

KWR 2016.098 | December 2016

Evaluatie Compact Pipe

Effectenanalyse en evaluatie van de uitvoering van een close-fit techniek in 250 meter ø 300 mm GGJ te Zwaagwesteinde, Friesland

Evaluatie Compact Pipe

Evaluatie en effectenanalyse van de uitvoering van een close-fit techniek in 250 meter ø 300 mm GGJ te Zwaagwesteinde, Friesland

KWR 2016.098 | December 2016

Deze activiteit is mede gefinancierd uit de Toeslag voor Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI's) van het Ministerie van Economische Zaken



Opdrachtnummer

401006

Projectmanager

Drs. P.G.G. (Nellie) Slaats

Samenwerkingspartners

WML, Brabant Water, Vitens, Heijmans, BAM

Kwaliteitsborger(s)

Dr. Ir. E.J.M. (Mirjam) Blokker

Auteur(s)

Dr. J. (Jozanneke) van Vossen en ing. G.A.M. (George) Mesman

Verzonden aan

WML, Brabant Water, Vitens, Heijmans, BAM

Jaar van publicatie
2016

Meer informatie

dr. Jozanneke van Vossen
T 030 60 69 598
E Jozanneke.van.Vossen@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 Watercycle
Research
Institute

KWR 2016.098 | December 2016 © KWR

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, 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.

Samenvatting evaluatie

Binnen het 'TKI project Slim renoveren van waterleidingen' is een pilot uitgevoerd met Compact Pipe, een techniek waar een volledig constructieve PE-liner nauwsluitend is aangebracht in een bestaande leiding. De pilot is uitgevoerd in een 300 mm diameter GGJ leiding met bitumen coating van 250 meter in Zwaagwesteinde, Friesland (Vitens). Deze leiding ligt op particulier terrein in agrarisch gebied. Bijzonder aan de leiding waren:

- De nabijheid bij een hoge drukgasleiding;
- De nabijheid bij een woning en bedrijfspand;
- De ligging naast een mesthoop en afvoerleiding van een gierkelder.
- Kruising van een spoor middels een onderdoorgang in een mantelbuis.

Bij Compact Pipe wordt een PE-liner vooraf fabrieksmatig geassembleerd, gevouwen en op een haspel gerold. Op de pilotlocatie wordt de liner door de leiding getrokken en met behulp van stoom onder druk weer in de originele vorm gebracht.

De pilot is geëvalueerd volgens de binnen het TKI project ontwikkelde methodiek op technische, procesmatige, omgevings- en financiële aspecten. Individuele pilots worden inhoudelijk voor alle aspecten uitgewerkt, maar alleen beoordeeld op de onderdelen technische en procesmatige aspecten. De evaluatie is uitgevoerd t.o.v. het alternatief van een traditionele open ontgraving.

De techniek heeft (nog) geen Kiwa Water Mark certificering.

Aanbevelingen voor de inzet van de techniek zijn:

- Toezien op goede uitwisseling van gegevens en informatie voorafgaand aan het project om vertragingen, fouten tijdens de uitvoering en eventuele overlast door aanpassingen gedurende het project te minimaliseren.
- Het uitvoeren van klanttevredenheidsonderzoeken bij projecten om overlast te objectiveren. Een groot deel van de evaluatie op het aspect omgeving is op aannames gebaseerd en aangezien hier het grootste winstpunt van de techniek lijkt te liggen, is het de moeite waard om dit aspect beter te kunnen kwantificeren.

De belangrijkste resultaten per aspect worden hieronder kort toegelicht.

Technische aspecten

De techniek is uitgevoerd en de leiding is opgeleverd en in gebruik genomen volgens de standaarden van het drinkwaterbedrijf. Door het gebruik van Compact Pipe is het gehele traject inclusief spoorwegonderdoorgang gesaneerd met één techniek met in totaal 3 werkgaten. De ligging van de werkputten t.o.v. van het woonhuis, de mesthoop en de gierkelder waren zodanig dat er geen voordeel was voor de Compact Pipe t.o.v. een open ontgraving (de lastigste graafdelen zijn niet ontweken door "handige" plaatsing van de werkputten).

Het plaatsen en uitvouwen van de liner wordt door een specialistisch bedrijf uitgevoerd, terwijl de aannemer de voorbereidende en afsluitende werkzaamheden uitvoert. In

vergelijking met een traditionele open ontgraving vraagt toepassing van Compact Pipe meer kennis van de bestaande leiding, zo werd tijdens de controle een diametervernauwing ontdekt. Voor een open ontgraving is dat geen probleem, dit leidingdeel wordt direct mee verwijderd. Voor de toepassing van compact Pipe betekende het dat een extra werkgat moest worden gegraven om het betreffende smallere leidingdeel te verwijderen.

Procesmatige aspecten

De planfase is eenvoudiger dan bij traditionele open ontgravingen, omdat er in het algemeen minder of minder complexe vergunningen hoeven te worden aangevraagd. Zo zijn er minder graafwerkzaamheden. De uitvoeringsfase is door de samenwerking met meerdere partijen complexer dan bij een traditionele open ontgraving met één aannemer. Het maken van goede afspraken over gegevensuitwisseling is hierbij van belang.

Omgevingsaspecten

De mate van duurzaamheid wordt met name bepaald door het gebruikte materiaal (in dit geval PE versus PVC dat meestal gebruikt wordt bij een open ontgraving) en omvang van eventuele verkeersomleidingen. Op de pilotlocatie waren voor zowel een open ontgraving als voor Compact Pipe geen verkeersmaatregelen nodig. Bij gelijke levensduur en zonder het effect van verkeersomleidingen is PVC een duurzamer product. Op het gebied van hinder voor de omgeving en externe veiligheid is deze techniek in potentie zeer effectief. Op de pilotlocatie was dit aspect van beperkt belang door het beperkt aantal huizen, wegen en risicovolle objecten in de omgeving.

Financiële aspecten

Voor deze pilotlocatie waren kosten geen onderdeel van de afweging, van de locatie was bekend dat Compact Pipe prijstechnisch niet gunstiger was dan traditioneel ontgraven. De locatie is op andere redenen voor uitvoering van deze techniek geselecteerd.

Inhoud

1	Introductie	6
1.1	Motivatie	6
1.2	Doel	6
1.3	Leeswijzer	7
2	Achtergrond close-fit techniek en Compact Pipe	8
2.1	Close-fit algemeen	8
2.2	Compact Slimliner en Compact Pipe	9
3	Evaluatie pilotproject	11
3.1	Evaluatiemethodiek	11
3.2	Beschrijving pilotproject	11
3.3	Techniek	13
3.4	Proces	20
3.5	Omgeving	22
3.6	Kosten	27
Bijlage I	Evaluatieprotocol	30
	Randvoorwaarden pilots	30
	Wijze van beoordelen	30
	Evaluatiecriteria	32
Bijlage II	Technische gegevens Compact Pipe	35
Bijlage III	Analyse toestand leiding	37
Bijlage IV	Resultaten LCA	41
Bijlage V	Activiteiten planfase	42
Bijlage VI	Kostenstructuur	44

1 Introductie

1.1 Motivatie

In Nederland ligt bijna 120.000 km waterleiding (exclusief aansluitleidingen) in de grond. Als die in zijn geheel zou worden vervangen middels traditionele open sleuven representeert dit een globale vervangingswaarde van zo'n 20 miljard euro (uitgaande van een gemiddeld bedrag per meter leiding van €150-200). Traditioneel worden leidingen bijna uitsluitend vervangen met behulp van ontgravingen. Dit is echter niet overal mogelijk of gewenst vanwege bijvoorbeeld hoge kosten, hinder voor de omgeving of relatief lange leveringsonderbrekingen. Het toepassen van sleufloze technieken zoals het aanbrengen van constructieve kousen (CIPP lining), spray-lining of close-fit lining vormt een alternatief voor traditionele ontgravingen. Slim toepassen van de verschillende technieken betekent dat klanten, omwonenden en verkeer minder hinder ondervinden en dat mogelijk kosten kunnen worden bespaard.

Bij Nederlandse drinkwaterbedrijven is nog weinig ervaring met de beschikbare technieken in verschillende omstandigheden in het leidingnet. De beschikbare kennis is versnipperd over de verschillende waterbedrijven en ervaringen zijn slecht te vergelijken door het ontbreken van een uniforme en transparante evaluatiemethodiek. De waterbedrijven hebben daarom niet altijd zicht op alle mogelijke technieken voor een specifieke situatie, effecten op de omgeving en kosten van de technieken. Het is daarom niet mogelijk om een volledig onderbouwde afweging te maken tussen de verschillende technieken (van Vossen et al., 2015). Er ligt een wens bij de drinkwaterbedrijven om de relevante aspecten voor toepassing van de verschillende technieken zoveel mogelijk te benoemen en te kwantificeren.

In het TKI project Slim renoveren van waterleidingen worden innovatieve technieken voor sleufloos verwijderen en vervangen van waterleidingen uitgevoerd en geëvalueerd. Er vindt onderzoek plaats naar onderscheidende factoren in een afwegingsbeslissing en er vindt een vertaling plaats van de uitgevoerde projecten naar toepassingsmogelijkheden in het Nederlandse drinkwaterleidingnet.

Dit project is uniek, omdat

- voor het eerst meerdere innovatieve technieken naast elkaar worden uitgevoerd op locaties met uitdagingen specifiek voor die techniek
- en deze pilots volgens eenduidige criteria worden beoordeeld met behulp van een binnen dit project ontwikkelde evaluatiemethodiek.

Dit deelrapport beschrijft de evaluatie van de pilot met Compact Pipe te Zwaagwesteinde in een 300 mm diameter GGIJ leiding met bitumen coating van 250 meter.

1.2 Doel

Het doel van dit TKI project is het benoemen en toepassen van kansrijke innovatieve sleufloze renovatie- en vervangingstechnieken. De toegepaste technieken worden objectief beoordeeld inclusief implicaties voor de praktijk.

Het project bestaat uit verschillende fases:

- Fase 1: tijdens een bureaustudie is een overzicht gemaakt van de beschikbare technieken en interessante innovaties (van Vossen et al., 2014).
- Fase 2: er is een keuze gemaakt voor technieken die worden uitgevoerd.
- Fase 3: de uitvoering van de technieken in pilotprojecten. Deze uitvoeringsprojecten worden op een eenduidige manier geëvalueerd.
- Fase 4: vertaling van de evaluaties naar toepassing in het Nederlandse leidingnet.

Voorliggende rapportage vormt een onderdeel van de oplevering van fase 3 en is een bijlage bij het hoofdrapport van het complete project. Het doel van voorliggende rapportage is:

- Het beschrijven van de resultaten van de evaluatie specifiek voor het pilotproject met een close-fit techniek (Compact Pipe).

De overige uitvoeringsprojecten worden in vergelijkbare rapportages geëvalueerd, waarna in het hoofdrapport een totaalanalyse wordt gepresenteerd inclusief de vertaling naar toepassingsmogelijkheden in het Nederlandse waterleidingnet.

1.3 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 wordt kort de achtergrond en methodiek van Compact Pipe beschreven. In Hoofdstuk 3 volgt de evaluatie. In bijlage I staat het evaluatieprotocol, in bijlage II staan de technische gegevens van Compact Pipe zoals aangeleverd door de aannemer, in Bijlage III staan de gegevens voor de analyse van de leiding, in Bijlage IV staan de resultaten van de LCA, in Bijlage V staan de activiteiten tijdens de planfase, in Bijlage VI staan de kostenspreadsheets.

2 Achtergrond close-fit techniek en Compact Pipe

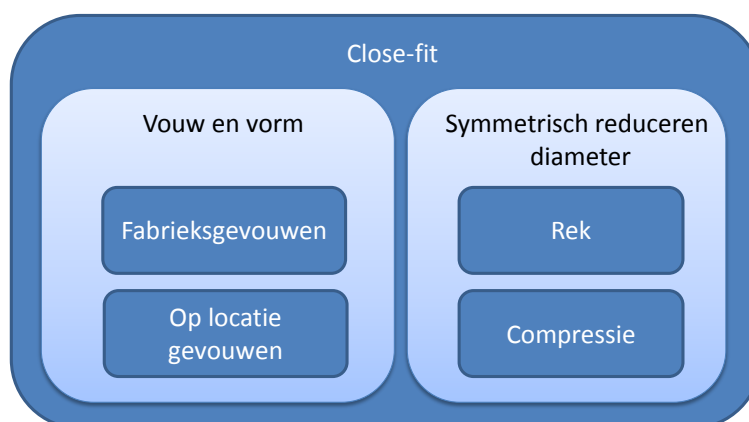
2.1 Close-fit algemeen

Bij close-fit technieken wordt een PE-liner nauwsluitend in de bestaande leiding aangebracht. Dit heeft als voordeel dat beperkt diameterverlies optreedt, namelijk alleen de dikte van de liner zelf. Om de liner aan te brengen wordt de diameter van de liner gereduceerd, waarna de liner in de bestaande leiding wordt aangebracht en weer in de oorspronkelijke vorm teruggebracht. Er zijn 2 basistechnieken, zie Figuur 2.1:

- Vouw en vorm: hierbij worden liners ofwel fabrieksmatig ofwel op locatie geassembleerd en tijdelijk gevouwen in een U-vorm.
- Symmetrisch reduceren van de diameter: de liner wordt door rollers samengeperst, waardoor de diameter tijdelijk wordt gereduceerd. De term symmetrisch wordt gebruikt om het verschil aan te duiden met de U-vorm bij vouw en vorm technieken. Symmetrisch reduceren is in Nederland in de drinkwatersector (nog) niet toegepast.

