

KWR 2016.007 | Januari 2016

Storingen van aansluitleidingen

Een verkennende studie naar beschikbaarheid
van data en probleemrelevantie

Storingen van aansluitleidingen

Een verkennende studie naar beschikbaarheid van data en probleemrelevantie

KWR 2016.007 | Januari 2016

Opdrachtnummer

400911/008

Projectmanager

dr. ir. E.J. (Ilse) Pieterse-Quirijns

Opdrachtgever

DPWE bedrijven

Kwaliteitsborger(s)

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

Auteur(s)

ir. A. (Andreas) Moerman

Verzonden aan

DPWE stuurgroep

Jaar van publicatie
2016

Meer informatie

ir. A. Moerman
T +31 (0)30 6069 605
E andreas.moerman@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
I www.kwrwater.nl



KWR 2016.007 | Januari 2016 © KWR

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd, 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.

Managementsamenvatting

Rapport titel:

Storingen van aansluitleidingen - Een verkennende studie naar beschikbaarheid van data en probleemrelevantie

Auteur(s):

Ir. A. (Andreas) Moerman

Datum verschijnen:

Januari 2016

Begeleidingsgroep:

Rob Geers (Dunea), Peter Horst (PWN), Ko Spruit (Waternet) en Linneke van der Veeken (Evides, tot medio 2015)

Rapportnummer:

KWR 2016.007

Samenvatting:

Dunea, PWN en Waternet hebben voor dit onderzoek gegevens over hun 2,5 miljoen aansluitleidingen en storingen daarin aangeleverd. Deze data zijn door KWR gebruikt om inzicht te verschaffen in de hoeveelheid en kwaliteit van de beschikbare data; de faalmechanismen van aansluitleidingen en de omvang van het aantal storingen en de impact van storingen op bedrijfsvoering en kosten.

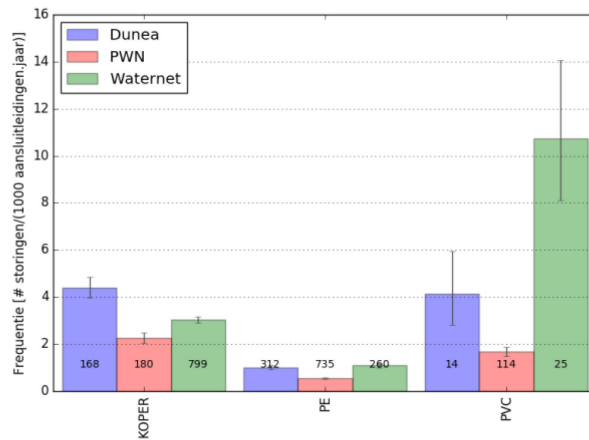
Beschikbaarheid data

Vanwege de grote hoeveelheid data is data-analyse in een spreadsheetprogramma vrijwel onmogelijk. Daarom zijn rekenprogramma's als Python en Matlab gebruikt, die eenduidige registratie vereisen. Omdat er geen eenduidig registratieformat is voor informatie over (storingen van) aansluitleidingen waren veel databewerkingen nodig voor een analyse kon worden gemaakt. Vaak waren de data niet compleet en/of niet consistent wat betreft omschrijving of gebruikte parameters. Vooral voor de parameter "aanlegjaar" ontbraken veel gegevens: in 19 tot 70% van de storing- en in 1 tot 60% van de leidinggegevens. Bovendien is vaak een 'default'-aanlegjaar ingevoerd (meestal '1900'), dat niet overeenkomt met het werkelijke aanlegjaar. Bij Waternet bleken de gegevens over aanlegjaar het meest compleet te zijn. Daaruit bleek dat de storingsfrequentie voor PE aansluitleidingen van voor 1980 stijgt met de leeftijd. Meerjarige storingsdata laten zien dat de storingsfrequenties van de materialen koper en PE bij verschillende bedrijven een vergelijkbaar resultaat opleveren. Daarom is het zinvol gezamenlijk data te verzamelen en analyses uit te voeren. Onderzoek naar uniforme registratie van aansluitleiding- en storingsdata wordt nu opgestart, met het doel een meer rationele onderbouwing voor vervangingsbeleid te realiseren.

Analyse storingsfrequenties

De materialen PE, PVC en koper vormen het grootste aandeel (86 tot 96%) van alle aansluitleidingen van de onderzochte bedrijven. Het materiaal PE heeft bij alle DPW bedrijven de laagste storingsfrequentie, ongeveer 0,5 - 1 storingen per 1000 aansluitleidingen per jaar. De frequenties voor koper en PVC zijn ongeveer 3 tot 4x zo hoog (met uitzondering van de

veel hogere storingsfrequentie van PVC bij Waternet (bijna 11 (8-14) storingen per 1000 aansluitleidingen per jaar, onzeker omdat slechts 25 storingen zijn bekeken).



Storingsfrequenties naar DPW-bedrijf voor de materialen koper, PE en PVC. De getallen geven het aantal storingen weer waarvoor de frequentie berekend is. De bandbreedten geven het 80% betrouwbaarheidsinterval weer.

Faalmechanismen

Op basis van literatuur zijn faalmechanismen van aansluitleidingen gedefinieerd. Van deze faalmechanismen is het constructief falen van de buis door een te grote verschilzetting tussen de aansluitleiding en het pand naar verwachting het meest voorkomende mechanisme. Constructief falen door aantasting van het materiaal komt alleen in specifieke situaties voor, zoals corrosie van koperen leidingen. Bij kunststof drinkwaterleidingen (PE en PVC) kan permeatie optreden uit een mogelijk verontreinigde omliggende bodem (leidingfalen vanwege een verminderde waterkwaliteit).

Impact en kosten

Op basis van bovenstaande gegevens bedragen de kosten voor noodzakelijke reparaties en vervangingen van aansluitleidingen naar schatting 250 – 350 k€/jaar per bedrijf. Dit bedrag is gebaseerd op storingen van alleen aansluitleidingen (storingen van bijvoorbeeld dienstkransen vallen hier dus buiten). Bij twee bedrijven blijken de jaarlijkse kosten door storingen van aansluitleidingen vergelijkbaar te zijn met de kosten door storingen van het distributienet. Wanneer de jaarlijkse kosten door storingen van aansluitleidingen gedeeld worden door het aantal aansluitingen, ontstaat een meer gedifferentieerd beeld per bedrijf, met kosten per aansluiting per jaar tussen 0,4 tot 1,6 €.

Belang voor DPWE:

Nu het leidingnet veroudert, hebben waterbedrijven een toenemende behoefte aan data en analysemethoden om tot een rationeel onderbouwd vervangingsbeleid te komen. (Storingen van) aansluitleidingen ontbreken in de sinds 2009 opgebouwde gezamenlijke database voor distributieleidingen (USTORE).

Van belang voor:

- Asset managers en bedrijfsstrategen van waterbedrijven

Trefwoorden:

Assetmanagement, aansluitleiding, storingsregistratie

Inhoud

<i>Managementsamenvatting</i>	2
Inhoud	4
1 Inleiding	5
1.1 Aanleiding en doel	5
1.2 Definities en systeemgrens	5
1.3 Aanpak en leeswijzer	6
2 Beschikbaarheid en kwaliteit van data	7
2.1 Beschikbare data	7
2.2 Kwaliteit data	9
2.3 Vergelijkbaarheid data	10
3 Data-analyse	11
3.1 Leidinglengte	11
3.2 Materialen	11
3.3 Aantal aansluitleidingen naar jaar van aanleg	13
3.4 Tijdreeksen storingen van aansluitleidingen	15
4 Faalmechanismen	17
4.1 Literatuur en mechanismen	17
4.2 Oorzaken voor falen van functie waterkwantiteit	17
4.3 Oorzaken van falen functie waterkwaliteit	19
5 Kwantificatie omvang probleem storingen op aansluitleidingen	20
5.1 Methodieken	20
5.2 Storingsfrequenties koper, PE en PVC	22
5.3 Schatting jaarlijkse kosten voor reparatie en vervanging van aansluitleidingen	26
6 Conclusies	31
7 Aanbevelingen	33
Literatuur	35

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

Asset management wordt steeds belangrijker; het leidingnet veroudert, er is beperkt budget en er is sprake van een toegenomen noodzaak tot transparantie in de onderbouwing van beslissingen. Storingsgegevens helpen om beter inzicht te krijgen in de levensduur van verschillende leidingcohorten en de omstandigheden die degradatie beïnvloeden. Vanaf 2009 worden storingsdata voor drinkwaterleidingen verzameld in USTORE. De storingen in USTORE en de analyse ervan hebben betrekking op distributieleidingen.

Storingsregistratie- en analyse van aansluitleidingen daarentegen is bij de drinkwaterbedrijven beperkt en heeft van oudsher geringe aandacht. De DPWE bedrijven hebben echter ruim 2,5 miljoen aansluitleidingen waar jaarlijks voor miljoenen euro's aan (correctief) onderhoud op plaatsvindt. De vraag is dan ook of deze beperkte aandacht voor aansluitleidingen terecht is of niet.

Het huidige beleid voor de vervanging van aansluitleidingen kan als volgt gekenmerkt worden:

- Reactief beleid: vervanging of reparatie van een aansluitleiding nadat deze gestoord heeft.
- Pro-actief beleid voor specifieke leidingcohorten wanneer de distributieleiding waarop deze leidingen aangesloten zijn (vanwege verminderde toestand) vervangen wordt.

Het doel van het onderzoek bestaat uit het inzicht verschaffen in:

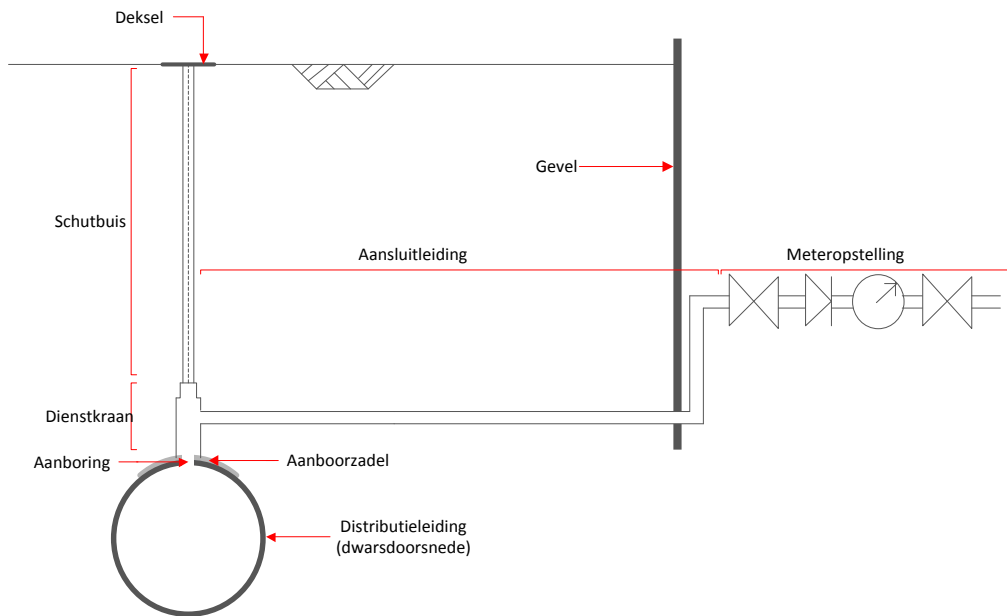
1. de beschikbare data m.b.t. storingen van aansluitleidingen binnen de DPWE bedrijven;
2. de faalmechanismen van aansluitleidingen;
3. de omvang van het aantal storingen en de financiële gevolgen hiervan.

Op basis van het onderzoek is een inschatting gemaakt in hoeverre het uniform registreren van storingen van aansluitleidingen bij kan dragen aan het assetmanagement van de drinkwaterbedrijven.

1.2 Definities en systeemgrens

1.2.1 Systeemgrens

De verbinding tussen het distributienet en de klant bestaat uit een aantal componenten (Figuur 1.1). Voor de analyses binnen dit onderzoek is de systeemgrens door de projectgroep vastgesteld op dienstkraan en hoofdkraan (van meteropstelling). Dat wil zeggen dat het analysegebied zich tussen deze twee punten bevindt. In de storingsanalyses worden dus alleen storingen van de aansluitleidingen meegenomen.



FIGUUR 1.1. SCHEMATISCHE WEERGAVE DISTRIBUTIELEIDING (DWARSDOORSNEDE), AANSLUITLEIDING EN DE BIJBEHORENDE APPENDAGES EN ONDERDELEN.

In geval van een grote afnemer kan er sprake zijn van een andere situatie dan geschetst in Figuur 1.1. In dat geval is er sprake van een aansluitleiding met een grotere diameter die via bijvoorbeeld een t-stuk en verloopstuk aan het distributienet verbonden is. Dit soort aansluitingen vormen echter een klein aandeel van het totaal aantal aansluitleidingen en zijn daarom niet in beschouwing genomen in dit onderzoek.

In dit onderzoek wordt uitgegaan van één homogene aansluitleiding tussen dienstkraan en meteropstelling. In de praktijk kan het zo zijn dat een aansluitleiding uit meerdere leidingen bestaat met verschillen in materiaal, diameter of aanlegjaar.

