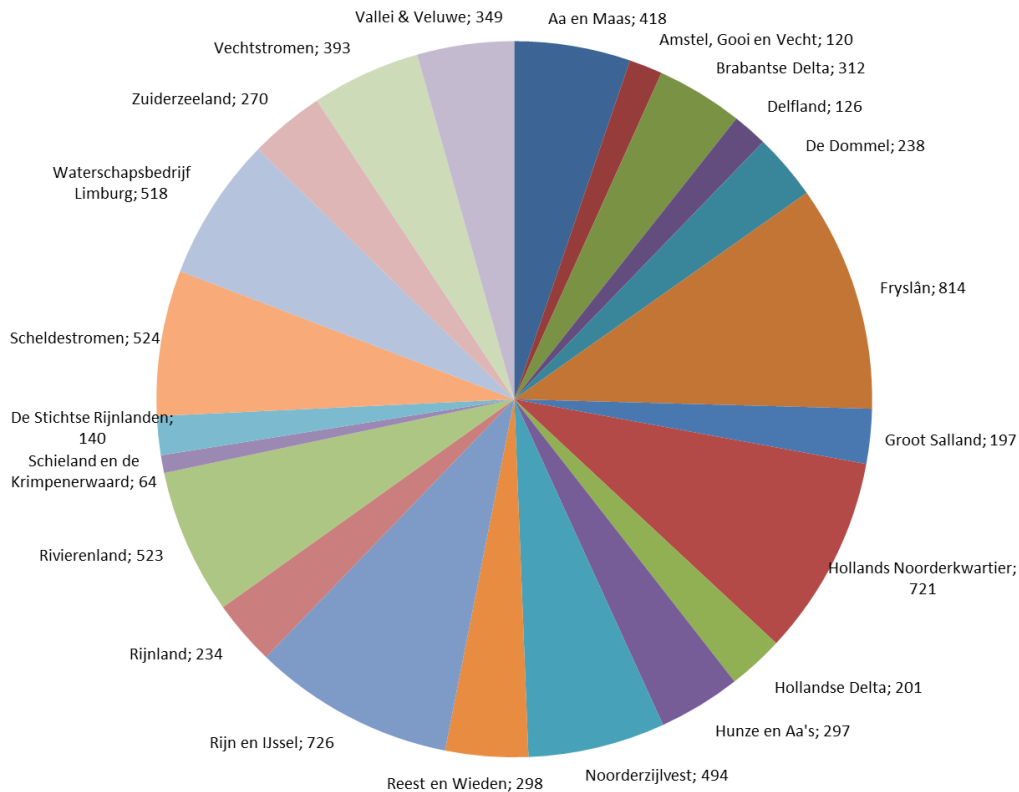
## 3.2 Persleidingen van waterschappen

### 3.2.1 Algemeen

De Unie van Waterschappen geeft in de Bedrijfsvergelijking 2016 (Unie van Waterschappen, 2017) een overzicht van de lengte van de afvalwatertransportleidingen per waterschap, zie Figuur 3-8. De totale lengte van de transportleidingen bedraagt 7.977 km. Er is aangenomen dat persleidingen 90% van de lengte van transportleidingen betreffen, te weten 7.179 km. De



overige 10% zijn vrijvervalleidingen die niet binnen de scope vallen van het project Intelligent pigging.



FIGUUR 3-8 OVERZICHT LENGTEN PERSLEIDINGEN (IN KM) VAN 22 WATERSCHAPPEN MET EEN TOTALE LENGTE VAN 7.977 KM.

KWR heeft medio 2017 van acht waterschappen leidinggegevens ontvangen volgens het format: leidingmateriaal, nominale diameter, jaar van aanleg en leidinglengte. De totale lengte van deze leidingen bedraagt 2.272 km en bedraagt daarmee 39% van de totale lengte aan persleidingen. In Tabel 3-3 zijn de leidinglengten van deze acht waterschappen weergegeven, alsmede de lengte zoals opgegeven in de Bedrijfsvergelijking 2016. Recent zijn de waterschappen Groot Salland en Reest en Wieden gefuseerd tot Drentse en Overijsselse Delta. Opvallend is dat er tussen de leidinglengten zoals opgegeven door waterschappen en die van de Bedrijfsvergelijking aanzienlijke verschillen bestaan. Binnen het perspectief van dit project was het niet mogelijk deze verschillen nader te onderzoeken. Wel is bekend dat het verschil bij waterschap Vallei en Veluwe is te verklaren uit het feit dat de transportleidingen bij dit waterschap voor 27% uit vrijvervalleidingen bestaan.

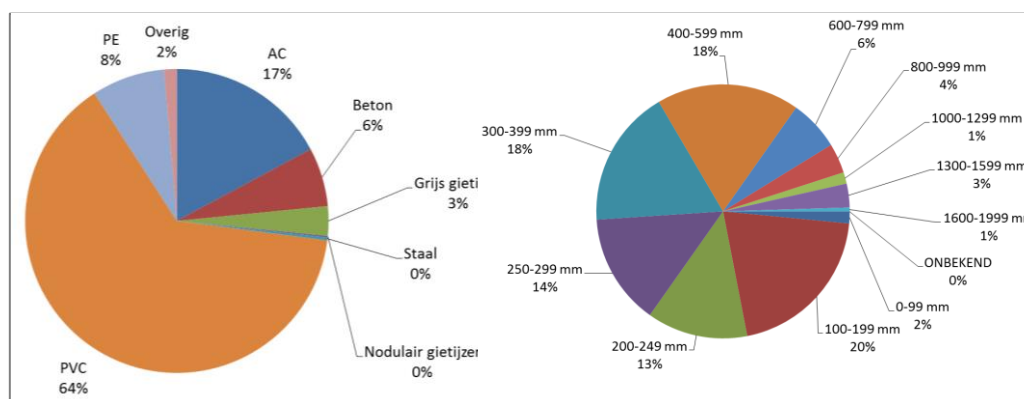
TABEL 3-3 OVERZICHT VAN DE LEIDINGLENGTE (IN KM) VAN DE ACHT WATERSCHAPPEN DIE INFORMATIE HEBBEN AANGELEVERD EN DE LEIDINGLENGTE VOLGENS DE BEDRIJFSVERGELIJKING 2016.

Waterschap	Opgave waterschappen 2017 [1]	Transportleidingen Bedrijfsvergelijking 2016 [2]
Amstel, Gooi en Vecht	109	120
Brabantse Delta	359	312
De Dommel	218	238
Groot Salland	456	197
Reest en Wieden		298
Rivierenland	618	523
Scheldestromen	520	524
Zuiderzeeland	235	270
Vallei & Veluwe	257	349

In paragrafen 3.2.2, 3.2.3 zijn overzichten gegeven van de kenmerken van de persleidingen van de acht waterschappen. Vervolgens zijn deze gegevens geëxtrapoleerd naar alle leidingen van waterschappen.

### 3.2.2 Leidinggegevens van acht waterschappen

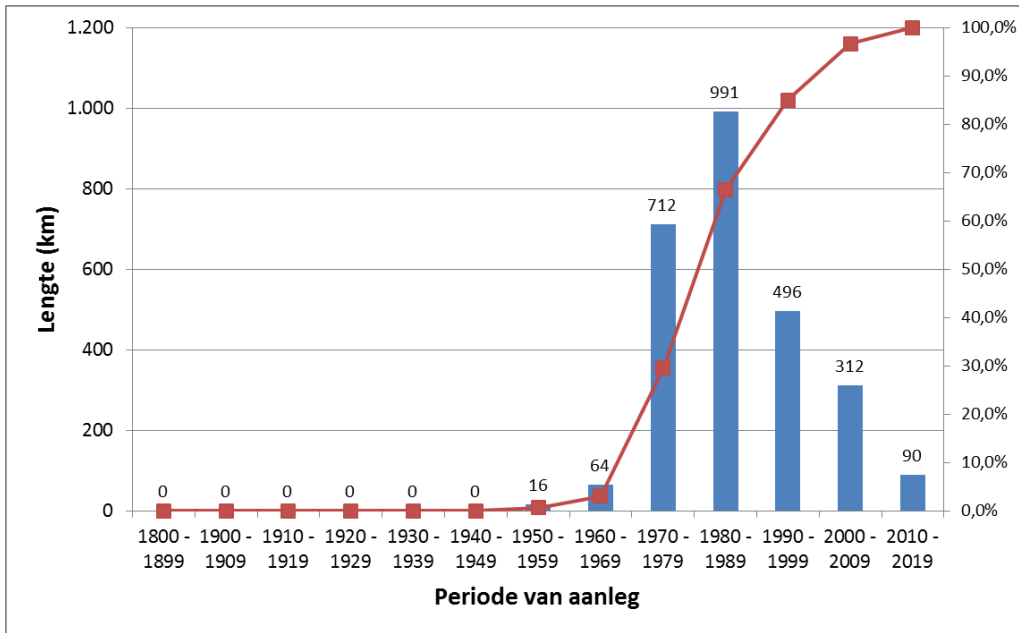
Het voor dit project gehanteerde overzicht van persleidingen heeft een totale lengte van 2.772 km. In Figuur 3-9 is de indeling weergegeven van de leidingen van waterschappen naar leidingmateriaal en diameterklasse. De meest voorkomende leidingmaterialen zijn PVC (64%), AC (17%), PE (8%) en beton (6%). Voor wat betreft de nominale diameter is 22% van de leidinglengte kleiner dan 200 mm, 35% kleiner dan 250 mm en 49% kleiner dan 300 mm.



FIGUUR 3-9 INDELING PERSLEIDINGEN VAN WATERSCHAPPEN NAAR MATERAAL (LINKS) EN DIAMETEERKLASSE (RECHTS).