De close-fit technieken zijn beschikbaar voor diameters tussen ongeveer 75 mm en 1500 mm en variëren van semi-constructief tot volledig constructief, afhankelijk van de dikte van de liner (van Vossen et al., 2015).

In dit pilotproject wordt de Compact Pipe uitgevoerd (BAM Infra Energie & Water), een volledig structurele vouw en vormoplossing die fabrieksmatig geassembleerd en gevouwen wordt. Deze rapportage beschrijft de evaluatie van de toepassing van Compact Pipe te Zwaagwesteinde op 28 juni 2016. Oorspronkelijk was het de bedoeling de Compact Slimliner toe te passen, een semi-structurele oplossing. Op basis van analyse van de bestaande leiding was besloten dat een volledig structurele oplossing niet nodig was, aangezien alleen de bitumen coating een probleem vormde, niet de sterkte van de GGJ leiding zelf. Deze semi-structurele liner was echter niet leverbaar, zodat is uitgeweken naar de Compact Pipe. Voor de volledigheid wordt hieronder ook de Compact Slimliner beschreven en worden verschillen toegelicht.



Figuur 2.1 Onderscheidende factoren bij close-fit-toepassingen (van Vossen et al., 2015).

2.2 Compact Slimliner en Compact Pipe

De Compact Slimliner en Compact Pipe zijn producten van BAM Infra, Energie & Water in samenwerking met Wavin (leverancier) en Diringer & Scheidel Rohr-sanierung (close-fit relining specialist). In Nederland wordt deze techniek niet toegepast in drinkwaterleidingen. Apparatuur geschikt voor toepassing in drinkwaterleidingen is daarom niet beschikbaar, daarom zijn uitvoerders uit Duitsland betrokken waar wel apparatuur specifiek voor drinkwaterleidingen beschikbaar is.

De Compact Slimliner techniek is semi-constructief: de liner voldoet niet zelfstandig aan de eisen voor sterkte, d.w.z. inwendige drukbelastingen en uitwendige belastingen, maar gebruikt (deels) de sterkte van de bestaande leiding. De Compact Pipe is volledig constructief en is daarom ook dikker. De benodigde dikte van de liner wordt per project berekend. Dit project is uitgevoerd met een PE100, PN10, SDR 17 met een wanddikte van 17.6 mm.

De liner wordt fabrieksmatig geassembleerd en gevouwen. De liner wordt na intrekken onder druk in de oorspronkelijke vorm teruggebracht. Bij de Compact Slimliner wordt dit met waterdruk gedaan, de Compact Pipe techniek gebruikt stoom. Door de hoge temperatuur kan bij een lage druk de leiding in vorm worden gebracht.

De voordelen van de technieken zijn volgens de leverancier:

- snelle uitvoering;
- beperkte overlast door kleine werkgaten;
- mogelijkheid voor standaard beschikbare verbindingen;
- kwaliteit en levensduur gelijk aan een nieuwe PE-leiding.

De Compact Slimliner wordt gebruikt in toepassingen met diameters van 100 tot 300 mm en met lengtes van 400 tot 600 meter, afhankelijk van de haspelomvang (BAM, 2013). De Compact Pipe wordt gebruikt in toepassingen met diameters van 100 mm tot 500 mm tot maximaal 600 meter, afhankelijk van de omvang van de haspel.

Volgens de leverancier heeft de liner PE100 een levensduur van 80 jaar (100 jaar indien PE100rc wordt gebruikt). We gaan in de evaluatie van een minimale levensduur van 50 jaar uit. Het product beschikt vooralsnog niet over een erkende kwaliteitsverklaring ('Kiwa Water Mark') volgens de ministeriële 'Regeling materialen en chemicaliën drink- en warmtapwatervoorziening'. Dit betekent dat een ontheffing of tijdelijke kwaliteitsverklaring nodig is om het toe te passen in Nederland. Voor deze specifieke pilot is geen ontheffing aangevraagd. In Duitsland heeft deze liner de volgende certificering:

- DVGW GW 335-A2: Kunststoff-Rohrleitungssysteme in der Gas- und Wasserverteilung; Anforderungen und Prüfungen - Teil A2: Rohre aus PE 80 und PE 100.
- NEN-EN-ISO 11298-3: Kunststofleidingssystemen voor renovatie van ondergrondse watervoorzieningsnetwerken - Deel 3: Voeringen met nauwsluitende leidingen.
- DVGW Arbeitsblatt GW 335-A2 is gebaseerd op EN 12201-2: Kunststofleidingssystemen voor drinkwatervoorziening en voor drainage en drukriolering - Polyetheen (PE) - Deel 2: Buizen
- Door te voldoen aan GW 335-2 wordt ook voldaan aan EN 12201-2.



Figuur 2.2 Compact Pipe in gevouwen toestand, Zwaagwesteinde, 28 juni 2016.

3 Evaluatie pilotproject

3.1 Evaluatiemethodiek

De pilot is geëvalueerd volgens de binnen het TKI project 'Slim renoveren van waterleidingen' ontwikkelde methodiek. Bij deze methodiek worden pilots beoordeeld op 4 aspecten:

- Technisch
- Procesmatig
- Omgeving
- Financiën

Voor een volledige beschrijving van de methodiek, zie het hoofdrapport. De evaluatie van een individuele pilot wordt inhoudelijk uitgewerkt voor alle aspecten, maar alleen beoordeeld op technische en procesmatige aspecten. Omgevingsaspecten en financiën zijn te project-specifiek gebleken om onderdeel uit te maken van een product-beoordeling.

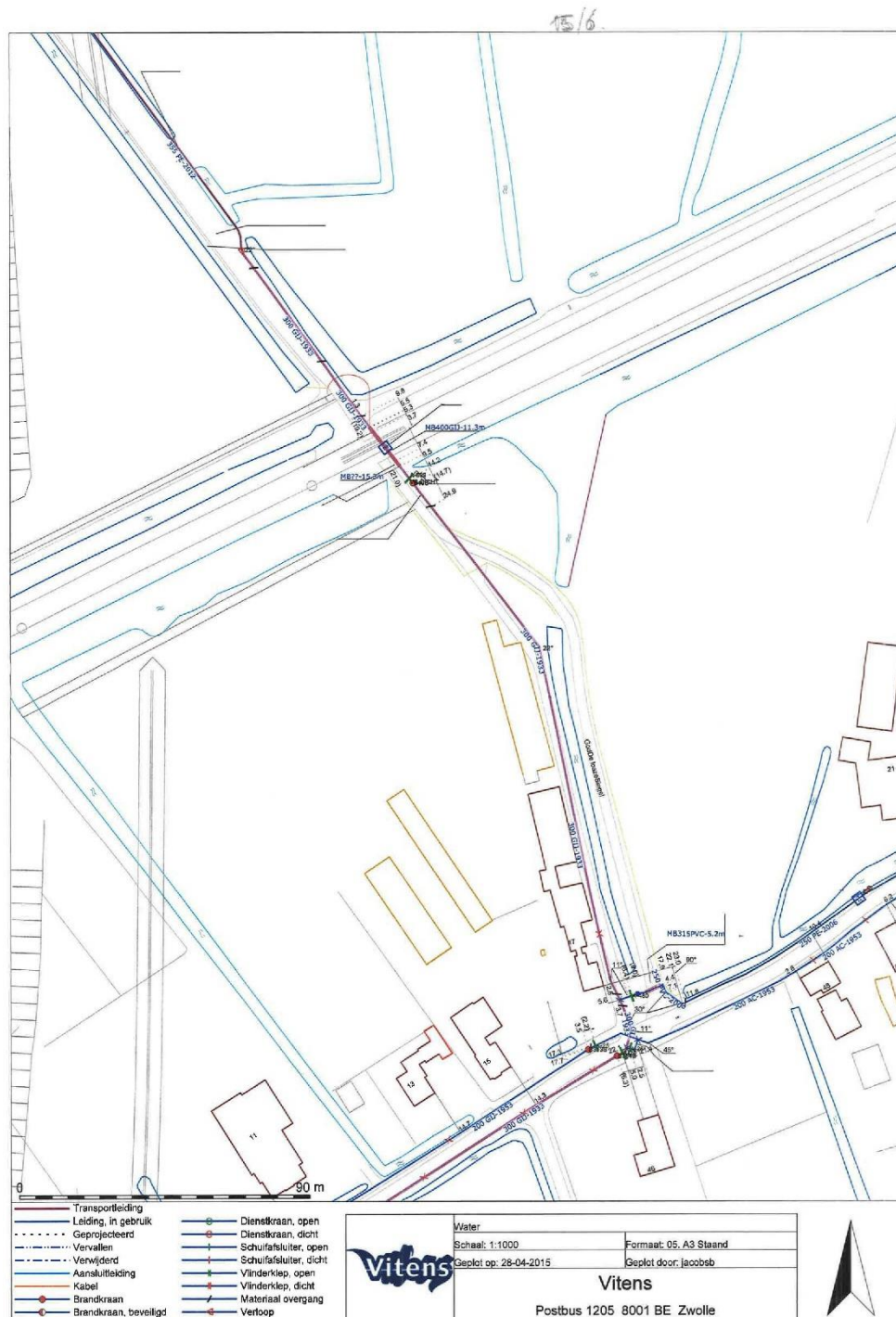
3.2 Beschrijving pilotproject

In juni 2016 is de compact Pipe toegepast op een GGJ leiding van 245 meter uit 1933 met bitumen coating op 1,0-1,2 meter diepte, verdeeld over 2 segmenten, één van 100 m en één van 150 meter, samen 250 meter. De leiding heeft een diameter van 300 mm met 1 aansluiting, 1 brandkraan en 3 afsluiters (begin, eind en bij de brandkraan). De leiding is gesitueerd in Zwaagwesteinde in Noord-Friesland in een agrarisch gebied op privéterrein, namelijk een agrarisch bedrijf. Figuur 3.1 laat een overzicht van het tracé zien.

Het tracé kent een aantal bijzonderheden die gevolgen hebben voor de uitvoering van een renovatie, dan wel vervanging:

- Binnen het tracé is een spoorwegkruising van 15 m die voorzien is van een mantelbuis. Dit is een BEEL-zone, d.w.z. een locatie die in het kader van de Beoordeling Externe Effecten Leidingen op veiligheid is beoordeeld en extra aandacht en eisen heeft op het gebied van beheer en werkzaamheden. De leiding in de BEEL-zone is van PVC, heeft een externe diameter van 315 mm en ligt in een GGJ mantelbuis van 400 mm. De leiding voldoet hiermee aan de voorschriften van de vergunningverlener (Prorail) en is bij Vitens daarom niet als risicovol gekenmerkt.
- Het tracé is op privéterrein en de leiding ligt erg dicht bij het woonhuis (ongeveer 2,5 m volgens tekening, in werkelijkheid was dit nog dichterbij). De leiding ligt tussen een giertank en een kippenstal, wat extra risico met zich meebrengt op aantasting van de drinkwaterkwaliteit (zowel reeds aanwezig als gedurende de werkzaamheden). De leiding ligt op zijn dichtst op 1,2 m van de kippenstal. Verder kruist de leiding een onverharde toegang tot velden met agrarisch gebruik.
- De waterleiding ligt zeer dicht bij een hogedrukgasleiding. Bij werkzaamheden aan de waterleiding wordt deze gasleiding buiten gebruik genomen.

De leiding heeft een leveringszekerheidsfunctie. Dat wil zeggen dat de leiding wel onder druk staat, maar alleen geopend is in geval van extra vraag of afsluitingen elders. De afsluiting van de leiding heeft dan ook niet tot leveringsonderbrekingen geleid.