1.2.2 Definitie storing

De definitie voor een storing wordt in dit rapport als volgt geformuleerd in het kader van waterkwantiteit (distributie) en is gebaseerd op Trietsch (2008):

'Een storing betreft het falen van een leidingnetcomponent waardoor er een open verbinding ontstaat tussen het leidingnet en de omgeving. Hierdoor ontstaat een lekkage die op korte of lange termijn kan leiden tot het constructief falen van de gehele component en/of leidt tot een ondermaatse levering van drinkwater'.

1.3 Aanpak en leeswijzer

In hoofdstuk 2 zijn de gegevens beschreven die beschikbaar gesteld zijn door de DPWE bedrijven. Hoofdstuk 3 beschrijft de analyse van deze data. In hoofdstuk 4 worden faalmechanismen van aansluitleidingen beschreven. Hoofdstuk 5 geeft een inschatting van de omvang van het probleem van storingen van aansluitleidingen aan de hand van berekende storingsfrequenties en kosten voor aanleg en reparatie. De hoofdstukken 6 en 7 bevatten conclusies en aanbevelingen.

2 Beschikbaarheid en kwaliteit van data

2.1 Beschikbare data

2.1.1 Algemeen

Dunea, PWN en Waternet hebben data van aansluitleidingen en data van storingen van aansluitleidingen aangeleverd voor het onderzoek¹. Voor data van aansluitleidingen betrof dit de parameters adres, materiaal, diameter, aanlegjaar en lengte. Voor data van storingen betrof dit de parameters datum van storing, locatie (adres of coördinaten), materiaal, diameter en aanlegjaar. De mate waarin de aangeleverde data volledig was – dat wil zeggen dat alle te registreren parameters aanwezig zijn – verschilt aanzienlijk per bedrijf en per parameter (Tabel 2.1, Tabel 2.2). Deze volledigheid zegt alleen iets over beschikbare data. Wat de storingsdata betreft is het niet duidelijk in hoeverre *alle* storingen van aansluitleidingen geregistreerd zijn. De hoeveelheid beschikbare storingsdata en de parameters die geregistreerd worden verschillen per bedrijf (Tabel 2.3).

TABEL 2.1 VOLLEDIGHEID AANGELEVERDE LEIDINGDATA WATERBEDRIJVEN.

Bedrijf	Adres	Materiaal	Diameter	Aanlegjaar	Lengte
Dunea	98%	88%	83%	79%	76%
PWN	100%	99%	46% ²	40%	100%
Waternet	94%	97%	96%	99%	n.v.t.

TABEL 2.2 VOLLEDIGHEID AANGELEVERDE STORINGSDATA WATERBEDRIJVEN.

Bedrijf	Datum	Locatie	Materiaal	Diameter	Aanlegjaar
Dunea	100%	95%	73%	89%	83%
PWN	100%	100%	73%	73%	30%
Waternet	100%	95%	100%	100%	81%

TABEL 2.3 BESCHIKBAARHEID VAN STORINGSDATA EN GEREgistREERDE PARAMETERS DPW BEDRIJVEN.

	Dunea	PWN	Waternet
Storingsregistratie sinds	2010	2008	1999
Registratie van:			
1. Locatie	Ja (adres) ³	Ja (adres)	Ja (coördinaten)
2. Datum	Ja	Ja	Ja
3. Materiaal	Nee ⁴	Ja	Ja
4. Diameter	Nee ⁴	Ja	Ja

¹ Ten tijde van de opstart van het project was Evides nog niet in staat om data aan te leveren.

² Voor de overige 54% van de aansluitingen waarvan de diameter onbekend is gaat PWN er vanuit dat deze een nominale diameter hebben gelijk aan 25 mm (standaard diameter voor een PE huisaansluiting).

³ Huisnummer ontbreekt soms en staat dan vermeld in een opmerkingenveld.

⁴ Deze gegevens zijn bij Dunea niet standaard aanwezig, maar staan incidenteel wel vermeld in een opmerkingenveld.

5. Aanlegjaar	Nee ^d	Ja	Ja
6. Getroffen object	Nee ^d	Ja	Nee
7. Aard	Nee ^d	Ja	Nee
8. Oorzaak	Nee ^d	Ja	Nee

2.1.2 Dunea

Het systeem waarin Dunea de aansluitleidingen beheert (Diasys) heeft de mogelijkheid om leidingen op te delen in maximaal vijf delen. Dit is een fundamenteel verschil met de databases van de andere bedrijven die data aangeleverd hebben. Wanneer geen onderscheid gemaakt wordt naar materiaal, diameter of aanlegjaar kan elke aansluitleiding in het aansluitleidingbestand van Dunea beschouwd worden als een enkele asset. Wanneer echter wel een onderscheid gemaakt wordt naar één van deze parameters bestaat één aansluitleiding mogelijk uit verschillende leidingen met verschillende waarden voor de parameters materiaalsoort, diameter en aanlegjaar. Om het aantal aansluitleidingen kloppend te houden en tegelijkertijd te kunnen differentiëren naar materiaal, diameter of aanlegjaar is – op advies van Dunea – besloten om, bij leidingen die uit meerdere delen bestaan – alleen het eerste deel te beschouwen.

De door Dunea beschikbaar gestelde storingsgegevens gaan terug tot 2010. Tijdens het aanleveren van storingsdata bleek het koppelen van parameters (materiaaltype, diameter, aanlegjaar, leidinglengte) uit het leidingenbestand aan storingsdata van aansluitleidingen zeer tijdrovend vanwege veel handmatige werkzaamheden. Daarom zijn door Dunea alleen voor storingsdata uit 2014 de hierboven genoemde parameters toegevoegd. Dit vermindert de betrouwbaarheid van de storingsfrequenties die voor Dunea berekend zijn, omdat er slechts voor één jaar een complete set van storingsdata beschikbaar is.

In het Diasys van Dunea is sprake van een toestandparameter ('SAP') uit het administratiesysteem SAP waarvan de waarde gelijk kan zijn aan 'T', 'F' of 'S'. Deze staan voor de volgende toestanden:

- T (True): huisadres is actief in SAP (verbruikersinformatiesysteem)
- F (False): adres is volgens SAP afgesloten (bijv. perceel wordt gesloopt)
- S (Samenstel): meerdere woningen op één watermeter
 - Primaire adres heeft een aansluitleiding met watermeter en SAP-code 'T'
 - Secundaire huisadres(sen) is aangesloten op watermeter van primaire adres en heeft de SAP-code 'S'.

Gezien de in Paragraaf 1.2 genoemde definities zijn in dit onderzoek alleen aansluitleidingen meegenomen die bij de parameter 'SAP' de waarde 'T' hebben. Aansluitleidingen met waarde 'F' worden niet meegenomen omdat deze komen te vervallen of inmiddels zijn vervallen. Aansluitleidingen met waarde 'S' worden niet meegenomen omdat anders dubbeltellingen optreden, de adressen (administratieve aansluitingen) onder de noemer 'S' maken immers gebruik van een fysieke aansluiting (aansluitleiding) met waarde 'T'.

Zoals aangegeven in Paragraaf 1.2.1 betreft dit rapport alleen storingen van aansluitleidingen. Storingen van dienstkranen of andere appendages die niet tot de aansluitleiding behoren zijn daarom niet meegenomen. De storingendatabase van Dunea bevat (na toevoeging van parameters aan storingen uit 2014; zie hierboven) storingen van 11 categorieën: 'aansluitleiding lek', 'BK vandalisme', 'Dienstkraan', 'Diverse', 'Lood', 'Muurdoorvoer', 'Niet voor Dunea', 'Schade', 'Straatwerk', 'Zadel' en lege velden. Uit deze categorieën zijn alleen storingen meegenomen waarvan de waarde van de parameter 'categorie' gelijk is aan 'aansluitleiding lek'.

2.1.3 PWN

PWN beheert de aansluitleidingen in hetzelfde GIS-systeem (Oracle database) als alle andere leidingen (distributieleidingen, transportleidingen, inwinningsleidingen, etc.). PWN beschikt daarmee niet alleen over het adres van een aansluitleiding, maar ook over de ligging van de leiding in het platte vlak. Daarmee is ook de lengte van de leiding bekend. Middels een selectie (query) in ArcGIS is de voor dit onderzoek relevante informatie uit de aangeleverde data (shapefile) verkregen. Deze selectie omvatte de volgende deelverzameling:

- Alle aansluitleidingen (parameters met parameter (field) 'functie leiding' gelijk aan de waarde 'Aansluitleiding').
- Alle aansluitleidingen die in bedrijf zijn (parameters met parameter (field) 'status' gelijk aan de waarde 'in bedrijf').

Zoals aangegeven in Paragraaf 1.2.1 betreft dit rapport alleen storingen van aansluitleidingen. Storingen van dienstkranen of andere appendages die niet tot de aansluitleiding behoren zijn daarom niet meegenomen. De storingendatabase van PWN bevat storingen van 12 onderdelen: 'Afsluiter', 'Anders', 'Buis', 'Geen PWN leiding', 'Geen PWN leiding - binnenleiding', 'Geen PWN leiding - riolering', 'Hoofdkraan', 'Verbinding', 'Watermeter', 'Zadel', 'Dienstkraan' en lege velden. Uit deze categorieën zijn alleen storingen meegenomen waarvan de waarde van de parameter 'onderdeel' gelijk is aan 'buis' of 'verbinding'.

2.1.4 Waternet

Waternet heeft voor het project data van aansluitleidingen en data van storingen aangeleverd volgens het opgegeven format. Op de door Waternet aangeleverde data zijn daarom geen selecties (query's) uitgevoerd.

2.2 Kwaliteit data

De kwaliteit van de data verschilt per bedrijf. In deze paragraaf worden kort een aantal kwaliteitsissues besproken aan de hand van drie aspecten van datakwaliteit.

- Volledigheid: in hoeverre zijn alle (elementaire) parameters (zoals materiaalsoort, diameter, aanlegjaar) aanwezig?
 - Data van aansluitleidingen blijkt niet volledig te zijn (Tabel 2.1, Tabel 2.2). Vooral de parameter aanlegjaar ontbreekt vaak. Ook komen er verschillende onjuiste waarden voor jaartallen voor (bijv. in de toekomst).
 - Ook bij data van storingen ontbreken nog veel gegevens.
- Consistentie/eenduidigheid: worden er niet verschillende parameterwaarden gebruikt met hetzelfde doel?
 - Voor dezelfde parameterwaarde (bijv. parameter materiaal = 'onbekend') worden soms meerdere duidingen gebruikt zoals 'onb.', 'ONB' of 'onbekend'. Dergelijke inconsistenties vereisen eerst een vertaalslag voordat data geanalyseerd kan worden.
 - Data zijn niet altijd expliciet in de database aanwezig. Dit betekent dat data als expertkennis aanwezig is, maar dat deze niet vastgelegd is in de database. Het niet expliciet zijn van data kan twee oorzaken hebben:
 - aansluitleidingen die bij een specifieke parameter data missen hebben voor deze parameter dezelfde eigenschap (standaardwaarde);
 - aansluitleidingen die bij een specifieke parameter data missen zijn bij het aanmaken van de betreffende data - ten onrechte - niet volledig voorzien van data.

Wanneer beide hierboven genoemde oorzaken voorkomen is er sprake van hetzelfde gebruik (leeg veld) voor meerdere doeleinden en dus van een inconsistente database.

- Data van storingen en data van leidingen zijn niet altijd consistent met elkaar: beide databases bevatten verschillende parameterwaarden voor bijvoorbeeld hetzelfde materiaal. Consistentie tussen data van leidingen en data van storingen is noodzakelijk is voor het uitvoeren van een frequentieanalyse. Bij het voorkomen van dit type inconsistentie moet op beide databases (leidingen en storingen) eerste een conversie uitgevoerd worden voordat er een frequentieanalyse uitgevoerd kan worden.
- Beschikbaarheid: is data makkelijk te ontsluiten en te analyseren?
 - Storingsdata blijkt minder eenvoudig te ontsluiten dan leidingdata.
 - Drinkwaterbedrijven hebben (zeker in de randstad) miljoenen klanten en daarmee ook honderdduizenden aansluitleidingen. Bestanden die deze data bevatten zijn dan al snel groot (50 - 100 Mb). Het delen (en bewerken) van data van aansluitleidingen in Microsoft Excel bleek zeer tijdrovend omdat Microsoft Excel moeilijk om kan gaan met dergelijke grote bestanden. Voor het analyseren van deze data kunnen daarom beter rekenprogramma's zoals Matlab, Python of R gebruikt worden. Om dergelijke programma's te gebruiken is het wel nodig dat de data van aansluitleidingen in een eenvoudig format - dat alle nodige informatie bevat - gedeeld kan worden. Voorbeelden van bestandsformaten die dit ondersteunen zijn csv of txt.