In Figuur 3-10 is de aanleghistorie weergegeven van de persleidingen van de acht waterschappen in perioden van 10 jaar. De meeste leidingen zijn aangelegd in de jaren 70 en 80, nadat op 1 december 1970 de Wet verontreiniging oppervlaktewateren (Wvo) in

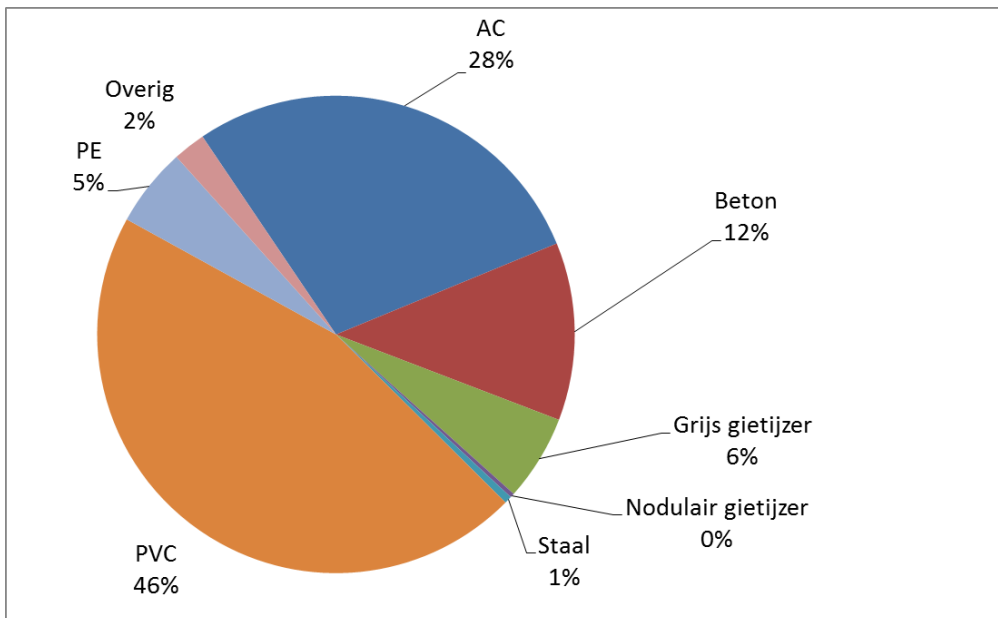
werking trad. De cumulatieve frequentieverdeling geeft aan dat 1% van de leidinglengte is aangelegd voor 1960, 26% voor 1980 en 85% voor 2000.



FIGUUR 3-10 INDELING PERSLEIDINGEN (IN KM) VAN WATERSCHAPPEN NAAR PERIODE VAN AANLEG.

### 3.2.3 Leidingen vanaf 300 mm

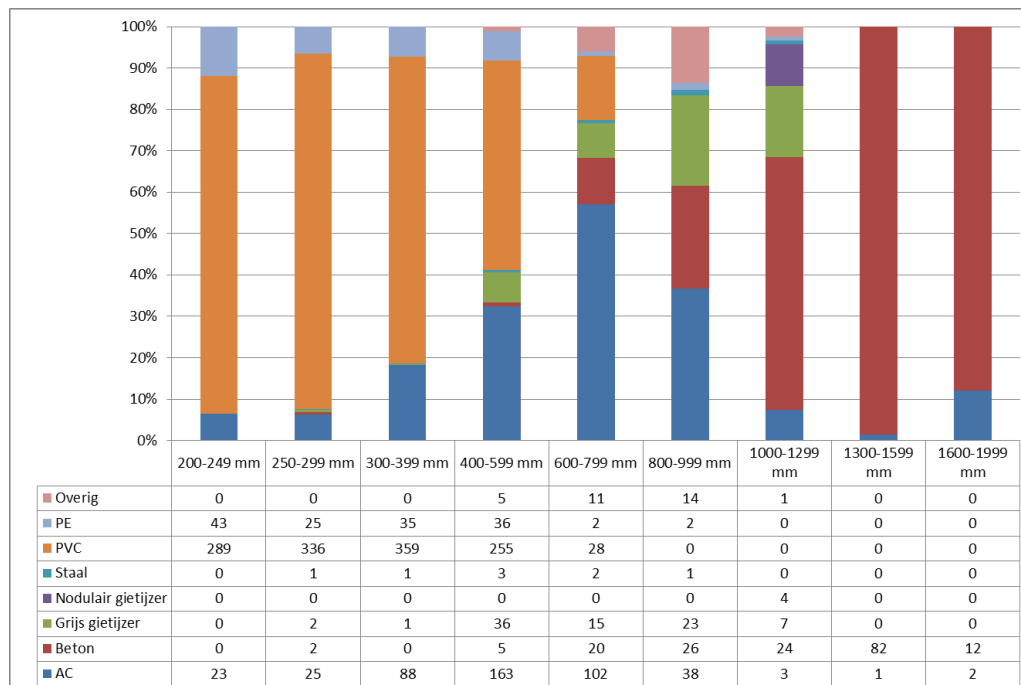
De verdeling van leidingmaterialen voor leidingen vanaf 300 mm is weergegeven in Figuur 3-11. De meest voorkomende leidingmaterialen zijn PVC (46%), AC (28%) en beton (12%).



FIGUUR 3-11 INDELING LENGTEN (IN KM) VAN PERSLEIDINGEN VANAF 300 MM VAN WATERSCHAPPEN NAAR MATERAAL

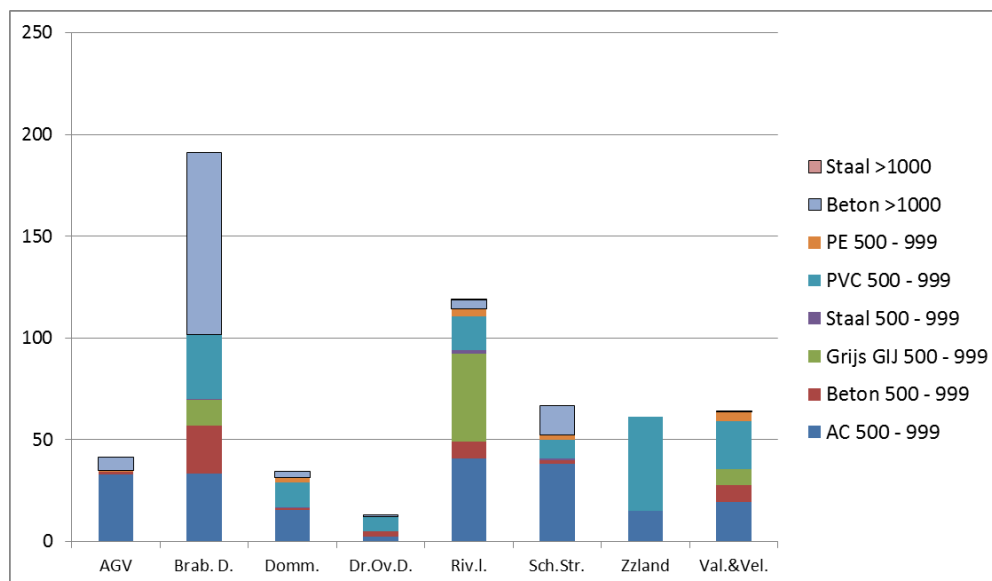
Omdat inspectietechnieken vaak voor specifieke diameterranges worden ontworpen is in Figuur 3-12 de verdeling weergegeven per diameterrange. Uit dit figuur blijkt dat voor

diameters tot 400 mm PVC het meest voorkomende leidingmateriaal is. Van 400 tot 1.000 mm is ook veel AC toegepast en vanaf 1000 mm zijn vrijwel alle persleidingen van beton. Opvallend is dat waterschappen in tegenstelling tot drinkwaterbedrijven voor grotere leidingen geen staal toepassen.



FIGUUR 3-12 INDELING LENGTEN PERSLEIDINGEN (IN KM) VAN WATERSCHAPPEN NAAR MATERAAL VOOR VERSCHILLENDE DIAMETERKLASSEN.

In Figuur 3-13 zijn leidinglengten weergegeven per waterschap, per leidingmateriaal en uitsplitst naar diameterclasses vanaf 500 mm tot 1.000 mm en vanaf 1.000 mm. De verdeling van de lengte van leidingen van 300 mm tot en met 500 mm is ongeveer gelijkmatig verdeeld over de waterschappen. Net als bij drinkwaterbedrijven zijn er grote verschillen tussen waterschappen. De leidingen groter dan 1.000 mm komen vooral voor bij Brabantse Delta en in beperkte mate bij Scheldestromen. Drentse en Overijsselse Delta hebben in relatie tot de andere waterschappen een beperkte lengte persleidingen groter dan 500 mm. Grijs gietijzer komt vooral voor bij Rijnland en PE vooral bij Zuiderzeeland. Op basis van de aanwezige leidingmaterialen blijkt dat de inspectiebehoeften verschilt tussen de individuele waterschappen.



FIGUUR 3-13 VERDELING VAN LEIDINGMATERIALEN (IN KM) VANAF 500 MM PER WATERSCHAP

### 3.2.4 Extrapolatie naar alle waterschappen

De totale lengte van de persleidingen van de acht waterschappen die gegevens over persleidingen hebben aangeleverd bedraagt 2.722 km. De totale lengte persleidingen is geschat op 7.179 km (zie paragraaf 3.2.1). Om de gegevens van de acht waterschappen te extrapoleren naar alle waterschappen, worden de lengten vermenigvuldigd met een factor 2,59. Omdat van 3% van de leidingen van de acht waterschappen de jaren van aanleg of diameter onbekend is, wordt deze factor vermenigvuldigd met een factor 1,03 en resulterend in een vermenigvuldigingsfactor van 2,67.

Tabel 3-4 geeft een overzicht van leidinglengte (diameter  $\geq 300$  mm) van waterschappen, uitgesplitst naar leidingmateriaal, periode van aanleg en diameterklasse. De combinaties met de grootste leidinglengten zijn gemarkeerd. De totale omvang bedraagt circa 3.600 km, waarvan de leidingen met het grootste aandeel zijn PVC (48%), AC (29%) en beton (11%).

TABEL 3-4 LEIDINGLENGTE VANAF 300 MM (IN KM) VAN WATERSCHAPPEN PER LEIDINGMATERIAAL, PERIODE VAN AANLEG EN DIAMETERKLASSE. COMBINATIES MET MEER DAN 50 KM ZIJN LICHTGRIJS WEERGEGEVEN EN COMBINATIES MET MEER DAN 250 KM ZIJN DONKERGRIJS WEERGEGEVEN. OMKADERDE VELDEN BETREFFEN ONWAARSCHIJNLIJKE WAARDEN.

		AC	Beton	GIJ	staal	PVC	PE
voor 1940	300-499 mm	0	0	0	0	0	0
	500-999 mm	0	0	0	0	0	0
	≥ 1000 mm	0	0	0	0	0	0
1940 - 1959	300-499 mm	0	8	0	0	0	0
	500-999 mm	0	6	0	0	0	0
	≥ 1000 mm	1	13	0	0	0	0
1960 - 1979	300-499 mm	320	3	11	1	293	38
	500-999 mm	224	56	0	2	12	0
	≥ 1000 mm	3	141	0	0	0	0
1980 - 1999	300-499 mm	179	1	20	5	759	48
	500-999 mm	303	50	105	7	266	12
	≥ 1000 mm	14	103	18	1	0	0
vanaf 2000	300-499 mm	1	0	0	0	272	68
	500-999 mm	2	0	62	2	102	25
	≥ 1000 mm	0	13	0	0	0	1
Totaal		1.047	395	216	19	1.704	194
Totaal alle leidingen							3.575
		29%	11%	6%	1%	48%	5%

In Tabel 3-5 is een overzicht gegeven van de gehanteerde aannamen voor het bepalen van de leidinglengte van waterschappen.

TABEL 3-5 OVERZICHT VAN GEHANTEERDE AANNAMEN VOOR HET BEPALEN VAN DE LEIDINGLENGTE VAN WATERSCHAPPEN. DE GESCHATTE ONZEKERHEID IS EEN INSCHATTING VAN DE AUTEUR.