Figuur 3.1 Overzicht tracé in Zwaagwesteinde met de ligging van de bestaande leiding, de spoordijk, de bebouwing en de wegen.

De evaluatie is uitgevoerd t.o.v. een aanpak met traditioneel ontgraven, waarbij een spoorwegonderdoorgang wordt vervangen d.m.v. een persing. Dit is alleen noodzakelijk als de mantelbuis niet meer voldoet, in andere gevallen kan de nieuwe leiding door de bestaande mantelbuis worden getrokken. Op de pilot locatie waren er verschillende

mogelijkheden voor een traditionele aanpak. We hebben in dit geval het volgende beschouwd:

- Scenario 1: een traditionele ontgraving op hetzelfde tracé:
 - 1a: zonder vernieuwing van de spoorwegonderdoorgang.
 - 1b: de spoorwegonderdoorgang wordt vernieuwd d.m.v. een persing.
- Scenario 2: een traditionele ontgraving op een gewijzigd tracé.
 - 2a: zonder vernieuwing van de spoorwegonderdoorgang
 - 2b: de spoorwegonderdoorgang wordt vernieuwd d.m.v. een persing.

In het geval dat op deze locatie een traditionele open ontgraving was toegepast, was naar alle waarschijnlijkheid de nieuwe leiding verlegd naar een nieuw tracé i.v.m. de specifieke uitdagingen van de locatie, namelijk de ligging op particulier terrein vlakbij een gasleiding en bebouwing. De spoorwegonderdoorgang was naar alle waarschijnlijkheid niet vervangen, omdat deze nog voldeed (scenario 2a), de geschatte restlevensduur van de PVC leiding in mantelbuis was langer dan 50 jaar.

De evaluatiemethodiek staat beschreven in Bijlage I.

3.3 Techniek

3.3.1 Technische uitvoering

Tijdens de uitvoering van de techniek zijn de volgende werkstappen uitgevoerd:

Vorbereidende werkzaamheden op de locatie

Deze werkzaamheden bestonden uit:

- opnemen verhardingen op de graaflocaties;
- graven werkputten, aanbrengen putbemaling en bekisten van de intredeput en de uittredeput;
- afsluiten water en verbreken bestaande leiding door een leidingdeel uit te nemen;
- reiniging met water.
- Camera-inspectie op afwijkingen t.o.v. de revisiegegevens. Met name diameterverkleiningen en locaties van bijvoorbeeld aansluitingen zijn van belang.
- Aanvullende controle op diameter met behulp van een schraper en kaliber (prop).

Resultaten:

- Een paar weken voor de werkzaamheden begonnen zijn proefsleuven gegraven. Hieruit kwamen geen bijzonderheden naar voren.
- Vanwege de aanwezigheid van de hogedruk-gasleiding is het project uitgesteld. De gasleiding moest buiten gebruik worden genomen en voor ingebruikname afgeblazen. Dit kost extra werk en heeft ongeveer 6 maanden vertraging opgeleverd.
- De waterleiding bleek zeer dicht bij de woning te liggen, veel dichterbij dan op de tekeningen stond. Dit resulteerde in extra bekisting in het werkgat. Zie ook Figuur 3.2
- Het werkgat halverwege het tracé bleek naast een mesthoop te liggen die via een afvoerleiding verbonden was met een giertank in de kelder van de naastgelegen kippenstal. Dit stond niet op tekening. Om risico's op vervuiling te voorkomen is er voor gekozen om het niveau in de giertank dusdanig te verlagen dat er tijdens de werkzaamheden geen gier meer door de leiding kon lopen. Voorafgaand is niet onderzocht of er verontreinigde grond vanwege deze afvoerleiding aanwezig was.

- Tijdens het schrapen en controle met kaliber is een diameterverkleining ontdekt die niet was ontdekt met de camera-inspectie. Er is een extra werkgat gegraven om het reparatiestuk met kleinere diameter dan de rest van de bestaande leiding te verwijderen en te vervangen door een PVC reparatiestuk met de juiste diameter.



Figuur 3.2 Locatie werkgat vlak naast de woning.

Uitvoering relining

De werkzaamheden bestonden uit:

- aanbrengen kabel in bestaande leiding, Figuur 3.3;
- intrekken gevouwen liner;
- aanbrengen plaat met stoomaansluiting bij intredepunt d.m.v. een tijdelijke spiegellas;
- bevestigen liner aan stoomuitlaat bij uittredepunt;
- d.m.v. stoom op druk brengen van liner, waardoor deze uitvouwt, Figuur 3.4;
- afzagen bevestigingen aan stoomapparatuur;



Figuur 3.3 Intrekken leiding door de bestaande leiding (uittredepunt).



Figuur 3.4 Uitvouwen d.m.v. stoom, foto van uittredepunt.

Controles en afsluiting

De werkzaamheden bestonden uit:

- Visuele in-line camera-inspectie van de liner;

- Plaatsing van steunbussen op de uiteinden;
- Aanbrengen trekvast verbinding;
- Aansluiten leiding op bestaande systeem;
- Reinigen liner met foampig en water;
- Afpersen van de leiding met een druk van 1 MPa;
- Spuien;
- Bacteriologische bemonstering;
- Na goedkeuring wordt de leiding in gebruik genomen;
- Sluiting van de werkputten met herstel van het maaiveld en eventuele wegbedekking;
- Oplevering van de revisiegegevens aan de opdrachtgever, waarna de opdracht formeel is afgerond.

De bemonstering van bacteriologische betrouwbaarheid wordt uitgevoerd door het waterbedrijf, de overige controles worden uitgevoerd door de aannemer. De kwaliteitscontrole is daarmee gelijk aan die voor de traditionele aanpak met open sleuf.

De monteurs die in aanraking komen met drinkwater zijn opgeleid om te werken conform alle procedures die nodig zijn voor het veilig werken met drinkwater (Hygiëncode drinkwater, (Meerkerk and Kroesbergen, 2010; Oesterholt and Meerkerk, 2013)).

Er zijn de komende jaren geen controles voorzien om de kwaliteit als functie van tijd te monitoren.

Risicoanalyse

Risico's in deze fase bestaan uit:

Omschrijving risico	Maatregelen
Werken met stoom	Wettelijke voorschriften en periodieke controles volgens certificeringsstandaarden
Vertraging, extra werkzaamheden of niet kunnen uitvoeren techniek door afwijkingen in diameter, tracé en omgeving (bv. aanwezigheid hogedruk-gasleiding, giertank met afvoerleiding, nabijheid woning, diameterversnauwing)	Inspectie d.m.v. camera en kaliber, graven van proefsleuven, in deze pilot kwam uit de proefsleuven geen aanwijzing voor nabijheid hogedruk-gasleiding naar voren en werd de diameterversnauwing pas met de kaliber opgemerkt.
Onvolledig uitvouwen van de liner	Geen maatregelen, de PE-liner zal door kruip alsnog tegen leidingwand kruipen. Als de diameter van de liner te groot is, zal dit altijd zichtbaar blijven. Zolang dit lokaal is, heeft dit een beperkte invloed op materiaalspanning en hydraulische capaciteit.
Onvolledig aansluiten van liner door te kleine diameter	Aangezien de CompactPipe volledig constructief is, heeft dit geen invloed op de belastbaarheid van de liner.
Krasvorming door het intrekken van de liner	Om dit tegen te gaan is er voorafgaand aan de relining een kaliber door de leiding gehaald. Een andere mogelijke maatregel is om PE100rc te gebruiken, waar rc staat voor resistance to cracks. Dit materiaal heeft een grotere weerstand tegen langzame scheurgroei dan regulier PE100. In deze pilot is dit materiaal niet toegepast.

Conclusie technische uitvoering



De techniek is uitgevoerd en de liner is succesvol in gebruik genomen na de gebruikelijke testen op waterdichtheid en bacteriologische bemonstering. Door het gebruik van Compact Pipe kon het gehele traject inclusief spoorwegonderdoorgang worden gesaneerd met één techniek met in totaal 3 werkgaten met minder verbindingen. Dit is een voordeel t.o.v. een traditionele aanpak.

Uitvoeringsrisico's zijn grotendeels ondervangen door de visuele inspectie en reiniging voorafgaand aan de installatie. Goede kennis vooraf van de leiding en de omgeving is belangrijk voor een goede risico-afweging, zie ook hoofdstuk 3.4.

De gevonden problemen met een hogedruk-gasleiding en de locatie van de leiding dichtbij bebouwing hadden bij een open ontgraving voor vergelijkbare problemen en oponthoud gezorgd. De aangetroffen diameterverkleining had bij een traditionele open ontgraving niet voor extra werkzaamheden gezorgd.

Kanttekeningen:

- *In het geval van scenario 2 waren door het verleggen van de leiding naar een nieuw tracé geen problemen ontstaan met de mesthoop, gierkelder, nabijheid van het huis en de hogedruk-gasleiding.*
- *Kiwa Water Mark is nog niet aanwezig.*
- *In geval van vernieuwing van de spoorwegonderdoorgang met een persing, was deze persing waarschijnlijk ook noodzakelijk geweest met Compact Pipe.*

3.3.2 Complexiteit

Aanbrengen liner

De liner wordt ter plekke in vorm gebracht. Dit is complexer dan het aanleggen van een traditionele leiding.

Onderhoud

Er wordt voorzien dat de liner geen andere onderhoudswerkzaamheden met zich meebrengt dan voor traditionele PE leidingen. Er is nog geen ervaring met de benodigde frequentie van onderhoud en het einde van de levensduur. De liner is volledig constructief. Zelfs bij afnemende sterkte van de gietijzeren leiding is de PE liner dus nog voldoende in staat om de functie van de bestaande leiding over te nemen.

Reparatie

Omdat bij lekkage het gelekte water tussen de liner en de bestaande leiding door kan lopen, kan het moeilijker zijn met huidige, gebruikelijke technieken om de bron van de lekkage te vinden. Dit geldt overigens alleen voor situaties waarin de liner lekt en de bestaande leiding niet (op diezelfde locatie). Oorzaken van lekkages kunnen zijn:

- Lekkage door aanleg- of constructiefouten in de liner.
- Beschadiging van de liner door constructief bezwijken van de bestaande leiding door bijvoorbeeld uitwendige belasting of werkzaamheden.

Een deel van de lekkages in het Nederlandse drinkwaternet worden veroorzaakt door lekkende verbindingen. Een voordeel van Compact Pipe t.o.v. een traditionele vervanging

met PVC is dat er veel minder verbindingen zijn. Typisch voor materialen in Nederland zijn leidinglengte van 5 tot 10 meter, terwijl met deze techniek gemiddeld eens in de 100 meter (voorbeeld uit pilot) een verbinding nodig is.

Indien er een lek optreedt, kan met lekdetectie-apparatuur de locatie worden gevonden, maar er is weinig tot geen ervaring met het gebruik van dit soort apparatuur bij gelinede leidingen.

Reparatie van de liner is ingewikkelder dan bij reparatie van een traditionele leiding. Omdat de liner in een bestaande leiding ligt, kan er niet direct een reparatieklem worden aangebracht. Eerst moet de bestaande leiding worden weggehakt of gesneden, waarna de liner kan worden gerepareerd. In praktijk zal de gemakkelijkste oplossing meestal zijn om het te repareren deel uit te snijden en samen met de bestaande leiding uit te nemen en te vervangen.

Benodigde expertise

Drinkwaterbedrijf:

Voor het drinkwaterbedrijf wijken de aanleg- en opleveringswerkzaamheden niet of nauwelijks af van de standaard werkzaamheden. Het gebruik van deze techniek vergt daarom geen extra vaardigheden van het personeel van het drinkwaterbedrijf.

Leverancier:

De techniek is van oorsprong afkomstig uit de rioleringsector. Gezien de additionele hygiëne-eisen die aan het gebruik in drinkwater worden gesteld betekent dit dat materieel en materiaal dat in contact is geweest met de riolering niet ook voor drinkwatertoepassingen kan worden gebruikt.

Aannemer:

De aanvullende hygiëne-eisen voor het werken met drinkwater betekent dat monteurs aanvullende training nodig hebben om veilig in de drinkwatersector te kunnen werken (hygiëncode). Verder vraagt de techniek getraind personeel om veilig te kunnen werken met stoom onder druk.

Risicoanalyse

Risico's in deze fase bestaan uit:

Omschrijving risico	Maatregelen
Besmetting van apparatuur en producten met rioolwater	Materieel en gereedschappen dat in aanraking komt met de riolering mag niet in contact komen met drinkwater.