2.3 Vergelijkbaarheid data

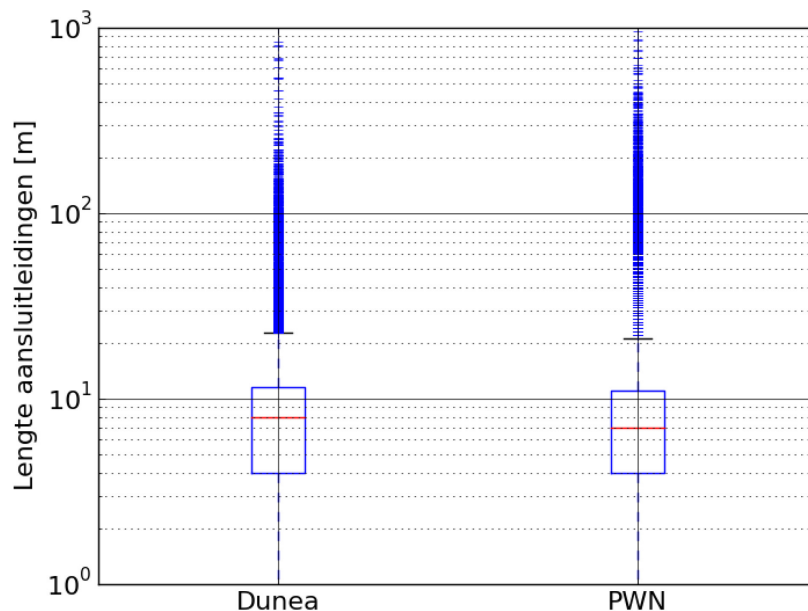
Bovenstaande informatie laat zien dat data van de bedrijven op dit moment lastig vergelijkbaar is, ook omdat data binnen één bedrijf soms nog inconsistent zijn (in dezelfde database, dan wel leidingdata versus storingsdata). Ook de manier hoe data opgeslagen zijn verschilt erg. Zo is de database van Dunea veel gedetailleerder (verschillende typen leidingen voor één aansluitleiding) dan databases van andere bedrijven. Bij het lezen van het vervolg van dit rapport is het van belang om deze punten in ogenschouw te nemen wanneer data of resultaten van analyses van verschillende bedrijven naast elkaar staan.

Er is geen onderscheid gemaakt tussen storingen als gevolg van werkzaamheden van derden en spontane storingen omdat dit onderscheid niet in de databases van alle bedrijven beschikbaar was.

3 Data-analyse

3.1 Leidinglengte

Een analyse van de data van PWN en Dunea laat zien dat de spreiding van leidinglengten beperkt is (Figuur 3.1). Dit is ook te verwachten omdat de meeste aansluitleidingen in stedelijk gebied liggen waar de lengte tussen dienstkraan en watermeter niet groot is. Voor PWN is de mediaan⁵ gelijk aan 7 m, de interkwartielafstand⁶ is gelijk aan 6 m. Voor Dunea zijn deze waarden respectievelijk ongeveer 8 en 6 m. Omdat de spreiding over de lengte beperkt is kan de leidinglengte van aansluitleidingen (min of meer) beschouwd worden als een constante met een waarde tussen 4 en 11 meter.



FIGUUR 3.1. BOX-WHISKERPLOT VAN LENGTEN VAN AANSLUITLEIDINGEN VAN PWN (AANTAL = 696.615) EN DUNEA (AANTAL = 314.302). VOOR DUNEA ZIJN ALLEEN AANSLUITLEIDINGEN WAARVAN DE LENGTE BEKEND IS MEEGENOMEN.

3.2 Materialen

Voor aansluitleidingen worden allerlei materialen gebruikt die (meestal) ook in het distributienet voorkomen. Deze materialen worden per bedrijf op verschillende manieren aangeduid (Tabel 3.1). In het vervolg van dit rapport zijn de verschillende materiaalduidingen uit Tabel 3.1 geconverteerd naar de materiaalnamen zoals weergegeven in de eerste kolom uit Tabel 3.1.

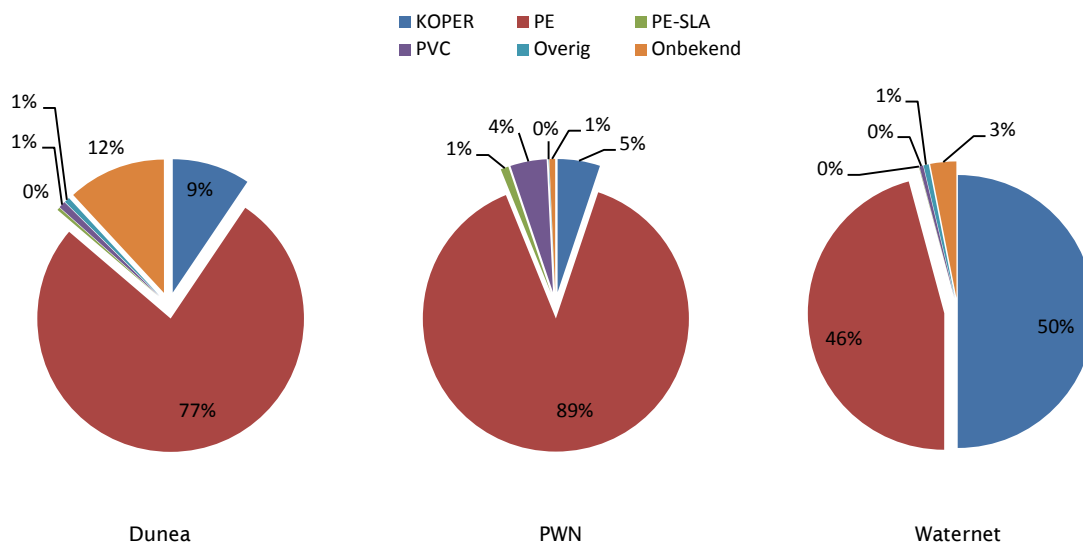
⁵ Niet te verwarren met de gemiddelde lengte van een aansluitleiding, deze is voor Dunea en PWN gelijk aan respectievelijk 7,9 en 8,9 m.

⁶ d.w.z. dat het 75-percentiel 6 m langer is dan de 25 percentiel.

TABEL 3.1 MATERIAALDUIDINGEN DIE VOORKOMEN IN AANSLUITLEIDINGBESTANDEN VAN DUNEA, PWN EN WATERNET (TOELICHTINGEN TUSSEN HAAKJES ZIJN VAN DE AUTEUR).

Materiaal	Dunea	PWN	Waternet
PE	PE	HPE	CPE
	PE32	HPE-HD	HPE
	PE40	ZPE	PE
	PE80		ZPE
			PE/a
PVC	PVC	PVC	PVC
	PVCS	PVC BIAX	
		PVC-HD	
Koper	CU	Koper	Koper
			ZKoper (zacht koper)
PE-SLA	ALUPE	PE-SLA	PE/Al
Overig	Lood	AC	AC
	AC	L (lood)	Lood
	ST (staal)	GGIJ (grijs gietijzer)	Al
	GGIJ (grijs gietijzer)	GGIJ-HD (grijs gietijzer)	Beton
	NGIJ (nodulair gietijzer)	NGIJ (nodulair gietijzer)	GVK
	NGIJN (nodulair gietijzer)		Staal
			GG (grijs gietijzer)
			NG (nodulair gietijzer)

Tabel 3.1 laat zien dat er een veelvoud aan materiaalsoorten gebruikt wordt voor aansluitleidingen. Het overgrote deel van de aansluitleidingen bestaat echter uit koper, PE of PVC (Figuur 3.2).



FIGUUR 3.2 VERDELING AANSLUITLEIDINGEN NAAR MATERIAALSOORT PER BEDRIJF.

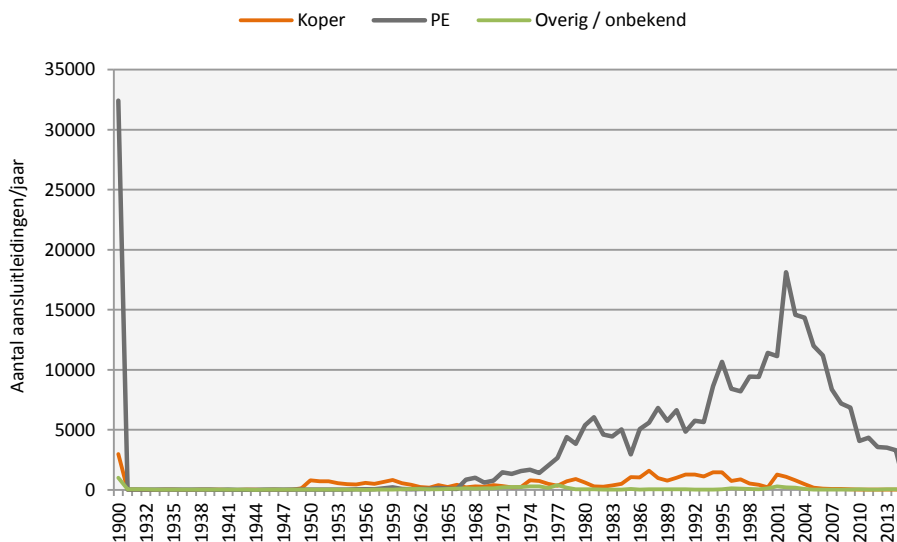
Omdat koper, PE en PVC de overgrote meerderheid van het totaal aantal aansluitleiding vormen (86 - 98%) wordt in het vervolg van dit onderzoek vooral ingegaan op deze drie materialen. Het gebruik van PE-SLA is in opkomst. Dit type PE bevat een aluminium laag

waardoor deze toegepast kan worden in vervuilde grond. Op dit moment bestaat ongeveer 1% van de aansluitleidingen uit PE-SLA. Materialen anders dan koper, PE, PE-SLA en PVC zijn zeldzaam en worden meestal verwijderd bij een sanering of na een storing. Uitzonderingen hierop vormen aansluitingen voor grootverbruikers die uitgevoerd zijn in (voor het distributienet) gebruikelijke materialen zoals PVC, nodulair gietijzer, grijs gietijzer (in het verleden) of AC (tot 1994). Deze worden in dit onderzoek niet beschouwd omdat ze op het totaal een zeer klein aandeel vormen (Figuur 3.2).

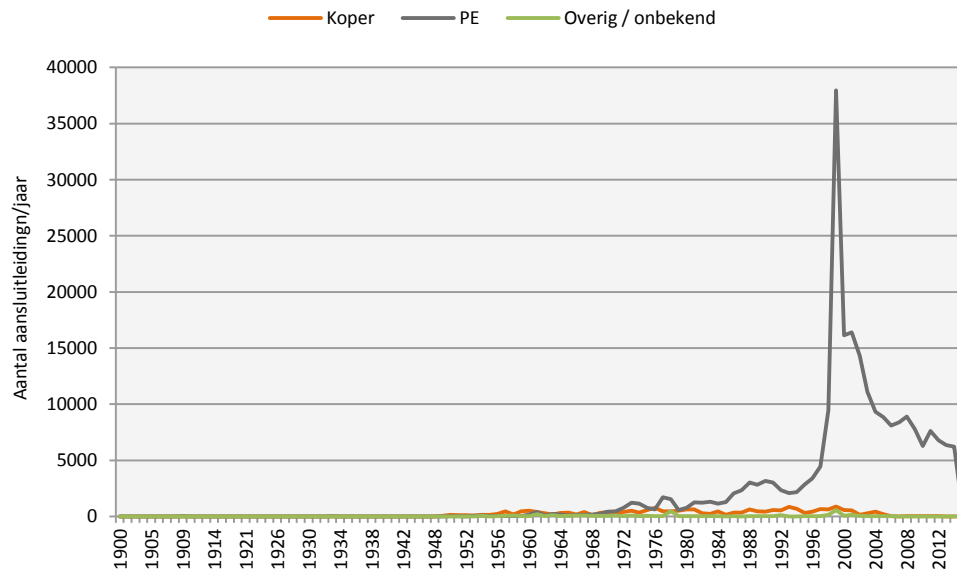
In dit rapport wordt niet ingegaan op de verschillende soorten PE (PE40, PE80, etc.) omdat dit onderscheid niet consequent voor alle PE leidingen gemaakt is. Daarnaast zijn hiervoor conversies nodig. In de toekomst is het van belang om dit onderscheid wel te maken omdat verschillende soorten PE wezenlijk verschillende materialen zijn (Mesman, 2016 (in voorbereiding)).