Aanname	Impact op schatting totale lengte
1. De totale lengte van de afvalwatertransportleidingen van alle waterschappen is bekend.	Klein
2. Aangenomen wordt dat 90% van de afvalwatertransportleidingen van waterschappen persleidingen zijn.	Matig
3. De verdeling van het leidingmateriaal, diameter en jaar van aanleg van de acht waterschappen die data hebben aangeleverd, zijn representatief voor alle persleidingen van waterschappen.	Matig
4. De leidingen met een onbekend jaar van aanleg en diameter (3%) zijn evenredig over de overige leidinggroepen verdeeld	Klein

### 3.3 Persleidingen van gemeenten

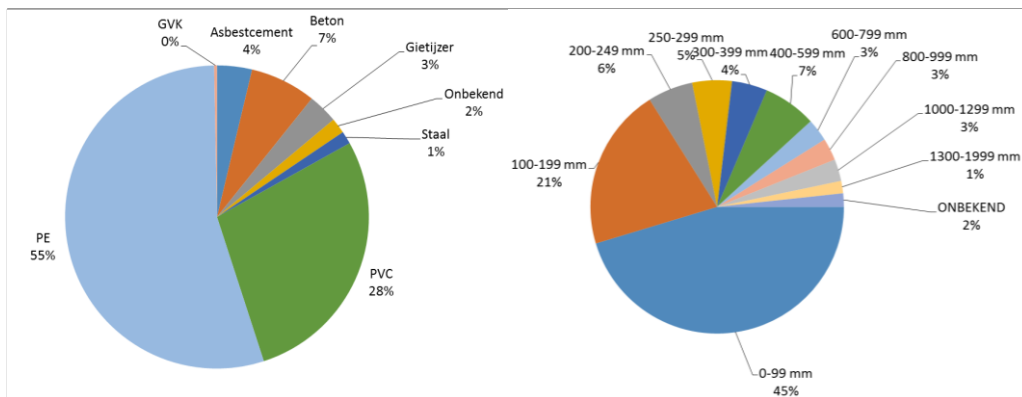
#### 3.3.1 Algemeen

Het maken van een nauwkeurig overzicht van persleidingen bij gemeenten is niet mogelijk. Er zijn in totaal 388 gemeenten (CBS, september 2017) en het is binnen de mogelijkheden van dit project niet mogelijk om informatie over een representatief deel van deze leidingen ter beschikking te krijgen. Daarnaast is het onbekend wat de totale leidinglengte is, zodat er geen extrapolatie valt te maken zoals bij waterschappen. Om een inschatting te maken zijn gegevens aangeleverd door de gemeenten Amsterdam en Rotterdam. Daarnaast zijn door Sweco gegevens ter beschikking gesteld van 20 gemeenten, waarvoor dit adviesbureau het databeheer verzorgt. De gegevens van Sweco zijn anoniem aangeleverd en zijn hier omschreven als 'Gemeente A' tot en met 'Gemeente T'.

#### 3.3.2 Leidinggegevens van 22 gemeenten

KWR heeft medio 2017 van 22 gemeenten leidinggegevens ontvangen volgens het format: leidingmateriaal, nominale diameter, jaar van aanleg en leidinglengte. De totale lengte van deze leidingen bedraagt 2.023 km. In Figuur 3-14 is de indeling weergegeven van de leidingen van de gemeenten naar leidingmateriaal en diameterklasse. De meest voorkomende leidingmaterialen zijn PE (55%), PVC (28%) en beton (7%). Voor wat betreft de nominale diameter is 66% van de leidinglengte kleiner dan 200 mm, 72% kleiner dan 250 mm en 77% kleiner dan 300 mm. De grote omvang van leidingen met een kleine diameter en het grote aandeel PE, duidt er op dat in de aangeleverde leidingen naast persleidingen ook drukriolering waren opgenomen. Dit betreffen leidingen die bedoeld zijn voor het transporteren van afvalwater in met name landelijke gebieden. Globaal kan gesteld worden dat alle leidingen met een diameter kleiner dan 200 mm drukriolen zijn.

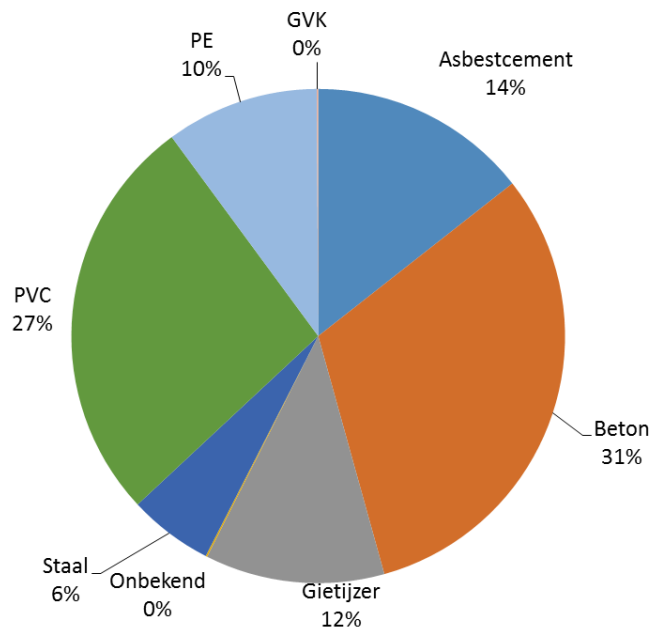
Van deze 2013 km leidingen heeft 109 km (5%) een onbekend leidingmateriaal, jaar van aanleg of diameter.



FIGUUR 3-14 INDELING PERSLEIDINGEN VAN 22 GEMEENTEN NAAR MATERIAAL (LINKS) EN DIAMETEERKLASSE (RECHTS).

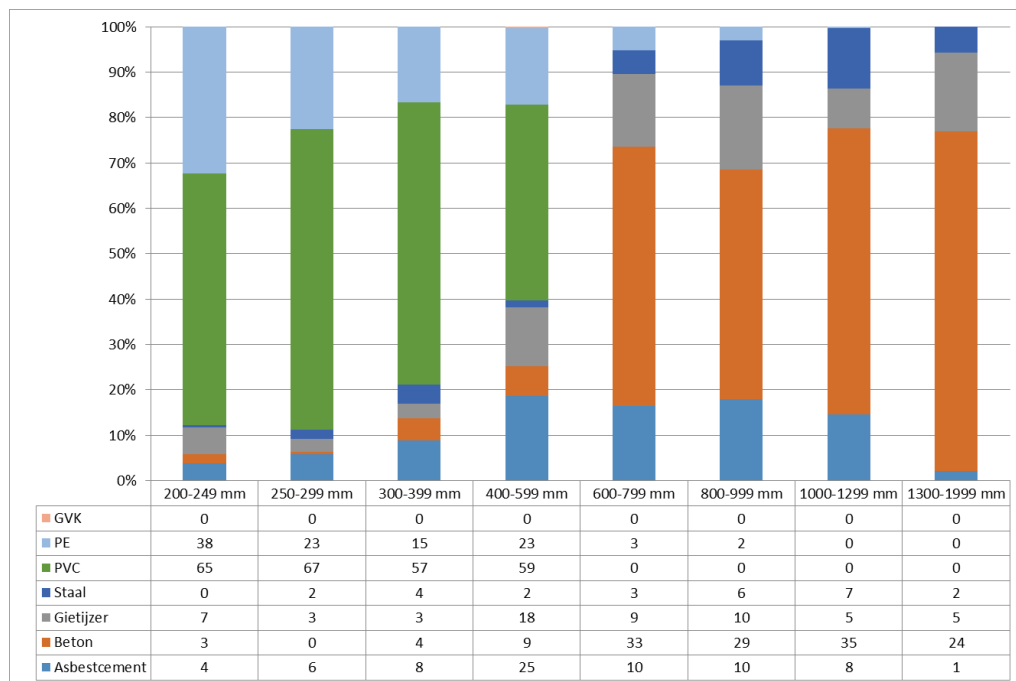
#### 3.3.3 Leidingen vanaf 300 mm

De verdeling van leidingmaterialen voor leidingen vanaf 300 mm is weergegeven in Figuur 3-15. De meest voorkomende leidingmaterialen zijn beton (28%), PVC (27%), AC (14%), gietijzer (12%) en PE (10%). Bij de gegevens van gemeenten is geen onderscheid gemaakt tussen nodulair en grijs gietijzer. Op basis van de leeftijdsverdeling is geschat dat 35% grijs gietijzer betreft en 65% nodulair gietijzer.



FIGUUR 3-15 INDELING LENGTEN VAN PERSLEIDINGEN VANAF 300 MM VAN GEMEENTEN NAAR MATERIAAL.

Omdat inspectietechnieken vaak voor specifieke diameterranges worden ontworpen is in Figuur 3-16 de verdeling weergegeven per diameterrange. Uit dit figuur blijkt dat voor diameters tot 600 mm PVC het meest voorkomende leidingmateriaal is. Vanaf 600 mm is beton het meest voorkomende leidingmateriaal.



FIGUUR 3-16 INDELING LENGTEN PERSLEIDINGEN (IN KM) VAN GEMEENTEN NAAR MATERIAAL VOOR VERSCHILLENDE DIAMETERKLASSEN.



### 3.3.4 Extrapolatie naar alle gemeenten

Voor dit project is het noodzakelijk de leidinggegevens van 22 gemeenten te extrapoleren naar de 388 gemeenten in Nederland (vermenigvuldigingsfactor van 17,6). De meest eenvoudige extrapolatie is door een gemiddelde leidinglengte per inwoner te berekenen en deze te vermenigvuldigen met het totaal aantal inwoners in Nederland. Door Sweco is van 12 gemeenten de persleidinglengte per inwoner aangeleverd. Van Amsterdam en Rotterdam zijn deze eenvoudig uit te rekenen. De gemiddelde persleidinglengte per inwoner bedraagt 0,17 m per inwoner, met een minimum waarde van 0,025 m per inwoner en een maximum waarde van 0,41 m per inwoner. Vanwege de beperkte omvang van de steekproef en de grote spreiding van de persleidinglengte per inwoner, is het aannemelijk dat een extrapolatie op basis van deze waarde een grote onzekerheid in zich heeft.

Deze onzekerheid wordt ook duidelijk als wordt gekeken naar de gemeenten waarvan gegevens zijn aangeleverd. De door Sweco aangeleverde gegevens blijken een oververtegenwoordiging te hebben van gemeenten met veel inwoners. Het meenemen van gegevens van Amsterdam en Rotterdam vergroot deze oververtegenwoordiging nog verder.