Conclusie complexiteit



Compact Pipe is complexer in uitvoering dan een traditionele ontgraving, daarmee presteert Compact Pipe slechter dan een open ontgraving (oranje):

- De werkzaamheden kunnen niet door een willekeurige aannemer worden uitgevoerd, maar vragen getraind personeel. De uitvoering zelf en de voorbereidende en afsluitende werkzaamheden worden door verschillende bedrijven uitgevoerd. Dit betekent dat een goede overdracht van gegevens en samenwerking tussen bedrijven belangrijk is.

- Regulier onderhoud zal naar verwachting niet anders zijn dan voor een standaard PE leiding.
- Dit geldt niet voor reparatie. Indien er toch lekkage optreedt van alleen de liner zal deze mogelijk moeilijker zijn op te sporen en lastiger te repareren dan traditionele leidingen. De technieken om lekkages op te sporen zijn wel aanwezig, maar ervaringen met liners zijn beperkt.

3.4 Proces

We maken onderscheid tussen een planfase en een uitvoeringsfase. Voorafgaand aan de planfase is de beslissing genomen door het waterbedrijf om de leiding te saneren op basis van waterkwaliteitsproblemen vanwege de bitumencoating in combinatie met langere periodes met stilstaand water (uitloging van PAK's uit de coating (Blokker et al., 2013)). Het gaat hier om een leveringszekerheidsleiding (de afsluiters zijn normaliter gesloten) die moet kunnen worden ingezet als de situatie daarom vraagt. In de huidige omstandigheden moet er eerst worden gespuid voor de leiding water aan klanten kan leveren.

Onderdeel van de evaluatie is een inschatting of de beschouwde techniek een oplossing vormt voor het probleem. Als oplossing is gekozen voor het relinen met een volledig constructieve PE liner. Er zijn een aantal aspecten relevant:

- In Blokker et al. (2013) wordt benoemd dat de meest voorkomende vorm van afgifte van PAK's aan het water vanuit de bitumen coating in de vorm van deeltjes is door degradatie van de coating door bijvoorbeeld hydraulische verstoringen. Na relining komt de coating niet meer in contact met het water en zal deze vorm van afgifte van PAK's naar verwachting sterk verminderen of stoppen. Er is hier echter vanuit de literatuur weinig tot niets over bekend.
- PE is een permeabel materiaal, waardoor PAK moleculen in theorie door de liner heen kunnen migreren. Echter in Meerkerk (2016) wordt benoemd dat de weerstand van PAK's bij diffusie door polymere ketens heen in het algemeen relatief groot is, waardoor permeatiesnelheden relatief laag zullen zijn. Daarnaast is de gebruikte liner volledig constructief en heeft daardoor een aanzienlijke wanddikte, waardoor het lang zal duren voor PAK's door de volledige wanddikte heen zijn gemigreerd. In een leveringszekerheidsleiding staat het water echter gedurende langere tijd stil en oplopende concentraties door permeatie kan binnen die tijdschaal niet volledig worden uitgesloten.
- In een leiding waar water langere tijd stilstaat kan microbiologische nagroei optreden. Bij hydraulische verstoringen (zoals het openen van afsluiters) kan sediment en biofilm opwervelen.

Naar verwachting zal de aanwezigheid van de liner de afgifte van PAK's sterk reduceren. Er is echter veel onbekend over dit proces en aanbevolen wordt dan ook om de waterkwaliteit wel te monitoren. Ook wordt aanbevolen om voorafgaand aan distributie van het water in de leiding door te spoelen en een bemonstering te doen.

Voor de inschatting van de conditie van de leiding is gebruik gemaakt van foto's van een vergelijkbare gietijzeren leiding uit 1933. Deze foto's (niet beschikbaar tijdens deze evaluatie) waren gemaakt na een uitname in Kukhernewei in 2014, vlakbij de huidige pilotlocatie.

3.4.1 Planfase

Voor een overzicht van de activiteiten in de planfase, zie Bijlage V.

In het geval van deze pilot waren er een aantal bijzonderheden:

- De leiding ligt in privéterrein, dit zorgde voor extra communicatie met de bewoner en afstemmen van de werkzaamheden zodat de eigenaar geen hinder ondervond (bv. afsluiten onverharde toegangspaden tot velden). Gedurende de voorbereiding en de uitvoering is contact geweest met de eigenaar zowel door Vitens als door BAM en de eigenaar heeft een schadevergoeding ontvangen. Dit proces is goed verlopen. Bij een traditionele open ontgraving was de overlast voor de eigenaar waarschijnlijk groter geweest doordat dan een groter oppervlak langs een looppad was opengegraven (scenario 1).
- In het tracé lag een spoorwegonderdoorgang waar de leiding voorzien was van een mantelbuis. Dit is een BEEL-zone die t.o.v. "standaard"-leidingen additionele aandacht in het beheer vraagt. ProRail is vergunningverlener en daarmee een relevante externe partij. Voor een vergunning voor werkzaamheden binnen de zonering van de spoordijk moet worden aangetoond dat de stabiliteit van de spoordijk is gegarandeerd (bv. trillingen en zettingen). Voor dit pilotproject is overleg geweest met de vergunningverlener en is er vergunning aangevraagd voor het toepassen van deze techniek.

Risicoanalyse

Risico's in deze fase bestaan uit:

Omschrijving risico	Maatregelen
Onvoldoende sterkte-eigenschappen door te dunne liner door overschatting reststerkte bestaande leiding	Geen maatregel nodig omdat Compact Pipe een volledig structurele oplossing is. De conditie was als goed ingeschat op basis van foto's van een uitname van een vergelijkbare leiding. Dit is een risico als een semi-structurele liner wordt gebruikt, in deze pilot was dit niet aan de orde.
Waterkwaliteit na lange periode van stilstaan in leveringszekerheidsleiding kan onvoldoende zijn (algemeen risico, niet specifiek voor de sleufloze techniek).	Zelfs met nieuwe liner moet waterkwaliteit nog steeds worden getest voorafgaand aan distributie.
Vertragingen in vergunningsprocedures en fouten in het werkplan en herberekeningen door fouten in revisiegegevens. Dit geldt niet alleen voor sleufloze technieken, maar ook voor traditionele ontgravingen. Echter, bij traditionele open ontgravingen kunnen dit soort problemen vaak worden omzeild doordat alles wordt verwijderd en vervangen. Close-fit technieken zitten vast aan de geometrie van de bestaande leiding.	Graven van proefsleuven (in deze pilot zijn deze wel gegraven, maar hieruit bleek niet dat ter plaatse van de werkputten de ligging van de hogedruk-gasleiding en het huis dusdanig dicht bij de waterleiding was dat ze de werkzaamheden beïnvloedden).
Vertragingen door afstemmen werkprocessen binnen het drinkwaterbedrijf	De processen binnen een drinkwaterbedrijf zijn afgestemd op de doorlooptijden van projecten met traditionele open ontgravingen. Drinkwaterbedrijven moeten hier alert op zijn, zodat de tijdwinst ook echt wordt gerealiseerd (bv. nu de vergunningsprocedures korter zijn,

	moeten ook de gegevens sneller worden opgevraagd).
--	--

Conclusie planfase



De analyse van de toestand van de leiding is voor Compact Pipe nagenoeg hetzelfde als voor een traditionele aanpak met open sleuf. In beide gevallen is de nieuwe leiding een volledig constructieve oplossing. Voor het waterbedrijf is de planfase eenvoudiger dan voor traditionele vervangingen (Bijlage V), want de planfase kost minder tijd, geld en inspanning op het gebied van engineering en vergunningen. De drinkwaterbedrijven moeten wel alert zijn op een goede interne tijdplanning, zodat de relevante processen en afstemmingen goed kunnen worden doorlopen. De Compact Pipe presteert daarmee beter (lichtgroen) dan een traditionele open ontgraving.

3.4.2 Uitvoeringsfase

In de uitvoeringsfase worden de werkzaamheden door verschillende bedrijven uitgevoerd. BAM voert de voorbereidende en afsluitende werkzaamheden uit, de installatie is uitgevoerd door Diring & Scheidel Rohr-sanierung.

De kwaliteit wordt gecontroleerd door middel van weekstaten (logboeken van activiteiten) en het bijhouden en overdragen van kwaliteitsprotocollen door Diring & Scheidel Rohr-sanierung. Daarnaast wordt de kwaliteit gecontroleerd d.m.v. camera-inspectie en bacteriologische bemonstering.

Risicoanalyse

Risico's in deze fase bestaan uit:

Omschrijving risico	Maatregelen
Fouten in uitvoering door onvolledige of onjuiste gegevensoverdracht tussen alle uitvoerende partijen en het drinkwaterbedrijf.	Risico wordt ondervangen door het bijhouden en overdragen van kwaliteitsprotocollen en revisiegegevens. Fouten hierin gaan wel het LIS van het drinkwaterbedrijf in.
Fouten in de revisiegegevens gaan het LIS van het drinkwaterbedrijf in. Overigens kunnen ook bij het in het LIS invoeren van gegevens fouten ontstaan.	Eventuele fouten in uitvoering komen aan het licht door het afpersen en bacteriologische bemonstering.

Conclusie uitvoeringsfase



De uitvoeringsfase is procesmatig wat ingewikkelder dan voor een traditionele aanpak, vanwege de complexiteit van de techniek en de samenwerking met verschillende partijen.

3.5 Omgeving

3.5.1 Milieu

LCA: Zie voor een overzicht Bijlage IV. De belangrijkste onderscheidende factoren bij het bepalen van de duurzaamheid van een techniek op een locatie zijn:

- Materiaal van de leiding of liner;
- Omvang van verkeersomleidingen in combinatie met type verkeer (bv. auto of vrachtwagen).

Bij een traditionele open ontgraving wordt meestal PVC gebruikt als materiaal voor de nieuwe leiding. Een nieuwe PVC-leiding is duurzamer dan een volledig constructieve PE-liner bij vergelijkbare levensduur. Voor 250 meter 300 mm leiding is dit een verschil van bijna 30% in Ecopunten, dit effect is groter dan het effect van minder graafwerkzaamheden door een beperkt aantal werkputten.

Door de beperkte hoeveelheid werkputten t.o.v. een open sleuf kan het zo zijn dat bij toepassing van een sleufloze techniek minder verkeersbewegingen nodig zijn dan bij een open ontgraving. In dat geval kan bij voldoende verkeer dat voldoende ver om moet rijden de sleufloze techniek alsnog duurzamer zijn dan een open ontgraving.

Bomen: Er waren geen bomen aanwezig op het terrein, die hinder zouden hebben ondervonden van een open ontgraving.

Bodem- en waterkwaliteit: er was geen sprake van vastgestelde bodemverontreinigingen. Wel is er voor gekozen om het niveau in de giertank te verlagen, zodat een eventuele beschadiging van de afvoerleiding geen risico op besmetting zou geven.

Er waren 3 putbemalingen nodig, in het geval van een traditionele open sleuf zou er sprake zijn geweest van sleufbemaling. Dit is naar alle waarschijnlijkheid niet onderscheidend op het gebied van milieu.

Er waren op het terrein geen bijzondere ecologische habitats.

Risicoanalyse

Op milieugebied zijn er geen specifieke risico's voor toepassen van de techniek.

Conclusie milieu

Er zijn minder graafwerkzaamheden bij de Compact Pipe dan bij een traditionele open sleuf. Dit kan zorgen voor minder verkeersomleidingen, waardoor de Compact Pipe een duurzaam alternatief voor open ontgravingen kan vormen. Dit was bij deze pilotlocatie echter niet het geval. Het gebruik van PE t.ov. PVC maakt voor deze locatie de Compact Pipe een minder duurzaam alternatief (uitgaande van een vergelijkbare levensduur van beide materialen).

3.5.2 Hinder

Bereikbaarheid

Op de pilotlocatie was geen sprake van gehinderde bereikbaarheid van percelen, de bewoner van het perceel waarop de werkzaamheden plaatsvonden is financieel gecompenseerd. In het algemeen kun je stellen dat Compact Pipe ten opzichte van traditionele open ontgravingen een voordeel heeft doordat niet langs het gehele tracé wordt gegraven, maar alleen bij werkputten. Door de werkputten op een handige manier te kiezen kunnen bereikbaarheidsproblemen, zoals bereikbaarheid van percelen, inritten en opritten en dergelijke worden voorkomen.

Geluid en trilling:

Geluidsoverlast wordt weergegeven in duur, nabijheid en niveau (*Bron:* decentrale.regelgeving.overheid.nl/).

