

De juiste techniek op de juiste plaats; een pilot met *pipe cracking* en inspectie van een drinkwaterleiding

Jozanneke van Vossen (KWR Watercycle Research Institute), Edwin van den Brink (PWN), Rudy Dijkstra (Acquaint)

Met de toename in het aantal vervangingen in het leidingnet wordt de keuze tussen traditionele en sleufloze technieken steeds belangrijker, maar besluiten wanneer welke techniek toe te passen is niet eenvoudig. Binnen het TKI-project 'Slim renoveren van waterleidingen' is een methodiek ontwikkeld voor het evalueren van saneringsprojecten. PWN heeft in september 2016 een pilot uitgevoerd met *pipe cracking*, die is geëvalueerd met deze nieuwe evaluatiemethodiek. Het tracé is naderhand geïnspecteerd. Hieruit is gebleken dat *pipe cracking* op deze locatie een goed alternatief vormde voor een open ontgraving; de pilot is succesvol verlopen met een functionerende nieuwe leiding tot gevolg.

Traditioneel worden drinkwaterleidingen in Nederland vervangen met een open ontgraving. Dit is niet overall wenselijk of mogelijk, vanwege bijvoorbeeld (verkeers-)hinder of hoge kosten voor herstel van asfaltwegen of dure verkeersmaatregelen voor de veiligheid. De laatste decennia worden ook verschillende sleufloze technieken ontwikkeld, waarbij het merendeel van de werkzaamheden ondergronds wordt uitgevoerd vanuit een beperkt aantal werkputten. Tot nu toe heeft de Nederlandse drinkwatersector beperkt ervaring opgedaan met de verschillende sleufloze technieken, waardoor het moeilijk is voor drinkwaterbedrijven om te bepalen in welke situaties ze een interessant alternatief vormen. In het TKI-project 'Slim renoveren van waterleidingen' is een evaluatiemethode ontwikkeld waarmee saneringsprojecten met verschillende projecten op een eenduidige en transparante manier kunnen worden geëvalueerd en vergeleken [1]. Door deze methode toe te passen in verschillende projecten wordt kennis opgedaan voor een onderbouwde keuze tussen technieken. Het is belangrijk om de kennisbasis voor dit afwegingsmodel te verbreden door de evaluatiemethode op meer projecten toe te passen, en de kennis te delen binnen de sector en daarbuiten; voor de gas- en rioleringssector zijn dit soort technieken minstens zo interessant.

Op 29 september 2016 heeft PWN een gietijzeren leiding van 300 meter sleufloos vervangen door middel van *pipe cracking*. Bij deze techniek wordt de bestaande leiding van binnenuit gebroken, waarna de nieuwe leiding door het gat wordt getrokken. PWN heeft dit project laten evalueren met de ontwikkelde evaluatiemethodiek en heeft de nieuwe leiding 9 maanden na de vervanging ultrasoon geïnspecteerd. Deze combinatie van toepassing, evaluatie en inspectie van een sleufloze techniek is uniek en biedt de mogelijkheid om enkele vanuit de evaluatie geïdentificeerde risico's te verifiëren. Deze inspectie vormde onderdeel van een inspectie van 5 kilometer leidingnet, dat wil zeggen dat de conditie van zowel de vernieuwde leiding als van de oudere leidingen eromheen is bepaald.

In dit artikel worden de pilot *pipe cracking* en de resultaten van de evaluatie en de inspectie beschreven.

Sleufloze technieken

In de traditionele aanpak wordt over de gehele lengte van een leidingtracé een sleuf gegraven om een leiding te vervangen. Bij sleufloze technieken wordt een leiding gerepareerd, gerenoveerd of vervangen vanuit een beperkt aantal werkputten van beperkte omvang. Dat heeft een aantal voordelen, zoals:

- Het niet hoeven herstellen van het oppervlak. Denk aan een wegfundering met asfaltbedekking, waardevolle bomen, privéterrein of waardevolle natuur.
- Het voorkomen van hinder en waarborgen van veiligheid voor bijvoorbeeld wegverkeer, bereikbaarheid van woningen of winkels, parkeerruimte of kwetsbare objecten, zoals historische gebouwen en funderingen.
- Het voorkomen van schade aan omringende ondergrondse infrastructuur, zoals andere kabels en leidingen.