Om rekening te houden met de oververtegenwoordiging van gemeenten met veel inwoners, is gebruik gemaakt van de stedelijkheidsklasse. Het CBS deelt gemeenten in in vijf klassen van Stedelijkheid. CBS omschrijft Stedelijkheid als: "een categorale indeling van gemeenten die is gebaseerd op de omgevingsadressendichtheid van een gemeente". De omgevingsadressendichtheid is gedefinieerd als: "een maat die beoogt de mate van concentratie van menselijke activiteiten (wonen, werken, naar school gaan, winkelen, uitgaan etc.) weer te geven en die wordt uitgedrukt in adressen per vierkante kilometer".

Door Sweco is per gemeente aangegeven in welke stedelijkheidsklasse deze valt. In Tabel 3-6 zijn de vijf stedelijkheidsklassen gegeven met bijbehorende classificatie in omgevingsadressendichtheid. De 388 gemeenten in Nederland en de 22 gemeenten die leidingdata hebben aangeleverd zijn verdeeld over de vijf stedelijkheidsklassen. Omdat voor stedelijkheidsklasse vijf slechts van één gemeente leidingdata beschikbaar is, zijn de klassen vier en vijf samengevoegd. Op deze wijze zijn voor de vier stedelijkheidsklassen vermenigvuldigingsfactoren te bepalen. Deze variëren van 3,6 voor stedelijkheidsklasse één, waarvoor relatief veel leidinggegevens beschikbaar zijn, tot 30,7 voor stedelijkheidsklasse 4/5, waarvoor relatief weinig leidinggegevens beschikbaar zijn. Vermenigvuldiging van deze factor met de gemiddelde lengte resulteert per stedelijkheidsklasse in de geschatte leidinglengte. De op deze wijze geschatte leidinglengte van alle Nederlandse gemeenten bedraagt 5.081 km.

TABEL 3-6 EXTRAPOLATIE VAN DE LEIDINGLENGTE VAN 22 GEMEENTEN NAAR ALLE NEDERLANDSE GEMEENTEN.

Stedelijkheidskl.	Omgevings-adressendichtheid [adr. per km <sup>2</sup> ]	Gemeenten in NL	Gemeenten met data	Factor	Gem. lengte >200 mm [km]	Geschatte lengte
1	>2500	18	5	3,6	97,9	1.762
2	1500 - 2500	75	5	15,0	17,9	1.342
3	1000 - 1500	80	5	16,0	7,4	594
4 (4/5)	500 - 1000	133 (215)	6 (7)	30,7	6,4	1.383
5	<500	82 (0)	1 (0)			
		388	22		129,6	5.081

In de Benchmark Rioleringszorg (Stichting RIONED, 2013) is aangegeven dat de totale lengte weergegeven van transportpersleidingen in beheer bij gemeenten 4.320 km is. In de Benchmark van 2016 (Stichting RIONED, 2016) was deze lengte 7600 km. Bij navraag bij RIONED blijkt dat er geen duidelijke verklaring kan worden gegeven voor deze verschillen. (informatie verkregen van Oscar Kunst, mail 30-10-2017). Om die reden is er geen reden om aan te nemen dat de berekende totale lengte van 5.081 km onjuist is.

geeft een overzicht van de leidinglengte vanaf 300 mm van gemeenten, uitgesplitst naar leidingmateriaal, periode van aanleg en diameterklasse. Deze lengten zijn gebaseerd op de leidinggegevens van de 22 gemeenten vermenigvuldigd met de factor die geldt voor de stedelijkheidsklasse van de respectievelijk gemeente. De combinaties met de grootste leidinglengten zijn gemarkeerd. Bij het bepalen van deze lengten heeft een vereffening plaatsgevonden voor leidingen waarvoor wel de lengte was bekend, maar waarvoor betrouwbare waarden ontbraken voor de diameter of het jaar van aanleg.

TABEL 3-7 LEIDINGLENGTE VANAF 300 MM (IN KM) VAN GEMEENTEN PER LEIDINGMATERIAAL, PERIODE VAN AANLEG EN DIAMETERKLASSE. COMBINATIES MET MEER DAN 50 KM ZIJN LICHTGRIJS WEERGEGEVEN EN COMBINATIES MET MEER DAN 250 KM ZIJN DONKERGRIJS WEERGEGEVEN. OMKADERDE VELDEN BETREFFEN ONWAARSCHIJNLIJKE WAARDEN.

		AC	Beton	GIJ	staal	PVC	PE
voor 1940	300-499 mm	0	3	14	2	0	0
	500-999 mm	0	22	20	2	0	0
	≥ 1000 mm	0	23	9	5	0	0
1940 - 1959	300-499 mm	52	5	3	0	8	0
	500-999 mm	2	59	13	1	0	0
	≥ 1000 mm	0	7	0	0	0	0
1960 - 1979	300-499 mm	105	54	29	7	91	130
	500-999 mm	74	64	17	5	4	0
	≥ 1000 mm	0	60	1	2	0	3
1980 - 1999	300-499 mm	30	36	0	11	653	64
	500-999 mm	125	103	66	19	12	22
	≥ 1000 mm	32	75	12	21	0	0
vanaf 2000	300-499 mm	0	0	1	0	98	83
	500-999 mm	0	127	25	9	19	28
	≥ 1000 mm	0	127	16	5	0	0
Totaal		420	764	226	89	884	331
Totaal alle leidingen							2.713
		15%	28%	8%	3%	33%	12%

In Tabel 3-8 is een overzicht gegeven van de gehanteerde aannamen voor het bepalen van de leidinglengte van gemeenten.

TABEL 3-8 OVERZICHT VAN GEHANTEERDE AANNAMEN VOOR HET BEPALEN VAN DE LEIDINGLENGTE VAN GEMEENTEN. DE GESCHATTE ONZEKERHEID IS EEN INSCHATTING VAN DE AUTEUR.

Aanname	Schatting onzekerheid
1. Aanname dat alle leidingen die zijn aangeleverd van gemeenten met een diameter kleiner dan 200 mm, drukriolen zijn en daarbij buiten de scope van dit project vallen	Klein
2. Er zijn vrij veel onzekerheden in de gegevens van Sweco, zoals ontbrekende of onlogische waarden. Deze zijn zo goed mogelijk meegenomen in de analyse.	Matig
3. Extrapolatie van de gegevens van 22 gemeenten naar alle gemeenten in Nederland	Groot

### 3.4 Combinatie van leidinglengten

Combinatie van de waarden in de tabellen Tabel 3-1, en Tabel 3-7 geeft een overzicht van leidingen in Nederland vanaf een diameter van 300 mm, de diameterrange waar naar verwachting in-line inspectie met name wordt ingezet. Deze gecombineerde hoeveelheid is weergegeven in Tabel 3-9. In deze tabel zijn waarden groter dan 500 km dik gedrukt. De kleur geeft aan welke type beheerder het grootste aandeel heeft: bij blauw zijn dat de drinkwaterbedrijven, bij groen de waterschappen en bij geel de gemeenten. Op basis van deze inventarisatie blijkt dat de lengte van de leidingen vanaf 300 mm ca. 20.000 km bedraagt. Dit is onder te verdelen in 25% AC, 12% beton, 10% (grijs en nodulair) gietijzer, 9% staal, 37% PVC en 6% PE.

De leidinglengte is ook onder te verdelen als 68% in beheer bij drinkwaterbedrijven, 18% bij waterschappen en 14% bij gemeenten. Uit deze opgave blijkt dat de totale lengte van het drinkwaterleidingnet met een diameter vanaf 300 mm, ongeveer twee keer zo groot is als de totale lengte van het afvalwaterleidingnet vanaf 300 mm (waterschappen en gemeenten). Ter vergelijking, in de Vewin drinkwaterstatistiek van 2012 (Vewin, 2012) is aangegeven dat er in Nederland op dat moment 203 zuiveringen waren voor drinkwater en 353 zuiveringen van afvalwater. Omdat er in Nederland minder zuiveringsstations zijn voor drinkwater, is het logisch dat de afstand waarover het transport van drinkwater plaatsvindt groter is dan dat van afvalwater. Dit kan een verklaring zijn van de grotere lengte van drinkwaterleidingen in Nederland.

TABEL 3-9 GECOMBINEERDE LEIDINGLENGTE VANAF 300 MM (IN KM), WAAR IN-LINE INSPECTIE IN PRINCIPLE MOGELIJK IS.

		AC	Beton	GIJ	staal	PVC	PE	
voor 1940	300-499 mm	25	7	219	18	25	0	
	500-999 mm	8	84	157	12	0	0	
	≥ 1000 mm	0	23	9	6	0	0	
1940 - 1959	300-499 mm	193	70	258	32	18	1	
	500-999 mm	50	200	38	23	1	0	
	≥ 1000 mm	1	105	0	14	0	0	
1960 - 1979	300-499 mm	2.197	70	195	89	1.451	183	
	500-999 mm	1.228	349	84	139	208	3	
	≥ 1000 mm	8	635	1	154	0	3	
1980 - 1999	300-499 mm	609	41	220	138	3.256	300	
	500-999 mm	638	215	309	460	714	88	
	≥ 1000 mm	46	230	35	97	0	0	
vanaf 2000	300-499 mm	26	10	229	95	1.313	494	
	500-999 mm	11	159	308	335	445	210	
	≥ 1000 mm	0	148	17	90	0	2	
<b>Totaal</b>		<b>5.040</b>	<b>2.346</b>	<b>2.079</b>	<b>1.703</b>	<b>7.431</b>	<b>1.286</b>	
<b>Totaal alle leidingen</b>								<b>19.885</b>
		25%	12%	10%	9%	37%	6%	

## 4 Inspectiebehoefte voor intelligent pigging

### 4.1 Inleiding

In hoofdstuk 3 is bepaald wat de omvang is van het toepassingsgebied van intelligente pigs, te weten persleidingen met een diameter vanaf 300 mm. Tabel 3-9 geeft aan dat deze omvang in Nederland 20.000 km bedraagt. Niet voor alle leidingen zullen beheerders intelligente pigs toepassen. Afgezien van nulmetingen bij nieuwe leidingen, is het aannemelijk dat intelligente pigs eerder worden toegepast als er een verhoogde behoefte is aan informatie over de toestand en als een leiding in geval van lekkage leidt tot relatief grote schade aan de omgeving.

### 4.2 Schatting inspectiebehoefte voor de komende 20 jaar

In Tabel 4-1 is voor verschillende groepen leidingen een schatting gegeven van het percentage leidingen waarvoor in de komende 20 jaar op grond van de toestand van de leiding (de kans op falen) besloten zal worden dat in-line inspectie daadwerkelijk wordt verwacht. In deze aanname is tevens het aandeel leidingen meegenomen dat wordt vervangen op basis van een risicovolle ligging. Deze inschatting is gebaseerd op een inschatting van de auteur. Er zijn ook schattingen van de drie leden van de begeleidingscommissie aangeleverd, zie hiervoor Bijlage II. Deze schattingen wijken in beperkte mate af en zijn toegevoegd ter onderbouwing van Tabel 4-1.