3.3 Aantal aansluitleidingen naar jaar van aanleg

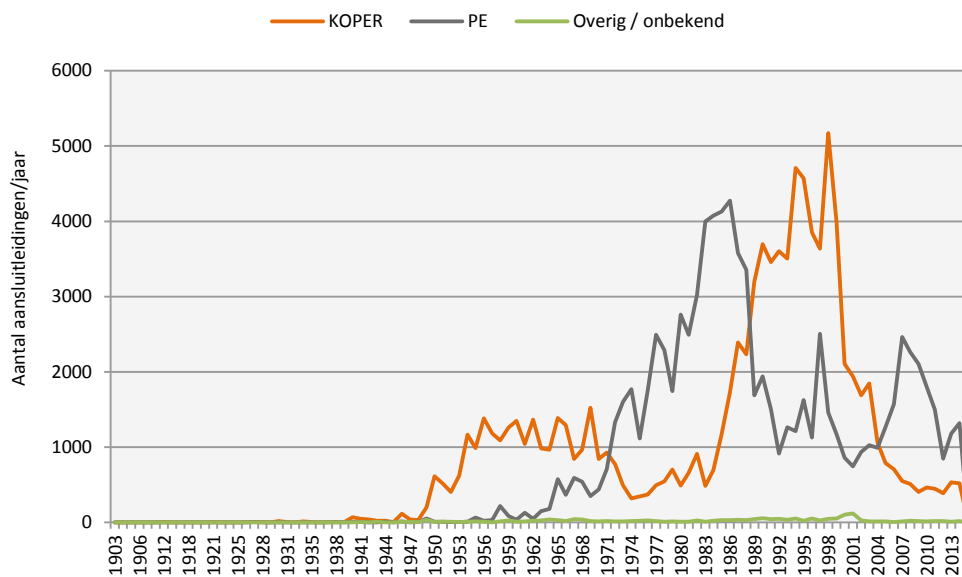
Om een indruk te geven wanneer welke aantallen aansluitleidingen van verschillende materialen aangelegd zijn is in Figuur 3.3, Figuur 3.4 en Figuur 3.5 het aantal aansluitleidingen per aanlegjaar weergegeven voor respectievelijk Dunea, PWN en Waternet. N.B. het materiaal PE-SLA valt in deze figuren onder 'PE'.



FIGUUR 3.3 AANTAL AANSLUITLEIDINGEN BIJ DUNEA NAAR JAAR VAN AANLEG, GEDIFFERENTIEERD NAAR DE MATERIELEN KOPER, PE EN OVERIGE MATERIELEN. AANSLUITLEIDINGEN WAARVAN HET JAAR VAN AANLEG ONBEKEND IS ZIJN NIET MEEGONOMEN IN DE FIGUUR.



FIGUUR 3.4 AANTAL AANSLUITLEIDINGEN BIJ PWN NAAR JAAR VAN AANLEG, GEDIFFERENTIEERD NAAR DE MATERIELEN KOPER, PE EN OVERIGE MATERIELEN. AANSLUITLEIDINGEN WAARVAN HET JAAR VAN AANLEG ONBEKEND IS ZIJN NIET MEEGENOMEN IN DE FIGUUR.



FIGUUR 3.5 AANTAL AANSLUITLEIDINGEN BIJ WATERNET NAAR JAAR VAN AANLEG, GEDIFFERENTIEERD NAAR DE MATERIELEN KOPER, PE EN OVERIGE MATERIELEN. AANSLUITLEIDINGEN WAARVAN HET JAAR VAN AANLEG ONBEKEND IS ZIJN NIET MEEGENOMEN IN DE FIGUUR.

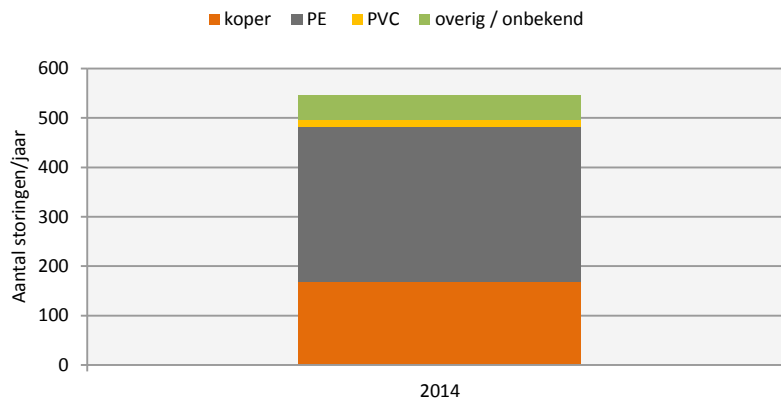
- Op basis van Figuur 3.3 en Figuur 3.4 kunnen nauwelijks conclusies getrokken worden omdat het aantal aansluitleidingen met een onbekend aanlegjaar groot is (Tabel 2.1).
- Interessant punt voor Waternet (in Figuur 3.5) is dat er tussen 1990 en 2005 een toenemend gebruik was van koperen leidingen en een afnemend gebruik van PE. Na 2005 is deze trend weer omgekeerd.
- Mogelijk is het aantal aansluitleidingen met aanlegjaar 'onbekend' groter dan op het eerste gezicht lijkt. Dit komt doordat er ook een groep leidingen is die als 'default' het

jaar 1900 meegekregen hebben als aanlegjaar, maar waarvan het aanlegjaar in werkelijkheid onbekend is.

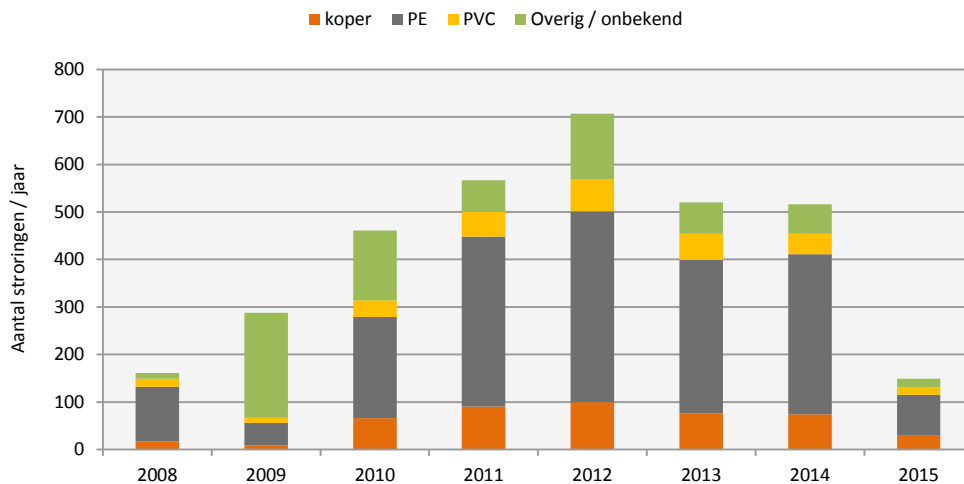
- De toename (in aanleg) van het aantal aansluitleidingen begint in Figuur 3.5 pas rond 1950. Mogelijk is de sanering van loden aansluitleidingen een reden waarom er nauwelijks aansluitleidingen over gebleven zijn met aanlegjaar tussen 1900 en 1950.

3.4 Tijdreeksen storingen van aansluitleidingen

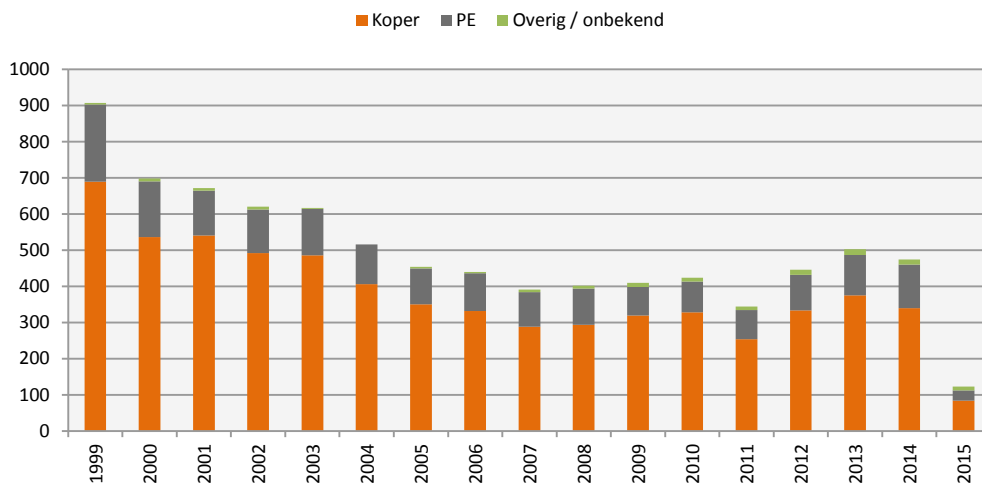
Op basis van de criteria uit Paragraaf 1.2 zijn storingen geselecteerd uit de door de bedrijven aangeleverde storingsdata. Op basis van deze storingen is voor elk bedrijf een tijdreeks gemaakt (Figuur 3.6, Figuur 3.7, Figuur 3.8).



FIGUUR 3.6 AANTAL STORINGEN PER JAAR GEDURENDE DE PERIODE 2014 (DUNEA).



FIGUUR 3.7 AANTAL STORINGEN PER JAAR GEDURENDE DE PERIODE 2008 - 2015 (PWN). VOOR HET JAAR 2015 WAS GEEN VOLLEDIGE DATASET AANWEZIG OMDAT DE DATA MEDIO 2015 GEDEELD WERD.



FIGUUR 3.8 AANTAL STORINGEN PER JAAR GEDURENDE DE PERIODE 1999 – 2015 (WATERNET). VOOR HET JAAR 2015 WAS GEEN VOLLEDIGE DATASET AANWEZIG OMDAT DE DATA MEDIO 2015 GEDEELD WERD.

Aan de tijdreeksen valt het volgende op:

- Omdat data voor het project *Storingen van aansluitleidingen* halverwege 2015 naar KWR gestuurd is breekt de registratie hier af; dit is de reden waarom bij Waternet en PWN in 2015 weinig storingen zichtbaar zijn.
- Dunea heeft alleen van 2014 storingsdata waarbij het materiaal van de storende leiding bekend is (zie Paragraaf 2.1 / Tabel 2.3).
- Bij PWN is tot 2012 een toenemend aantal storingen te zien. Een verklaring hiervoor is het steeds beter registreren van storingen van aansluitleidingen in de periode tussen 2008 en 2012.
- Wat betreft het aantal storingen ligt bij PWN en Dunea de nadruk op PE en bij Waternet de nadruk op koper. Het berekenen van storingsfrequenties kan echter een ander beeld opleveren. Hierop wordt later in het rapport ingegaan.

In Tabel 3.2 is als samenvatting het totaal aantal aansluitleidingen en het aantal storingen van aansluitleidingen in 2014 per bedrijf weergegeven.

TABEL 3.2 TOTAAL AANTAL AANSLUITLEIDINGEN MEDIO 2015 EN TOTAAL AANTAL STORINGEN OP AANSLUITLEIDINGEN IN 2014.

Bedrijf	Aantal in bedrijf zijnde aansluitingen ⁷	Aantal storingen in 2014 op aansluitleidingen
Dunea	415.000	545
PWN	676.000	516
Waternet	192.000	474

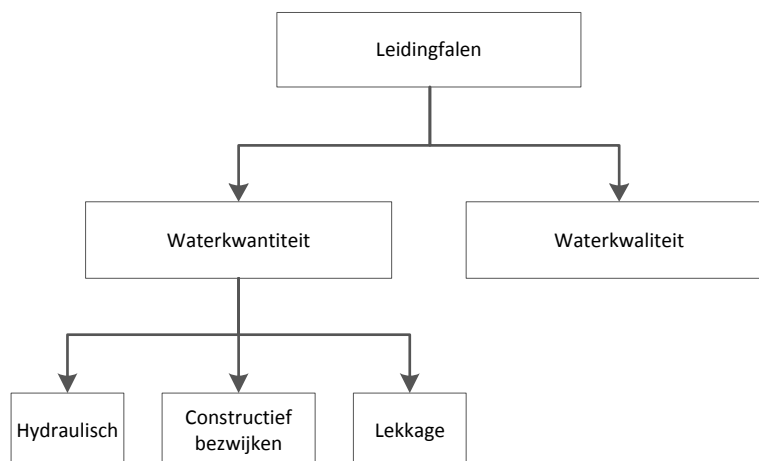
⁷ Afgerond op duizendtallen.

4 Faalmechanismen

4.1 Literatuur en mechanismen

Er blijkt nauwelijks internationale literatuur te zijn waarin aandacht is voor faalmechanismen van specifiek aansluitleidingen. Mogelijk heeft dit te maken met het feit dat in bijv. Engeland en de VS de aansluitleiding (service pipe) ophoudt waar het perceel van de grondeigenaar begint. De grondeigenaar is verantwoordelijk voor het leidingdeel (private main) dat de service pipe verbindt met de meteropstelling. Daardoor is het waterbedrijf niet verantwoordelijk voor het falen van de aansluitleiding voor zover deze zich op het terrein van de grondeigenaar bevindt. Het feit dat er weinig literatuur over specifiek aansluitleidingen beschikbaar is kan ook veroorzaakt worden doordat aansluitleidingen als een onderdeel gezien worden van het distributienet of doordat er tot op heden nauwelijks aandacht voor was.

Naar analogie van het distributienet zijn er verschillende mechanismen te onderscheiden waardoor aansluitleidingen kunnen falen. Figuur 4.1 geeft een overzicht.



FIGUUR 4.1 FAALMECHANISMEN VOOR AANSLUITLEIDINGEN.

Voor de in Figuur 4.1 genoemde faalmechanismen kunnen voor de materialen PE, PVC en koper verschillende oorzaken gevonden worden:

- falen door interne of externe aantasting van de buis of verbinding.
- falen door externe belasting van de buis of verbinding.
- falen door fouten bij het aanleggen van de aansluitleiding.
- falen door graafwerkzaamheden van derden;
- falen door permeatie van stoffen door de leidingwand of excessieve biofilmvorming.