Een nadeel is dat, als er iets fout gaat tijdens de uitvoering van een sleufloze techniek, in de meeste gevallen alsnog de leiding met een open sleuf moet worden vervangen, met extra kosten en hinder tot gevolg.

Er zijn in Nederland verschillende aanpakken beschikbaar voor het renoveren, verwijderen en/of vervangen van waterleidingen [1]. Eén van die vervangingstechnieken is *pipe cracking*, dat in dit project is toegepast. Bij deze variant wordt de bestaande leiding gebroken door een snijkop door de leiding te trekken (zie afbeelding 1). Achter deze snijkop wordt direct de nieuwe leiding bevestigd, die met verbindingen en al wordt ingetrokken. De scherven van de oude leiding worden opzij geduwd, doordat de snijkop groter is dan de leiding, waardoor voldoende ruimte is om de nieuwe leiding in te trekken. De scherven van de oude leiding blijven achter in de bodem. In Nederland is deze techniek in het drinkwaterleidingnet zeer beperkt toegepast met voorbeelden in 2014 in Simpelveld [2] en Rijswijk [3] en in 2016 (na de uitvoering van de in dit artikel beschreven pilot) in Alphen aan den Rijn [4]. Internationaal en in de gas- en rioleringssector wordt deze techniek vaker toegepast.



Afbeelding 1. Snijkop, zoals gebruikt bij de uitvoering van het saneringsproject

Projectbeschrijving

In september 2016 is pipe cracking toegepast op een grijs gietijzeren leiding (∅ 200 mm) van 340 meter uit 1933 op 2 meter diepte, verdeeld over 2 segmenten, één van 180 en één van 160 meter. De leiding had zes aansluitingen, een brandkraan, een aftakking en drie afsluiters (begin, eind en bij de brandkraan). De leiding was gesitueerd in Middenbeemster in Noord-Holland, langs een uitvalsweg in het dorp. Het tracé kent een aantal bijzonderheden die gevolgen hebben voor de uitvoering van een renovatie, dan wel vervanging (zie afbeelding 2):

- De leiding ligt op een dijk met sloten met steile oevers aan weerszijden;
- De leiding ligt dicht bij bomen;
- Op ca. 30 cm afstand liggen telecom- en elektrakabel, midden- en hoogspanning en Centrale Antenne-inrichtingen (CAI).
- De leiding ligt deels onder en dicht naast een asfaltweg. Het asfalt was recent (minder dan 3 jaar voor de pilot) vernieuwd, dus het opbreken van de weg was ongewenst.
- De weg is één van de twee wegen in en uit het dorp, weliswaar niet de eerste uitvalsroute, maar wel een drukke weg.
- De leiding ligt naast een druk kruispunt van beide hoofdwegen door het dorp.

In een analyse voorafgaand aan de leidingvervanging is ingeschat dat bij een leidingsanering met een open ontgraving bovenstaande aspecten tot aanzienlijke hinder voor de omgeving en hoge kosten zouden hebben geleid. Dit vanwege het herstel van asfalt, het verwijderen en herplaatsen van bomen en verkeersmaatregelen. Op basis hiervan zijn verschillende sleufloze technieken gewogen in een lokale afweging met de aannemer. Hieruit kwam pipe cracking economisch het meest gunstig naar voren. De brandkraan en de aftakking bevonden zich in een werkput en vormden daarom geen obstakel.

De grijs gietijzeren leiding is vervangen door een nodulair gietijzeren leiding met een diameter van 200 millimeter. Deze nodulair gietijzeren leiding was bovendien voorzien van een cementlaag en coating ter bescherming tegen beschadiging bij het intrekken. Alternatieve materialen voor de nieuwe leiding waren PE-SLA (PE met een aluminium coating) en regulier nodulair gietijzer (NGIJ). Regulier PE was geen alternatief vanwege de ligging in vervuilde grond. Om het risico op krasvorming tijdens het intrekken en beschadiging door de hoge verkeersbelasting te minimaliseren is de keuze gemaakt voor de versterkte NGIJ-leiding.