TABEL 4-1 SCHATTING VAN AANDEEL LEIDINGEN WAAR OP BASIS VAN DE TE VERWACHTEN TOESTAND IN DE KOMENDE 20 JAAR INSPECTIE WORDT VERWACHT. DEZE SCHATTING IS EXCLUSIEF DE METINGEN BIJ AANLEG (NULMETING).

		AC	Beton	GIJ	staal	PVC	PE
voor 1940	300-499 mm	x	x	60%	95%	x	x
	500-999 mm	x	x	90%	95%	x	x
	≥ 1000 mm	x	x	x	95%	x	x
1940 - 1959	300-499 mm	95%	60%	60%	95%	95%	x
	500-999 mm	95%	80%	90%	95%	95%	x
	≥ 1000 mm	95%	95%	x	95%	x	x
1960 - 1979	300-499 mm	70%	40%	50%	50%	90%	80%
	500-999 mm	90%	70%	80%	70%	95%	90%
	≥ 1000 mm	95%	90%	x	80%	x	95%
1980 - 1999	300-499 mm	50%	40%	10%	10%	20%	10%
	500-999 mm	65%	50%	20%	20%	40%	20%
	≥ 1000 mm	80%	60%	x	30%	x	40%
vanaf 2000	300-499 mm	x	10%	5%x	5%	10%	5%
	500-999 mm	x	20%	5%x	5%	20%	5%
	≥ 1000 mm	x	40%	5%x	5%	40%	5%

Op basis van de leidinglengte in Tabel 3-9 en de schatting in Tabel 4-1, is in Tabel 4-2 de inspectiebehoefte bepaald. Dit is de totale leidinglengte waar de komende twintig jaar

inspectie met intelligent pigs wordt verwacht. De omvang hiervan bedraagt ca. 9.500 km bedraagt. Dit is onder te verdelen in 39% AC, 17% beton, 8% (grijs en nodulair) gietijzer, 6% staal, 28% PVC en 2% PE.

TABEL 4-2 INSPECTIEBEHOEFTE (IN KM) VOOR DE KOMENDE 20 JAAR. COMBINATIES MET MEER DAN 100 KM ZIJN LICHTGRIJS WEERGEGEVEN EN COMBINATIES MET MEER DAN 500 KM ZIJN DONKERGRIJS WEERGEGEVEN. OMKADERDE VELDEN BETREFFEN ONWAARSCHIJNLIJKE WAARDEN.

		AC	Beton	GIJ	staal	PVC	PE
voor 1940	300-499 mm	23	7	131	17	23	0
	500-999 mm	8	80	141	11	0	0
	≥ 1000 mm	0	22	9	6	0	0
1940 - 1959	300-499 mm	183	42	155	31	17	1
	500-999 mm	48	160	34	22	1	0
	≥ 1000 mm	1	100	0	14	0	0
1960 - 1979	300-499 mm	1538	28	98	45	1306	146
	500-999 mm	1106	244	67	97	197	3
	≥ 1000 mm	7	572	1	123	0	3
1980 - 1999	300-499 mm	304	16	22	14	651	30
	500-999 mm	415	107	62	92	286	18
	≥ 1000 mm	37	138	33	29	0	0
vanaf 2000	300-499 mm	25	1	11	5	131	25
	500-999 mm	10	32	15	17	89	11
	≥ 1000 mm	0	59	1	4	0	0
Totaal		3705	1608	781	526	2702	236
Totaal alle leidingen							9.559
		39%	17%	8%	6%	28%	2%

#### 4.3 Leidingen waar lekkage leidt tot relatief grote schade aan de omgeving

Inspecties kunnen ook worden uitgevoerd bij leidingen met hoge effecten van een leidingfalen (in vrijwel alle gevallen betreft dit een leidingbreuk). Dit effect kan betrekking hebben op het uitoefenen van de functie (leveren drinkwater of transporteren van afvalwater) of op de omgeving. Ook kunnen eisen van vergunningverleners redenen zijn om tot inspectie over gaan.

Uitgangspunt is dat het effect op het uitoefenen van de functie al impliciet is verwerkt in de behoefte voor toestandsbepaling zoals weergegeven in Tabel 4-1. Daarnaast zijn deze effecten ook te verminderen door bijvoorbeeld de wettelijk verplichte redundantie in het drinkwatertransportnet of de inzet van vrachtwagens voor het vervoer van afvalwater. Voor de risicobepaling speelt vooral de vraag wat het aandeel is van de leidinglengte die zich bevindt in een omgeving waar leidingbreuk kan leiden tot verhoogde overlast voor de omgeving.

Drinkwaterbedrijven voeren onder regie van Vewin de Beoordeling Externe Effecten Leidinglekkage (BEEL) uit. Dit betreft leidingen in en nabij:

- primaire en regionale waterkeringen;
- primaire wegen en regionale wegen in beheer bij Rijkswaterstaat;
- spoorwegen;
- overige risicovolle locaties zoals metrolijnen.

In een inventarisatie die is uitgevoerd (van den Boomen, 2014) wordt aangegeven dat 3.900 km drinkwaterleiding (of 3,3% van totaal) zijn geplaatst op de zogenaamde short-list. Dit houdt in dat deze leidingen vanwege hun ligging nader onderzoek vereisen. Dit nader onderzoek kan resulteren in acceptatie van risico's, specifiek beheer van leidingen, monitoring van risico's of vervanging van leidingen. Voor het Intelligent pigging kan gesteld worden dat 3,3% van de totale leidinglengte gelegen is in een risicovolle omgeving. Aangenomen mag worden dat dit aandeel hoger is voor leidingen die in aanmerking komen voor in-line inspectie. Een groot deel van het drinkwaterleidingnet bestaat immers uit distributieleidingen in woonwijken zonder bijzondere omgevingsrisico's. Grotere leidingen liggen in het algemeen vaker langs doorgaande wegen en waterkeringen. Het lijkt redelijk te veronderstellen dat 5% van de drinkwaterleidingen groter dan 300 mm gelden als risicovol met oog op externe effecten. Dit percentage bevat echter niet alle omgevingstypen die door drinkwaterbedrijven als risicovol worden gezien, zoals leidingen in winkelgebieden en industriegebieden.

De gemeente Rotterdam heeft een analyse gemaakt van de ligging van persleidingen. Uit deze analyse blijkt dat:

- 6,5% zich bevindt in of nabij een waterkering;
- 2,4% een zinker is;
- 5,3% zich bevindt nabij een spoorweg;
- 27,7% zich bevindt nabij een (hoofd) verzamelweg.

De eerste drie punten komen overeen met de BEEL-analyse en beslaan 14,2% van de leidinglengte. Het is logisch dat deze waarde hoger is dan het aangenomen gemiddelde van drinkwaterleidingen, aangezien dit grote leidingen zijn die zijn gelegen in een stedelijke omgeving. In kleinere gemeenten is dit aandeel naar verwachting lager.

Voor waterschappen is geen inzicht wat het aandeel is van leidingen in een risicovolle omgeving. Omdat deze leidingen vaker in een landelijk gebied liggen kan aangenomen worden dat dit aandeel lager is dan bij gemeenten.

Op basis van de beperkte gegevens die beschikbaar zijn over de ligging van leidingen in een risicovolle omgeving, is voor die leidingen met een diameter vanaf 300 mm onderstaande schatting gemaakt van het aandeel leidingen in een risicovolle omgeving:

- 10% van de leidingen van drinkwaterbedrijven;
- 10% van de leidingen van waterschappen;
- 20% van de leidingen gemeenten.

In Tabel 4-2 is de leidinglengte gegeven waar de komende twintig jaar inspectie wordt verwacht. Een deel van deze leidingen zijn leidingen met een hoog effect voor de omgeving bij falen. Op basis van de bovenstaande inschatting, is geschat welke lengte is gelegen in een risicovolle omgeving. De omvang van deze leidingen is met name interessant voor de kosten-batenanalyse, aangezien een leidingbreuk in risicovolle leidingen leidt tot aanzienlijk hogere schadetekosten. De totale omvang hiervan wordt geschat op ca. 1.100 km. Dit is onder te verdelen in 37% AC, 19% beton, 8% (grijs en nodulair) gietijzer, 5% staal, 27% PVC en 3% PE.

TABEL 4-3 GESCHAT AANDEEL VAN HET INSPECTIEBEHOEFTE IN EEN RISICOVOLLE OMGEVING. COMBINATIES MET MEER DAN 25 KM ZIJN LICHTGRIJS WEERGEGEVEN EN COMBINATIES MET MEER DAN 100 KM ZIJN DONKERGRIJS WEERGEGEVEN. OMKADERDE VELDEN BETREFFEN ONWAARSCHIJNLIJKE WAARDEN

		AC	Beton	GIJ	staal	PVC	PE
voor 1940	300-499 mm	2	1	14	2	2	0
	500-999 mm	1	10	16	1	0	0
	≥ 1000 mm	0	4	2	1	0	0
1940 - 1959	300-499 mm	23	5	16	3	3	0
	500-999 mm	5	21	5	2	0	0
	≥ 1000 mm	0	11	0	1	0	0
1960 - 1979	300-499 mm	161	5	11	5	139	25
	500-999 mm	117	29	8	10	20	0
	≥ 1000 mm	1	63	0	12	0	1
1980 - 1999	300-499 mm	32	3	2	1	78	4
	500-999 mm	50	16	7	10	29	2
	≥ 1000 mm	6	18	4	4	0	0
vanaf 2000	300-499 mm	2	0	1	0	14	3
	500-999 mm	1	6	2	2	9	1
	≥ 1000 mm	0	11	0	0	0	0
<b>Totaal</b>		<b>402</b>	<b>202</b>	<b>89</b>	<b>56</b>	<b>294</b>	<b>36</b>
<b>Totaal alle leidingen</b>							<b>1.078</b>
		37%	19%	8%	5%	27%	3%



## 5 Technische randvoorwaarden in-line inspectie

### 5.1 Inleiding

Om meer inzicht te krijgen in de randvoorwaarden van in-line inspectie gezien van vanuit de praktijk, zijn gesprekken gehouden met beheerders van drinkwaterleidingen, waterschappen en gemeenten. De resultaten van deze gesprekken zijn weergegeven in onderstaande paragrafen. Dit betroffen gesprekken met:

- Drinkwaterbedrijven: Brabant Water, Evides, PWN en Vitens
- Waterschappen: Scheldestromen, Brabantse Delta, Zuiderzeeland en Hollands Noorderkwartier
- Gemeente: Rotterdam en Almere

### 5.2 Inspectiebehoefte van specifieke beheerders

Uit Figuur 3-6 en Figuur 3-13 blijkt dat de aard van de leidingen vanaf 500 mm verschilt per drinkwaterbedrijf en waterschap. Dit kwam ook terug tijdens de gesprekken met beheerders van drinkwaterbedrijven (DWB), waterschappen (WS) en gemeenten (G), waarbij verschillende inspectiebehoeften werden aangegeven, namelijk:

- DWB1: staal en beton vanaf 1.000 mm en in mindere mate vanaf 500
- DWB2: AC en PVC leidingen vanaf 600 mm
- DWB3: AC, beton en staal van 500 tot 1.000 mm en beton vanaf 1.000 mm
- DWB4: AC en PVC van 500 tot 1000 mm
- WS1: AC uit de jaren 60 en 70
- WS2: beton vanaf 800 mm
- WS3: AC leidingen
- WS4: beton en AC van 450 tot 1.000 mm
- G1: weinig problemen met leidingen, met uitzondering van één AC leiding
- G2: veel oude persleidingen van gietijzer, beton en staal en problemen met zettingen

Ook speelt de opbouw van het leidingnet een grote rol. DWB 2 en DWB 4 hebben relatief kleine deelgebieden en de grote transportleidingen dienen om de onderlinge leveringszekerheid veilig te stellen. Dat betekent dat deze leidingen relatief lang buiten gebruik gesteld kunnen worden voor inspectie. Bij DWB 1 en DWB 3 dienen de transportleidingen voor permanente voeding van onder andere industriële klanten. De leidingen hier kunnen niet lang buiten bedrijf.