4.2 Oorzaken voor falen van functie waterkwantiteit

Elke hierboven genoemde oorzaak kunnen leiden tot meerdere faalmechanismen uit Figuur 4.1. In Tabel 4.1 worden voorbeelden gegeven van oorzaken voor leidingfalen door interne/externe aantasting of externe belasting. In Tabel 4.1 worden alleen oorzaken genoemd die betrekking hebben op faalmechanismen die leiden tot een (dreigende)

onderbreking van de waterdistributie (*waterkwantiteit*). Deze faalmechanismen vallen binnen de definitie van een storing zoals geformuleerd in Paragraaf 1.2.2.

TABEL 4.1 OORZAKEN VAN FAALMECHANISMEN MET BETREKKING TOT WATERKWANTITEIT.

Materiaal	Falen door inwendige of uitwendige aantasting	Falen door externe belasting
PE	<ul style="list-style-type: none"> Inwendig: aantasting door oxidatie bij distributie van chloorhoudend water (Chung et al., 2007). 	<ul style="list-style-type: none"> Constructief falen van aansluitleiding door te grote verschilzetting tussen pand (gefundeerd) en dienstkraan (ongefundeerd). <i>Wordt (gedeeltelijk) voorkomen door het toepassen van expansiemogelijkheden</i>
PVC	<ul style="list-style-type: none"> Inwendig: aantasting door oxidatie bij distributie van chloorhoudend water (Chung et al., 2007). Uitwendig: verweking van het PVC door vervuilde grond (aromaten en gechloreerde alifaten; Meerkerk (2010)) PVC aansluitleidingen worden door veroudering bros. Daarnaast worden lijmverbindingen door veroudering bros. 	<ul style="list-style-type: none"> Te grote verschilzetting tussen pand (gefundeerd) en dienstkraan (ongefundeerd). Te grote hoekverdraaiing bij verbindingen door verschilzetting.
Koper	<ul style="list-style-type: none"> Uitwendige aantasting afhankelijk van in de grond voorkomende materialen (Westerink, 1982): <ol style="list-style-type: none"> In moerasachtige grond, veengrond, humus en slecht drainerende gronden met een hoog sulfaat- en chloridegehalte. In koolstofbevattende gronden worden koperen leidingen zeer ernstig aangetast. In de onmiddellijke nabijheid van open riolen, mestputten en veestallen worden koperen pijpen zeer ernstig aangetast door aanwezigheid van ammoniak. 	<ul style="list-style-type: none"> Te grote verschilzetting tussen pand (gefundeerd) en aansluitleiding (ongefundeerd). Te grote hoekverdraaiing bij verbindingen door verschilzetting.

Tabel 4.1 bevat alleen storingen door externe belasting of interne/externe aantasting. Leidingfalen kan ook optreden door aanlegfouten of graafwerkzaamheden van derden. Voorbeelden van aanlegfouten zijn:

- slechte lasverbinding of koppelingen bij toepassing van een PE aansluitleiding;
- toepassing van een niet-trekvaste PVC-verbinding in een sterk zettende grond bij toepassing van PVC aansluitleiding.

Aansluitleidingen zijn kwetsbaar voor graafwerkzaamheden parallel aan de distributieleiding omdat aansluitleidingen (min of meer) loodrecht met een distributieleiding in verbinding

staan (zie ook Figuur 1.1). Wanneer bijvoorbeeld een gasleiding (die parallel ligt aan de drinkwaterdistributieleiding) uitgegraven wordt is de kans groter dat er aansluitleidingen geraakt worden dan dat de (parallel aan de gasleiding liggende) distributieleiding geraakt wordt. Ook bij de aanleg of vervanging van rioolleidingen is de kans groot dat aansluitleidingen (die de weg oversteken) geraakt worden of bezwijken door te grote verschilzettingen.

4.3 Oorzaken van falen functie waterkwaliteit

Voorbeelden van oorzaken van faalmechanismen die betrekking hebben op de *waterkwaliteit* zijn:

- Door afgifte van organisch materiaal heeft PE ten opzichte van andere leidingmaterialen een relatief grote potentie voor biofilmvorming op het inwendige oppervlak. In deze biofilm kan nagroei van bacteriën optreden. Excessieve biofilmvorming kan beschouwd worden als vorm van falen wanneer de waterkwaliteit in het geding is. Er zijn aanwijzingen dat onder bepaalde omstandigheden biofilm los kan komen van de leidingwand. In bepaalde gevallen kan hierdoor de watermeter verstopt raken (hydraulisch falen). Dit mechanisme wordt veroorzaakt door biofilm in de leiding, maar leidt tot falen van de watermeter. De watermeter valt buiten de systeemgrens van dit onderzoek (Paragraaf 1.2.1).
- Wanneer een PE leiding zich in vervuilde grond bevindt kan permeatie ontstaan (diffusie van vluchtige organische stoffen door de leidingwand; Meerkerk (2010)). Dit faalmechanisme is echter niet eenvoudig vast te stellen.

5 Kwantificatie omvang probleem storingen op aansluitleidingen

5.1 Methodieken

5.1.1 Inleiding

Voor het inschatten van de omvang van storingen op aansluitleidingen kunnen verschillende indicatoren gebruikt worden:

1. Berekening van storingsfrequenties op basis van data van aansluitleidingen en storingen van aansluitleidingen. Hiermee kan een eerste inschatting gemaakt worden hoe de verschillende materialen (Paragraaf 3.2) ten opzichte van elkaar presteren qua hoeveelheid storingen.
2. Schatting van het aantal Ondermaatse Leverings Minuten (OLM).
3. kosten van reparatie en vervanging.

In het onderzoek is gekozen voor de hierboven genoemde opties 1 (storingsfrequenties) en 3 (kosten voor reparatie en vervanging). Optie 2 is voor aansluitleidingen minder zinvol, omdat de door een storing veroorzaakte OLM alleen betrekking heeft op de bewoners of gebruikers van het pand dat door de aansluitleiding getroffen wordt. Dit in tegenstelling tot het distributienet, waar het falen van bijvoorbeeld één afsluitersectie door een kettingreactie een grote OLM kan veroorzaken wanneer afsluiters niet goed functioneren (Trietsch en Schaap, 2006). Verder is het evident dat de OLM bij het falen van een aansluitleiding groot is wanneer zich in het aangesloten pand veel adressen bevinden (bijvoorbeeld een flatgebouw), terwijl de OLM zeer laag is wanneer een aansluitleiding faalt die slechts één woning met het distributienet verbindt.

5.1.2 Storingsfrequentie

De storingsfrequentie f met eenheid aantal storingen $\cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{jaar}^{-1}$ van een cohort leidingen kan berekend worden met Vergelijking 1:

$$f = \frac{F}{L \cdot R} = \frac{F}{\sum_i^N (l_i) \cdot R}$$

VERGELIJKING 1

Waarin:

f = storingsfrequentie voor cohort [$\text{st} \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{jaar}^{-1}$]

F = aantal storingen in cohort [-]

L = totale lengte van alle aansluitleidingen in cohort [km]

l_i = lengte van i^{de} aansluitleiding [km]

R = aantal registratiejaren [-]

N = aantal aansluitleidingen [-]

Feitelijk gezien liggen aansluitleidingen niet achter elkaar zoals distributieleidingen. Het is daarom niet correct om Vergelijking 1 te gebruiken om storingsfrequenties te berekenen voor cohorten van aansluitleidingen. Daarom is in dit onderzoek gekozen voor een andere definitie van de storingsfrequentie dan gebruikelijk voor distributieleidingen (Vergelijking 2).

$$f_A = \frac{F}{1000 \cdot N \cdot R}$$

VERGELIJKING 2

Waarin:

f_A = storingsfrequentie voor cohort [st·1000 aansluitleidingen⁻¹·jaar⁻¹]

F = aantal storingen in cohort [-]

N = aantal aansluitleidingen [-]

R = aantal registratiejaren [-]

Door (twee van de vier) bedrijven is voor meer dan één jaar storingsdata aangeleverd (Paragraaf 3.4). Voor de bepaling van de storingsfrequentie zijn alleen storingen uit de jaren 2013 t/m 2015 gebruikt vanwege veranderingen in de samenstelling van het net. Verder zijn alleen storingen op buizen en verbindingen gebruikt gezien de systeemgrens van het onderzoek (Paragraaf 1.2). Omdat kwaliteit en aard van de storingsdata erg verschillen voor de bedrijven (Paragraaf 1.2) worden frequenties per bedrijf weergegeven.

Om het betrouwbaarheidsinterval van de berekende storingsfrequentie te berekenen wordt de aanname gedaan dat storingen Poissonverdeeld zijn. Vervolgens kan op basis van het aantal waarnemingen (storingen) het 1- α betrouwbaarheidsinterval voor het aantal waarnemingen (storingen) geschat worden middels Vergelijking 3 (Ulm, 1990; Van Thienen, 2012):

$$\frac{1}{2}\chi^2\left(\frac{\alpha}{2}; 2N\right) \leq N \leq \frac{1}{2}\chi^2\left(1 - \frac{\alpha}{2}; 2(N+1)\right)$$

VERGELIJKING 3

Waarin:

χ^2 = Chi-kwadraat verdeling

α = de overschrijdingsgrens, (1- α) is de gewenste betrouwbaarheid

N = aantal waarnemingen (storingen)

Het betrouwbaarheidsinterval hangt alleen af van het aantal storingen en kan lineair berekend worden voor de berekende storingsfrequentie middels Vergelijking 4:

$$\frac{N_{\text{ondergrens}}}{N} \cdot SF \leq SF \leq \frac{N_{\text{bovengrens}}}{N} \cdot SF$$

VERGELIJKING 4

Theoretisch is de aanname dat storingen Poissonverdeeld storen alleen juist wanneer alleen spontane storingen meegenomen worden in de berekening van de storingsfrequentie. Dit filter kan voor dit onderzoek niet toegepast worden omdat niet voor alle data bekend is welke storingen spontane storingen zijn en welke niet.

5.1.3 Kosten

Om een inschatting te maken van de jaarlijkse kosten die verbonden zijn aan het repareren en vervangen van aansluitleidingen is een vragenlijst naar de bedrijven gestuurd. Deze bevatte voor de materialen koper, PE en PVC de volgende vragen:

- Wat zijn de kosten voor de vervanging van een aansluitleiding (prijspeil 2015)?
- Wat zijn de kosten voor een reparatie van een aansluitleiding (prijspeil 2015)?

- Welk percentage van de leidingen wordt vervangen na een storing (prijspeil 2015)?

Op basis van deze eenheidsprijzen en vervangingsratio zijn kosten voor elk geregistreerd jaar berekend. Omdat prijzen toenemen in de tijd (inflatie) zijn bedragen die berekend zijn voor de jaren vóór 2015 contant gemaakt naar 2015 middels Vergelijking 5 Waarbij is uitgegaan van een rentevoet van 2%.

$$CW = \frac{Q_y}{(1+r)^{Y-y}}$$

VERGELIJKING 5

Waarin:

CW = contante waarde [€]

Q_y = bedrag in jaar y [€]

r = rentevoet [-]

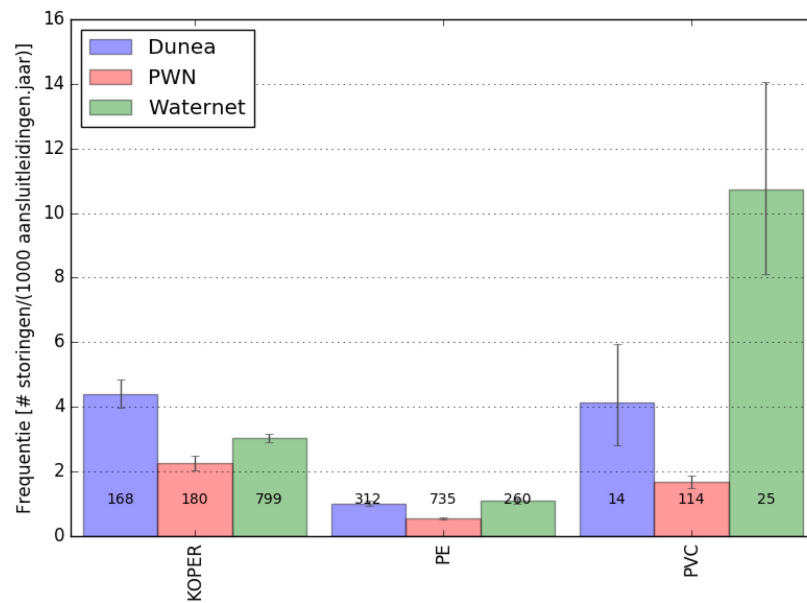
y = jaar van oorspronkelijk bedrag

Y = jaar waarvoor bedrag Q contant gemaakt wordt

5.2 Storingsfrequenties koper, PE en PVC

Storingsfrequenties zijn berekend voor de materialen koper, PE en PVC met storingsdata uit de jaren 2013 t/m 2015. Omdat data van enkele bedrijven relatief veel omissies bevatten (Paragraaf 2.1) zijn de berekende storingsfrequenties nog niet nauwkeurig te noemen. Dit komt omdat (vooral bij PWN en Dunea) een relatief grote groep leidingen en storingen is waarvan belangrijke parameters zoals materiaalsoort (Dunea) of aanlegjaar (PWN) onbekend zijn. Wanneer bijvoorbeeld veel aansluitleidingen van een bepaald materiaal (bijvoorbeeld PE) en uit een bepaalde aanlegjaarklasse (bijvoorbeeld '1980 t/m 1989') voor de parameter 'aanlegjaar' de waarde 'onbekend' hebben kan dit een misleidend beeld geven van de storingsfrequentie van dat materiaal in de betreffende aanlegjaarklasse. De storingsfrequentie kan dan hoger uitvallen wanneer blijkt dat er meer storingen in dit cohort leidingen zitten ten opzichte van het aantal leidingen uit dit cohort met aanlegjaar 'onbekend'.

