



## Inspectietechnieken voor drinkwaterleidingen

*Ralph Beuken (KWR Watercycle Research Institute), Bart Bergmans (Evides), George Mesman (KWR Watercycle Research Institute)*

**In het Bedrijfstakonderzoek (BTO) dat KWR Watercycle Research Institute uitvoert voor de Nederlandse drinkwaterbedrijven, is een workshop georganiseerd over de mogelijkheden van inspectie van drinkwaterleidingen. Tijdens deze workshop, waaraan drinkwaterbedrijven en inspectiebedrijven deelnamen, werden ervaringen uitgewisseld van drinkwaterbedrijven met inspectietechnieken, schetsten inspectiebedrijven nieuwe ontwikkelingen en werden de innovatiebehoeften op elkaar afgestemd. Drinkwaterbedrijven hebben vooral behoefte aan technieken die betrouwbaar zijn, de waterkwaliteit niet beïnvloeden en tegen geringe kosten inzetbaar zijn. Voor inspectiebedrijven is het belangrijk dat er voldoende inspectiewerkzaamheden plaatsvinden, waar zij deze technieken kunnen toepassen.**

De afgelopen jaren hebben de drinkwaterbedrijven ervaring opgedaan met diverse inspectietechnieken voor verschillende leidingmaterialen. Inspecties variëren van metingen van de effectieve wanddikte door monteurs van drinkwaterbedrijven, tot gedetailleerde inwendige inspecties door gespecialiseerde inspectiebedrijven. Inspecties worden ingezet om meer kennis te verzamelen over de toestand van leidingmaterialen. Op die manier kan de kans op storingen worden ingeschat. Op basis van de kans op een storing en het mogelijke effect van die storing, worden leidingen geselecteerd die in aanmerking komen voor vervanging, relining of meer intensieve monitoring. Zo kunnen drinkwaterbedrijven investeringen in leidingen met een betere conditie uitstellen en die in leidingen waar men geen storingen accepteert naar voren halen. In Kader 1 blijkt uit een voorbeeld dat meer kennis over de toestand van leidingen kostenvoordelen oplevert.

Op 2 oktober 2015 werd de BTO-workshop “Inspectietechnieken” georganiseerd. Aan deze workshop namen de Nederlandse drinkwaterbedrijven deel en ook De Watergroep uit Vlaanderen. Daarnaast waren de inspectiebedrijven M.J. Oomen Groep, Echologics, A. Hak Industrial Services en Acquaint aanwezig. Het doel van deze workshop was het uitwisselen van ervaringen over inspectie van drinkwaterleidingen, het benoemen van de inspectiebehoefte en het verkennen van initiatieven voor verdere innovatie.

### Inspectiebehoefte van drinkwaterbedrijven

Vier drinkwaterbedrijven gaven presentaties over de toepassing van diverse inspectietechnieken. Vitens presenteerde praktijkproeven en ging specifiek in op het vergelijken van resultaten van verschillende inspectietechnieken. Evides gaf een toelichting op een analyse van de inspectiebehoefte (zie ook Kader 2) en recent uitgevoerde pilots. De presentatie van Brabant Water betrof een analyse van toestandsmetingen met behulp van neurale netwerken, uitgevoerd op buisdelen die door werkzaamheden beschikbaar komen (zogenaamde exitbeoordelingen). PWN gaf een overzicht van de metingen die zijn uitgevoerd door Echologics (voor meer achtergrond, [1]).

Op basis van de praktijkervaringen blijkt dat drinkwaterbedrijven momenteel vooral drie soorten inspectietechnieken inzetten:

- destructieve testen, op uitgenomen buisdelen die van één locatie de specifieke toestand geven (zie afbeelding1);
- e-Pulsemetingen, die zijn ontwikkeld door het Canadese bedrijf Echologics en die een gemiddelde toestandswaarde geven, gemeten vanaf het straatniveau (zie afbeelding2);
- in-line technieken, die toegang vereisen tot de buis en gedetailleerde informatie verstrekken over een grote lengte (zie afbeelding3).



Afbeelding1. Destructief testen met thymolftaleïne op AC-buisdelen. De blauwe kleur betekent dat de buis nog in aanvaardbare staat is.



Afbeelding2. Metingen met e-Pulse en de uitlezing van sensoren.