Afbeelding 2. Impressie van het tracé bovengronds

Resultaten evaluatie

De evaluatiemethodiek is ontwikkeld om alle aspecten die relevant zijn voor een lokale afweging mee te nemen. Deze aspecten zijn zoveel mogelijk gekwantificeerd om de evaluatie transparant te maken. Bovendien kunnen resultaten tussen evaluaties van projecten onder diverse liggingomstandigheden met verschillende technieken zo eenduidig vergeleken worden. Een evaluatie wordt altijd uitgevoerd ten opzichte van een traditionele open ontgraving voor dezelfde leiding. Voor een volledig overzicht en achtergrond van de methodiek zie [1], [5].

De evaluatie vindt plaats op vier terreinen, namelijk:

- Technische aspecten: is het onderliggende probleem adequaat en volgens specificaties opgelost?
- Procesmatige aspecten: wat betekent de techniek voor de voorbereiding en de uitvoering?
- Omgevingsaspecten, waarbij wordt gekeken naar duurzaamheid, hinder en veiligheid voor de omgeving.
- Kosten: alle directe kosten van aanleg tot en met verwijdering aan het einde van de levensduur.

Op alle aspecten is tevens een kwalitatieve risicoanalyse uitgevoerd.

Resultaten

De pilot pipe cracking is uitgevoerd naar tevredenheid van PWN en ook in de evaluatie komt naar voren dat deze techniek een goed alternatief is voor een open ontgraving. Toepassing is afhankelijk van welke aspecten doorslaggevend zijn in een lokale afweging, maar de techniek is in elk geval goed toepasbaar in gebieden waar veel hinder te verwachten is van een open sleuf of hoge kosten voor graafwerkzaamheden.

- Technische aspecten: de techniek is technisch correct uitgevoerd en de nieuwe leiding is conform specificaties opgeleverd.
- Procesmatige aspecten: de voorbereidingsfase kost minder tijd door minder en minder complexe vergunningsprocedures, vanwege de beperkte hoeveelheid graafwerkzaamheden.
- Omgevingsaspecten: door beperkt ruimtegebruik en aantal graaflocaties geeft de pipe cracking-techniek een veel grotere flexibiliteit om bereikbaarheidsproblemen en hinder voor de omgeving te voorkomen:
 - Er was sprake van bodemvervuiling, maar door het beperkte aantal werkputten kon roeren en daarmee ook de aan- en afvoer van vervuilde grond voor een belangrijk deel worden vermeden.
 - Er hoefden geen bomen te worden verwijderd of verplaatst.
 - Er was veel minder hinder op het gebied van bereikbaarheid van percelen
 - Pipe cracking zorgde voor aanzienlijk minder geluidsoverlast voor de omwonenden dan een open ontgraving.
 - Een groot voordeel was het beperkte aantal verkeersmaatregelen bij de uitvoering van de sanering. Bij een open ontgraving zou de drukke uitvalsweg zijn afgesloten, net als de toegang tot een woonwijk. Nu was er alleen een afzetting rond de werkputten, wat veel minder hinder heeft opgeleverd.
- Kosten: in de afweging voor directe kosten voorafgaand aan het project kwam Pipe cracking voor deze locatie als economisch meest gunstig naar voren in vergelijking met een open ontgraving. Dit werd vooral veroorzaakt door:
 - de diepteligging van de leiding die voor hoge graafkosten zou hebben gezorgd;
 - het herstel van de asfaltweg;
 - het verwijderen en her- of verplaatsen van bomen;
 - verkeersmaatregelen.

Naar verwachting wijken de operationele kosten niet of nauwelijks af van die van een reguliere NGIJ-leiding, met als uitzondering mogelijk hogere graafkosten bij reparatie of verwijdering van de leiding door de aanwezigheid van de restanten van de vervangen leiding.