Het werkschema voor Compact Pipe ziet er in het algemeen als volgt uit:

- dag 1: aanvoer en inrichten werkterrein
- dag 2: ingraven bekisting en bemaling
- dag 3: verbreken leiding in beide werkputten
- dag 4: reinigen en inspecteren leiding
- dag 5: aanbrengen liner compleet
- dag 6: reinigen en inspecteren
- dag 7: sluiten leiding en bacteriologisch testen
- dag 8: verwijderen bekisting en bemaling
- dag 9: uitslag watermonster en in bedrijf zetten

Er staan 4 huizen binnen 50 meter van de werkzaamheden. Bij de werkzaamheden wordt gebruik gemaakt van een op dieselolie gestookte ketel om stoom te genereren en de stoom op druk te houden in de liner gedurende 4 uur op dag 5. Het is onbekend hoeveel dB(A) de ketel produceert, we gaan uit van vergelijkbare niveaus als graafmachines, tussen 50 en 80 dB(A). Daarnaast zijn er 3 werkputten van 5-7 m³ gegraven en gedicht, waarvan één binnen 50 meter van de woningen. Tussen dag 2 en dag 8 is er sprake van bemaling met een dieselpomp. Daarnaast moest de liner door de bestaande leiding worden getrokken. Alles bij elkaar gaan we uit van geluidshinder gedurende 7 dagen van 50-80 dB(A).

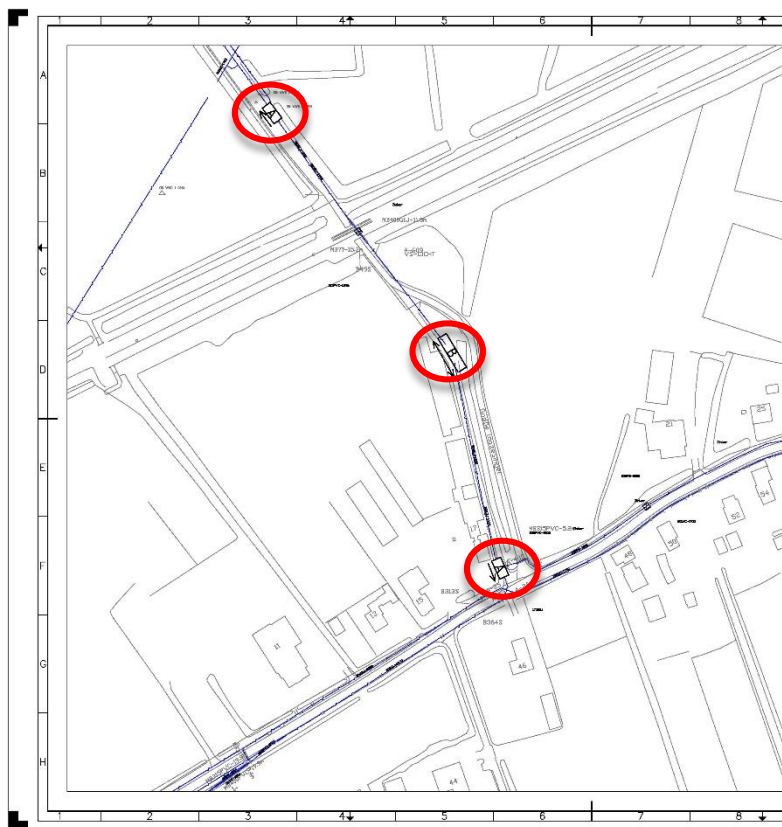
Bij een traditionele aanpak zijn de geluidsniveaus vergelijkbaar aangezien de overlast hier voornamelijk uit de graafwerkzaamheden bestaat gecombineerd met de sleufbemaling en eventuele machinale ondersteuning bij het verwijderen en aanbrengen van de leiding. Het aantal huizen met deze overlast is in dit geval hetzelfde bij een traditionele aanpak met 4 huizen binnen 50 meter van een sleuf, alleen de duur van de werkzaamheden is anders.

Aannames bij sleufwerkzaamheden:

- Een sleuf is ongeveer 1,5 meter diep en 1-2 meter breed.
- Gedurende een volledige werkdag wordt materieel ingezet met geluidsniveau van 50-80 dB(A).
- We gaan uit van 30-50 meter leidingvervanging per dag in een stedelijke omgeving en 50-100 meter per dag in landelijke omgeving.

Het deel van het tracé met een sleuf binnen 50 meter van de woningen is ongeveer 50 meter lang. Het tracé is gelegen in een landelijke omgeving, maar er bevond zich een hoge drukgasleiding in de buurt en de woning was zeer dicht bij de sleuf gelegen. Daarom gaan we toch uit van de afstand voor een stedelijke omgeving, wat neerkomt op 5-8 werkdagen om een traditionele open ontgraving uit te voeren (scenario 1 zonder spoorwegonderdoorgang), uitgaande van een open sleuf over het gehele traject gedurende de hele werkperiode inclusief sleufbemaling. Dit is vergelijkbaar als bij de toepassing van de Compact Pipe.

In deze pilot is het aantal gehinderde woningen hetzelfde voor zowel Compact Pipe als voor een open ontgraving. In een omgeving met meer woningen of andere bedrijvigheid dichtbij de werkzaamheden kan deze analyse anders uitvallen. Dan telt het beperkte aantal werkputten mogelijk zwaarder en is Compact Pipe in het voordeel t.o.v. een open ontgraving.



Figuur 3.5 Overzicht van tracé Zwaagwesteinde met bijbehorende percelen. De rode cirkels laten zien waar de intredeputten zijn.

Visueel

Compact Pipe heeft ongeveer 50 m² aan ruimte nodig voor een lengte van 150 meter relinen. Een open sleuf geeft 150-300 m² ruimtegebruik voor dezelfde afstand plus ruimte benodigd voor materieel. Dat betekent dat ten opzichte van traditioneel vervangen Compact Pipe minder ruimte gebruikt en daarmee dus minder potentiële hinder geeft voor omwonenden. Hier geldt: hoe langer de afstand waarover in één keer een liner kan worden aangebracht, hoe minder de hinder. Dit geldt ook voor de duur van de werkzaamheden, in totaal is te verwachten dat per streng ongeveer 8 dagen visuele hinder plaatsvindt (van aanvoer materieel en inrichten werkterrein tot in bedrijf name).

In het geval dat geroerde grond moet worden afgevoerd of grond moet worden aangevoerd om sleuven op te vullen, heeft Compact Pipe als voordeel ten opzichte van traditionele ontgravingen dat er veel minder grondverplaatsingen nodig zijn. Voor de omgeving betekent dit dat er minder vrachtwagens af en aan rijden. In deze pilot te Zwaagwesteinde waren er geen grondverplaatsingen noodzakelijk met Compact Pipe noch met een open ontgraving.

Doordat er weinig omwonenden betrokken waren bij de pilot is er geen klanttevredenheidsonderzoek uitgevoerd. Er is wel communicatie met de bewoner geweest, zowel tijdens de voorbereiding als de uitvoering met Vitens en BAM. Dit contact is naar tevredenheid ervaren.

Stank

Er is geen aanwijzing voor stankoverlast.

Risicoanalyse

Risico's in deze fase bestaan uit:

Omschrijving risico	Maatregelen
Klachten van bewoners over overlast	Uitvoeren van een klanttevredenheidsonderzoek indien er voldoende omwonenden zijn voor een representatief beeld. Dat was in deze pilot niet het geval.
Er is relatief weinig bekend over werkelijke geluidsniveaus, de analyse is grotendeels op aannames gebaseerd.	

Conclusie hinder

Door de afname van het ruimtebeslag en de beperking van het aantal graaflocaties geeft de Compact Pipe-techniek een grote inpasbaarheid om bereikbaarheidsproblemen te voorkomen. Op basis van de aannames over hinder zorgt de Compact Pipe in het algemeen voor aanzienlijk minder geluids- en visuele overlast. Ook zal er vanwege het beperkte aantal vergraven kubieke meters minder overlast zijn door aan- en afvoer van grond.

3.5.3 Externe veiligheid

Verkeer

Op de pilotlocatie was geen sprake van verkeer. In het algemeen kan gesteld worden dat Compact Pipe minder verkeersmaatregelen met zich meebrengt dan traditioneel vervangen. Dit omdat bij traditioneel vervangen langs het hele tracé graafwerkzaamheden plaatsvinden en bij Compact Pipe slechts iedere 100 tot 600 meter 2 putten nodig zijn (afhankelijk van diameter en kenmerken van de locatie). De locaties van deze putten kunnen bovendien worden geoptimaliseerd. Wel is het zo dat de werkputten meerdere dagen open blijven. Afhankelijk van de projectlocatie kan soms het openen en sluiten van sleuven bij traditionele open ontgravingen worden geoptimaliseerd op zo min mogelijk overlast (bv. sleuven pas open na de spits).

Kabels en leidingen

Op de locatie ligt een Gasunie hogedrukleiding zeer dicht bij de bestaande leiding (<0,5 meter). Deze leiding lag op de locatie van de werkputten dicht bij de waterleiding dan gedacht op basis van de Klic-melding, waardoor de gasleiding buiten gebruik moest worden genomen tijdens de werkzaamheden. Hierdoor heeft het project vertraging opgelopen. Bij een traditionele open ontgraving volgens scenario 1 was dezelfde maatregel nodig geweest, echter bij scenario 2 was het probleem omzeild.

Risicovolle objecten

De pilotlocatie kruist een spoordijk. Voor de werkzaamheden rond de spoorwegonderdoorgang is overleg geweest met de vergunningverlener en is een vergunning aangevraagd voor de werkzaamheden. Bij een traditionele aanpak was hier een mantelbuis door de spoordijk geperst, hiervoor is een vergunning nodig.

Door de vermindering van het aantal verbindingen in de leiding kan gesteld worden dat er minder risico op lekkage is. Een eventueel optredende lekkage is echter wel potentieel moeilijker te herstellen. In aanleg is deze techniek gunstig voor risicovolle objecten, omdat er minder graafwerkzaamheden zijn.

Risicoanalyse

Risico's in deze fase bestaan uit:

Omschrijving risico	Maatregelen
Als er tijdens de uitvoering toch iets mis gaat, moet er alsnog gegraven worden of uitgeweken worden naar een ander tracé. Dit kan gevolgen hebben voor externe veiligheid.	Voorafgaand aan wijzigingen t.o.v. het plan moet de externe veiligheid worden meegenomen en evt. vergunningverleners moeten betrokken worden bij wijzigingen.

Conclusie externe veiligheid

De flexibiliteit rondom verkeerswegen wat betreft de locatie van werkputten is een voordeel van Compact Pipe. Het beperkte aantal verbindingen is een potentieel voordeel bij risicovolle objecten (indien vergunningverlener hiermee akkoord is). Het beperkte aantal werkputten vermindert de kans op graafschade aan andere objecten.

3.6 Kosten

Voor de vergelijking van kosten is gebruik gemaakt van de kostenstructuur in Bijlage VI. De kosten zijn opgesteld voor de uitvoering met Compact Pipe en daarnaast voor traditioneel vervangen volgens scenario 1a (zelfde tracé, zonder spoorwegonderdoorgang) en scenario 2a (ander tracé, zonder spoorwegonderdoorgang). We nemen aan dat als een persing noodzakelijk is, dit ook voor de Compact Pipe geldt, daarom nemen we dit niet mee in de financiële uitwerking.

Voor deze pilotlocatie waren kosten geen onderdeel van de afweging, van de locatie was bekend dat Compact Pipe prijstechnisch niet gunstiger was dan traditioneel ontgraven. De locatie is op andere redenen voor uitvoering van deze techniek geselecteerd. Onderstaande analyse is alleen geldig voor deze specifieke pilot, verschillen in prijs zijn niet representatief voor toepassingen van Compact Pipe in het algemeen.

Door het stilleggen en uitstellen van de werkzaamheden is er sprake geweest van meerwerk. We gaan er vanuit dat in scenario 1 deze meerwerkkosten ook zouden zijn opgetreden, in scenario 2 niet.

Totaal komen de kosten voor de scenario's op het volgende neer (NPV getallen zijn afgerond op € 10.000,-, EAC getallen op € 1.000,-):

	Compact Pipe	Scenario 1a	Scenario 2a
NPV*	€ 180.000,-	€ 120.000,-	€ 100.000,-
EAC**	€ 8.000,-	€ 5.000,-	€ 5000,-

*Netto contante waarde (net present value), alle kosten gedurende de levensduur van een project bij elkaar opgeteld rekening houdend met inflatie en rente.

**Equivalentente jaarlijkse kosten (equivalent annual costs), NPV teruggerekend naar een bedrag per jaar gedurende de hele levensduur.

Rekening houdend met onzekerheden in levensduur van de producten, zijn de kosten ook uitgerekend voor een levensduur van 100 jaar i.p.v. 50 jaar. Dit heeft zonder inflatie alleen gevolgen voor de equivalentente jaarlijkse kosten.