### 5.3 Lanceer- en opvanginstallaties

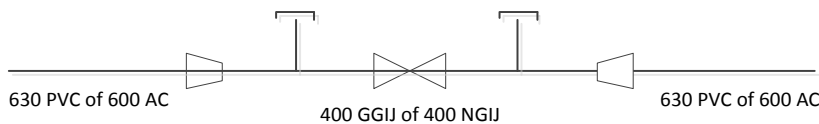
Een belangrijk aandachtspunt voor het uitvoeren van in-line inspecties zijn de benodigde voorzieningen om toegang te krijgen tot de leiding. In het algemeen geldt dat er relatief hoge kosten zijn gemoeid met het aanbrengen van lanceer- en ontvangstinstallaties en dat de kosten een groot effect hebben op de kosten-batenanalyse.

Omdat intelligente pigs onder druk worden toegepast, dient de toegang drukbestendig te zijn.

Bij de aanleg van leidingen zijn meestal geen voorzieningen opgenomen voor het uitvoeren van inspecties, derhalve is het van belang na te gaan of er andere toegangsmogelijkheden zijn. Hiervoor kunnen mangaten of propstukken<sup>1</sup> dienen. Dit zijn voorzieningen waar toegang tot de leiding is gecreëerd voor onderhoud of reparatie of voor het proppen van leidingen. De mate van toepassing wisselt sterk per bedrijf.

De uitvoering is in veel gevallen een T-stuk voorzien van een blindflens. Dit betekent dat het meetinstrument bij voorkeur bij het verkrijgen van toegang tot de leiding een haakse bocht moet kunnen passeren. Soms worden SCH-stukken toegepast, waarbij deze bocht afgerond is. Voor grote leidingen (vanaf 600 mm) kan de aftakking een diameter hebben die kleiner is dan de buisdiameter.

Een drinkwaterbedrijf gaf aan dat transportleidingen in een deel van het voorzieningsgebied zijn voorzien van propstukken. Deze propstukken bevinden zich aan weerszijde van afsluiters. In het geval van 630 mm PVC of 600 mm AC leidingen zijn in veel gevallen diameterreducties toegepast, zie Figuur 5-1. In dat geval moet het meetinstrument in staat zijn om een haakse bocht te maken in een kleinere buisdiameter.



FIGUUR 5-1 TWEE PROPSTUKKEN AAN WEERSZIJDEN VAN EEN AFSLUITER. IN DIT GEVAL DIENT HET IN-LINE MEETINSTRUMENT EEN HAAKSE BOCHT TE KUNNEN MAKEN IN EEN BUIS MET EEN DIAMETER VAN 400 MM.

Een ander drinkwaterbedrijf gaf aan dat het een project heeft uitgevoerd om transportleidingen ‘propbaar’ te maken. Op bestaande leidingen zijn propstukken aangebracht bij afsluiters en t-stukken. Dit project is echter niet voor alle leidingen doorgevoerd.

Drie waterschappen geven aan dat oudere persleidingen geen lanceer- en ontvangstinstallaties hebben. Eén waterschap geeft aan dat ongeveer de helft van de kleinere leidingen lanceerinstellingen heeft.

In het geval dat een leiding uitstroomt in een reservoir, hoeft niet altijd een ontvangstinstallatie te worden aangelegd. Het meetinstrument kan dan opgevangen worden in het reservoir. Er dient wel nagegaan te worden of er geen belemmeringen aanwezig zijn in de vorm van bochten of diametervernauwingen.

Voor nieuwe leidingen speelt de vraag of deze nu worden voorzien van voorzieningen om in-line inspectie in de toekomst mogelijk te maken.

**Conclusie: een groot aantal leidingen heeft geen voorzieningen voor het inbrengen of uitnemen van intelligente pigs.**

#### 5.4 Bochten

De bochten in het verticale vlak (bijvoorbeeld zinkers) zijn maximaal 45° en in de meeste gevallen minder. Bochten in het horizontale vlak zijn vrijwel altijd afgerond. Bochtstralen zijn

<sup>1</sup> De definitie van mangaten en propstukken kunnen verschillen per bedrijf.

in de meeste gevallen 5\*D of groter, in een beperkt aantal gevallen komen bochten voor van 3\*D. Eén gemeente gaf aan dat er in een beperkt aantal gevallen splitsingen voorkomen, waarbij één leiding middels een Y-stuk splits in twee leidingen. De locaties waar dit voorkomt zijn bekend. Eén waterschap gaf aan dat er enkele situaties bekend zijn waar een leiding dieper wordt aangelegd door het toepassen van twee haakse bochten. Deze situaties betreffen echter uitzonderingen.

**Conclusie: bochten vormen in het algemeen geen obstakel voor intelligente pigs.**

## 5.5 Obstakels in het doorstromend oppervlak

### Vlinderkleppen

Vlinderkleppen worden als de belangrijkste obstakels gezien voor in-line inspectietechnieken. In de huidige praktijk betekent dit dat als er vlinderkleppen zijn toegepast, de inspectie plaatsvindt tussen de vlinderkleppen. De toepassing van vlinderkleppen verschilt sterk tussen beheerders. Algemeen kan gezegd worden dat vlinderkleppen worden toegepast vanaf 600 mm, er zijn echter ook beheerders die vrijwel geen vlinderkleppen toepassen. In een beperkt aantal gevallen worden vernauwingen toegepast van de diameter, zodat een minder dure vlinderklep noodzakelijk is.

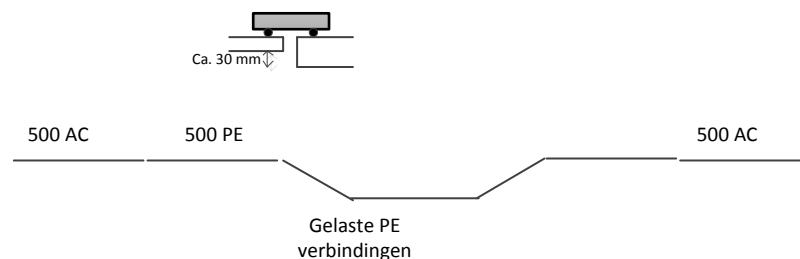
Een gemeente geeft aan dat ongeveer 50% van de afsluiters in persleidingen vlinderkleppen zijn. Meerdere beheerders geven aan dat het niet altijd mogelijk is om op basis van de tekeningen aan te geven of er sprake is van een schuif- of een vlinderafsluiter.

Vlinderkleppen worden in afvalwatersystemen gezien als ongewenst omdat ze storingsgevoelig zijn, bijvoorbeeld omdat vuil achter klep blijft hangen, met name bij afvalwaterpersleidingen.

Omdat vlinderkleppen zich vooral bevinden in grote diameters, is het wenselijk dat in-line inspectietechnieken de mogelijkheid hebben zich de klep te passeren.

### Materiaal- en diameterovergangen

In geval van materiaalovergangen treedt vaak een verandering van de binnendiameter op. Figuur 5-2 geeft een voorbeeld waar een AC DN 500 met een inwendige diameter van 500 mm overgaat in een PE DN 500 met een inwendige diameter van 440 mm. Dit wil zeggen dat er zich ter plaatse van de overgang een plotselinge vernauwing optreedt.



FIGUUR 5-2 VOORBEELD VAN EEN ZINKER MET MATERIAALOVERGANGEN. OMDAT DE BINNENDIAMETER VAN PE KLEINER IS DAN DIE VAN AC TREEDT HIER EEN DIAMETERREDUCTIE OP.

### Reparatiestukken

Vernauwingen in leidingen komen verder voor bij reparatiestukken, waarbij de binnendiameter van het reparatiestuk kleiner is dan de oorspronkelijke diameter. Niet in alle gevallen zijn deze reparatiestukken gedocumenteerd in het GIS. Een andere mogelijke situatie is een gietijzeren leiding gelegen onder een weg die wordt aangelegd of verbreed. In

dat geval kan men er voor kiezen ter plaatse van de weg de gietijzeren leiding als mantelbuis te gebruiken en plaatselijk hierdoor een kleinere kunststof buis te steken. Ook hier geldt dat deze situaties niet altijd goed gedocumenteerd zijn.

In grote leidingen van beton en AC komen inwendige reparatieklemmen voor bij verbindingen, de zogenaamde Aquaringen of verbindingsslabben. Dit kunnen obstructies zijn voor pigs, vooral als deze met bouten zijn opgespannen, zie Figuur 5-3. Niet in alle gevallen is bekend op welke verbindingen deze reparatiestukken zijn toegepast.



FIGUUR 5-3 VOORBEELD VAN EEN INWENDIGE REPARATIEKLEM (FOTO: VERSCHURE PIPELINE PRODUCTS).

#### Corrosie, vuil en gas

In grijs gietijzeren leidingen kunnen dikke corrosielagen voorkomen die een belemmering kunnen vormen voor de voortbeweging van een pig. In dergelijke leidingen is het noodzakelijk om voorafgaand aan de inspectie een verkenning uit te voeren, bijvoorbeeld met een camera. Het verwijderen van corrosielagen is voor drinkwaterleidingen niet gewenst, aangezien dit kan leidingen tot ernstige problemen met bruin water. Tevens hebben deze corrosielagen een beschermende werking voor het onderliggende leidingmateriaal. Verwijdering zal kunnen leiden tot versnelde corrosie tot er zich weer een beschermende laag heeft gevormd.

In sommige leidingen bevindt zich vervuiling op de bodem. Dit komt met name voor bij afvalwaterleidingen. Eén waterschap heeft leidingen met op de bodem een laag van 10 tot 20 cm bezonken sediment dat in sommige gevallen vast zit aan de bodem.