Om een algemeen beeld te geven van de materialen koper, PE en PVC zijn allereerst voor deze materiaalsoorten frequenties berekend voor elk bedrijf (Figuur 5.1).

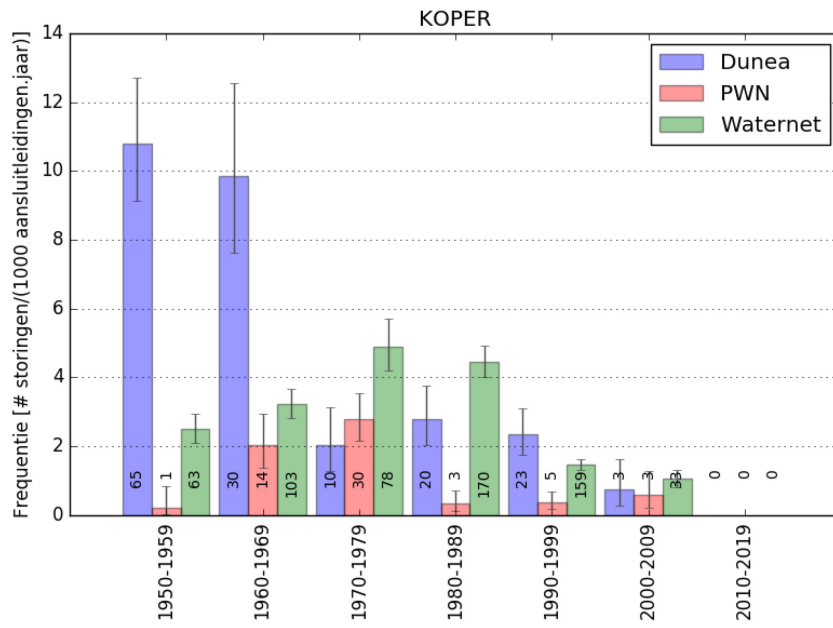


FIGUUR 5.1 STORINGSFREQUENTIES NAAR DPW-BEDRIJF VOOR DE MATERIALEN KOPER, PE EN PVC. DE GETALLEN GEVEN HET AANTAL STORINGEN WEER WAARVOOR DE FREQUENTIE BEREKEND IS. DE BANDBREEDTEN GEVEN HET 80% BETROUWBAARHEIDSINTERVAL WEER.

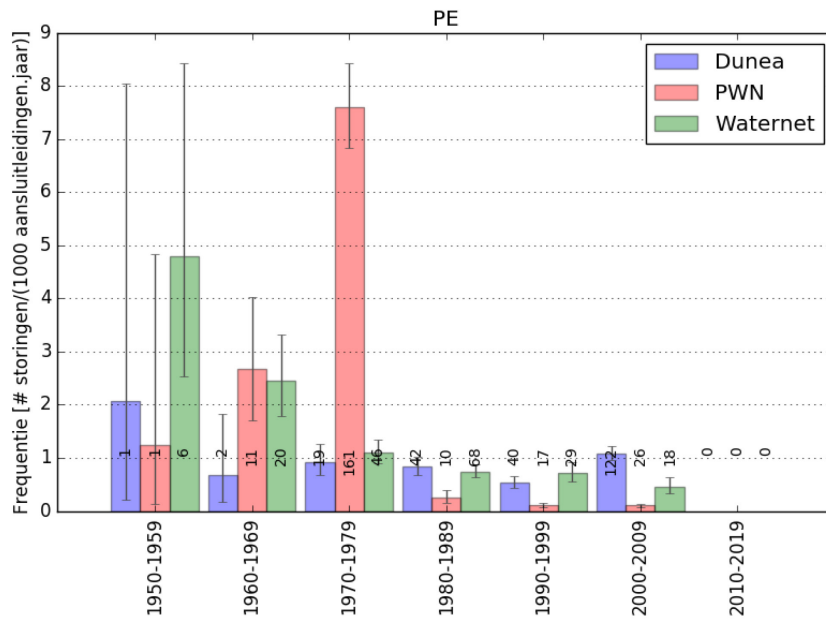
Er vallen in Figuur 5.1 enkele zaken op:

- Het materiaal PE heeft bij alle DPW bedrijven de laagste frequentie, ongeveer $0,5 - 1$ storingen $\cdot 1000$ aansluitleidingen $^{-1} \cdot$ jaar $^{-1}$.
- De frequenties voor koper en PVC liggen ongeveer 3 tot 4x zo hoog als die van PE. Een uitzondering hierop is de frequentie van PVC bij Waternet, die ligt veel hoger, namelijk bijna 11 storingen $\cdot 1000$ aansluitleidingen $^{-1} \cdot$ jaar $^{-1}$. Omdat deze frequentie berekend is over slechts 25 storingen is de betrouwbaarheid vrij laag; deze varieert van 8 tot 14 storing $\cdot 1000$ aansluitleidingen $^{-1} \cdot$ jaar $^{-1}$.

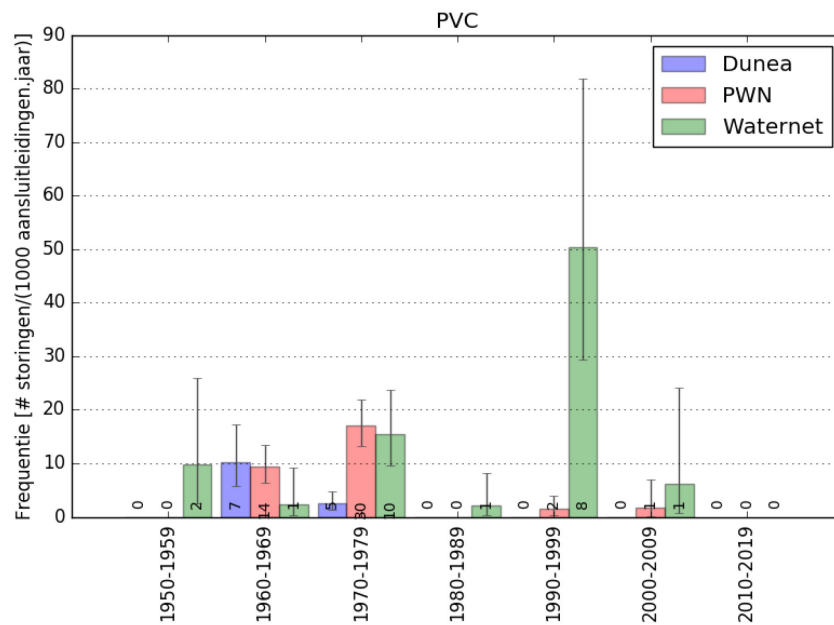
Om een meer gedifferentieerd beeld te krijgen voor verschillende aanlegjaren zijn ook storingsfrequenties berekend voor aanlegjaren van 10 jaar voor elk bedrijf, voor de materiaalsoorten PE, PVC en koper (Figuur 5.2, Figuur 5.3, Figuur 5.4). Aansluitleidingen of storingen van aansluitleidingen waarvan het aanlegjaar onbekend is zijn niet meegenomen in de analyses.



FIGUUR 5.2 STORINGSFREQUENTIES KOPER AANSLUITLEIDINGEN NAAR COHORTEN VAN AANLEGJAARKLASSEN (10 JAAR). DE GETALLEN GEVEN HET AANTAL STORINGEN WEER WAARVOOR DE FREQUENTIE BEREKEND IS. DE BANDBREEDTEN GEVEN HET 80% BETROUWBAARHEIDINTERVAL WEER.



FIGUUR 5.3 STORINGSFREQUENTIES PE AANSLUITLEIDINGEN NAAR COHORTEN VAN AANLEGJAARKLASSEN (10 JAAR). DE GETALLEN GEVEN HET AANTAL STORINGEN WEER WAARVOOR DE FREQUENTIE BEREKEND IS. DE BANDBREEDTEN GEVEN HET 80% BETROUWBAARHEIDINTERVAL WEER.



FIGUUR 5.4 STORINGSFREQUENTIES PVC AANSLUITLEIDINGEN NAAR COHORTEN VAN AANLEGJAARKLASSEN (10 JAAR). DE GETALLEN GEVEN HET AANTAL STORINGEN WEER WAARVOOR DE FREQUENTIE BEREKEND IS. DE BANDBREEDTEN GEVEN HET 80% BETROUWBAARHEIDINTERVAL WEER.

In de bovenstaande figuren vallen een aantal zaken op:

- Wat betreft koperen leidingen:
 - Oudere koperen leidingen uit de aanlegjaarklasse 1950 t/m 1969 hebben bij Dunea een relatief hoge storingsfrequentie, in tegenstelling tot dezelfde cohorten bij PWN en Waternet. Dit kan veroorzaakt worden door het feit dat van Dunea slechts 1 jaar storingsgegevens beschikbaar zijn.
 - Wanneer de hogere frequenties van koperen leidingen uit 1950 t/m 1969 bij Dunea weggelaten worden lijkt er een maximum te liggen in de buurt van de jaren tussen 1970 en 1990.
- Wat betreft PE leidingen:
 - Van de oudste PE leidingen (1950 t/m 1959) is weinig storingsdata beschikbaar. De voor dit cohort berekende frequenties zijn dus erg onbetrouwbaar.
 - Bij Waternet lijkt er bij PE leidingen van voor 1980 (35 jaar en ouder) een opgaande trend zichtbaar in de storingsfrequentie. Een dergelijke trend kan veroorzaakt worden door veroudering van het PE, maar ook door de toename van zetting over de tijd (zie faalmechanismen in Hoofdstuk 4).
 - Data van PWN leidt voor het cohort 1970 t/m 1979 tot een veel hogere frequentie dan voor de andere aanlegjaarc cohorten. Dit verschil is niet zichtbaar bij Waternet of Dunea. Het is de vraag of deze hoger frequentie reëel is of dat deze veroorzaakt wordt door ontbrekende data (zie ook tekst aan het begin van Paragraaf 5.2).
 - De storingsdata van Dunea laat geen duidelijke trend zien in de tijd.
- Wat betreft PVC leidingen:
 - PVC aansluitleidingen komen minder vaak voor dan aansluitleidingen van PE en koper (Paragraaf 3.2). Er is dan ook minder storingsdata beschikbaar voor aansluitleidingen van PVC. De beschikbare data leidt dan ook niet tot een consistent beeld van de frequentie in de tijd.

- De storingsfrequenties van PVC over de verschillende aanlegjaren variëren ongeveer van 2 tot 18 storingen·1000 aansluitleidingen¹·jaar¹ met één uitschieter naar 50 (bandbreedte 30 – 80) storingen·1000 aansluitleidingen¹·jaar¹ voor PVC bij Waternet in het cohort 1990 t/m 1999.

5.3 Schatting jaarlijkse kosten voor reparatie en vervanging van aansluitleidingen

Voor het definiëren van kostenkentallen voor het repareren en vervangen van aansluitleidingen is een vragenlijst naar de DPW-bedrijven gestuurd (Paragraaf 5.1.3). De resultaten van deze vragenlijsten zijn hieronder weergegeven (Tabel 5.1, Tabel 5.2 en Tabel 5.3)

Achteraf bleek dat de bedragen uit Tabel 5.1, Tabel 5.2 en Tabel 5.3 op verschillende manieren tot stand gekomen te zijn. De kentallen voor Dunea en PWN zijn berekend op basis van begrotingen. De kentallen voor Waternet zijn gedefinieerd op basis van nacalculatie. Het is aannemelijk dat de kostenkentallen van Waternet daarom het meest met de werkelijkheid overeenkomen. Tijdens het tussenoverleg met de projectgroep is daarom besloten om de kentallen van Waternet te hanteren voor het bereken van de jaarlijkse kosten voor reparatie en vervanging van aansluitleidingen.

TABEL 5.1 KENTALLEN VOOR REPARATIES EN VERVANGINGEN BIJ DUNEA.

Materiaal aansluitleiding (tot ong. 50 mm)	Kosten vervanging ⁸	Kosten reparatie ²	% vervangen na storing ⁹
Koper aansluitleiding	€ 1050	€ 800	-
PE aansluitleiding	€ 1050	€ 800	-
PVC aansluitleiding	€ 1050	PVC wordt vervangen	-
Overige materialen (GGIJ, ST, etc.)	-		

TABEL 5.2 KENTALLEN VOOR REPARATIES EN VERVANGINGEN BIJ PWN.