Afbeelding3. In-line inspectie met de See Snake van het bedrijf PICA

Met name op het gebied van in-line technieken worden in de komende jaren innovaties verwacht. Dit komt mede door het inzetten van technieken die afkomstig zijn uit de gas- en oliesector. Drinkwaterbedrijven hebben vooral behoefte aan inspectietechnieken voor leidingen vanaf 200 mm van AC en PVC, en grote transportleidingen van beton, GVK en staal. Drinkwaterbedrijven hebben in het verleden proeven uitgevoerd met diverse in-line inspectietechnieken, maar dit heeft nog niet geleid tot een structurele toepassing. In het BTO is de laatste jaren veel aandacht besteed aan het onderscheiden van algemene kenmerken van de toestand van leidingen [1] t/m [6].

Voor PVC, het meest toegepaste leidingmateriaal in Nederland, is geen in-line techniek beschikbaar die de toestand van een leiding kan vaststellen [4]. Dit is op dit moment alleen nog mogelijk door het uitnemen van monsters en deze in een lab te testen. Binnen het BTO wil KWR in 2016 een door Wetsus ontwikkelde techniek in de praktijk gaan toetsen. Dit betreft de zogeheten *noncollinear wave mixing technique* voor het meten van de fysische veroudering van PVC. In een vervolgfase kan deze techniek toegepast worden op een in-line inspectieapparaat. Voor AC is het wel mogelijk de toestand te meten met in-line inspectie op basis van radar; hier zijn echter nog verbeteringen door te voeren [1]. De toestand van metalen leidingen (eventueel met inwendige cementcoating) kan in-line bepaald worden met behulp van elektromagnetische meettechnieken. Ook kunnen met deze technieken draadbreuken in het wapeningsstaal van betonnen leidingen geïdentificeerd worden. Voor GVK zijn nog geen toestandsmetingen bekend. In bepaalde gevallen is een meting van de toestand van de leiding niet (goed) mogelijk, maar kan visuele inspectie nuttige informatie opleveren. Hierbij valt te denken aan het registreren van de insteeklengte en hoekverdraaiing bij verbindingen, de toestand van de inwendige cementcoating in stalen leidingen, de staat van afsluiters, of de aanwezigheid van reparatiestukken. Een in-line meting kan ook nuttig zijn voor de bepaling van de exacte ligging van een leiding. Drinkwaterbedrijven zijn druk bezig om hun informatiesystemen verder te vorm te geven. Dit betekent dat eisen gesteld zullen worden aan informatie afkomstig van inspectietechnieken, zoals het hanteren van eenduidig interpreteerbare formats, het vertalen van meetresultaten naar managementrapportages en het opstellen van kostenkengetallen voor de inzet van inspectietechnieken. Daarnaast is het belangrijk inspectieresultaten te kunnen vertalen naar andere, vergelijkbare leidingen en er informatie uit te halen met betrekking tot de restlevensduur, zo nodig door het uitvoeren van periodieke metingen. Op basis van de discussie in de workshop zijn tien succesfactoren benoemd voor de introductie van een inspectietechniek, te zien in tabel 1.

Tabel 1. Tien succesfactoren voor een in-line inspectietechniek voor toestandsmetingen van drinkwaterleidingen.

1. Garantie	Inspectie mag de waterkwaliteit niet negatief beïnvloeden
-------------	---

waterkwaliteit	
2. Beperkte overlast	Inspectie geeft beperkte overlast voor klanten en de omgeving
3. Kosteneffectief	De integrale kosten van inspecteren zijn lager dan de opbrengsten van uitstel van investering en/of vermijden van falen
4. Correct	Een juiste, reproduceerbare meting met voldoende detail
5. Interpreteerbaar	Resultaten geven informatie over de sterkte van de leiding en de kans op falen c.q. restlevensduur van die leiding
6. Analyseerbaar	Resultaten zijn leesbaar en begrijpelijk, zijn te koppelen aan gangbare leidinginformatiesystemen en te analyseren in samenhang met andere informatie, zoals storingen en omgevingsfactoren
7. Vertaalbaar	Resultaten zijn te vertalen naar andere leidingen, zodat slechts voor een deelpopulatie inspectie nodig is
8. Inzetbaar	De techniek is goed en snel inzetbaar in het leidingnet en vergt weinig voorbereiding, zoals de aanleg van toegangsconstructies, schoonmaken en controleren van afsluiters
9. Specifiek toepasbaar	De techniek is aangepast aan specifieke omstandigheden in leidingnetten zoals bochten, vlinderkleppen, corrosielagen en materiaalvernauwingen; in geval van problemen is het meetinstrument te traceren en weer uit te nemen
10. Divers	De techniek verschaft ook andere relevante informatie, zoals plaatsbepaling, de staat van verbindingen en afsluiters, en de aanwezigheid van niet-geregistreerde objecten

### Innovaties van inspectietechnieken

Door drie inspectiebedrijven zijn presentaties gegeven over ervaringen met inspectietechnieken en te verwachten technologische ontwikkelingen.