Gasophoping is met name in afvalwaterpersleidingen een probleem. De belangrijkste zijn ten eerste capaciteitsreductie, gasbellen zorgen voor energieverlies. Ten tweede, gasbellen (H<sub>2</sub>S) kunnen leiden tot versnelde degeneratie van metaal en cementhoudend materiaal.

#### PE-leidingen met stuiklasverbindingen

Bij het uitvoeren van spiegellassen in PE leidingen ontstaat aan de binnenzijde van de las een zogenaamde opstuiking of ril. Deze ril kan tot een diameterreductie leiden van enkele cm's.

**Conclusie: Reductie van de diameter kan een belangrijke beperkende rol spelen bij het inzetten van intelligente pigs. De mate van diameterreductie en de locatie is niet altijd bekend. Voorafgaand aan de inspectie zal daarom een verkenning uitgevoerd moeten worden.**

## 5.6 Isoleren van leidingen en de aan- en afvoer van water

De in-line meetinstrumenten zullen in de meeste gevallen naar verwachting door het medium worden voortgestuwd. Voldoende water om het gehele tracé te kunnen inspecteren is een voorwaarde.

### *drinkwaterleidingen*

Drinkwaterleidingen maken deel uit van een complex transportnetwerk, dat slechts in delen geïnspecteerd kan worden. Dit houdt in dat er aandacht besteed moet worden aan het goed isoleren van de te inspecteren leiding en dat het functioneren van de afsluiters vooraf getoetst moet worden. In sommige gevallen worden hierbij extra eisen gesteld aan de veiligheid van mensen die werken aan een leiding. Bij hogere drukken en/of grotere leidingen kan geëist worden dat afsluiters zogenaamd dubbel geblokt zijn. Dat wil zeggen dat voor elke afsluiter die dicht staat er een tweede dicht gezet dient te worden

Met name voor grote transportleidingen dient gecontroleerd te worden of er voldoende aanvoercapaciteit beschikbaar is, bijvoorbeeld als voorraad in een reservoir. Vanwege het uit bedrijf nemen van een leiding en de extra capaciteit, kan dit betekenen dat inspectie alleen wordt uitgevoerd op dagen met een beperkte watervraag. De aanvoer kan ook problemen opleveren in het einde van het net als daarvoor niet voldoende druk gehaald kan worden. Voor de afvoer geldt met name de hoeveelheid water die afgevoerd moet worden naar de omgeving (sloten, kanalen, riool). Dit kan vooral een probleem opleveren in steden.

Ter indicatie: als een 1.000 mm leiding geïnspecteerd wordt met een snelheid van 0,5 m/s, dan dient er 400 l/s of 1400 m<sup>3</sup>/uur aan- en afgevoerd te worden.

### *afvalwaterpersleidingen*

Voor afvalwaterpersleidingen speelt de afvoer van water niet. Deze leidingen stromen vaak uit in een reservoir van waar het water op reguliere wijze is af te voeren naar een AWZI. Ook is het eenvoudiger, met name bij leidingen in beheer van waterschappen, om grote lengtes te isoleren en te inspecteren. Voor afvalwaterpersleidingen is het, bij te weinig aanvoer vanuit het rioolstelsel, mogelijk om oppervlaktewater in te nemen om het meetinstrument voor te bewegen.

**Conclusie: het is van belang om rekening te houden met de eisen voor het aan-en afvoer van water. Dit speelt nadrukkelijker bij drinkwaterleidingen. Bij drinkwaterleidingen speelt ook het aspect van het goed kunnen isoleren van de te inspecteren leiding.**

## 5.7 Waterkwaliteit

Voor de toepassing van in-line inspectietechnieken zijn grofweg vier verschillende waterkwaliteiten te onderscheiden: afvalwater, ruwwater, drinkwater en industriewater. Ruwwater is de benaming voor water dat is bestemd voor de bereiding van drinkwater. Gezien de hoge eisen die gesteld worden aan de kwaliteit van drinkwater, moet in alle gevallen voorkomen worden dat apparatuur en alle bijkomende zaken die zijn ingezet in een afvalwatersysteem, worden ingezet in een drinkwatersysteem. Deze voorwaarde geldt ook voor het ruwwatersysteem.

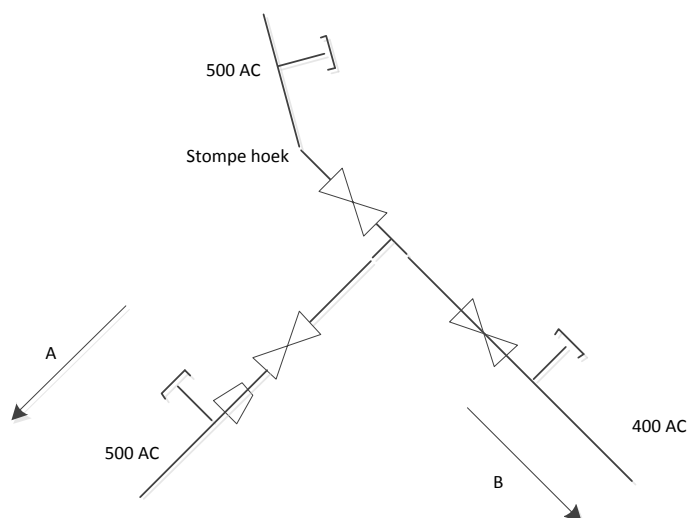
**Conclusie: In-line inspectieapparatuur die wordt ingezet in afvalwaterleidingen kan niet meer worden toegepast in drinkwaterleidingen. Praktisch gezien betekent dit dat voor beide systemen een apart meetinstrument beschikbaar moet zijn.**

### 5.8 Te inspecteren leidingtracés

Om inzicht te krijgen in mogelijke belemmeringen voor in-line inspectie en de mogelijke lengtes waarover inspecties in één meting zijn uit te voeren, is een aantal leidingen nader geanalyseerd. Dit heeft plaatsgevonden door tijdens de gesprekken het leidingtracé nauwkeurig na te lopen in het GIS-bestand of met revisietekeningen.

TABEL 5-1 LEIDINGEN DIE NADER ZIJN GEANALYSEERD VOOR DE TOEPASSING VAN IN-LINE INSPECTIE.

Leiding	Opmerkingen
DW1	Leiding die grotendeels bestaat uit 1.400 mm staal. Er is een lengte geanalyseerd van ca 3,3 km en de leiding lijkt over de volle lengte goed te inspecteren. Er zijn voldoende mogelijkheden om water af te voeren. Er zijn meerdere mangaten, in de meeste gevallen voor en na een afsluiter. In het verticale profiel komen geen bochten voor groter dan 30°. In het horizontale profiel komen alleen flauwe bochten voor. Inspectie met intelligent pigs lijkt hier goed mogelijk.
DW2	Leiding die grotendeels bestaat uit 1600 mm staal. Ook hier veel mangaten. Deze leiding lijkt goed te inspecteren over enkele km's.
DW3	Leiding van 250 mm PVC. Hier zitten veel aansluitingen op en er komen haakse bochten voor. Deze leiding lijkt niet geschikt voor inspectie.
DW4	Zie Figuur 5-4 Pijl A, deze leiding van 500 mm AC kan over een lengte van ca 3,2 km in een keer geïnspecteerd worden. Er zijn geen noemenswaardige obstructies. Er bevindt zich in dit tracé een zinker van PE die onder een watergang door gaat. De bochten zijn gelast, waarschijnlijk met behulp van spiegellassen. De bochten zijn kleiner dan 30°. Op meerdere locaties zijn propstukken aangebracht. Inspectie met intelligent pigs lijkt hier goed mogelijk.
DW5	Zie Figuur 5-4 Pijl B, deze leiding AC 400 mm kan over ruim een kilometer geïnspecteerd worden. Een opvallend detail is een zinker, waarbij over een korte lengte overgangen voorkomen, achtereenvolgens: 400 AC – 400 NGIJ – 600 GVK – 600 staal (zinker) – 400 AC. Op meerdere locaties zijn propstukken aangebracht. Inspectie met intelligent pigs lijkt hier goed mogelijk, maar er is aandacht nodig voor de vele materiaalovergangen.
DW6	Leiding AC 400 mm met een lengte van 4 km. Dit is een voedende leiding voor een deel van een stad. Vervanging is complex vanwege de drukke omgeving. Vanwege de vele bouwwerkzaamheden zijn de bodemzettingen waarschijnlijk groot. De leiding kent veel aftakkingen en is lastig buiten gebruik te stellen. In de leiding zijn propstukken aangebracht. Deze leiding lijkt niet geschikt voor inspectie met intelligent pigs.
AW1	Leiding van 400 mm AC/PVC van een stadskern naar een AWZI. Er lijken geen bijzondere risico's te zijn. Het blijkt echter wel dat de gegevens niet op orde zijn. Van delen is aangegeven dat dit AC is, terwijl dit in werkelijkheid PVC moet zijn. Verder staan er haakse bochten getekend, die er in werkelijkheid niet zijn. Inspectie met intelligent pigs lijkt hier goed mogelijk. Het is echter noodzakelijk de gegevens van deze leiding goed in kaart te brengen.



FIGUUR 5-4 VOORBEELD VAN EEN CONFIGURATIE WAAR DRIE LEIDINGEN BIJ EKAAR KOMEN.

Uit de leidingen die nader geanalyseerd zijn blijkt dat de grotere leidingen goed zijn te inspecteren. De leiding met een diameter van 250 mm kent haakse bochten en veel aansluitingen. In-line inspectie zal in een dergelijke situatie lastig zijn. Verder is er een leiding geanalyseerd die een cruciale rol speelt in de watervoorziening en die lastig is te isoleren (DW6). Gezien deze complexe omgeving, is een dergelijke leidingen moeilijk te inspecteren. Uit het voorbeeld van de afvalwaterleiding blijkt dat er niet 'blind' vertrouwd kan worden op de gegevens die zich in een GIS of op tekening bevinden. Deze situatie kan zich ook voordoen bij drinkwaterleidingen.

**Conclusie: leidingen die in aanmerking komen voor in-line inspectie zijn vaak isoleerbare leidingen met een beperkt aantal aftakkingen en aansluitingen. Leidinggegevens dienen voorafgaand aan de inspectie geverifieerd te worden.**

### 5.9 Eisen gesteld aan inspecties

Tijdens de gesprekken zijn onderstaande opmerkingen geplaatst over de technische uitvoering. De opmerkingen zijn door individuele partijen gemaakt en zijn daarom niet algemeen geldend:

1. Bij het meten van de voegwijdte in afvalwaterleidingen is het ongewenst om vooraf de voeg te reinigen (schoon te spuiten). Dit reinigen kan immers tot extra lekkage leiden aangezien beschermende lagen worden verwijderd. Om die reden is een visuele meting niet gewenst en verdient een meting met bijvoorbeeld sonar de voorkeur.
2. In een rapport dat is opgesteld door de Gemeente Rotterdam, Stichting RIONED en STOWA (Gemeente Rotterdam, 2013) is een uitgebreide foutenboom opgesteld voor het falen van persleidingen. Constructief falen wordt niet als een groot probleem gezien. Wel kunnen zettingen en gasophoping een aanleiding zijn voor constructief falen. Ook belastingen door derden of te hoge drukken kunnen leiden tot falen. Daarnaast wil men graag een goede meting van X, Y en Z.
3. Waterschap Brabantse Delta heeft een leidingbreuk aan een betonnen afvalwaterpersleiding laten onderzoeken door TNO. Hier bleek bij een inprikkende persleiding zuurstof in de grote betonnen leiding te komen. Dit leverde luchtpockets op in de bovenzijde van de voegen en bellen aan de bovenzijde van de leiding. Het meeste bij de eerste voeg en daarna steeds minder. Na circa 70 m was de zuurstof door oxidatie

verdwenen waardoor het aantastingsproces stopte. De coating was over die lengte en over een breedte van 20 cm in de kruin aangetast. Bij de eerste mof trad een breuk op omdat het beton hier door zuurvorming was aangetast, zie ook Figuur 5-5.