	Compact Pipe	Scenario 1a	Scenario 2a
--	--------------	-------------	-------------

NPV*	€ 180.000,-	€ 120.000,-	€ 100.000,-
EAC**	€ 7.000,-	€ 5.000,-	€ 4.000,-

Conclusie kosten

Er zitten aanzienlijke kostenverschillen tussen de verschillende scenario's voor Compact Pipe en traditioneel ontgraven met of zonder ander tracé. Voor een restlevensduur van 50 jaar was Compact Pipe duurder dan alle scenario's voor deze locatie. Een kanttekening hierbij is dat het hier om een pilot locatie ging om specifiek deze techniek uit te voeren waarbij financiën geen afwegingsaspect waren. Rekening houdend met onzekerheden in levensduur komen de technieken dichterbij elkaar in kosten.

Kosten van een leidingvervanging zijn gevoelig voor omgevingsaspecten, zoals het open moeten breken van asfalt, de lengte van het te saneren tracé of het wel of niet moeten nemen van uitgebreide verkeersmaatregelen. Op andere locaties kan de prijsvergelijking daarom anders uitpakken. Voor het bepalen van betrouwbare kostenkennallen is dan ook aan te bevelen om ofwel veel verschillende representatieve situaties te gebruiken ofwel verschillende kostenkennallen te hanteren voor verschillende omgevingskenmerken.

Referenties

- BAM, 2013, Allround in relining, Brochure BAM Nelis de Ruiter Infra.
- Blokker, E. J. M., van de Ven, B. M., de Jongh, C. M., and Slaats, P. G. G., 2013, Health Implications of PAH Release from Coated Cast Iron Drinking Water Distribution Systems in the Netherlands, *Environmental Health Perspectives* **121**(5):600-606.
- CUR/COB, 1998, Monetarisering van ruimtelijke effecten. Een leidraad voor het moneteriseren van ruimtelijke effecten van infrastructuur in stedelijke gebieden, Stichting CUR/COB, Gouda.
- CUR/COB, 1999, Monetariseringmethoden milieu- en leefbaarheideffecten lijninfrastructuur: een leidraad, Stichting CUR/COB, Gouda.
- CUR/COB publicatie N 430-01, 1998, Monetarisering van ruimtelijke effecten. Een leidraad voor het moneteriseren van ruimtelijke effecten van infrastructuur in stedelijke gebieden, Stichting CUR/COB, Gouda.
- Eijgenraam, C. J. J., Koopmans, C. C., Tang, P. J. G., and Verster, A. C. P., 2000, Evaluatie van grote infrastructuurprojecten. Leidraad voor kosten-baten analyse. Deel 1: Hoofdrapport, Centraal Planbureau en Nederlands Economisch Instituut in opdracht van Ministerie van Verkeer en Waterstaat en Ministerie van Economische Zaken.
- Matthews, J., Condit, W., Wensink, R., and Lewis, G., 2012a, Performance evaluation of innovative water main rehabilitation cured-in-place pipe lining product in Cleveland, Ohio, in: *EPA/600/R-12/012*, USEPA.
- Matthews, J., Condit, W., Wensink, R., and Lewis, G., 2012b, Performance evaluation of innovative water main rehabilitation spray-on lining product in Somerville, New Jersey, in: *EPA/600/R-12/009*, USEPA.
- Matthews, J. C., Selvakumar, A., Sterling, R. L., and Condit, W., 2014, Innovative rehabilitation technology demonstration and evaluation program, *Tunneling and Underground Space Technology* **39**:73-81.
- Meerkerk, M. A., 2016, PCD 5 Leidraad permeatie. De toepassing van leidingmaterialen in met organische stoffen verontreinigde bodem, KWR, Nieuwegein, pp. 42.
- Meerkerk, M. A., and Kroesbergen, J., 2010, Hygiëncode Drinkwater; Opslag, transport en distributie, KWR, Nieuwegein, pp. 103.
- Oosterholt, F., and Meerkerk, M., 2013, Hygiene tijdens het werk. Hoofdpunten uit de Hygiëncode Drinkwaterbereiding, KWR, Nieuwegein, pp. 24.
- Ruijgrok, E. C. M., Brouwer, R., and Verbruggen, H., 2004, Waardering van natuur, water en bodem in maatschappelijke kosten-batenanalyses, aanvulling op de leidraad OEI, In opdracht van: het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in samenwerking met de ministeries van Verkeer en Waterstaat, Economische Zaken, Financien en VROM.
- van Vossen, J., 2014, Kansrijke saneringstechnieken. Uitkomsten desktopstudie KWR 2014.101, Nieuwegein.
- van Vossen, J., Beuken, R., and Slaats, N., 2014, Kansrijke saneringstechnieken - uitkomsten desktopstudie. Presentatie, Nieuwegein, 16 december 2014, KWR, Nieuwegein, pp. 48.
- van Vossen, J., van Eijk, R., and Beuken, R., 2015, Overzicht van aanleg-, reparatie- en renovatietechnieken voor sanering van leidingen, KWR, Nieuwegein, pp. 45.

Bijlage I Evaluatieprotocol

Randvoorwaarden pilots

Bij de randvoorwaarden zijn vooral de volgende zaken van belang (Matthews et al., 2012a, b)

1. Kan de techniek technisch worden toegepast?
 - a. Operationele condities:
 - i. Diameter
 - ii. Lengte
 - iii. Materiaal en voegen
 - iv. Leeftijd
 - v. Operationele en maximale drukcondities
 - vi. Configuratie (aanwezigheid huisaansluitingen, bochten, vorm leiding, brandkranen, kunstwerken ed.)
 - b. Omgevingsfactoren (waterkwaliteit, bodem etc.)
2. Voldoet de toestand van de leiding aan de specificaties van de techniek?
 - i. Inspectieresultaten
 - ii. Storingsgeschiedenis
3. Hoe representatief is het project (leiding, locatie, probleem)?
 - a. Lokaal: zeer specifiek project
 - b. Regionaal: representatief voor substantieel deel net waterbedrijf
 - c. Landelijk: representatief voor substantieel deel net meerdere waterbedrijven
4. Is er de mogelijkheid om vanaf het begin van de planfase tot en met afronding en evaluatie in de pilot mee te nemen?

Wijze van beoordelen

Er zijn een aantal standaard aanpakken beschikbaar voor het afwegen van alternatieven voor een referentie (Eijgenraam et al., 2000; van Vossen et al., 2015)

- Een Effecten-overzicht (EO): hierin worden alle relevante aspecten in beeld gebracht zonder deze te wegen.
- Een Maatschappelijke Kosten-batenanalyse (MKBA): hierin worden alle relevante aspecten in beeld gebracht en gemonetariseerd, waarna de weging plaatsvindt op kosten.
- Een Kosten-effectiviteitsanalyse (KEA): hierin wordt alleen de meerwaarde van alternatieven t.o.v. de referentie gewogen.
- Een Multi-criteria analyse (MCA): vergelijkbaar met een MKBA, maar i.p.v. monetariseren wordt een (subjectief) gewicht toegekend aan alle effecten.

Er is in de aanpak in dit project gekozen om de verschillende relevante aspecten naast elkaar te zetten in de vorm van een effecten-overzicht. Waterbedrijven kunnen dan zelf de afweging maken welke aspecten het zwaarst wegen. Een aantal aspecten van een MKBA wordt gevolgd om een zo volledig mogelijk beeld te genereren.

Een MKBA bestaat uit de volgende stappen (Eijgenraam et al., 2000):

1. Probleemanalyse
2. Vaststellen van een referentie of nulalternatief

3. Vaststellen van projectalternatieven
4. Bepalen kosten
5. Identificeren en kwantificeren van effecten
6. Monetariseren van effecten
7. Overzicht van kosten en baten
8. Varianten en risicoanalyse
9. Presentatie resultaten

In de probleemanalyse wordt vastgesteld welk probleem de betreffende techniek moet kunnen oplossen. Het is belangrijk om vooraf vast te stellen wat het probleem is, zodat achteraf kan worden geëvalueerd of (i) het probleem voldoende bekend was en (ii) of de techniek het probleem heeft opgelost.

Het nulalternatief beschrijft wat er was gedaan als de techniek niet was uitgevoerd. In dit geval wordt als nulalternatief een traditionele ontgraving aangenomen.

Voor het vaststellen van projectalternatieven is een analyse van de netwerken van de deelnemende waterbedrijven gekoppeld aan een analyse van de beschikbare sleufloze technieken (van Vossen, 2014). De geselecteerde technieken zijn in overleg gekoppeld aan de deelnemende waterbedrijven.

Voor het bepalen van de kosten is een kostenstructuur opgesteld, zie Bijlage VI. Het uitgangspunt hierbij is om alle kosten mee te nemen (niet alleen de onderscheidende kosten tussen de verschillende technieken).

Naast kosten zijn nog allerlei andere aspecten relevant, die lang niet altijd worden meegenomen in een afweging. Vaak omdat niet alle effecten bekend zijn of moeilijk te kwantificeren. Onder het kopje evaluatiecriteria worden de effecten die in deze studie worden meegenomen toegelicht. Er zijn handreikingen beschikbaar voor het monetariseren van effecten van infrastructurele projecten op de omgeving (CUR/COB, 1998, 1999; CUR/COB publicatie N 430-01, 1998; Ruijgrok et al., 2004). In dit project is gekozen om de nadruk te leggen op de volledigheid van het effecten-overzicht en niet het monetariseren.

Omdat aan iedere pilot één techniek is toegekend, zijn er geen varianten mogelijk. Wel wordt bij alle aspecten een risicoanalyse uitgevoerd.

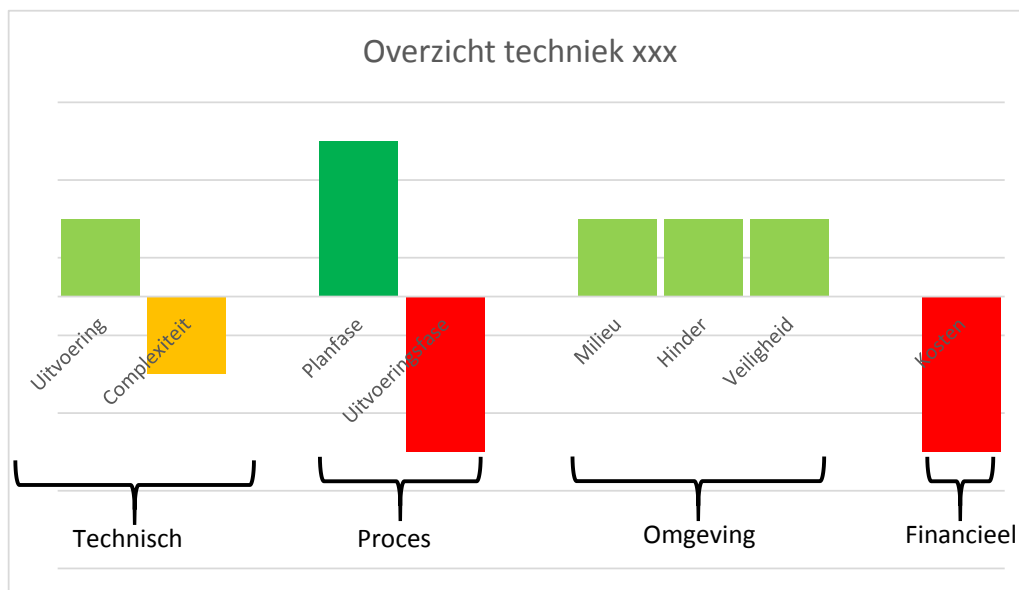
De resultaten worden gepresenteerd in de vorm van het effectenoverzicht, Figuur 3.6. Er wordt geen weging gemaakt van de individuele categorieën, wel is er een oordeel per categorie. Dit oordeel is relatief t.o.v. het nulalternatief, een traditionele open ontgraving. De kleuren representeren:

- Rood: de techniek presteert veel slechter dan het nulalternatief.
- Oranje: de techniek presteert slechter dan het nulalternatief.
- Geel: de techniek en het nulalternatief presteren gelijkwaardig.
- Lichtgroen: de techniek presteert beter dan het nulalternatief.
- Donkergroen: de techniek presteert veel beter dan het nulalternatief.

Evaluatiecriteria

We beschouwen een compleet leidingstelsel van sanering tot ingebruikname van de nieuwe leiding, dan wel liner, inclusief appendages, huisaansluitingen e.d. indien van toepassing in de pilot. We beschouwen ook het verwijderen van de bestaande leiding, ofwel onmiddellijk, ofwel aan het einde van de levensduur van de liner.