Materiaal aansluitleiding (tot ong. 50 mm)	Kosten vervanging	Kosten reparatie	% vervangen na storing ¹⁰
Koper aansluitleiding	€ 970	€ 500	80%
PE aansluitleiding	€ 970	€ 500	10%
PVC aansluitleiding	€ 970	€ 500	80%
Overige materialen (GGIJ, ST, etc.)	€ 970	€ 500	80%

TABEL 5.3 KENTALLEN VOOR REPARATIES EN VERVANGINGEN BIJ WATERNET.

Materiaal aansluitleiding (tot ong. 50 mm)	Kosten vervanging	Kosten reparatie	% vervangen na storing
Koper aansluitleiding	€ 780	€ 562	Wordt niet geregistreerd
PE aansluitleiding	€ 682	€ 493	Wordt niet geregistreerd

⁸ Gemiddelde werktijd x uurtarief inzet (prijspeil 2015) inclusief materiaalinzet en -kosten.

⁹ Percentage van storingen waarbij de leiding vervangen wordt. Het aantal leidingen dat gerepareerd wordt is dan gelijk aan 1 - dit percentage.

¹⁰ PWN heeft hierbij opgemerkt dat de meeste aansluitleidingen na een storingen eerst voor nood gerepareerd worden en dat op een later moment de aansluitleiding als nog in zijn geheel vervangen wordt. De werkelijke kosten voor het vervangen van aansluitleidingen kunnen dus hoger liggen dan in dit rapport weergegeven, omdat er in veel gevallen mogelijk sprake is van reparatie én vervanging.

PVC aansluitleiding	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Overige materialen (GGIJ, ST, etc.)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

In Tabel 5.3 zijn bedragen gespecificeerd tot op de euro nauwkeurig. In de kostencalculatie is gerekend met (op 100 euro naar boven) afgeronde bedragen omdat het, gezien de nauwkeurigheid van de berekening, niet mogelijk is om tot op een significantie van één euro te rekenen.

Dunea en PWN rekenen voor alle materialen met dezelfde begroting. Omdat de tabel met kentallen van Waternet geen informatie bevat over aansluitleidingen van PVC en overige materialen wordt voor deze groepen aansluitleidingen het volgende aangenomen:

- Voor PVC aansluitleidingen wordt hetzelfde kostenkental aangenomen als voor PE.
- Voor overige materialen wordt hetzelfde kostenkental aangenomen als voor koperen leidingen.

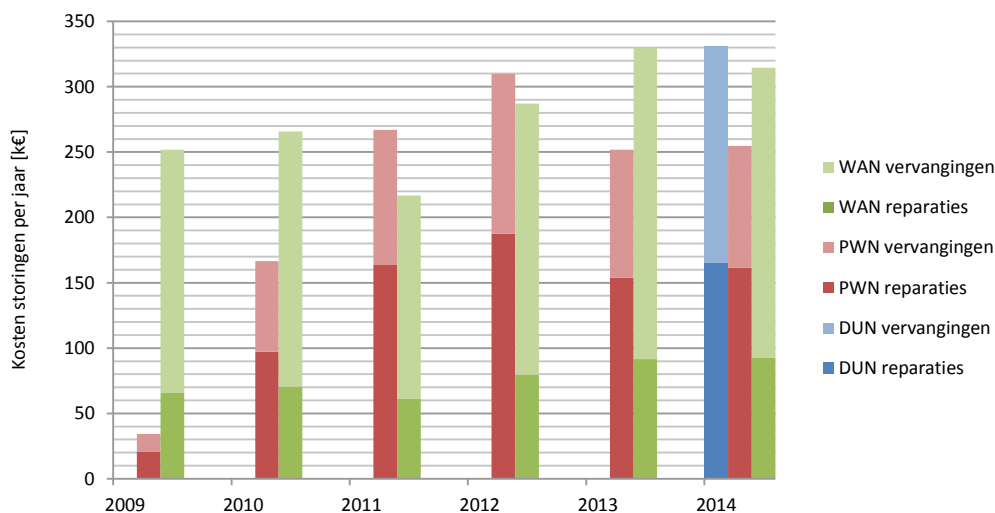
De combinatie van Tabel 5.3, Vergelijking 5 en de hierboven genoemde aannamen leiden tot de contante kosten zoals weergegeven in Tabel 5.4:

TABEL 5.4 CONTANTE KOSTEN VOOR VERVANGING EN REPARATIE VAN AANSLUITLEIDINGEN (AFGROND OP TIENTALLEN EURO'S).

Jaar	Vervanging kunststof leidingen	Reparatie kunststof leidingen	Vervanging overige leidingen	Reparatie overige leidingen
2015	€ 700	€ 500	€ 800	€ 600
2014	€ 700	€ 500	€ 800	€ 600
2013	€ 690	€ 500	€ 790	€ 590
2012	€ 670	€ 490	€ 770	€ 580
2011	€ 650	€ 480	€ 740	€ 560
2010	€ 620	€ 460	€ 710	€ 540
2009	€ 590	€ 440	€ 670	€ 510

Het percentage aansluitleidingen dat na een storing vervangen wordt is alleen door PWN geschat (Tabel 5.2). Deze percentages worden gehanteerd voor alle bedrijven. PWN heeft hierbij opgemerkt dat de meeste aansluitleidingen na een storingen eerst voor nood gerepareerd worden en dat op een later moment de aansluitleiding als nog in zijn geheel vervangen wordt. De werkelijke kosten voor het vervangen van aansluitleidingen kunnen dus hoger liggen dan in dit rapport weergegeven, omdat er in veel gevallen mogelijk sprake is van reparatie én vervanging.

Op basis van de informatie uit Tabel 5.4 en het aantal storingen per materiaal per jaar (Paragraaf 3.4) kunnen de jaarlijkse kosten voor het repareren en vervangen van aansluitleidingen berekend worden (Figuur 5.5).

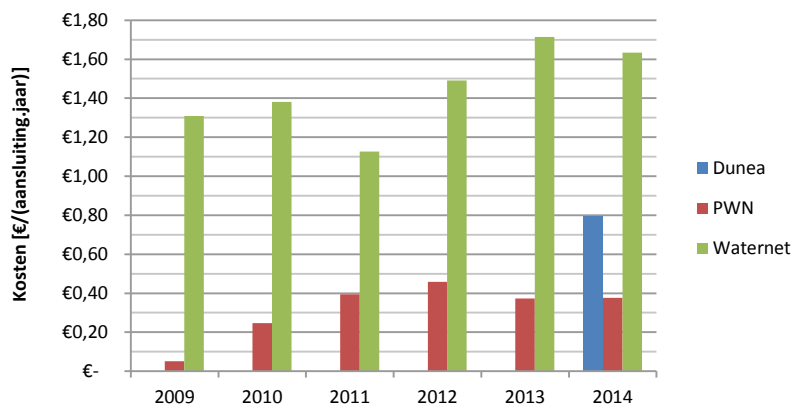


FIGUUR 5.5 SCHATTING JAARLIJKSE KOSTEN VOOR VERVANGING EN REPARATIE VAN AANSLUITLEIDINGEN DOOR STORINGEN VAN AANSLUITLEIDINGEN (EXCLUSIEF DIENSTKRANEN EN HOOFDKRANEN).

De volgende punten in Figuur 5.5 vallen op:

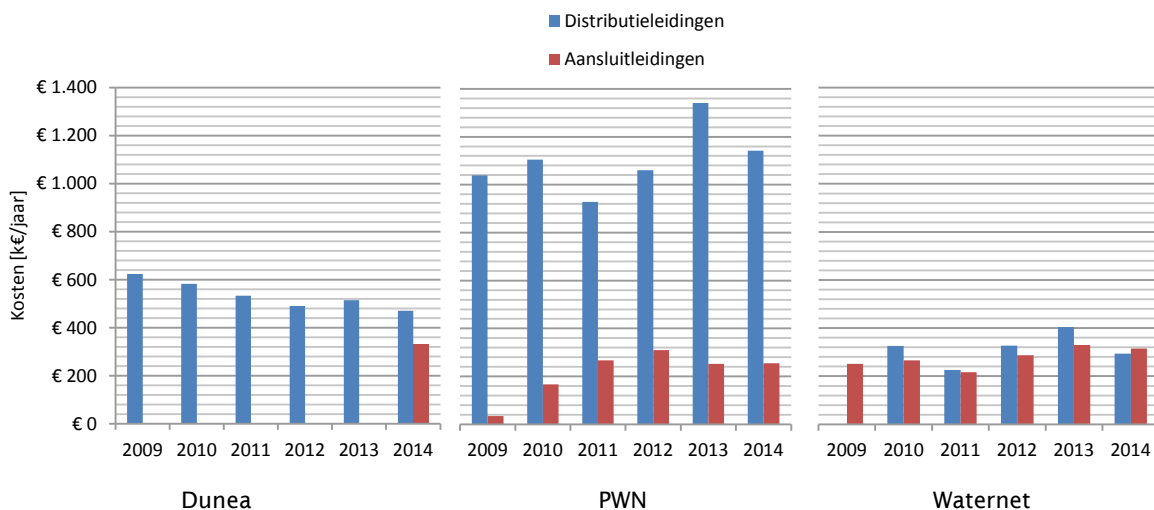
- Bij PWN zit er een groot verschil tussen de kosten in 2009 en 2011 t/m 2014. Dit verschil wordt vermoedelijk veroorzaakt doordat de registratie van storingen van aansluitleidingen in 2009 en 2010 niet compleet was (zie ook Paragraaf 3.4).
- Ten opzichte van Waternet lijkt PWN veel minder vervangingen na een storing te hebben. Dit gegeven is echter onbetrouwbaar omdat de vervangingspercentages (voor alle bedrijven) voor de verschillende materialen (koper, PE, PVC, overig) ontleend zijn aan schattingen van PWN.
- Wat de totale kosten betreft hebben de bedrijven voor 2014 een vergelijkbaar resultaat. Wanneer dit resultaat echter gedeeld wordt door het aantal aansluitleidingen ontstaat een ander beeld (Figuur 5.6).

In Figuur 5.6 is te zien dat, naar verhouding van het aantal aansluitleidingen Waternet de hoogste kosten per jaar heeft als gevolg van storingen van aansluitleidingen (ongeveer 1,1 – 1,7 €/aansluiting.jaar). PWN heeft minder kosten per aansluitleiding (0,4 – 0,5 €/aansluiting.jaar) en Dunea zit er tussenin (0,8 €/aansluiting.jaar). Een mogelijke verklaring hiervoor is het hogere aantal koperen aansluitleidingen bij Waternet.



FIGUUR 5.6 SCHATTING JAARLIJKSE KOSTEN VOOR VERVANGING EN REPARATIE VAN AANSLUITLEIDINGEN DOOR STORINGEN VAN AANSLUITLEIDINGEN GEDEELD DOOR HET TOTAAL AANTAL AANSLUITLEIDINGEN PER BEDRIJF (EXCLUSIEF DIENSTKRANEN EN HOOFDKRANEN).

Om de absolute kosten per jaar voor storingen van aansluitleidingen (Figuur 5.5) in perspectief te plaatsen zijn deze vergeleken met een schatting van de kosten die gemoeid zijn met storingen van distributieleidingen (Figuur 5.7)¹¹. Om het aantal storingen van distributieleidingen¹² per jaar te bepalen zijn storingsgegevens uit USTORE gebruikt (d.d. 2 oktober 2015). Als kostenkental voor de reparatie van een distributieleiding na een storing is het bedrag van € 2500,- gehanteerd. Dit is een schatting op basis van gegevens die verkregen zijn van Dunea, PWN en Waternet. In dit bedrag is alleen rekening gehouden met manuren, materiaal- en materieelkosten. Kosten vanwege schade c.q. claims zijn niet meegenomen in dit bedrag.



FIGUUR 5.7 KOSTEN PER JAAR VOOR REPARATIE NA STORINGEN: VERGELIJING KOSTEN VOOR STORINGEN VAN AANSLUITLEIDINGEN EN DISTRIBUTIELEIDINGEN.

¹¹ In dit rapport worden alleen kosten als gevolg van reparatie na een storing beschouwd (op basis van aantallen storingen). In werkelijkheid zullen kosten voor vervanging van leidingen hoger liggen, omdat daarin ook kosten voor het pro-actief vervangen van leidingen meegenomen zijn (actieve sanering).

¹² Distributieleidingen zijn daarbij gedefinieerd als leidingen met een diameter groter dan 50 mm en kleiner dan 300 mm.

De volgende punten vallen op:

- Het verschil tussen de kosten voor distributieleidingen en kosten voor aansluitleidingen verschilt erg per bedrijf. Dit verschil is klein bij Waternet en relatief groot bij PWN. hiervoor zijn een aantal verklaringen:
 - Zoals blijkt uit Figuur 3.2 heeft Waternet relatief veel koperen leidingen (50%). Uit Figuur 5.1 blijkt dat koperen aansluitleidingen ongeveer 2 tot 3 keer vaker storen dan PE leidingen. PWN heeft juist veel meer PE aansluitleidingen¹³.
 - PWN heeft meer rurale gebieden, waardoor het aandeel distributieleidingen ten opzichte van het aandeel aansluitleidingen groter is dan bij Waternet. Daarom zal PWN in absolute aantallen ook meer storingen (en kosten) dan storingen van aansluitleidingen hebben in vergelijking met Waternet.
- Bij Waternet (en in mindere mate ook bij Dunea) zijn de geschatte kosten die verbonden zijn aan storingen van aansluitleidingen vergelijkbaar met kosten voor storingen van het distributienet (uitgaande voor kosten van manuren en materiaal- en materieelgebruik). Hieruit kan geconcludeerd worden dat de kosten door storingen van aansluitleidingen bij een aantal bedrijven substantieel zijn.