Risico's

Er is een aantal risico's geïdentificeerd:

- Het belangrijkste risico tijdens installatie vormen de krachten die worden uitgeoefend op de oude leiding om deze te breken. Deze krachten worden doorgegeven aan de omgeving en kunnen schade veroorzaken aan nabijgelegen ondergrondse en bovengrondse infrastructuur. Voorbeelden zijn lekkage van omliggende leidingen en het omhoog komen en beschadigen van bestrating.

Om dit risico te beperken is het noodzakelijk om

- voorafgaand aan de uitvoering een kwantitatieve risicoanalyse uit te voeren op basis van betrouwbare gegevens over ligging en conditie, niet alleen van de te breken leiding maar ook de omliggende infrastructuur. In de pilot waren de uitvoeringsrisico's op basis van expertkennis ingeschat als beperkt door de diepe ligging van de leiding en de afwezigheid van dichtbij gelegen gas en rioleringsleidingen.
- tijdens de uitvoering getraind personeel ter plaatse te hebben dat goed risico's kan inschatten.
- Kans op beschadiging van de leiding door krasvorming tijdens het intrekken. Door toepassing van deze techniek met een NGIJ-leiding inclusief cementlaag en coating wordt dit risico als zeer beperkt ingeschat.
- Kans op beschadiging van de verbindingen tijdens het intrekken. Deze verbindingen worden direct meegetrokken met de nieuwe leiding. Dit kan zorgen voor te wijde voegen en daardoor mogelijk lekkage en beschadigingen bij aanleg en dus voor versnelde veroudering.
- Kans op schade door verkeersbelasting, waarbij de scherven tegen de nieuwe leiding aan worden gedrukt. Dit risico wordt bij een nodulair gietijzeren leiding niet groot ingeschat, maar er is erg weinig bekend over de vorm en afstand van deze scherven tot de nieuwe leiding.
- Achtergebleven scherven van de oude leiding kunnen hinder opleveren voor toekomstige werkzaamheden.

De risico's op beschadigingen bij aanleg zijn behandeld tijdens de inspectie van de leiding.

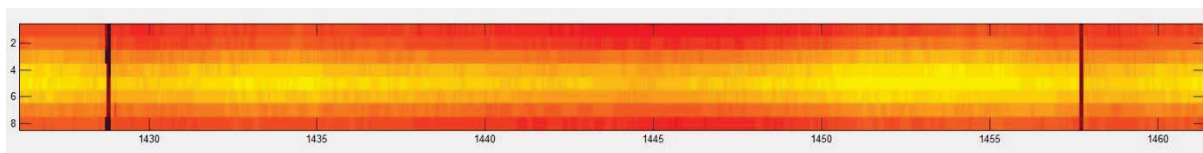
Inspectie met ultrasoon instrument

In juni 2017 is een leidingtracé van in totaal 1,8 kilometer geïnspecteerd met Aquarius I, een instrument dat met ultrasoon geluid de toestand van de leiding in beeld brengt. In het geïnspecteerde tracé bevonden zich zowel PVC- en HDPE- als gietijzeren leidingen, met diameters van 200 en 250 millimeter. De leiding is in bedrijf geïnspecteerd; er hebben dus geen leveringsonderbrekingen plaatsgevonden.

De inspectiemethodiek is op basis van camera's (CCTV) en ultrasoon geluid. Er worden korte geluidsgolven (0,5-15 MHz) uitgezonden, waarna de echo's worden opgevangen. Alle overgangen in impedantie (de wisselwerking tussen een geluidsgolf en het oppervlak) geven een echo. Dit betekent dat gaatjes een echo geven, maar ook de leidingwanden, scheuren, voegwijdtes etc. Door de kleine golflengte (orde mm) geeft deze techniek een zeer nauwkeurig beeld van de leiding. De detectielimiet wordt bepaald door de precisie en meetnauwkeurigheid van de sensor, de amplitude van de echo en daarmee door de vorm, diepte en oriëntatie van de reflectors [6].