Figuur 3.6 geeft een totaaloverzicht van een voorbeeldevaluatie van een techniek. Er wordt op 4 gebieden geëvalueerd (Matthews et al., 2012a, b; Matthews et al., 2014; Ruijgrok et al., 2004).



Figuur 3.6 Voorbeeld totaaloverzicht evaluatie individuele techniek. Rood (-2 onder x-as) betekent veel slechter dan nulalternatief, oranje (-1 onder x-as) betekent slechter dan nulalternatief, geel (0) betekent neutraal, lichtgroen (+1 boven x-as) betekent beter dan nulalternatief en donkergroen (+2 boven x-as) betekent veel beter dan nulalternatief. Figuur is ingevuld met fictieve uitkomsten.

1. Technisch:

- Technische uitvoering:

Wat is de reden van renovatie dan wel vervanging en lost de techniek het probleem op volgens de specificaties van de leverancier? Wat vraagt de techniek aan informatie over de bestaande leiding en is die informatie beschikbaar? Is de techniek conform specificaties uitgevoerd en heeft de techniek het probleem opgelost? Is de kwaliteit afdoende controleerbaar en hebben deze controles plaatsgevonden? Waar liggen eventuele risico's en hoe worden deze ondervangen?

- Complexiteit:

Wat vraagt de techniek aan aanvullende kennis en expertise van de betrokken werknemers (zowel wat betreft installatie als onderhoud)? Is die kennis en expertise in voldoende mate aanwezig om de kwaliteit van de werkzaamheden te garanderen? Waar liggen eventuele risico's en hoe worden deze ondervangen?

2. Proces:

- Planfase:

Wat zijn de verschillen in de planfase van de techniek ten opzichte van traditionele ontgravingen? Waar liggen eventuele risico's en hoe worden deze ondervangen?

- Uitvoeringsfase:

Op welke manier wordt overdracht van informatie afgehandeld en wordt de kwaliteit van de werkzaamheden geborgd? Heeft dit tijdens de pilot op de afgesproken wijze plaatsgevonden? Op welke wijze wijkt dit af van de werkwijze bij traditionele ontgravingen? Waar liggen eventuele risico's en hoe worden deze ondervangen?

3. Omgeving:

- Milieu:

De techniek wordt geëvalueerd op duurzaamheid, effect op aanwezige bomen, bodem- en waterkwaliteit en ecologie. De duurzaamheid wordt onderzocht volgens de methodiek van een levenscyclusanalyse (LCA). Bomen worden ingeschaald in aantal, of ze waardevol zijn, of er een kapmogelijkheid is en de vervangingswaarde. Effect op bodem- en waterkwaliteit wordt ingeschat aan de hand van een verontreinigingsklasse, bijbehorende risico's en vereiste maatregelen in een vergunning. De effecten op ecologie worden ingeschat aan de hand van de beschrijving van eventuele verstoorde ecologische habitats.¹

- Hinder:

De techniek wordt geëvalueerd op bereikbaarheid (met name omzetting en vertraging door bijvoorbeeld verkeersomleidingen), geluidsoverlast, visuele hinder, trillingen en stank. Bereikbaarheid wordt ingeschat door middel van de lengte van het tracé, type en aantal percelen, duur van de werkzaamheden en verkeersdruk. Overlast door geluid of trillingen wordt ingeschat op basis van het aantal gevoelige objecten binnen 50 meter van de werkzaamheden. Visuele hinder wordt ingeschat op basis van vierkante meters ruimtegebruik en de hoogte van en hoeveelheid materieel. Overlast door stank wordt kwalitatief beschreven.¹

- Externe veiligheid:

Dit aspect wordt geëvalueerd op effect op verkeersveiligheid, risicovolle objecten, hulpdiensten en kabels en leidingen. De inschatting van het effect vindt plaats op basis van de eisen vanuit de verschillende vergunningen.

4. Financiën:

Financiën worden ingeschat met behulp van het format voor de kostenstructuur, zie Bijlage VI. De kosten worden vergeleken met een inschatting van de kosten voor traditioneel ontgraven.

Voor een individuele pilot worden alleen technische en procesmatige aspecten beoordeeld, omdat omgevingsaspecten en financiën te project-specifiek zijn gebleken om mee te nemen in een product-beoordeling.

¹ Voor alle categorieën behalve duurzaamheid en stank geldt dat in het format voor de probleemanalyse is ingeschat in hoeverre de categorie relevant is voor effect op de omgeving. Bij I is er geen gevoeligheid van de omgeving voor dit aspect, bij II is er een redelijke gevoeligheid, bij III is de omgeving zeer gevoelig voor dit effect. Aspecten in categorie II worden kwalitatief beschreven, aspecten in categorie III worden nader geanalyseerd. Duurzaamheid wordt ingeschat volgens de LCA methodiek. Stank wordt kwalitatief beschreven.

Bijlage II Technische gegevens Compact Pipe

Datasheet	Gegevens	Toelichting
Type techniek	close-fit	Compact Pipe
Korte omschrijving	prefab gevouwen PE buis	
Status	innovatief	
Ervaring tot nu toe (internationaal en in NL)	3 pilotprojecten uitgevoerd, internationaal vele kilometers	
Leverancier	Wavin	
Gedclaimde voordelen	constructieve buis, kleine werkgaten, standaard aansluitingen, kwaliteit en levensduur gelijk aan nieuw PE	
Toepassingen (omstandigheden, materialen ed)	water, gas, riool, persleiding.	
Beperkingen (omstandigheden, materialen ed)	maximale diameter op rol is 500 mm	
Klasse	volledig constructief	
Materiaal product (totaalproduct, bronmaterialen en bronlocatie)	PE	
Diameter (uitwendig, inwendig)	van 100 mm t/m 500 mm	
Druk	van 4 bar (gas) t/m 10 bar (water)	
Lengte	afhankelijk van diameter tot max. 600 meter	
Levensduur	volgens de info van Wavin 100 jaar voor PE 100-RC buizen	
Certificering (certificaat, jaar)	ATA keur op grondstoffen	
Installatie methodiek	zie meegeleverde gegevens	
Benodigde activiteiten/kennislevering waterbedrijf	geen	
Kwaliteitscontrole	zie meegeleverde gegevens	
Beheeraspecten	geen	
Referenties	gemeente Hillegom, Oasen, Vitens	
Overige opmerkingen	geen	

Figuur 3.7 Overzicht technische gegevens.

omschrijving	wie voert uit?	opmerkingen
	werkzaamheden onder verantwoording van BAM	
VITENS TKI -Zwaagwesteinde- Goddeloazesingel		
Engineering		
Maken definitief ontwerp en opstellen uitvoeringsplan na gunning incl. tekenwerk	werkvoorbereider	
Opstellen bemalingsplan	werkvoorbereider	
Opstellen opleverdossier	werkvoorbereider	
Voorbereidende werkzaamheden		
Vooropname	derden	
Opnemen verhardingen, terzijde opgeslagen 3 locaties	grondwerker	tbv. werkputten
Graven proefsleuven	grondwerker	opzoeken leidingen
Leidingwerkzaamheden Compact pipe in GIJ 274x10		
Ontgraven werkputten en plaatsen sleufkist	mobiele kraan (13 ton) fitter en grondwerker	werkput 2x1x2 m (lengte x breedte x diepte)
Huur en montage sleufkist + draglineschotten	mobiele kraan (13 ton) fitter en grondwerker	
Verbreken en leegpompen bestaande leiding, 3 lokaties	fitter	incl. pomp
Vooraf inspecteren leiding incl. desinfecteren inspectie app.	inspectiebus derden	
Reinigen leiding, leveren en aanbrengen Compact pipe DN300 PN 10 SDR 26 in GIJ waterleiding	Diringer & Scheidel	ploeg van 4 man
Aanbrengen, instandhouden put bemaling	onderaannemer bemaling	
Inspecteren leiding incl. desinfecteren inspectie app.	inspectiebus derden	
Aanbrengen spui en monsternamapunt	grondwerker	
Aanvullen werkputten en verwijderen sleufkist	mobiele kraan (13 ton) fitter en grondwerker	
Bijkomende werkzaamheden		
Aanbrengen verhardingen inclusief grondwerk.	stratemaker en opperman	tbv. werkputten
Diverse		
Maatregelen V&G en Verkeer	derden	
Voorzieningen bereikbaarheid rijplaten	autokraan en grondwerker	rijplaten gehuurd
Inmeten en aanleveren revisietekenigen	landmeter / uitvoerder	
Klic melding en verwerken	werkvoorbereider	
Staartkosten		
Eenmalige kosten		
Inrichten werktein	mobiele kraan (13 ton) fitter en grondwerker	
Opruimen werktein	mobiele kraan (13 ton) fitter en grondwerker	
Overige eenmalige kosten		
Totaal eenmalige kosten		
Uitvoeringskosten		
Algemene kosten		
Winst en risico		
Stelpost: aansluiten op bestaand incl. leverantie materialen		
TOTAAL		
opzoeken en verwijderen vernauwing 10 meter voor brandkraan	mobiele kraan (13 ton) fitter en grondwerker	
verwijderen coniferen, opnemen extra bestrating ivm. ligging bocht bij woning	mobiele kraan (13 ton) fitter en grondwerker	
leegrijden giertank onder schuur	tractor met giertank	
opzoeken gasleiding	grondwerker	

Figuur 3.8 Overzicht processchema.

Bijlage III Analyse toestand leiding

Probleemanalyse vervangen/renoveren drinkwaterleiding	Relevant	Antwoord	Toelichting
Projectdetails			
Eigenaar leiding		Vitens	Naam waterleidingbedrijf
Aanspreekpunt binnen WLB		ntb	Naam verantwoordelijke
E-mail verantwoordelijke WLB			Contactgegevens
Telefoon verantwoordelijke WLB			Contactgegevens
Uitvoerder			Naam aannemer
Aanspreekpunt vanuit uitvoerder			Naam verantwoordelijke
E-mail (uitvoerder)			Contactgegevens
Telefoon (uitvoerder)			Contactgegevens
Leiding ID		73155658, e. a.	Identificerend kenmerk leiding (bv. IUS-ID)
Leidinglocatie (bijk straatnaam)		Ruimtevég	Adresgegevens indien relevant
Coördinaten leidinglocatie		131292, 459165 en 130746, 460262	xy-coördinaten in Rijksdriehoekstel (begin en eind)
Periode uitvoering		ntb	Periode waarin werkzaamheden worden uitgevoerd (datum begin-datum eind)
Reden sanering			
Geprioriteerd op basis van multi-criteria analyse	ja/nee	ja	Multi criteria risicobeoordeling uitgevoerd, geen restlevensduurbepaling uitgevoerd
Hoge storingsfrequentie	ja/nee	ja	ca 1 keer per jaar
Te lage capaciteit	ja/nee	nee	
Waterkwaliteitsproblemen in de leiding	ja/nee	nee	
Zijn er externe partijen die afwijking beïnvloeden?	ja/nee	Gemeente	Afstemming met gemeente moet nog plaatsvinden
Gewenste restlevensduur vanaf nu	ja/nee	> 50 jaar	Specificeer gewenst aantal jaren dat leiding nog moet functioneren (bv. 10 jaar tot start)
Toestand van de leiding			
Eigenschappen uit inspectiegegevens bekend	ja/nee	ja	Zie KWR rapport 2010.040 van maart 2011
Geschatte restlevensduur		onbekend	Omschrijf geschatte restlevensduur in jaren vanaf nu op basis van huidige conditie
Actuele materiaaleigenschappen (PVC, weerstand tegen langzame scheurgroei)		PVC met lage geleidingsgraad volgens DCMT test	Indien materiaal PVC
Actuele materiaaleigenschappen (AC/GIJ, aantastingsdiepte)			Indien materiaal AC/GIJ
Originele wanddikte (PVC/AC volgt uit drukklasse)		15,9 mm, 0,75 Mpa buis	Indien materiaal PVC/AC
Resultierende maximum belasting		13MPa tangentieel (zie KWR rapport)	Volgt uit materiaaleigenschappen en wanddikte
Optredende belastingen gedurende de restlevensduur (op nieuwe constructie)		Ongewijzigd	Totaal aan inwendige en uitwendige belastingen
Dichtgroei (% diameter)			Specificeer aard en omvang dichtgroei indien materiaal GIJ
Storingsgeschiedenis			Omschrijf storingsfrequentie, verandering in tijd en oorzaak/aard van de storingen
Functie van de leiding			
Primair		ja	Maximum gewenste volumestroom (m3/uur) en mogelijke drukverliezen (mwk/km)
Secundair		nee	Maximum gewenste volumestroom (m3/uur) en mogelijke drukverliezen (mwk/km)
Tertiair		nee	Maximum gewenste volumestroom (m3/uur) en mogelijke drukverliezen (mwk/km)
Uitvoeringsdetails te vervangen leiding			
Lengte in meters			1450 Deel als demo project mogelijk
Aanlegjaar			1979 Specificeer anders
Bouwjaar			1979
Materiaal (AC, GIJ, PVC, staal, anders)		PVC	
Nominale diameter van de leiding			500
Diepteligging, klasseren in stappen 0,25 m		1,00 tot 1,50 m	