¹³ Mogelijk speelt ook de materiaalkeuze (en eigenschappen van de ondergrond) met betrekking tot het distributienet een rol in de vergelijking van PWN en Waternet. Omdat dit buiten de scope van dit onderzoek valt wordt daar in dit rapport niet verder op ingegaan.

6 Conclusies

In het project *Storingen op aansluitleidingen* is informatie van de DPWE bedrijven over aansluitleidingen verzameld. Naast de data-analyse zijn theoretische faalmechanismen voor aansluitleidingen bepaald op basis van literatuur en is op basis van kosten van storingen van aansluitleidingen een inschatting van de urgentie van storingen op aansluitleidingen gemaakt.

Het ontbreken van een eenduidig registratieformat voor zowel informatie van aansluitleidingen als van storingen van aansluitleidingen zorgt ervoor dat er veel databewerkingen nodig was voordat de data voldoende bruikbaar was voor het uitvoeren van analyses zoals het berekenen van een storingsfrequentie. Dit komt doordat:

1. veel parameterwaarden van aansluitleidingen of storingen van aansluitleidingen leeg zijn (data niet compleet);
2. voor dezelfde typen leidingen soms verschillende duidingen gebruikt worden, bijvoorbeeld 'Onb.' en 'onbekend' voor de parameter 'materiaal' van een aansluitleiding (data niet consistent).
3. parameterwaarden van leidingdata en storingsdata (die afkomstig zijn uit verschillende bestanden) niet overeenkomen (data niet consistent).

Het incompleet zijn van de data (punt 1 hierboven) betreft vooral de parameter 'aangeggeen'. Voor storingsdata ontbreekt deze parameter bij sommige bedrijven vaak (in 19 tot 70% van de gevallen) Bij leidingdata zijn deze percentages respectievelijk 1 en 60%. Daarbij is nog niet meegenomen dat er nog een groep aansluitleidingen is met een zogenaamd 'default'-aangeggeen (meestal '1900'), waarvan het werkelijke aangeggeen dus ook niet in de database staat. Een belangrijk verbeterpunt betreft dus de volledigheid en beschikbaarheid van de data van aansluitleidingen bij de bedrijven, vooral als het data van storingen van aansluitleidingen gaat. Deze is noodzakelijk om analyses uit te kunnen voeren waar vervangingsbeslissingen van cohorten van aansluitleidingen op gebaseerd kunnen worden.

De bestanden met aansluitleidingen bevatten veel data. Gezien de grote hoeveelheid data is het nauwelijks mogelijk om analyses uit te voeren in een spreadsheetprogramma zoals Microsoft Excel of OpenOffice Calc. Dit is tijdens het project opgelost door analyses uit te voeren in rekenprogramma's zoals Python of Matlab. Het gebruik van deze programma's vereist eenduidigheid van registratie.

De verwachting is dat het belangrijkste faalmechanisme voor aansluitleidingen het constructief falen van de buis door een te grote verschilzetting tussen aansluitleiding (niet gefundeerd) en pand (wel gefundeerd) betreft. Constructief falen door aantasting van het materiaal komt alleen in specifieke situaties voor, zoals het corroderen van koperen leidingen. Bij kunststof drinkwaterleidingen zoals PE en PVC kan – wanneer de omliggende bodem vervuild is – permeatie optreden waardoor er sprake is van leidingfalen met betrekking tot de waterkwaliteit. Ook overmatige groei van biofilm kan leiden tot falen wat betreft waterkwaliteit.

De materialen PE, PVC en koper vormen het grootste aandeel (86 tot 96%) van alle aansluitleidingen van de onderzochte bedrijven. Van deze materialen blijken PVC en koper

de hoogste storingsfrequentie te hebben, namelijk 2 tot 11 storingen·1000 aansluitleidingen⁻¹·jaar⁻¹. PE leidingen hebben een veel lagere frequentie (0,5 tot 1 storingen·1000 aansluitleidingen⁻¹·jaar⁻¹). De storingsfrequentie van PE aansluitleidingen ligt daarmee een factor 3 tot 4 lager dan die van koperen en PVC aansluitleidingen.

Wat betreft de parameter ‘aanlegjaar’ blijkt de data van Waternet het meest compleet te zijn. Uit deze data lijkt de frequentie voor PE aansluitleidingen van voor 1980 (35 jaar en ouder) een met de leeftijd opgaande trend te vertonen. Van de bedrijven waarvan over meerdere jaren storingsdata beschikbaar waren blijkt dat de storingsfrequenties van de materialen koper en PE (deels) vergelijkbaar zijn. Dit geeft aan dat het mogelijk zinvol is om gezamenlijke analyses met de DPWE-bedrijven uit te voeren. Het berekenen van storingsfrequenties van aansluitleidingen draagt bij aan het proces om te komen tot een beter assetmanagement van aansluitleidingen.

Voor de onderzochte bedrijven liggen de geschatte kosten als gevolg van noodzakelijke reparaties en vervangingen van aansluitleidingen tussen de 250 en 350 k€/jaar. Dit bedrag is gebaseerd op alleen storingen van aansluitleidingen. Wanneer de jaarlijkse kosten gedeeld worden door het aantal aansluitingen ontstaat een meer gedifferentieerd beeld voor de bedrijven; de kosten per aansluiting per jaar variëren van 0,4 tot 1,6 €/(aansluiting·jaar). Wanneer op dezelfde manier kosten berekend worden voor reparatie van distributieleidingen blijkt dat de geschatte jaarlijkse kosten door storingen van aansluitleidingen bij Dunea en Waternet vergelijkbaar zijn met de jaarlijkse kosten door storingen van distributieleidingen. In deze vergelijking zijn kosten vanwege schade niet meegenomen. Bij PWN zijn de kosten door storingen van distributieleidingen veel hoger dan de kosten door storingen van aansluitleidingen.

7 Aanbevelingen

Voor aansluitleidingen is er nog weinig informatie beschikbaar over – voor aansluitleidingen specifieke – faalmechanismen en het storingsgedrag van verschillende cohorten van aansluitleidingen. Aan de andere kant zijn de kosten die gemoeid zijn met het repareren en vervangen van aansluitleidingen significant, hoewel de mate hiervan verschilt per bedrijf. Materiaaltype en leeftijd lijken invloed te hebben op de storingsfrequentie, maar er zijn betere data nodig om deze correlaties goed te onderbouwen. Om in de toekomst goed onderbouwde analyses uit te kunnen voeren voor aansluitleidingen wordt het aanbevolen om:

- de data van aansluitleidingen en storingen van aansluitleidingen meer consistent te maken, dat wil zeggen dat dezelfde parameterwaarden gebruikt worden in data van aansluitleidingen en storingen van aansluitleidingen (Dunea, PWN, Waternet);
- data van aansluitleidingen eenvoudiger beschikbaar te maken voor interne of externe (KWR) analyses (Dunea);
- het aantal omissies in data van aansluitleidingen (in het bijzonder wat betreft het jaar van aanleg) te verminderen, bijvoorbeeld door te kijken naar het aanlegjaar van de wijk, of de aangrenzende distributieleidingen (PWN, Dunea, Waternet);
- eenduidiger te registreren welke storingen veroorzaakt worden door derden (Dunea);
- de aansluitleiding in de bredere context van de complete aansluiting te zien, waartoe ook aanboorzadel en dienstkraan behoren.

Er lijken vergelijkbare mechanismen op te treden bij verschillende bedrijven. Daarom kan gezamenlijke registratie en analyse meerwaarde opleveren voor het trekken van conclusies over het storingsgedrag van verschillende leidingcohorten. Er wordt daarom aanbevolen om gezamenlijk een eenduidig protocol voor het registreren van storingen van aansluitleidingen te ontwikkelen (DPWE bedrijven). Aanvullend onderzoek is nodig om te bepalen in hoeverre een beter inzicht in het storingsgedrag van aansluitleidingen bij kan dragen aan het verminderen van kosten voor het beheer van het leidingnet.

Op dit moment wordt er door de DPWE bedrijven geen historie van het aansluitleidingenbestand bijgehouden. Dit heeft tot gevolg dat voor het berekenen van storingsfrequenties slechts een beperkte hoeveelheid storingsdata gebruikt kunnen worden, daar anders het achterliggende verschil in leidingnetopbouw tussen (actuele) leidingdata en (historische) storingsdata te groot wordt; wat tot een fout in de berekende storingsfrequentie kan leiden. Aanbevolen wordt om, volgens een eenduidig protocol, jaarlijks de opbouw van het aansluitleidingennet vast te leggen en zo een historie op te bouwen.

Het falen van een aansluitleiding vanwege waterkwaliteitsissues is niet meegenomen in dit onderzoek. Dit komt door de gekozen definitie van leidingfalen die overgenomen is uit de documentatie van USTORE. Het wordt aanbevolen om te onderzoeken:

- in hoeverre waterkwaliteitsissues een belangrijk faalmechanisme van aansluitleidingen zijn;
- in hoeverre waterkwaliteitsissues een basis vormen voor saneringsbeslissingen;

- in hoeverre waterkwaliteitsissues in praktijk registreerbaar zijn¹⁴ in werkprocessen voor het registreren van storingen van aansluitleidingen.

Er is veel onduidelijkheid over het benoemen van verschillende soorten PE. Vaak worden nog steeds oude aanduidingen zoals ZPE of HPE gehanteerd terwijl het juister is om de actuele terminologie (PE 40, PE 80, etc.) te hanteren. Deze conversie wordt steeds relevanter, omdat er al veel PE aansluitleidingen gelegd zijn, en PE steeds meer als materiaal voor aansluitleidingen gebruikt wordt. Het in kaart brengen van het type PE heeft als voordeel dat er voor verschillende soorten PE kan middels storingsfrequentieberekeningen bepaald worden welke leidingcohorten het beste vervangen kunnen worden.

Dit zou bijvoorbeeld gedaan kunnen worden door:

- een conversietabel op te stellen waarmee bedrijven hun PE soorten (zo nodig) kunnen hernoemen;
- op basis van aanwezige kennis binnen de bedrijven en geografische gegevens (bijvoorbeeld de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG)) te achterhalen welke PE soorten waar gebruikt zijn.

Uit de kostenanalyse blijkt dat de kosten voor het vervangen en repareren van aansluitleidingen substantieel zijn. Wanneer meer data beschikbaar is volgens een eenduidig protocol kan een betrouwbare inschatting gegeven worden van het verbeterpotentieel (bijvoorbeeld de besparing die gerealiseerd wordt wanneer alle koperen leidingen uit de jaren '70 vervangen worden).

Bij sommige bedrijven ontbreekt informatie over de lengte van aansluitleidingen. Lengtes van aansluitleidingen kunnen geschat worden op basis van locaties van meteropstellingen en dienstkranen. Wanneer leidinglengtes bekend zijn kan onderzocht worden of deze van invloed zijn op de storingsfrequentie.

Gezien de aard van een aansluitleiding (verbinding tussen gefundeerd pand en ongefundeerd leidingnet) ligt het voor de hand dat grote verschilzettingen kunnen leiden tot lekkage of het constructief falen van de buis. Het wordt aanbevolen om onderzoek te doen naar de relatie tussen bodemdaling (en dus verschilzetting met gefundeerde panden) en het falen van aansluitleidingen.

¹⁴ Hier wordt bedoeld in welke mate deze faalmechanismen waarneembaar zijn en dus leiden tot een juiste registratie (volledig, reproduceerbaar en herhaalbaar).

Literatuur

- Chung, S., Oliphant, K., Vibien, P., and Zhang, J., 2007, An examination of the relative impact of common potable water disinfectants (chlorine, chloramines and chlorine dioxide) on plastic piping system components, *ANTEC 2007*:2940.
- Meerkerk, M., 2010, Leidraad voor de toepassing van leidingmaterialen in met organische stoffen verontreinigde bodem, Report no. KWR 2010.053, KWR, Nieuwegein, pp. 28.
- Mesman, G. A. M., 2016 (in voorbereiding), Kennisregels PE leidingen, KWR, Nieuwegein.
- Trietsch, E., 2008, Verslag Startbijeenkomst Landelijk Uniforme Storingenregistratie, Nieuwegein.
- Trietsch, E., and Schaap, P., 2006, Betrouwbaarheid van afsluiters en sectie-isolaties, Report no. BTO 2006.016, KWR, Nieuwegein.
- Ulm, K., 1990, A simple method to calculate the confidence interval of a standardized mortality ratio (SMR), *American Journal of Epidemiology* **131**(2):373-375.
- Van Thienen, P., 2012, Storingenregistratie en -analyse: Hoeveel storingen hebben we eigenlijk nodig?, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.
- Westerink, H., 1982, Hogere Waterleidingtechniek - 6 - Materialenkennis, VEWIN-Opleidingscentrum, Utrecht.