De M.J. Oomen Groep heeft zijn oorsprong in de rioleringsinspectie en heeft apparatuur voor het uitvoeren van radarmetingen in AC-leidingen en visuele inspecties in alle typen leidingen. Met radar is het mogelijk overgangen van materiaaleigenschappen te detecteren, zoals de overgang van uitgeloozd naar niet-uitgeloozd AC. Deze radarmetingen vinden plaats op drie lijnen aan de bovenzijde van de buis en met een dichtheid van 2 centimeter. De techniek is de afgelopen jaren enkele malen ingezet. Dit is echter te weinig om van een rendabele inzet te spreken. Mogelijke verbeteringen, die Oomen aan de radarmeting kan aanbrenge, zijn het uitvoeren van inspectie over de volledige omtrek van de buis, het vergroten van de gemeten lengte, en het verhogen van de radarfrequentie voor betere detectienauwkeurigheid. Voor visuele metingen, waarbij veel ervaring is opgedaan bij rioleringen, zijn verbeteringen mogelijk bij het automatiseren van beeldinterpretatie.

De Canadese firma Echologics heeft in 2014 een bureau geopend in Nederland en voert inspecties uit met de e-Pulsetechniek. Die meet de toestand van de leiding en kan ook eventuele lekken opsporen. De meting met e-Pulse levert in combinatie met leidingeigenschappen (zoals de lengte, wanddikte, elasticiteitsmodulus) een gemiddelde wanddikte op over het gemeten traject. De afgelopen drie jaar is ongeveer 60 kilometer leidingen met deze techniek geïnspecteerd, met name leidingen van AC en grijs gietijzer. Deze techniek is gereed voor toepassing en zal naar verwachting de komende jaren verder worden ingezet. Echologics ontwikkelt op dit moment ook een methode voor het in een vroeg stadium signaleren van lekken, voordat zij zich ontwikkelen tot een groot lek. Dit komt vooral voor bij leidingen van metaal en PVC.

De firma A. HakIndustrial Services beschikt over diverse technieken voor het inspecteren van stalen transportleidingen in de gas- en oliesector. De technieken voor staal zijn in principe bruikbaar voor stalen drinkwaterleidingen, hoewel nog nader onderzocht moet worden hoe de toestand van



meervoudig gelaagde leidingen kan worden gemeten (bijvoorbeeld stalen leidingen met inwendige en uitwendige bekleding). Het ziet erop uit dat er ontwikkelingen voor drinkwaterleidingen op het gebied van de effectieve wanddikte bij leidingen van AC, beton en staal met cementen bekledingen. Daarnaast zijn metingen mogelijk van vervormingen en verdraaiing van de buis, verschuiving van verbindingen en de ligging.

Technieken die beschikbaar zijn voor transportleidingen in de gas- en oliesector zijn niet direct toepasbaar voor drinkwaterleidingen. Dergelijke transportleidingen zijn ontworpen om inspecties uit te voeren. Voor drinkwaterleidingen zullen meestal speciale in- en uitlaatconstructies aangelegd moeten worden. Daarnaast dienen tenminste voor de materialen AC, PVC en GGJ sensoren ontwikkeld of aangepast te worden. Daarbij komt dat de financiële ruimte voor het uitvoeren van inspecties in de gas- en oliesector aanzienlijk groter is dan in de drinkwatersector. Incidenten in deze sectoren veroorzaken ook grote maatschappelijke schade.

### **In-line inspectie in relatie tot autonome robots**

Naast innovaties op het gebied van in-line inspectietechnieken die per inspectie in de leiding worden gebracht, zijn er ook initiatieven voor het ontwikkelen van autonome inspectierobots. Deze robots zijn permanent in de leiding aanwezig en voorzien van verschillende sensoren. Een onderzoek naar de ontwikkeling van het voortbewegingsmechanisme van een dergelijke robot vindt plaats in het BTO-project ARLeL. De gedachte is dat beide technieken elkaar aanvullen. Innovaties van in-line technieken richten zich vooral op grote transportleidingen, die op een specifiek moment worden getest, met een eenduidige stromingsrichting van het water en een beperkt aantal aftakkingen. Innovatie van autonome robots richt zich vooral op meer complexe netstructuren, vaak met een middelgrote diameter. Robots dienen zichzelf voort te bewegen, zijn permanent aanwezig en kunnen een eigen of opgelegde route door het net bepalen. Overeenkomstige factoren zijn dat in-line technieken en autonome robots gebruik maken van vergelijkbare sensoren en dat beide technieken data opleveren die in op vergelijkbare wijze geïnterpreteerd en geanalyseerd zullen worden.