Foto A.35: Buis 2 – aantasting kopse zijde.



Foto A.36: Buis 1 – aantasting in kruin; deel van calamiteit.

FIGUUR 5-5 EXTREME AANTASTING IN DE MOF/SPIE EN OP KLOKSTAND 12:00

4. Falen kan optreden door drukpieken door ongunstig ingeregelde pompen of onjuiste bediening van pompen of afsluiters. Bij persleidingen treden veel drukwisselingen op, van bedrijfsdruk tot drukloos, afhankelijk van de benodigde capaciteit (neerslag) soms wel met 10 schakelingen per uur.
5. Gezien de gebrekkige data van persleidingen is het belangrijk dat inspecties informatie opleveren om te controleren of de data over persleidingen, inclusief details, correct zijn.
6. Betonnen leidingen vergen bijzondere aandacht. Hiervan zijn veel soorten, waarbij de detaillering verschilt per producent. Het is van belang te meten of er draadbreuken zijn opgetreden. In het algemeen geldt dat als breuken verspreid optreden dit tot beperkte sterkteafname optreedt. Als er meerdere draadbreuken zijn op korte afstand is er wel een verhoogde kans op constructief bezwijken. Dit vergt een goede interpretatie van meetresultaten.
7. Een belangrijk aandachtspunt voor toekomstige inspecties is dat de inspectieresultaten niet bestaan uit een grote hoeveelheid data, maar uit een eenduidig inspectieverslag over de toestand van de leiding. De data dient bij voorkeur:
  - kwantitatief van aard te zijn en om te zetten zijn naar een waarde die gebruikt kan worden in beheerbeslissingen, zoals restlevensduur, aandeel dat voldoet aan norm, faalkans, etc. In het algemeen wordt en faalkans als het meest waardevol gezien, aangezien dit direct kan worden toegepast in en risicomatrix
  - gevalideerd te zijn
  - voorzien zijn van duidelijke metadata



- gerelateerd te zijn aan een normtoestand
  - dusdanig gestructureerd te zijn dat de resultaten ook in navolgende jaren gebruikt kunnen worden.
8. Er worden de laatste jaren steeds meer in-line inspecties uitgevoerd. Het blijkt hierbij dat er nog meer kennis moet worden opgedaan over de toepassing van inspecties in de praktijk. Welke technieken zijn waar inzetbaar en hoe kunnen fouten voorkomen worden.

## 6 Te inspecteren faalmechanismen van leidingsystemen

Op basis van het projectplan Intelligent Pigging, literatuur (o.a. Gemeente Rotterdam, 2013 en Mesman et al, 2016) en de gesprekken met diverse beheerders wordt onderstaande informatiebehoefte voor in-line inspectie voorgesteld.

- Alle materialen:
  - Geometrie, deuken, krassen (graafwerkzaamheden), scheuren, ligging (XYZ), afwijkingen t.o.v. registraties in GIS of op revisietekeningen, uitgevoerde reparaties, wanddikte, staat appendages, diameterreducties, lekkages, lucht (met name voor afvalwater), holle ruimtes aan de buitenzijde van buis (met name in waterstaatswerken).
- AC:
  - totale wanddikte, inwendige en uitwendige uitloging (waarmee de effectieve wanddikte bekend is), voegwijdte, hoekverdraaiing, kwaliteit rubber ring.
- Beton:
  - Draadbreuken (inclusief concentraties daarvan), optreden van carbonatatie, scheuren, voegwijdte, hoekverdraaiing, kwaliteit rubber ring, toestand van de las van de stalen kern, kwaliteit inwendige coating.
- Gietijzer (grijs en nodulair)
  - Kwaliteit en dikte inwendige coating of liner, totale wanddikte, inwendige en uitwendige corrosie (waarmee de effectieve wanddikte bekend is), aanwezigheid koolteer bekleding (drinkwater), herkennen van verbindingen loodstriktouw.
- Staal
  - Kwaliteit inwendige coating of liner, totale wanddikte, inwendige en uitwendige corrosie (waarmee de effectieve wanddikte bekend is).
- PVC
  - Reststerkte, onrondheid, voegwijdte, hoekverdraaiing.
- PE
  - Staat van verbindingen (lassen), deuken als gevolg van puntbelasting, onrondheid.

## Bijlage I Geraadpleegde literatuur

Boomen, Martine van den (2014). *Veiligheidsmanagement Drinkwaterleidingen, Eindonderzoek en stand van zaken op 1 februari 2014*, Vewin 2014/6290/124, Den Haag.

Gemeente Rotterdam (2013). *Ontwikkeling van een beoordelingsmodel voor de hoofdpersleidingen van gemeente Rotterdam*, Gemeente Rotterdam, Stichting RIONED en STOWA

Gruitroij, L.J. (2008). *Inspection of non-piggable pipelines, offshore water injection line & offshore oil production lines*, A Hak Industrial Services BV, Geldermalsen, <https://ppsa-online.com/papers/08-Aberdeen/2008-01-HAK.pdf>

Mesman, G.A.M., Beuken, R.H.S. en Meerkerk, M.A. (2016). PCD 6 Conditiebepaling voor drinkwaterleidingen, Rapport nr. PCD 6 (2016), KWR, Nieuwegein.

Stichting RIONED (2013). *Riolering in beeld, Benchmark rioleringszorg 2013*, Stichting RIONED, Ede, ISBN 978 90 73645 39 4.

Stichting RIONED (2016). *Het nut van stedelijk waterbeheer, Monitor gemeentelijke watertaken 2016*, Stichting RIONED, Ede, ISBN 97 890 73645 57 8.

Unie van Waterschappen (2017). *Bedrijfsvergelijkingen waterschappen 2016*, geraadpleegde pagina: [https://bvz-waves.databank.nl/jive?var=kwtk&cat\\_open=c89&geocompare=nederland&period=2012,2015](https://bvz-waves.databank.nl/jive?var=kwtk&cat_open=c89&geocompare=nederland&period=2012,2015)

Vewin (2017). *Kerngegevens Drinkwater 2016*, Vewin, Den Haag.

Vewin (2012). *Drinkwaterstatistieken 2012i*, Vewin, Den Haag.

## Bijlage II Onderbouwing schatting tabel 4.1

In deze bijlage zijn de schattingen weergegeven van enkele leden van de Begeleidingscommissie van het aandeel leidingen waar op basis van de te verwachten toestand in de komende 20 jaar inspectie wordt verwacht. Het resultaat van deze individuele schattingen in combinatie met een schatting van de auteur is verwerkt in Tabel 4-1.

Schatting Arne Bosch, gemeente Amsterdam / Waternet

		AC	Beton	GGIJ	staal	PVC	PE
voor 1940	300-499 mm	x	x	60%	90%	x	x
	500-999 mm	x	x	90%	90%	x	x
	≥ 1000 mm	x	x	x	90%	x	x
1940 - 1959	300-499 mm	90%	60%	60%	90%	90%	x
	500-999 mm	90%	80%	90%	90%	90%	x
	≥ 1000 mm	90%	90%	x	90%	x	x
1960 - 1979	300-499 mm	70%	40%	50%	50%	90%	80%
	500-999 mm	90%	70%	80%	70%	95%	90%
	≥ 1000 mm	90%	90%	x	80%	x	90%
1980 - 1999	300-499 mm	50%	40%	10%	10%	20%	10%
	500-999 mm	65%	50%	20%	20%	40%	20%
	≥ 1000 mm	80%	60%	x	30%	x	40%
vanaf 2000	300-499 mm	x	10%	x	5%	10%	5%
	500-999 mm	x	20%	x	5%	20%	5%
	≥ 1000 mm	x	40%	x	5%	40%	5%

Schatting Jurgen Bosch, Dunea

		AC	Beton	GGIJ	staal	PVC	PE
voor 1940	300-499 mm	x	x	30%	30%	x	x
	500-999 mm	x	x	30%	30%	x	x
	≥ 1000 mm	x	x	x	30%	x	x
1940 - 1959	300-499 mm	5%	60%	30%	95%	50%	x
	500-999 mm	5%	80%	30%	30%	50%	x
	≥ 1000 mm	5%	95%	x	30%	x	x
1960 - 1979	300-499 mm	30%	40%	25%	20%	40%	80%
	500-999 mm	40%	70%	30%	25%	40%	90%
	≥ 1000 mm	5%	90%	x	80%	x	
1980 - 1999	300-499 mm	10%	40%	10%	10%	15%	10%
	500-999 mm	20%	50%	20%	20%	20%	20%
	≥ 1000 mm	80%	60%	x	30%	x	
vanaf 2000	300-499 mm	x	10%	x	5%	10%	5%
	500-999 mm	x	20%	x	5%	20%	5%

≥ 1000 mm	x	40%	x	5%	40%	5%
-----------	---	-----	---	----	-----	----

#### Schatting Richard Kors, Gemeente Rotterdam

		AC	Beton	GGIJ	staal	PVC	PE
voor 1940	300-499 mm	x	x	60%	100%	x	x
	500-999 mm	x	x	90%	100%	x	x
	≥ 1000 mm	x	x	100%	100%	x	x
1940 - 1959	300-499 mm	100%	60%	60%	95%	100%	x
	500-999 mm	100%	100%	90%	100%	100%	x
	≥ 1000 mm	100%	100%	x	100%	x	x
1960 - 1979	300-499 mm	70%	40%	50%	50%	90%	80%
	500-999 mm	90%	100%	100%	70%	95%	90%
	≥ 1000 mm	100%	100%	100%	80%	x	100%
1980 - 1999	300-499 mm	50%	40%	10%	10%	20%	10%
	500-999 mm	65%	50%	20%	50%	40%	20%
	≥ 1000 mm	80%	60%	x	50%	x	40%
vanaf 2000	300-499 mm	x	10%	x	5%	10%	5%
	500-999 mm	x	20%	x	5%	20%	5%
	≥ 1000 mm	x	20%	x	5%	40%	5%