Configuratie te vervangen leiding	Aantal aansluitingen			0	0
	Aantal brandkranen			0	
	Aantal afsluiters			2 begin en eind	
	Aantal aftakkingen			1 DN400	
	Aantal en aard bochten			4 x 22° en 6 x 45°	
	Aantal zinkers en uitvoeringswijze			2 stuks	Zie tekening
	Mantelbuis			ja	Polyester zinker 4 x 30°
	Aantal diameterveranderingen			geen	
	Aantal kunstwerken				1 duiker kruising
	Voegwijdte en hoekverdraaiing				Omschrijf hoekverdraaiing in voegen
Ligingsgegevens te vervangen leiding	Open veld, geen belemmeringen	ja/nee		nee	zie bijgevoegde tekening
	Wegberm, éénzijdig belemmerd	ja/nee		ja	
	Wegberm, tweezijdig belemmerd	ja/nee		nee	
	Onder verharding, trottoir	ja/nee		nee	
	Onder open verharding, buurt- of wijkstraat	ja/nee		nee	
	Onder gesloten verharding, buurt- of wijkstraat	ja/nee		nee	
	Onder open verharding, doorgaande weg	ja/nee		nee	
	Onder gesloten verharding, doorgaande weg	ja/nee		ja	Deels onder asfalt
	Bodemsloot			klei	
	Grondwaterstand			Grondwatertrap II	T. o.v. maaiveld
	Bodemverontreiniging			ntb	bodemloket raadplegen
	Overige bijzonderheden				
Omgeving	Geen, leiding door open veld	ja/nee			Indien ja: Omschrijf omgeving
	Agrarische omgeving	ja/nee			Indien ja: Omschrijf omgeving
	Buitengebied	ja/nee			Indien ja: Omschrijf omgeving
	Industriegebied	ja/nee	ja		Indien ja: Omschrijf omgeving
	Woongebied	ja/nee			Indien ja: Omschrijf omgeving
	Winkelgebied, winkelstraat	ja/nee			Indien ja: Omschrijf omgeving
	Winkelgebied, voetgangersgebied	ja/nee			Indien ja: Omschrijf omgeving
Veiligheid	Aanwezigheid toegangswegen hulpdiensten				Specificeer welke hulpdiensten
	Geografische informatie			Zie kaart	Specificeer met kaart (bv. ligging tussen asfaltweg en fietspad)
	Aanwezigheid risicovolle objecten			nee	Specificeer objecten, afstand, aard van de risico's
	Aanwezigheid boomwortels	ja/nee		ja	Afstand tot bomen, zijn bomen waardevol, omvang wortels, ingroeï ja/nee
	Aanwezigheid kabels en leidingen			ntb obv KLC melding	Welke kabels/leidingen, vermeld bron (bv. KLC-melding of proefsleuf)
	Leiding ligt in zone die onder BEEL-criteria valt	ja/nee		nee	Aard evt. risico's en eisen aan leiding en uitvoeringswijze

Hinder	Gevoeligheid voor onbereikbaarheid percelen				
	Aanwezigheid materiaal, containers, materieel			I	I niet gevoelig, II redelijk gevoelig, III zeer gevoelig*
	Gevoeligheid voor geluidshinder			ntb	Specificeer beschikbaar ruimte (m2)
	Gevoeligheid voor verkeershinder			I	I niet gevoelig, II redelijk gevoelig, III zeer gevoelig*
	Gevoeligheid voor trillingen			III	I niet gevoelig, II redelijk gevoelig, III zeer gevoelig*
	Overig			I	I niet gevoelig, II redelijk gevoelig, III zeer gevoelig*
					Specificeer overig
OLM (Ondermaatse LeveringsMinuten)	Beïnvloeding rest van het net (lage druk, leveringszekerheid en continuïteit)			ja	Iets lagere druk, levering kan in stand worden gehouden door ringstructuur
	Directe OLM (afsluiting van een leidingdeel)			nee	Geen aansluitingen
	Kookadvies noodzakelijk	ja/nee		nee	Periode
Achterblijvend materiaal in de bodem	Asbestcement	ja/nee		nee	
	Gietijzer	ja/nee		nee	
	PVC	ja/nee		ja	
	Staal	ja/nee		nee	
	anders	ja/nee		nee	Specificeer materiaal

Bijlage IV Resultaten LCA

Zie memo LCA.

Bijlage V Activiteiten planfase

Gedurende de planfase wordt op basis van de beschikbare informatie bij de opdrachtgever en onderzoeken ter plaatse bekeken welke techniek het beste is voor die leiding en locatie. De resultaten van deze probleemanalyse zijn verwerkt in een voorlopig of algemeen ontwerp op basis waarvan de keuze wordt gemaakt. Vervolgens wordt voor de gekozen techniek een detailontwerp gemaakt.

Voor aanleg in een open sleuf zijn de volgende aspecten van belang. De impact van deze aspecten hangt af van de gebruikte techniek. We vergelijken 2 open sleuf technieken met sleufloos, namelijk aanleg van de nieuwe leiding in hetzelfde tracé als de oude leiding (Nieuw voor Oud NVO) en aanleg van de nieuwe leiding in een nieuw tracé (Nieuw naast Oud NNO).

- Archeologie: als er een archeologische vondst wordt aangetroffen, geeft dit een extra doorlooptijd van een aantal weken.
 - NVO: niet nodig, de grond is al eerder geroerd;
 - NNO: wel nodig;
 - Sleufloos: niet nodig door de beperkte hoeveelheid graafwerkzaamheden en het feit dat de grond al eerder is geroerd.
- Flora en fauna: bij het aantreffen van een beschermde soort is er ontheffing of maatregelen nodig, dit geeft een doorlooptijd van een half jaar.
 - NVO: wel nodig;
 - NNO: wel nodig;
 - Sleufloos: niet nodig door de beperkte hoeveelheid graafwerkzaamheden.
- Bodemverontreiniging: aangetroffen bodemverontreinigingen geven geen langere doorlooptijd, wel additionele maatregelen (ARBO, wetgeving bodembescherming, grondaafvoer en grondaanvoer).
 - NVO: wel nodig;
 - NNO: wel nodig;
 - Sleufloos: in praktijk meestal niet vanwege de beperkte hoeveelheid en geringe omvang van graaflocaties.
- Grondwater: bronnering vraagt een vergunning, dit geeft geen langere doorlooptijd. In Limburg is de grondwaterstand meestal lager dan de bodem van de sleuf.
 - NVO: wel nodig (afhankelijk van hoeveelheid te verpompen m³ aanvraag vergunning van 8 weken);
 - NNO: wel nodig (afhankelijk van hoeveelheid te verpompen m³ aanvraag vergunning van 8 weken);
 - Sleufloos: niet nodig, door de beperkte omvang van graaflocaties is een pomp in het werkgat voldoende, bronnering is niet nodig of bemaling in werkgat is van korte duur met weinig m³, dus enkel meldingsplicht.
- Zakelijk recht: toegang voor beheer en onderhoud, verwijderen e.d. moet geregeld zijn. Bij NVO en NNO kan het moeilijker zijn om overeenstemming te bereiken. Bij sleufloze technieken is zakelijk recht meestal al aanwezig.

Hiervoor worden een aantal stappen uitgevoerd:

- Engineering en ontwerp: voor de bepaling van het ontwerp zijn een aantal onderzoeken nodig om bovengenoemde aspecten in beeld te krijgen. Op basis van de uitkomsten van het onderzoek en de leidinggegevens zoals aangeleverd door het waterbedrijf kan bepaald worden welke vergunningen noodzakelijk zijn, benodigde aanvullende onderzoeken worden uitgevoerd en berekeningen worden uitgevoerd, zoals
 - Voorwaarden aan de werkputten (bv. damwanden);
 - Bemaling;
 - Invloeden van eventuele zetting;
 - Berekening van de benodigde dikte en constructie van de liner of nieuwe leiding.
- De berekeningen worden uitgevoerd door de aannemer of leverancier. In deze fase wordt ook een risicoanalyse van het project gemaakt, waarbij de benodigde beheersmaatregelen worden geformuleerd.
- Vergunningen: het waterbedrijf vraagt de benodigde vergunningen aan. In het geval van Compact Pipe zijn de meeste vergunningsprocedures beperkter, waardoor een kortere doorlooptijd mogelijk is:
 - De omgevingsvergunning door minder noodzaak tot verkeersmaatregelen, afsluiten van wegen of inritten, minder aantasting van bereikbaarheid van de omgeving en nood- en hulpdiensten.
 - De bestaande leiding blijft, waardoor geen liggingsvergunning noodzakelijk is.
 - Versimpeling van de vereiste vergunningen om (ongeschikte) grond af te voeren.
 - Omgevingsmanagement: hierbij gaat het om zaken als de communicatie vooraf, een project flyer voor de bewoners voor het begin van de werkzaamheden en project specifieke afspraken. In het geval van Zwaagwesteinde waren er geen bijzonderheden (buiten het feit dat het een pilotlocatie was). Het waterbedrijf is verantwoordelijk voor het omgevingsmanagement. Deze werkzaamheden wijken niet af van een aanpak met traditioneel ontgraven.

De doorlooptijd van de planfase van een project is door bovenstaande verschillen tussen de technieken gemiddeld korter dan met traditionele ontgravingen.

Bijlage VI Kostenstructuur

Tabblad overzicht met het totaaloverzicht van alle kosten van een techniek uitgedrukt in NPV (Net present value of netto huidige waarde) en EAC (Equivalent annual costs of equivalente jaarlijkse kosten). In geel staan de in te vullen velden weergegeven.

A	B	C
voorbeeld	Techniek	
Initiele kosten	100	
Jaarlijkse operationele en beheerkosten	5	
Afsluitende kosten	0	
Rente i	7	
Levensduur	9	
NPV	€ 132,58	
EAC	€ 20,35	
Uitgangspunten		
Indien lening, $i > 0$		
Geen rekening met inflatie		
Geen opbrengsten		

Tabblad investeringskosten met daarin gespecificeerd alle kosten van zowel het waterbedrijf als de aannemer. In geel staan de in te vullen velden weergegeven. De aannemerskosten worden op bestek niveau in een apart tabblad ingevuld, waarna het totaal aan aannemerskosten in dit tabblad wordt overgenomen.

A	B	C	D
Onderdeel	Omschrijving	Bedrag (Euro)	
Onderzoek	Specificeer onderdelen	0	
Materiaal	Specificeer onderdelen	0	
Transport	Specificeer onderdelen	0	
Aannemerskosten	Zie tabblad aannemerskosten	0	
Uren derden	Specificeer onderdelen	0	
Uren waterbedrijf	Specificeer onderdelen	0	
Advieskosten	Specificeer onderdelen	0	
Stortkosten	Specificeer onderdelen	0	
Schadevergoeding	Specificeer onderdelen	0	
Diversen	Specificeer onderdelen	0	
Totaal		0	

In het tabblad exploitatiekosten staan de operationele kosten per jaar aangegeven. De kosten worden voor ieder jaar afzonderlijk gespecificeerd om rekening te kunnen houden met onderhoudsintervallen of variërende kosten per jaar, bijvoorbeeld oplopende kosten aan

het einde van de levensduur. In geel staan de in te vullen velden weergegeven. De ingevulde getallen zijn fictief.

A	B	C	D	E	F	G	H
Omschrijving	Totaalbedrag over levensduur	2016	2017	2018	2019	2020	2021
xxx	45	0	5	5	5	5	5
yyy							
Initiele exploitatiekosten	100	100					
Totaal	145	100	5	5	5	5	5

In het tabblad zijn de afsluitende investeringskosten weergegeven. In geel staan de in te vullen velden weergegeven.

A	B	C	D
Onderdeel	Omschrijving	Bedrag (Euro)	
Onderzoek	Specificeer		
Materiaal	Specificeer		
Transport	Specificeer		
Aannemerskosten	Specificeer		
Uren derden	Specificeer		
Uren waterbedrijf	Specificeer		
Advieskosten	Specificeer		
Stortkosten	Specificeer		
Schadevergoeding	Specificeer		
Diversen	Specificeer		
Totaal		0	