### **Impasse rond kosteneffectieve inspectie doorbreken**

Meerdere partijen constateren dat bij de ontwikkeling van inspectietechnieken sprake is van een impasse. Inspectiebedrijven geven aan dat er niet geïnnoveerd kan worden door het uitblijven van inspectieprojecten en drinkwaterbedrijven vinden de inspectietechnieken te duur en/of onvoldoende betrouwbaar voor een kosteneffectieve inzet. Op initiatief van Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) wordt gewerkt aan de ontwikkeling van nieuwe in-line technieken voor niet-stalen leidingen om deze impasse te doorbreken.

Bij het uitvoeren van inspecties moet rekening worden gehouden met de waterkwaliteit, de kwaliteit van de metingen en de praktische uitvoering (zie ook de factoren uit tabel 1). Daarnaast is het voor bedrijven van groot belang dat de kosten van de inspecties opwegen tegen de voordelen die op grond hiervan behaald kunnen worden. Om een klimaat te kunnen scheppen waarin inspectiebedrijven kunnen innoveren moet er sprake zijn van voldoende marktpotentie voor langere duur. Tevens geven inspectiebedrijven het belang aan van samenwerken met drinkwaterbedrijven, om daarmee optimaal gebruik te maken van specifieke domeinkennis.

### **Wat is er bereikt?**

De workshop heeft duidelijk gemaakt dat de inspectie van leidingen de aandacht heeft van drinkwaterbedrijven. Tevens hebben inspectiebedrijven aangegeven dat de komende jaren innovaties zijn te verwachten die verdere toepassing van inspectietechnieken mogelijk maken. In het BTO zijn tien generiek geformuleerde succesfactoren aangegeven voor de toepassing van deze technieken. Op basis van de behoeften van drinkwaterbedrijven en de technologische mogelijkheden zijn binnen enkele



jaren innovaties te verwachten op het gebied van inspectietechnieken voor de toestand van AC-leidingen en de visuele metingen en plaatsbepaling voor overige leidingmaterialen. Mocht de door Wetsus ontwikkelde techniek voor het meten van fysische veroudering succesvol zijn, dan is er op langere termijn zicht op een bruikbare inspectietechniek voor PVC-leidingen.

#### Referenties

- [1] Beuken, R., P. Horst, G. Mesman, R. van Eijk (2013). *Akoestische metingen brengen de leidingconditie in beeld*, H2O-Online, <https://livelink.kwrwater.nl/livelink/livelink.exe/open/51424212>.
- [2] Beuken, R., R. van Eijk, en N. Slaats (2014). *De waarde van exitbeoordelingen op AC- en GGIJ-leidingdelen*, KWR, BTO 2014.016, Nieuwegein.
- [3] Kater, H. de, R. Beuken, en A. Vogelaar(2010). *Inspectietechnieken voor rationeel saneringsbeleid van leidingnetten*, KWR BTO 2010.013, Nieuwegein.
- [4] Mesman, G.A. (2015). *Kennisregels PVC leidingen*, KWR, BTO 2015.054, Nieuwegein.
- [5] Eijk, R. van (2014). *Betonnen leidingen: inventarisatie, conditiebepaling en onderhoud*, KWR, BTO 2014.001, Nieuwegein.
- [6] [http://www.kwrwater.nl/leidingen\\_inspectietechnieken/](http://www.kwrwater.nl/leidingen_inspectietechnieken/)

## Wat levert meer inzicht in de toestand op?

Tabel 2. Drie vervangingsscenario's en het berekende investeringsverschil op basis van de netto contante waarde (NCW).

Scenario	Vervanging	NCW Investerings
1	100%: 0-50 jaar	100%
2	50%: 0-40 jaar 50%: 20-60 jaar	89%
3	25%: 0-40 jaar 25%: 10-50 jaar 25%: 20-60 jaar 25%: 40-80 jaar	77%

Tabel 2 geeft een illustratie van het mogelijk financiële voordeel van het uitstellen van investeringen. Uitgangspunt hierbij is dat meer kennis over de toestand van het leidingnet het mogelijk maakt om investeringen uit te stellen, wat tot een lagere netto contante waarde van de investeringen leidt. In Scenario 1 is weinig inzicht in de toestand van leidingen, om die reden wordt een bepaalde leidingcategorie in 50 jaar vervangen, met een vervangingsvolume dat elk jaar gelijk is. In Scenario 2 is het door beter inzicht in de leidingtoestand mogelijk twee subgroepen te onderscheiden van gelijke omvang, waarbij de leidingen met de slechtste toestand worden vervangen tussen jaar 0 en jaar 40, en de leidingen met de beste toestand tussen jaar 20 en jaar 60. Dit uitstel levert een investeringsvoordeel op van 11%. In Scenario 3 is het door een nog betere methode van toestandbepaling mogelijk vier subgroepen te onderscheiden. Dit uitstel levert een investeringsvoordeel op van 23%.