De Aquarius I is een draadloos instrument dat meebeweegt met de stroming in het water. Er is geen leveringsonderbreking nodig voor het uitvoeren van de meting. Er zijn acht sensoren die elk in een andere richting kijken en samen de 360° van de leiding in beeld brengen. Tijdens een meting zenden twee tegenoverliggende sensoren tegelijk een geluidsgolf uit. Na vier metingen is er dus een volledig 360°-beeld geconstrueerd. Bij de inspectie was de afstand tussen twee metingen 2,5 mm.

Afbeelding 3 geeft een voorbeeld van de meetresultaten voor de eerste echo (de overgang van water naar leidingwand), ingezoomd op twee voegen (donkere lijnen). De donkere kleur betekent dat de tijd tot de echo in een voeg langer is dan daarbuiten.



Afbeelding 3. Voorbeeld van een meting ingezoomd op 2 voegen. Op de horizontale as staat de tijd sinds het begin van de meting. Op de verticale as staan de acht sensoren. Ieder balkje representeert een sensor. De kleuren representeren de tijd tot detectie van de eerste echo

Voor het deel van het leidingtracé dat met behulp van Pipe cracking is vervangen is de conditie van de nieuwe NGIJ-leiding geïnspecteerd:

- Alle onderdelen van de leidingwand (NGIJ, cementlaag, coating, appendages) zijn goed in beeld gebracht;
- De leiding bleek in goede conditie zonder bijzonderheden; er zijn dus geen meetbare beschadigingen opgetreden door het aanbrengen met een sleufloze techniek;
- De ingetrokken buisdelen vertonen verschillende voegwijdtes variërend van 17,5 tot 40 mm met een nauwkeurigheid van $\pm 1,25$ mm.;
- Alle metingen hebben een X- en Y-coördinaat, waardoor de leiding naast de conditiebepaling ook ingemeten is, zoals voorgeschreven in het Rijksdriehoekstelsel (RD) en de Wet informatieuitwisseling ondergrondse netten (Wion)

Het instrument was niet in staat om de scherven van de oude leiding te detecteren. Hiervoor is een sterkere energiebron nodig, wat op het huidige, draadloze instrument niet mogelijk is.

Conclusies

De sleufloze techniek pipe cracking vormde op deze locatie een mooi alternatief voor een traditionele open sleuf. De techniek was concurrerend in kosten en bood de mogelijkheid om de leiding te vervangen met minder graafwerkzaamheden en minder hinder voor de omgeving in de vorm van wegafsluitingen, vertragingen en onbereikbare percelen. Pipe cracking heeft als voornaamste risico's dat de nieuwe leiding of de verbindingen bij het intrekken beschadigen, en dat de krachten die worden uitgeoefend op de oude leiding om deze te breken schade aanbrengen op omliggende infrastructuur. Inspectie achteraf heeft laten zien dat de nieuwe leiding zonder problemen is ingetrokken en naar verwachting als een reguliere nieuwe leiding zal functioneren.

Referenties

1. Vossen, J. van, Mesman, G.A.M., Nooijen, M., Wijst, M. van de en Henzen, J. (2017). Een onderbouwing voor keuzes tussen saneringstechnieken. *H2O-Online*, 27 november 2017. <https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/1528-een-onderbouwing-voor-keuzes-tussen-saneringstechnieken>
2. WML (2014). <https://www.heijmans.nl/nl/nieuws/leidingen-vernieuwen-zonder-overlast/>, geraadpleegd 5 oktober 2017.

3. Oasen (2016). *PVC 500 mm, Alphen aan den Rijn (uitgevoerd na de pilot beschreven in dit artikel)*. <https://www.oasen.nl/nieuws/oasen-test-pipe-bursting>, geraadpleegd 5 oktober 2017
4. Dunea (2014). Rijswijk. <https://www.youtube.com/watch?v=yit5rNTSY8M>, geraadpleegd 5 oktober 2017.
5. Vossen, J. van, Mesman, G.A.M., Moerman, A. en Brand, T. van den (2017). *Slim renoveren van waterleidingen*, KWR 2017.041.
6. PIPE-works, Technologies: Ultrasonic measurements; discrete. 16-3-2017. <https://www.watershare.eu/tool/pipe-works/>, geraadpleegd 5 oktober 2017