Het aantal storingen zal bij de scenario's 2 en 3 toenemen, vanwege twee effecten. De leidingen worden op een later tijdstip vervangen door een materiaal met een lagere storingsfrequentie. Daarnaast is de gemiddelde leeftijd hoger, wat inhoudt dat de storingsfrequentie ook hoger is. Het uitvoeren van inspecties in combinatie met een gedegen risicoanalyse, zal echter tot gevolg hebben dat de optredende storingen zich zullen voordoen op leidingen waarbij de effecten relatief laag zijn.

### Praktijkvoorbeeld: de inspectiebehoefte van Evides

Evides heeft een analyse uitgevoerd om haar inspectiebehoefte beter in beeld te krijgen (zie ook afbeelding 4). Allereerst zijn de faalmechanismen van de belangrijkste leidingmaterialen vastgesteld en is ingeschat hoe vaak deze faalmechanismen optreden. Vervolgens is per faalmechanisme bepaald welke inspectietechniek momenteel de voorkeur heeft. Voor sommige faalmechanismen is nog geen voorkeurstechiek beschikbaar. De volgende stap is dat de voorkeurstechieken voor het betreffende leidingtype zijn beoordeeld op de aspecten nauwkeurigheid, kosten en toepasbaarheid. Tenslotte is voor de situatie van Evides een score vastgesteld van de ontwikkelbehoefte. Deze score laat zich als volgt lezen: Uitloging van AC-distributieleidingen wordt ingeschat als 'komt regelmatig voor' (oranje), maar er is een voorkeurstechiek beschikbaar (e-Pulse) die op de aspecten nauwkeurigheid, kosten en toepasbaarheid 'goed' (groen) scoort. Om die reden is de behoefte aan verdere ontwikkeling gekenschetst als 'laag' (groen). Voor hetzelfde leidingtype wordt falen van de ruberring ook gescoord als 'komt regelmatig voor' (oranje). Omdat hiervoor geen inspectietechniek beschikbaar is, is de behoefte aan ontwikkeling gekenschetst als 'hoog' (oranje).

**Opmerking: Deze analyse geldt specifiek voor Evides.**

Daarnaast geldt dat de faalmechanismen niet de enige drijfveer zijn om leidingen te inspecteren. Evides heeft tevens behoefte aan technieken voor visuele inspectie, bepaling van de ligging en lekdetectie.

Leidingnet	Materiaal	Falen buis	Falen verbinding	Huidige voorkeurstechiek	Nauwkeurigheid	Kosten	Toepasbaarheid	Ontwikkelbehoefte
Transportnet	Staal	Corrosie		Electromagnetisch				Zeer hoog
			Ongelijke zetting	Aerial remote sensing				Gering
			Lasverbinding	?				Hoog
			Lood-striktouw	?				Gering
	AC/beton	Dwarsspanning		?				Laag
		Voorspanwapening		Electromagnetisch				Gering
Distributienet	PVC	Uitloging		Echologics ePulse				Hoog
			Ongelijke zetting	Aerial remote sensing				Hoog
		Rubber ring	?				Zeer hoog	
		Dwarsspanning		Laser ovaliteit meting				Gering
Distributienet	AC	Verweking		?				Gering
		Materiaalveroudering		?				Zeer hoog
	PE		Ongelijke zetting	Aerial remote sensing				Gering
			Lasverbinding	?				Gering
	Gietijzer/staal		Temperatuurverschil (niet-trekvast)	Voegwijdtemeting				Gering
			Corrosie	Echologics ePulse				Gering
			Ongelijke zetting	Aerial remote sensing				Gering
			Rubber ring	?				Laag
		Lood-striktouw	?				Gering	

Komt vaak voor

Komt regelmatig voor

Komt soms voor

Komt nauwelijks voor

Slecht

Matig

Redelijk

Goed

Afbeelding4. Overzicht van de belangrijkste faalmechanismen en de ontwikkelbehoefte voor inspectietechnieken, zoals bepaald door Evides.

